

JTS

中华人民共和国行业标准

JTS 145—2—2013

海港水文规范

Code of Hydrology for Sea Harbour

2013—01—21 发布

2013—04—01 实施

中华人民共和国交通运输部发布

中华人民共和国行业标准

海港水文规范

JTS 145—2—2013

主编单位：中交第一航务工程勘察设计院有限公司

批准部门：中华人民共和国交通运输部

施行日期：2013 年 4 月 1 日

人民交通出版社

2013 · 北京

中华人民共和国行业标准

书 名: 海港水文规范

著 作 者: 中交第一航务工程勘察设计院有限公司

责任编辑: 袁永华

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.chinasybook.com>

销售电话: (010) 64981400, 59757915

总 经 销: 北京交实文化发展有限公司

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 880×1230 1/16

印 张: 13

字 数: 335 千

版 次: 2013 年 3 月 第 1 版

印 次: 2013 年 3 月 第 1 次印刷

统一书号: 15114·1812

定 价: 75.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

交通运输部关于发布《海港水文规范》 (JTS 145—2—2013)的公告

2013 年第 1 号

现发布《海港水文规范》(以下简称《规范》)。本《规范》为强制性行业标准,编号为 JTS 145—2—2013,自 2013 年 4 月 1 日起施行。《海港水文规范》(JTJ 213—98)同时废止。

本《规范》第 1.0.3 条、第 3.1.2 条、第 3.1.3 条、第 3.1.4 条、第 3.2.1 条、第 4.1.2 条和第 4.1.3 条中的黑体字部分为强制性条文,必须严格执行。

本《规范》由交通运输部组织中交第一航务工程勘察设计院有限公司等单位编制完成,由交通运输部水运局负责管理和解释,由人民交通出版社出版发行。

特此公告。

交通运输部
2013 年 1 月 21 日

修 订 说 明

本规范系在行业标准《海港水文规范》(JTJ 213—98)的基础上,吸纳了近年来我国海港工程建设的实践经验,进行了大量的调查、资料收集工作,广泛地征求了各方面意见修订而成。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等。

本规范的主编单位为中交第一航务工程勘察设计院有限公司,参加编写单位为交通运输部天津水运工程科学研究所。

《海港水文规范》(JTJ 213—98)自发布实施以来,对促进我国港口建设技术进步、统一海港工程水文分析与计算的技术要求,起到了很好的指导作用。随着我国港口工程建设事业的高速发展,原规范中的部分内容已不适应发展的需要。为此,交通运输部水运局组织中交第一航务工程勘察设计院有限公司等单位对《海港水文规范》进行修订。本次修订、增补的主要内容有海平面上升值;皮尔逊 III 型曲线计算不同重现期高、低潮位;设计波浪标准;复合极值分布确定台风多发海区不同重现期设计波高;JONSWAP 风浪频谱;近岸波浪变形数学模型;离岸式高桩码头面板底部波浪浮托力计算;海流观测和分析要求以及粉沙质海岸泥沙分析和计算等。

本规范的第 1.0.3 条、第 3.1.2 条、第 3.1.3 条、第 3.1.4 条、第 3.2.1 条、第 4.1.2 条、第 4.1.3 条中的黑体字部分为强制性条文,必须严格执行。

本规范共分 10 章和 17 个附录,并附条文说明。本规范编写人员分工如下:

- 1 总则:谢世楞
- 2 术语:章始红
- 3 潮位:刘桂海 王翠荣
- 4 设计波浪的确定:谢世楞 刘桂海 卢凤兰
- 5 外海波浪要素的计算:邵守良 卢凤兰
- 6 近岸波浪要素的计算:邵守良 章始红
- 7 港内波浪要素的计算:谢善文 赵晓岚 谢世楞
- 8 波浪对建筑物的作用:赵晓岚 谢善文
- 9 海流:卓玉生 章始红
- 10 泥沙:杨 华 谢世楞

附录:章始红 卢凤兰 王翠荣 赵晓岚 杨 华

条文说明:章始红 邵守良 刘桂海 卢凤兰 王翠荣 赵晓岚 谢善文 杨 华

本规范 2011 年 5 月 31 日通过部审,于 2013 年 1 月 21 日发布,自 2013 年 4 月 1 日起实施。

本规范由交通运输部水运局负责管理和解释。请各有关单位在执行过程中,将发现

的问题和意见及时函告交通运输部水运局(地址:北京市建国门内大街 11 号,交通运输部水运局技术管理处,邮政编码:100736)和本规范管理组(地址:天津市河西区大沽南路 1472 号,中交第一航务工程勘察设计院有限公司,邮政编码:300222),以便今后修订时参考。

目次

| | | |
|-----|-------------------------|------|
| 1 | 总则 | (1) |
| 2 | 术语 | (2) |
| 3 | 潮位 | (4) |
| 3.1 | 设计潮位标准 | (4) |
| 3.2 | 设计潮位的统计和计算方法 | (4) |
| 4 | 设计波浪的确定 | (8) |
| 4.1 | 设计波浪标准 | (8) |
| 4.2 | 各种累积频率波高间的换算 | (9) |
| 4.3 | 不同重现期设计波浪的推算 | (11) |
| 5 | 外海波浪要素的计算 | (14) |
| 5.1 | 风场要素和水域平均深度的确定 | (14) |
| 5.2 | 风浪和涌浪要素的计算 | (16) |
| 5.3 | 风浪方向谱的计算 | (19) |
| 6 | 近岸波浪要素的计算 | (24) |
| 6.1 | 波浪折射的计算 | (24) |
| 6.2 | 近岸波高的计算 | (24) |
| 6.3 | 波浪在水流作用下的变形计算 | (26) |
| 6.4 | 近岸波浪变形数学模型 | (29) |
| 7 | 港内波浪要素的计算 | (30) |
| 7.1 | 一般规定 | (30) |
| 7.2 | 不规则波绕射系数 | (30) |
| 7.3 | 波浪折射、绕射、反射与港内局部风浪 | (43) |
| 8 | 波浪对建筑物的作用 | (44) |
| 8.1 | 波浪对直墙式建筑物的作用 | (44) |
| 8.2 | 波浪对斜坡式建筑物的作用 | (57) |
| 8.3 | 波浪对桩基和墩柱的作用 | (65) |
| 8.4 | 波浪和水流对桩基和墩柱的作用 | (84) |
| 8.5 | 离岸式高桩码头面板底部波浪浮托力 | (90) |
| 9 | 海流 | (95) |
| 9.1 | 一般规定 | (95) |
| 9.2 | 海流观测 | (95) |
| 9.3 | 海流特征值计算 | (95) |

| | |
|--|-------|
| 10 泥沙 | (101) |
| 10.1 一般规定 | (101) |
| 10.2 海岸泥沙运动调查与分析 | (102) |
| 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 | (104) |
| 附录 A 设计水位的近似计算方法 | (107) |
| 附录 B 极值 I 型分布律的 λ_{pn} 表 | (108) |
| 附录 C 极端水位的近似计算方法 | (110) |
| 附录 D 皮尔逊 III 型频率曲线的 K_p 值表 | (112) |
| 附录 E 泊松—冈贝尔复合极值分布表 | (116) |
| 附录 F 短期测波资料的经验频率分析方法 | (118) |
| 附录 G 按水深分段计算风浪要素的方法 | (119) |
| 附录 H 浅水波高、波速和波长与相对水深关系表 | (120) |
| 附录 J 规则波绕射系数 | (129) |
| 附录 K 圆柱底面上波浪浮托力和波流浮托力的计算方法 | (136) |
| 附录 L 方形或矩形柱体上波浪力的计算方法 | (138) |
| 附录 M 近岸海区内风海流的估算方法 | (140) |
| 附录 N 沙质海岸沿岸输沙率的计算方法 | (141) |
| 附录 P 淤泥质海岸航道和港池的淤积计算 | (148) |
| 附录 Q 粉沙质海岸航道的淤积计算 | (152) |
| 附录 R 沙质海岸突堤式建筑物上游岸线演变预报计算 | (157) |
| 附录 S 本规范用词用语说明 | (160) |
| 附加说明 本规范修订主编单位、参编单位、主要起草人、总校人员和管理组 人员名单 | (161) |
| 附 条文说明 | (163) |

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 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。
- 1.0.4 海港水文要素的观测和分析工作除应符合本规范规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 设计潮位 Design Tide Level

设计潮位包括设计水位和极端水位。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。极端水位是指港口或建筑物在极端条件下的校核高、低水位。

2.0.2 累积频率 Accumulative Frequency

将潮位、波高等水文变量按大小顺序排列,划分若干区间,分别求出各区间的频率值,再逐区间加以累积,得到一系列的频率累积值,称为累积频率。

2.0.3 乘潮水位 Navigation Water Level

可供设计船舶航行利用的某一高潮水位。

2.0.4 风浪 Wind Wave

风直接作用下产生的风成波。

2.0.5 涌浪 Swell

由风区中传出的风成波。

2.0.6 混合浪 Mixed Wave

风浪与涌浪叠合形成的波浪。

2.0.7 风浪方向谱 Wind-wave Directional Spectrum

风浪能量相对于频率和方向的分布。

2.0.8 风浪频谱 Wind-wave Frequency Spectrum

风浪能量相对于频率的分布。

2.0.9 规则波 Regular Wave

波列中波形和波要素都相同的波浪。

2.0.10 不规则波 Irregular Waves

波列中波形不同、波要素呈随机分布的波浪。

2.0.11 波浪折射 Wave Refraction

波浪传播过程中因水深、地形变化而不断改变传播方向的现象。

2.0.12 波浪绕射 Wave Diffraction

波浪传播过程中遇到防波堤或岛屿等障碍物时,绕过这些障碍物而传播到它们几何阴影区的现象。

2.0.13 波浪反射 Wave Reflection

波浪传播过程中遇障碍物产生反射传播的现象。

2.0.14 近破波 Breaking Wave

在堤前半个波长以内破碎的波浪。

2.0.15 远破波 Broken Wave

在堤前半波长以外破碎的波浪。

2.0.16 立波 Standing Wave

在直立墙前由正向入射波和反射波叠加形成的波浪。

2.0.17 波浪爬高 Wave Run-up

建筑物上波浪上爬的最高点相对于静止水面的高度。

2.0.18 风海流 Wind-driven Current

风海流是由风的切应力作用于海面产生的水流。

2.0.19 中值粒径 Median Particle Diameter

根据泥沙颗粒分析结果,小于某粒径的泥沙质量百分数为 50% 的粒径,以 D_{50} 表示。

2.0.20 沿岸输沙 Longshore Transport

在波浪和水流的作用下形成的沿岸泥沙运动。

2.0.21 骤淤 Strong Siltation in Short Time

港池或航道短时间内发生泥沙集中淤积的现象。

2.0.22 絮凝 Flocculation

由于静电引力等作用而产生相邻泥沙颗粒互相粘连的现象。

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% 的潮位或历时累积频率 1% 的潮位,设计低水位应采用低潮累积频率 90% 的潮位或历时累积频率 98% 的潮位。

3.1.3 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累积频率 1% 和 98% 的潮位。

3.1.4 除另有规定外,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。

3.1.5 根据海港工程的重要性,需考虑当地海平面上升时,工程使用期内的上升值可参照国家海洋局发布的《中国海平面公报》中的有关数值。

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、低潮和历时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 潮位累积频率统计应符合下列规定。

3.2.2.1 高潮或低潮累积频率应按下列步骤统计:

(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,潮位级的划分采用小于或等于 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) 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 历时累积频率应按下列步骤统计:

(1) 从逐时潮位资料中,统计其在不同潮位级内的出现次数,潮位级的划分采用小于或等于 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总时次除各潮位级相应的累积出现次数;
- (4) 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,连绘成历时累积频率曲线,然后在曲线上摘取 1% 或 98% 的潮位值。

3.2.2.3 乘潮潮位累积频率应按下列步骤统计:

- (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,计算设计高、低水位,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) 受河流径流包括汛期径流的影响相似。

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、日不等等情况;

(2) 高潮或低潮相关比较,以纵、横两坐标分别代表两个港口的高潮位和低潮位,点绘一个月以上短期同步的逐次高潮位或低潮位,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,高水位或低水位可按下列公式计算:

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

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

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设计低水位(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);

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_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采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,设计高水位和设计低水位可按附录 A 计算,并应继续观测,对上述数值进行校正。

3.2.8 确定极端高水位和极端低水位,在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 型分布律按下列公式计算:

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

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

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

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

\bar{h} —— n 年 h_i 的平均值(m);

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

S —— n 年 h_i 的均方差(m);

n ——资料年数;

h_i ——第 i 年的年最高潮位值或年最低潮位值(m)。

3.2.10 对应于不同 P 的 h_p 值应按公式(3.2.9-1)计算,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、对低潮位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(%);

n ——资料年数;

T_R ——重现期(a)。

3.2.11 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,不同重现期的高潮位值或低潮位值可按下列公式计算:

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

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

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

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

\bar{h} —— N 年高潮位或低潮位的平均值(m);

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

S —— N 年高潮位或低潮位的均方差(m);

N ——特高潮位值或特低潮位值经历的年数;

n ——资料年数;

h_N —— N 年中出现过的特高潮位值或特低潮位值(m);

h_i ——第 i 年的年最高潮位值或年最低潮位值(m)。

3.2.12 特大值的经验频率可按下式计算:

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

式中 P ——特大值的经验频率(%);

N ——特高潮位值或特低潮位值经历的年数。

3.2.13 对于不同重现期的高、低潮位值,也可与实测资料拟合,选配皮尔逊Ⅲ型曲线进行计算。

3.2.14 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 设计波浪的标准应包括设计波浪的重现期和波列累积频率。

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。破坏后不致造成重大损失的斜坡式护岸等非重要建筑物,其设计波浪的重现期可采用 25 年;对于大水深的重要建筑物,当重现期 100 年的波高大于或等于重现期 50 年的同一波列累积频率的波高 1.15 倍时,其设计波浪的重现期可采用 100 年,且其极端高水位的重现期可相应调整为 100 年。

4.1.3 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。当推算的波高大于浅水极限波高时,应采用极限波高。

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 或 5 |
| | 护底块石 | 稳定性 | 13 |

注:在进行斜坡式建筑物的护面块石、护面块体稳定性计算时,平均波高与水深的比值 $\bar{H}/d \geq 0.3$ 时, F 取 13%; $\bar{H}/d < 0.3$ 时, F 取 5%。

4.1.4 波浪周期可采用平均周期,波长可按式(4.1.4-1)计算,当 $d \geq L/2$ 时, $\text{th}(2\pi d/L) \approx 1.0$,为深水波,其波长用 L_0 表示。波长 L 可按附录 H 确定。有效波周期、谱峰周期可按式(4.1.4-2)和式(4.1.4-3)计算。

$$L = \frac{g \bar{T}^2}{2\pi} \text{th} \frac{2\pi d}{L} \quad (4.1.4-1)$$

$$T_s = 1.15 \bar{T} \quad (4.1.4-2)$$

$$T_p = 1.05 T_s = 1.21 \bar{T} \quad (4.1.4-3)$$

式中 L ——波长(m);
 g ——重力加速度(m/s^2);
 \bar{T} ——平均周期(s);

d ——水深(m);

T_s ——有效波周期(s);

T_p ——谱峰周期(s)。

4.1.5 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%;周期和波长应按第4.1.4条的规定计算。

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,可用平均波高 \bar{H} 、均方根波高 H_r 、累积频率为 F 的波高 H_F 和 $1/p$ 大波的平均波高 $H_{1/p}$ 等统计特征值表示。

4.2.2 各种累积频率波高间的换算关系可按式(4.2.2)计算,或按图4.2.2-1和图4.2.2-2确定。已知 $H_{4\%}$ 、或 $H_{13\%}$ 和 d 时,可由 $H_{4\%}/d$ 或 $H_{13\%}/d$ 直接在图上查得 $H_F/H_{4\%}$ 或 $H_F/H_{13\%}$;已知 \bar{H}/d 时,可在图上查得相应的 $H_F/H_{4\%}$ 或 $H_F/H_{13\%}$ 。

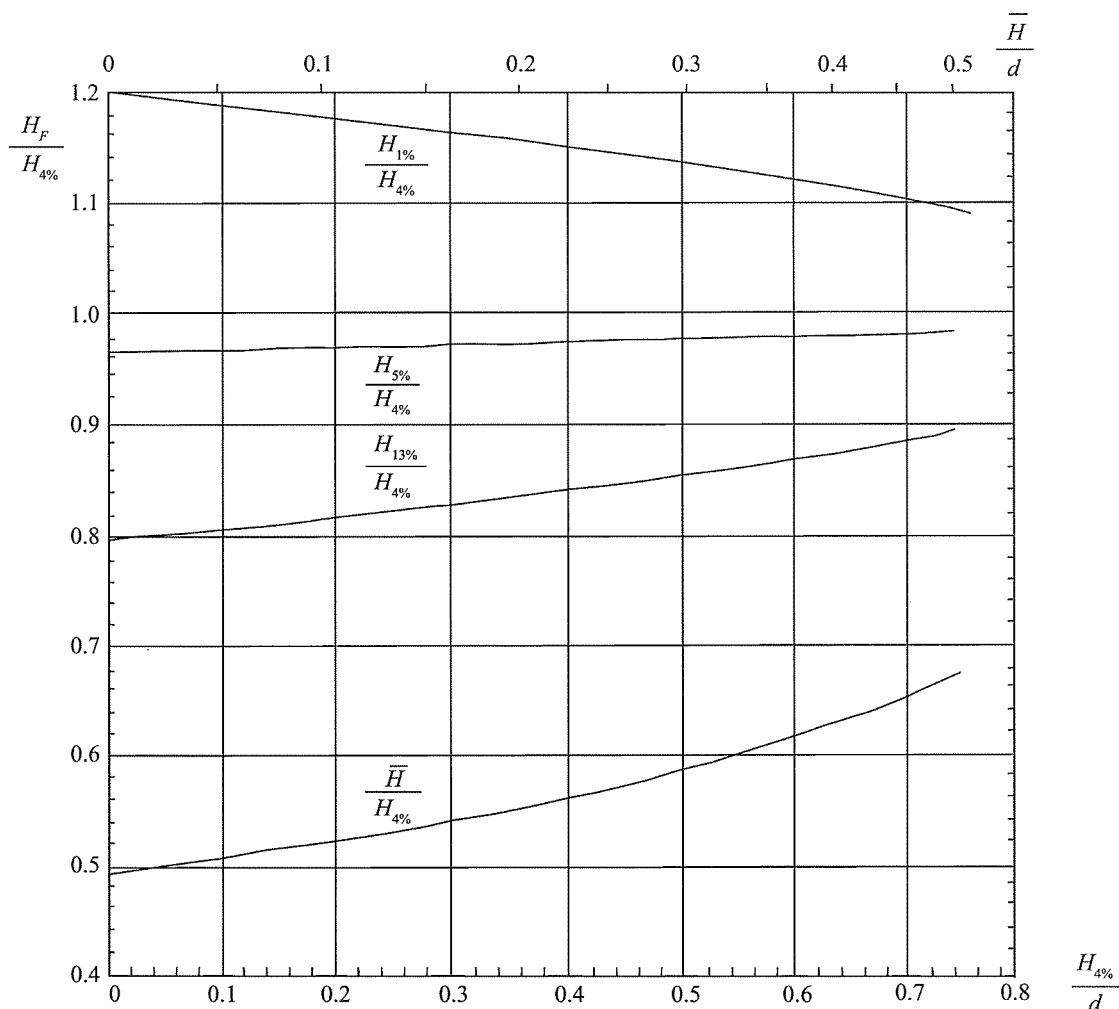


图 4.2.2-1 $H_F/H_{4\%}$ 与 $H_{4\%}/d$ 关系图

$$H_F = \bar{H} \left[-\frac{4}{\pi} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} H^* \right) \ln F \right]^{\frac{1-H^*}{2}} \quad (4.2.2)$$

式中 H_F ——累积频率为 F 的波高 (m)；

\bar{H} ——平均波高 (m)；

H^* ——相对水深, $H^* = \bar{H}/d$ ；

d ——水深 (m)；

F ——累积频率。

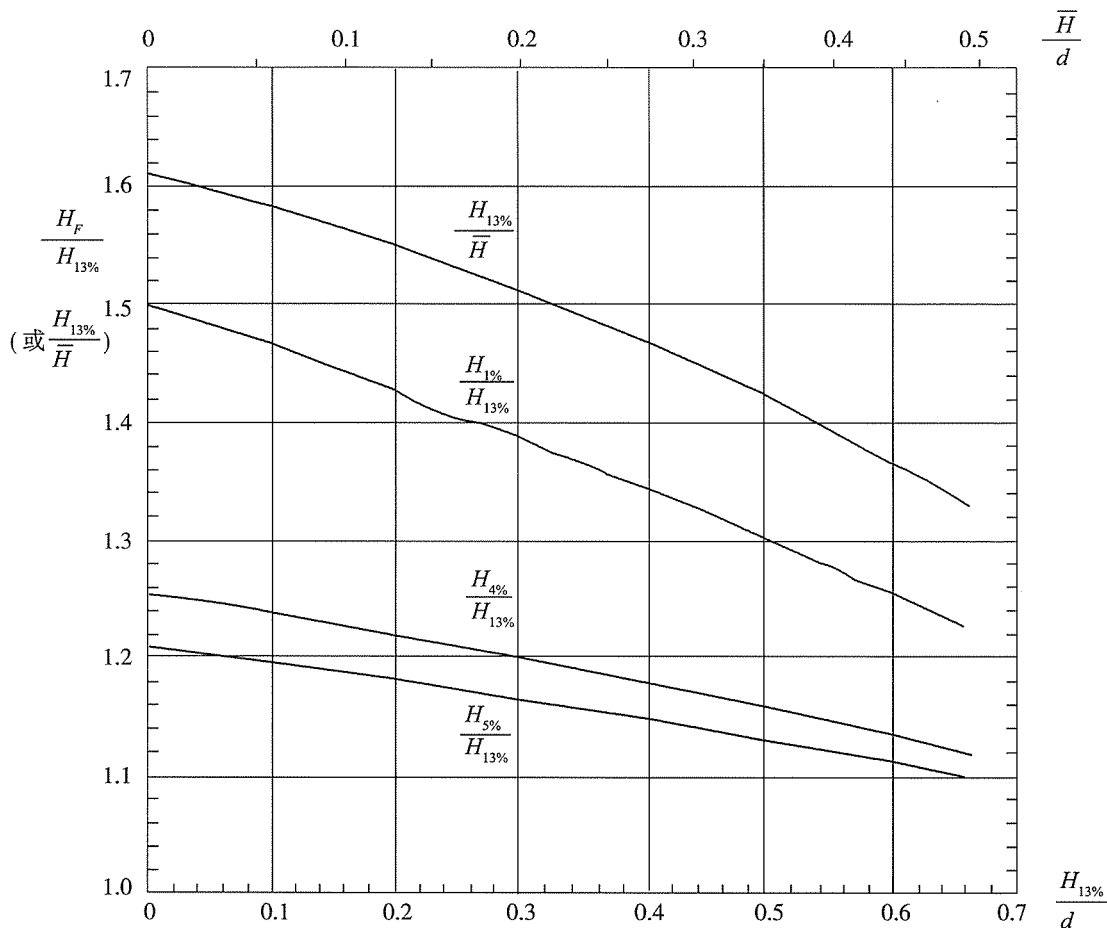


图 4.2.2-2 $H_F/H_{13\%}$ (或 $H_{13\%}/\bar{H}$) 与 $H_{13\%}/d$ 关系图

4.2.3 对于深水波,设计标准中规定的波高可按下列公式计算:

$$H_{1\%} = 2.42 \bar{H} \quad (4.2.3-1)$$

$$H_{5\%} = 1.95 \bar{H} \quad (4.2.3-2)$$

$$H_{13\%} = 1.61 \bar{H} \quad (4.2.3-3)$$

式中 $H_{1\%}$ ——累积频率为 1% 的波高 (m)；

$H_{5\%}$ ——累积频率为 5% 的波高 (m)；

$H_{13\%}$ ——累积频率为 13% 的波高 (m)；

\bar{H} ——平均波高 (m)。

4.2.4 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:

$$H_{1/100} = 2.66 \bar{H} \quad (4.2.4-1)$$

$$H_{1/10} = 2.03 \bar{H} \quad (4.2.4-2)$$

$$H_{1/3} = 1.60 \bar{H} \quad (4.2.4-3)$$

$$H_r = 1.13 \bar{H} \quad (4.2.4-4)$$

式中 $H_{1/100}$ ——1/100 大波的平均波高(m);

$H_{1/10}$ ——1/10 大波的平均波高(m);

$H_{1/3}$ ——1/3 大波的平均波高(m);

H_r ——均方根波高(m);

\bar{H} ——平均波高(m)。

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

4.3 不同重现期设计波浪的推算

4.3.1 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,延长、插补实测波浪系列,其计算可按第5章的有关规定执行。

4.3.2 某一重现期的设计波高相对应的波浪周期的推算应符合下列规定。

4.3.2.1 当地大的波浪主要为风浪时,可由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确定相应的周期。

风浪的波高与周期的近似关系

表4.3.2

| $H_{1/3}$ (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 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,分方向检验资料的适用程度。地形不复杂时,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 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。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;需每隔45°的方位角都进行统计时,对每一波向应只归并相邻一个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。皮尔逊Ⅲ型曲线可按下列方法绘制:

(1) 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 \bar{X} ——变量 X_i 的平均值;
 n ——波高或周期变量的个数;
 X_i ——波高或周期变量;
 C_v ——变量 X_i 的离差系数。

(2) 皮尔逊Ⅲ型曲线按附录 D 中的 K_p 值绘制,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 有条件时,可按与实测资料拟合最佳的原则,选配极值 I 型分布(冈贝尔分布)、对数正态分布和威布尔分布等其他的理论频率曲线,最终确定不同重现期的设计波浪。

4.3.7 在原有 n 年的波浪资料以外,根据计算或调查得出历史上 N 年中出现过特大波高值,其统计参数应按式(4.3.7-1)和式(4.3.7-2)计算。经验频率应按第 3.2.10 条计算。

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

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

式中 \bar{X} ——波高的平均值(m);
 N ——特大波高值经历的年数;
 X_N —— N 年中的特大波高值(m);
 n ——波高的个数;
 X_i ——波高变量(m);
 C_v ——波高的离差系数。

4.3.8 海港工程所在位置及其附近均无较长期的测波资料时,不同重现期的设计波浪可按下列方法推算。

4.3.8.1 对岸距离小于 100km 时,可根据当地的重现期设计风速和对岸距离,根据第 5 章的方法间接确定不同重现期的设计波浪。不同重现期的设计风速,可按第 4.3.4 条 ~ 第 4.3.7 条的方法计算。

4.3.8.2 对岸距离较长时,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 条 ~ 第 4.3.7 条的规定进行频率分析。

4.3.9 按第 4.3.8 条计算的结果应与短期测波资料推算的结果进行比较分析,确定设计波浪。短期测波资料进行经验频率分析的方法,可按附录 F 采用。

4.3.10 台风多发海区,当某一波向上出现一年中有一个以上较大台风波高时,可按台风波高的最大值系列取样,采用泊松—冈贝尔复合极值分布律确定不同重现期的设计波高。

4.3.11 当有几个实测或计算得出的某一累积频率的台风波高 H_i 系列时,不同重现期的设计波高 H_p 可按下列公式计算:

$$H_p = \frac{X_p}{\alpha} + u \quad (4.3.11-1)$$

$$X_p = -\ln \left\{ -\ln \left(1 + \frac{\ln(1-P)}{\lambda} \right) \right\} \quad (4.3.11-2)$$

$$\alpha = \frac{\sigma_n}{S} \quad (4.3.11-3)$$

$$u = \bar{H} - \frac{y_n}{\alpha} \quad (4.3.11-4)$$

$$\bar{H} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H_i \quad (4.3.11-5)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H_i^2 - \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H_i \right)^2} \quad (4.3.11-6)$$

式中 H_p ——与年频率(%)对应的的设计波高(m), $P=100/T_R$, T_R 为重现期(年);

X_p ——根据泊松—冈贝尔复合极值分布律得出的计算式,与台风浪年均频次 λ 有

关, $\lambda = \frac{n}{N}$, N 为台风浪资料总年数, X_p 可根据设计频率 P 和相应的 λ 值由

附录 E 附表 E.0.2 查得;

α ——系数;

u ——系数;

P ——年频率(%);

λ ——台风浪年均频次;

σ_n ——系数,可由附录 E 表 E.0.1 查得;

S —— n 个台风波高的均方差(m);

\bar{H} —— n 个台风波高的平均值(m);

y_n ——系数,可由附录 E 表 E.0.1 查得;

H_i ——波高变量(m);

n ——台风波高个数。

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 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 $2 \sim 4\text{m/s}$, 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。风区长度可取计算点至风区上沿的距离。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 陆地附近的水域宜采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, 确定某一时刻风区内的风速和风向。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; 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。

注: ①风速的取值标准应为海面上 10m 高度处风速;

②当用船舶测风资料时, 可不作风速订正;

③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, 分别确定高度等订正系数, 将观测风速订正为海面上 10m 高度处的风速值。

5.1.3 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 ;

(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 , 风区内相邻几条等压线分布的密度很不均匀时, 可以取几条等压线间的平均值, Δn 以当地纬距表示;

(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 , 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 。

中国各海区表层水温 ($^\circ\text{C}$)

表 5.1.3

| 海区 | 经纬度 ($^\circ$) | | 月 份 | | | | | | | | | | | |
|---------|------------------|---------|-----|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 东经 | 北纬 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 渤海及黄海北部 | 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 |

续表 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 |
| 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 |

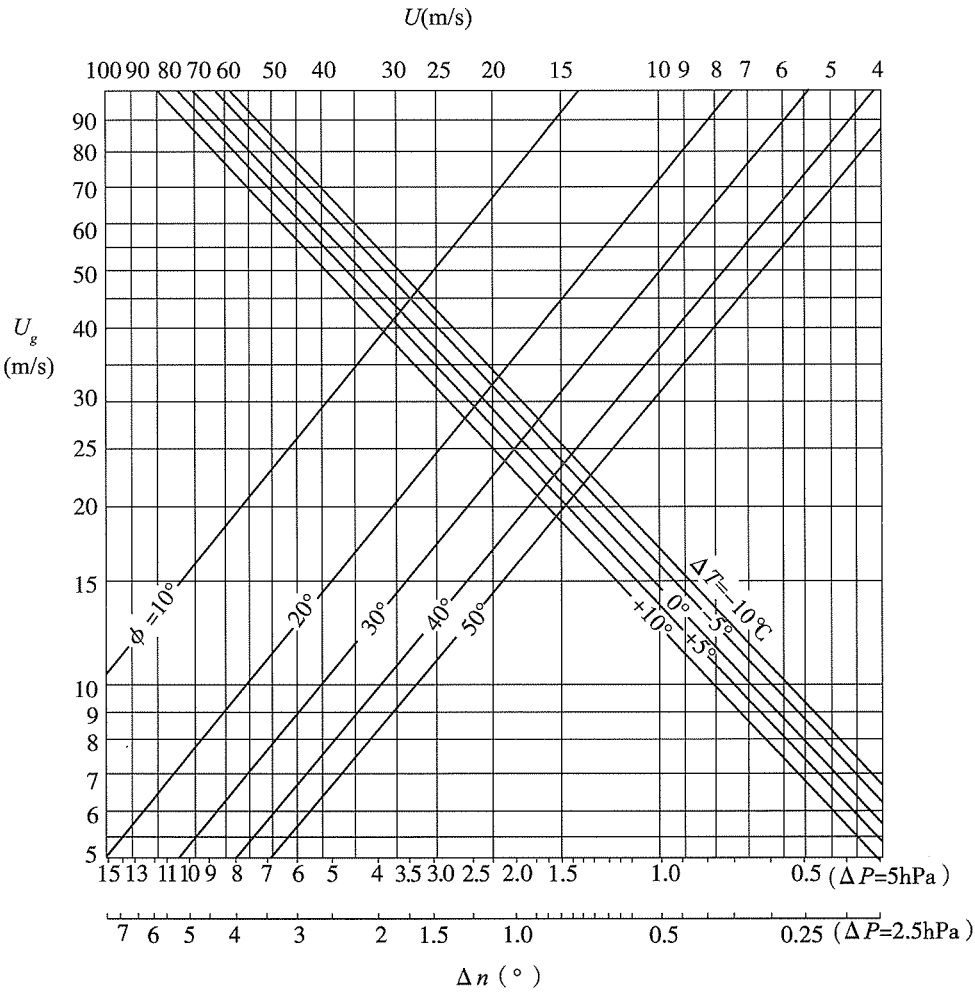


图 5.1.3 海面风速计算图

注:图中,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。

5.1.4 一段时间间隔 6~12h 内的海面风速 U 可按下述方法确定。

5.1.4.1 风速随时间变化不大时,可采用平均风速为其代表值。

5.1.4.2 风速持续地上升或下降时,其代表值可分别采用下列公式计算:

$$\text{上升时} \quad U = 0.3U_1 + 0.7U_2 \quad (5.1.4-1)$$

$$\text{下降时} \quad U = 0.2U_1 + 0.8U_2 \quad (5.1.4-2)$$

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

5.1.5 选定的风区内,如 t_1 时刻以前风速小于 5m/s,且自 t_1 至 t_2 时刻风向大致相同,则 t_2 时刻风浪计算的风时可取 t_1 与 t_2 的时间间隔 τ 。自 t_2 至 t_3 时刻风向变化不大、 t_2 时刻风区内已有波高为 H_2 的风浪时,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,风时取 t_e 与 τ 之和来计算 t_3 时刻的风浪要素, τ 为 t_2 与 t_3 的时间间隔。

5.1.6 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,可取平均水深来计算风浪要素;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。分段规定和计算方法可按附录 G 执行,水域分段的终点应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 $d/U^2 > 0.2$ 的深水风浪要素可按式(5.2.1-1)~式(5.2.1-4)计算,也可按图 5.2.1 确定。 $gF/U^2 \geq 34700$ 时,波浪达到充分成长状态,式(5.2.1-1)可简化为式(5.2.1-5)。

$$\frac{gH_{1/3}}{U^2} = 0.0055 \left(\frac{gF}{U^2} \right)^{0.35} \quad (5.2.1-1)$$

$$\frac{gT_s}{U} = 0.55 \left(\frac{gF}{U^2} \right)^{0.233} \quad (5.2.1-2)$$

$$\frac{gF}{U^2} = 0.012 \left(\frac{gt}{U} \right)^{1.3} \quad (5.2.1-3)$$

$$\frac{gH_{1/3}}{U^2} = 0.0135 \left(\frac{gT_s}{U} \right)^{1.5} \quad (5.2.1-4)$$

$$H_{1/3} = 0.0218 U^2 \quad (5.2.1-5)$$

式中 $H_{1/3}$ ——有效波波高(m);

g ——重力加速度(m/s^2);

U ——海面上 10m 高度处的平均风速(m/s);

F ——风区(m);

T_s ——有效波周期(s);

t ——风时(s)。

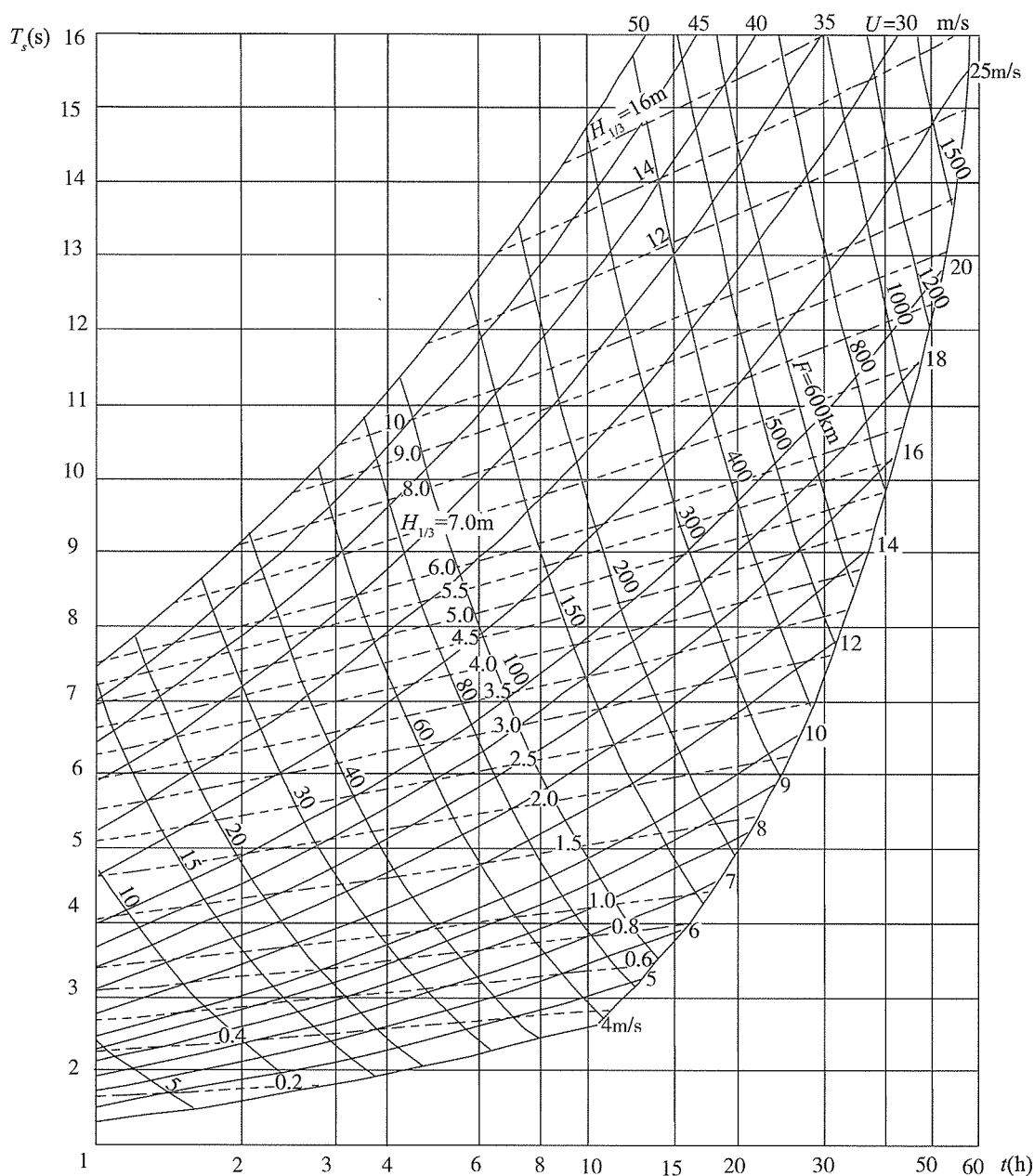


图 5.2.1 深水风浪要素计算图

注:在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} 。给定的风区 $F > F_{\min}$ 时,由上述交点处读取有效波高 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 。 $F < F_{\min}$ 时,由给定的 U 和 F 相对应的交点读取有效波高 H ,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 。

5.2.2 $d/U^2 \leq 0.2$ 的浅水风浪要素可按式(5.2.2-1) ~ 式(5.2.2-4)计算,也可按图 5.2.2 查出由于水深影响导致风浪要素折减的系数 K_F 或 K_t ,确定浅水风浪要素。

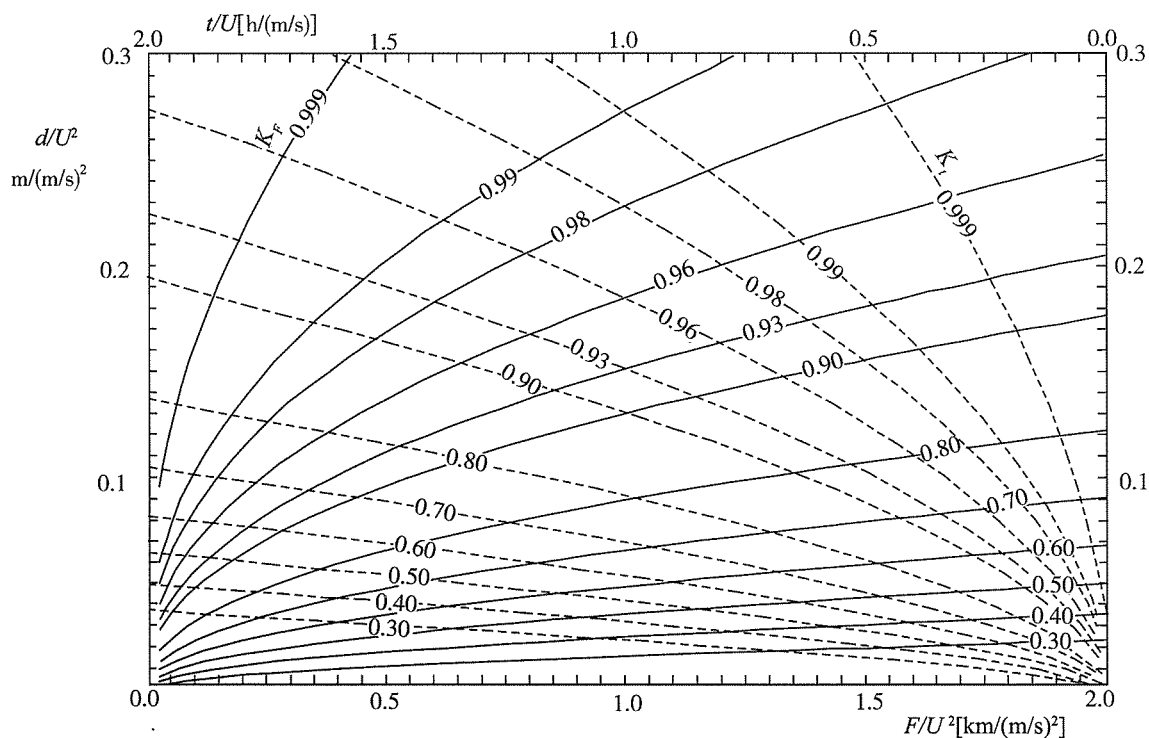
$$\frac{gH_{1/3}}{U^2} = 0.0055 \left(\frac{gF}{U^2} \right)^{0.35} \tanh \left[30 \frac{\left(\frac{gd}{U^2} \right)^{0.8}}{\left(\frac{gF}{U^2} \right)^{0.35}} \right] \quad (5.2.2-1)$$

$$\frac{gT_s}{U} = 0.55 \left(\frac{gF}{U^2} \right)^{0.233} \tanh^{2/3} \left[30 \frac{\left(\frac{gd}{U^2} \right)^{0.8}}{\left(\frac{gF}{U^2} \right)^{0.35}} \right] \quad (5.2.2-2)$$

$$\frac{gF}{U^2} = 0.012 \left(\frac{gt}{U} \right)^{1.3} \tanh^{1.3} \left(1.4 \frac{2\pi d}{L} \right) \quad (5.2.2-3)$$

$$\frac{gH_{1/3}}{U^2} = 0.0135 \left(\frac{gT_s}{U} \right)^{1.5} \quad (5.2.2-4)$$

式中 $H_{1/3}$ ——有效波波高(m);
 g ——重力加速度(m/s^2);
 U ——海面上 10m 高度处的平均风速(m/s);
 F ——风区(m);
 d ——水深(m);
 T_s ——有效波周期(s);
 t ——风时(s);
 L ——波长(m)。


 图 5.2.2 K_r 及 K_f 图

注:图 5.2.1 中由 t 、 U 查得 $H_{1/3}$ 时,在图 5.2.2 中用 d/U 及 t/U 查得 K_r ,将查得的 $H_{1/3}$ 乘以 K_r ,即得水深 d 时的波高 $H_{1/3}$,再以 $H_{1/3}$ 和 U 在图 5.2.1 中查取有效周期 T_s 。以 F 、 d 和 U 查取 $H_{1/3}$ 和 T_s 时,可按类似上述步骤进行。

5.2.3 采用风场资料计算年极值波高时,求得某一重现期的波高后,其对应的周期宜按表 4.3.2-1 确定。

5.2.4 涌浪要素可按图 5.2.4 确定,涌浪的传播距离 D 可取天气图上风区下沿中点至计算点间的距离。

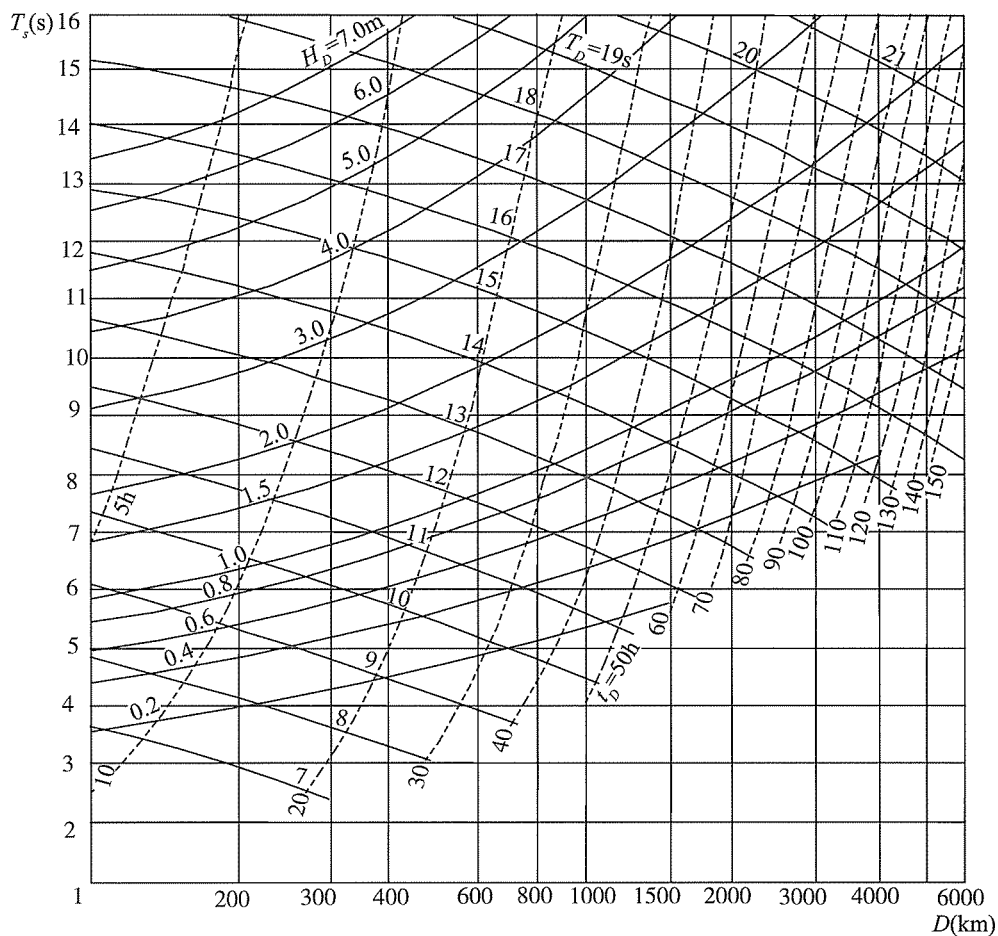


图 5.2.4 涌浪要素计算图

注:在左侧纵轴上自给定的风浪有效波周期向右引水平线,与横轴上自给定的传播距离 D 向上引垂直线相交,由通过交点的 H_b 线、 T_b 线和 t_b 线或其内插值读取涌浪的有效波高 H_b 、有效波周期 T_b 和传播时间 t_b 。

5.2.5 风浪与涌浪或涌浪与涌浪等两系列波浪相遇形成混合浪时,其波高 H 可近似按下式计算:

$$H = \sqrt{H_1^2 + H_2^2} \quad (5.2.5)$$

式中 H ——混合浪的波高(m);

H_1 、 H_2 ——分别为两系列波浪的波高(m)。

5.2.6 由台风产生的波浪要素可按数值方法计算。

5.3 风浪方向谱的计算

5.3.1 风浪的方向谱可用下式表示:

$$S(f, \varphi) = S_\eta(f) G(f, \varphi) \quad (5.3.1)$$

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

f ——频率(s^{-1});

φ ——波浪传播方向与主波向的夹角($^{\circ}$);

$S_{\eta}(f)$ ——风浪频谱($\text{m}^2 \cdot \text{s}$);

$G(f, \varphi)$ ——方向分布函数。

5.3.2 风浪频谱应按下列规定确定。

5.3.2.1 采用风浪频谱一时,应按下列方法计算:

(1) 对于 $H^* \leq 0.1$ 的深水水域,已知有效波高和有效波周期时,风浪频谱按下列公式计算:

$$0 \leq f \leq 1.05 \frac{1}{T_s} \text{时}$$

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

$$f > 1.05 \frac{1}{T_s} \text{时}$$

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

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

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

式中 $S_{\eta}(f)$ ——风浪频谱($\text{m}^2 \cdot \text{s}$);

$H_{1/3}$ ——有效波高(m);

T_s ——有效波周期(s);

P ——谱尖度因子, $1.54 \leq P < 6.77$;

f ——频率(s^{-1});

H^* ——波高水深比参数;

d ——水深(m)。

(2) 对于 $0.5 \geq H^* > 0.1$ 的有限深度水域,以 $H_{1/3}$ 和 T_s 为参数的风浪频谱按下列公式计算:

$$0 \leq f \leq 1.05 \frac{1}{T_s} \text{时}$$

$$S_{\eta}(f) = 0.0687 H_{1/3}^2 T_s P \exp \left\{ -95 \left[\ln \frac{P(5.813 - 5.137H^*)}{(6.77 - 1.088P + 0.013P^2)(1.307 - 1.426H^*)} \right] \times (1.1T_s f - 1)^{12/5} \right\} \quad (5.3.2-5)$$

$$f > 1.05 \frac{1}{T_s} \text{时}$$

$$S_{\eta}(f) = 0.0687 H_{1/3}^2 T_s \frac{(6.77 - 1.088P + 0.013P^2)(1.307 - 1.426H^*)}{5.813 - 5.137H^*} \left(\frac{1.05}{fT_s} \right)^m \quad (5.3.2-6)$$

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

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

式中 $S_{\eta}(f)$ ——风浪频谱($\text{m}^2 \cdot \text{s}$);

f ——频率(s^{-1});

$H_{1/3}$ ——有效波高(m);

T_s ——有效波周期(s);

P ——谱尖度因子, $1.27 \leq P < 6.77$;

H^* ——波高水深比参数;

m ——系数。

(3) 对于深水水域, 已知波浪谱的零阶矩、谱峰频率和谱尖度因子时, 风浪频谱按下列公式计算:

$0 \leq f \leq 1.15f_p$ 时

$$S_{\eta}(f) = \frac{m_0 P}{f_p} \exp \left\{ -95 \left[\ln \frac{P}{1.522 - 0.245P + 0.00292P^2} \right] \left(\frac{f}{f_p} - 1 \right)^{12/5} \right\} \quad (5.3.2-9)$$

$f > 1.15f_p$ 时

$$S_{\eta}(f) = 1.749 m_0 f_p^3 (1.522 - 0.245P + 0.00292P^2) \frac{1}{f^4} \quad (5.3.2-10)$$

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

式中 $S_{\eta}(f)$ ——风浪频谱($\text{m}^2 \cdot \text{s}$);

m_0 ——波浪谱的零阶矩(m^2);

P ——谱尖度因子, $1.54 \leq P \leq 6.77$;

f_p ——谱峰频率(s^{-1});

f ——频率(s^{-1})。

(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按下列公式计算:

$0 \leq f \leq 1.15f_p$ 时

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

$f > 1.15f_p$ 时

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

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

式中 $S_\eta(f)$ ——风浪频谱($\text{m}^2 \cdot \text{s}$);

m_0 ——波浪谱的零阶矩(m^2);

P ——谱尖度因子, $1.27 \leq P \leq 6.77$;

f_p ——谱峰频率(s^{-1});

H^* ——波高水深比参数;

f ——频率(s^{-1})。

(5) 谱尖度因子 P 不满足上述条件时, 可以采用其他风浪频谱形式。

5.3.2.2 采用风浪频谱二时, 已知有效波高和谱峰周期可按下列公式计算:

$$S_\eta(f) = \beta_J H_{1/3}^2 T_p^{-4} f^{-5} \exp \left[-\frac{5}{4} (f T_p)^{-4} \right] \gamma^{\exp \frac{-(f T_p - 1)^2}{2\sigma^2}} \quad (5.3.2-15)$$

$$\beta_J = \frac{0.06238}{0.230 + 0.0336\gamma - 0.185(1.9 + \gamma)^{-1}} [1.094 - 0.01915 \ln \gamma] \quad (5.3.2-16)$$

$$T_p = \begin{cases} T_s / [1 - 0.132(\gamma + 0.2)^{-0.559}] \\ T / [1 - 0.532(\gamma + 2.5)^{-0.569}] \end{cases} \quad (5.3.2-17)$$

式中 $S_\eta(f)$ ——风浪频谱($\text{m}^2 \cdot \text{s}$);

β_J ——系数;

$H_{1/3}$ ——有效波高(m);

T_p ——谱峰周期(s);

f ——频率(s^{-1});

γ ——谱峰升高因子, $\gamma = 1 \sim 7$, 均值 3.3;

σ ——无维谱宽参数, $f \leq f_p$ 时, $\sigma_a = 0.07$; $f > f_p$ 时, $\sigma_b = 0.09$ 。

5.3.3 风浪的方向分布函数可按下列规定确定。

5.3.3.1 有条件考虑波陡影响时, 方向分布函数可按下列公式计算:

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

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

$$f \leq f_p \text{ 时} \quad s = s_{\max} (f/f_p)^{2.5} \quad (5.3.3-3)$$

$$f \geq f_p \text{ 时} \quad s = s_{\max} (f/f_p)^{-2.5} \quad (5.3.3-4)$$

$$s_{\max} = 0.13 (H_{1/3}/L_s)^{-1.28} \quad (5.3.3-5)$$

式中 $G(f, \varphi)$ ——方向分布函数;

$G_0(s)$ ——方向分布函数中的系数;

s ——方向分布集中度参数;

φ ——波浪传播方向与主波向的夹角, 其变化范围为 $\pm \pi/2$;

Γ ——伽玛函数;

s_{\max} ——方向分布集中度参数最大值;

f ——频率(s^{-1});

f_p ——频谱的谱峰频率(s^{-1});

$H_{1/3}$ ——有效波波高(m);

L_s ——有效波波长(m)。

5.3.3.2 无条件考虑波陡的影响时,方向分布函数可按下列公式计算:

$$G(f, \varphi) = \frac{1}{2} \beta \operatorname{sech}^2 \beta \varphi \quad (5.3.3-6)$$

$$0.56 \leq f/f_p \leq 0.95 \text{ 时} \quad \beta = 2.61 (f/f_p)^{1.3} \quad (5.3.3-7)$$

$$0.95 < f/f_p \leq 1.6 \text{ 时} \quad \beta = 2.28 (f/f_p)^{-1.3} \quad (5.3.3-8)$$

$$f/f_p < 0.56 \text{ 或 } f/f_p > 1.6 \text{ 时} \quad \beta = 1.24 \quad (5.3.3-9)$$

式中 $G(f, \varphi)$ ——方向分布函数;

β ——系数;

φ ——波浪传播方向与主波向的夹角,其变化范围为 $\pm \pi/2$;

f ——频率(s^{-1});

f_p ——频谱的谱峰频率(s^{-1})。

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,应求得折射系数 K_r ,确定波高和波向的变化, K_r 可按式(6.1.1)计算。对不规则波折射计算时,可采用数值方法确定波要素的变化,计算中使用的海浪谱根据第5.3节选定,频率和方向的分割数应保证计算结果的精度和稳定性。

$$K_r = \sqrt{\frac{b_0}{b}} \quad (6.1.1)$$

式中 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(m)。

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

6.1.3 海岸附近的波浪应按不同波向、周期和水位,进行波浪折射计算。折射计算时的波浪周期可采用平均周期。

6.1.4 进行波浪折射计算时,起始水深等可按下列规定执行。

6.1.4.1 涌浪折射计算的起始水深 d 可取 $L_0/2$, L_0 为深水波长。对于平均周期约为6~10s的涌浪,折射计算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 $L_0/6$; $30^\circ < \alpha \leq 45^\circ$ 时, d 可近似取 $L_0/4$ 。

6.1.4.2 平均周期约为6~10s的风浪,其折射计算的起始水深可按表6.1.4确定。

6.1.4.3 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计算的起始水深。

风浪折射计算起始水深 d

表 6.1.4

| $\alpha(^{\circ})$ | ≤ 30 | 31 ~ 45 | 46 ~ 60 |
|--------------------|-----------|---------|---------|
| $d(\text{m})$ | $L_0/10$ | $L_0/7$ | $L_0/5$ |

6.1.4.4 折射计算的水域范围较大时,离岸较远的水域可用小比例尺地形图,离岸较近的水域可用大比例尺地形图,不同比例尺的地形图应互相衔接。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。

6.2 近岸波高的计算

6.2.1 折射计算自 d 为 $L_0/2$ 的深水区开始时,近岸计算点的波高按式(6.2.1-1)和式

(6.2.1-2) 计算, 计算时可采用平均波高。波浪在浅水中的传播距离较长时, 还应同时考虑水底摩擦和沿程风能对波高的影响。

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

$$K_s = \frac{H}{H'_0} \quad (6.2.1-2)$$

式中 H ——计算点的波高(m);

K_r ——折射系数;

K_s ——浅水系数, 可在附录 H 中查得;

H_0 ——深水波高(m);

H'_0 ——计算深水波高(m)。

6.2.2 破碎波高可按下列规定确定。

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。

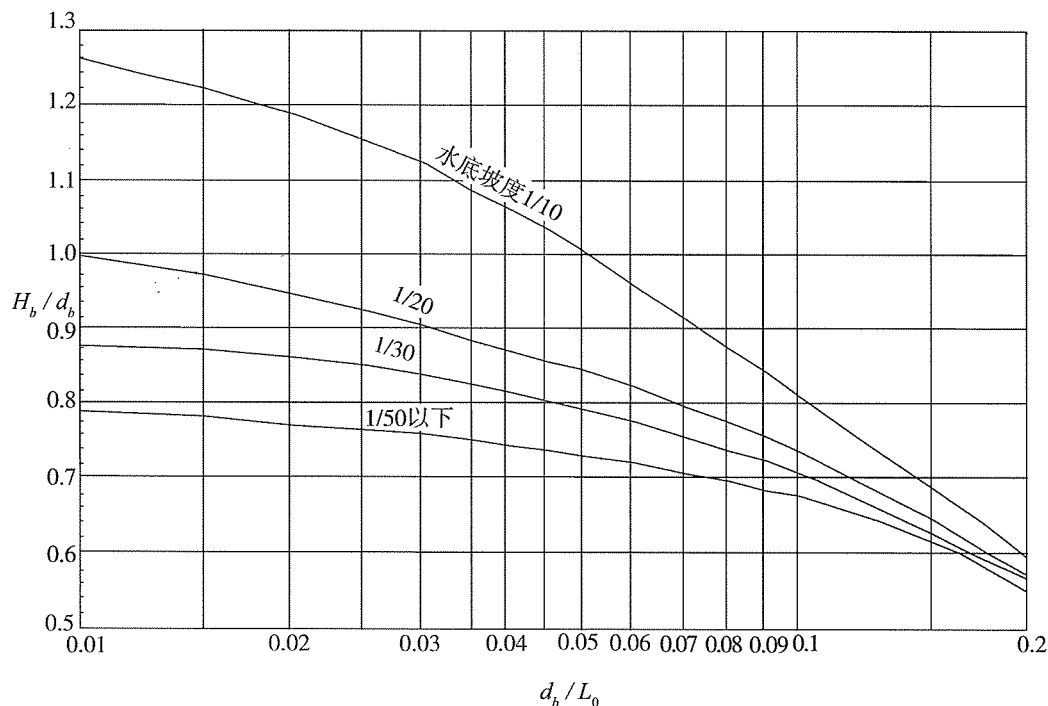


图 6.2.2 破碎波高与破碎水深比值

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。

6.2.2.3 海底坡度 $i \leq 1/200$ 时, 不规则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。

缓坡上不规则波破碎波高与破碎水深最大比值 $(H_b/d_b)_{\max}$

表 6.2.2

| 海底坡度 i | $\leq 1/500$ | $1/400$ | $1/300$ | $1/200$ |
|--------------------|--------------|---------|---------|---------|
| $(H_b/d_b)_{\max}$ | 0.60 | 0.61 | 0.63 | 0.69 |

6.3 波浪在水流作用下的变形计算

6.3.1 考虑水流对波浪要素的影响进行计算时,可采用平均波高和平均周期。

6.3.2 地形平坦、水流与波向平行时,波浪要素可按下列规定确定。

6.3.2.1 流水中波长与静水中波长之比可按式(6.3.2-1)~式(6.3.2-3)计算,也可根据 d/gT_0^2 和 $U_c T_0/d$ 由图 6.3.2 查得。

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

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

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

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);

k ——流水中的波数;

d ——水深(m);

U_c ——水流的平均流速(m/s),顺流为正,逆流为负;

k_s ——静水中的波数。

6.3.2.2 流水中波高与静水中波高之比可按式(6.3.2-4)~式(6.3.2-6)计算,也可根据 d/gT_0^2 和 $U_c T_0/d$ 由图 6.3.2 查得。

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

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

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

式中 H, H_s ——分别为流水中和静水中的波高(m);

U_c ——水流的平均流速(m/s),顺流为正,逆流为负;

C ——流水中的波速(m/s);

L, L_s ——分别为流水中和静水中的波长(m);

A, A_s ——分别为流水中和静水中的波能传递率;

k, k_s ——分别为流水中和静水中的波数;

d ——水深(m)。

6.3.2.3 以水流平均流速 U_c 移动的坐标系中的波浪周期可按式计算:

$$T_r = \sqrt{\frac{2\pi L}{g \text{th}kd}} \quad (6.3.2-7)$$

式中 T_r ——以水流平均流速 U_c 移动的坐标系中的波浪周期(s);

L ——流水中的波长(m);
 g ——重力加速度(m/s^2);
 k ——流水中的波数;
 d ——水深(m)。

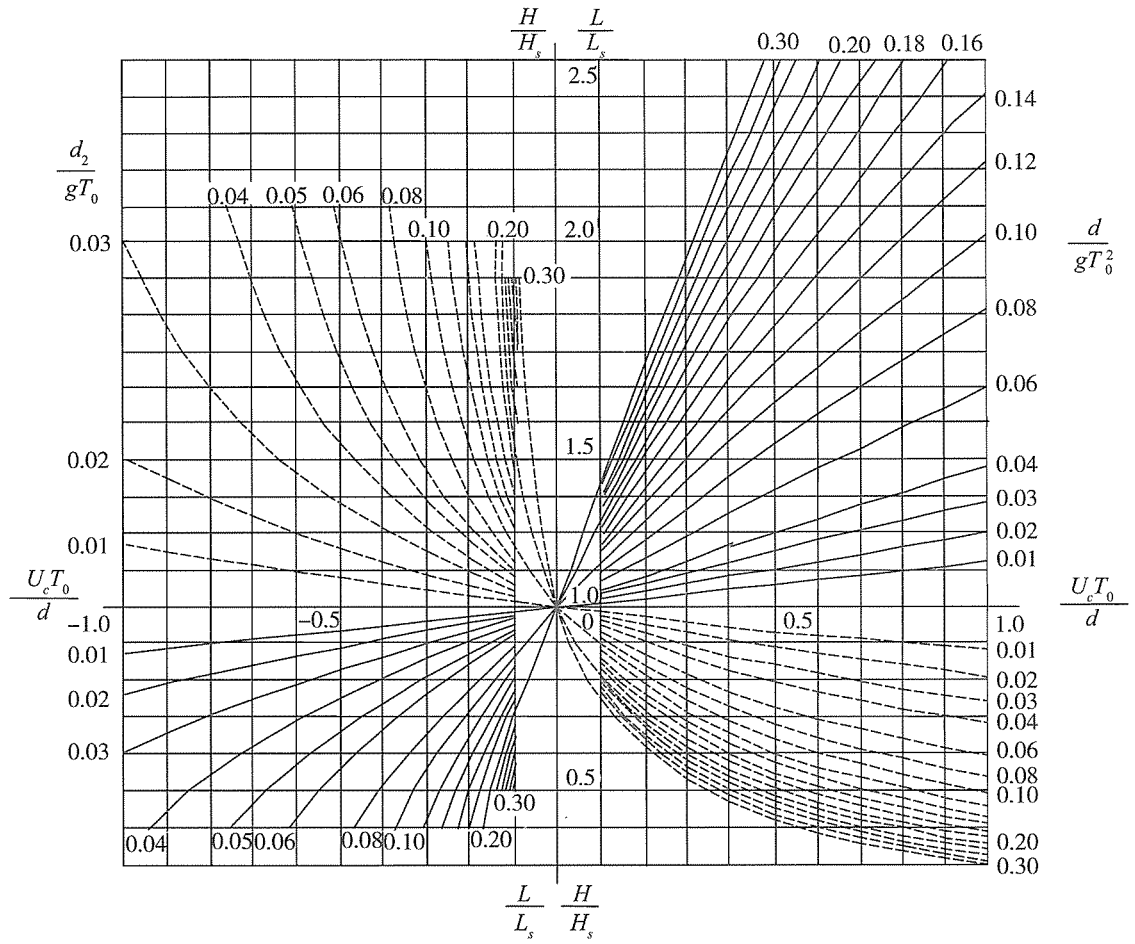


图 6.3.2 $\frac{L}{L_s}$ 和 $\frac{H}{H_s}$ 的曲线

6.3.2.4 逆流情况下,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 $d/gT_0^2 > 0.08$ 或可不考虑地形影响的情况下,且水流与波向斜交时,波浪要素可按下列规定确定。

6.3.3.1 流水中与静水中波长之比可按式(6.3.3-1)计算,也可根据 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。

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

式中 L/L_s ——分别为流水中和静水中的波长(m);

α_s 、 α ——分别为静水中和流水中的波向与水流法线的夹角($^\circ$),即入射角和折射角;

U_c ——水流的平均流速 (m/s), 顺流为正, 逆流为负;

C_s ——静水中的波速 (m/s);

k, k_s ——分别为流水中和静水中的波数;

d ——水深 (m)。

6.3.3.2 流水中和静水中波高之比可按式 (6.3.3-2) 计算, 也可根据 $\alpha_s, d/gT_0^2$ 和 $U_c T_0/d$ 由图 6.3.3-1、图 6.3.3-2 查得。

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

式中 H, H_s ——分别为流水中和静水中的波高 (m);

A, A_s ——分别为流水中和静水中的波能传递率;

L, L_s ——分别为流水中和静水中的波长 (m);

α, α_s ——分别为流水中和静水中的流向与水流法线的夹角 (°)。

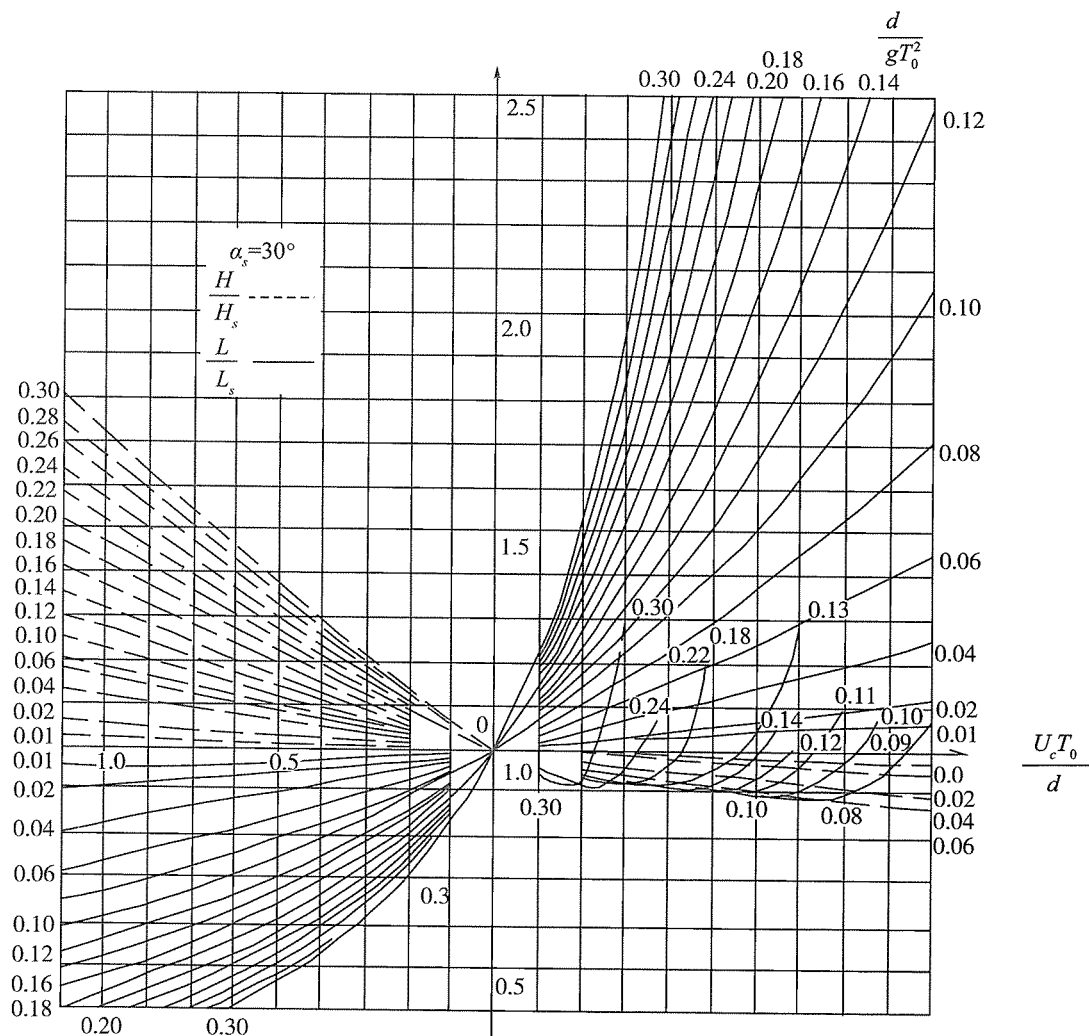


图 6.3.3-1 $\alpha_s = 30^\circ$ 时, $\frac{L}{L_s}$ 和 $\frac{H}{H_s}$ 的曲线

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($^{\circ}$);

L, L_s ——分别为流水中和静水中的波长(m);

α_s ——入射角($^{\circ}$)。

6.3.3.4 周期 T_r 可按式(6.3.2-7)计算。

6.3.3.5 $60^{\circ} < \alpha_s < 90^{\circ}$ 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。

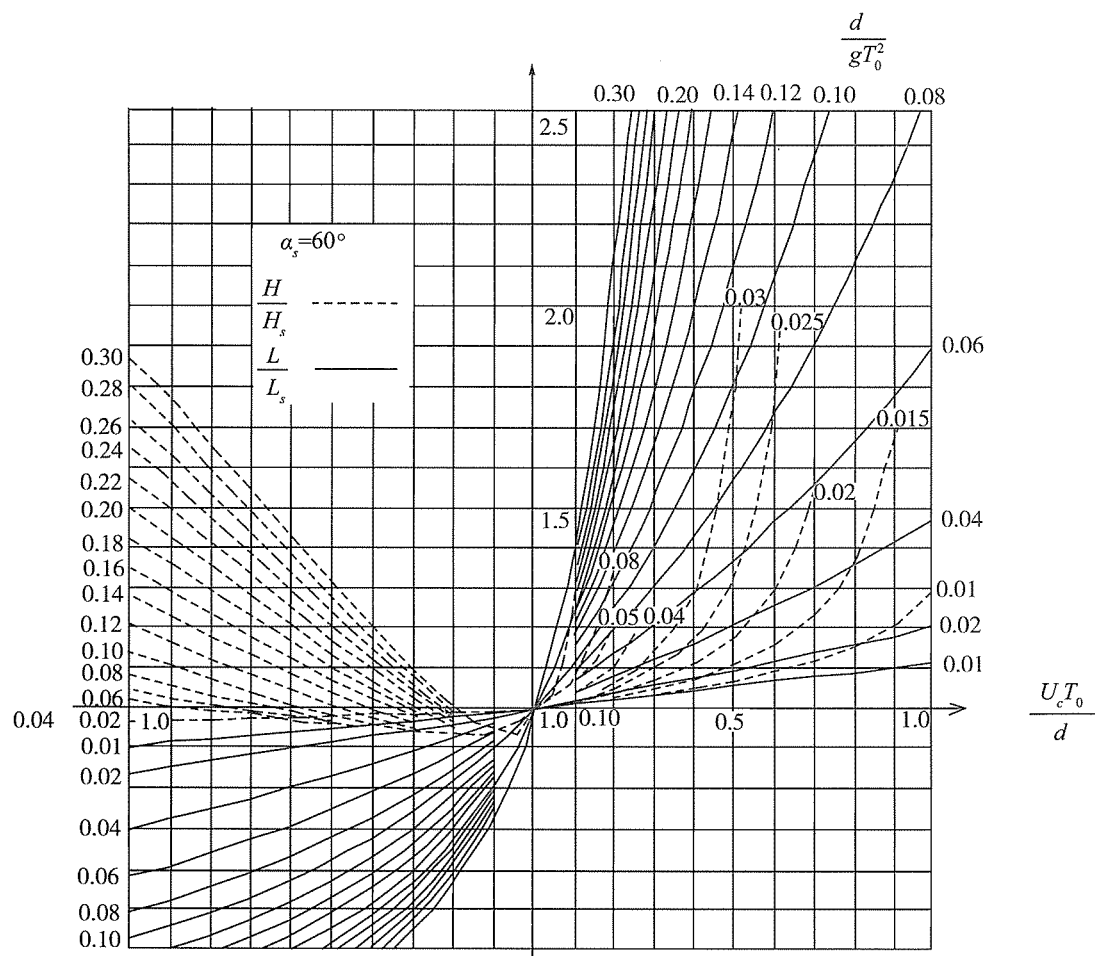


图 6.3.3-2 $\alpha_s = 60^{\circ}$ 时, $\frac{L}{L_s}$ 和 $\frac{H}{H_s}$ 的曲线

6.4 近岸波浪变形数学模型

6.4.1 近岸波浪变形计算可选择缓坡方程或鲍辛耐斯克 (Boussinesq) 方程为代表的数学模型, 也可根据研究区域的实际情况, 选择其他合适、有效的数值方法计算。

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,重要港口应通过物理模型试验验证,并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。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 港内水深变化较大时,应同时考虑绕射与折射。

7.1.2.2 港域边界为直立墙或陡坡时,应同时考虑绕射与反射。

7.1.2.3 港域风区长度超过 1km 时,应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式计算:

$$H_d = K_d H_i \quad (7.1.3)$$

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,不规则波的绕射系数按第 7.2 节的有关规定确定,规则波的绕射系数按附录 J 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 确定,各图之间绕射系数可内插。

7.2.2 双突堤后不规则波绕射系数,可按图 7.2.2 确定,各图之间绕射系数可内插。

7.2.3 岛式防波堤后的不规则波绕射系数可按图 7.2.3 确定,各图之间绕射系数可内插。

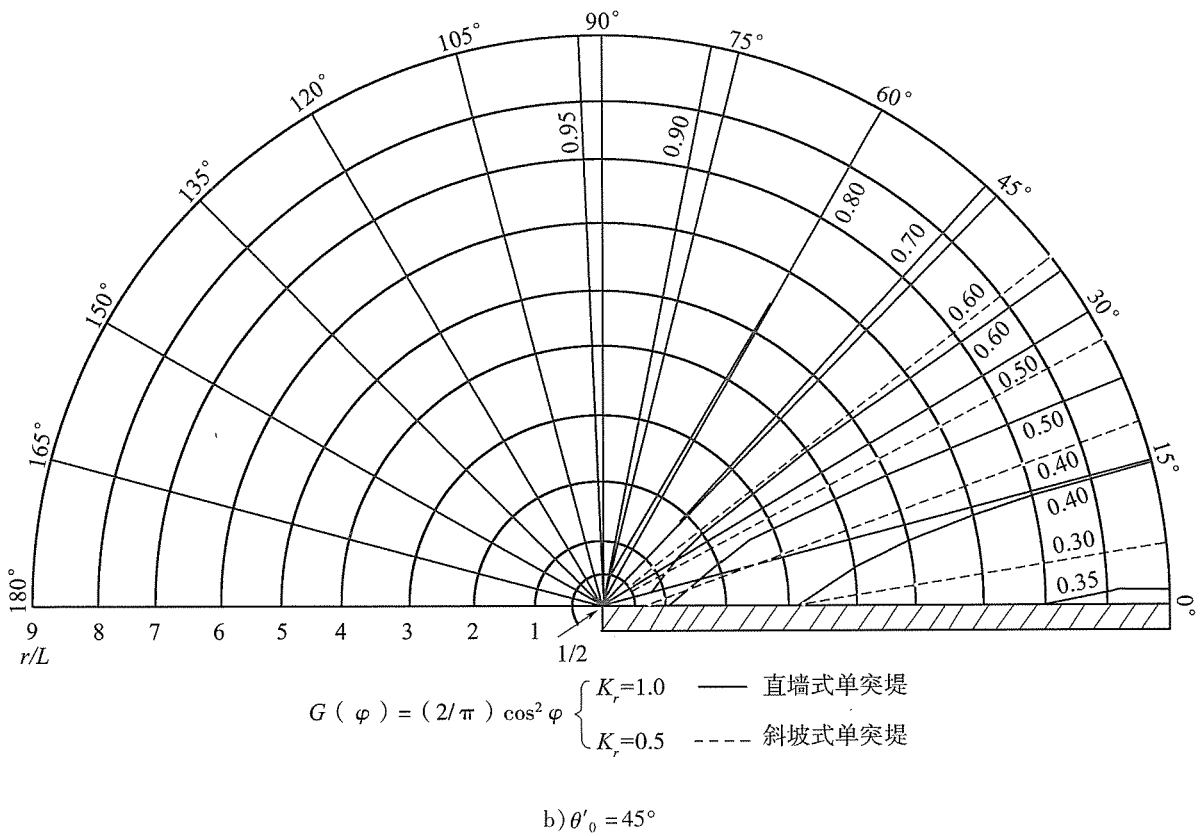
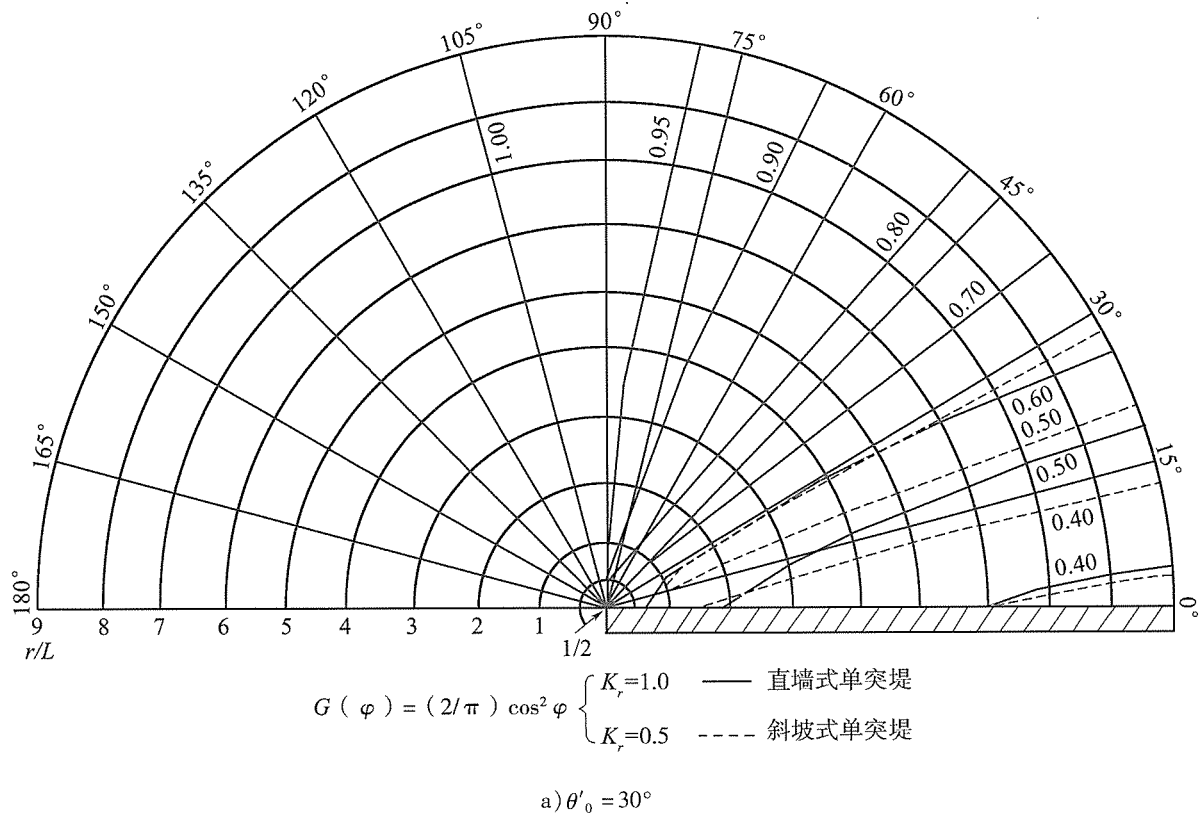


图 7.2.1

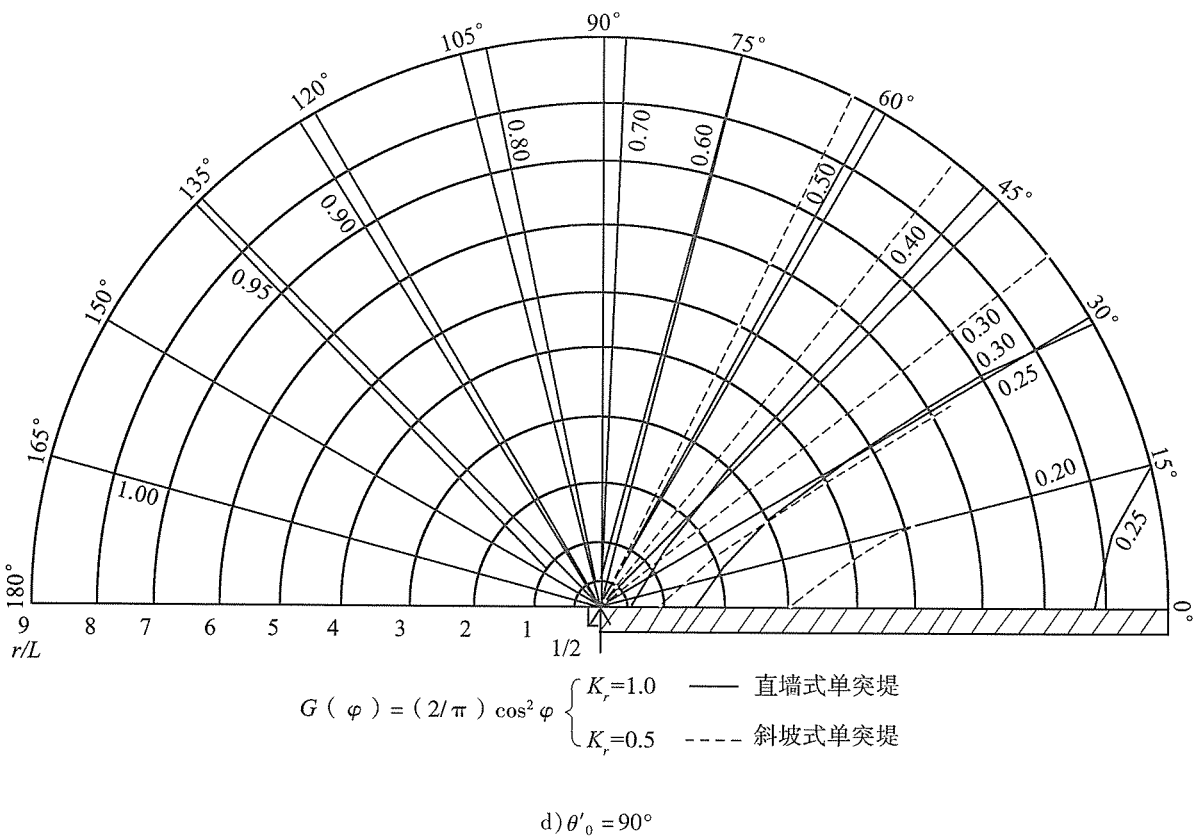
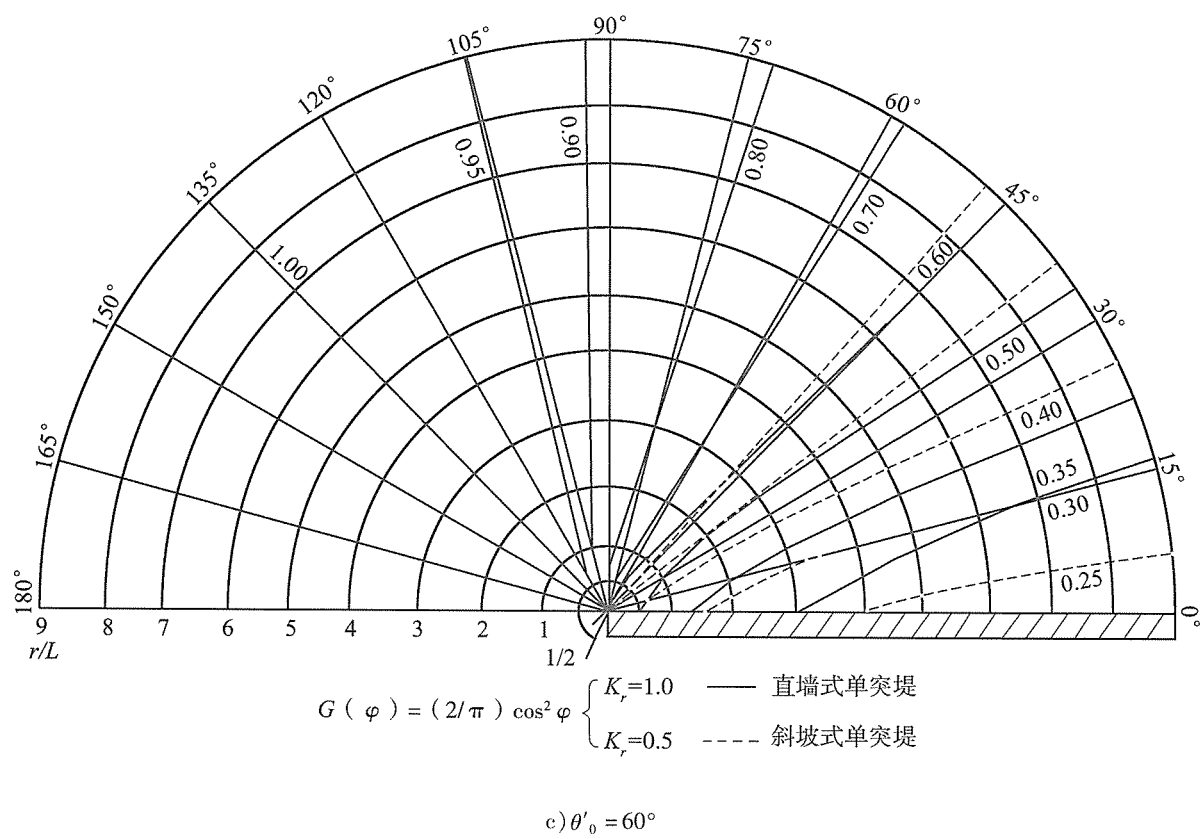


图 7.2.1

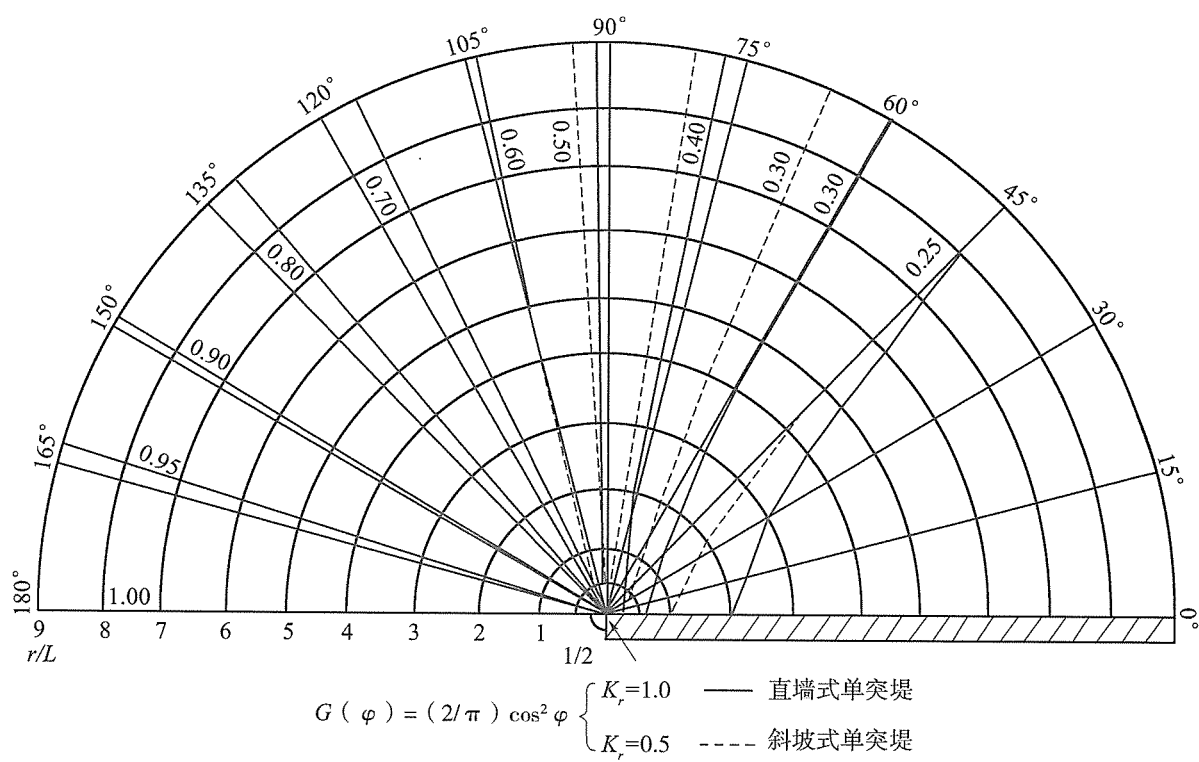
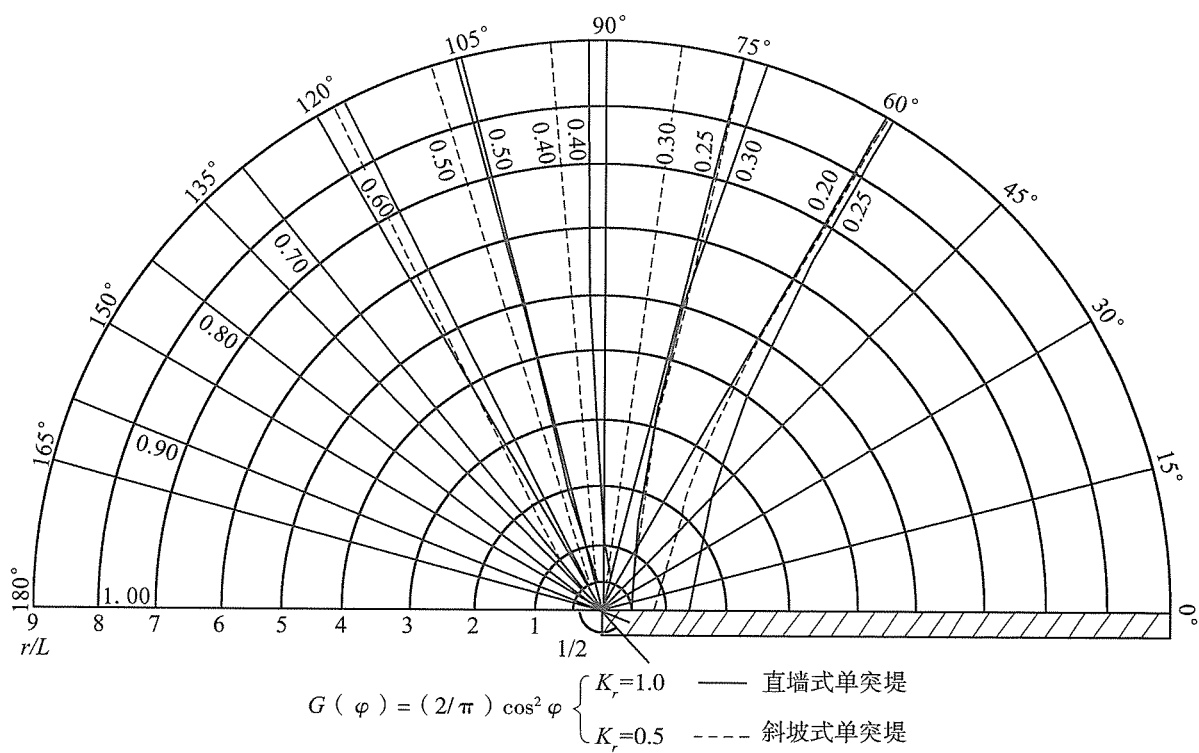
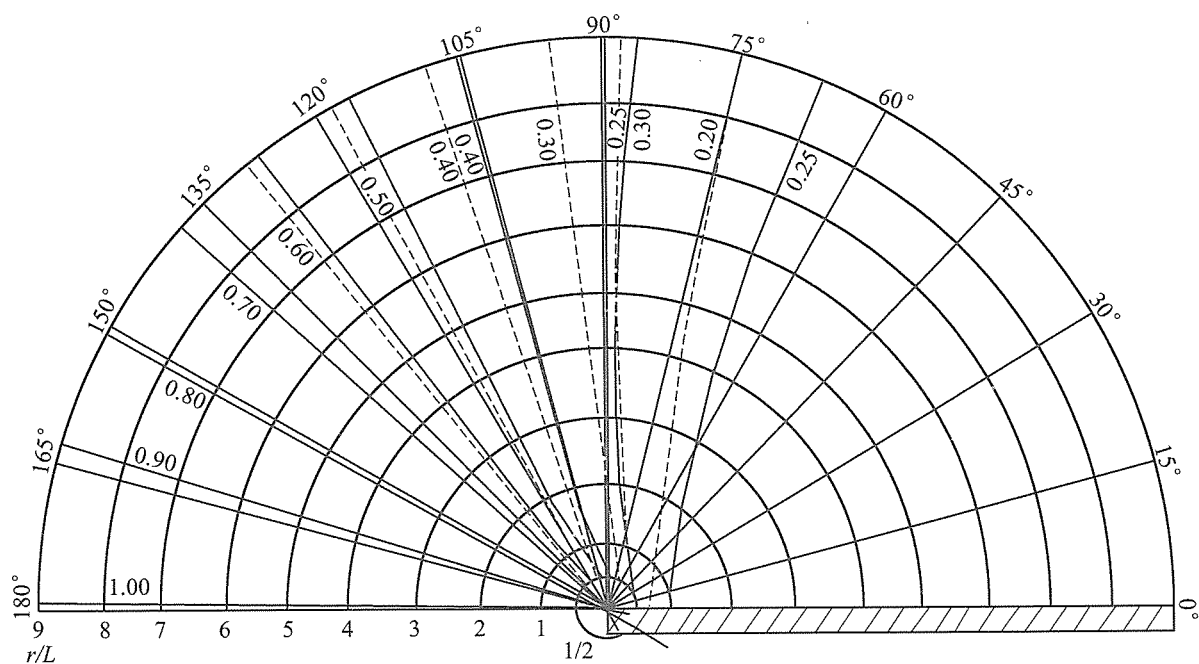
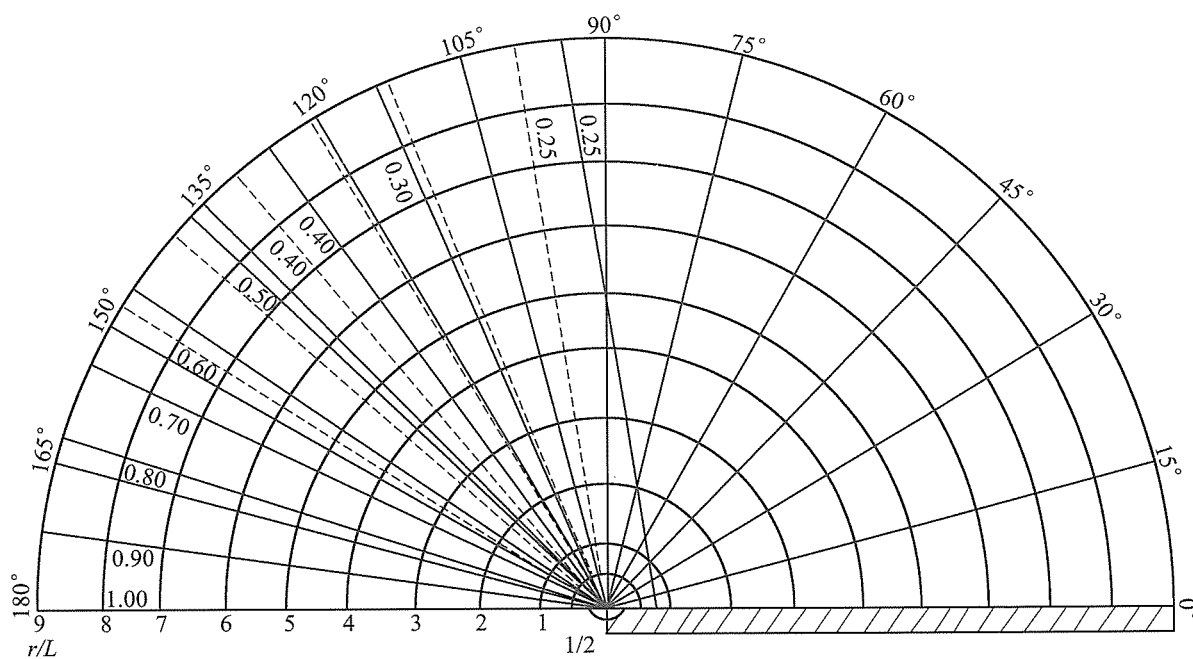
e) $\theta'_0 = 120^\circ$ f) $\theta'_0 = 135^\circ$

图 7.2.1



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

g) $\theta'_0 = 150^\circ$



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

h) $\theta'_0 = 180^\circ$

图 7.2.1 单突堤后不规则波绕射系数

r -计算点极坐标的极径(m); θ -计算点极坐标的极角($^\circ$); L -波长(m); θ'_0 -主波向与堤轴线的夹角($^\circ$),即主波入射角; $G(\varphi)$ -方向分布函数; φ -波浪传播方向与主波向间的夹角($^\circ$); K_r -堤的规则波反射系数

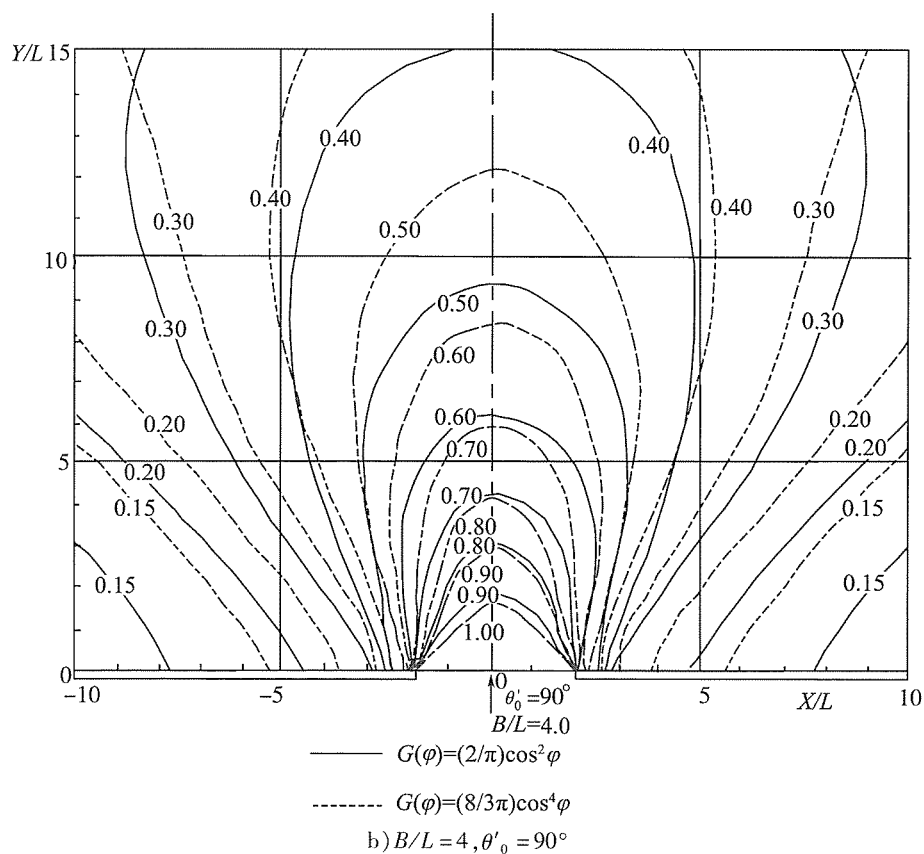
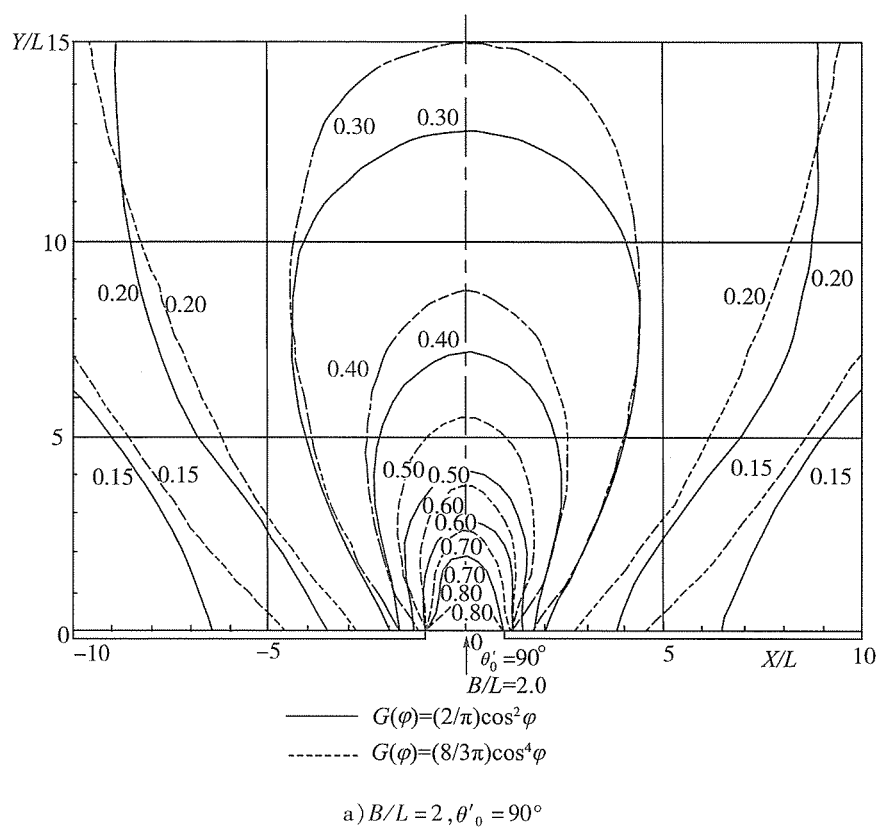


图 7.2.2

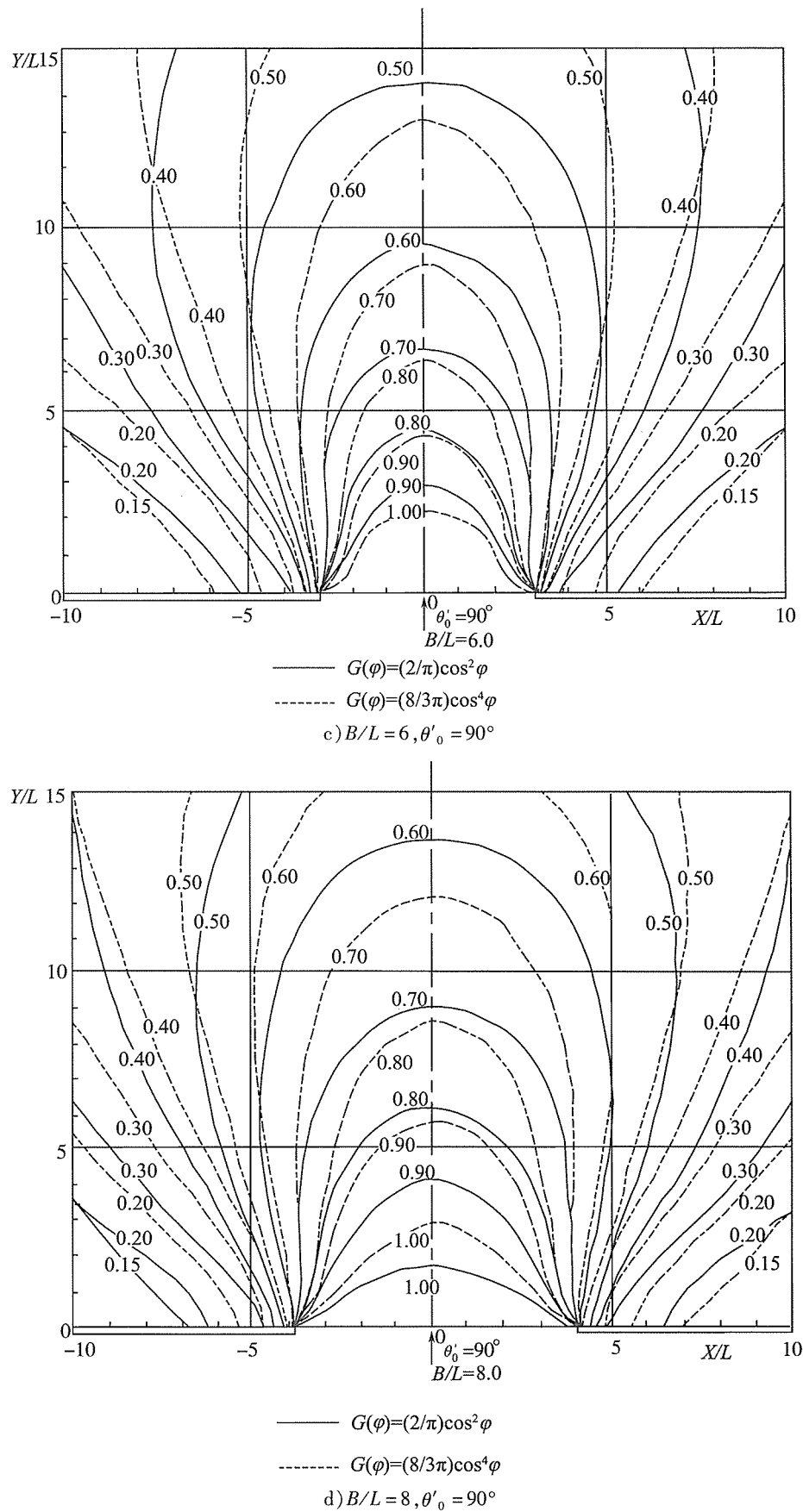
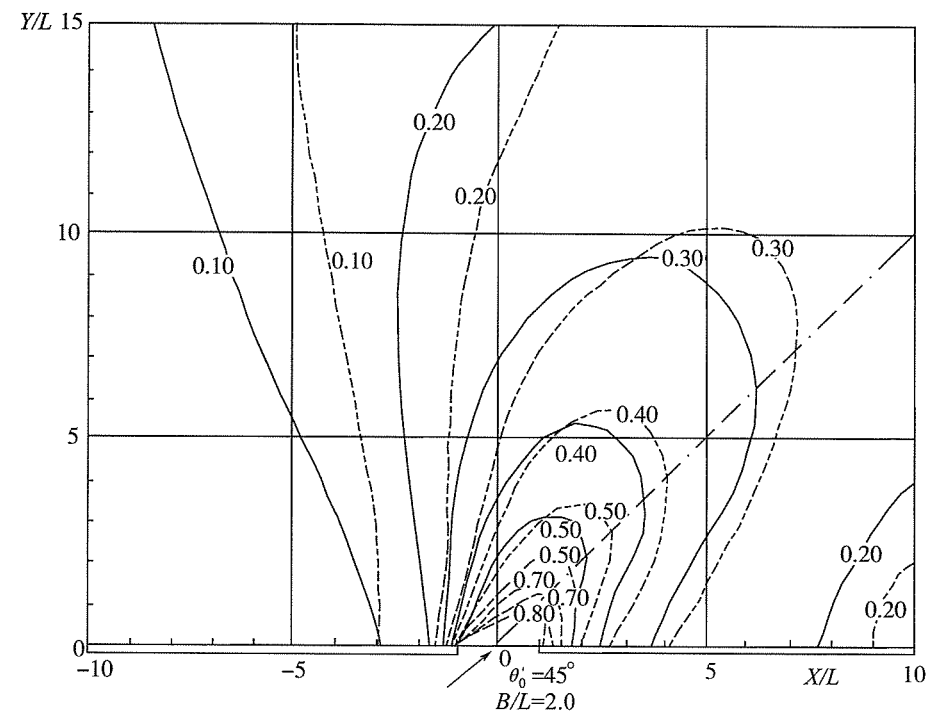
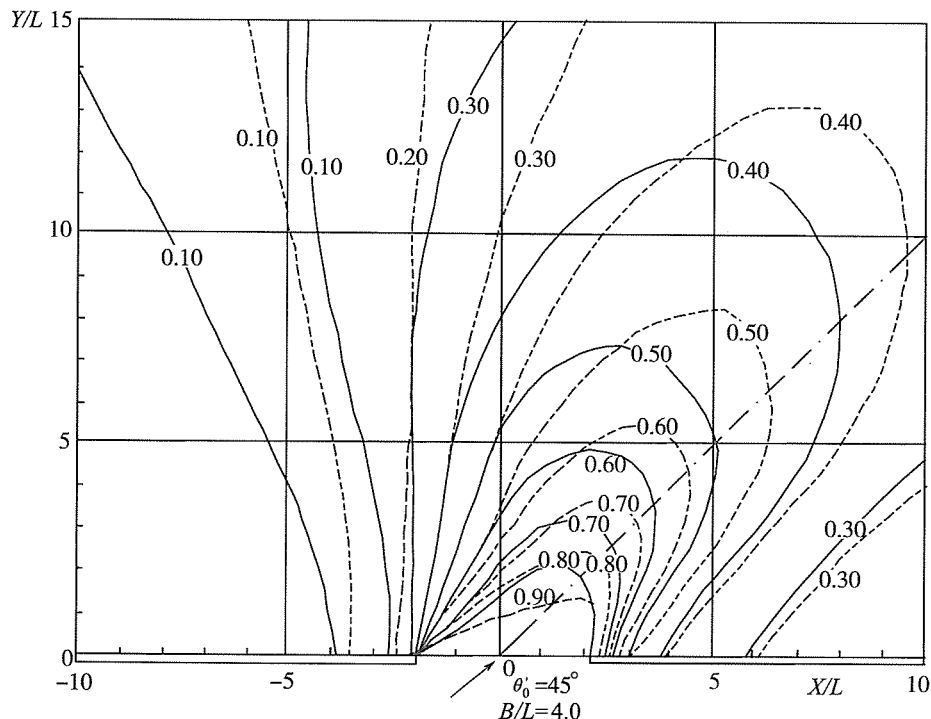


图 7.2.2



—— $G(\varphi)=(2/\pi)\cos^2\varphi$
----- $G(\varphi)=(8/3\pi)\cos^4\varphi$
e) $B/L=2, \theta'_0=45^\circ$



—— $G(\varphi)=(2/\pi)\cos^2\varphi$
----- $G(\varphi)=(8/3\pi)\cos^4\varphi$
f) $B/L=4, \theta'_0=45^\circ$

图 7.2.2

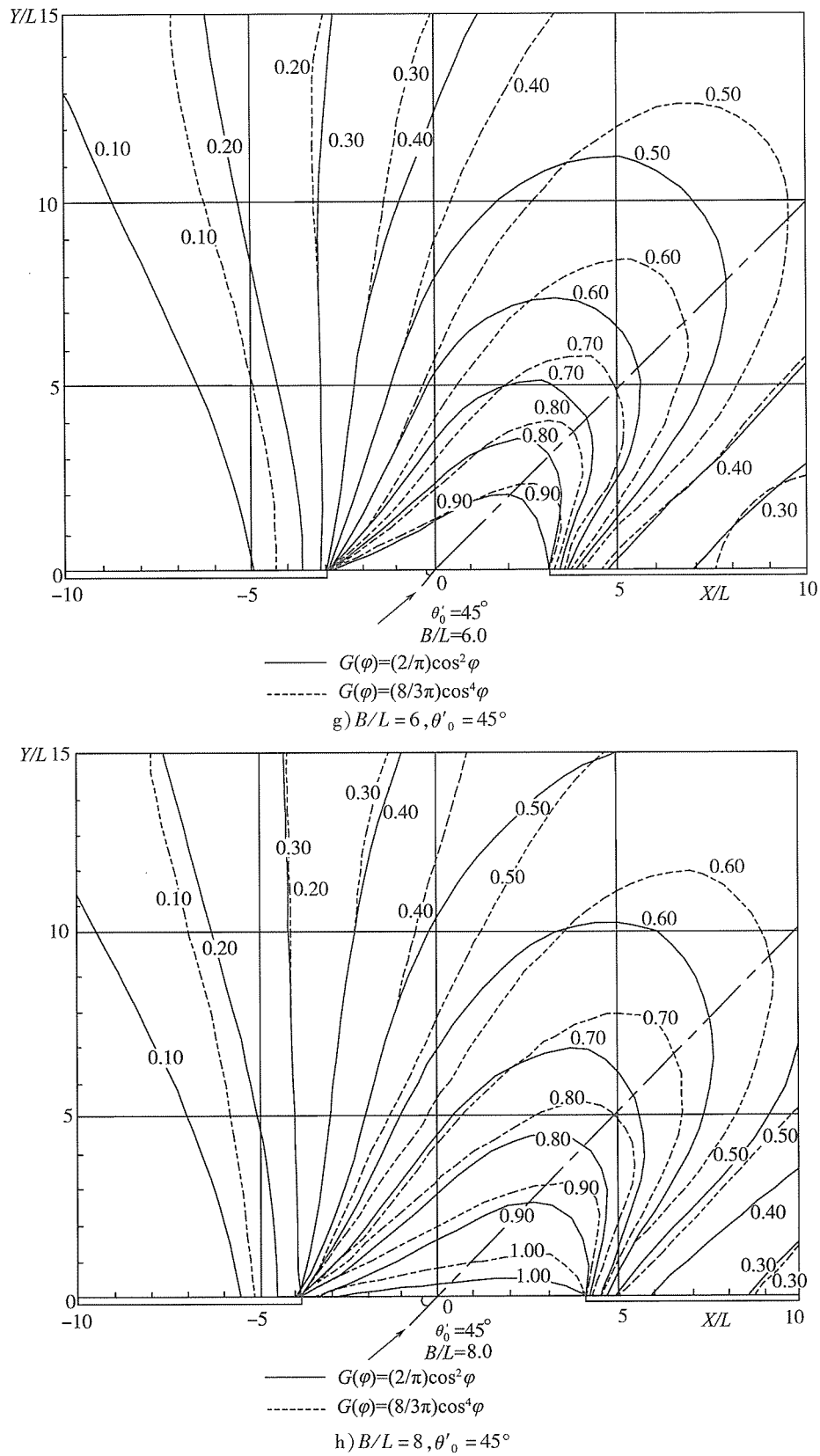


图 7.2.2 双突堤后不规则波绕射系数

X 、 Y -计算点的直角坐标(m); θ'_0 -主波向与口门轴线间的夹角($^\circ$),即主波入射角; B -口门宽度(m); L -波长(m);
 $G(\varphi)$ -方向分布函数,以风浪为主时,取宽谱 $G(\varphi) = (2/\pi)\cos^2\varphi$;以涌浪为主时,取窄谱 $G(\varphi) = (8/3\pi)\cos^4\varphi$;
 φ -波浪传播方向与主波向间的夹角($^\circ$)

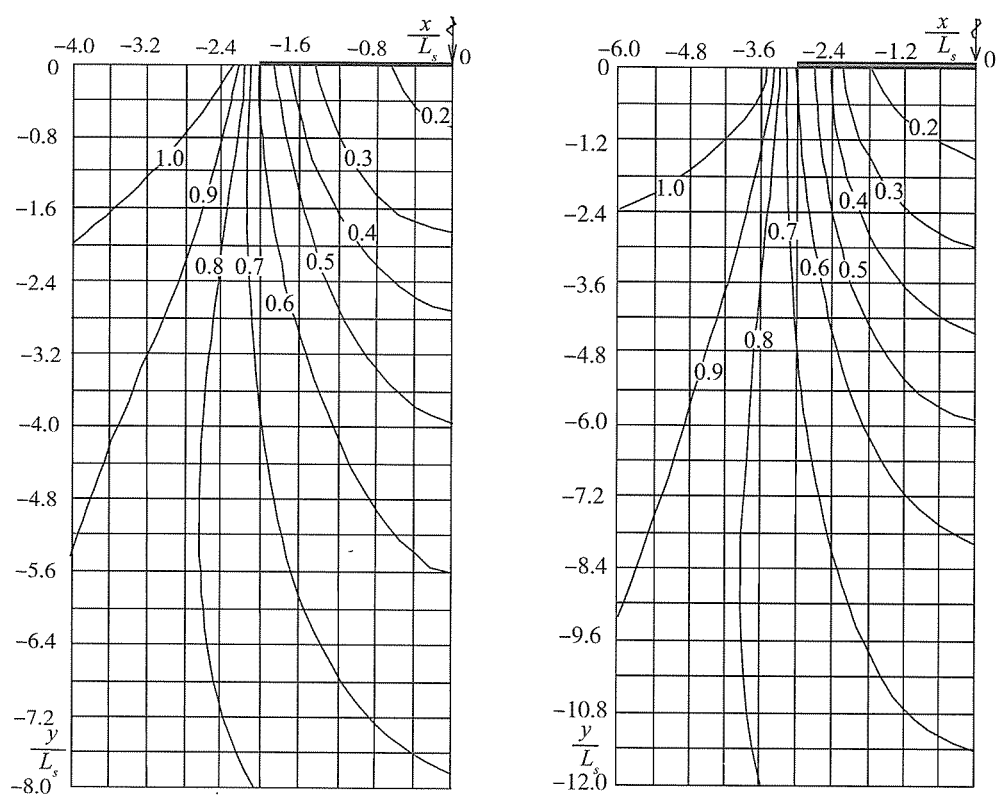
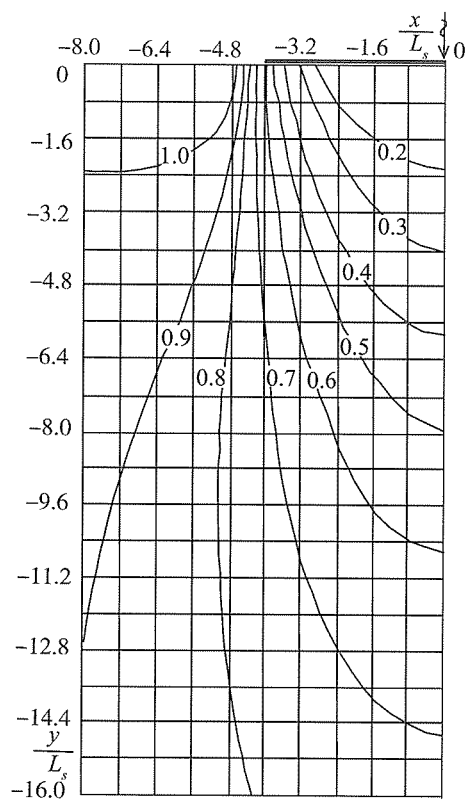
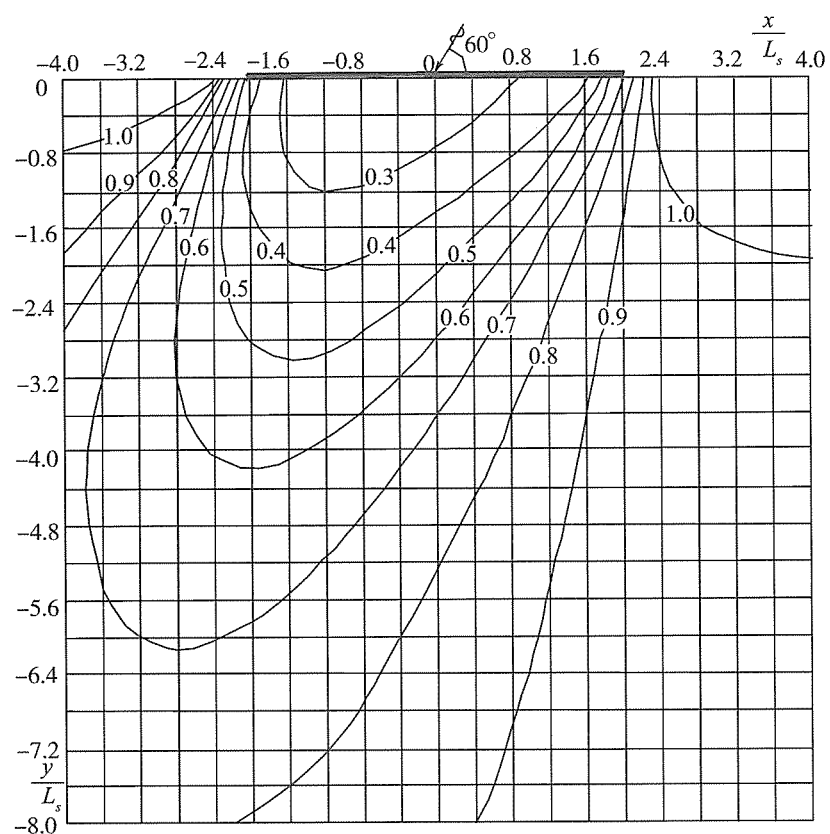
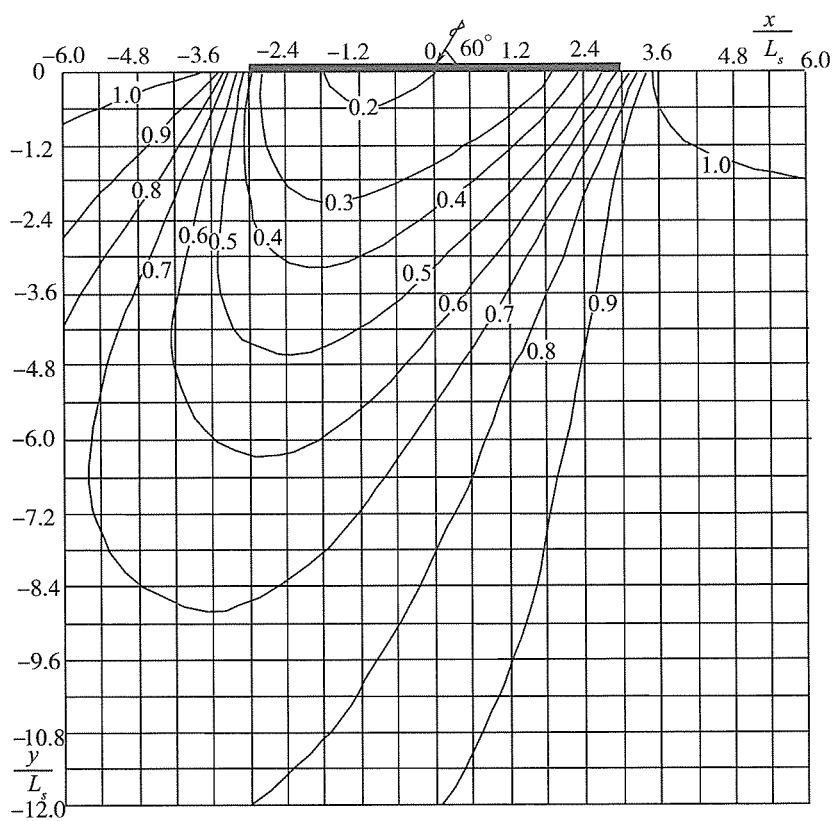
a) $l/L_s = 4$, $\theta'_0 = 90^\circ$ b) $l/L_s = 6$, $\theta'_0 = 90^\circ$ c) $l/L_s = 8$, $\theta'_0 = 90^\circ$

图 7.2.3



d) $l/L_s = 4$, $\theta'_0 = 60^\circ$



e) $l/L_s = 6$, $\theta'_0 = 60^\circ$

图 7.2.3

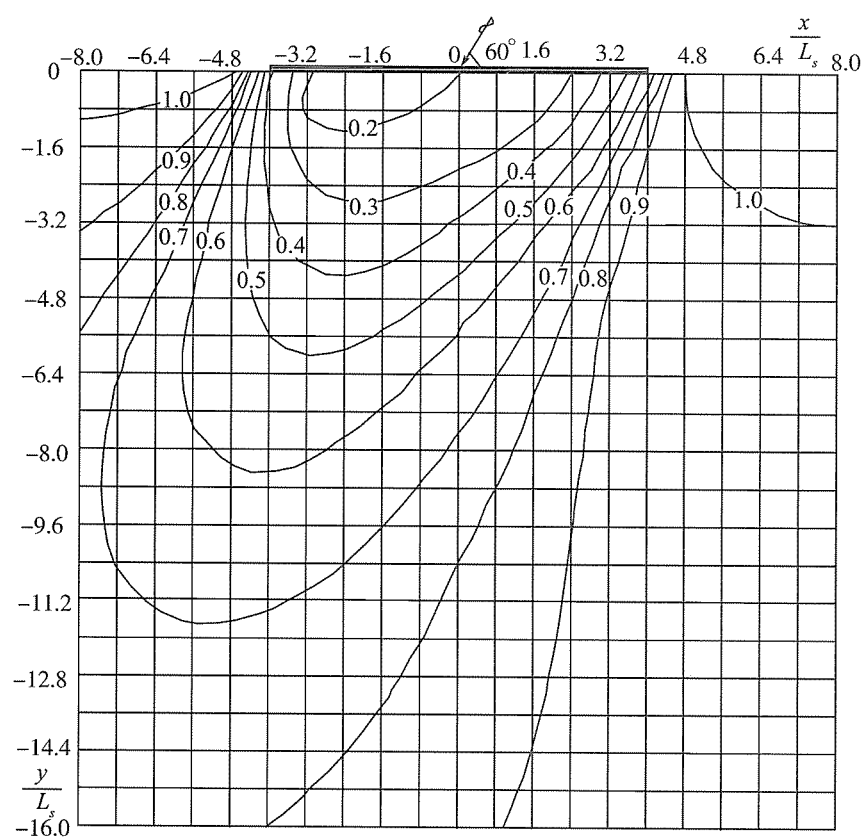
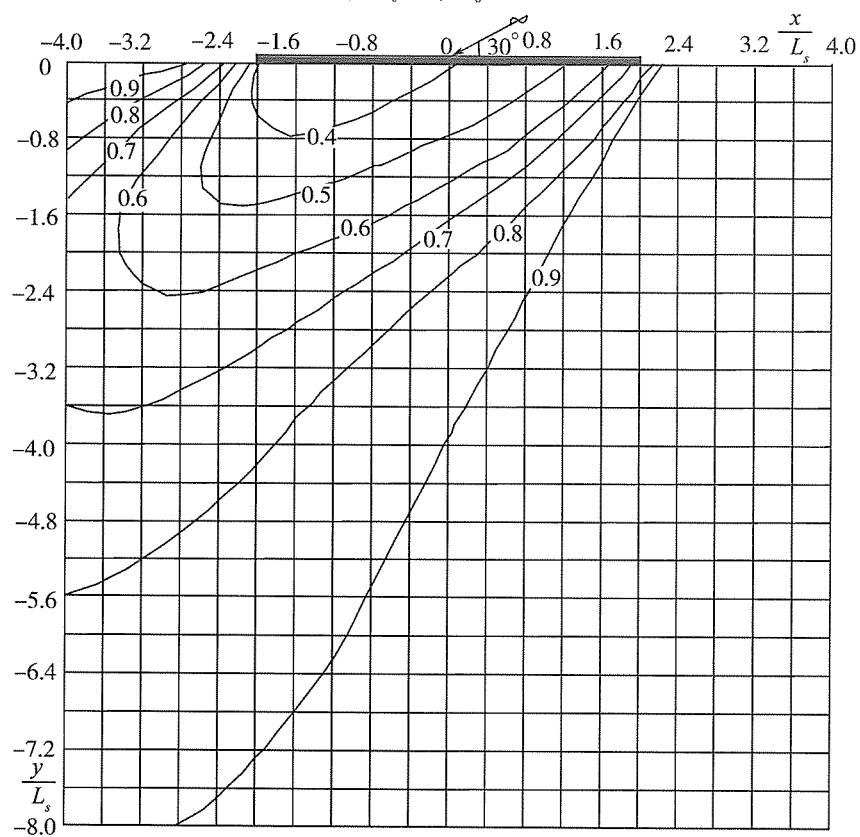
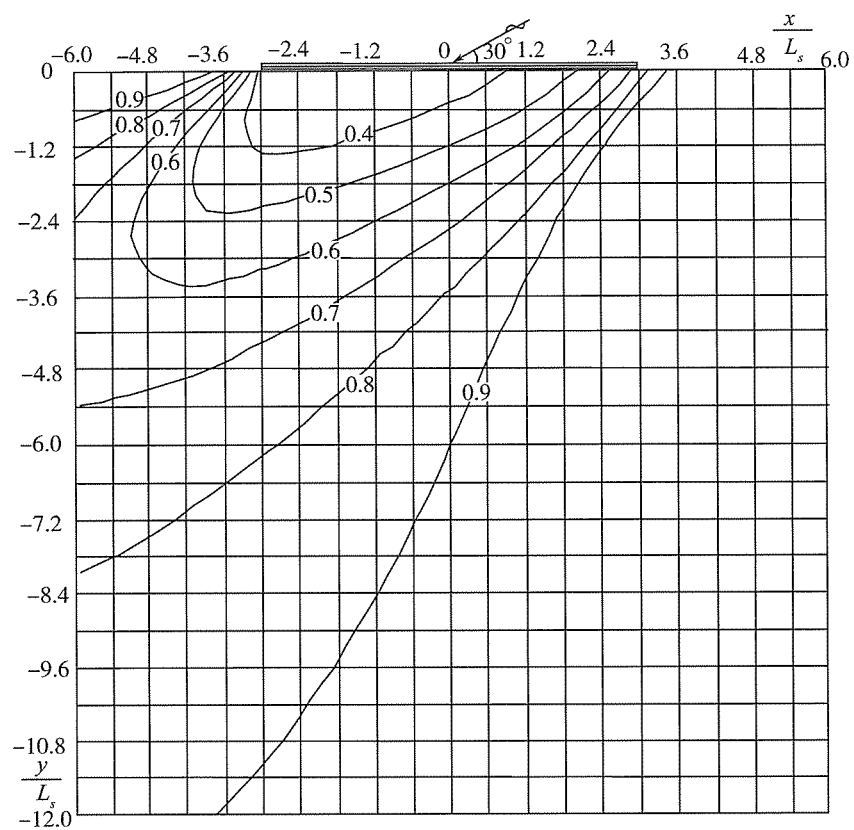
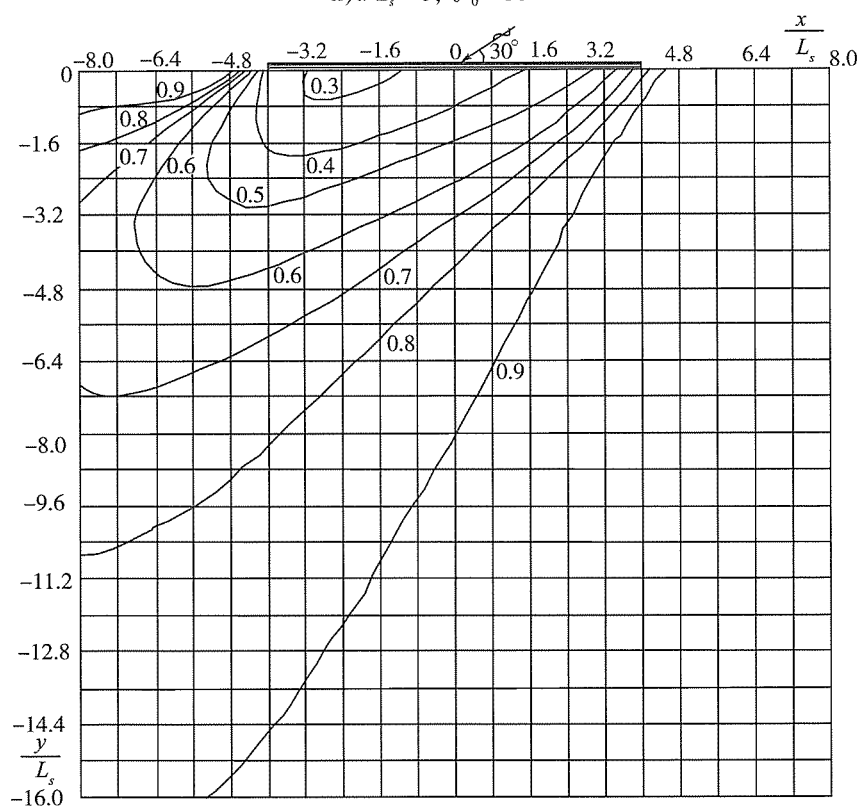
f) $L/L_s = 8$, $\theta'_0 = 60^\circ$ g) $L/L_s = 4$, $\theta'_0 = 30^\circ$

图 7.2.3



h) $l/L_s = 6, \theta'_0 = 30^\circ$



i) $l/L_s = 8, \theta'_0 = 30^\circ$

图 7.2.3 岛式防波堤后的不规则波绕射系数

x, y -计算点的直角坐标 (m); L_s -有效波波长 (m); l -堤长 (m)

7.3 波浪折射、绕射、反射与港内局部风浪

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

7.3.1.1 对于规则波,可按下述步骤进行计算:

(1) 对港内绕射波峰线,在掩护区近似地取为同心圆弧,开敞区取为平行直线,如图7.3.1所示;与入射波向线垂直的口门投影宽度与波长之比小于等于1的双突堤口门,港内波峰线近似地取为以口门中点为圆心的同心圆弧;

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

(3) 自 PQ 线开始,进行港内规则波的折射计算;

(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:

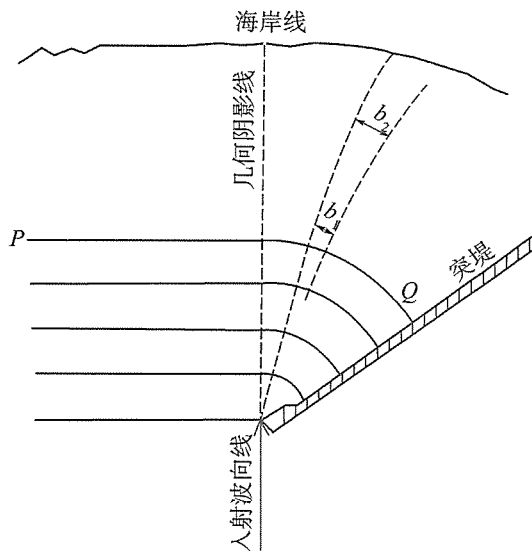


图 7.3.1 港内波浪绕射和折射

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

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。

7.3.1.2 对于不规则波,可选用能同时考虑波浪绕射和折射作用的数学模型进行计算。

7.3.2 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 ——港内计算点波高(m);

H_d ——计算点绕射波高(m);

H_R ——计算点反射波高(m),按第8.2.2条有关规定计算。

7.3.3 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 ——港内计算点波高(m);

H_1 ——计算点绕射波高(m);

H_2 ——计算点局部风浪的波高(m),按第5章有关规定计算。

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可分为立波、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。

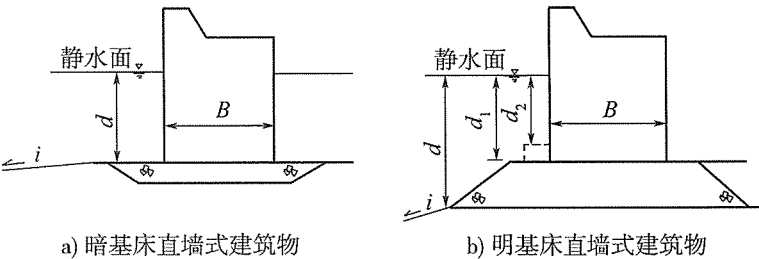


图 8.1.1 直墙式建筑物
直墙式建筑物前的波态

表 8.1.1

| 基床类型 | 产生条件 | 波态 |
|--|---|-----|
| 暗基床和低基床 $\left(\frac{d_1}{d} > \frac{2}{3}\right)$ | $\bar{T}\sqrt{g/d} < 8, d \geq 2H$ $\bar{T}\sqrt{g/d} \geq 8, d \geq 1.8H$ | 立波 |
| | $\bar{T}\sqrt{g/d} < 8, d < 2H, i \leq 1/10$ $\bar{T}\sqrt{g/d} \geq 8, d < 1.8H, i \leq 1/10$ | 远破波 |
| 中基床 $\left(\frac{1}{3} < \frac{d_1}{d} \leq \frac{2}{3}\right)$ | $d_1 \geq 1.8H$ | 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: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;
④ H -建筑物所在处进行波的波高(m); L -波长(m); T -波浪平均周期(s); d -建筑物前水深(m); d_1 -基床上水深(m); d_2 -护肩上水深(m); i -建筑物前水底坡度; B -直墙底宽(m)。

8.1.2 $d \geq 1.8H$ 且 $d/L = 0.05 \sim 0.139$ 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 $d \geq 1.8H$ 且 $d/L = 0.05 \sim 0.12$ 时,如图 8.1.2-1 所示波峰作用下的立波作用力可按下列规定计算:

(1) 波面高程按式(8.1.2-1) ~ 式(8.1.2-4) 计算;

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

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

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

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

(2) 在静水面以上 h_c 处的墙面波压力强度按式(8.1.2-5) ~ 式(8.1.2-7) 计算;

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

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

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

(3) p_{oc} 及墙面上其他各特征点的波压力强度按式(8.1.2-8) 计算,系数 A_p 、 B_p 、 q 按表 8.1.2-1 确定,如 $p_{bc} > p_{oc}$,取 $p_{bc} = p_{oc}$;

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

(4) 单位长度墙身上的水平总波浪力按式(8.1.2-9) 计算;

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

(5) 单位长度墙身上的水平总波浪力矩按式(8.1.2-10) 计算;

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

(6) 单位长度墙底面上的波浪浮托力按式(8.1.2-11) 计算。

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

式中

d ——建筑物前水深(m);

H ——建筑物所在处进行波的波高(m);

L ——波长(m);

η_c ——波面高程(m);

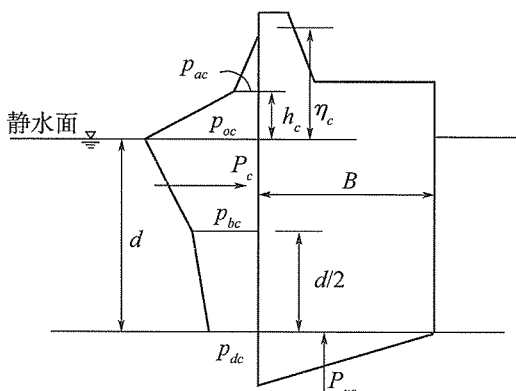


图 8.1.2-1 波峰作用时立波波压力分布图

B_η ——系数;
 T_* ——无因次周期;
 m ——系数;
 \bar{T} ——平均周期(s);
 g ——重力加速度(m/s^2);
 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);
 p_{bc} ——与 $d/2$ 水深对应的墙面波压力强度(kPa);
 P_c ——单位长度墙身上的水平总波浪力(kN/m);
 p_{dc} ——墙底处波压力强度(kPa);
 M_c ——单位长度墙身上的水平总波浪力矩($\text{kN} \cdot \text{m/m}$);
 P_{uc} ——单位长度墙底面上的波浪浮托力(kN/m);
 B ——直墙底宽(m);

$A_p, B_p, q, A_1, A_2, B_1, B_2, a, b, c, \alpha, \beta$ ——系数,按表 8.1.2-1 确定。

 系数 A_p, B_p, 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 |
|---------------------------|-------------------------------------|---------------|---------------|--------------------|
| $\frac{p_{oc}}{\gamma d}$ | $A_p = A_1 + A_2 T_*^\alpha$ | 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 |
| $\frac{p_{oc}}{\gamma d}$ | $B_p = B_1 + B_2 T_*^\beta$ | 1.31427 | -1.20064 | -6.6736 |
| $\frac{p_{bc}}{\gamma d}$ | | -3.07372 | 2.91585 | 0.11046 |
| $\frac{p_{dc}}{\gamma d}$ | | -0.03291 | 0.17453 | 0.65074 |
| $\frac{p_{oc}}{\gamma d}$ | $q = \frac{T_*}{aT_*^2 + bT_* + c}$ | 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 |

8.1.2.2 $d \geq 1.8H$ 且 $d/L = 0.05 \sim 0.12$ 时,如图 8.1.2-2 所示波谷作用下的立波作用力可按下列规定计算:

(1) 波谷波面高程按式(8.1.2-12)计算,系数 A_p, B_p, q 按表 8.1.2-2 中的 $P_{ot}/\gamma d$ 项的

值确定；

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

(2) 墙面上各特征点的波浪压力强度均按式(8.1.2-13)计算, 系数 A_p 、 B_p 、 q 按表 8.1.2-2 确定, 当 $p_{dt} > p_{ot}$ 时, 取 $p_{dt} = p_{ot}$;

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

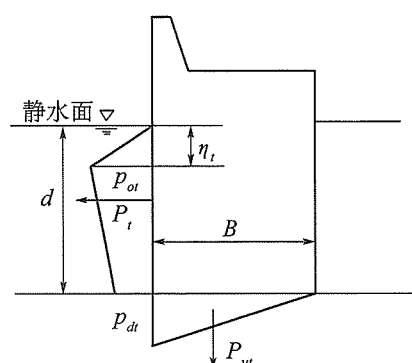


图 8.1.2-2 波谷作用时立波波压力分布图

(3) 单位长度墙身上的水平总波浪力按式(8.1.2-14)计算；

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

(4) 单位长度墙底面上方向向下的波浪力按式(8.1.2-15)计算。

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

式中

d ——建筑物前水深(m)；

H ——建筑物所在处进行波的波高(m)；

L ——波长(m)；

p_{ot} ——与波谷波面对应的波压力强度(kPa)；

γ ——水的重度(kN/m³)；

η_t ——波谷波面高程(m)；

p_{dt} ——墙底处波压力强度(kPa)；

p ——墙面上各特征点的波压力强度(kPa)；

P_t ——单位长度墙身上的水平总波浪力(kN/m)；

P_{ut} ——单位长度墙底面上方向向下的波浪力(kN/m)；

B ——直墙底宽(m)；

A_p 、 B_p 、 q 、 A_1 、 A_2 、 B_1 、 B_2 、 a 、 b 、 c 、 α 、 β ——系数, 按表 8.1.2-2 确定。

系数 A_p 、 B_p 和 q (波谷作用)

表 8.1.2-2

| 计 算 式 | | A_1, A_2, a | A_1, A_2, b | α, β, c |
|---------------------------|--|---------------|---------------|--------------------|
| $\frac{p_{ot}}{\gamma d}$ | $A_p = A_1 + A_2 T_*^\alpha$ | 0.0397 | -0.00018 | 1.95 |
| $\frac{p_{dt}}{\gamma d}$ | $A_p = 0.1 - A_1 T_*^\alpha e^{A_2 T_*}$ | 1.687 | 0.16894 | -2.0195 |
| $\frac{p_{ot}}{\gamma d}$ | $B_p = B_1 + B_2 T_*^\beta$ | 0.98222 | -3.06115 | -0.2848 |
| $\frac{p_{dt}}{\gamma d}$ | | -2.19707 | 0.92802 | 0.2350 |
| $\frac{p_{ot}}{\gamma d}$ | $q = a T_*^b e^{c T_*}$ | 2.599 | -0.8679 | 0.07092 |
| $\frac{p_{dt}}{\gamma d}$ | | 20.1565 | -1.9723 | 0.13329 |

8.1.2.3 $d \geq 1.8H$ 、 $0.12 \leq d/L < 0.139$ 且 $8 < T_* \leq 9$ 时,波浪压强和波面高程等各量值可按下列公式计算:

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

$$T_* = \bar{T} \sqrt{g/d} \quad (8.1.2-17)$$

式中 d ——建筑物前水深(m);

H ——建筑物所在处进行波的波高(m);

L ——波长(m);

T_* ——实际波况时的无因次周期;

X_{T_*} ——代表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 $T_* = 9$ 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;

g ——重力加速度(m/s^2)。

8.1.3 $H/L \geq 1/30$ 且 $d/L = 0.139 \sim 0.2$ 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规定计算:

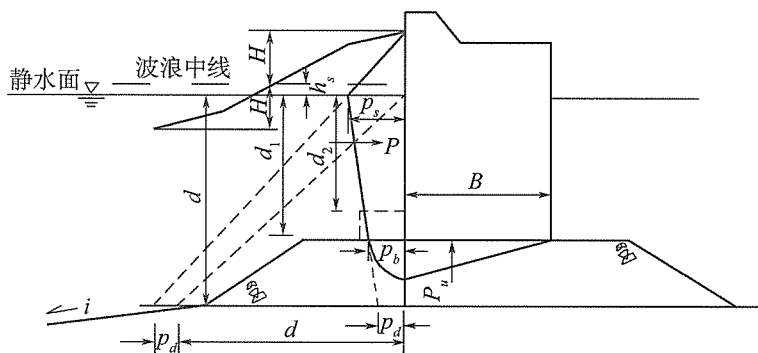


图 8.1.3-1 波峰作用时立波波压力分布图

(1) 波浪中线超出静水面的高度按式(8.1.3-1)计算,或按图 8.1.3-2 确定;

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

(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,或按图 8.1.3-3 确定;

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

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

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

(5) 墙底处波浪压力强度按式(8.1.3-4)计算;

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

(6) 静水面以上和以下的波浪压力强度均按直线分布;

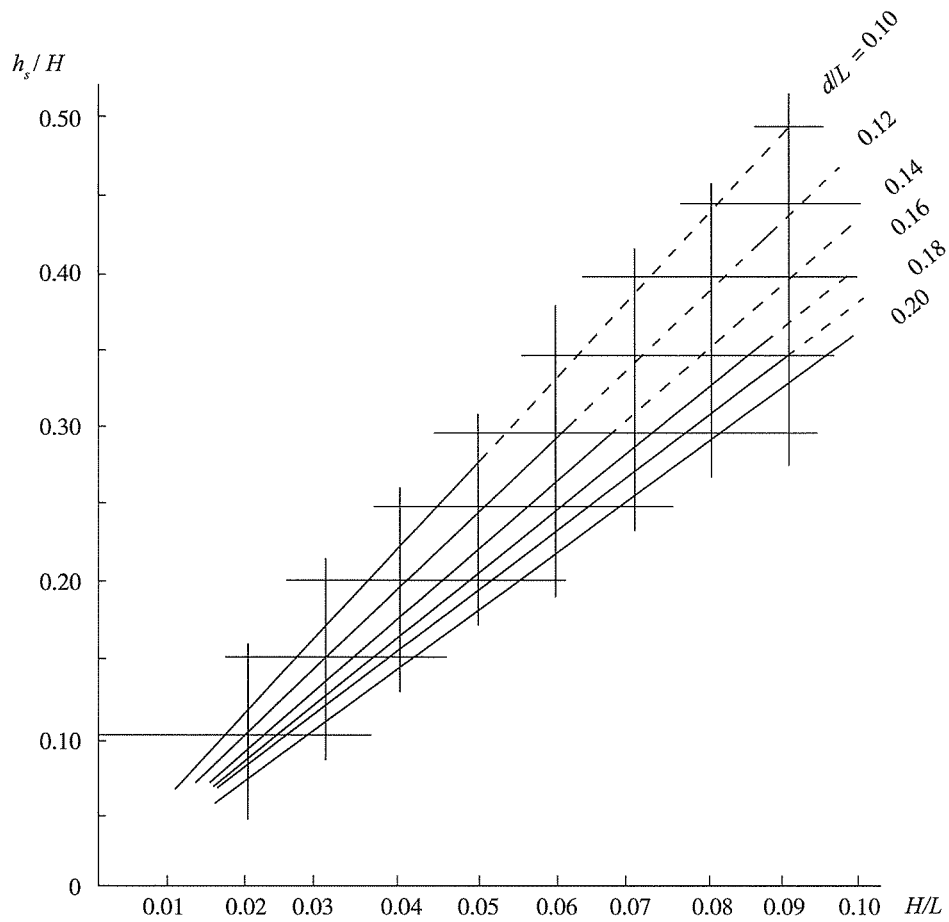


图 8.1.3-2 波浪超高 h_s 值

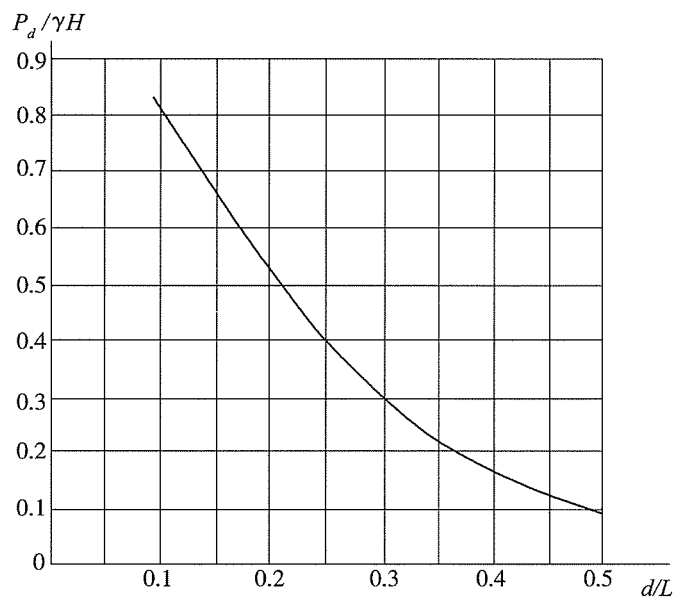
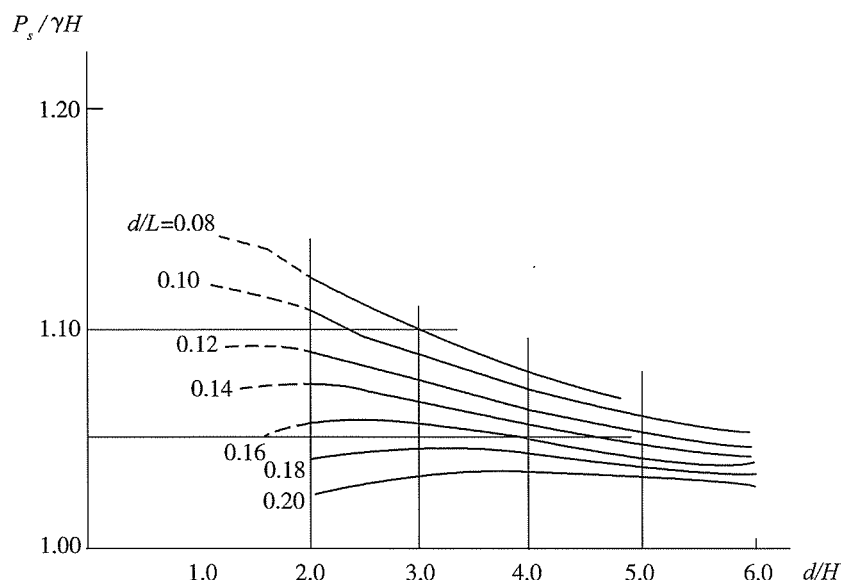


图 8.1.3-3 水底处波压力强度 p_d

图 8.1.3-4 静水面处波浪压力强度 p_s

(7) 单位长度墙身上的总波浪力按式(8.1.3-5)计算;

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

(8) 墙底面上的波浪浮托力按式(8.1.3-6)计算。

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

式中 h_s ——波浪中线超出静水面的高度(m);
 H ——建筑物所在处进行波波高(m);
 L ——波长(m);
 d ——建筑物前水深(m);
 p_d ——水底处波浪压力强度(kPa);
 γ ——水的重度(kN/m^3);
 p_s ——静水面处波浪压力强度(kPa);
 p_b ——墙底处波浪压力强度(kPa);
 d_1 ——基床上水深(m);
 P ——单位长度墙身上的总波浪力(kN/m);
 P_u ——墙底面上的波浪浮托力(kN/m);
 B ——直墙底宽(m)。

8.1.3.2 如图 8.1.3-5 所示波谷作用下的立波作用力可按下列规定计算。

(1) 水底处波浪压力强度按下式计算:

$$p'_d = \frac{\gamma H}{\text{ch} \frac{2\pi d}{L}} \quad (8.1.3-7)$$

(2) 静水面处波浪压力强度为零;

(3) 静水面以下深度 $H - h_s$ 处波浪压力强度按下式计算:

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

(4) 墙底处波浪压力强度按下式计算:

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

(5) 单位长度墙身上的总波浪力按下式计算:

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

(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'_d ——水底处波浪压力强度(kPa);

γ ——水的重度(kN/m^3);

H ——建筑物所在处进行波的波高(m);

d ——建筑物前水深(m);

L ——波长(m);

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

h_s ——波浪中线超出静水面的高度(m),按式(8.1.3-1)计算;

p'_b ——墙底处波浪压力强度(kPa);

d_1 ——基床上水深(m);

P' ——单位长度墙身上的总波浪力(kN/m);

P'_u ——单位长度墙底面上的波浪力(kN/m);

B ——直墙底宽(m)。

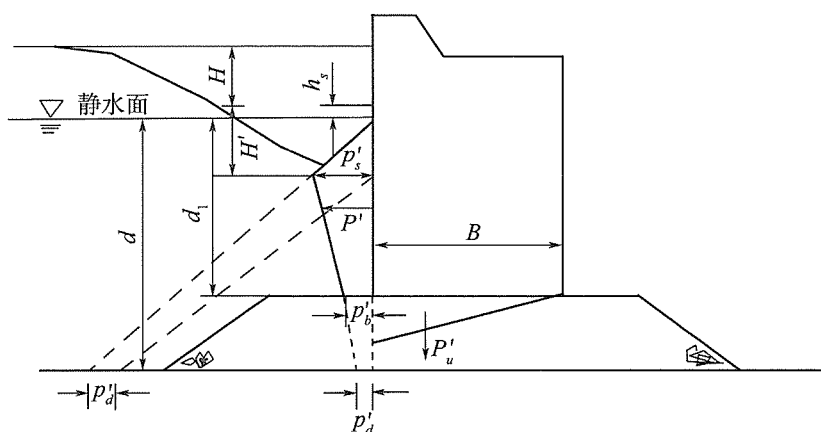


图 8.1.3-5 波谷作用时立波压力分布图

8.1.4 $H/L \geq 1/30$ 且 $0.2 < d/L < 0.5$ 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可按下列规定计算。

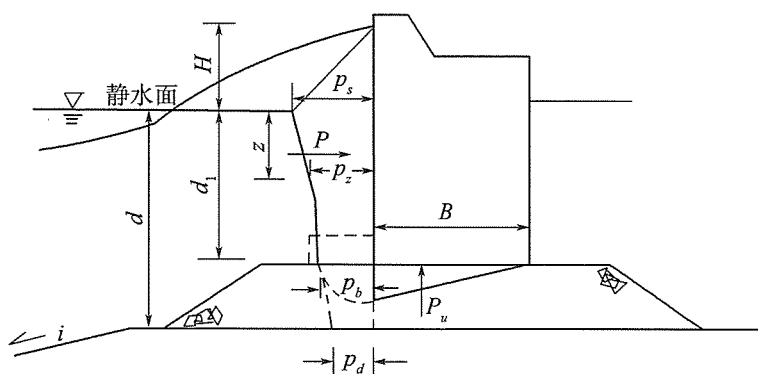


图 8.1.4 波峰作用时立波波压力分布图(0.2 < d/L < 0.5)

- (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式(8.1.4-1)计算;

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

- (3) 静水面以上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式(8.1.4-2)计算;

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

- (5) 水底处波浪压力强度 p_d 按式(8.1.3-2)计算;
 (6) 墙底处波浪压力强度按式(8.1.4-3)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式(8.1.4-4)计算;

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

式中 H ——建筑物所在处进行波的波高(m);

p_s ——静水面处波浪压力强度(kPa);

γ ——水的重度(kN/m³);

z ——静水面以下深度(m);

p_z ——静水面以下深度 z 处的波浪压力强度(kPa);

d ——建筑物前水深(m);

L ——波长(m);

p_d ——水底处波浪压力强度(kPa);

p_b ——墙底处波浪压力强度(kPa);

d_1 ——基床上水深(m);

P ——单位长度墙身上的总波浪力(kN/m);

B ——直墙底宽(m)。

(8) 绘制墙面上波压力分布图时,用不少于五个点的压力强度值,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) 底面上的波浪浮托力 P_u 按式(8.1.3-6)计算。

8.1.4.2 波谷作用时立波作用力可按第8.1.3条中公式计算。 $d/L \geq 0.5$ 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 应改用 $L/2$ 。

8.1.5 如图8.1.5所示波浪越顶时,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。

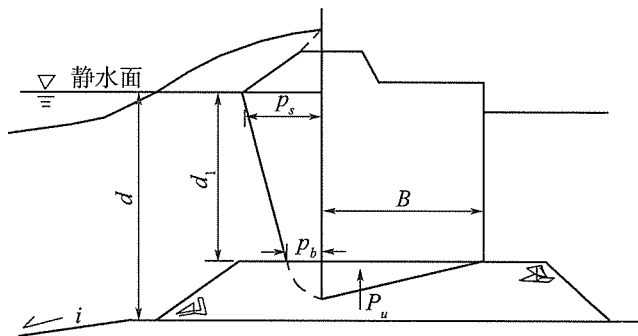


图 8.1.5 波浪越顶时立波波压力分布图

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所示正向波波峰作用下的波浪力可按下列规定计算。

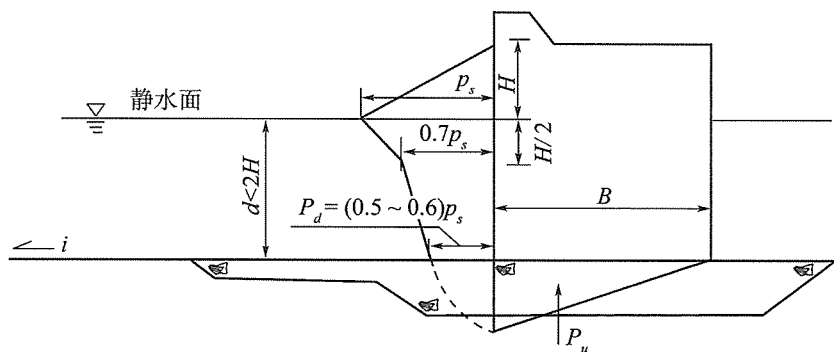


图 8.1.6-1 远破波波压力分布图

(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式(8.1.6-1)计算,系数 K_1 和 K_2 分别按表 8.1.6-1 和表 8.1.6-2 采用;

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

(3) 静水面以上的波浪压力强度按直线变化;

(4) 静水面以下深度 $z = H/2$ 处的波浪压力强度按式(8.1.6-2)计算;

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

(5) 水底处波浪压力强度按式(8.1.6-3)和式(8.1.6-4)计算;

$$d/L \leq 1.7 \text{ 时} \quad p_d = 0.6p_s \quad (8.1.6-3)$$

$$d/L > 1.7 \text{ 时} \quad p_d = 0.5p_s \quad (8.1.6-4)$$

(6) 墙底面上的波浪浮托力按式(8.1.6-5)计算。

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

式中 p_s ——静水面处波浪压力强度 (kPa);

γ ——水的重度 (kN/m^3);

K_1 ——系数, 水底坡度 i 的函数;

K_2 ——系数, 波坦 L/H 的函数;

H ——建筑物所在处进行波的波高 (m);

p_z ——静水面以下深度 $z = H/2$ 处的波浪压力强度 (kPa);

d ——建筑物前水深 (m);

L ——波长 (m);

p_d ——水底处波压力强度 (kPa);

P_u ——单位长度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;

B ——直墙底宽 (m)。

系 数 K_1

表 8.1.6-1

| 底坡 i | 1/10 | 1/25 | 1/40 | 1/50 | 1/60 | 1/80 | $\leq 1/100$ |
|--------|------|------|------|------|------|------|--------------|
| 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 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 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 | |

8.1.6.2 远破波波峰斜向作用在直立式建筑物时, 可对正向波计算出的波浪力进行折减, 折减系数近似按式(8.1.6-6)计算:

$$k_p = \frac{1 + \cos(\beta - 22.5)}{2} \quad (8.1.6-6)$$

式中 k_p ——折减系数;

β ——波向线与直立式建筑物纵轴线法线的夹角($^\circ$), β 适用于 $22.5^\circ \sim 90^\circ$ 。

8.1.6.3 如图 8.1.6-2 所示正向波波谷作用下的波浪力可按下列规定计算。

(1) 静水面处波浪压力强度为零;

(2) 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:

$$p = 0.5\gamma H \quad (8.1.6-7)$$

(3) 墙底面处向下的波浪力按下式计算:

$$P'_u = \frac{Bp}{2} \quad (8.1.6-8)$$

式中 z ——静水面以下计算点的深度(m);

p ——静水面以下从深度 $z = H/2$ 至水底处的波浪压力强度(kPa);

γ ——水的重度(kN/m^3);

H ——建筑物所在处进行波的波高(m);

P'_u ——单位长度墙底面处向下的波浪力(kN/m);

B ——直墙底宽(m)。

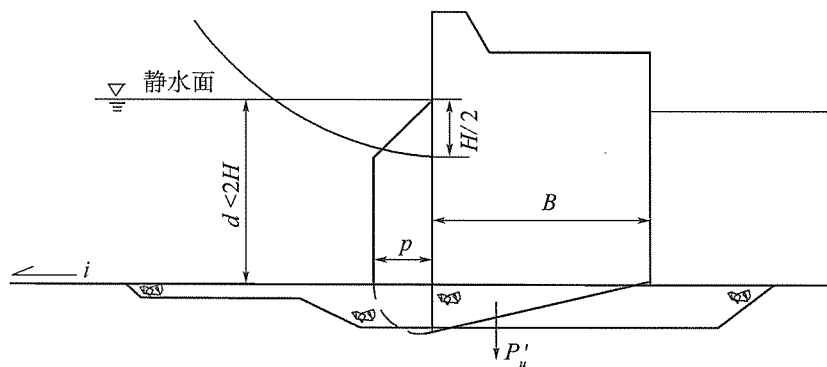


图 8.1.6-2 波谷时波压力分布图

8.1.7 有建筑物之前,波浪在该处和远处已破碎时,直墙式建筑物上远破波的波浪力可按下列规定确定,但不适用于建筑物在水边线附近的情况。

8.1.7.1 较缓底坡 i 在 $1/140 \sim 1/50$ 范围内时,可取波高为 0.78 倍水深,并按第 8.1.6 条计算波浪力。

8.1.7.2 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,并应通过模型实验验证。

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

8.1.9 直墙式建筑物上近破波的波浪力可按下列规定确定。

8.1.9.1 $d_1 \geq 0.6H$ 时,如图 8.1.9 所示正向波波峰作用下近破波的波浪力可按下列规定计算。

(1) 静水面以上高度 z 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:

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

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

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

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

(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列公式计算:

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

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

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

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

(5) 墙底面上的波浪浮托力按下式计算:

$$P_u = \mu \frac{B p_b}{2} \quad (8.1.9-7)$$

式中 d_1 ——基床上水深(m);

H ——建筑物所在处进行波的波高(m);

z ——静水面以上波浪压力强度为零处的高度(m);

d ——建筑物前水深(m);

p_s ——静水面处波浪压力强度(kPa);

γ ——水的重度(kN/m^3);

p_b ——墙底处波浪压力强度(kPa);

P ——单位长度墙身上的总波浪力(kN/m);

P_u ——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;

B ——直墙底宽(m)。

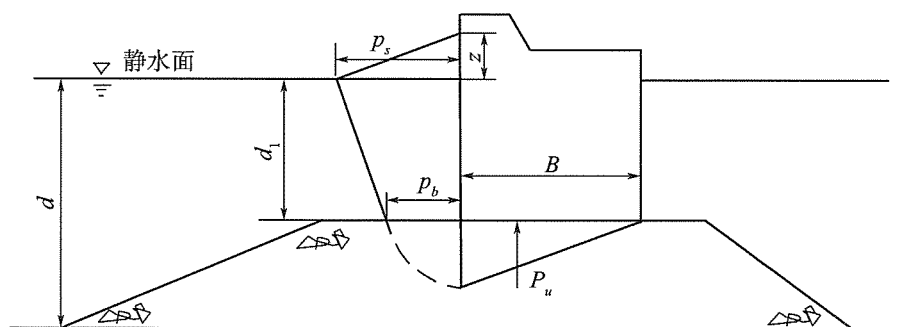


图 8.1.9 近破波的波压力分布图

8.1.9.2 近破波波峰斜向作用在直立式建筑物时,波浪力的折减系数可按式(8.1.6-6)计算。

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,宜符合下列条件:

- (1)波浪正向作用;
- (2)斜坡坡度 $1:m$, m 为 $1 \sim 5$;
- (3)建筑物前水深 d 为 $1.5H \sim 5.0H$;
- (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 ——建筑物所在处进行波的波高(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,按表 8.2.2 采用;

H'_R —— $K_\Delta = 1$ 时的反射波高(m),与斜坡的 m 值和波陡 H/L 有关;在不发生越浪的情况下, H'_R 按图 8.2.2 确定。

糙 渗 系 数 K_Δ

表 8.2.2

| 护面结构型式 | K_Δ | 护面结构型式 | K_Δ |
|------------------|------------|-------------|------------|
| 整片光滑不透水护面(沥青混凝土) | 1.00 | 块石(抛填2层) | 0.50~0.55 |
| 混凝土护面 | 0.90 | 混凝土方块(抛填2层) | 0.50 |
| 砌石 | 0.75~0.80 | 四脚锥体(安放2层) | 0.40 |
| 块石(安放1层) | 0.60~0.65 | 扭工字块体(安放2层) | 0.38 |
| 四脚空心方块(安放1层) | 0.55 | 扭王字块体 | 0.47 |

8.2.3 斜坡式建筑物上的波浪爬高可按下列规定确定。

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

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

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

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

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

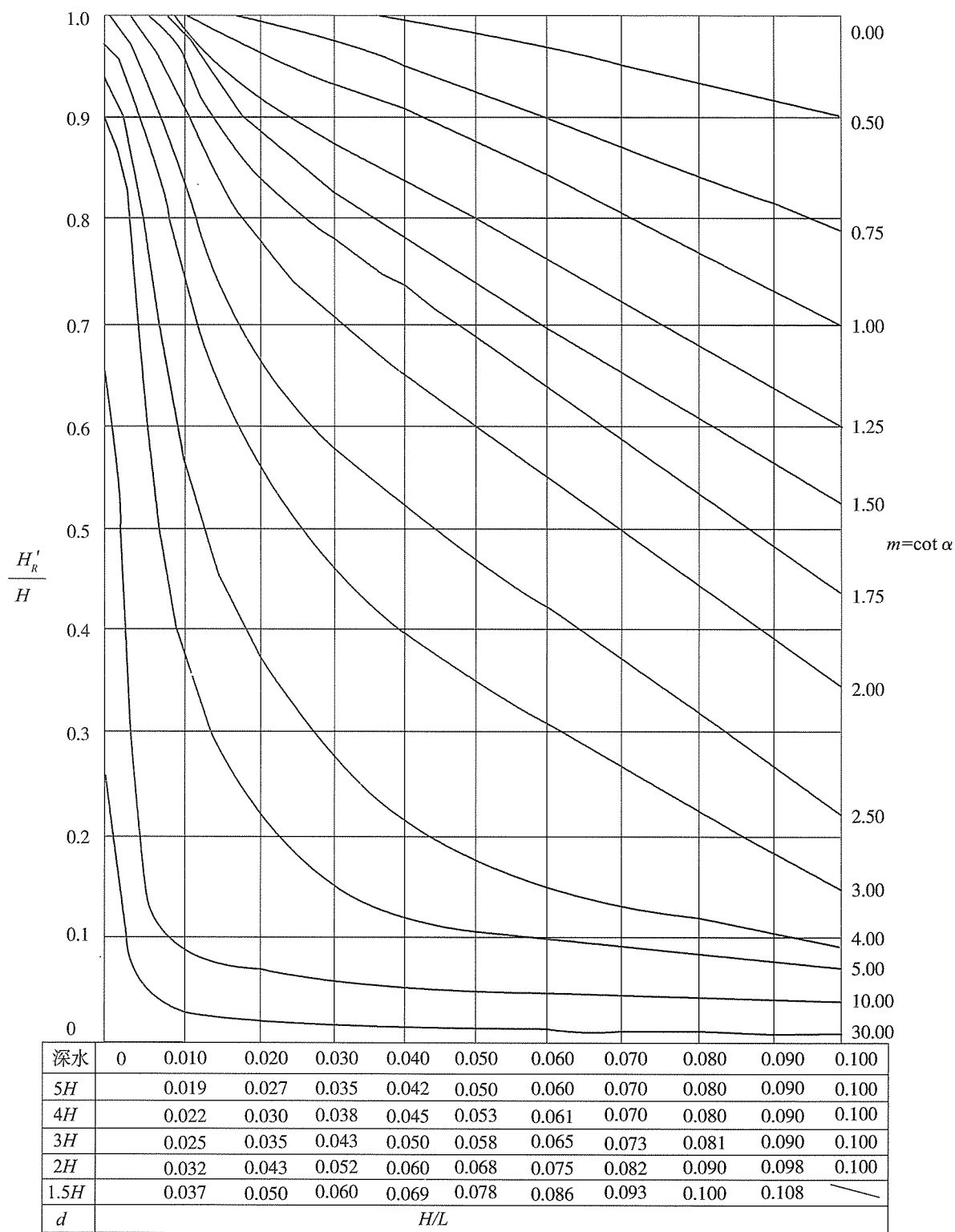


图 8.2.2 确定反射波高的曲线

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

式中 R ——波浪爬高(m),从静水面起算,向上为正;
 K_Δ ——与斜坡护面结构型式有关的糙渗系数,按表 8.2.2 采用;
 R_1 —— $K_\Delta = 1$ 、 $H = 1m$ 时的波浪爬高(m);

H ——建筑物所在处进行波的波高(m);
 M ——与斜坡的 m 值有关的函数;
 $(R_1)_m$ ——相应于某一 d/L 时的爬高最大值(m);
 $R(M)$ ——爬高函数;
 m ——斜坡坡度系数,斜坡坡度为 1: m ;
 L ——波长(m);
 d ——建筑物前水深(m);
 K_1, K_2, K_3 ——系数,按表 8.2.3-1 确定。

 K_1, K_2, K_3 系数

表 8.2.3-1

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

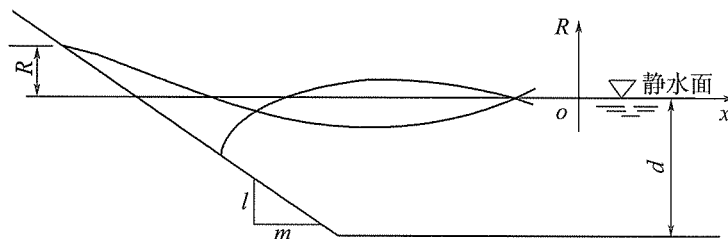


图 8.2.3 斜坡上波浪爬高

8.2.3.2 风直接作用下,不规则波的爬高可按下列公式计算:

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

$$R_{F\%} = K_F R_{1\%} \quad (8.2.3-7)$$

式中 $R_{1\%}$ ——累积频率为 1% 的爬高(m);

K_{Δ} ——与斜坡护面结构型式有关的糙渗系数,按表 8.2.2 采用;

K_U ——与风速 U 有关的系数,按表 8.2.3-2 确定;

R_1 —— $K_{\Delta} = 1, H = 1\text{m}$ 时的爬高(m),按式(8.2.3-2)~式(8.2.3-5)计算;计算时波坦取为 $L/H_{1\%}$;

$H_{1\%}$ ——累积频率为 1% 的波高(m);

$R_{F\%}$ ——累积频率为 $F\%$ 的爬高(m);

K_F ——换算系数,按表 8.2.3-3 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: U 为风速(m/s),波速 $C = L/T$ (m/s)。

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在静水面上、下半个波高范围内设置戕台,戕台宽度为 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 斜坡堤堤顶越浪量应按下列规定确定。

8.2.4.1 本条所列公式宜符合下列条件:

- (1) $2.2 \leq d/H_{1/3} \leq 4.7$;
- (2) $0.02 \leq H_{1/3}/L_{po} \leq 0.10$;
- (3) $1.5 \leq m \leq 3.0$;
- (4) $0.6 \leq b_1/H_{1/3} \leq 1.4$;
- (5) $1.0 \leq H'_c/H_{1/3} \leq 1.6$;
- (6) 底坡 $i \leq 1/25$ 。

式中 d ——建筑物前水深(m);

$H_{1/3}$ ——有效波波高(m);

L_{po} ——以谱峰周期 T_p 计算的深水波长(m);

m ——斜坡坡度系数,斜坡坡度为 1: m ;

b_1 ——坡肩宽度(m);

H'_c ——胸墙墙顶在静水面以上的高度(m);

i ——水底坡度;

T_p ——谱峰周期(s)。

8.2.4.2 如图 8.2.4-1 所示斜坡堤无胸墙时,堤顶的越浪量可按式计算:

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

式中 Q ——单位时间单位堤宽的越浪量($\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{s}$);

A ——经验系数,按表 8.2.4-1 确定;

K_A ——护面结构影响系数,按表 8.2.4-2 确定;

$H_{1/3}$ ——有效波波高(m);

T_p ——谱峰周期(s);

H_c ——堤顶在静水面以上的高度(m);

m ——斜坡坡度系数,斜坡坡度为 1: m ;

d ——建筑物前水深(m);

g ——重力加速度(m/s^2)。

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 |

护面结构影响系数 K_A

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 |

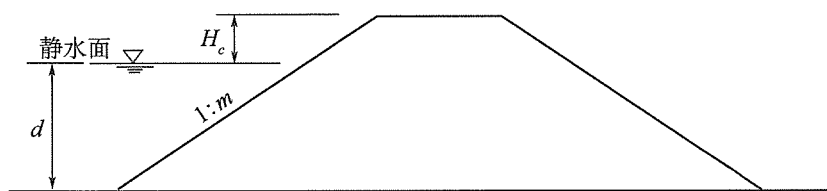


图 8.2.4-1 无胸墙斜坡堤

8.2.4.3 如图 8.2.4-2 所示斜坡堤顶有胸墙时,堤顶的越浪量可按式计算:

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

式中 Q ——单位时间单位堤宽的越浪量($\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{s}$);

H'_c ——胸墙墙顶在静水面以上的高度(m);

$H_{1/3}$ ——有效波波高(m);

b_1 ——胸墙前肩宽(m);

B ——经验系数,按表 8.2.4-1 确定;

K_A ——护面结构影响系数,按表 8.2.4-2 确定;

T_p ——谱峰周期(s);

m ——斜坡坡度系数,斜坡坡度为 1:m;

d ——建筑物前水深(m);

g ——重力加速度(m/s^2)。

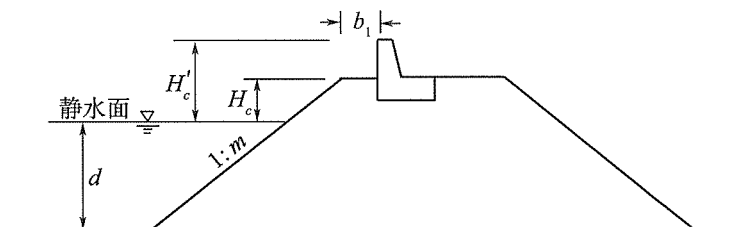


图 8.2.4-2 有胸墙斜坡堤

8.2.5 波浪作用下斜坡式建筑物护面块体的稳定标准,宜以容许失稳率 n 表示,即静水面上各一倍设计波高范围内,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 n 和稳定系数 K_D

表 8.2.5

| 护面块体 | 构造型式 | $n(\%)$ | K_D |
|--------|------------|---------|-------|
| 四脚空心方块 | 安放 1 层 | 0 | 14.0 |
| 四脚锥体 | 安放 2 层 | 0 ~ 1 | 8.5 |
| 块石 | 抛填 2 层 | 1 ~ 2 | 4.0 |
| | 安放 1 层(立放) | 0 ~ 1 | 5.5 |
| 方块 | 抛填 2 层 | 1 ~ 2 | 5.0 |
| 扭工字块体 | 安放 2 层 | 0 | 18.0 |
| 扭王字块体 | 安放 1 层 | 0 | 18.0 |

8.2.6 斜坡式建筑物护面单个块体的重量可按下列规定确定。

8.2.6.1 波向线与斜坡堤纵轴线法线的夹角小于 22.5° , 且堤前波浪不破碎, 斜坡堤堤身在计算水位上、下 1.0 倍设计波高之间的护面块体, 单个块体的稳定重量可按式 (8.2.6-1) 计算。对于设计波浪平均周期大于 10s 或设计波高与设计波长之比小于 1/30 的坦波, 块体重量应进行模型试验验证。

$$W = 0.1 \frac{\gamma_b H^3}{K_D \left(\frac{\gamma_b}{\gamma} - 1 \right)^3 \cot \alpha} \quad (8.2.6-1)$$

式中 W ——单个护面块体的重量(t);

γ_b ——块体材料重度(kN/m^3);

H ——建筑物所在处进行波的波高(m);

K_D ——与护面型式和容许失稳率 n 有关的稳定系数, 按表 8.2.5 确定;

γ ——水的重度(kN/m^3);

α ——斜坡角度($^\circ$)。

8.2.6.2 波浪斜向作用时, 可在式 (8.2.6-1) 中以斜向波的稳定系数 $K_{D\beta}$ 代替 K_D 计算护面块体重量。 $K_{D\beta}$ 可按式 (8.2.6-2) 计算。扭工字块体护面, 宜取 $K_{D\beta} = K_D$ 。

$$K_{D\beta} = \frac{K_D}{\cos^k (\beta - 22.5^\circ)} \quad (8.2.6-2)$$

式中 $K_{D\beta}$ ——斜向波作用时护面块体的稳定系数;

K_D ——正向波作用时护面块体的稳定系数;

β ——波向与斜坡式建筑物纵轴线法线的交角($^\circ$), 适用于 $22.5^\circ \sim 67.5^\circ$;

k ——试验系数, 按表 8.2.6 采用。

试验系数 k

表 8.2.6

| 护面型式 | 四脚空心方块 | 块石(抛填 2 层) | 扭王字块体 |
|------|--------|------------|-------|
| k | 1.47 | 1.55 | 2.30 |

8.2.7 斜坡式建筑物堤头部分单个块体的重量应加大, 可按第 8.2.6 条的计算结果增加 20% ~ 30%, 必要时应通过模型试验确定。

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加大, 可按第 8.2.6 条和第 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, 采用立砌的干砌块石护面, 且 $m = 1.5 \sim 3.0$ 、 $d/H = 1.5 \sim 4.0$ 和 $L/H = 10 \sim 25$ 时, 其厚度可按式计算:

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

式中 m ——斜坡坡度系数, 斜坡坡度为 1:m;

d ——建筑物前水深(m);

H ——计算波高(m); $d/L \geq 0.125$ 时, 计算波高 H 取 $H_{4\%}$; $d/L < 0.125$ 时, 计算波高 H 取 $H_{13\%}$;

- L ——波长(m);
 h ——护面厚度(m);
 γ ——水的重度(kN/m^3);
 γ_b ——护面块石重度(kN/m^3);
 K_{md} ——与斜坡的 m 值和 d/H 值有关的系数,按表 8.2.9-1 确定;
 K_δ ——波坦系数,按表 8.2.9-2 确定。

系 数 K_{md}

表 8.2.9-1

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

系 数 K_δ

表 8.2.9-2

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

8.2.10 波浪作用下斜坡式建筑物的干砌条石护面, $m=0.8 \sim 1.5$ 、 $d/H=1.7 \sim 3.3$ 和 $L/H=12 \sim 25$ 时,其厚度可按式计算:

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

式中 m ——斜坡坡度系数,斜坡坡度为 1: m ;

d ——建筑物前水深(m);

H ——建筑物所在处进行波的波高(m);

L ——波长(m);

h ——干砌条石厚度(m);

γ ——水的重度(kN/m^3);

γ_b ——护面块石的重度(kN/m^3);

A ——系数,斜缝干砌时取 1.2;平缝干砌时取 0.85。

注:①对 $m=2 \sim 3$ 的加糙干砌条石护面厚度也可按式(8.2.9)计算,但应乘以折减系数 α ;

②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;

③对加糙干砌条石护面的波浪爬高值,可乘以 0.8 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,无因次参数 $\xi \leq \xi_b$ 时,可按下列规定确定,但不适用于胸墙前有掩护棱体的情况。

(1)波峰作用时胸墙上的平均压力强度按下式计算:

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

(2) 无因次参数 ξ 按下式计算:

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

(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) $\xi = \xi_b$ 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:

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

(6) 单位长度胸墙上的总波浪力按下式计算:

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

(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 ξ, ξ_b ——无因次参数;

\bar{p} ——平均压力强度 (kPa);

γ ——水的重度 (kN/m³);

H ——建筑物所在处进行波的波高 (m);

K_p ——与无因次参数 ξ 和波坦 L/H 有关的平均压强系数, 按图 8.2.11-2 确定;

d_1 ——胸墙前水深 (m), 当静水面在墙底面以下时 d_1 为负值;

d ——建筑物前水深 (m);

L ——波长 (m);

z ——胸墙上波浪压强分布图形的顶部距静水面的高度 (m);

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, 按图 8.2.11-2 确定;

P ——单位长度胸墙上的总波浪力 (kN/m);

P_u ——单位长度胸墙底面上的波浪浮托力 (kN/m);

μ ——波浪浮托力的折减系数, 采用 0.7;

B ——胸墙底宽 (m)。

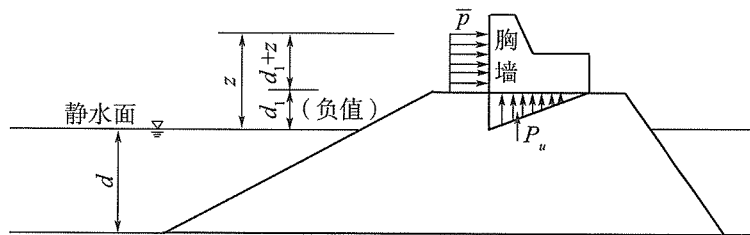
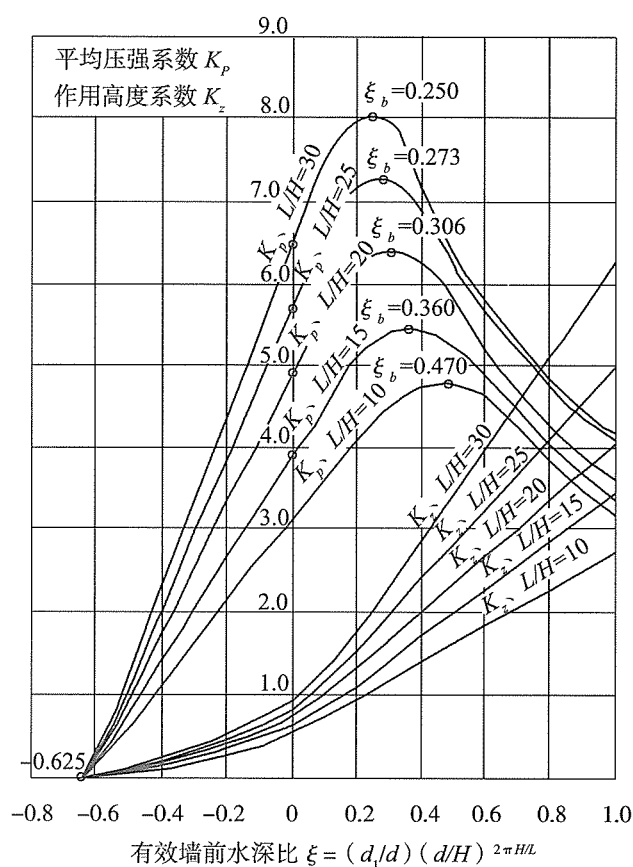


图 8.2.11-1 胸墙波压力图

图 8.2.11-2 不同波坦情况下 K_p 、 K_z — ξ 曲线

8.3 波浪对桩基和墩柱的作用

8.3.1 D/L 或 $b/L \leq 0.2$ 的小尺度桩(柱), $H/d \leq 0.2$ 且 $d/L \geq 0.2$ 或 $H/d > 0.2$ 且 $d/L \geq 0.35$ 时,作用于水底面以上高度 z 处(图 8.3.1)柱体全断面上与波向平行的正向力由速度分力和惯性分力组成,可按下列公式计算:

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

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

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

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

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

式中 D ——柱体的直径(m), 当为矩形断面时, D 改用 b (m);

L ——波长(m);

a, b ——矩形柱体断面平行和垂直于波向的宽度(m);

H ——建筑物所在处进行波波高(m);

d ——建筑物前水深(m);

z, z_1, z_2 ——计算点在水底面以上的高度(m);

p_D ——波浪力的速度分力(kN/m);

γ ——水的重度(kN/m³);

g ——重力加速度(m/s²);

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;

u ——水质点轨道运动的水平速度(m/s);

p_I ——波浪力的惯性分力(kN/m);

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;

A ——柱体的断面积(m²);

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

T ——波浪周期(s);

ω ——波浪运动的圆频率(s⁻¹);

t ——时间(s), 当波峰通过柱体中心线时 $t = 0$ 。

注: 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。

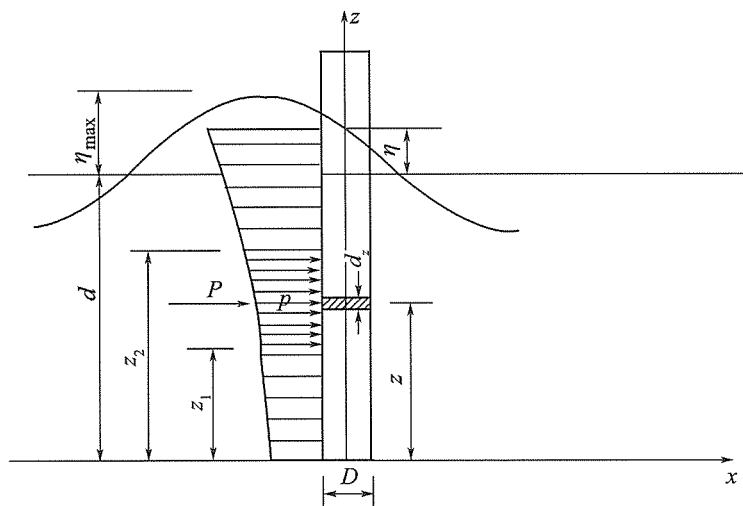


图 8.3.1 桩(柱)上波压力分布图

8.3.2 小尺度桩(柱), 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 $P_{I\max}$, 应按下列规定确定。

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

(1) 沿柱体高度选取不同 z 值, 按式(8.3.1-1)和式(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; $\omega t = 0^\circ$ 时, $\eta = \eta_{\max}$, η_{\max} 按图 8.3.2-1 确定; $\omega t = 270^\circ$ 时, $\eta = \eta_{\max} - H/2$; 沿柱体高度断面有变化

时,则在交接面上下分别进行计算;由 $p_{D\max}$ 和 $p_{I\max}$ 分布图形即可算出总的 $P_{D\max}$ 和 $P_{I\max}$;

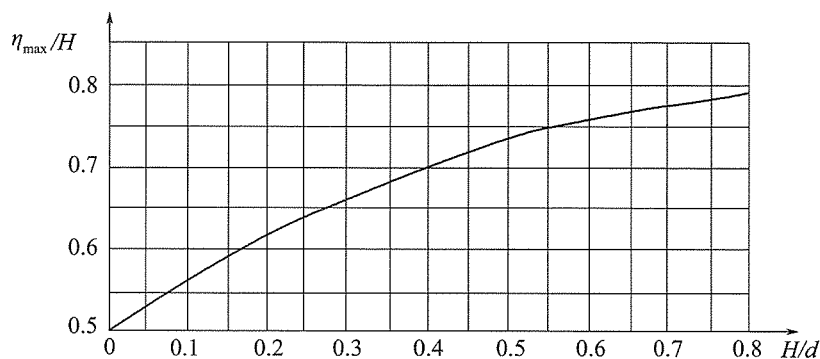


图 8.3.2-1 $\omega t = 0^\circ$ 时的 η_{\max} 值

(2) z_1 和 z_2 间柱体断面相同时,作用于该段上的 $P_{D\max}$ 和 $P_{I\max}$ 分别按下列公式计算:

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

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

$$K_1 = \frac{\frac{4\pi z_2}{L} - \frac{4\pi z_1}{L} + \operatorname{sh} \frac{4\pi z_2}{L} - \operatorname{sh} \frac{4\pi z_1}{L}}{8 \operatorname{sh} \frac{4\pi d}{L}} \quad (8.3.2-3)$$

$$K_2 = \frac{\operatorname{sh} \frac{2\pi z_2}{L} - \operatorname{sh} \frac{2\pi z_1}{L}}{\operatorname{ch} \frac{2\pi d}{L}} \quad (8.3.2-4)$$

(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:

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

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

$$K_3 = \frac{1}{\operatorname{sh} \frac{4\pi d}{L}} \left[\frac{\pi^2 (z_2 - z_1)^2}{4L^2} + \frac{\pi (z_2 - z_1)}{8L} \operatorname{sh} \frac{4\pi z_2}{L} - \frac{1}{32} \left(\operatorname{ch} \frac{4\pi z_2}{L} - \operatorname{ch} \frac{4\pi z_1}{L} \right) \right] \quad (8.3.2-7)$$

$$K_4 = \frac{1}{\operatorname{ch} \frac{2\pi d}{L}} \left[\frac{2\pi (z_2 - z_1)}{L} \operatorname{sh} \frac{2\pi z_2}{L} - \left(\operatorname{ch} \frac{2\pi z_2}{L} - \operatorname{ch} \frac{2\pi z_1}{L} \right) \right] \quad (8.3.2-8)$$

式中 H ——建筑物所在处进行波波高(m);

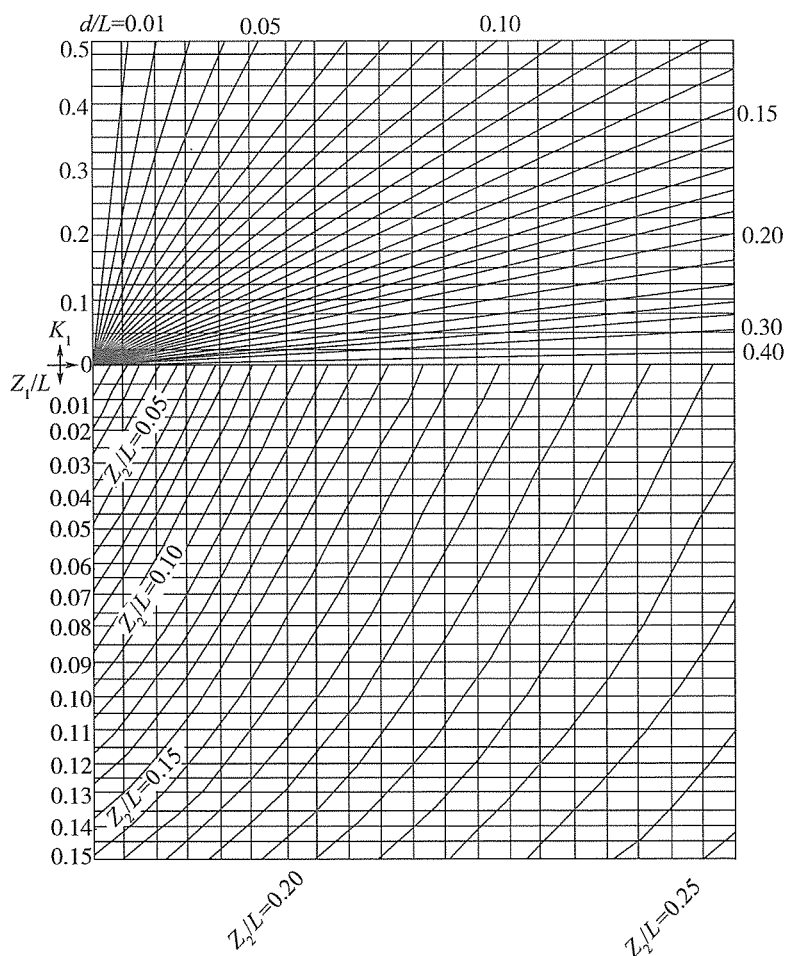
d ——建筑物前水深(m);

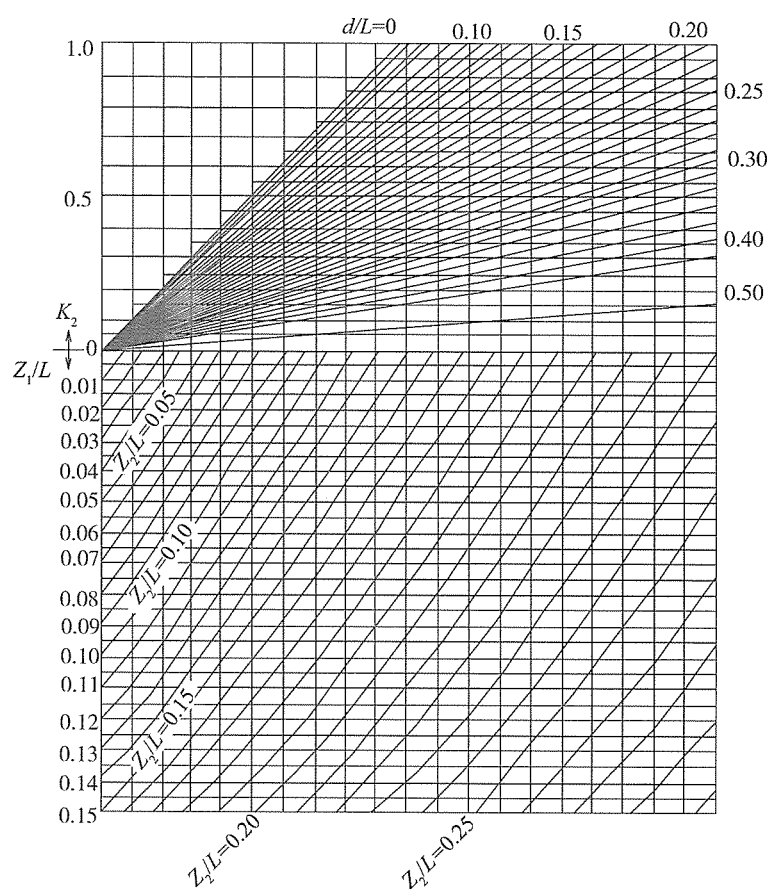
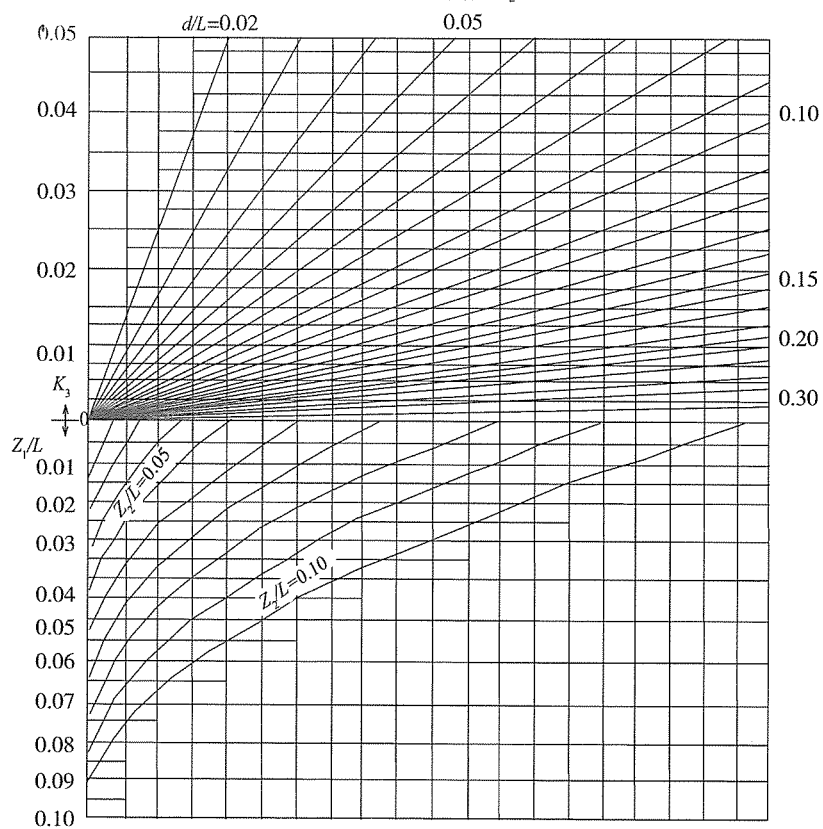
L ——波长(m);

z, z_1, z_2 ——计算点在水底面以上的高度(m);

ω ——波浪运动的圆频率(s^{-1});

- t ——时间(s),当波峰通过柱体中心线时 $t=0$;
 $P_{D\max}$ ——作用于柱体计算高度上的最大速度力(kN);
 $P_{I\max}$ ——作用于柱体计算高度上的最大惯性力(kN);
 η ——波面在静水面以上的高度(m);
 η_{\max} ——波峰在静水面以上的高度(m);
 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;
 γ ——水的重度(kN/m^3);
 D ——柱体的直径(m),当为矩形断面时, D 改用 b , b 为矩形柱体断面垂直于波向的宽度(m);
 K_1, K_2, K_3, K_4 ——系数,按上述公式计算,或 K_1 和 K_2 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, K_3 和 K_4 根据 $z_1/L, z_2/L$ 和 d/L 分别按图 8.3.2-4、图 8.3.2-5 和图 8.3.2-6、图 8.3.2-7 确定;
 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;
 A ——柱体的断面积(m^2);
 $M_{D\max}$ ——作用于柱体计算高度上的最大速度力矩($\text{kN} \cdot \text{m}$);
 $M_{I\max}$ ——作用于柱体计算高度上的最大惯性力矩($\text{kN} \cdot \text{m}$)。


 图 8.3.2-2 系数 K_1

图 8.3.2-3 系数 K_2 图 8.3.2-4 系数 $K_3(-)$

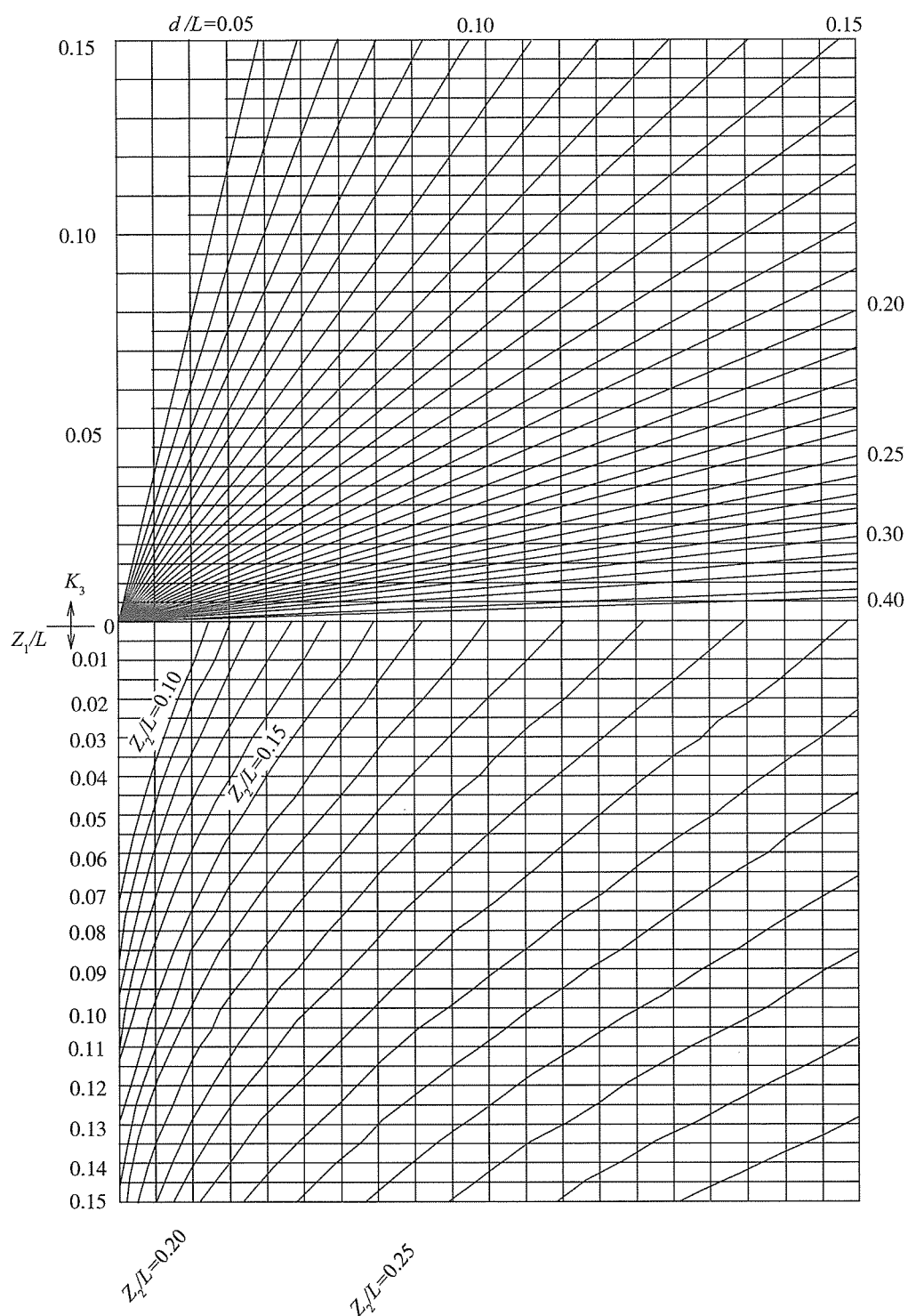
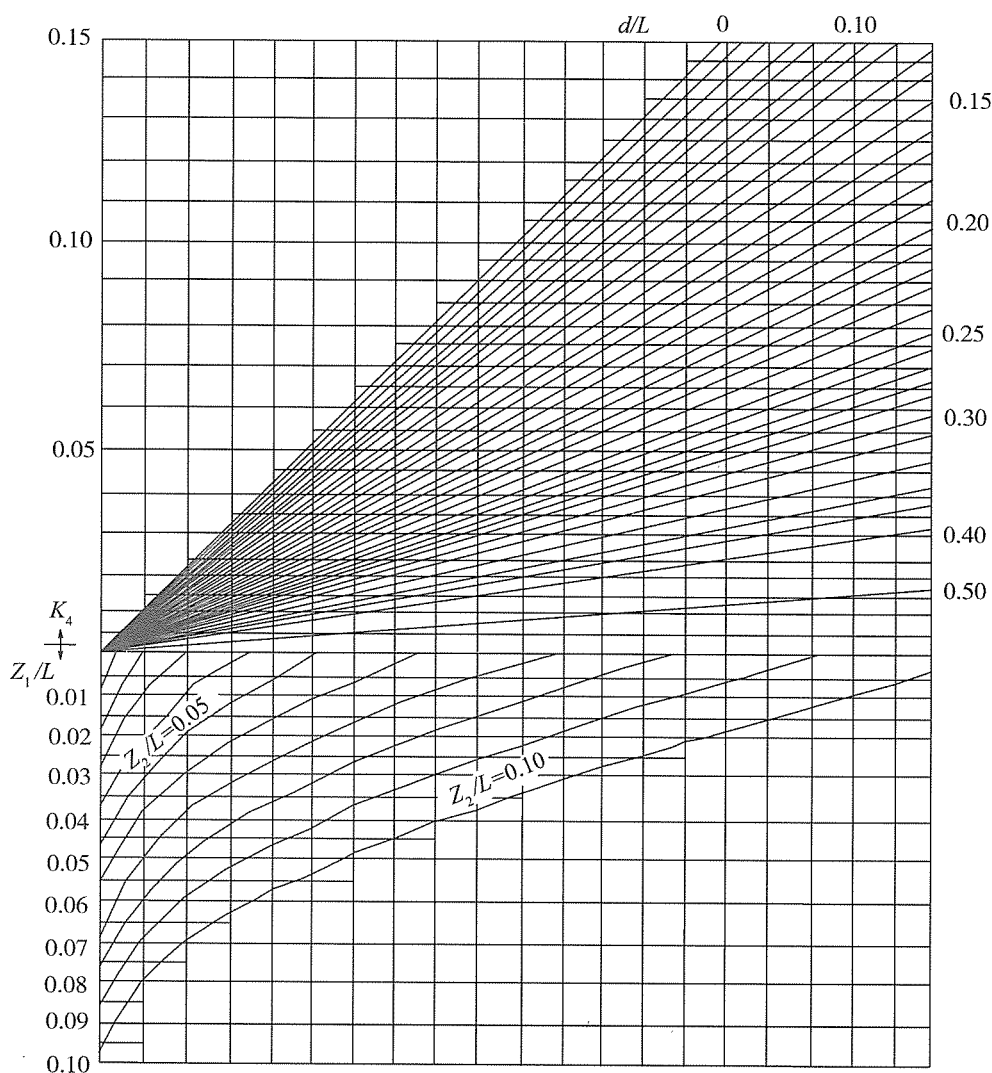


图 8.3.2-5 系数 K_3 (二)

(4) 若沿整个柱体高度断面相同, 计算整个柱体上的 $P_{D_{\max}}$ 及其对水底面的力矩 $M_{D_{\max}}$ 时, 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, 取 $z_1 = 0$ 和 $z_2 = d + \eta_{\max} - H/2$ 。

图 8.3.2-6 系数 K_4 (一)

8.3.2.2 $H/d \leq 0.2$ 且 $d/L < 0.2$ 或 $H/d > 0.2$ 且 $d/L < 0.35$ 时,可按第 8.3.2.1 款的规定计算作用于整个柱体上的正向波浪力,并应对 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。

8.3.2.3 $0.04 \leq d/L \leq 0.2$ 时,除应按第 8.3.2.2 款的规定外,尚应对 $P_{I_{max}}$ 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 对于小尺度桩(柱),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:

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

式中 P ——作用于整个柱体高度上的正向水平总波浪力(kN);

P_{Dmax} ——作用于整个柱体高度上的最大速度力(kN);

$P_{I_{max}}$ ——作用于整个柱体高度上的最大惯性力(kN);

ω ——圆频率(s^{-1});

t ——时间(s),当波峰通过柱体中心线时 $t = 0$ 。

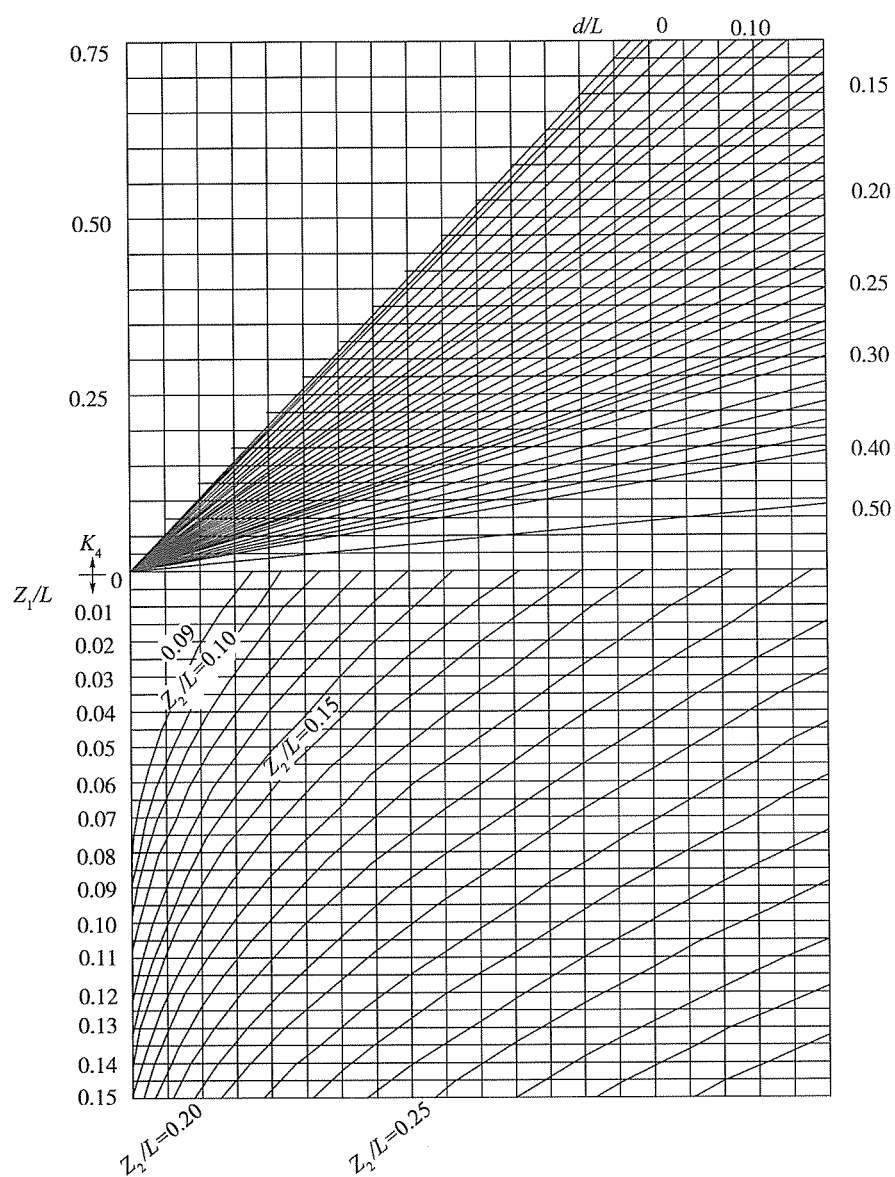


图 8.3.2-7 系数 K_4 (二)

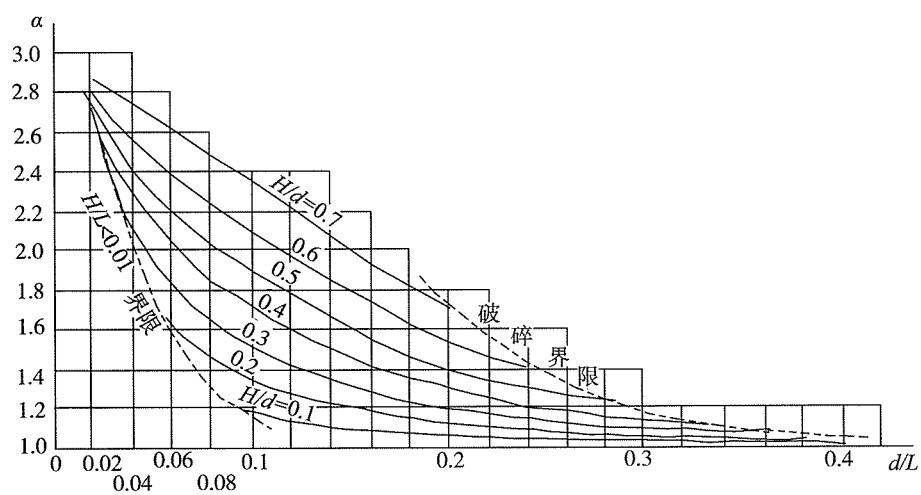
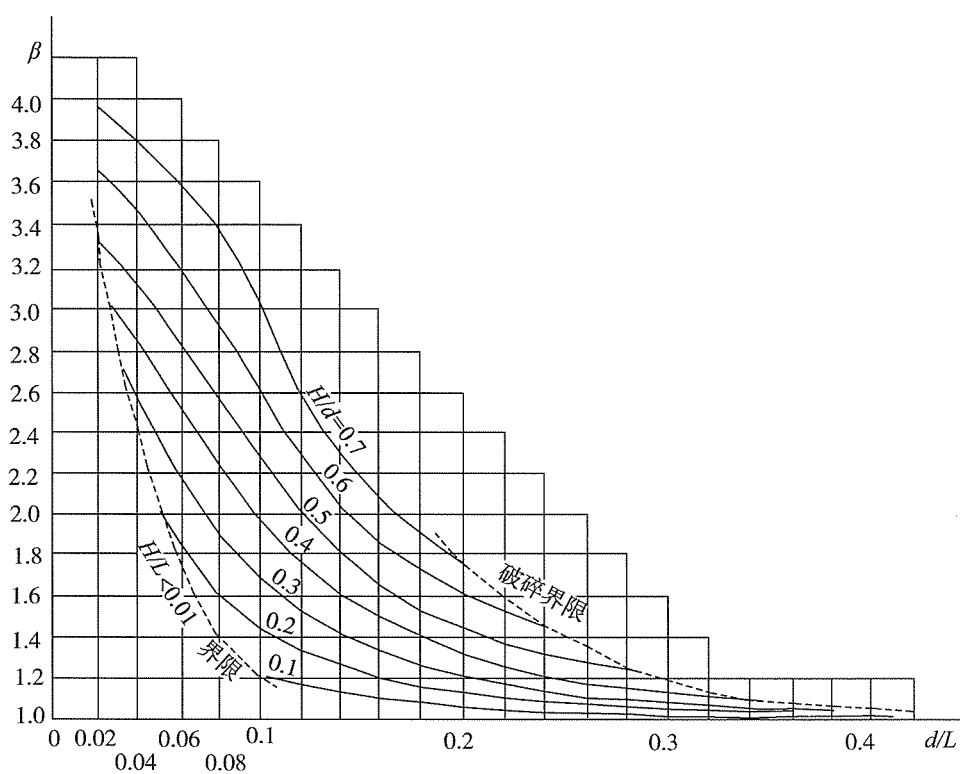
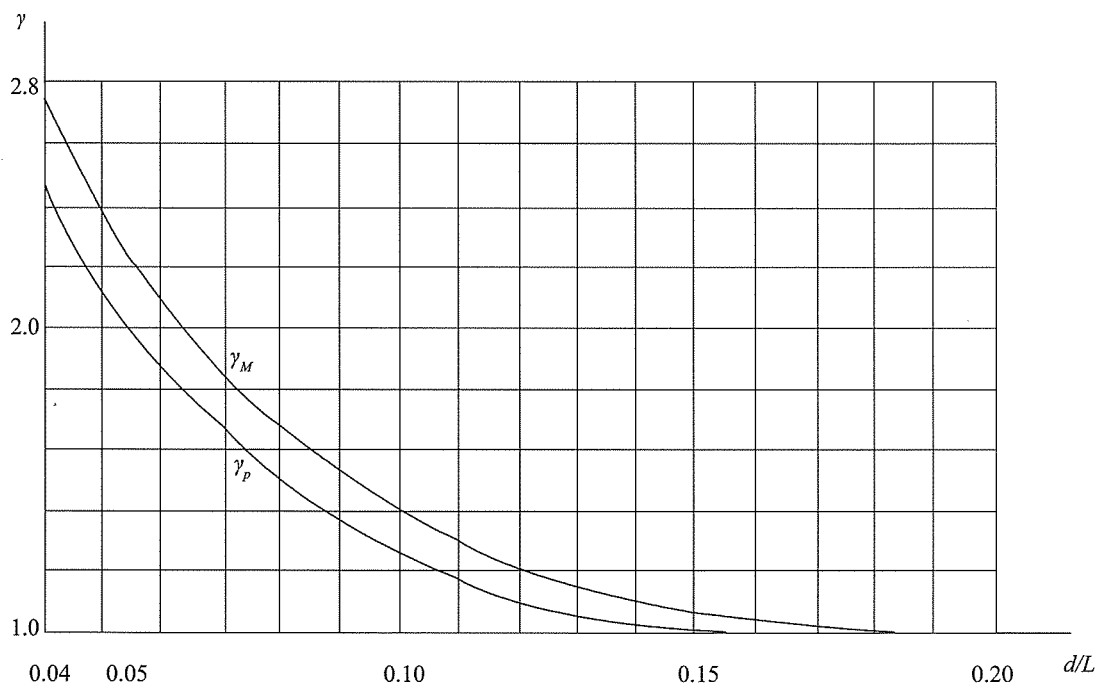


图 8.3.2-8 系数 α

图 8.3.2-9 系数 β 图 8.3.2-10 系数 γ_p 和 γ_M

8.3.4 对于小尺度桩(柱),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述方法确定。

(1) $P_{D\max} \leq 0.5P_{I\max}$ 时,正向水平最大总波浪力按式(8.3.4-1)计算,对水底面的最大

总波浪力矩按式(8.3.4-2)计算;

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

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

注:此时相位为 $\omega t = 270^\circ$ 。

(2) $P_{D\max} > 0.5P_{I\max}$ 时,正向水平最大总波浪力按式(8.3.4-3)计算,对水底面的最大总波浪力矩按式(8.3.4-4)计算,此时相位按式(8.3.4-5)计算。

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

$$M_{\max} = M_{D\max} \left(1 + 0.25 \frac{M_{I\max}^2}{M_{D\max}^2} \right) \quad (8.3.4-4)$$

$$\sin \omega t = -0.5 \frac{P_{I\max}}{P_{D\max}} \quad (8.3.4-5)$$

式中 $P_{D\max}$ ——作用于整个柱体高度上的最大速度力(kN);

$P_{I\max}$ ——作用于整个柱体高度上的最大惯性力(kN);

P_{\max} ——作用于整个柱体高度上的正向水平最大总波浪力(kN);

M_{\max} ——作用于整个柱体高度上的最大总波浪力矩(kN·m);

$M_{I\max}$ ——作用于整个柱体高度上的最大惯性力矩(kN·m);

$M_{D\max}$ ——作用于整个柱体高度上的最大速度力矩(kN·m);

ω ——圆频率(s^{-1});

t ——时间(s),当波峰通过柱体中心线时 $t=0$ 。

8.3.5 由小直径桩(柱)组成的群桩结构,应根据设计波浪的计算剖面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。

群 桩 系 数 K

表 8.3.5

| l/D | 2 | 3 | 4 |
|-------|-----|-----|-----|
| 桩列方向 | | | |
| 垂直于波向 | 1.5 | 1.2 | 1.1 |

注:桩列方向平行于波向时, K 取 1.0。

8.3.6 较大水深处波浪作用于 D/L 或 $b/L > 0.2$ 大尺度柱体上的波浪力,应按下述方法确定。

8.3.6.1 作用于圆形柱体的波浪力可按下列规定计算。

(1) 最大水平总波浪力 P_{\max} 按式(8.3.6-1)计算,最大惯性力 $P_{I\max}$ 及其对水底面的最大惯性力矩 $M_{I\max}$ 分别按式(8.3.2-2)和式(8.3.2-6)计算,但惯性力系数 C_M 按图 8.3.6-1 确定;

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

(2) 如图 8.3.6-2 所示有基床的墩柱建筑物,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:

$$z_1 = d - d_1 \quad (8.3.6-2)$$

$$z_2 = d + \eta_{\max} - H/2 \quad (8.3.6-3)$$

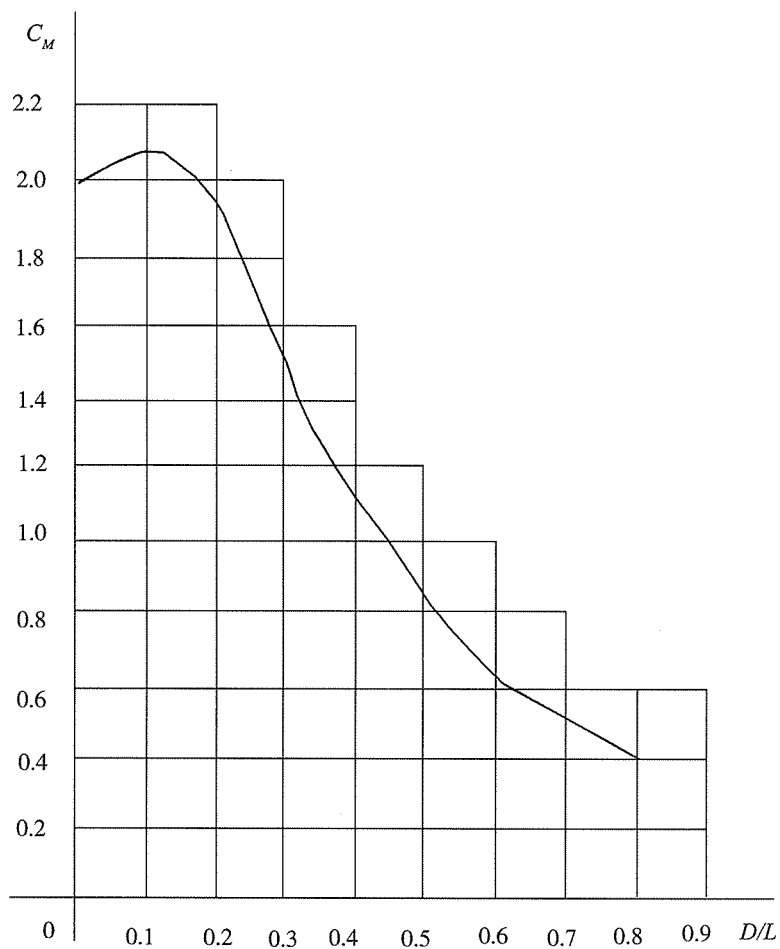
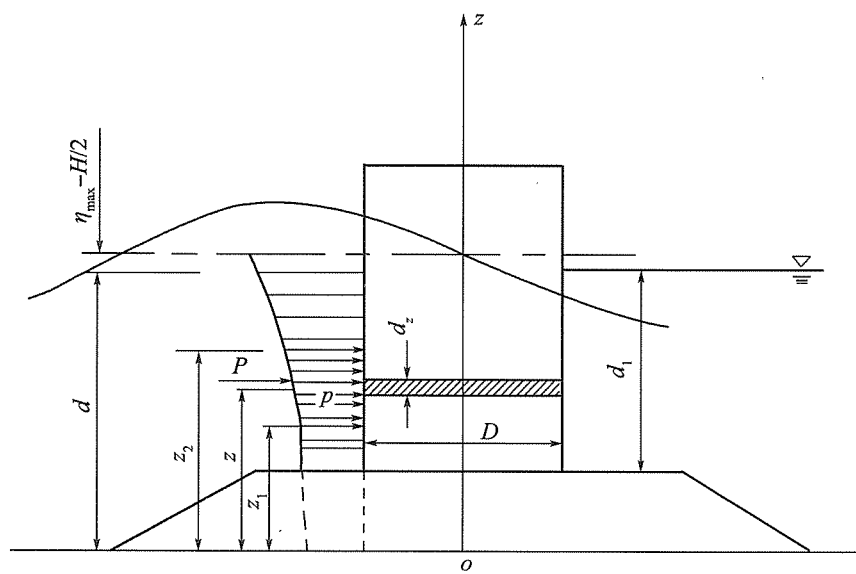
图 8.3.6-1 惯性力系数 C_M 

图 8.3.6-2 墩柱上波浪力分布图

(3) 任何相位时圆形柱体表面上环向波浪压力强度 p 按下式计算:

$$p = \frac{\gamma H \text{ch} \frac{2\pi z}{L}}{\pi \text{ch} \frac{2\pi d}{L}} (f_3 \sin \omega t \cos \theta + f_1 \cos \omega t \cos \theta + f_2 \sin \omega t - f_0 \cos \omega t) \quad (8.3.6-4)$$

(4) 柱体底面上周边的浮托压力强度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 K 确定。

式中 D ——柱体直径(m);

L ——波长(m);

P_{\max} ——作用于整个圆形柱体上的最大水平总波浪力(kN);

$P_{I\max}$ ——作用于整个圆形柱体上的最大惯性力(kN);

$M_{I\max}$ ——作用于整个柱体高度上的最大惯性力矩(kN·m);

C_M ——惯性力系数;

z, z_1, z_2 ——计算点距水底的高度(m);

d ——建筑物前水深(m);

d_1 ——基床上水深(m);

η_{\max} ——波峰在静水面以上的高度(m);

H ——建筑物所在处进行波的波高(m);

p ——环向波浪压力强度(kPa);

γ ——水的重度(kN/m³);

f_0, f_1, f_2, f_3 ——与 D/L 有关的系数, 按图 8.3.6-3 确定;

ω ——圆频率(s⁻¹);

t ——时间(s), 当波峰通过柱体中心线时 $t=0$;

θ ——计算点同柱体圆心的连线与波向线间的夹角(°)。

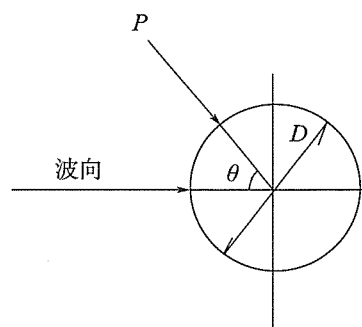
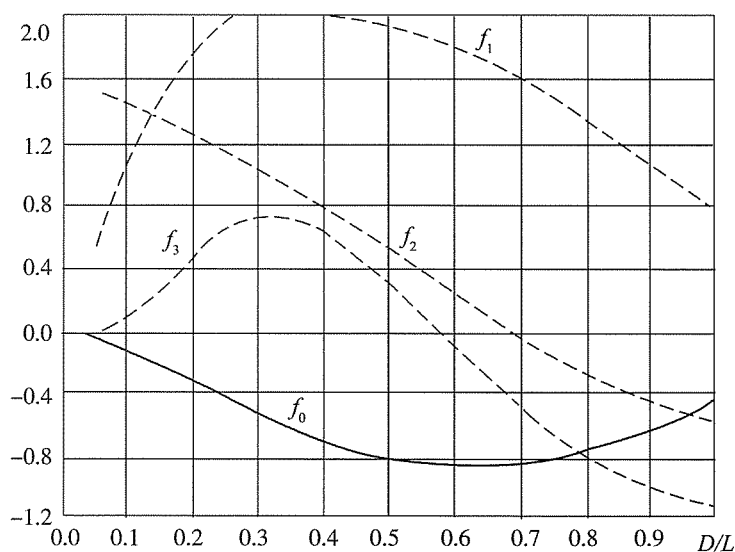


图 8.3.6-3 系数 f_0, f_1, f_2 和 f_3

8.3.6.2 方形或 $a/b \leq 1.5$ 的大尺度矩形柱体上的波浪力,可按附录 L 确定。

注: a, b 分别为矩形柱体断面平行和垂直于波向的宽度(m)。

8.3.7 对于大尺度柱体, $H/d \geq 0.1$ 且 $D/d \geq 0.4$ 时,圆形柱体上的波浪作用力应按下列方法确定。

8.3.7.1 相对周期 $T \sqrt{g/d} \geq 8$ 时,波面在柱面上的最大壅高 η_{\max} 位于柱体迎浪面的顶点处, 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 H ——建筑物所在处进行波的波高(m);
 d ——建筑物前水深(m);
 D ——圆形柱体直径(m);
 T ——波浪周期(s);
 g ——重力加速度(m/s^2);
 η_{\max} ——波面在圆形柱体面上的最大壅高(m);
 $C_1, C_2, C_3, \alpha, \beta$ ——系数,按表 8.3.7-1 确定;
 R ——圆形柱体半径(m)。

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 | 0.90 | 0.70 | 0.60 | 0.53 | 0.48 |
| β | 1.24 | 1.09 | 0.98 | 0.89 | 0.81 | 0.78 | 0.76 |

8.3.7.2 圆形柱体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,可按下列公式计算:

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

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

式中 P_{\max} ——作用于整个圆形柱体上的最大水平总波浪力(kN);

α_P, α_M ——系数,分别由表 8.3.7-2 和表 8.3.7-3 确定;

$P_{I\max}$ ——作用于整个圆形柱体上的最大惯性力(kN),按第 8.3.6.1 款计算;

M_{\max} ——作用于整个圆形柱体上的最大总波浪力矩(kN·m);

$M_{I\max}$ ——作用于整个圆形柱体上的最大惯性力矩(kN·m),按第 8.3.6.1 款计算。

8.3.7.3 相对周期 $T \sqrt{g/d} < 8$ 时,可按式(8.3.7-2)和式(8.3.7-3)计算作用于圆形柱体上的最大水平总波浪力和最大总波浪力矩,式中系数 α_P 和 α_M 可按下列方法确定:

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

(2) $L/d > 6.67$ 时, α_P 和 α_M 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

T ——波浪周期(s);

g ——重力加速度(m/s^2);

d ——建筑物前水深(m);

α_P 、 α_M 、 $(\alpha_P)_8$ 、 $(\alpha_M)_8$ ——系数, $(\alpha_P)_8$ 、 $(\alpha_M)_8$ 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;

L ——波长(m);

$(L/d)_t$ ——计算得到的实际的 L/d 值;

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

H ——建筑物所在处进行波的波高(m)。

系 数 α_P

表 8.3.7-2

| $\frac{H}{d}$ | $\frac{R}{d}$ | $T \sqrt{g/d}$ | | | | | | |
|---------------|---------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 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 |
| 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

| $\frac{H}{d}$ | $\frac{R}{d}$ | $T \sqrt{g/d}$ | | | | | | |
|---------------|---------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 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 |
| 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 较大水深处由 $D/L > 0.2$ 的大直径圆柱组成的群墩结构,墩的中心距 $l \leq 4D$ 时,作用于墩群中某个墩上的水平总波浪力 P_G 可按下式计算:

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

式中 D ——圆形柱体直径(m);

L ——波长(m);

P_G ——作用于墩群中某个墩上的水平总波浪力(kN);

K_x ——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($k = 2\pi/L_p$), L_p 为与谱峰周期 T_p 对应的波长, T_p 为平均周期 \bar{T} 的 1.21 倍;

P ——作用于单个墩上的水平总波浪力(kN),按第 8.3.6 条规定计算。

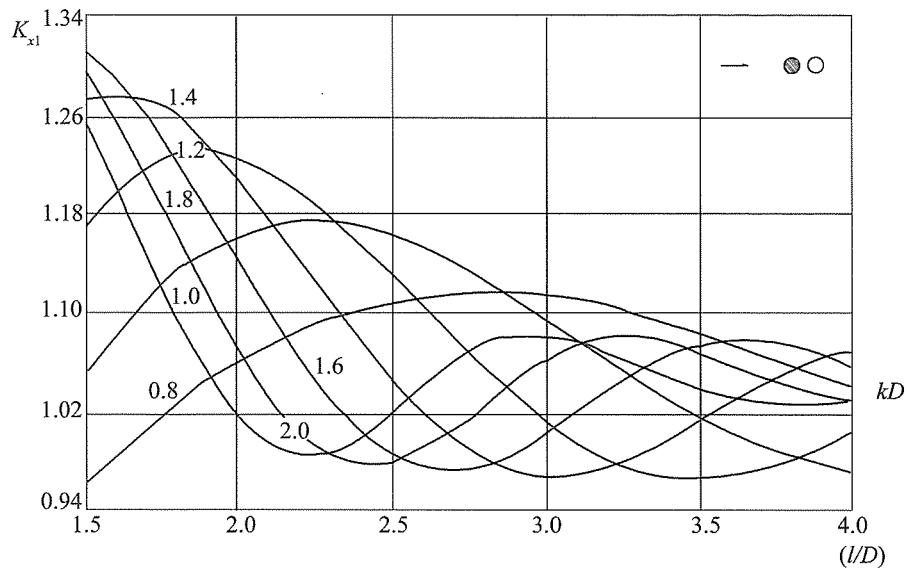


图 8.3.8-1 双墩串列时前墩的群墩系数图

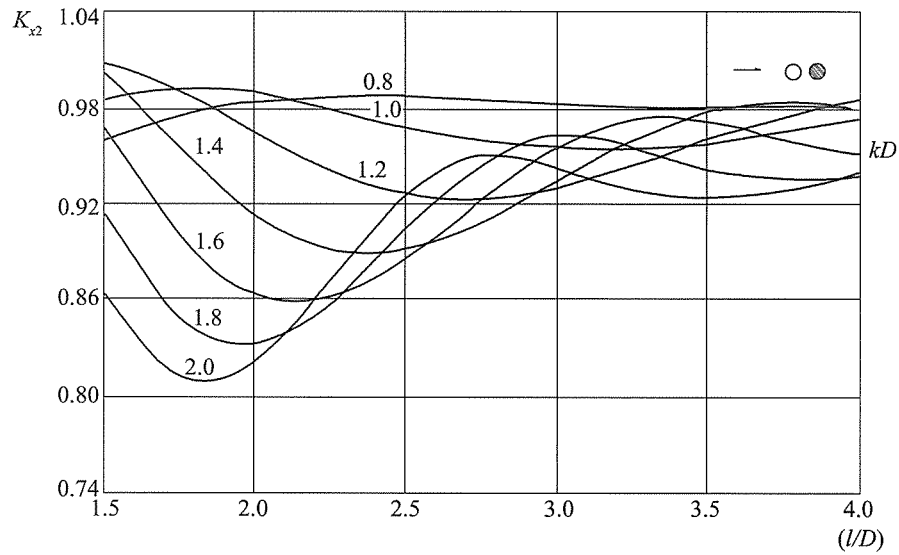


图 8.3.8-2 双墩串列时后墩的群墩系数图

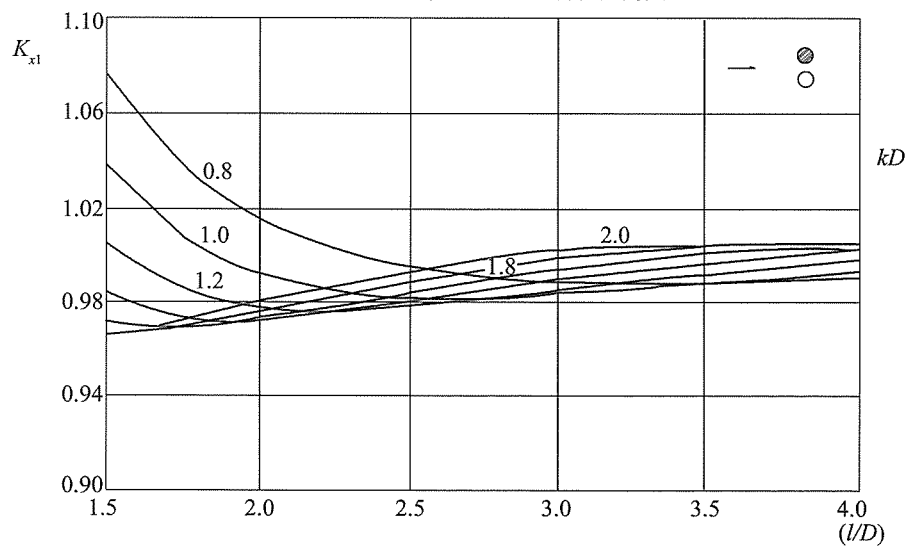


图 8.3.8-3 双墩并列时的群墩系数图

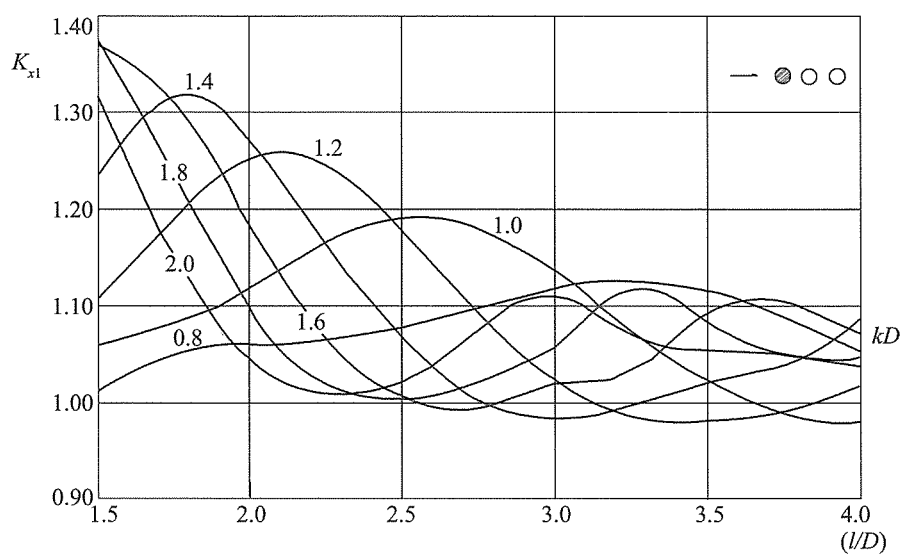


图 8.3.8-4 三墩串列时前墩的群墩系数图

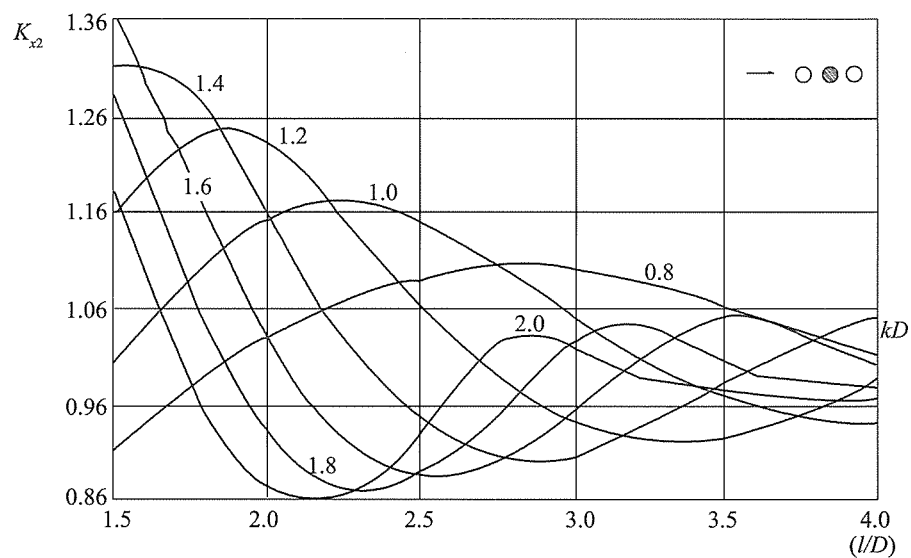


图 8.3.8-5 三墩串列时中墩的群墩系数图

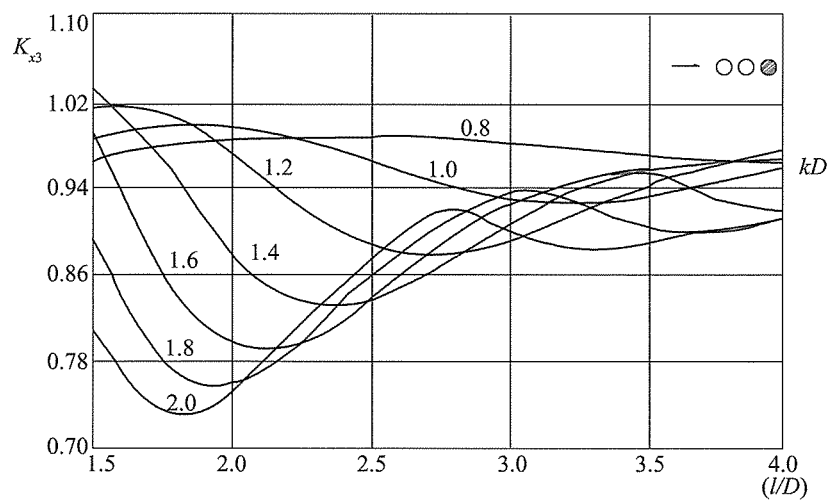


图 8.3.8-6 三墩串列时后墩的群墩系数图

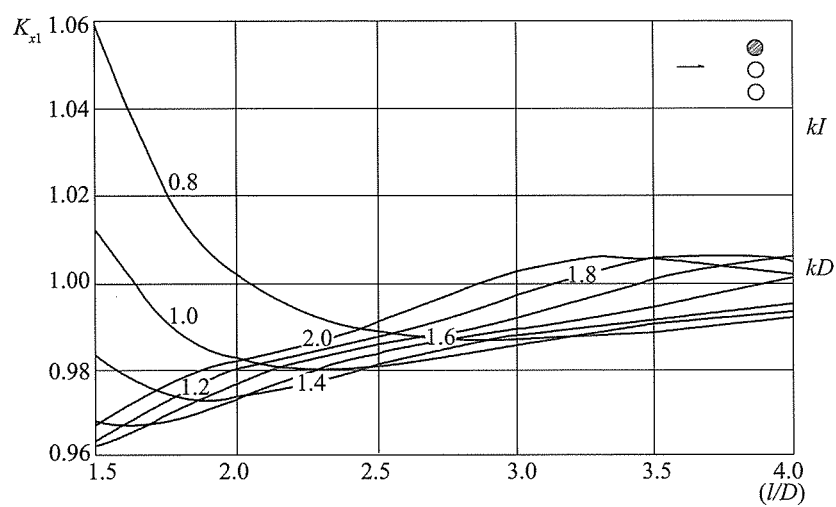


图 8.3.8-7 三墩并列时边墩的群墩系数图

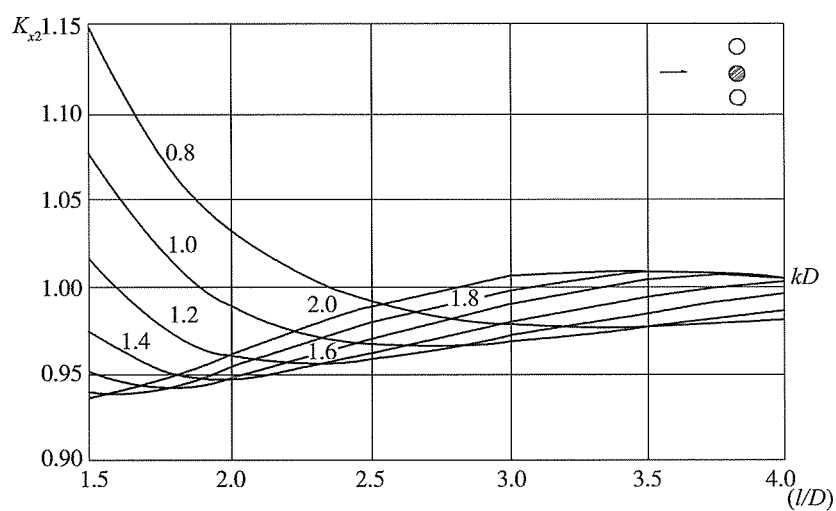


图 8.3.8-8 三墩并列时中墩的群墩系数图

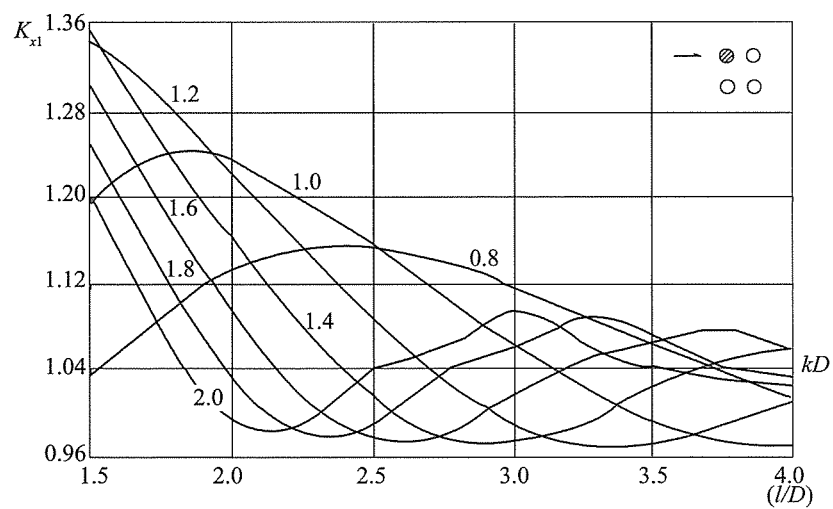


图 8.3.8-9 四墩时前墩的群墩系数图

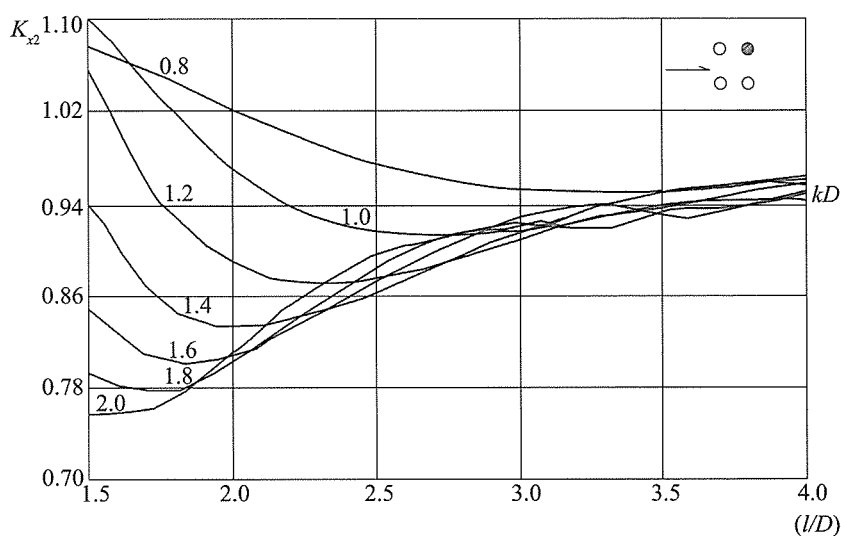


图 8.3.8-10 四墩时后墩的群墩系数图

8.3.9 位于浅水破波区且 $D/L \leq 0.2$ 的直立圆形柱体上,最大破波作用力应按下列方法确定。

8.3.9.1 水底坡度 $i \leq 1/15$ 时,作用在直立圆形柱体上的最大破波力可按下列公式计算:

$$\frac{P}{\gamma D (H'_0)^2} = A \left(\frac{H'_0}{L_0} \right)^{B_1} \left(\frac{D}{H'_0} \right)^{B_2} \quad (8.3.9-1)$$

式中 D ——圆形柱体直径(m);

L ——波长(m);

i ——水底坡度;

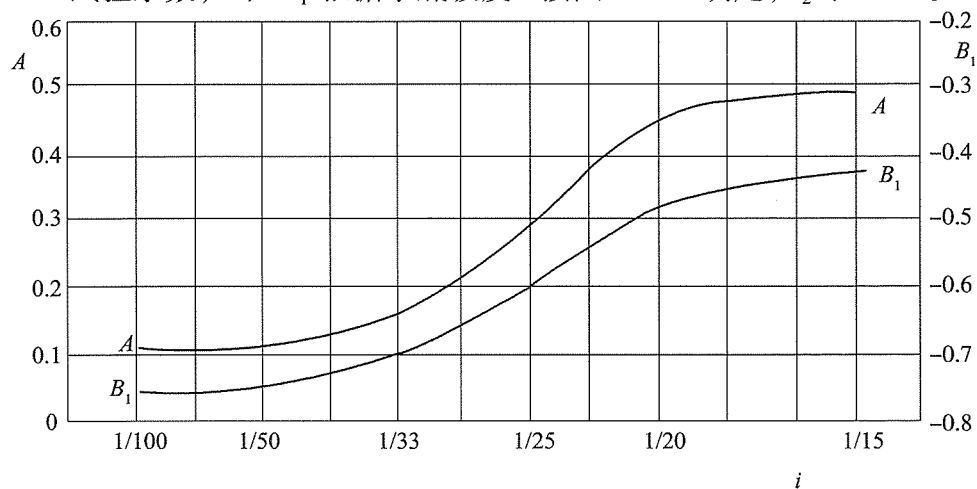
P ——作用在直立圆形柱体上的破波总力(kN);

γ ——水的重度(kN/m^3);

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; A 和 B_1 根据水底坡度 i 按图 8.3.9 确定, B_2 取 0.35。

图 8.3.9 系数 A 和 B_1 与水底坡度 i 的关系

8.3.9.2 直立圆形柱体上最大破波力的作用点在水底面以上的高度 l , 可按下述方法确定:

$$(1) i \geq 1/20 \text{ 时} \quad \frac{l}{d} = 1.4 - 0.2 \left[\lg \left(\frac{H'_0}{L_0} \right) + 2 \right] \quad (8.3.9-2)$$

$$(2) i \leq 1/33 \text{ 时} \quad \frac{l}{d} = 1.2 - 0.2 \left[\lg \left(\frac{H'_0}{L_0} \right) + 2 \right] \quad (8.3.9-3)$$

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

式中 l ——最大破波力的作用点在水底面以上的高度(m);

i ——水底坡度;

d ——计算水深(m);

H'_0 ——计算深水波高(m);

L_0 ——深水波长(m)。

8.3.10 桩(柱)式建筑物所在地区有附着生物时, 相应区段上的波浪力应乘以增大系数 n , n 可按表 8.3.10 采用。

增大系数 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的作用

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

(1) 作用于水底面以上高度 z 处桩(柱)断面上的正向波流力按下列公式计算:

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

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

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

$$u(z, t) = \frac{\omega_r H}{2} \frac{\operatorname{ch} k z}{\operatorname{sh} k d} \cos \omega t \quad (8.4.1-4)$$

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

$$\omega_r = \omega - k u_c \quad (8.4.1-6)$$

(2) 波数 k 按下式计算:

$$\left(\frac{2\pi}{T} - ku_c\right)^2 = gkthkd \quad (8.4.1-7)$$

(3) 图 8.4.1 中的 KC 数按下列公式计算:

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

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

$$\varphi = \arccos \frac{|u_c|}{u_m} \quad (8.4.1-10)$$

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

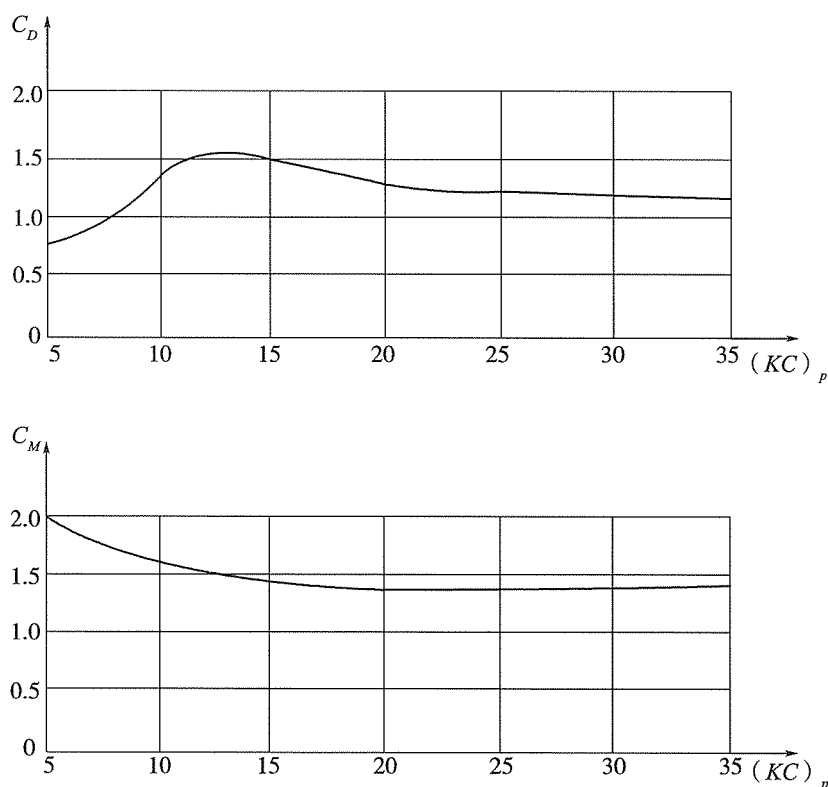


图 8.4.1 波流共同作用下 C_D 、 C_M 与 $(KC)_p$ 的关系图

(4) 求作用于整个桩(柱)上的总波流力时,沿柱体自水底 $z=0$ 到波面 $z=d+\eta$, 计算点不少于五个,包括 $z=0$ 、 d 和 $d+\eta$ 三点,然后用分段求和法求得总力;

(5) 波面在静水面以上的高度 η 值按下式计算:

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

式中 D ——圆柱直径(m);

L ——波长(m);

z ——计算点高度(m);

$p(z, t)$ ——作用于桩(柱)断面上的正向波流力(kN/m);

K_D 、 K_M ——参数;

$u(z, t)$ ——水质点轨道运动的水平速度 (m/s);

u_c ——水流流速 (m/s);

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

C_D, C_M ——分别为速度力和惯性力系数, 由图 8.4.1 确定;

γ ——水的重度 (kN/m³);

g ——重力加速度 (m/s²);

ω_r ——相对于水流的圆频率 (s⁻¹);

H ——波高 (m), 不规则波时取有效波高;

k ——波数 (m⁻¹);

ω ——水质点轨道运动圆频率 (s⁻¹);

t ——时间 (s);

T ——波浪周期 (s), 不规则波时取谱峰周期 T_p , T_p 取 $1.05T_s$, 此时 KC 数以 $(KC)_p$ 表示;

d ——计算水深 (m);

u_m ——水面处水质点轨道运动的最大水平速度 (m/s);

KC ——系数;

φ ——相位角 (弧度);

η ——波面在静水面以上的高度 (m);

η_{\max} ——波峰在静水面以上的高度 (m), 按图 8.3.2-1 确定。

8.4.2 桩(柱)直径 D 与波长 L 之比 $D/L \leq 0.2$ 时, 作用于 $\theta < 75^\circ$ 斜桩上的波浪力或波流
力可按下列规定确定。

(1) 如图 8.4.2-1 所示, 坐标系 xoy 平面位于海底, 斜桩位于 yoz 平面内, 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 按下列公式计算:

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

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

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

$$K_M = \frac{1}{4} C'_M \frac{\gamma}{g} \pi D^2 \quad (8.4.2-4)$$

(2) $p_N(z, y, t)$ 分解为 $p_y(z, y, t)$ 和 $p_z(z, y, t)$, 按下列公式计算:

$$p_y(z, y, t) = K_D V_y |V| + K_M \dot{V}_y \quad (8.4.2-5)$$

$$p_z(z, y, t) = K_D V_z |V| + K_M \dot{V}_z \quad (8.4.2-6)$$

(3) 沿各轴方向的波流速度按下列公式计算:

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

$$V_y = u_c \cos \beta + u_{w\lambda} \cos(\alpha + \beta) \quad (8.4.2-8)$$

$$V_z = u_{wz} \quad (8.4.2-9)$$

(4) $yo z$ 平面内垂直于桩的速度 V_N 和 $yo z$ 平面内的合速度 V'_N 按下列公式计算:

$$V_N = V'_N \cos(\delta - \theta) \quad (8.4.2-10)$$

$$V'_N = \sqrt{V_y^2 + V_z^2} \quad (8.4.2-11)$$

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_N^2} \quad (8.4.2-12)$$

(5) 沿 X 轴和 Y 轴方向的加速度按下列公式计算:

$$\dot{V}_x = \dot{u}_{w\lambda} \sin(\alpha + \beta) \quad (8.4.2-13)$$

$$\dot{V}_y = \dot{V}_N \sin \theta \quad (8.4.2-14)$$

或

$$\dot{V}_y = \dot{V}_z \tan \delta \quad (8.4.2-15)$$

(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} 按下列公式计算:

$$u_{w\lambda}(z, \lambda, t) = \frac{\omega_r H}{2} \frac{\operatorname{ch} kz}{\operatorname{sh} kd} \cos(k\lambda - \omega_a t) \quad (8.4.2-16)$$

$$\dot{u}_{w\lambda}(z, \lambda, t) = \frac{\omega_r^2 H}{2} \frac{\operatorname{ch} kz}{\operatorname{sh} kd} \sin(k\lambda - \omega_a t) \quad (8.4.2-17)$$

$$u_{wz}(z, \lambda, t) = \frac{\omega_r H}{2} \frac{\operatorname{sh} kz}{\operatorname{sh} kd} \sin(k\lambda - \omega_a t) \quad (8.4.2-18)$$

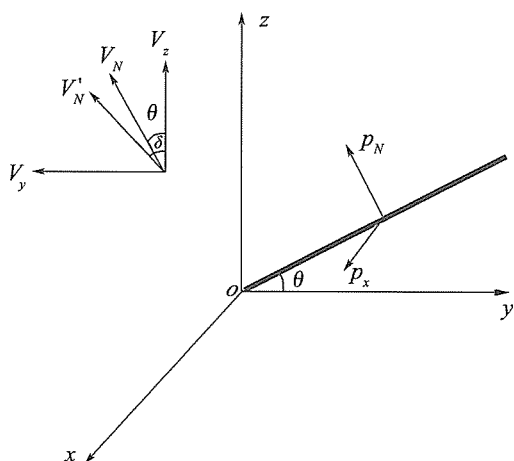


图 8.4.2-1 作用于斜桩上的波流力示意图

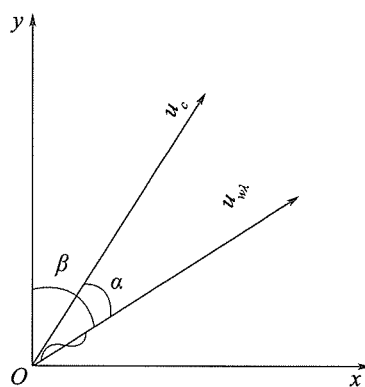


图 8.4.2-2 波浪水质点速度和流速的关系图

(7) 波浪圆频率 ω_r 和 ω_a 按下列公式计算:

$$\omega_r = \omega_a - k u_c \cos \alpha \quad (8.4.2-19)$$

$$\omega_a^2 = kg \operatorname{th} kd \quad (8.4.2-20)$$

(8) 斜桩的速度力系数 C'_D 和惯性力系数 C'_M 按下列公式计算:

$$C'_D = \frac{C_D}{1 - \cos^3 \mu} \quad (8.4.2-21)$$

$$C'_M = \frac{C_M}{\sin \mu} \quad (8.4.2-22)$$

$$\tan \mu = \frac{\tan \theta}{\cos(\alpha + \beta)} \quad (8.4.2-23)$$

(9) 计算整个斜桩上的总波流力时,用自海底 $z=0$ 到波面高度 $z=d+\eta$,按式(8.4.2-24)~式(8.4.2-26)沿桩长分段计算求和而得,分段数不少于5段;进行分段计算时,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。

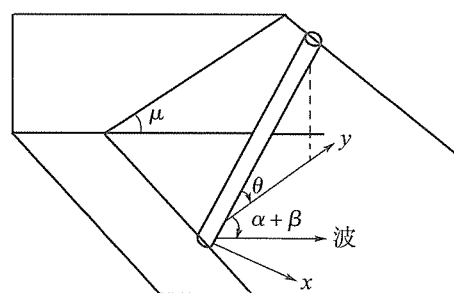
$$P(t) = \sum_{i=1}^N p(z_i, x_i, t) \Delta l_i, N \geq 5 \quad (8.4.2-24)$$

$$p(z_i, x_i, t) = [p_x^2(z_i, x_i, t) + p_N^2(z_i, x_i, t)]^{1/2} \quad (8.4.2-25)$$

$$\eta = \eta_{\max} \cos(k\lambda - \omega_a t) \quad (8.4.2-26)$$

式中 p_x ——作用在单位长度斜桩上垂直于 yoz 平面内的力(kN);
 p_N ——作用在单位长度斜桩上,在 yoz 平面内垂直于桩的力(kN);
 V_x ——波流速度沿 x 轴的分速度(m/s);
 V —— V_x 与 V_N 的合成速度(m/s);
 C'_D ——斜桩的速度力系数;
 γ ——水的重度(kN/m³);
 g ——重力加速度(m/s²);
 D ——桩的直径(m);
 V_y ——波流速度沿 y 轴的分速度(m/s);
 p_y —— p_N 沿 y 轴的分力(kN);
 p_z —— p_N 沿 z 轴的分力(kN);
 V_z ——波流速度沿 z 轴的分速度(m/s);
 u_c ——水流速度(m/s);
 β ——水流与 y 轴的夹角(°);
 $u_{w\lambda}$ ——沿波浪传播方向的质点水平运动速度(m/s);
 α ——水流与波向的夹角(°);
 u_{wz} ——波浪水质点运动的垂直分速(m/s);
 V_N ——波流速度在 yoz 平面内垂直于桩的分速度(m/s);
 V'_N ——波流速度在 yoz 平面内的合成速度(m/s);
 K_D, K_M ——系数;
 δ —— yoz 平面内合速度 V_N 与 z 轴的夹角(°);
 θ ——斜桩与水平面的夹角(°);
 ω_r ——波浪相对于水流的圆频率(s⁻¹);
 H ——波高(m);

- k ——波数(m^{-1});
 λ ——沿波浪传播方向距离(m);
 ω_a ——波浪的绝对圆频率(s^{-1});
 t ——时间(s);
 d ——计算水深(m);
 z ——计算点距水底的高度(m);
 C_D ——直桩的速度力系数;
 μ ——夹角($^\circ$),如图 8.4.2-3 所示;桩顺波向倾斜时, $\mu < \pi/2$;桩逆波向倾斜时, $\mu > \pi/2$; $\alpha + \beta = 90^\circ$ 时, $\mu = 90^\circ$, 即桩在波峰线平面内倾斜时, $C'_D = C_D$ 和 $C'_M = C_M$;
 C'_M ——斜桩的惯性力系数;
 C_M ——直桩的惯性力系数;
 $P(t)$ ——作用于整个斜桩上的总波流力(kN);
 Δl_i ——分段计算波浪力时的 i 段段长(m);
 N ——计算桩长上的分段数量(m);
 $p(z_i, x_i, t)$ ——作用于斜桩上的波流力强度(kN/m);
 η ——任意相位时的波面在静水面以上的高度(m);
 η_{\max} ——波峰在静水面以上的高度(m), 由图 8.3.2-1 确定。

图 8.4.2-3 μ 角的定义

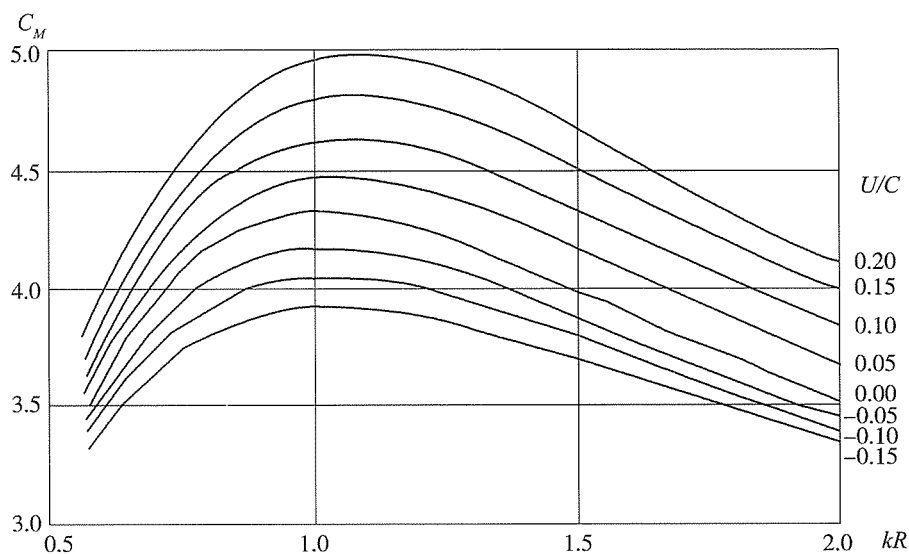
8.4.3 相对水深 $d/L > 0.15$ 且 $D/L > 0.2$ 的大直径圆柱, 其波流力和波流力矩可按下列公式计算:

$$P = C_M \gamma R \frac{H \text{th} kd}{2k} \quad (8.4.3-1)$$

$$M = C_M \gamma R \frac{H}{2} \left[\frac{k d \text{sh} kd - \text{ch} kd + 1}{k^2 \text{ch} kd} \right] \quad (8.4.3-2)$$

$$k = 2\pi/L \quad (8.4.3-3)$$

式中 d ——计算水深(m);
 L ——波长(m);
 D ——圆柱直径(m);
 P ——作用在圆柱上的波流力(kN);
 C_M ——系数, 按图 8.4.3 确定;
 γ ——水的重度(kN/m^3);
 R ——圆柱半径(m);
 H ——波高(m);
 k ——波数(m^{-1});
 M ——作用在圆柱上的波流力矩($\text{kN} \cdot \text{m}$)。


 图 8.4.3 波流共同作用力的系数 C_M 图

注:图中横坐标为 kR , 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。

8.5 离岸式高桩码头面板底部波浪浮托力

8.5.1 本节中关于离岸式高桩码头面板底部波浪浮托力的计算方法, 除另有规定外, 宜符合下列条件:

- (1) 波浪正向作用;
- (2) 码头面板与后方岸坡不连接;
- (3) 面板宽度小于一倍波长;

(4) 面板底部超高 Δh 与波峰在静水面以上的高度 η 关系满足 $-0.5 \leq \frac{\Delta h}{C\eta} \leq 1.0$, C 为波浪反射影响系数, 计算均布压强和总浮托力时取 $C = 1.1$, 计算冲击压强和冲击总力时取 $C = 1.0$ 。

8.5.2 对于高桩码头面板底部的波浪浮托力, 应计算各计算水位下可能出现的最大总浮托力和对应的均布压强、最大冲击压强和对应的冲击总力。

8.5.3 正向规则波作用下, 高桩码头面板底部纵向单位长度上的波浪最大总浮托力和对应的均布压强可按下列公式计算:

$$\frac{P}{\gamma x H} = K_1 \left(1 - \frac{\Delta h}{1.1 \eta} \right)^{0.3} e^{-0.8 \left(\frac{\Delta h}{1.1 \eta} - 0.8 \right)^2} \quad (8.5.3-1)$$

$$K_1 = 0.75 + 0.25 \operatorname{th} \left(\frac{L}{2B} - 2 \right) \quad (8.5.3-2)$$

$$\eta = \frac{H}{2} + \frac{\pi H^2}{2L} \frac{\left(\operatorname{ch} \frac{2\pi d}{L} \right) \left(\operatorname{ch} \frac{4\pi d}{L} + 2 \right)}{4 \left(\operatorname{sh} \frac{2\pi d}{L} \right)^3} \quad (8.5.3-3)$$

$$x = \frac{L}{\pi} \arccos \frac{\Delta h}{1.1\eta} \quad (8.5.3-4)$$

$$\bar{p} = \frac{P}{x} \quad (8.5.3-5)$$

式中 P ——面板底部纵向单位长度上的最大总浮托力(kN/m);
 γ ——水的重度(kN/m³);
 x ——面板底部的波浪作用宽度(m),即为均布压强分布宽度,当 $x > B$ 时取为 B ;
 H ——入射波波高(m),采用累积频率1%值;
 K_1 ——面板宽度影响系数;
 Δh ——面板底部在静水面以上的高度(m);
 η ——波峰在静水面以上的高度(m);
 L ——入射波波长(m);
 B ——沿波浪传播方向的面板宽度(m);
 d ——码头前沿水深(m);
 \bar{p} ——面板底部均布压强(kPa)。

8.5.4 正向规则波作用下,高桩码头面板底部波浪最大冲击压强及其对应纵向单位长度上的冲击总力可按下列公式计算:

$$\frac{p_{\max}}{\gamma H} = 3.2 \left(1 - \frac{\Delta h}{\eta} \right)^{0.3} e^{-0.8 \left(\frac{\Delta h}{\eta} - 0.8 \right)^2} \quad (8.5.4-1)$$

$$\eta = \frac{H}{2} + \frac{\pi H^2}{2L} \frac{\left(\operatorname{ch} \frac{2\pi d}{L} \right) \left(\operatorname{ch} \frac{4\pi d}{L} + 2 \right)}{4 \left(\operatorname{sh} \frac{2\pi d}{L} \right)^3} \quad (8.5.4-2)$$

$$x = \frac{L}{\pi} \arccos \frac{\Delta h}{\eta} \quad (8.5.4-3)$$

$$P_0 = p_{\max} x_0 \quad (8.5.4-4)$$

$$x_0 = \frac{x}{10} \quad (8.5.4-5)$$

式中 p_{\max} ——面板底部最大冲击压强(kPa);
 γ ——水的重度(kN/m³);
 H ——入射波波高(m),采用累积频率1%值;
 Δh ——面板底部在静水面以上的高度(m);
 η ——波峰在静水面以上的高度(m);
 L ——入射波波长(m);
 d ——码头前沿水深(m);
 x ——面板底部的波浪作用宽度(m);
 P_0 ——面板底部纵向单位长度上的冲击总力(kN/m);
 x_0 ——冲击压强分布宽度(m),当 $x_0 > B$ 时取为 B 。

8.5.5 正向不规则波作用下,高桩码头面板底部纵向单位长度上的波浪最大总浮托力及其对应的均布压强可按下列公式计算:

$$\frac{P_{1\%}}{\gamma x_{1\%} H_{1\%}} = K_1 \left(1 - \frac{\Delta h}{1.1 \eta_{1\%}} \right)^{0.3} e^{-0.9 \left(\frac{\Delta h}{1.1 \eta_{1\%}} - 0.75 \right)^2} \quad (8.5.5-1)$$

$$K_1 = 0.85 + 0.35 \operatorname{th} \left(\frac{L_s}{2B} - 2 \right) \quad (8.5.5-2)$$

$$\eta_{1\%} = \frac{H_{1\%}}{2} + \frac{\pi H_{1\%}^2}{2L_s} \frac{\left(\operatorname{ch} \frac{2\pi d}{L_s} \right) \left(\operatorname{ch} \frac{4\pi d}{L_s} + 2 \right)}{4 \left(\operatorname{sh} \frac{2\pi d}{L_s} \right)^3} \quad (8.5.5-3)$$

$$x_{1\%} = \frac{L_s}{\pi} \arccos \frac{\Delta h}{1.1 \eta_{1\%}} \quad (8.5.5-4)$$

$$L_s = \frac{g T_s^2}{2\pi} \operatorname{th} \frac{2\pi d}{L_s} \quad (8.5.5-5)$$

$$P_F = K_F P_{1\%} \quad (8.5.5-6)$$

$$\bar{p}_F = \frac{P_F}{x_{1\%}} \quad (8.5.5-7)$$

式中 $P_{1\%}$ ——累积频率为 1% 的波高作用下面板底部纵向单位长度上的最大总浮托力 (kN/m);

γ ——水的重度 (kN/m³);

$x_{1\%}$ ——面板底部的波浪作用宽度 (m), 即均布压强分布宽度, 当 $x_{1\%} > B$ 时取为 B ;

$H_{1\%}$ ——累积频率为 1% 的入射波波高 (m);

K_1 ——面板宽度影响系数;

Δh ——面板底部在静水面以上的高度 (m);

$\eta_{1\%}$ —— $H_{1\%}$ 波高对应的波峰在静水面以上的高度 (m);

L_s ——有效波波长 (m);

B ——沿波浪传播方向的面板宽度 (m);

d ——码头前沿水深 (m);

g ——重力加速度 (m/s²);

T_s ——有效波周期 (s);

P_F ——累积频率为 F 的波高作用下面板底部纵向单位长度上的最大总浮托力 (kN/m);

K_F ——高桩码头面板底部不同累积频率 F 的波浪总浮托力换算系数, 按表 8.5.5 确定;

\bar{p}_F ——累积频率为 F 的波高作用下面板底部均布压强 (kPa)。

高桩码头面板底部不同累积频率 F 的波浪最大总浮托力换算系数 表 8.5.5

| $F(\%)$ | 1 | 2 | 4 | 5 | 10 | 13 | 30 | 50 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| K_F | 1.00 | 0.92 | 0.81 | 0.77 | 0.66 | 0.63 | 0.44 | 0.33 |

8.5.6 正向不规则波作用下,高桩码头面板底部波浪最大冲击压强及其对应的纵向单位长度上的冲击总力可按下列公式计算:

$$\frac{p_{1\%}}{\gamma H_{1\%}} = 4.5 \left(1 - \frac{\Delta h}{\eta_{1\%}} \right)^{0.3} e^{-0.9 \left(\frac{\Delta h}{\eta_{1\%}} - 0.75 \right)^2} \quad (8.5.6-1)$$

$$\eta_{1\%} = \frac{H_{1\%}}{2} + \frac{\pi H_{1\%}^2}{2L_s} \frac{\left(\operatorname{ch} \frac{2\pi d}{L_s} \right) \left(\operatorname{ch} \frac{4\pi d}{L_s} + 2 \right)}{4 \left(\operatorname{sh} \frac{2\pi d}{L_s} \right)^3} \quad (8.5.6-2)$$

$$x_{1\%} = \frac{L_s}{\pi} \arccos \frac{\Delta h}{\eta_{1\%}} \quad (8.5.6-3)$$

$$L_s = \frac{gT_s^2}{2\pi} \operatorname{th} \frac{2\pi d}{L_s} \quad (8.5.6-4)$$

$$p_F = K_F p_{1\%} \quad (8.5.6-5)$$

$$P_F = p_F x_0 \quad (8.5.6-6)$$

$$x_0 = \frac{x_{1\%}}{10} \quad (8.5.6-7)$$

式中 $p_{1\%}$ ——累积频率为 1% 波高作用下面板底部最大冲击压强(kPa);

γ ——水的重度(kN/m³);

$H_{1\%}$ ——累积频率为 1% 的入射波波高(m);

Δh ——面板底部在静水面以上的高度(m);

$\eta_{1\%}$ —— $H_{1\%}$ 波高对应的波峰在静水面以上的高度(m);

L_s ——有效波波长(m);

d ——码头前沿水深(m);

$x_{1\%}$ ——面板底部的波浪作用宽度(m);

g ——重力加速度(m/s²);

T_s ——有效波周期(s);

p_F ——累积频率为 $F\%$ 波高作用下面板底部最大冲击压强(kPa);

K_F ——高桩码头面板底部不同累积频率 F 的冲击压强换算系数,按表 8.5.6 确定;

P_F ——累积频率为 $F\%$ 波高作用下面板底部纵向单位长度上的冲击总力(kN/m);

x_0 ——冲击压强分布宽度(m), $x_0 > B$ 时取为 B , B 为沿波浪传播方向的面板宽度(m)。

高桩码头面板底部不同累积频率 F 的波浪冲击压强换算系数 表 8.5.6

| $F(\%)$ | 1 | 2 | 4 | 5 | 10 | 13 | 30 | 50 |
|---------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| K_F | 1.0 | 0.87 | 0.72 | 0.68 | 0.53 | 0.47 | 0.30 | 0.19 |

8.5.7 面板底部超高与波峰面最大高度之比 $\frac{\Delta h}{\eta} > 0.8$ 时,应分别考虑作用在码头面板、纵横梁、桩帽和靠船构件等构件上的波浪浮托力,必要时应通过物理模型试验确定。

8.5.8 波浪沿码头正向作用时,可不考虑桩基对波浪浮托力的影响。

9 海 流

9.1 一 般 规 定

9.1.1 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 近岸海流分析应以潮流和风海流为主,必要时还应考虑由于波浪破碎产生的沿岸流和离岸流等。河口区的水流分析应以潮流和径流为主。

9.1.3 海流特征值应根据现场实测资料经分析后确定。实测资料不足时,风海流分量可按附录 M 估算。建筑物建成后的海流状况,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

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。

9.2.3 海流观测工作可根据工程的要求主要选用下列观测方法:

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

9.2.4 近岸海区,海流观测宜在风浪较小的条件下进行。采用短期资料进行准调和和分析时,海流连续观测次数不宜少于三次,分别在大、中、小潮日期进行。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。每次海流观测的连续时间不应少于 25h。采用长期资料进行调和和分析时,海流连续观测天数不宜少于 15d;分析风海流或波流等其他类型的海流时,应在不同季节和不同气象条件下进行观测;分析河口区的径流影响时,应在洪水期和枯水期分别进行观测。

9.3 海流特征值计算

9.3.1 潮流比较显著的近岸海区,进行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,应进行下列相应的分析:

- (1) 用实测海流资料绘制海流图, 确定有关特征值;
- (2) 用断面测点实测海流资料计算断面流量;
- (3) 用大面流路资料绘制测区流路图。

9.3.1.2 潮差、潮流相关性较好的半日潮流海区, 海流观测资料可采用潮汐—潮流比较法进行分析。

9.3.1.3 短期海流观测资料可采用准调和分析方法进行分析; 长期海流观测资料可采用调和分析方法进行分析。

9.3.2 河口区水流观测资料的分析, 可采用下列方法:

- (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, 采用调和或准调和分析方法进行整理分析。

9.3.3 潮流按以下判别标准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:

$$\begin{aligned} \frac{W_{O_1} + W_{K_1}}{W_{M_2}} &\leq 0.5 && \text{规则半日潮流} \\ 0.5 < \frac{W_{O_1} + W_{K_1}}{W_{M_2}} &\leq 2.0 && \text{不规则半日潮流} \\ 2.0 < \frac{W_{O_1} + W_{K_1}}{W_{M_2}} &\leq 4.0 && \text{不规则全日潮流} \\ 4.0 < \frac{W_{O_1} + W_{K_1}}{W_{M_2}} &&& \text{规则全日潮流} \end{aligned}$$

式中 W_{O_1} ——主太阴日分潮流的椭圆长半轴长度 (cm/s);

W_{K_1} ——太阴太阳赤纬日分潮流的椭圆长半轴长度 (cm/s);

W_{M_2} ——主太阴半日分潮流的椭圆长半轴长度 (cm/s)。

9.3.4 大、中、小潮期间的潮流平均最大流速可按下列方法确定。

9.3.4.1 根据潮汐—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按下列公式计算:

$$\vec{V}_{Ms} = \frac{R_{Ms}}{R_d} \vec{V}_d \quad (9.3.4-1)$$

$$\vec{V}_{Mm} = \frac{R_{Mm}}{R_d} \vec{V}_d \quad (9.3.4-2)$$

$$\vec{V}_{Mn} = \frac{R_{Mn}}{R_d} \vec{V}_d \quad (9.3.4-3)$$

式中 \vec{V}_{Ms} ——大潮日期的潮流平均最大流速矢量 (流速: cm/s, 流向: °);

R_{Ms} ——大潮日期的平均潮差 (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: °);

\vec{V}_{Mm} ——中潮日期的潮流平均最大流速矢量(流速:cm/s,流向:°);

R_{Mm} ——中潮日期的平均潮差(m);

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

R_{Mn} ——小潮日期的平均潮差(m)。

9.3.4.2 根据调和分析或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:

半日潮流海区

$$\vec{V}_{Ms} = \vec{W}_{M_2} + \vec{W}_{S_2} \quad (9.3.4-4)$$

$$\vec{V}_{Mm} = \vec{W}_{M_2} \quad (9.3.4-5)$$

$$\vec{V}_{Mn} = \vec{W}_{M_2} - \vec{W}_{S_2} \quad (9.3.4-6)$$

全日潮流海区

$$\vec{V}_{Ms} = \vec{W}_{K_1} + \vec{W}_{O_1} \quad (9.3.4-7)$$

$$\vec{V}_{Mm} = \text{Max}(\vec{W}_{K_1}, \vec{W}_{O_1}) \quad (9.3.4-8)$$

$$\vec{V}_{Mn} = \vec{W}_{K_1} - \vec{W}_{O_1} \quad (9.3.4-9)$$

式中 \vec{V}_{Ms} ——大潮日期的潮流平均最大流速矢量(流速:cm/s,流向:°);

\vec{W}_{M_2} ——主太阴半日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°);

\vec{W}_{S_2} ——主太阳半日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°);

\vec{V}_{Mm} ——中潮日期的潮流平均最大流速矢量(流速:cm/s,流向:°);

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

\vec{W}_{K_1} ——太阴太阳赤纬日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°);

\vec{W}_{O_1} ——主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°)。

9.3.4.3 大、中、小潮期间的潮流平均最大流速矢量可近似采用对应的实测最大值。

9.3.5 潮流和风海流为主的近岸海区,海流可能最大流速可取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规定计算。

9.3.5.1 对规则半日潮流海区可按下列式计算:

$$\vec{V}_{\max} = 1.295 \vec{W}_{M_2} + 1.245 \vec{W}_{S_2} + \vec{W}_{K_1} + \vec{W}_{O_1} + \vec{W}_{M_4} + \vec{W}_{MS_4} \quad (9.3.5-1)$$

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

\vec{W}_{M_2} ——主太阴半日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°);

\vec{W}_{S_2} ——主太阳半日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°);

\vec{W}_{K_1} ——太阴太阳赤纬日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°);

\vec{W}_{O_1} ——主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°);

\vec{W}_{M_4} ——太阴四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°);

\vec{W}_{MS_4} ——太阴—太阳四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°)。

9.3.5.2 对规则全日潮流海区可按式计算:

$$\vec{V}_{\max} = \vec{W}_{M_2} + \vec{W}_{S_2} + 1.600\vec{W}_{K_1} + 1.450\vec{W}_{O_1} \quad (9.3.5-2)$$

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

\vec{W}_{M_2} ——主太阴半日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°);

\vec{W}_{S_2} ——主太阳半日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°);

\vec{W}_{K_1} ——太阴太阳赤纬日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°);

\vec{W}_{O_1} ——主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°)。

9.3.5.3 不规则半日潮流海区和不规则全日潮流海区,应采用式(9.3.5-1)和式(9.3.5-2)中的大值。

9.3.6 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。

9.3.6.1 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 $\Delta\vec{L}_i$ 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, $\Delta\vec{L}_i$ 可按式计算:

$$\Delta\vec{L}_i = \vec{V}_i \Delta t \times 10^{-2} \quad (9.3.6-1)$$

式中 $\Delta\vec{L}_i$ ——流速为 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)。

9.3.6.2 由潮汐—潮流比较法分析的结果,可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,大、中、小潮期间的潮流水质点平均最大运移距离矢量可按下列公式计算:

$$\vec{L}_{Ms} = \frac{R_{Ms}}{R_d} \vec{L}_d \quad (9.3.6-2)$$

$$\vec{L}_{Mm} = \frac{R_{Mm}}{R_d} \vec{L}_d \quad (9.3.6-3)$$

$$\vec{L}_{Mn} = \frac{R_{Mn}}{R_d} \vec{L}_d \quad (9.3.6-4)$$

式中 \vec{L}_{Ms} ——大潮日期的潮流水质点平均最大运移距离矢量(距离:m,方向:°);

R_{Ms} ——大潮日期的平均潮差(m);

R_d ——观测日期的潮差(m);

\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:°);

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

R_{Mm} ——中潮日期的平均潮差(m);

\vec{L}_{Mn} ——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:°);

R_{Mn} ——小潮日期的平均潮差(m)。

9.3.6.3 按调和分析或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可按下列公式计算:

半日潮流海区

$$\vec{L}_{Ms} = 142.3 \vec{W}_{M_2} + 137.5 \vec{W}_{S_2} \quad (9.3.6-5)$$

$$\vec{L}_{Mm} = 142.3 \vec{W}_{M_2} \quad (9.3.6-6)$$

$$\vec{L}_{Mn} = 142.3 \vec{W}_{M_2} - 137.5 \vec{W}_{S_2} \quad (9.3.6-7)$$

全日潮流海区

$$\vec{L}_{Ms} = 274.3 \vec{W}_{K_1} + 295.9 \vec{W}_{O_1} \quad (9.3.6-8)$$

$$\vec{L}_{Mm} = \text{Max}(274.3 \vec{W}_{K_1}, 295.9 \vec{W}_{O_1}) \quad (9.3.6-9)$$

$$\vec{L}_{Mn} = 274.3 \vec{W}_{K_1} - 295.9 \vec{W}_{O_1} \quad (9.3.6-10)$$

式中 \vec{L}_{Ms} ——大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{W}_{M_2} ——主太阴半日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°);

\vec{W}_{S_2} ——主太阳半日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°);

\vec{L}_{Mm} ——中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}_{Mn} ——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{W}_{K_1} ——太阴太阳赤纬日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°);

\vec{W}_{O_1} ——主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°)。

9.3.7 潮流水质点的可能最大运移距离可按下述方法计算:

(1) 规则半日潮流海区按下式计算:

$$\vec{L}_{\max} = 184.3 \vec{W}_{M_2} + 171.2 \vec{W}_{S_2} + 274.3 \vec{W}_{K_1} + 295.9 \vec{W}_{O_1} + 71.2 \vec{W}_{M_4} + 69.9 \vec{W}_{MS_4} \quad (9.3.7-1)$$

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

\vec{W}_{M_2} ——主太阴半日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°);

\vec{W}_{S_2} ——主太阳半日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°);

\vec{W}_{K_1} ——太阴太阳赤纬日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°);

\vec{W}_{O_1} ——主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°);

\vec{W}_{M_4} ——太阴四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°);

\vec{W}_{MS_4} ——太阴—太阳四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°)。

(2) 规则全日潮流海区按下式计算:

$$\vec{L}_{\max} = 142.3 \vec{W}_{M_2} + 137.5 \vec{W}_{S_2} + 438.9 \vec{W}_{K_1} + 429.1 \vec{W}_{O_1} \quad (9.3.7-2)$$

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

\vec{W}_{M_2} ——主太阴半日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°);

\vec{W}_{S_2} ——主太阳半日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°);

\vec{W}_{K_1} ——太阴太阳赤纬日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°);

\vec{W}_{O_1} ——主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速:cm/s,流向:°)。

(3) 不规则半日潮流海区和不规则全日潮流海区,采用式(9.3.7-1)和式(9.3.7-2)中计算的大值。

10 泥 沙

10.1 一 般 规 定

10.1.1 按照海岸带的海床物质组成和泥沙运动的一般规律,海岸可划分为沙质海岸、粉沙质海岸和淤泥质海岸三种基本类型。三种海岸类型基本特征的划分宜满足表 10.1.1 的要求。

三种海岸类型基本特征 表 10.1.1

| 基本特征 | 海 岸 类 型 | | |
|------------------|---|--|---|
| | 沙质海岸 | 粉沙质海岸 | 淤泥质海岸 |
| 沉积物中值粒径 D_{50} | $D_{50} > 0.10\text{mm}$ | $0.10\text{mm} \geq D_{50} \geq 0.03\text{mm}$ | $D_{50} < 0.03\text{mm}$ |
| 沉积物中的粘土含量% | — | <25% | $\geq 25\%$ |
| 泥沙运动特征 | 颗粒间无粘着力,呈分散状态;波浪是泥沙运动的主要动力,泥沙运动主要发生在破波带以内,以悬移质和推移质形式运动 | 在水中颗粒间有一定粘着力,干燥后粘着力消失,呈分散状态;在强波浪动力作用下,泥沙运动以悬移质、底部高浓度含沙层和推移质形式运动。在较强动力作用下开挖的航槽易产生骤淤现象 | 泥沙颗粒间存在较强粘着力,在盐水中絮凝现象明显,泥沙运动主要以悬移质形式运动;开挖后的航槽淤积物固结缓慢,有时出现浮泥现象 |
| 海岸特征 | 在高潮线附近,泥沙颗粒较粗,海底坡度陡,通常大于1/100;从高潮线到低潮线,泥沙颗粒逐渐变细,海底坡面变缓;在波浪破碎带附近常出现一条或几条平行于海岸的沙坝 | 海底坡度较平缓,通常小于1/400,水下地形无明显起伏现象 | 海底坡度平缓,通常小于1/1000,水下地形无明显起伏现象 |

- 10.1.2 海岸的泥沙来源应考虑河流来沙、当地海岸侵蚀来沙、海向来沙和邻近海域滩面来沙。
- 10.1.3 沙质海岸的泥沙运动应主要考虑破波带以内悬移和推移两种运动形式;淤泥质海岸的泥沙运动应主要考虑悬移运动形式;粉沙质海岸的泥沙运动应主要考虑悬移和推移两种运动形式,在波浪和潮流强动力作用下,宜考虑底部高浓度含沙水体层的运移现象。泥沙的运动方向应考虑与海岸线垂直的横向运动和平行海岸线的纵向运动。
- 10.1.4 海岸泥沙运动的动力应考虑波浪、海流以及由局部地形造成的副流。有河流入

海的海岸,应考虑径流对海岸泥沙运动的作用。

10.1.5 进行海岸泥沙运动调查与分析时,对搜集和调查的资料应分析其可靠性及其对该工程海域的代表性和时效性,必要时应进行补充或重新测量。

10.1.6 港口选址、航道选线和海工建筑物的布置应充分考虑港口工程与海床及海区泥沙运动的相互影响,避免港口严重淤积或冲刷、海岸或河口的剧烈演变。

10.1.7 港口、航道工程泥沙冲淤的预测应在充分了解工程海区自然条件、泥沙来源、运移方式与途径、沉积物水动力特性以及沉积环境等基础上,根据工程建设规模 and 不同阶段,宜采用数值模拟、物理模型试验进行预测。对基本掌握泥沙运动规律的海区和项目的初期论证阶段也可采用经验公式估算。

10.1.8 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他因素全面考虑执行。

10.2 海岸泥沙运动调查与分析

10.2.1 港口工程建设或扩建时,应对工程海域的气象、水文、泥沙、水深、地质、地形和地貌等进行调查与分析,掌握工程水域海床长期演变趋势和泥沙运动规律。调查的具体内容、方法、范围、深度应根据工程的性质、规模及不同设计阶段的要求确定。

10.2.2 气象资料搜集、调查与分析应符合下列规定。

10.2.2.1 气象资料搜集和调查的主要内容应包括风速、风向。

10.2.2.2 气象资料应搜集具有工程海域代表性的气象站的长期观测资料,统计分析其气象特征值。海区无气象资料时,宜建立短期气象站,至少观测一年的气象资料,并通过与相邻海区长期资料的相关分析,推算工程海区的气象特征值。

10.2.2.3 气象资料宜重点调查和搜集海区的台风、寒潮等大风资料。粉沙质海岸无长期波浪观测资料时,尚宜调查和搜集海区长年的台风、寒潮等大风过程的风速、风向资料,重点分析产生工程海域泥沙剧烈运动的风况条件。

10.2.3 水文泥沙资料的搜集、调查与分析应符合下列规定。

10.2.3.1 水文泥沙资料搜集和调查的内容应包括潮汐、波浪、海流、含沙量、盐度和相关入海河流的水位、流量、含沙量、径流量、输沙量等资料。冰情严重的海区,还应包括冰凌。

10.2.3.2 潮位、海流和含沙量搜集和调查宜包括工程海域不同季节的大、中、小潮型同步观测资料;有径流影响的海区,宜包括河口及其附近海域洪季和枯季的大、中、小潮型潮位、海流、含沙量和盐度同步观测资料。测站的数量和布设应视海域状况和工程区域拟解决的泥沙问题而定,并满足相关标准的要求。

10.2.3.3 水文资料应搜集具有工程海域代表性的长期潮位、波浪观测资料,统计分析其潮位、波浪特征值。海区无潮位、波浪资料时,宜建立短期观测站,至少观测一年的潮位、波浪资料,并通过与相邻海区长期资料的相关分析,推算工程海区的潮位、波浪特征值。

10.2.3.4 水文泥沙资料应重点搜集台风、寒潮期间大风过程中的波浪观测资料 and 同

时段相对应的潮位、海流、含沙量以及港口航道淤积等资料。

10.2.4 海底表层沉积物的搜集、调查与分析应符合下列规定。

10.2.4.1 表层沉积物资料宜搜集和调查工程海域已有的海底沉积物泥沙粒径等底质特征资料。

10.2.4.2 表层沉积物取样应按夏、冬季或洪、枯季在工程及其邻近海域内进行,并测定样品的颗粒级配组成,绘制沉积物中值粒径、粘土含量和分选性分布图。必要时应对沉积物样品进行重矿物分析,了解泥沙的来源和运移途径。

10.2.4.3 拦门沙、水下沙坝等有代表性的地貌部位宜适量钻取柱状土样,分析层理结构和沉积相,判断沉积物的来源、沉积年代、沉积环境和沉积过程。粘性柱状土样可利用 P_b^{210} 等测试技术,判断表层土的沉积速率。

10.2.4.4 必要时可采用示踪沙或中子活化示踪技术,调查底质运移扩散的状况,判断泥沙的主要运移方向。

10.2.5 海岸地形与海域水深资料的搜集、调查与分析应符合下列规定。

10.2.5.1 水深资料应搜集工程海域不同年代、时期的水深测图或海图,按统一坐标系和基准面进行整理,并分析其地形变化。

10.2.5.2 当工程海域缺乏近期水深图时,应进行海域的水深测量。测量范围向海宜测至较大波浪对海床有明显扰动的水深处,向岸宜测至高潮线或风成沙丘带,左右两侧宜测至距工程区外约 5km;在沿岸输沙较大的海岸,左右两侧测图范围应进一步扩大。测图比尺宜采用 1:10000;测区较大、地形变化平缓时,测图比尺可采用 1:25000;工程区水域测图比尺宜采用 1:5000。在工程区及地形变化较快的海区,宜布设垂直岸线的固定断面进行监测并分析其变化。

10.2.6 海岸动力地貌调查与分析应符合下列规定。

10.2.6.1 海湾、海滩、泻湖、水下沙坝、沿岸沙堤、潮汐通道、河口湾及河口沙嘴、海蚀崖等与海岸泥沙运动有关的地貌类型应实测其形态和沉积结构,按其平面分布绘入地形图中,其比例可采用 1:25000 ~ 1:50000。

10.2.6.2 海岸动力地貌图应根据沉积物和动力因素调查资料绘制,并在图上标明岩性分布,海岸段的侵蚀、堆积和平衡状态,各种地貌形态的分布及组合情况,近岸海流及余流的方向,近岸泥沙输移和净输沙方向等。

10.2.7 其他资料的搜集、调查与分析应符合下列规定。

10.2.7.1 资料宜包括海区遥感图片,通过实测资料的解译和标定,分析海区表层悬浮泥沙的分布及其运移趋势。遥感图片的搜集范围宜包括不同年份、不同季节、不同潮型和不同时段,特别是大风情况下的遥感图片。卫星遥感图像的搜集应与该工程海域的水文状况相联系。

10.2.7.2 资料宜包括临近海域和港口的天文、泥沙和港口淤积资料,通过类比法分析判断工程区域泥沙运动和港口的冲淤情况。

10.2.8 泥沙输移分析和拟建港口航道泥沙淤积预测,应符合下列规定。

10.2.8.1 判断泥沙来源和估算沿岸输沙量可按下列方法进行:

(1)分析新老水深图和海图的海岸线及沿岸地形演变,已建工程周边的地形变化、冲淤形态与冲淤速率,进港航道淤积情况,判断海岸冲淤趋势,沿岸输沙方向和输沙量的大小;

(2)分析河口及泻湖—沙坝—潮汐通道体系的地貌特征、滩槽演变,判断沿岸输沙方向和冲淤趋势;

(3)分析海岸侵蚀或堆积的规模、形态特征、沿岸组成物质的粒径变化和重矿物分布等,判断泥沙来源和运移方向;

(4)根据水文测验结果,估算沿岸净输沙方向与数量;

(5)根据示踪沙测验结果,判断泥沙的主要运移方向与运移速度;

(6)根据波浪观测资料采用附录 N 中的公式或其他方法,估算沙质海岸的输沙量和输沙方向。

10.2.8.2 淤泥质海岸和粉沙质海岸港池、航道淤积的预测可采用数值模拟、物理模型试验和经验公式估算。经验公式估算可分别采用附录 P 和附录 Q 中的公式或其他方法。

10.2.8.3 沙质海岸上修建突堤式或离岸式建筑物引起岸滩演变的预测,可采用数值模拟、物理模型试验和经验公式估算。经验公式估算可采用附录 R 的公式或其他方法。

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 海港港址宜选在岸线基本稳定、泥沙来源少、深水线离岸近的地段。根据不同的地貌特征,从减少泥沙淤积的角度考虑,港址的选择应符合下列规定。

10.3.1.1 港址不宜选择在有泥沙流交汇的地段。

10.3.1.2 对于泥沙运动较强的一般海湾,港址宜选在靠近湾口岬角地段,不宜选在海湾的湾顶部位;对于泥沙运动较强的狭长海湾,港址宜选在海湾断面束窄段和靠近深泓的地段。

10.3.1.3 有岛屿掩护的海岸或岛群海域,港址宜选在波浪作用较弱、海流动力强、水流平顺和水深较好的地段。

10.3.1.4 邻近有河流输沙入海的海岸,港址宜选在入海泥沙扩散范围较小的一侧。

10.3.1.5 河口港港址宜选在稳定的微弯曲河道凹岸或过水断面较窄、流态平顺的顺直河段,不宜在河道的凸岸和未经整治的拦门沙河段建港。港址选择在上游有大量来沙的河口时,可采用导堤将泥沙流和港口水域分隔。

10.3.1.6 河口分汊河道上建港时,港址宜选在水动力较强、水深相对较深、处于相对稳定或发展阶段的汊道河段内。浅滩呈周期性强烈移动的河段不宜建港。

10.3.1.7 含沙量大的潮汐水道上建港时,不宜采用挖入式港池和突堤式实体码头,宜采用顺岸式布置。

10.3.2 泥沙运动较活跃的海岸或河口建港时,宜设置兼有防浪、挡沙、导流作用的防波堤或挡沙堤。按照防淤的要求,防波堤或挡沙堤的布置原则应符合下列规定。

10.3.2.1 淤泥质海岸港口、粉沙质海岸港口及两个方向均有较强泥沙运动的沙质海岸港口,宜配置双突堤,其布置宜满足下列要求:

(1) 淤泥质海岸港口的双突堤圈围足够水域后,逐渐缩窄两堤间的宽度或以大致平行的布置形式将两堤向深水区延伸,突堤采用出水堤形式,堤顶高程通过试验确定;

(2) 沙质海岸港口的双突堤布置成环抱型,突堤采用出水堤和潜堤结合的形式,堤顶高程通过试验确定;

(3) 粉沙质海岸港口近岸环抱式双堤的布置形式与淤泥质海岸相同,突堤采用出水堤和潜堤结合的方式,堤顶高程通过试验确定;离岸式双堤环抱的港口,当海区沿岸流或沿堤流较强时,与岸连接的引堤采用栈桥或透空式结构形式;

(4) 淤泥质、沙质海岸港口两突堤的堤头位置布置在常见较大波浪的破碎带以外海区;粉沙质海岸港口两突堤的堤头位置布置在较大波浪的破碎带以外海区,并且堤头位置要超出强泥沙活动带一定距离;

(5) 突堤口门处含沙量较高的港口,双堤环抱的港区水域面积在满足使用要求和考虑远景发展的前提下尽量缩小,减少港内淤积;双突堤的布置形式需避免或减弱堤头口门处航道及港区的横流和环流。

10.3.2.2 只有一个方向有较强泥沙来源的沙质海岸港,可在沙源来向的一侧布置单突堤,单突堤的根部大致与岸线垂直,由岸伸出一定距离后折向港区一侧,突堤应伸至较大波浪的破碎带以外。

10.3.2.3 淤泥质海岸建岛式防波堤时,应避免港区泥沙淤积,堤与岸之间应有较强海流通过;沙质海岸建岛式防波堤时,当地应无较强的沿岸泥沙运动。岛式防波堤与岸之间应有足够的距离,满足港区水深的要求。

10.3.3 高含沙、强潮流海岸或岛群中建港时,码头岸线和防浪、挡沙导流堤的布置应满足港区水域水流流态平顺、地形基本稳定的要求,并应避免港区水流强度明显减弱,减轻港区淤积。

10.3.4 码头岸线的布置应充分利用自然水深,宜避免在浅滩上开挖深港池;对突堤码头的布置,应注意减少或减弱港池内环流,减轻港内淤积。

10.3.5 进港航道的布置宜顺直,并充分利用天然深槽。航道轴线的布置宜与涨落潮潮流长轴方向和主浪向基本一致;涨落潮潮流方向与主浪向不一致时,航道轴线布置宜与当地泥沙运移的主要方向基本一致。淤泥质和粉沙质海岸港口航道轴线布置应主要考虑涨落潮潮流长轴方向,沙质海岸港口航道轴线布置应主要考虑主浪向。

10.3.6 疏浚废弃物倾倒区应选择在对港口航道影响较小的水域。通常宜选择在水深较大,泥沙不易掀动,泥沙运移主要方向的港口下方水域。

10.3.7 泥沙回淤量较大或局部泥沙回淤强度较大的港口,宜采用整治与疏浚相结合的方法减轻泥沙回淤。整治措施可采用建设防沙导流堤等。防沙堤的布置应符合第 10.3.2 条的规定。

10.3.8 对岸滩滩面平缓、泥沙骤淤严重的粉沙质海岸港口航道,防沙堤长度应根据航道整治的目标、骤淤强度状况和经济等因素综合确定。

10.3.9 河口拦门沙航道的治理可采用整治与疏浚相结合的方法。要求增加水深较小时,可采用疏浚维护;要求增加水深较大时,可建设防沙导流堤等整治建筑物。整治工程

宜采取双导堤布置,单汊河口双堤根部必须与岸相连;多汊河口宜设置分流嘴,保证分汊口的稳定和整治汊必要的分流流量;堤头位置宜超过拦门沙滩顶一定距离,堤头位置、两堤间距和高程宜通过试验确定。

10.3.10 确定整治方案时,应全面搜集工程海域的水文、泥沙和河床演变资料,对港口航道的水动力状况、回淤量分布和泥沙淤积原因等进行分析论证,并通过数值模拟、物理模型试验等方法进行方案比选。对复杂的工程,治理工程措施实施的过程中,应加强现场观测;对特别重要和复杂的工程,应布设水文观测站网,进行长期观测,并依托数值模拟或物理模型试验对工程建设实施动态研究。

附录 A 设计水位的近似计算方法

A.0.1 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和设计低水位。

A.0.2 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 ——设计高水位或设计低水位(m),设计高水位用“+”,设计低水位用“-”;

A_N ——年平均海平面(m);

R ——一个月以上短期验潮资料中的平均潮差(m),对北方港口不应用冬季潮差;

K ——常数,可采用0.4m;

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 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 h_s ——设计高水位或设计低水位(m),设计高水位用“+”,设计低水位用“-”;

A_N ——按当地验潮零点起算的年平均海平面(m);

R ——半日潮港和不规则半日潮港用平均大潮升(m),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);

K ——常数(m),设计高水位时可采用0.45m,设计低水位时可采用0.4m。

附录 B 极值 I 型分布律的 λ_{P_n} 表极值 I 型分布律的 λ_{P_n} 表

表 B.0.1

| 年数 n | 频 率 $P(\%)$ | | | | | | | |
|-----------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 1 | 2 | 4 | 5 | 10 |
| 8 | 7.103 | 6.336 | 5.321 | 4.551 | 3.779 | 3.001 | 2.749 | 1.953 |
| 9 | 6.909 | 6.162 | 5.174 | 4.425 | 3.673 | 2.916 | 2.670 | 1.895 |
| 10 | 6.752 | 6.021 | 5.055 | 4.322 | 3.587 | 2.847 | 2.606 | 1.848 |
| 11 | 6.622 | 5.905 | 4.957 | 4.238 | 3.516 | 2.789 | 2.553 | 1.809 |
| 12 | 6.513 | 5.807 | 4.874 | 4.166 | 3.456 | 2.741 | 2.509 | 1.777 |
| 13 | 6.418 | 5.723 | 4.802 | 4.105 | 3.404 | 2.699 | 2.470 | 1.748 |
| 14 | 6.337 | 5.650 | 4.741 | 4.052 | 3.360 | 2.663 | 2.437 | 1.724 |
| 15 | 6.266 | 5.586 | 4.687 | 4.005 | 3.321 | 2.632 | 2.408 | 1.703 |
| 16 | 6.196 | 5.523 | 4.634 | 3.959 | 3.283 | 2.601 | 2.379 | 1.682 |
| 17 | 6.137 | 5.471 | 4.589 | 3.921 | 3.250 | 2.575 | 2.355 | 1.664 |
| 18 | 6.087 | 5.426 | 4.551 | 3.888 | 3.223 | 2.552 | 2.335 | 1.649 |
| 19 | 6.043 | 5.387 | 4.518 | 3.860 | 3.199 | 2.533 | 2.317 | 1.636 |
| 20 | 6.006 | 5.354 | 4.490 | 3.836 | 3.179 | 2.517 | 2.302 | 1.625 |
| 22 | 5.933 | 5.288 | 4.435 | 3.788 | 3.138 | 2.484 | 2.272 | 1.603 |
| 24 | 5.870 | 5.232 | 4.387 | 3.747 | 3.104 | 2.457 | 2.246 | 1.584 |
| 26 | 5.816 | 5.183 | 4.346 | 3.711 | 3.074 | 2.433 | 2.224 | 1.568 |
| 28 | 5.769 | 5.141 | 4.310 | 3.681 | 3.048 | 2.412 | 2.205 | 1.553 |
| 30 | 5.727 | 5.104 | 4.279 | 3.653 | 3.026 | 2.393 | 2.188 | 1.541 |
| 35 | 5.642 | 5.027 | 4.214 | 3.598 | 2.979 | 2.356 | 2.153 | 1.515 |
| 40 | 5.576 | 4.968 | 4.164 | 3.554 | 2.942 | 2.326 | 2.126 | 1.495 |
| 45 | 5.522 | 4.920 | 4.123 | 3.519 | 2.913 | 2.303 | 2.104 | 1.479 |
| 50 | 5.479 | 4.881 | 4.090 | 3.491 | 2.889 | 2.283 | 2.086 | 1.466 |
| 60 | 5.410 | 4.820 | 4.038 | 3.446 | 2.852 | 2.253 | 2.059 | 1.446 |
| 70 | 5.359 | 4.774 | 4.000 | 3.413 | 2.824 | 2.230 | 2.038 | 1.430 |
| 80 | 5.319 | 4.738 | 3.970 | 3.387 | 2.802 | 2.213 | 2.022 | 1.419 |
| 90 | 5.287 | 4.709 | 3.945 | 3.366 | 2.784 | 2.199 | 2.008 | 1.409 |
| 100 | 5.261 | 4.686 | 3.925 | 3.349 | 2.770 | 2.187 | 1.998 | 1.401 |
| 200 | 5.130 | 4.568 | 3.826 | 3.263 | 2.698 | 2.129 | 1.944 | 1.362 |
| 500 | 5.032 | 4.481 | 3.752 | 3.200 | 2.645 | 2.086 | 1.905 | 1.333 |
| 1000 | 4.992 | 4.445 | 3.722 | 3.174 | 2.623 | 2.069 | 1.889 | 1.321 |
| ∞ | 4.936 | 4.395 | 3.679 | 3.137 | 2.592 | 2.044 | 1.886 | 1.305 |

续表 B.0.1

| 年数 n | 频 率 $P(\%)$ | | | | | | | |
|-----------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 25 | 50 | 75 | 90 | 95 | 97 | 99 | 99.9 |
| 8 | 0.842 | -0.130 | -0.897 | -1.458 | -1.749 | -1.923 | -2.224 | -2.673 |
| 9 | 0.814 | -0.133 | -0.879 | -1.426 | -1.709 | -1.879 | -2.172 | -2.609 |
| 10 | 0.790 | -0.136 | -0.865 | -1.400 | -1.677 | -1.843 | -2.129 | -2.556 |
| 11 | 0.771 | -0.138 | -0.854 | -1.378 | -1.650 | -1.813 | -2.095 | -2.514 |
| 12 | 0.755 | -0.139 | -0.844 | -1.360 | -1.628 | -1.788 | -2.065 | -2.478 |
| 13 | 0.741 | -0.141 | -0.836 | -1.345 | -1.609 | -1.769 | -2.040 | -2.447 |
| 14 | 0.729 | -0.142 | -0.829 | -1.331 | -1.592 | -1.748 | -2.018 | -2.420 |
| 15 | 0.718 | -0.143 | -0.823 | -1.320 | -1.578 | -1.732 | -1.999 | -2.396 |
| 16 | 0.708 | -0.145 | -0.817 | -1.308 | -1.564 | -1.716 | -1.980 | -2.373 |
| 17 | 0.699 | -0.146 | -0.811 | -1.299 | -1.552 | -1.703 | -1.965 | -2.354 |
| 18 | 0.692 | -0.146 | -0.807 | -1.291 | -1.541 | -1.691 | -1.951 | -2.338 |
| 19 | 0.685 | -0.147 | -0.803 | -1.283 | -1.532 | -1.681 | -1.939 | -2.323 |
| 20 | 0.680 | -0.148 | -0.800 | -1.277 | -1.525 | -1.673 | -1.930 | -2.311 |
| 22 | 0.669 | -0.149 | -0.794 | -1.265 | -1.510 | -1.657 | -1.910 | -2.287 |
| 24 | 0.659 | -0.150 | -0.788 | -1.255 | -1.497 | -1.642 | -1.893 | -2.266 |
| 26 | 0.651 | -0.151 | -0.783 | -1.246 | -1.486 | -1.630 | -1.879 | -2.249 |
| 28 | 0.644 | -0.152 | -0.779 | -1.239 | -1.477 | -1.619 | -1.866 | -2.233 |
| 30 | 0.638 | -0.153 | -0.776 | -1.232 | -1.468 | -1.610 | -1.855 | -2.219 |
| 35 | 0.625 | -0.154 | -0.768 | -1.218 | -1.451 | -1.591 | -1.832 | -2.191 |
| 40 | 0.615 | -0.155 | -0.762 | -1.208 | -1.438 | -1.576 | -1.814 | -2.170 |
| 45 | 0.607 | -0.156 | -0.758 | -1.198 | -1.427 | -1.564 | -1.800 | -2.152 |
| 50 | 0.601 | -0.157 | -0.754 | -1.191 | -1.418 | -1.553 | -1.788 | -2.138 |
| 60 | 0.591 | -0.158 | -0.748 | -1.180 | -1.404 | -1.538 | -1.770 | -2.115 |
| 70 | 0.583 | -0.159 | -0.744 | -1.172 | -1.394 | -1.526 | -1.756 | -2.098 |
| 80 | 0.577 | -0.159 | -0.740 | -1.165 | -1.386 | -1.517 | -1.746 | -2.085 |
| 90 | 0.572 | -0.160 | -0.737 | -1.160 | -1.379 | -1.510 | -1.737 | -2.075 |
| 100 | 0.568 | -0.160 | -0.735 | -1.155 | -1.374 | -1.504 | -1.720 | -2.066 |
| 200 | 0.549 | -0.162 | -0.723 | -1.134 | -1.347 | -1.474 | -1.694 | -2.023 |
| 500 | 0.535 | -0.164 | -0.714 | -1.117 | -1.326 | -1.451 | -1.668 | -1.990 |
| 1000 | 0.529 | -0.164 | -0.710 | -1.110 | -1.318 | -1.442 | -1.657 | -1.976 |
| ∞ | 0.520 | -0.164 | -0.705 | -1.110 | -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 有不少于连续 5 年的最高潮位和最低潮位资料的港口,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,应符合第 3.2.4 条中三个条件,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,可按下式计算:

$$h_{JY}=A_{NY}+\frac{R_Y}{R_X}(h_{JX}-A_{NX})$$
 (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);
 A_{NX} 、 A_{NY} ——分别为原有港口和拟建港口的平均海平面(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和年最低潮位的平均值与平均海平面的差值(m)。

- C.0.4 不具备用极值同步差比法进行计算的港口,极端高水位和极端低水位可近似按下式计算:

$$h_j=h_s\pm K$$
 (C.0.4)

式中 h_j 、 h_s ——极端高水位和极端低水位、设计高水位和设计低水位(m),但两者需同时采用高水位或低水位;
 K ——常数(m),可采用与表 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“+”,低水位时用“-”。

常 数 K 值 表 C.0.4

| 站 位 | 水 位 | | 站 位 | 水 位 | |
|------|--------|--------|-----|--------|--------|
| | 高水位(m) | 低水位(m) | | 高水位(m) | 低水位(m) |
| 海洋岛 | 0.8 | 1.4 | 龙口 | 1.6 | 1.5 |
| 大连 | 1.0 | 1.6 | 烟台 | 1.1 | 1.2 |
| 鲅鱼圈* | 1.0 | 1.3 | 乳山口 | 0.9 | 1.3 |
| 营口 | 1.1 | 1.5 | 威海 | 1.1 | 1.1 |
| 葫芦岛 | 1.0 | 1.5 | 青岛 | 1.2 | 1.3 |
| 秦皇岛 | 1.0 | 1.6 | 石臼所 | 1.2 | 1.2 |
| 塘沽 | 1.6 | 1.8 | 连云港 | 1.5 | 1.2 |

续表 C.0.4

| 站 位 | 水 位 | | 站 位 | 水 位 | |
|--------|--------|--------|------|--------|--------|
| | 高水位(m) | 低水位(m) | | 高水位(m) | 低水位(m) |
| 燕尾 | 1.1 | 1.2 | 东山 | 1.0 | 0.9 |
| 吴淞 | 1.6 | 1.0 | 汕头 | 2.3 | 0.7 |
| 高桥* | 1.4 | 1.0 | 汕尾 | 1.3 | 0.7 |
| 中浚 | 1.3 | 1.0 | 赤湾 | 1.1 | 1.0 |
| 大戟山 | 1.0 | 1.1 | 泗盛围* | 1.1 | 0.7 |
| 绿华山 | 1.0 | 0.9 | 黄埔 | 1.0 | 0.7 |
| 金山嘴* | 1.2 | 1.4 | 横门* | 1.3 | 0.6 |
| 滩浒* | 1.5 | 1.4 | 灯笼山 | 1.2 | 0.6 |
| 镇海 | 1.5 | 0.9 | 大万山* | 0.9 | 0.7 |
| 长涂* | 1.1 | 1.0 | 黄冲* | 1.3 | 1.0 |
| 沈家门* | 0.8 | 1.0 | 黄金* | 1.2 | 0.8 |
| 西泽 | 1.2 | 1.1 | 三灶* | 1.1 | 0.8 |
| 海门(浙江) | 1.4 | 0.8 | 闸坡* | 1.2 | 0.8 |
| 大陈* | 0.9 | 1.0 | 湛江 | 2.4 | 0.9 |
| 坎门 | 1.6 | 0.9 | 碓洲* | 1.3 | 0.9 |
| 龙湾(福建) | 1.4 | 0.9 | 秀英 | 1.8 | 0.7 |
| 沙埕* | 1.1 | 1.3 | 清洪* | 1.2 | 0.6 |
| 三沙* | 1.1 | 1.3 | 榆林* | 0.9 | 0.6 |
| 梅花* | 1.0 | 1.1 | 八所 | 0.9 | 0.8 |
| 马尾 | 1.4 | 1.0 | 涠洲* | 1.0 | 1.1 |
| 平潭* | 1.3 | 1.0 | 石头埠* | 1.1 | 1.4 |
| 崇武 | 1.3 | 1.0 | 北海 | 1.1 | 0.9 |
| 厦门 | 1.5 | 1.0 | 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 K_P 值表($C_S = 2C_V$)

表 D.0.1

| C_V $P(\%)$ | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.45 | 0.50 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0.01 | 1.20 | 1.42 | 1.66 | 1.92 | 2.21 | 2.51 | 2.85 | 3.20 | 3.58 | 3.98 |
| 0.1 | 1.16 | 1.34 | 1.53 | 1.73 | 1.95 | 2.19 | 2.44 | 2.70 | 2.98 | 3.27 |
| 0.2 | 1.15 | 1.31 | 1.49 | 1.67 | 1.87 | 2.08 | 2.31 | 2.54 | 2.80 | 3.04 |
| 0.5 | 1.13 | 1.28 | 1.43 | 1.59 | 1.77 | 1.94 | 2.13 | 2.32 | 2.53 | 2.74 |
| 1 | 1.12 | 1.25 | 1.38 | 1.52 | 1.67 | 1.83 | 1.99 | 2.16 | 2.34 | 2.51 |
| 2 | 1.11 | 1.22 | 1.33 | 1.45 | 1.58 | 1.71 | 1.84 | 1.98 | 2.13 | 2.27 |
| 5 | 1.08 | 1.17 | 1.26 | 1.35 | 1.44 | 1.54 | 1.64 | 1.74 | 1.84 | 1.94 |
| 10 | 1.06 | 1.13 | 1.20 | 1.26 | 1.33 | 1.40 | 1.47 | 1.54 | 1.60 | 1.67 |
| 20 | 1.04 | 1.08 | 1.12 | 1.16 | 1.20 | 1.24 | 1.28 | 1.31 | 1.35 | 1.38 |
| 50 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.98 | 0.97 | 0.96 | 0.95 | 0.93 | 0.92 |
| 75 | 0.97 | 0.93 | 0.90 | 0.86 | 0.82 | 0.79 | 0.75 | 0.71 | 0.67 | 0.64 |
| 90 | 0.94 | 0.87 | 0.81 | 0.75 | 0.70 | 0.64 | 0.59 | 0.53 | 0.48 | 0.44 |
| 95 | 0.92 | 0.84 | 0.77 | 0.70 | 0.63 | 0.56 | 0.51 | 0.45 | 0.40 | 0.34 |
| 99 | 0.89 | 0.78 | 0.68 | 0.59 | 0.51 | 0.44 | 0.37 | 0.31 | 0.25 | 0.21 |
| C_V $P(\%)$ | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.95 | 1.00 |
| 0.01 | 4.41 | 4.85 | 5.32 | 5.80 | 6.32 | 6.85 | 7.41 | 7.99 | 8.59 | 9.21 |
| 0.1 | 3.57 | 3.89 | 4.22 | 4.57 | 4.92 | 5.30 | 5.68 | 6.08 | 6.49 | 6.91 |
| 0.2 | 3.32 | 3.59 | 3.89 | 4.19 | 4.52 | 4.82 | 5.17 | 5.50 | 5.86 | 6.22 |
| 0.5 | 2.97 | 3.20 | 3.44 | 3.68 | 3.93 | 4.19 | 4.46 | 4.73 | 5.02 | 5.30 |
| 1 | 2.70 | 2.89 | 3.09 | 3.29 | 3.50 | 3.71 | 3.93 | 4.15 | 4.38 | 4.61 |
| 2 | 2.42 | 2.58 | 2.74 | 2.88 | 3.06 | 3.22 | 3.39 | 3.56 | 3.74 | 3.91 |
| 5 | 2.04 | 2.15 | 2.25 | 2.36 | 2.46 | 2.57 | 2.68 | 2.78 | 2.89 | 3.00 |
| 10 | 1.74 | 1.80 | 1.87 | 1.94 | 2.00 | 2.06 | 2.12 | 2.19 | 2.25 | 2.30 |
| 20 | 1.41 | 1.44 | 1.47 | 1.49 | 1.52 | 1.54 | 1.56 | 1.58 | 1.60 | 1.61 |
| 50 | 0.90 | 0.88 | 0.86 | 0.84 | 0.82 | 0.80 | 0.77 | 0.75 | 0.72 | 0.69 |
| 75 | 0.59 | 0.56 | 0.52 | 0.49 | 0.45 | 0.42 | 0.39 | 0.35 | 0.31 | 0.29 |
| 90 | 0.39 | 0.35 | 0.31 | 0.27 | 0.24 | 0.21 | 0.18 | 0.15 | 0.13 | 0.11 |
| 95 | 0.30 | 0.26 | 0.22 | 0.18 | 0.15 | 0.13 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.05 |
| 99 | 0.17 | 0.13 | 0.10 | 0.08 | 0.06 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |

附录 D 皮尔逊 III 型频率曲线的 K_p 值表

| K_p 值表 ($C_s = 3C_v$) | | | | | | | | | | 表 D.0.2 |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|---------|
| $C_v \backslash P(\%)$ | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.45 | 0.50 |
| 0.01 | 1.20 | 1.44 | 1.71 | 2.01 | 2.35 | 2.72 | 3.12 | 3.57 | 4.04 | 4.54 |
| 0.1 | 1.17 | 1.35 | 1.56 | 1.79 | 2.05 | 2.32 | 2.61 | 2.92 | 3.26 | 3.62 |
| 0.2 | 1.15 | 1.32 | 1.51 | 1.72 | 1.95 | 2.19 | 2.46 | 2.73 | 3.03 | 3.34 |
| 0.5 | 1.14 | 1.29 | 1.45 | 1.63 | 1.82 | 2.02 | 2.24 | 2.46 | 2.70 | 2.96 |
| 1 | 1.12 | 1.25 | 1.40 | 1.55 | 1.72 | 1.89 | 2.07 | 2.26 | 2.46 | 2.67 |
| 2 | 1.11 | 1.22 | 1.34 | 1.47 | 1.61 | 1.75 | 1.90 | 2.05 | 2.21 | 2.37 |
| 5 | 1.08 | 1.17 | 1.26 | 1.36 | 1.46 | 1.56 | 1.66 | 1.76 | 1.87 | 1.98 |
| 10 | 1.07 | 1.13 | 1.20 | 1.27 | 1.33 | 1.40 | 1.47 | 1.54 | 1.60 | 1.67 |
| 20 | 1.04 | 1.08 | 1.12 | 1.16 | 1.20 | 1.23 | 1.26 | 1.29 | 1.32 | 1.35 |
| 50 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.98 | 0.97 | 0.96 | 0.94 | 0.92 | 0.90 | 0.88 |
| 75 | 0.97 | 0.93 | 0.89 | 0.86 | 0.82 | 0.78 | 0.74 | 0.71 | 0.67 | 0.63 |
| 90 | 0.94 | 0.88 | 0.82 | 0.76 | 0.71 | 0.66 | 0.61 | 0.57 | 0.53 | 0.49 |
| 95 | 0.92 | 0.84 | 0.77 | 0.71 | 0.65 | 0.59 | 0.55 | 0.50 | 0.47 | 0.43 |
| 99 | 0.89 | 0.79 | 0.70 | 0.62 | 0.56 | 0.51 | 0.46 | 0.42 | 0.39 | 0.37 |
| $C_v \backslash P(\%)$ | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.95 | 1.00 |
| 0.01 | 5.09 | 5.66 | 6.26 | 6.90 | 7.57 | 8.27 | 9.00 | 9.75 | 10.54 | 11.35 |
| 0.1 | 3.99 | 4.38 | 4.81 | 5.22 | 5.68 | 6.14 | 6.62 | 7.11 | 7.62 | 8.15 |
| 0.2 | 3.66 | 4.01 | 4.36 | 4.72 | 5.12 | 5.51 | 5.92 | 6.34 | 6.76 | 7.21 |
| 0.5 | 3.21 | 3.49 | 3.77 | 4.06 | 4.36 | 4.67 | 4.98 | 5.31 | 5.62 | 5.96 |
| 1 | 2.88 | 3.10 | 3.33 | 3.56 | 3.80 | 4.04 | 4.29 | 4.54 | 4.79 | 5.05 |
| 2 | 2.54 | 2.71 | 2.88 | 3.06 | 3.24 | 3.42 | 3.60 | 3.78 | 3.96 | 4.15 |
| 5 | 2.08 | 2.19 | 2.29 | 2.40 | 2.50 | 2.61 | 2.71 | 2.81 | 2.91 | 3.00 |
| 10 | 1.73 | 1.79 | 1.85 | 1.91 | 1.96 | 2.01 | 2.06 | 2.10 | 2.14 | 2.18 |
| 20 | 1.37 | 1.39 | 1.40 | 1.41 | 1.42 | 1.43 | 1.43 | 1.43 | 1.43 | 1.42 |
| 50 | 0.86 | 0.83 | 0.80 | 0.78 | 0.76 | 0.72 | 0.69 | 0.66 | 0.63 | 0.60 |
| 75 | 0.60 | 0.57 | 0.53 | 0.51 | 0.48 | 0.46 | 0.44 | 0.42 | 0.40 | 0.39 |
| 90 | 0.46 | 0.43 | 0.41 | 0.39 | 0.38 | 0.37 | 0.36 | 0.35 | 0.34 | 0.34 |
| 95 | 0.41 | 0.39 | 0.37 | 0.36 | 0.35 | 0.35 | 0.34 | 0.34 | 0.34 | 0.34 |
| 99 | 0.36 | 0.35 | 0.34 | 0.34 | 0.34 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.33 |

K_p 值表 ($C_s = 4C_v$)

表 D.0.3

| C_v $P(\%)$ | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.45 | 0.50 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 0.01 | 1.21 | 1.46 | 1.76 | 2.10 | 2.49 | 2.92 | 3.40 | 3.92 | 4.50 | 5.10 |
| 0.1 | 1.17 | 1.37 | 1.59 | 1.85 | 2.13 | 2.44 | 2.78 | 3.15 | 3.54 | 3.95 |
| 0.2 | 1.16 | 1.34 | 1.54 | 1.77 | 2.02 | 2.30 | 2.60 | 2.91 | 3.25 | 3.61 |
| 0.5 | 1.14 | 1.30 | 1.47 | 1.66 | 1.87 | 2.10 | 2.34 | 2.60 | 2.87 | 3.15 |
| 1 | 1.12 | 1.26 | 1.41 | 1.58 | 1.76 | 1.94 | 2.15 | 2.36 | 2.58 | 2.80 |
| 2 | 1.11 | 1.23 | 1.35 | 1.49 | 1.64 | 1.79 | 1.95 | 2.11 | 2.28 | 2.46 |
| 5 | 1.08 | 1.18 | 1.27 | 1.37 | 1.47 | 1.57 | 1.68 | 1.79 | 1.89 | 2.00 |
| 10 | 1.06 | 1.13 | 1.20 | 1.27 | 1.34 | 1.40 | 1.47 | 1.53 | 1.59 | 1.65 |
| 20 | 1.04 | 1.08 | 1.12 | 1.16 | 1.19 | 1.22 | 1.25 | 1.27 | 1.29 | 1.31 |
| 50 | 1.00 | 0.99 | 0.98 | 0.97 | 0.96 | 0.94 | 0.92 | 0.90 | 0.87 | 0.85 |
| 75 | 0.97 | 0.93 | 0.89 | 0.85 | 0.82 | 0.78 | 0.74 | 0.71 | 0.68 | 0.64 |
| 90 | 0.94 | 0.88 | 0.82 | 0.77 | 0.72 | 0.68 | 0.64 | 0.60 | 0.58 | 0.55 |
| 95 | 0.92 | 0.85 | 0.78 | 0.72 | 0.67 | 0.63 | 0.59 | 0.56 | 0.54 | 0.53 |
| 99 | 0.89 | 0.80 | 0.72 | 0.65 | 0.60 | 0.56 | 0.54 | 0.52 | 0.51 | 0.50 |
| C_v $P(\%)$ | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.95 | 1.00 |
| 0.01 | 5.76 | 6.45 | 7.13 | 7.95 | 8.77 | 9.61 | 10.50 | 11.42 | 12.37 | 13.36 |
| 0.1 | 4.39 | 4.86 | 5.34 | 5.83 | 6.36 | 6.91 | 7.47 | 8.06 | 8.64 | 9.25 |
| 0.2 | 3.99 | 4.38 | 4.78 | 5.22 | 5.65 | 6.11 | 6.58 | 7.04 | 7.55 | 8.05 |
| 0.5 | 3.44 | 3.75 | 4.07 | 4.39 | 4.72 | 5.07 | 5.42 | 5.78 | 6.13 | 6.50 |
| 1 | 3.04 | 3.28 | 3.54 | 3.78 | 4.04 | 4.30 | 4.56 | 4.83 | 5.10 | 5.37 |
| 2 | 2.64 | 2.81 | 2.99 | 3.18 | 3.37 | 3.55 | 3.74 | 3.91 | 4.10 | 4.27 |
| 5 | 2.10 | 2.21 | 2.32 | 2.41 | 2.50 | 2.59 | 2.68 | 2.77 | 2.85 | 2.92 |
| 10 | 1.70 | 1.76 | 1.81 | 1.85 | 1.89 | 1.92 | 1.95 | 1.97 | 1.99 | 2.00 |
| 20 | 1.31 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.31 | 1.31 | 1.29 | 1.27 | 1.25 | 1.23 |
| 50 | 0.82 | 0.79 | 0.76 | 0.73 | 0.70 | 0.68 | 0.65 | 0.63 | 0.61 | 0.59 |
| 75 | 0.62 | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.54 | 0.53 | 0.52 | 0.51 | 0.51 | 0.51 |
| 90 | 0.53 | 0.52 | 0.51 | 0.51 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| 95 | 0.52 | 0.51 | 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 | 0.50 | 0.50 |

K_P 值表 ($C_S = 6C_V$)

表 D.0.4

| $C_V \backslash P(\%)$ | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.45 | 0.50 |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0.01 | 1.22 | 1.51 | 1.86 | 2.28 | 2.77 | 3.33 | 3.95 | 4.63 | 5.38 | 6.17 |
| 0.1 | 1.18 | 1.40 | 1.66 | 1.96 | 2.31 | 2.69 | 3.11 | 3.57 | 4.06 | 4.58 |
| 0.2 | 1.16 | 1.36 | 1.60 | 1.87 | 2.17 | 2.50 | 2.86 | 3.26 | 3.67 | 4.10 |
| 0.5 | 1.14 | 1.31 | 1.51 | 1.73 | 1.98 | 2.25 | 2.53 | 2.83 | 3.16 | 3.49 |
| 1 | 1.13 | 1.28 | 1.44 | 1.63 | 1.83 | 2.05 | 2.28 | 2.52 | 2.77 | 3.03 |
| 2 | 1.11 | 1.24 | 1.38 | 1.53 | 1.69 | 1.85 | 2.03 | 2.21 | 2.39 | 2.58 |
| 5 | 1.09 | 1.18 | 1.28 | 1.38 | 1.48 | 1.60 | 1.70 | 1.81 | 1.91 | 2.00 |
| 10 | 1.07 | 1.13 | 1.20 | 1.27 | 1.33 | 1.40 | 1.45 | 1.51 | 1.55 | 1.59 |
| 20 | 1.04 | 1.08 | 1.12 | 1.15 | 1.17 | 1.19 | 1.21 | 1.22 | 1.22 | 1.21 |
| 50 | 1.00 | 0.99 | 0.98 | 0.96 | 0.94 | 0.92 | 0.89 | 0.86 | 0.83 | 0.80 |
| 75 | 0.97 | 0.93 | 0.89 | 0.85 | 0.82 | 0.78 | 0.75 | 0.73 | 0.71 | 0.69 |
| 90 | 0.94 | 0.88 | 0.83 | 0.78 | 0.75 | 0.72 | 0.70 | 0.68 | 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 |
| 99 | 0.89 | 0.81 | 0.75 | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 |

| $C_V \backslash P(\%)$ | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.95 | 1.00 |
|------------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.01 | 7.03 | 7.95 | 8.90 | 9.92 | 10.98 | 12.08 | 13.24 | 14.43 | 15.68 | 16.94 |
| 0.1 | 5.13 | 5.70 | 6.29 | 6.91 | 7.57 | 8.23 | 8.91 | 9.61 | 10.33 | 11.07 |
| 0.2 | 4.56 | 5.03 | 5.54 | 6.04 | 6.57 | 7.11 | 7.66 | 8.22 | 8.80 | 9.38 |
| 0.5 | 3.84 | 4.19 | 4.55 | 4.91 | 5.30 | 5.67 | 6.06 | 6.45 | 6.83 | 7.22 |
| 1 | 3.29 | 3.55 | 3.82 | 4.09 | 4.36 | 4.63 | 4.89 | 5.16 | 5.42 | 5.68 |
| 2 | 2.76 | 2.94 | 3.12 | 3.30 | 3.47 | 3.64 | 3.80 | 3.96 | 4.10 | 4.25 |
| 5 | 2.09 | 2.18 | 2.26 | 2.33 | 2.39 | 2.44 | 2.49 | 2.53 | 2.56 | 2.59 |
| 10 | 1.62 | 1.65 | 1.66 | 1.67 | 1.68 | 1.67 | 1.66 | 1.65 | 1.62 | 1.59 |
| 20 | 1.20 | 1.18 | 1.16 | 1.13 | 1.10 | 1.07 | 1.08 | 1.00 | 0.96 | 0.93 |
| 50 | 0.78 | 0.75 | 0.73 | 0.71 | 0.70 | 0.69 | 0.68 | 0.68 | 0.67 | 0.67 |
| 75 | 0.68 | 0.68 | 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 | 0.67 | 0.67 |
| 95 | 0.67 | 0.67 | 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 | 0.67 | 0.67 |

附录 E 泊松—冈贝尔复合极值分布表

泊松—冈贝尔复合极值分布 y_n 、 σ_n 表

表 E.0.1

| n | y_n | σ_n | n | y_n | σ_n |
|-----|--------|------------|----------|--------|------------|
| 8 | 0.4843 | 0.9043 | 28 | 0.5343 | 1.1047 |
| 9 | 0.4902 | 0.9288 | 30 | 0.5362 | 1.1124 |
| 10 | 0.4952 | 0.9497 | 35 | 0.5403 | 1.1285 |
| 11 | 0.4996 | 0.9676 | 40 | 0.5436 | 1.1413 |
| 12 | 0.5035 | 0.9833 | 45 | 0.5463 | 1.1519 |
| 13 | 0.5070 | 0.9972 | 50 | 0.5485 | 1.1607 |
| 14 | 0.5100 | 1.0095 | 60 | 0.5521 | 1.1747 |
| 15 | 0.5128 | 1.0206 | 70 | 0.5548 | 0.1854 |
| 16 | 0.5157 | 1.0316 | 80 | 0.5569 | 0.1938 |
| 17 | 0.5181 | 1.0411 | 90 | 0.5586 | 1.2007 |
| 18 | 0.5202 | 1.0493 | 100 | 0.5600 | 1.2065 |
| 19 | 0.5220 | 1.0566 | 200 | 0.5672 | 1.2360 |
| 20 | 0.5236 | 1.0628 | 500 | 0.5724 | 1.2588 |
| 22 | 0.5268 | 1.0754 | 1000 | 0.5745 | 1.2685 |
| 24 | 0.5296 | 1.0864 | ∞ | 0.5772 | 1.2826 |
| 26 | 0.5320 | 1.0961 | | | |

| 泊松—冈贝尔复合极值分布 X_p 表 | | | | | 表 E.0.2 | | | |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| T_R | 10 | 20 | 30 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 |
| P | 10% | 5% | 3.333% | 2% | 1% | 0.5% | 0.2% | 0.1% |
| λ | | | | | | | | |
| 1.0 | 2.1952 | 2.9440 | 3.3671 | 3.8918 | 4.5951 | 5.2933 | 6.2126 | 6.9068 |
| 1.1 | 2.2958 | 3.0417 | 3.4640 | 3.9880 | 4.6909 | 5.3888 | 6.3080 | 7.0021 |
| 1.2 | 2.3871 | 3.1308 | 3.5523 | 4.0758 | 4.7783 | 5.4760 | 6.3951 | 7.0892 |
| 1.3 | 2.4708 | 3.2125 | 3.6335 | 4.1565 | 4.8586 | 5.5562 | 6.4752 | 7.1692 |
| 1.4 | 2.5480 | 3.2881 | 3.7085 | 4.2312 | 4.9330 | 5.6305 | 6.5494 | 7.2434 |
| 1.5 | 2.6196 | 3.3583 | 3.7784 | 4.3006 | 5.0023 | 5.6996 | 6.6184 | 7.3124 |
| 1.6 | 2.6865 | 3.4240 | 3.8436 | 4.3656 | 5.0670 | 5.7642 | 6.6830 | 7.3769 |
| 1.7 | 2.7492 | 3.4855 | 3.9049 | 4.4266 | 5.1278 | 5.8250 | 6.7436 | 7.4376 |
| 1.8 | 2.8081 | 3.5436 | 3.9626 | 4.4841 | 5.1851 | 5.8822 | 6.8008 | 7.4948 |
| 1.9 | 2.8638 | 3.5984 | 4.0172 | 4.5385 | 5.2394 | 5.9363 | 6.8549 | 7.5488 |
| 2.0 | 2.9166 | 3.6504 | 4.0689 | 4.5900 | 5.2908 | 5.9877 | 6.9063 | 7.6002 |
| 2.1 | 2.9667 | 3.6998 | 4.1181 | 4.6390 | 5.3397 | 6.0366 | 6.9551 | 7.6490 |
| 2.2 | 3.0144 | 3.7469 | 4.1650 | 4.6858 | 5.3863 | 6.0831 | 7.0160 | 7.6955 |
| 2.3 | 3.0599 | 3.7918 | 4.2098 | 4.7304 | 5.4309 | 6.1276 | 7.0461 | 7.7399 |
| 2.4 | 3.1035 | 3.8349 | 4.2527 | 4.7732 | 5.4735 | 6.1702 | 7.0887 | 7.7825 |
| 2.5 | 3.1452 | 3.8761 | 4.2938 | 4.8142 | 5.5144 | 6.2111 | 7.1295 | 7.8233 |
| 2.6 | 3.1853 | 3.9158 | 4.3333 | 4.8535 | 5.5537 | 6.2504 | 7.1687 | 7.8626 |
| 2.7 | 3.2238 | 3.9539 | 4.3712 | 4.8914 | 5.5915 | 6.2881 | 7.2065 | 7.9003 |
| 2.8 | 3.2609 | 3.9906 | 4.4078 | 4.9279 | 5.6280 | 6.4245 | 7.2429 | 7.9367 |
| 2.9 | 3.2966 | 4.0260 | 4.4431 | 4.9632 | 5.6631 | 6.3597 | 7.2780 | 7.9718 |
| 3.0 | 3.3312 | 4.0602 | 4.4772 | 4.9972 | 5.6971 | 6.3936 | 7.3119 | 8.0057 |
| 3.1 | 3.3645 | 4.0933 | 4.5102 | 5.0103 | 5.7299 | 6.4264 | 7.3447 | 8.0385 |
| 3.2 | 3.3968 | 4.1253 | 4.5421 | 5.0619 | 5.7617 | 6.4582 | 7.3764 | 8.0702 |
| 3.3 | 3.4281 | 4.1563 | 4.5731 | 5.0928 | 5.7925 | 6.4890 | 7.4072 | 8.1010 |
| 3.4 | 3.4584 | 4.1864 | 4.6031 | 5.1227 | 5.8224 | 6.5188 | 7.4371 | 8.1309 |
| 3.5 | 3.4879 | 4.2156 | 4.6322 | 5.1518 | 5.8515 | 6.5479 | 7.4661 | 8.1599 |
| 3.6 | 3.5165 | 4.2440 | 4.6605 | 5.1801 | 5.8797 | 6.5760 | 7.4943 | 8.1880 |
| 3.7 | 3.5443 | 4.2716 | 4.6880 | 5.2075 | 5.9071 | 6.6035 | 7.5217 | 8.2155 |
| 3.8 | 3.5713 | 4.2984 | 4.7148 | 5.2343 | 5.9338 | 6.6302 | 7.5483 | 8.2421 |
| 3.9 | 3.5977 | 4.3246 | 4.7409 | 5.2603 | 5.9598 | 6.6561 | 7.5743 | 8.2681 |
| 4.0 | 3.6233 | 4.3500 | 4.7663 | 5.2857 | 5.9852 | 6.6815 | 7.5997 | 8.2934 |
| 4.2 | 3.6728 | 4.3991 | 4.8153 | 5.3346 | 6.0340 | 6.7303 | 7.6485 | 8.3422 |
| 4.4 | 3.7199 | 4.4459 | 4.8620 | 5.3812 | 6.0806 | 6.7768 | 7.6950 | 8.3887 |
| 4.6 | 3.7649 | 4.4907 | 4.9067 | 5.4258 | 6.1251 | 6.8213 | 7.7394 | 8.4332 |
| 4.8 | 3.8079 | 4.5334 | 4.9494 | 5.4684 | 6.1677 | 6.8639 | 7.7820 | 8.4758 |
| 5.0 | 3.8492 | 4.5745 | 4.9903 | 5.5094 | 6.2086 | 6.9047 | 7.8228 | 8.5166 |
| 5.5 | 3.9455 | 4.6703 | 5.0860 | 5.6048 | 6.3040 | 7.0001 | 7.9182 | 8.6119 |
| 6.0 | 4.0333 | 4.7577 | 5.1732 | 5.6920 | 6.3911 | 7.0872 | 8.0052 | 8.6989 |
| 6.5 | 4.1140 | 4.8380 | 5.2535 | 5.7722 | 6.4712 | 7.1672 | 8.0853 | 8.7790 |
| 7.0 | 4.1887 | 4.9124 | 5.3278 | 5.8464 | 6.5453 | 7.2414 | 8.1594 | 8.8531 |
| 7.5 | 4.2582 | 4.9817 | 5.3969 | 5.9155 | 6.6144 | 7.3104 | 8.2284 | 8.9221 |
| 8.0 | 4.3232 | 5.0464 | 5.4616 | 5.9801 | 6.6790 | 7.3749 | 8.2929 | 8.9866 |
| 8.5 | 4.3842 | 5.1072 | 5.5224 | 6.0408 | 6.7396 | 7.4356 | 8.3536 | 9.0473 |
| 9.0 | 4.4417 | 5.1646 | 5.5796 | 6.0980 | 6.7968 | 7.4928 | 8.4107 | 9.1044 |
| 9.5 | 4.4961 | 5.2188 | 5.6338 | 6.1522 | 6.8509 | 7.5468 | 8.4648 | 9.1585 |
| 10.0 | 4.5477 | 5.2702 | 5.6852 | 6.2035 | 6.9022 | 7.5981 | 8.5161 | 9.2098 |

附录 F 短期测波资料的经验频率分析方法

F.0.1 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。观测 a 年中最大值的频率为 P_a 时,其重现期为 b 年的频率 P_b 可按式计算:

$$P_b = \frac{a}{b} P_a \quad (\text{F.0.1})$$

式中 P_b ——重现期为 b 年的频率;

a ——测波资料年数;

b ——重现期;

P_a —— a 年观测资料中最大值的频率。

附录 G 按水深分段计算风浪要素的方法

G.0.1 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。水深逐渐变浅或变深且风速 $U \geq 15\text{m/s}$ 时,每一段水域两端的深度差 Δd 可按表 G.0.1 确定。

分段的深度差 Δd

表 G.0.1

| 水深(m) | > 30 | 30 ~ 20 | 20 ~ 10 | 10 |
|----------------|------|---------|---------|----|
| Δd (m) | 10 | 5 | 3 | 2 |

G.0.2 按水深分段计算风浪要素的方法,可适用于由风区长度 F 决定风浪要素的情况。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 和图 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。

G.0.3 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 H 浅水波高、波速和波长与相对水深关系表

浅水波高、波速和波长与相对水深关系表

表 H.0.1

| d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H'_0 | d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H'_0 |
|---------|----------|-------------------|----------|---------|---------|-------------------|----------|
| 0 | 0 | 0 | ∞ | 0.0029 | 0.02155 | 0.1346 | 1.933 |
| 0.0001 | 0.003990 | 0.02506 | 4.467 | 0.0030 | 0.02192 | 0.1369 | 1.917 |
| 0.0002 | 0.005643 | 0.03544 | 3.757 | 0.0031 | 0.02228 | 0.1391 | 1.902 |
| 0.0003 | 0.006912 | 0.04340 | 3.395 | 0.0032 | 0.02264 | 0.1413 | 1.887 |
| 0.0004 | 0.007982 | 0.05011 | 3.160 | 0.0033 | 0.02300 | 0.1435 | 1.873 |
| 0.0005 | 0.008925 | 0.05602 | 2.989 | 0.0034 | 0.02335 | 0.1456 | 1.860 |
| 0.0006 | 0.009778 | 0.06136 | 2.856 | 0.0035 | 0.02369 | 0.1477 | 1.847 |
| 0.0007 | 0.01056 | 0.06627 | 2.749 | 0.0036 | 0.02403 | 0.1498 | 1.834 |
| 0.0008 | 0.01129 | 0.07084 | 2.659 | 0.0037 | 0.02436 | 0.1519 | 1.822 |
| 0.0009 | 0.01198 | 0.07513 | 2.582 | 0.0038 | 0.02469 | 0.1539 | 1.810 |
| 0.0010 | 0.01263 | 0.07918 | 2.515 | 0.0039 | 0.02502 | 0.1559 | 1.799 |
| 0.0011 | 0.01325 | 0.08304 | 2.456 | 0.0040 | 0.02534 | 0.1579 | 1.788 |
| 0.0012 | 0.01384 | 0.08672 | 2.404 | 0.0041 | 0.02566 | 0.1598 | 1.777 |
| 0.0013 | 0.01440 | 0.09026 | 2.357 | 0.0042 | 0.02597 | 0.1617 | 1.767 |
| 0.0014 | 0.01495 | 0.09365 | 2.314 | 0.0043 | 0.02628 | 0.1636 | 1.756 |
| 0.0015 | 0.01548 | 0.09693 | 2.275 | 0.0044 | 0.02659 | 0.1655 | 1.746 |
| 0.0016 | 0.01598 | 0.1001 | 2.239 | 0.0045 | 0.02689 | 0.1674 | 1.737 |
| 0.0017 | 0.01648 | 0.1032 | 2.205 | 0.0046 | 0.02719 | 0.1692 | 1.727 |
| 0.0018 | 0.01696 | 0.1062 | 2.174 | 0.0047 | 0.02749 | 0.1710 | 1.718 |
| 0.0019 | 0.01743 | 0.1091 | 2.145 | 0.0048 | 0.02778 | 0.1728 | 1.709 |
| 0.0020 | 0.01788 | 0.1119 | 2.119 | 0.0049 | 0.02807 | 0.1746 | 1.701 |
| 0.0021 | 0.01832 | 0.1140 | 2.094 | 0.0050 | 0.02836 | 0.1764 | 1.692 |
| 0.0022 | 0.01876 | 0.1173 | 2.070 | 0.0051 | 0.02864 | 0.1781 | 1.684 |
| 0.0023 | 0.01918 | 0.1199 | 2.047 | 0.0052 | 0.02893 | 0.1798 | 1.676 |
| 0.0024 | 0.01959 | 0.1225 | 2.025 | 0.0053 | 0.02921 | 0.1815 | 1.669 |
| 0.0025 | 0.02000 | 0.1250 | 2.005 | 0.0054 | 0.02948 | 0.1832 | 1.662 |
| 0.0026 | 0.02040 | 0.1275 | 1.986 | 0.0055 | 0.02976 | 0.1848 | 1.654 |
| 0.0027 | 0.02079 | 0.1299 | 1.967 | 0.0056 | 0.03003 | 0.1865 | 1.647 |
| 0.0028 | 0.02117 | 0.1323 | 1.950 | 0.0057 | 0.03030 | 0.1881 | 1.640 |

续表 H.0.1

| d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H'_0 | d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H'_0 |
|---------|---------|-------------------|----------|---------|---------|-------------------|----------|
| 0.0058 | 0.03057 | 0.1897 | 1.633 | 0.0093 | 0.03885 | 0.2394 | 1.459 |
| 0.0059 | 0.03083 | 0.1913 | 1.626 | 0.0094 | 0.03906 | 0.2407 | 1.456 |
| 0.0060 | 0.03110 | 0.1929 | 1.620 | 0.0095 | 0.03928 | 0.2419 | 1.452 |
| 0.0061 | 0.03136 | 0.1945 | 1.614 | 0.0096 | 0.03949 | 0.2431 | 1.448 |
| 0.0062 | 0.03162 | 0.1961 | 1.607 | 0.0097 | 0.03970 | 0.2443 | 1.445 |
| 0.0063 | 0.03188 | 0.1976 | 1.601 | 0.0098 | 0.03990 | 0.2456 | 1.442 |
| 0.0064 | 0.03213 | 0.1992 | 1.595 | 0.0099 | 0.04011 | 0.2468 | 1.438 |
| 0.0065 | 0.03238 | 0.2007 | 1.589 | 0.010 | 0.04032 | 0.2480 | 1.435 |
| 0.0066 | 0.03264 | 0.2022 | 1.583 | 0.011 | 0.04233 | 0.2598 | 1.403 |
| 0.0067 | 0.03289 | 0.2037 | 1.578 | 0.012 | 0.04426 | 0.2711 | 1.375 |
| 0.0068 | 0.03313 | 0.2052 | 1.572 | 0.013 | 0.04612 | 0.2820 | 1.350 |
| 0.0069 | 0.03338 | 0.2067 | 1.567 | 0.014 | 0.04791 | 0.2924 | 1.327 |
| 0.0070 | 0.03362 | 0.2082 | 1.561 | 0.015 | 0.04964 | 0.3022 | 1.307 |
| 0.0071 | 0.03387 | 0.2096 | 1.556 | 0.016 | 0.05132 | 0.3117 | 1.228 |
| 0.0072 | 0.03411 | 0.2111 | 1.551 | 0.017 | 0.05296 | 0.3209 | 1.271 |
| 0.0073 | 0.03435 | 0.2125 | 1.546 | 0.018 | 0.05455 | 0.3298 | 1.255 |
| 0.0074 | 0.03459 | 0.2139 | 1.541 | 0.019 | 0.05611 | 0.3386 | 1.240 |
| 0.0075 | 0.03482 | 0.2154 | 1.536 | 0.020 | 0.05763 | 0.3470 | 1.226 |
| 0.0076 | 0.03506 | 0.2168 | 1.531 | 0.021 | 0.05912 | 0.3552 | 1.213 |
| 0.0077 | 0.03529 | 0.2182 | 1.526 | 0.022 | 0.06057 | 0.3632 | 1.201 |
| 0.0078 | 0.03552 | 0.2196 | 1.521 | 0.023 | 0.06200 | 0.3710 | 1.189 |
| 0.0079 | 0.03576 | 0.2209 | 1.517 | 0.024 | 0.06340 | 0.3786 | 1.178 |
| 0.0080 | 0.03598 | 0.2223 | 1.512 | 0.025 | 0.06478 | 0.3860 | 1.168 |
| 0.0081 | 0.03621 | 0.2237 | 1.508 | 0.026 | 0.06613 | 0.3932 | 1.159 |
| 0.0082 | 0.03644 | 0.2250 | 1.503 | 0.027 | 0.06747 | 0.4002 | 1.150 |
| 0.0083 | 0.03666 | 0.2264 | 1.499 | 0.028 | 0.06878 | 0.4071 | 1.141 |
| 0.0084 | 0.03689 | 0.2277 | 1.495 | 0.029 | 0.07007 | 0.4138 | 1.133 |
| 0.0085 | 0.03711 | 0.2290 | 1.491 | 0.030 | 0.07135 | 0.4205 | 1.125 |
| 0.0086 | 0.03733 | 0.2303 | 1.487 | 0.031 | 0.07260 | 0.4269 | 1.118 |
| 0.0087 | 0.03755 | 0.2317 | 1.482 | 0.032 | 0.07385 | 0.4333 | 1.111 |
| 0.0088 | 0.03777 | 0.2330 | 1.478 | 0.033 | 0.07507 | 0.4395 | 1.104 |
| 0.0089 | 0.03799 | 0.2343 | 1.474 | 0.034 | 0.07630 | 0.4457 | 1.098 |
| 0.0090 | 0.03821 | 0.2356 | 1.471 | 0.035 | 0.07748 | 0.4517 | 1.092 |
| 0.0091 | 0.03842 | 0.2368 | 1.467 | 0.036 | 0.07867 | 0.4577 | 1.086 |
| 0.0092 | 0.03864 | 0.2381 | 1.463 | 0.037 | 0.07984 | 0.4635 | 1.080 |

续表 H.0.1

| d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H'_0 | d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H'_0 |
|---------|---------|-------------------|----------|---------|--------|-------------------|----------|
| 0.038 | 0.08100 | 0.4691 | 1.075 | 0.073 | 0.1168 | 0.6252 | 0.9658 |
| 0.039 | 0.08215 | 0.4747 | 1.069 | 0.074 | 0.1177 | 0.6289 | 0.9641 |
| 0.040 | 0.08329 | 0.4802 | 1.064 | 0.075 | 0.1186 | 0.6324 | 0.9624 |
| 0.041 | 0.08442 | 0.4857 | 1.059 | 0.076 | 0.1195 | 0.6359 | 0.9607 |
| 0.042 | 0.08553 | 0.4911 | 1.055 | 0.077 | 0.1205 | 0.6392 | 0.9591 |
| 0.043 | 0.08664 | 0.4964 | 1.050 | 0.078 | 0.1214 | 0.6427 | 0.9576 |
| 0.044 | 0.08774 | 0.5015 | 1.046 | 0.079 | 0.1223 | 0.6460 | 0.9562 |
| 0.045 | 0.08883 | 0.5066 | 1.042 | 0.080 | 0.1232 | 0.6493 | 0.9548 |
| 0.046 | 0.08991 | 0.5116 | 1.038 | 0.081 | 0.1241 | 0.6526 | 0.9534 |
| 0.047 | 0.09098 | 0.5166 | 1.034 | 0.082 | 0.1251 | 0.6558 | 0.9520 |
| 0.048 | 0.09205 | 0.5215 | 1.030 | 0.083 | 0.1259 | 0.6590 | 0.9506 |
| 0.049 | 0.09311 | 0.5263 | 1.026 | 0.084 | 0.1268 | 0.6622 | 0.9493 |
| 0.050 | 0.09416 | 0.5310 | 1.023 | 0.085 | 0.1277 | 0.6655 | 0.9481 |
| 0.051 | 0.09520 | 0.5357 | 1.019 | 0.086 | 0.1286 | 0.6685 | 0.9469 |
| 0.052 | 0.09623 | 0.5403 | 1.016 | 0.087 | 0.1295 | 0.6716 | 0.9457 |
| 0.053 | 0.09726 | 0.5449 | 1.013 | 0.088 | 0.1304 | 0.6747 | 0.9445 |
| 0.054 | 0.09829 | 0.5494 | 1.010 | 0.089 | 0.1313 | 0.6778 | 0.9433 |
| 0.055 | 0.09930 | 0.5538 | 1.007 | 0.090 | 0.1322 | 0.6808 | 0.9422 |
| 0.056 | 0.1003 | 0.5582 | 1.004 | 0.091 | 0.1331 | 0.6838 | 0.9411 |
| 0.057 | 0.1013 | 0.5626 | 1.001 | 0.092 | 0.1340 | 0.6868 | 0.9401 |
| 0.058 | 0.1023 | 0.5668 | 0.9985 | 0.093 | 0.1349 | 0.6897 | 0.9391 |
| 0.059 | 0.1033 | 0.5771 | 0.9958 | 0.094 | 0.1357 | 0.6925 | 0.9381 |
| 0.060 | 0.1043 | 0.5753 | 0.9932 | 0.095 | 0.1366 | 0.6953 | 0.9371 |
| 0.061 | 0.1053 | 0.5794 | 0.9907 | 0.096 | 0.1375 | 0.6982 | 0.9362 |
| 0.062 | 0.1063 | 0.5834 | 0.9883 | 0.097 | 0.1384 | 0.7011 | 0.9353 |
| 0.063 | 0.1073 | 0.5874 | 0.9860 | 0.098 | 0.1392 | 0.7039 | 0.9344 |
| 0.064 | 0.1082 | 0.5914 | 0.9837 | 0.099 | 0.1401 | 0.7066 | 0.9335 |
| 0.065 | 0.1092 | 0.5954 | 0.9815 | 0.100 | 0.1410 | 0.7093 | 0.9327 |
| 0.066 | 0.1101 | 0.5993 | 0.9793 | 0.101 | 0.1419 | 0.7120 | 0.9319 |
| 0.067 | 0.1111 | 0.6031 | 0.9772 | 0.102 | 0.1427 | 0.7147 | 0.9311 |
| 0.068 | 0.1120 | 0.6069 | 0.9752 | 0.103 | 0.1436 | 0.7173 | 0.9304 |
| 0.069 | 0.1130 | 0.6106 | 0.9732 | 0.104 | 0.1445 | 0.7200 | 0.9297 |
| 0.070 | 0.1139 | 0.6144 | 0.9713 | 0.105 | 0.1453 | 0.7226 | 0.9290 |
| 0.071 | 0.1149 | 0.6181 | 0.9694 | 0.106 | 0.1462 | 0.7252 | 0.9282 |
| 0.072 | 0.1158 | 0.6217 | 0.9676 | 0.107 | 0.1470 | 0.7277 | 0.9276 |

续表 H.0.1

| d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H'_0 | d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H'_0 |
|---------|--------|-------------------|----------|---------|--------|-------------------|----------|
| 0.108 | 0.1479 | 0.7303 | 0.9269 | 0.143 | 0.1774 | 0.8057 | 0.9141 |
| 0.109 | 0.1488 | 0.7327 | 0.9263 | 0.144 | 0.1783 | 0.8076 | 0.9140 |
| 0.110 | 0.1496 | 0.7352 | 0.9257 | 0.145 | 0.1791 | 0.8094 | 0.9139 |
| 0.111 | 0.1559 | 0.7377 | 0.9251 | 0.146 | 0.1800 | 0.8112 | 0.9137 |
| 0.112 | 0.1513 | 0.7402 | 0.9245 | 0.147 | 0.1808 | 0.8131 | 0.9136 |
| 0.113 | 0.1522 | 0.7426 | 0.9239 | 0.148 | 0.1816 | 0.8149 | 0.9135 |
| 0.114 | 0.1530 | 0.7450 | 0.9234 | 0.149 | 0.1825 | 0.8166 | 0.9134 |
| 0.115 | 0.1539 | 0.7474 | 0.9228 | 0.150 | 0.1833 | 0.8183 | 0.9133 |
| 0.116 | 0.1547 | 0.7497 | 0.9223 | 0.151 | 0.1841 | 0.8200 | 0.9133 |
| 0.117 | 0.1556 | 0.7520 | 0.9218 | 0.152 | 0.1850 | 0.8217 | 0.9132 |
| 0.118 | 0.1564 | 0.7543 | 0.9214 | 0.153 | 0.1858 | 0.8234 | 0.9132 |
| 0.119 | 0.1573 | 0.7566 | 0.9209 | 0.154 | 0.1866 | 0.8250 | 0.9132 |
| 0.120 | 0.1581 | 0.7589 | 0.9204 | 0.155 | 0.1875 | 0.8267 | 0.9131 |
| 0.121 | 0.1590 | 0.7612 | 0.9200 | 0.156 | 0.1883 | 0.8284 | 0.9130 |
| 0.122 | 0.1598 | 0.7634 | 0.9196 | 0.157 | 0.1891 | 0.8301 | 0.9130 |
| 0.123 | 0.1607 | 0.7656 | 0.9192 | 0.158 | 0.1900 | 0.8317 | 0.9130 |
| 0.124 | 0.1615 | 0.7678 | 0.9189 | 0.159 | 0.1908 | 0.8333 | 0.9130 |
| 0.125 | 0.1624 | 0.7700 | 0.9186 | 0.160 | 0.1917 | 0.8349 | 0.9130 |
| 0.126 | 0.1632 | 0.7721 | 0.9182 | 0.161 | 0.1925 | 0.8365 | 0.9130 |
| 0.127 | 0.1640 | 0.7742 | 0.9178 | 0.162 | 0.1933 | 0.8381 | 0.9130 |
| 0.128 | 0.1649 | 0.7763 | 0.9175 | 0.163 | 0.1941 | 0.8396 | 0.9130 |
| 0.129 | 0.1657 | 0.7783 | 0.9172 | 0.164 | 0.1950 | 0.8411 | 0.9130 |
| 0.130 | 0.1665 | 0.7804 | 0.9169 | 0.165 | 0.1958 | 0.8427 | 0.9131 |
| 0.131 | 0.1674 | 0.7824 | 0.9166 | 0.166 | 0.1966 | 0.8442 | 0.9132 |
| 0.132 | 0.1682 | 0.7844 | 0.9164 | 0.167 | 0.1975 | 0.8457 | 0.9132 |
| 0.133 | 0.1691 | 0.7865 | 0.9161 | 0.168 | 0.1983 | 0.8472 | 0.9133 |
| 0.134 | 0.1669 | 0.7885 | 0.9158 | 0.169 | 0.1992 | 0.8486 | 0.9133 |
| 0.135 | 0.1708 | 0.7905 | 0.9156 | 0.170 | 0.2000 | 0.8501 | 0.9134 |
| 0.136 | 0.1716 | 0.7925 | 0.9154 | 0.171 | 0.2008 | 0.8515 | 0.9135 |
| 0.137 | 0.1724 | 0.7945 | 0.9152 | 0.172 | 0.2017 | 0.8529 | 0.9136 |
| 0.138 | 0.1733 | 0.7964 | 0.9150 | 0.173 | 0.2025 | 0.8544 | 0.9137 |
| 0.139 | 0.1741 | 0.7983 | 0.9148 | 0.174 | 0.2033 | 0.8558 | 0.9138 |
| 0.140 | 0.1749 | 0.8002 | 0.9146 | 0.175 | 0.2042 | 0.8572 | 0.9139 |
| 0.141 | 0.1758 | 0.8021 | 0.9144 | 0.176 | 0.2050 | 0.8586 | 0.9140 |
| 0.142 | 0.1766 | 0.8039 | 0.9142 | 0.177 | 0.2058 | 0.8600 | 0.9141 |

续表 H.0.1

| d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H'_0 | d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H'_0 |
|---------|--------|-------------------|----------|---------|--------|-------------------|----------|
| 0.178 | 0.2066 | 0.8614 | 0.9142 | 0.213 | 0.2361 | 0.9021 | 0.9213 |
| 0.179 | 0.2075 | 0.8627 | 0.9144 | 0.214 | 0.2370 | 0.9031 | 0.9215 |
| 0.180 | 0.2083 | 0.8640 | 0.9145 | 0.215 | 0.2378 | 0.9041 | 0.9218 |
| 0.181 | 0.2092 | 0.8653 | 0.9146 | 0.216 | 0.2387 | 0.9051 | 0.9221 |
| 0.182 | 0.2100 | 0.8666 | 0.9148 | 0.217 | 0.2395 | 0.9061 | 0.9223 |
| 0.183 | 0.2108 | 0.8680 | 0.9149 | 0.218 | 0.2404 | 0.9070 | 0.9226 |
| 0.184 | 0.2117 | 0.8693 | 0.9150 | 0.219 | 0.2412 | 0.9079 | 0.9228 |
| 0.185 | 0.2125 | 0.8706 | 0.9152 | 0.220 | 0.2421 | 0.9088 | 0.9231 |
| 0.186 | 0.2134 | 0.8718 | 0.9154 | 0.221 | 0.2429 | 0.9097 | 0.9234 |
| 0.187 | 0.2142 | 0.8731 | 0.9155 | 0.222 | 0.2438 | 0.9107 | 0.9236 |
| 0.188 | 0.2150 | 0.8743 | 0.9157 | 0.223 | 0.2446 | 0.9116 | 0.9239 |
| 0.189 | 0.2159 | 0.8755 | 0.9159 | 0.224 | 0.2455 | 0.9125 | 0.9242 |
| 0.190 | 0.2167 | 0.8767 | 0.9161 | 0.225 | 0.2463 | 0.9134 | 0.9245 |
| 0.191 | 0.2176 | 0.8779 | 0.9163 | 0.226 | 0.2472 | 0.9143 | 0.9248 |
| 0.192 | 0.2184 | 0.8791 | 0.9165 | 0.227 | 0.2481 | 0.9152 | 0.9251 |
| 0.193 | 0.2192 | 0.8803 | 0.9167 | 0.228 | 0.2489 | 0.9191 | 0.9254 |
| 0.194 | 0.2201 | 0.8815 | 0.9169 | 0.229 | 0.2498 | 0.9170 | 0.9258 |
| 0.195 | 0.2209 | 0.8827 | 0.9170 | 0.230 | 0.2506 | 0.9178 | 0.9261 |
| 0.196 | 0.2218 | 0.8839 | 0.9172 | 0.231 | 0.2515 | 0.9186 | 0.9264 |
| 0.197 | 0.2226 | 0.8850 | 0.9174 | 0.232 | 0.2523 | 0.9941 | 0.9167 |
| 0.198 | 0.2234 | 0.8862 | 0.9176 | 0.233 | 0.2532 | 0.9203 | 0.9270 |
| 0.199 | 0.2243 | 0.8873 | 0.9179 | 0.234 | 0.2540 | 0.9211 | 0.9273 |
| 0.200 | 0.2251 | 0.8884 | 0.9181 | 0.235 | 0.2549 | 0.9219 | 0.9276 |
| 0.201 | 0.2260 | 0.8895 | 0.9183 | 0.236 | 0.2558 | 0.9227 | 0.9279 |
| 0.202 | 0.2269 | 0.8906 | 0.9186 | 0.237 | 0.2566 | 0.9235 | 0.9282 |
| 0.203 | 0.2277 | 0.8917 | 0.9188 | 0.238 | 0.2575 | 0.9243 | 0.9285 |
| 0.204 | 0.2285 | 0.8928 | 0.9190 | 0.239 | 0.2584 | 0.9251 | 0.9288 |
| 0.205 | 0.2293 | 0.8939 | 0.9193 | 0.240 | 0.2592 | 0.9259 | 0.9291 |
| 0.206 | 0.2302 | 0.8950 | 0.9195 | 0.241 | 0.2601 | 0.9267 | 0.9294 |
| 0.207 | 0.2310 | 0.9607 | 0.9197 | 0.242 | 0.2610 | 0.9275 | 0.9298 |
| 0.208 | 0.2319 | 0.8971 | 0.9200 | 0.243 | 0.2618 | 0.9282 | 0.9301 |
| 0.209 | 0.2328 | 0.8981 | 0.9202 | 0.244 | 0.2627 | 0.9289 | 0.9304 |
| 0.210 | 0.2336 | 0.8991 | 0.9205 | 0.245 | 0.2635 | 0.9296 | 0.9307 |
| 0.211 | 0.2344 | 0.9001 | 0.9207 | 0.246 | 0.2644 | 0.9304 | 0.9310 |
| 0.212 | 0.2353 | 0.9011 | 0.9210 | 0.247 | 0.2653 | 0.9311 | 0.9314 |

续表 H.0.1

| d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H'_0 | d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H'_0 |
|---------|--------|-------------------|----------|---------|--------|-------------------|----------|
| 0.248 | 0.2661 | 0.9318 | 0.9317 | 0.283 | 0.2969 | 0.9532 | 0.9433 |
| 0.249 | 0.2670 | 0.9325 | 0.9320 | 0.284 | 0.2978 | 0.9537 | 0.9436 |
| 0.250 | 0.2679 | 0.9332 | 0.9323 | 0.285 | 0.2987 | 0.9542 | 0.9440 |
| 0.251 | 0.2687 | 0.9339 | 0.9327 | 0.286 | 0.2996 | 0.9547 | 0.9443 |
| 0.252 | 0.2696 | 0.9346 | 0.9330 | 0.287 | 0.3005 | 0.9552 | 0.9446 |
| 0.253 | 0.2705 | 0.9353 | 0.9333 | 0.288 | 0.3014 | 0.9557 | 0.9449 |
| 0.254 | 0.2714 | 0.9360 | 0.9336 | 0.289 | 0.3022 | 0.9562 | 0.9452 |
| 0.255 | 0.2722 | 0.9367 | 0.9340 | 0.290 | 0.3031 | 0.9567 | 0.9456 |
| 0.256 | 0.2731 | 0.9374 | 0.9343 | 0.291 | 0.3040 | 0.9572 | 0.9459 |
| 0.257 | 0.2740 | 0.9381 | 0.9346 | 0.292 | 0.3049 | 0.9577 | 0.9463 |
| 0.258 | 0.2749 | 0.9388 | 0.9349 | 0.293 | 0.3058 | 0.9581 | 0.9466 |
| 0.259 | 0.2757 | 0.9394 | 0.9353 | 0.294 | 0.3067 | 0.9585 | 0.9469 |
| 0.260 | 0.2766 | 0.9400 | 0.9356 | 0.295 | 0.3076 | 0.9590 | 0.9473 |
| 0.261 | 0.2775 | 0.9406 | 0.9360 | 0.296 | 0.3085 | 0.9594 | 0.9476 |
| 0.262 | 0.2784 | 0.9412 | 0.9363 | 0.297 | 0.3094 | 0.9599 | 0.9480 |
| 0.263 | 0.2792 | 0.9418 | 0.9367 | 0.298 | 0.3103 | 0.9603 | 0.9483 |
| 0.264 | 0.2801 | 0.9425 | 0.9370 | 0.299 | 0.3112 | 0.9607 | 0.9486 |
| 0.265 | 0.2810 | 0.9431 | 0.9373 | 0.300 | 0.3121 | 0.9611 | 0.9490 |
| 0.266 | 0.2819 | 0.9437 | 0.9377 | 0.301 | 0.3130 | 0.9616 | 0.9493 |
| 0.267 | 0.2827 | 0.9443 | 0.9380 | 0.302 | 0.3139 | 0.9620 | 0.9496 |
| 0.268 | 0.2836 | 0.9449 | 0.9383 | 0.303 | 0.3148 | 0.9624 | 0.9499 |
| 0.269 | 0.2845 | 0.9455 | 0.9386 | 0.304 | 0.3157 | 0.9629 | 0.9502 |
| 0.270 | 0.2854 | 0.9461 | 0.9390 | 0.305 | 0.3166 | 0.9633 | 0.9505 |
| 0.271 | 0.2863 | 0.9467 | 0.9393 | 0.306 | 0.3175 | 0.9637 | 0.9509 |
| 0.272 | 0.2872 | 0.9473 | 0.9396 | 0.307 | 0.3184 | 0.9641 | 0.9512 |
| 0.273 | 0.2880 | 0.9478 | 0.9400 | 0.308 | 0.3193 | 0.9645 | 0.9515 |
| 0.274 | 0.2889 | 0.9484 | 0.9403 | 0.309 | 0.3202 | 0.9649 | 0.9518 |
| 0.275 | 0.2898 | 0.9490 | 0.9406 | 0.310 | 0.3211 | 0.9653 | 0.9522 |
| 0.276 | 0.2907 | 0.9495 | 0.9410 | 0.311 | 0.3220 | 0.9656 | 0.9525 |
| 0.277 | 0.2916 | 0.9500 | 0.9413 | 0.312 | 0.3230 | 0.9660 | 0.9528 |
| 0.278 | 0.2924 | 0.9505 | 0.9416 | 0.313 | 0.3239 | 0.9664 | 0.9531 |
| 0.279 | 0.2933 | 0.9511 | 0.9420 | 0.314 | 0.3248 | 0.9668 | 0.9535 |
| 0.280 | 0.2942 | 0.9516 | 0.9423 | 0.315 | 0.3257 | 0.9672 | 0.9538 |
| 0.281 | 0.2951 | 0.9521 | 0.9426 | 0.316 | 0.3266 | 0.9676 | 0.9541 |
| 0.282 | 0.2960 | 0.9526 | 0.9430 | 0.317 | 0.3275 | 0.9679 | 0.9544 |

续表 H.0.1

| d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H'_0 | d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H'_0 |
|---------|--------|-------------------|----------|---------|--------|-------------------|----------|
| 0.318 | 0.3284 | 0.9682 | 0.9547 | 0.353 | 0.3607 | 0.9787 | 0.9648 |
| 0.319 | 0.3294 | 0.9686 | 0.9550 | 0.354 | 0.3616 | 0.9790 | 0.9651 |
| 0.320 | 0.3302 | 0.9690 | 0.9553 | 0.355 | 0.3625 | 0.9792 | 0.9654 |
| 0.321 | 0.3311 | 0.9693 | 0.9556 | 0.356 | 0.3635 | 0.9795 | 0.9657 |
| 0.322 | 0.3321 | 0.9696 | 0.9559 | 0.357 | 0.3644 | 0.9797 | 0.9659 |
| 0.323 | 0.3330 | 0.9700 | 0.9562 | 0.358 | 0.3653 | 0.9799 | 0.9662 |
| 0.324 | 0.3339 | 0.9703 | 0.9565 | 0.359 | 0.3663 | 0.9801 | 0.9665 |
| 0.325 | 0.3349 | 0.9707 | 0.9568 | 0.360 | 0.3672 | 0.9804 | 0.9667 |
| 0.326 | 0.3357 | 0.9710 | 0.9571 | 0.361 | 0.3682 | 0.9806 | 0.9670 |
| 0.327 | 0.3367 | 0.9713 | 0.9574 | 0.362 | 0.3691 | 0.9808 | 0.9673 |
| 0.328 | 0.3376 | 0.9717 | 0.9577 | 0.363 | 0.3700 | 0.9811 | 0.9675 |
| 0.329 | 0.3385 | 0.9720 | 0.9580 | 0.364 | 0.3709 | 0.9813 | 0.9677 |
| 0.330 | 0.3394 | 0.9723 | 0.9583 | 0.365 | 0.3719 | 0.9815 | 0.9680 |
| 0.331 | 0.3403 | 0.9726 | 0.9586 | 0.366 | 0.3728 | 0.9817 | 0.9683 |
| 0.332 | 0.3413 | 0.9729 | 0.9589 | 0.367 | 0.3737 | 0.9819 | 0.9686 |
| 0.333 | 0.3422 | 0.9732 | 0.9592 | 0.368 | 0.3747 | 0.9821 | 0.9688 |
| 0.334 | 0.3431 | 0.9735 | 0.9595 | 0.369 | 0.3756 | 0.9823 | 0.9690 |
| 0.335 | 0.3440 | 0.9738 | 0.9598 | 0.370 | 0.3766 | 0.9825 | 0.9693 |
| 0.336 | 0.3449 | 0.9741 | 0.9601 | 0.371 | 0.3775 | 0.9827 | 0.9696 |
| 0.337 | 0.3459 | 0.9744 | 0.9604 | 0.372 | 0.3785 | 0.9830 | 0.9698 |
| 0.338 | 0.3468 | 0.9747 | 0.9607 | 0.373 | 0.3794 | 0.9832 | 0.9700 |
| 0.339 | 0.3477 | 0.9750 | 0.9610 | 0.374 | 0.3804 | 0.9834 | 0.9702 |
| 0.340 | 0.3486 | 0.9753 | 0.9613 | 0.375 | 0.3813 | 0.9835 | 0.9705 |
| 0.341 | 0.3495 | 0.9756 | 0.9615 | 0.376 | 0.3822 | 0.9837 | 0.9707 |
| 0.342 | 0.3504 | 0.9758 | 0.9618 | 0.377 | 0.3832 | 0.9839 | 0.9709 |
| 0.343 | 0.3514 | 0.9761 | 0.9621 | 0.378 | 0.3841 | 0.9841 | 0.9712 |
| 0.344 | 0.3523 | 0.9764 | 0.9623 | 0.379 | 0.3850 | 0.9843 | 0.9714 |
| 0.345 | 0.3532 | 0.9767 | 0.9626 | 0.380 | 0.3860 | 0.9845 | 0.9717 |
| 0.346 | 0.3542 | 0.9769 | 0.9629 | 0.381 | 0.3869 | 0.9847 | 0.9719 |
| 0.347 | 0.3551 | 0.9772 | 0.9632 | 0.382 | 0.3879 | 0.9848 | 0.9721 |
| 0.348 | 0.3560 | 0.9775 | 0.9635 | 0.383 | 0.3888 | 0.9850 | 0.9724 |
| 0.349 | 0.3570 | 0.9777 | 0.9638 | 0.384 | 0.3898 | 0.9852 | 0.9726 |
| 0.350 | 0.3579 | 0.9780 | 0.9640 | 0.385 | 0.3907 | 0.9854 | 0.9728 |
| 0.351 | 0.3588 | 0.9782 | 0.9643 | 0.386 | 0.3917 | 0.9855 | 0.9730 |
| 0.352 | 0.3598 | 0.9785 | 0.9646 | 0.387 | 0.3926 | 0.9857 | 0.9732 |

续表 H.0.1

| d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H'_0 | d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H'_0 |
|---------|--------|-------------------|----------|---------|--------|-------------------|----------|
| 0.388 | 0.3936 | 0.9859 | 0.9735 | 0.423 | 0.4270 | 0.9907 | 0.9804 |
| 0.389 | 0.3945 | 0.9860 | 0.9737 | 0.424 | 0.4280 | 0.9908 | 0.9806 |
| 0.390 | 0.3955 | 0.9862 | 0.9739 | 0.425 | 0.4289 | 0.9909 | 0.9808 |
| 0.391 | 0.3964 | 0.9864 | 0.9741 | 0.426 | 0.4298 | 0.9910 | 0.9810 |
| 0.392 | 0.3974 | 0.9865 | 0.9743 | 0.427 | 0.4308 | 0.9911 | 0.9811 |
| 0.393 | 0.3983 | 0.9867 | 0.9745 | 0.428 | 0.4318 | 0.9912 | 0.9812 |
| 0.394 | 0.3993 | 0.9869 | 0.9748 | 0.429 | 0.4328 | 0.9913 | 0.9814 |
| 0.395 | 0.4002 | 0.9870 | 0.9750 | 0.430 | 0.4337 | 0.9914 | 0.9816 |
| 0.396 | 0.4012 | 0.9872 | 0.9752 | 0.431 | 0.4347 | 0.9915 | 0.9818 |
| 0.397 | 0.4021 | 0.9873 | 0.9754 | 0.432 | 0.4356 | 0.9916 | 0.9819 |
| 0.398 | 0.4031 | 0.9874 | 0.9756 | 0.433 | 0.4366 | 0.9917 | 0.9821 |
| 0.399 | 0.4040 | 0.9876 | 0.9758 | 0.434 | 0.4376 | 0.9918 | 0.9823 |
| 0.400 | 0.4050 | 0.9877 | 0.9761 | 0.435 | 0.4385 | 0.9919 | 0.9824 |
| 0.401 | 0.4059 | 0.9896 | 0.9763 | 0.436 | 0.4395 | 0.9920 | 0.9826 |
| 0.402 | 0.4069 | 0.9880 | 0.9765 | 0.437 | 0.4405 | 0.9921 | 0.9828 |
| 0.403 | 0.4078 | 0.9882 | 0.9766 | 0.438 | 0.4414 | 0.9922 | 0.9829 |
| 0.404 | 0.4088 | 0.9883 | 0.9768 | 0.439 | 0.4424 | 0.9923 | 0.9830 |
| 0.405 | 0.4098 | 0.9885 | 0.9770 | 0.440 | 0.4434 | 0.9924 | 0.9832 |
| 0.406 | 0.4107 | 0.9886 | 0.9772 | 0.441 | 0.4443 | 0.9925 | 0.9833 |
| 0.407 | 0.4116 | 0.9887 | 0.9774 | 0.442 | 0.4453 | 0.9926 | 0.9835 |
| 0.408 | 0.4126 | 0.9889 | 0.9776 | 0.443 | 0.4463 | 0.9927 | 0.9836 |
| 0.409 | 0.4136 | 0.9890 | 0.9778 | 0.444 | 0.4472 | 0.9928 | 0.9838 |
| 0.410 | 0.4145 | 0.9891 | 0.9780 | 0.445 | 0.4482 | 0.9929 | 0.9839 |
| 0.411 | 0.4155 | 0.9892 | 0.9782 | 0.446 | 0.4492 | 0.9930 | 0.9841 |
| 0.412 | 0.4164 | 0.9894 | 0.9784 | 0.447 | 0.4501 | 0.9930 | 0.9843 |
| 0.413 | 0.4174 | 0.9895 | 0.9786 | 0.448 | 0.4511 | 0.9931 | 0.9844 |
| 0.414 | 0.4183 | 0.9896 | 0.9788 | 0.449 | 0.4521 | 0.9932 | 0.9846 |
| 0.415 | 0.4193 | 0.9898 | 0.9790 | 0.450 | 0.4531 | 0.9933 | 0.9847 |
| 0.416 | 0.4203 | 0.9899 | 0.9792 | 0.451 | 0.4540 | 0.9934 | 0.9848 |
| 0.417 | 0.4212 | 0.9900 | 0.9794 | 0.452 | 0.4550 | 0.9935 | 0.9849 |
| 0.418 | 0.4222 | 0.9901 | 0.9795 | 0.453 | 0.4560 | 0.9935 | 0.9851 |
| 0.419 | 0.4231 | 0.9902 | 0.9797 | 0.454 | 0.4569 | 0.9936 | 0.9852 |
| 0.420 | 0.4241 | 0.9904 | 0.9798 | 0.455 | 0.4579 | 0.9937 | 0.9853 |
| 0.421 | 0.4251 | 0.9905 | 0.9800 | 0.456 | 0.4589 | 0.9938 | 0.9855 |
| 0.422 | 0.4260 | 0.9906 | 0.9802 | 0.457 | 0.4599 | 0.9938 | 0.9857 |

续表 H.0.1

| d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H'_0 | d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H'_0 |
|---------|--------|-------------------|----------|---------|--------|-------------------|----------|
| 0.458 | 0.4608 | 0.9939 | 0.9858 | 0.487 | 0.4891 | 0.9957 | 0.9892 |
| 0.459 | 0.4618 | 0.9940 | 0.9859 | 0.488 | 0.4901 | 0.9958 | 0.9893 |
| 0.460 | 0.4628 | 0.9941 | 0.9860 | 0.489 | 0.4911 | 0.9958 | 0.9895 |
| 0.461 | 0.4637 | 0.9941 | 0.9862 | 0.490 | 0.4920 | 0.9959 | 0.9896 |
| 0.462 | 0.4647 | 0.9942 | 0.9863 | 0.491 | 0.4930 | 0.9959 | 0.9897 |
| 0.463 | 0.4657 | 0.9943 | 0.9864 | 0.492 | 0.4940 | 0.9960 | 0.9898 |
| 0.464 | 0.4666 | 0.9944 | 0.9865 | 0.493 | 0.4950 | 0.9960 | 0.9899 |
| 0.465 | 0.4676 | 0.9944 | 0.9867 | 0.494 | 0.4960 | 0.9961 | 0.9899 |
| 0.466 | 0.4686 | 0.9945 | 0.9868 | 0.495 | 0.4969 | 0.9961 | 0.9900 |
| 0.467 | 0.4695 | 0.9946 | 0.9869 | 0.496 | 0.4979 | 0.9962 | 0.9901 |
| 0.468 | 0.4705 | 0.9946 | 0.9871 | 0.497 | 0.4989 | 0.9962 | 0.9902 |
| 0.469 | 0.4715 | 0.9947 | 0.9872 | 0.498 | 0.4999 | 0.9963 | 0.9903 |
| 0.470 | 0.4425 | 0.9947 | 0.9873 | 0.499 | 0.5009 | 0.9963 | 0.9904 |
| 0.471 | 0.4735 | 0.9948 | 0.9874 | 0.500 | 0.5018 | 0.9964 | 0.9905 |
| 0.472 | 0.4744 | 0.9949 | 0.9875 | 0.510 | 0.5117 | 0.9968 | 0.9914 |
| 0.473 | 0.4754 | 0.9949 | 0.9876 | 0.520 | 0.5215 | 0.9972 | 0.9922 |
| 0.474 | 0.4764 | 0.9950 | 0.9877 | 0.530 | 0.5314 | 0.9975 | 0.9930 |
| 0.475 | 0.4774 | 0.9951 | 0.9878 | 0.540 | 0.5412 | 0.9978 | 0.9936 |
| 0.476 | 0.4783 | 0.9951 | 0.9880 | 0.550 | 0.5511 | 0.9980 | 0.9942 |
| 0.477 | 0.4793 | 0.9952 | 0.9881 | 0.560 | 0.5610 | 0.9983 | 0.9947 |
| 0.478 | 0.4803 | 0.9952 | 0.9882 | 0.570 | 0.5709 | 0.9985 | 0.9953 |
| 0.479 | 0.4813 | 0.9953 | 0.9883 | 0.580 | 0.5808 | 0.9987 | 0.9957 |
| 0.480 | 0.4822 | 0.9953 | 0.9885 | 0.590 | 0.5907 | 0.9988 | 0.9962 |
| 0.481 | 0.4832 | 0.9954 | 0.9886 | 0.600 | 0.6006 | 0.9990 | 0.9965 |
| 0.482 | 0.4842 | 0.9955 | 0.9887 | 0.700 | 0.7002 | 0.9997 | 0.9988 |
| 0.483 | 0.4852 | 0.9955 | 0.9888 | 0.800 | 0.8001 | 0.9999 | 0.9996 |
| 0.484 | 0.4862 | 0.9956 | 0.9889 | 0.900 | 0.9000 | 1.0000 | 0.9999 |
| 0.485 | 0.4871 | 0.9956 | 0.9890 | 1.000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0.486 | 0.4881 | 0.9957 | 0.9891 | | | | |

附录 J 规则波绕射系数

J.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,可分别按下述方法确定。

J.0.1.1 斜坡堤后的绕射系数可按下列公式计算:

$\theta \leq \theta_0$ 的掩护区

$$K_d = \frac{1}{2} \left\{ \exp \left[-\frac{3}{4} \left(\frac{r}{L} \right)^{1/3} (\theta_0 - \theta) \right] + \exp \left[-3 \left(\frac{r}{L} \right)^{1/3} (\theta_0 + \theta) \right] \right\} \quad (\text{J.0.1-1})$$

$\theta \geq \theta_0$ 的开敞区

$$K_d = 1 - \frac{1}{2} \left\{ \exp \left[-3 \left(\frac{r}{L} \right)^{1/3} (\theta_0 - \theta) \right] - \exp \left[-3 \left(\frac{r}{L} \right)^{1/3} (\theta_0 + \theta) \right] \right\} \quad (\text{J.0.1-2})$$

式中 K_d ——规则波的绕射系数;

r ——堤后计算点与堤头间的距离(m);

L ——波长(m);

θ_0 ——入射波向线与单突堤轴线间的夹角(rad);

θ ——堤后计算点与堤头的连线同堤轴线之间的内角(rad)。

J.0.1.2 直立堤后的绕射系数可按下列公式计算:

$\theta \leq \theta_0$ 的掩护区

$$K_d = \frac{1}{2} \left\{ \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{r}{L} \right)^{m/2} (\theta_0 - \theta) \right] + \exp \left[-1.9 \left(\frac{r}{L} \right)^{1/6} (1 + \theta_0 - \theta) \theta_0^{1/4} \right] \right\} \quad (\text{J.0.1-3})$$

$$m = 1 - \frac{7}{50} (\theta_0 - \theta) \quad (\text{J.0.1-4})$$

$\theta \geq \theta_0$ 的开敞区

$$K_d = 1 - \frac{n}{2} \left\{ 1 - \exp \left[-1.9 \left(\frac{r}{L} \right)^{1/6} \theta_0^{1/4} \right] \right\} \quad (\text{J.0.1-5})$$

$$n = \exp \left[-1.5 \left(\frac{r}{L} \right)^{1/2} (\theta - \theta_0)^2 \right] \quad (\text{J.0.1-6})$$

式中 K_d ——规则波的绕射系数;

r ——堤后计算点与堤头间的距离(m);

L ——波长(m);

θ_0 ——入射波向线与单突堤轴线间的夹角(rad);

θ ——堤后计算点与堤头的连线同堤轴线之间的内角(rad)。

J.0.2 $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$ 且 $B'/L \leq 5$ 时,可按图 J.0.2 查出双突堤后的规则波绕射系数, $K_d > 1$ 时取 $K_d = 1$; $B'/L > 5$ 时,可对左右两堤分别按单突堤计算。

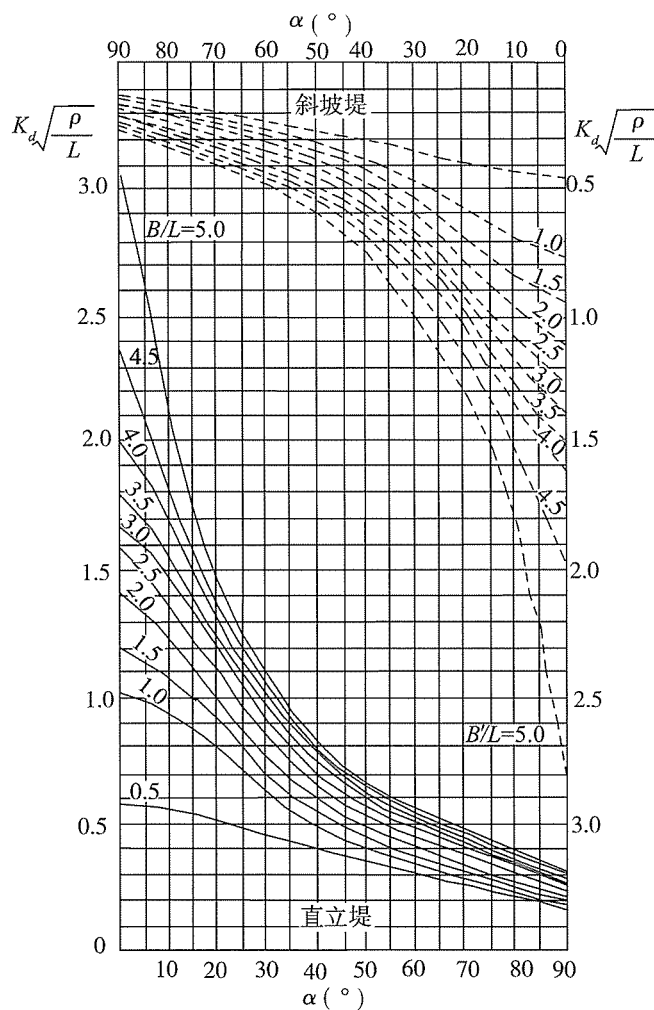


图 J.0.2 双突堤后规则波绕射系数 K_d

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($^\circ$)。

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

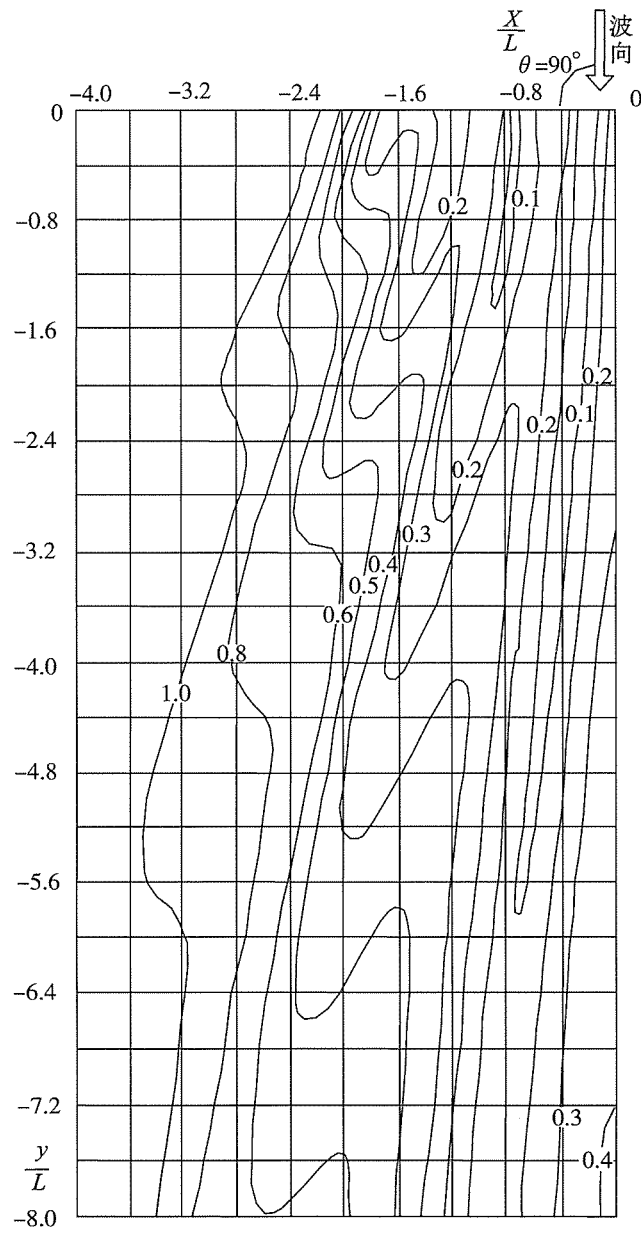


图 J.0.3-1 岛式防波堤后规则波绕射系数 $K_d \left(\frac{l}{L} = 4, \theta_0 = 90^\circ \right)$

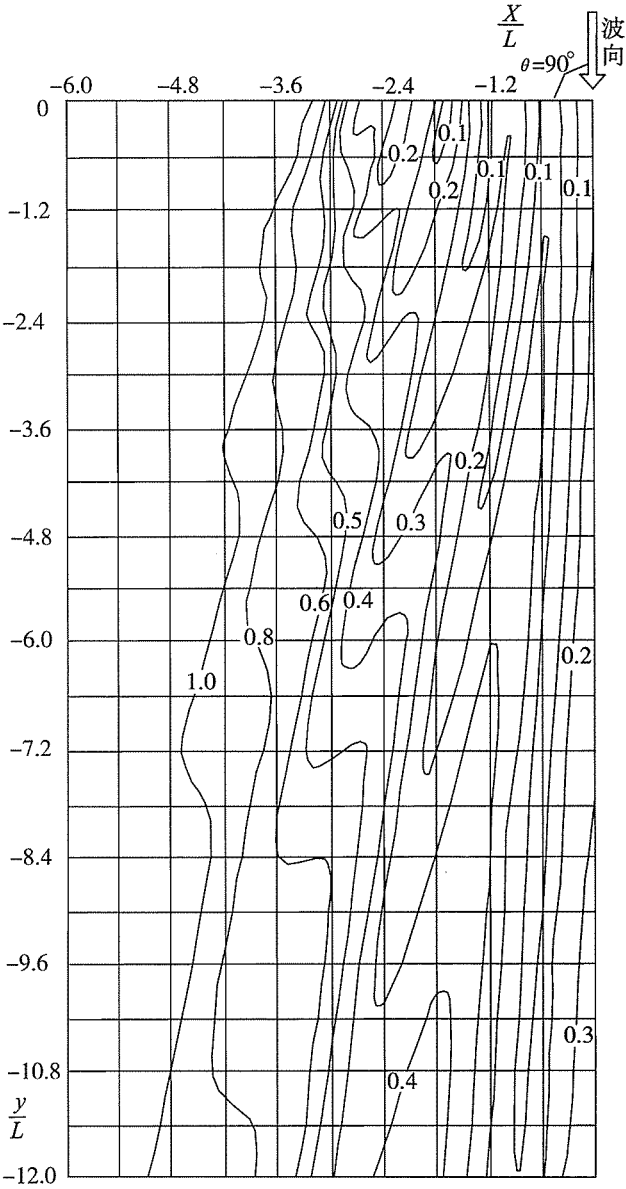


图 J.0.3-2 岛式防波堤后规则波绕射系数 $K_d \left(\frac{l}{L} = 6, \theta_0 = 90^\circ \right)$

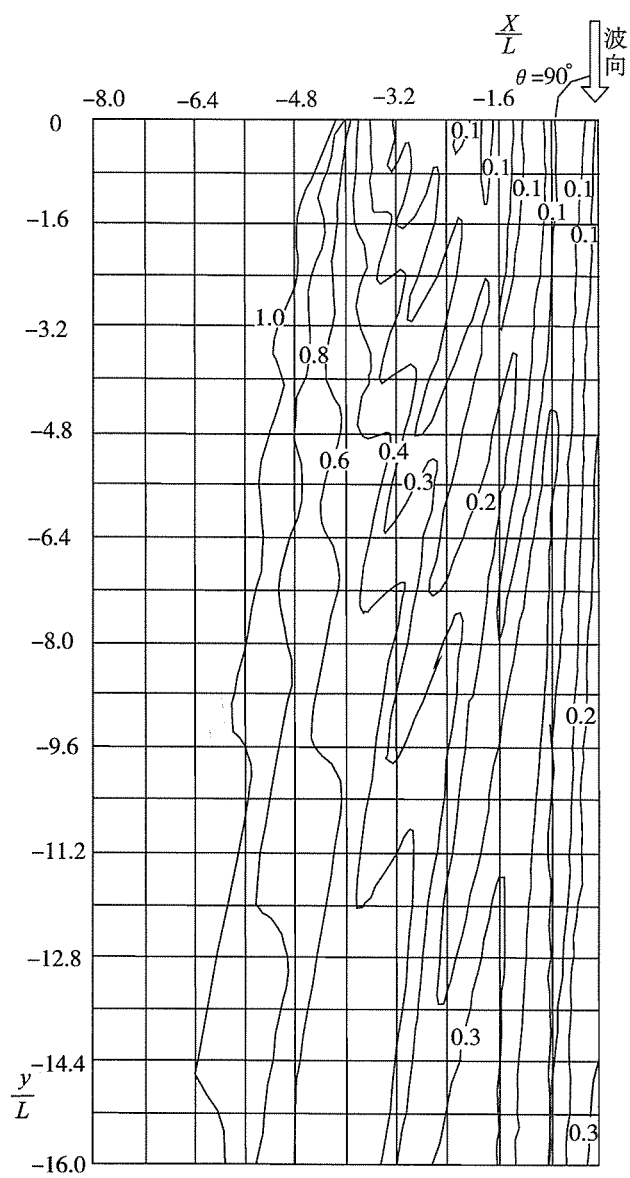


图 J.0.3-3 岛式防波堤后规则波绕射系数 $K_d \left(\frac{l}{L} = 8, \theta_0 = 90^\circ \right)$

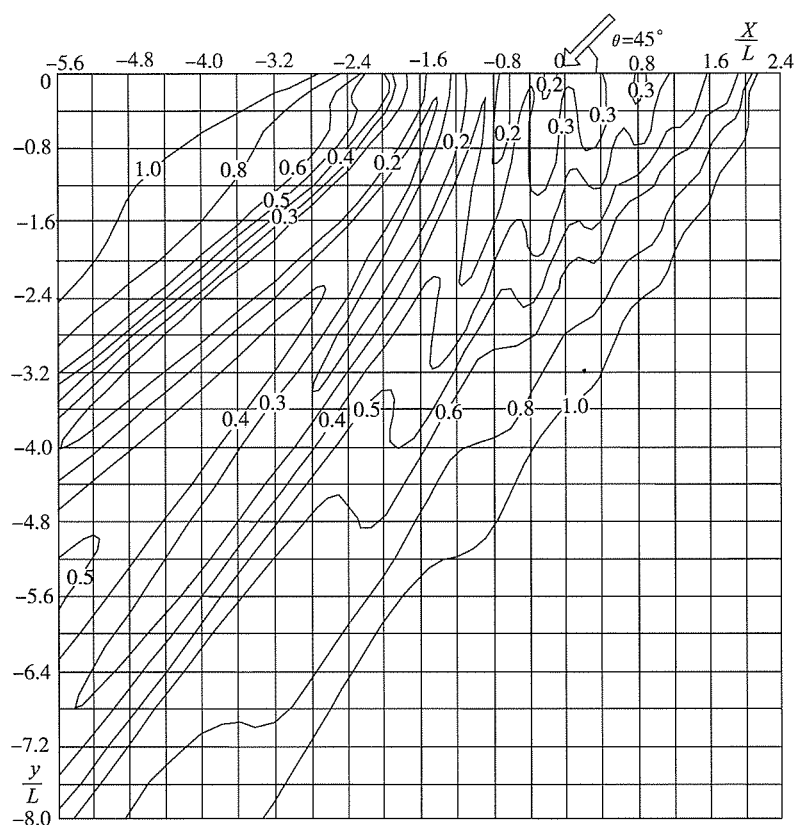


图 J.0.3-4 岛式防波堤后规则波绕射系数 $K_d \left(\frac{l}{L} = 4, \theta_0 = 45^\circ \right)$

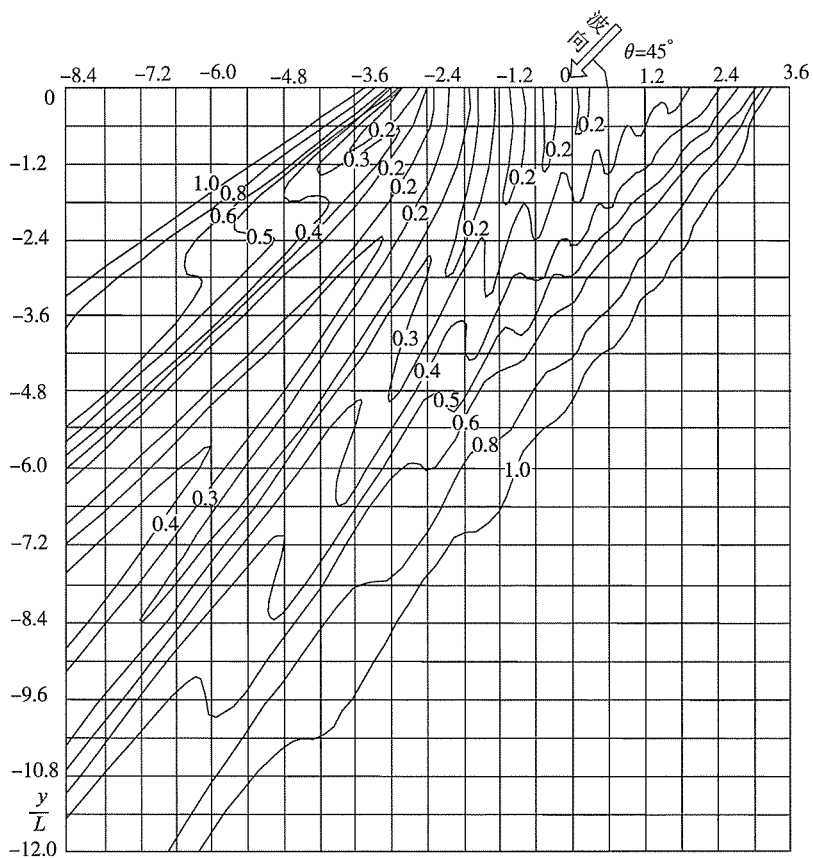


图 J.0.3-5 岛式防波堤后规则波绕射系数 $K_d \left(\frac{l}{L} = 6, \theta_0 = 45^\circ \right)$

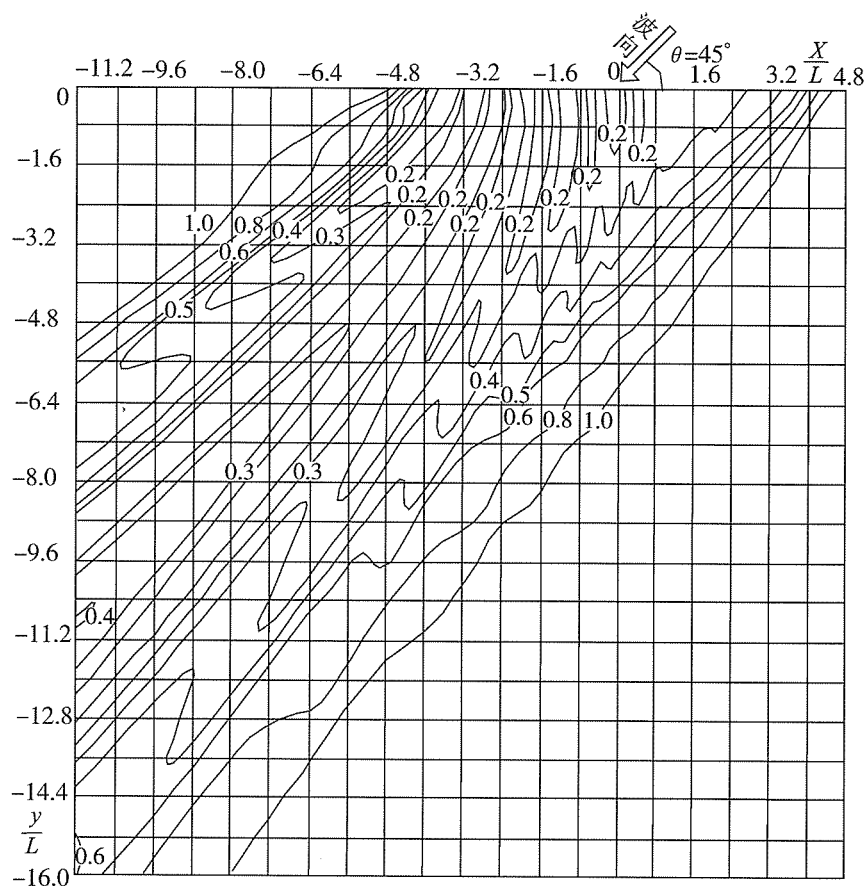


图 J.0.3-6 岛式防波堤后规则波绕射系数 $K_d \left(\frac{l}{L} = 8, \theta_0 = 45^\circ \right)$

附录 K 圆柱底面上波浪浮托力和波流浮托力的计算方法

K.0.1 以惯性力为主的小尺度圆柱和 $D/L \leq 0.3$ 的大尺度圆柱,底面上波浪浮托力和波流浮托力可按本附录的方法计算。

K.0.2 任何相位时圆柱底面上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:

$$P_u = \frac{\gamma H D^2}{4} \frac{\text{ch}(2\pi z/L)}{\text{ch}(2\pi d/L)} (f_2 \sin \omega t - f_0 \cos \omega t) \quad (\text{K.0.2-1})$$

$$M_u = \frac{\gamma H D^3}{32} \frac{\text{ch}(2\pi z/L)}{\text{ch}(2\pi d/L)} (f_3 \sin \omega t + f_1 \cos \omega t) \quad (\text{K.0.2-2})$$

式中 P_u ——波浪浮托力(kN);
 γ ——水的重度(kN/m³);
 H ——建筑物所在处进行波波高(m);
 D ——柱体的直径(m);
 z ——计算点在水底面以上的高度(m);
 L ——波长(m);
 d ——计算水深(m);
 ω ——圆频率(s⁻¹);
 t ——时间(s);
 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。

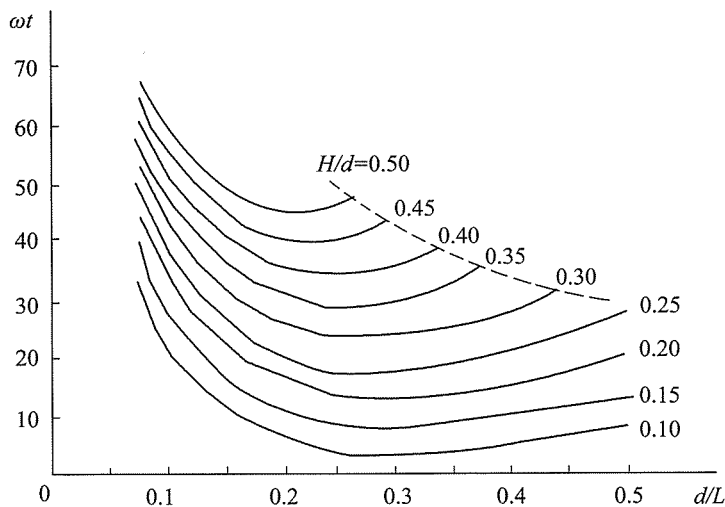


图 K.0.3 最大水平总波浪力时的相位

K.0.3 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和浮托力矩可按式(K.0.2-1)和式(K.0.2-2)计算,最大水平总波浪力时的相位可按图 K.0.3 确定。

K.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,再按本附录计算波浪浮托力和浮托力矩。

附录 L 方形或矩形柱体上波浪力的计算方法

L.0.1 $b/L > 0.2$ 时,作用于方形或 $a/b \leq 1.5$ 的矩形断面柱体上的波流力可按本附录的方法计算。

L.0.2 $b/L = 0.2 \sim 0.9$ 、 $1/3 \leq d_1/d \leq 2/3$ 且 $d_1 > 1.7H$ 时,波浪力可按下述方法计算。

L.0.2.1 波浪正向作用时可按下述方法计算。

(1) 最大水平总波浪力 P_{\max} 按下式计算:

$$P_{\max} = 0.355\gamma bHL \left(\frac{\pi}{8} \operatorname{th} \frac{2\pi d}{L} \right) \quad (\text{L.0.2-1})$$

(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 按下式计算:

$$p_s = 0.375\gamma HL \left(\frac{b}{L} \right)^{2/3} \quad (\text{L.0.2-2})$$

(3) 基床面水深为 d_1 处的波浪力 p_{d_1} 按下式计算:

$$p_{d_1} = \gamma HL \left[0.68 \frac{b}{d_1} \left(\frac{\pi}{8} \operatorname{th} \frac{2\pi d}{L} \right) - 0.388 \left(\frac{b}{L} \right)^{2/3} \left(1 + \frac{H}{d_1} \right) \right] \quad (\text{L.0.2-3})$$

(4) 柱底面上的波浪总浮托力 P_u 按下式计算:

$$P_u = \mu \frac{ap_{d_1}}{2} \quad (\text{L.0.2-4})$$

式中 P_{\max} ——最大水平总波浪力 (kN);

γ ——水的重度 (kN/m³);

b ——矩形柱体断面垂直于波向的宽度 (m);

H ——建筑物所在处进行波的波高 (m);

L ——波长 (m);

d ——建筑物前水深 (m);

p_s ——静水面处的波浪力 (kN/m);

p_{d_1} ——基床面水深为 d_1 处的波浪力 (kN/m);

d_1 ——基床上水深 (m);

P_u ——波浪总浮托力 (kN);

μ ——波浪浮托力分布图的折减系数, μ 按表 L.0.2 确定;

a ——矩形柱体断面平行于波向的宽度 (m)。

折 减 系 数 μ

表 L.0.2

| 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 |

L.0.2.2 波向线与柱体断面轴线成 45° 夹角时,最大水平总波浪力可按下列公式计算:

$$P_{\max} = 0.205 \gamma H L^2 \left(\frac{\pi}{8} \tanh \frac{2\pi d}{L} \right) \left(\frac{l}{L} \right)^{0.867} \quad (\text{L.0.2-5})$$

式中 P_{\max} ——最大水平总波浪力 (kN);

γ ——水的重度 (kN/m³);

H ——建筑物所在处进行波的波高 (m);

L ——波长 (m);

d ——建筑物前水深 (m);

l ——柱体断面对角线的长度 (m)。

L.0.3 $b/L = 0.2 \sim 0.9$ 、 $d_1/d > 2/3$ 且 $d_1 > 1.7H$ 时,波浪力可用折算直径 D 按第 8.3.6 条进行计算。折算直径可按下列公式计算:

$$D = \sqrt{\frac{4ab}{\pi}} \quad (\text{L.0.3})$$

式中 D ——折算直径 (m);

a, b ——矩形柱体断面平行和垂直于波向的宽度 (m)。

附录 M 近岸海区内风海流的估算方法

M.0.1 海流实测资料不足时,风海流的流速可按下式估算:

$$V_u = KU \quad (\text{M.0.1})$$

式中 V_u ——风海流的流速(m/s);

K ——系数, $0.024 \leq K \leq 0.030$;

U ——平均海面上 10 m 处的 10 min 平均风速(m/s)。

M.0.2 近岸的风海流流向可近似与等深线方向一致。

附录 N 沙质海岸沿岸输沙率的计算方法

N.0.1 沙质海岸沿岸输沙率的计算可采用波能法和沿岸流法,并应估算年输沙量。

N.0.2 海岸线比较平直时,沙质海岸沿岸输沙率可采用波能法按下列公式计算:

$$q = 0.64 \times 10^{-2} K' \delta_0 H_b^2 C_b n_b \sin 2\alpha_b \quad (\text{N.0.2-1})$$

$$K' = \left(3500 \frac{D}{D^4 + 2} \right)^{(11 - 100\delta_0)/10} \quad (\text{N.0.2-2})$$

$$\delta_0 = \frac{H_0}{L_0} \quad (\text{N.0.2-3})$$

$$H_b = K_r K_s H_0 \quad (\text{N.0.2-4})$$

$$C_b = \frac{L_b}{T} \quad (\text{N.0.2-5})$$

$$n_b = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{\frac{4\pi d_b}{L_b}}{\text{sh} \frac{4\pi d_b}{L_b}} \right) \quad (\text{N.0.2-6})$$

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 小于 90° ;

D ——泥沙中值粒径(mm);

H_0 ——深水波高(m);

L_0 ——深水波长(m);

K_r ——折射系数;

K_s ——浅水系数;

L_b ——破碎波长(m);

T ——周期(s);

d_b ——破碎水深(m)。

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。

N.0.3 破碎水深 d_b 可按第 6.2.2 条规定确定。破碎波长 L_b 可根据破碎时的相对水深 d_b/L_0 按附录 H 确定。

N.0.4 海岸线比较平直,且具备所要求的计算条件时,沿岸输沙率也可采用沿岸流法确定,并应符合下列规定。

N.0.4.1 沿岸流平均流速 V 的横向分布可按下列公式计算:

$$V = \begin{cases} X \leq 1 \text{ 时} & B_1 X^{p_1} + A_0 X \\ X > 1 \text{ 时} & B_2 X^{p_2} \end{cases} \quad (\text{N.0.4-1})$$

$$V = \frac{v}{v_0} \quad (\text{N.0.4-2})$$

$$X = \frac{x}{x_b} \quad (\text{N.0.4-3})$$

$$v_0 = \frac{5\pi r_b}{16f_b} (gd_b)^{1/2} (\tan\beta \sin\alpha_b) \quad (\text{N.0.4-4})$$

$$f = \begin{cases} 1.47 < \frac{a_b}{r_*} < 3000 \text{ 时} & \exp \left[-5.977 + 5.213 \left(\frac{a_b}{r_*} \right)^{-0.194} \right] \\ \frac{a_b}{r_*} < 1.47 \text{ 时} & 0.32 \end{cases} \quad (\text{N.0.4-5})$$

$$a_b = \frac{H}{2} \left(\text{sh} \frac{2\pi d}{L} \right)^{-1} \quad (\text{N.0.4-6})$$

$$B_1 = \frac{p_2 - 1}{p_1 - p_2} A_0 \quad (\text{N.0.4-7})$$

$$B_2 = \frac{p_1 - 1}{p_1 - p_2} A_0 \quad (\text{N.0.4-8})$$

$$p_{1,2} = -\frac{3}{4} \pm \left(\frac{9}{16} + \frac{1}{P} \right)^{1/2} \quad (\text{N.0.4-9})$$

$$A_0 = \left(1 - \frac{5}{2} P \right)^{-1} \quad (\text{N.0.4-10})$$

式中 V ——无量纲流速参数;

X ——无量纲距离参数;

v ——离海岸线 x 距离处的沿岸流平均流速 (m/s);

v_0 ——沿岸流平均流速参考值 (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 ——破碎波高 H_b 与破碎水深 d_b 之比;

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 (m);

f_b ——波浪破碎点的 f 值;

g ——重力加速度 (m/s^2);

β ——海床坡角 ($^\circ$);

- α_b ——波浪破碎角($^\circ$);
 f ——床面摩擦系数;
 a_b ——临近床面的水质点运动振幅;
 r_* ——床面糙度,可取 r_* 为 $120D$ (m);
 D ——床面泥沙中值粒径(m);
 H ——波高(m);
 d ——水深(m);
 L ——波长(m),由周期为 $1.15 \bar{T}$ 算得;
 P ——横向掺混系数,可近似取为 0.1。

N.0.4.2 床面摩擦系数 f 也可按图 N.0.4-1 确定。

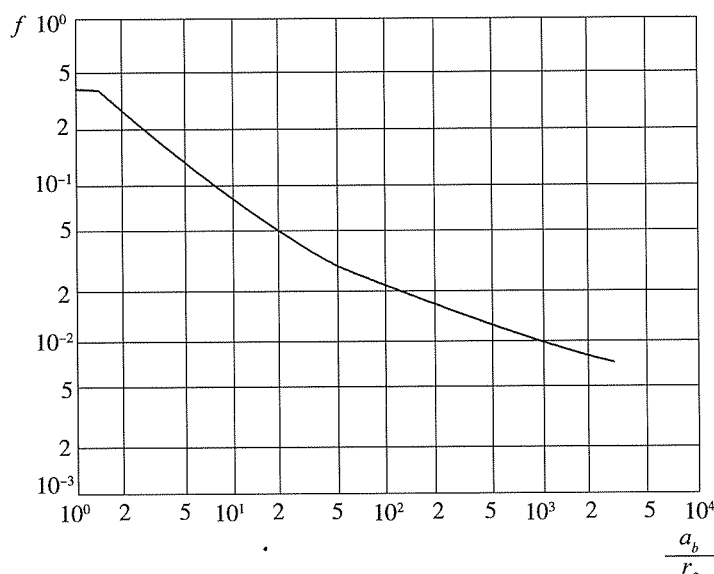


图 N.0.4-1 床面摩擦系数 f

N.0.4.3 沿岸流最大相对流速可按式(N.0.4-11)和式(N.0.4-12)计算,其中 p_1 、 p_2 按式(N.0.4-9)计算, A_0 按式(N.0.4-10)计算。

$$V_m = \left(1 - \frac{1}{p_1}\right) A_0 X_m \quad (\text{N.0.4-11})$$

$$X_m = \left[\frac{p_1 - p_2}{p_1(1 - p_2)} \right]^{1/(p_1 - 1)} \quad (\text{N.0.4-12})$$

式中 V_m ——沿岸流最大相对流速;

X_m ——最大沿岸流速的相对位置。

N.0.4.4 沿岸输沙率可按下述方法计算。

(1) 波浪和沿岸流共同作用下的沿岸输沙率 q 按下式计算:

$$\begin{aligned}
 q &= \sum q_{Ti} = \sum q_{si} + \sum q_{bi} \\
 &= \sum_{i=1}^n \left\{ \alpha_i u_{*i} C_{\delta i} \delta \times \left[4.62 \left(2 + \frac{1}{\alpha_i K_i} I_{1i} + \frac{4.62}{\alpha_i K_i} I_{2i} \right) \right] + \frac{S_{*i}}{6} \alpha_i u_{*i} C_{bi} \delta_i \right\} \quad (\text{N.0.4-13})
 \end{aligned}$$

(2) 单宽输沙率计算公式为:

$$q_T = \int_0^d C u dz \quad (\text{N.0.4-14})$$

(3) 单宽悬移质输沙率计算公式为:

$$q_s = \int_{\delta}^d C u dz = \alpha u_* C_{\delta} \delta \left[4.62 \left(2 + \frac{1}{\alpha K} \right) I_1 + \frac{4.62}{\alpha K} I_2 \right] \quad (\text{N.0.4-15})$$

(4) 单宽底沙输沙率计算公式为:

$$q_b = \int_0^{\delta} C u dz = \frac{S_*}{6} \alpha u_* C_b \delta \quad (\text{N.0.4-16})$$

$$\delta = d \times 10^{-(1/2.3)[vK/2u_* + 1]} \quad (\text{N.0.4-17})$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \frac{v}{u_*} \quad (\text{N.0.4-18})$$

$$u_* = \frac{v}{2} \left(\frac{1}{2f} \right)^{1/2} \quad (\text{N.0.4-19})$$

$$C_{\delta} = C_b f \left(\frac{\omega}{u_{*T}} \right) \quad (\text{N.0.4-20})$$

$$C_b \begin{cases} = \frac{-0.0064 + \sqrt{4.1 \times 10^{-5} + 0.392 \tau_{bT}}}{0.196} \\ \leq C_M = 0.755 + 0.222 \lg D & \text{当 } D \geq 0.02 \text{ mm} \\ \leq C_K = 15.4D + 0.07 & \text{当 } D < 0.02 \text{ mm} \end{cases} \quad (\text{N.0.4-21})$$

$$\tau_{bT} = \rho u_{*T}^2 \times 10^4 \quad (\text{N.0.4-22})$$

$$u_{*T} = \left[1 + \frac{f}{2} \left(\frac{u_b}{u_*} \right)^2 \right]^{1/2} u_* \quad (\text{N.0.4-23})$$

$$u_b = \pi H \left(T \text{sh} \frac{2\pi d}{L} \right)^{-1} \quad (\text{N.0.4-24})$$

$$S_* = 0.033 D^{-0.603} \quad (\text{N.0.4-25})$$

式中 q ——沿岸输沙率 (m^3/s);
 q_T ——单宽输沙率 ($\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$);
 q_s ——单宽悬移质输沙率 ($\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$);
 q_b ——单宽底沙输沙率 ($\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$);
 i ——横断面上的计算段数;
 n ——任意正整数;
 u_* ——水流的摩阻流速 (m/s);
 C_{δ} ——床面层上的含沙量 (相对体积比);
 δ ——床面层厚度 (mm);
 K ——卡门常数, 近似取为 K_w , 见第 N.0.4.4 款第 (7) 项;
 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);

C_b, C_M, C_K ——含沙量参数;

d ——水深(m);

v ——离海岸线 x 距离处的沿岸流平均流速(m/s);

f ——床面摩擦系数;

ω ——泥沙沉降速度(m/s);

u_{*T} ——综合摩阻流速(m/s);

τ_{bT} ——波浪和水流作用在床面上的综合切应力(N/cm^2);

D ——泥沙中值粒径(mm);

ρ ——水的密度($\text{N} \cdot \text{s}^2/\text{cm}^4$);

u_b ——床面上的波浪水质点运动最大速度(m/s);

H ——波高(m);

T ——周期(s);

L ——波长(m)。

(5) 函数 $f\left(\frac{\omega}{u_{*T}}\right)$ 按图 N.0.4-2 确定。

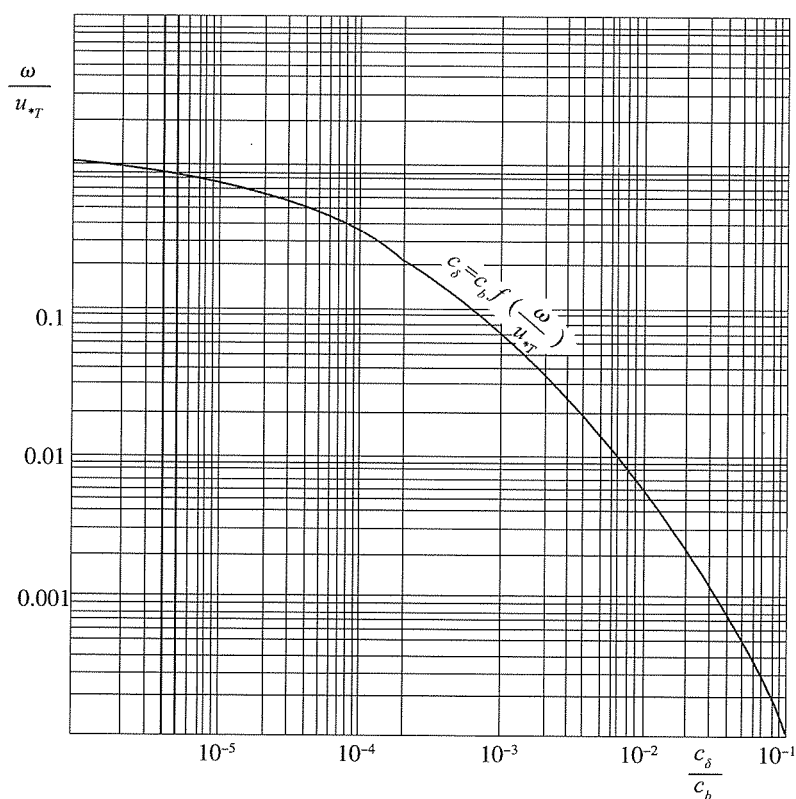


图 N.0.4-2 函数 $f\left(\frac{\omega}{u_{*T}}\right) = \frac{C_\delta}{C_b}$ 计算图

(6) 式(N.0.4.13)和式(N.0.4.15)中积分式 I_1 和 I_2 分别按图 N.0.4-3 和图 N.0.4-4 确定。

(7) 卡门常数 K 近似等于 K_w , $v/u_* \leq 17$ 时, K_w 按图 N.0.4-5 确定; $v/u_* > 17$ 时, K_w

按图 N.0.4-6 确定。

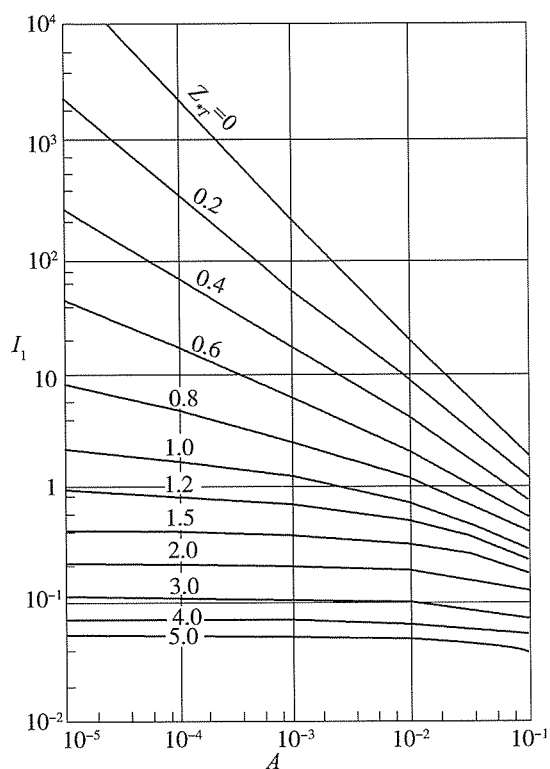


图 N.0.4-3 积分式 I_1 与 A 的关系图

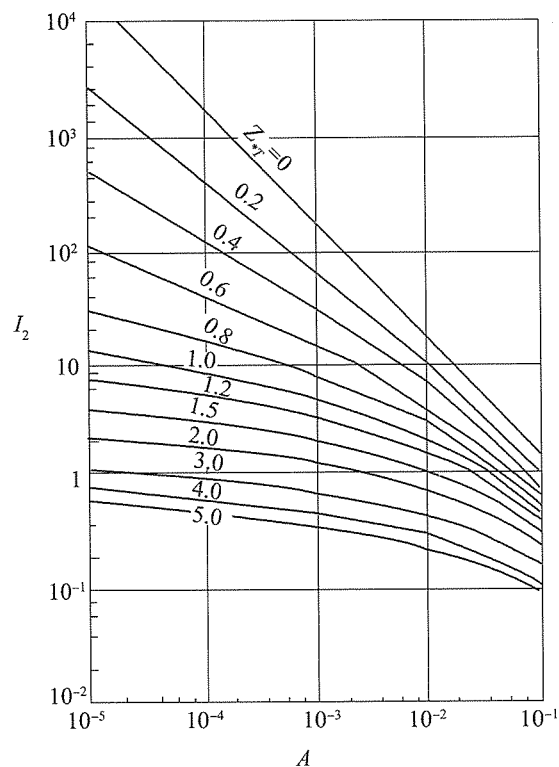


图 N.0.4-4 积分式 I_2 与 A 的关系图

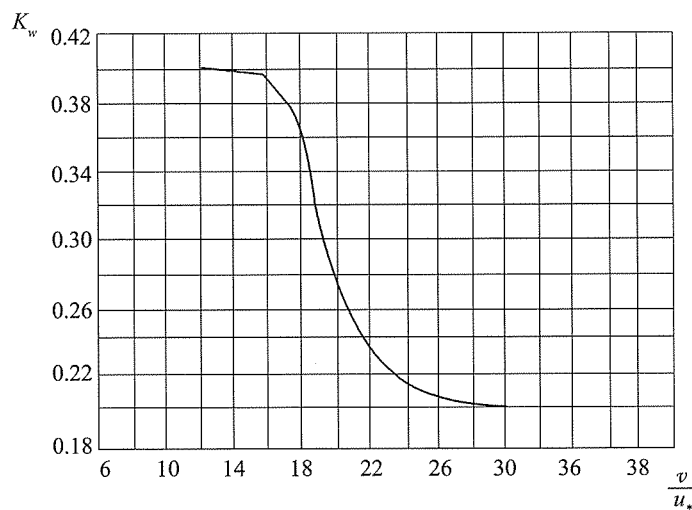


图 N.0.4-5 K_w 曲线(一)

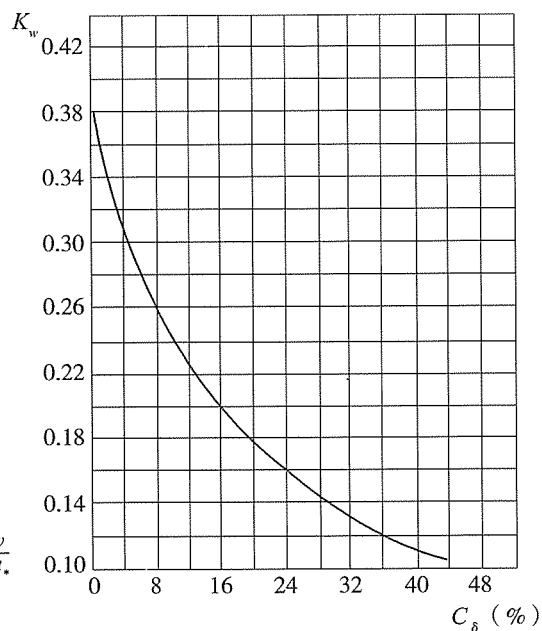


图 N.0.4-6 K_w 曲线(二)

(8) 进行沿岸输沙量计算时,波向按 16 个方位划分。周期和波高适当分级,统计一年或某一时间内各个方位的不同周期和波高的出现次数和出现频率 p , 离岸浪不计入。每级波浪在统计期内的作用时间为 pt , 作用时间 t 以秒为单位。按上述的分级情况,对各

波向和周期的波浪分别进行近岸波浪变形计算,求得破碎水深 d_b 、破碎波高 H_b 和破碎角 α_b 等。

N.0.4.5 总输沙量和净输沙量可按式(N.0.4-26)和式(N.0.4-27)计算。每级波浪的沿岸输沙率 q 可按式(N.0.2-1)或式(N.0.4-13)计算, qpt 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,区别 qpt 是正向或逆向。

$$Q_s = \sum (+) qpt + \sum (-) qpt \quad (\text{N.0.4-26})$$

$$Q_N = \sum (+) qpt - \sum (-) qpt \quad (\text{N.0.4-27})$$

式中 Q_s ——总输沙量(m^3),式中正、负号分别表示为正向和逆向;

Q_N ——净输沙量(m^3),式中正、负号分别表示为正向和逆向;

q ——每级波浪的沿岸输沙率;

qpt ——每级波浪在统计期内的输沙量。

附录 P 淤泥质海岸航道和港池的淤积计算

P.0.1 淤泥质海岸悬移质泥沙运动造成的航道和港池淤积,可按本附录的方法进行估算;其他类型海岸悬移质泥沙运动造成的航道和港池淤积可参照本附录的方法进行估算。

注:本附录的计算公式中未考虑船舶航行对泥沙淤积的影响。

P.0.2 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列公式计算:

$$P_1 = \frac{\omega S_1 t}{\gamma_0} \left\{ K_1 \left[1 - \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^3 \right] \sin \theta + K_2 \left[1 - \frac{1}{2} \frac{d_1}{d_2} \left(1 + \frac{d_1}{d_2} \right) \right] \cos \theta \right\} \quad (\text{P.0.2-1})$$

$$P_1 = \frac{\alpha \omega S_1 t}{\gamma_0} \left[1 - \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^{0.56} \cos^2 \theta - \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^3 \sin^2 \theta \right] \quad (\text{P.0.2-2})$$

式中 P_1 ——航道底面的淤积强度(m/a);

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 ——淤积物的干容重(kg/m³);

K_1 、 K_2 ——分别为横流和顺流淤积系数,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(°);

α ——经验系数,可取为 0.45。

P.0.3 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列公式计算:

$$P_2 = \frac{K_0 \omega S'_1 t}{\gamma_0} \left[1 - \left(\frac{d'_1}{d'_2} \right)^3 \right] \exp \left[\frac{1}{2} \left(\frac{A}{A_0} \right)^{1/3} \right] \quad (\text{P.0.3})$$

式中 P_2 ——港池底面的淤积强度(m/a);

K_0 ——经验系数,在缺少现场资料的情况下,可取 0.14 ~ 0.17;

ω ——细颗粒泥沙的絮凝沉降速度(m/s);

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/m³);

t ——淤积历时(s);

γ_0 ——淤积物的干容重(kg/m³);

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(m²);

A_0 ——港内总水域面积,包括港池和港内的水下浅滩(m^2)。

P.0.4 式(P.0.3)可用于有掩护港口的港池、码头前沿停泊水域、回旋水域和港内航道等的淤积计算外,也可用于挖入式港池、开敞式码头的停泊和回旋水域等的淤积计算。

P.0.5 双堤掩护环抱式淤泥质或粉沙质港口,港内浅滩水域冲淤平衡状态下港内开挖水域的淤积量和平均淤积强度可按下列公式计算:

$$Q = \frac{nh_{\Delta}S'_1A_0}{\gamma_0}\eta \quad (\text{P.0.5-1})$$

$$P_2 = \frac{nh_{\Delta}S'_1A_0}{\gamma_0A'}\eta \quad (\text{P.0.5-2})$$

式中 Q ——计算时段开挖水域的淤积总量(m^3);

n ——计算时段涨潮的潮次;

h_{Δ} ——计算时段海区的平均潮差(m);

S'_1 ——计算时段口门处平均含沙量(kg/m^3);

A_0 ——港内总水域面积(m^2);

γ_0 ——淤积物的干容重(kg/m^3);

η ——回淤率;

P_2 ——计算时段开挖水域的平均淤积强度(m);

A' ——港内开挖水域面积(m^2), $A' = A_0 - A$;

A ——港内水下浅滩的水域面积(m^2)。

P.0.6 海床冲淤平衡的淤泥质海岸,水流与码头岸线夹角较小时,顺岸开敞式码头港池开挖后平均淤积强度可按下列公式计算:

$$P_2 = \frac{\alpha\omega S'_1 t}{\gamma_0} \left[1 - \left(\frac{d'_1}{d'_2} \right)^{\beta} \right] \quad (\text{P.0.6-1})$$

$$\beta = -0.32 \ln \left(\frac{L}{B} \right) + 0.99 \quad (\text{P.0.6-2})$$

式中 P_2 ——港池底面的淤积强度(m);

α ——系数,取 0.45;

ω ——泥沙沉降速度(m/s);

S'_1 ——计算水域的平均含沙量(kg/m^3);

t ——淤积历时(s);

γ_0 ——淤积物的干容重(kg/m^3);

d'_1 、 d'_2 ——分别代表港池外滩面的平均水深和港池开挖后的水深(m);

β ——综合指数;

L ——港池长度(m);

B ——港池宽度(m)。

P.0.7 第 P.0.2 条、第 P.0.3 条、第 P.0.5 条、第 P.0.6 条中平均含沙量 S_1 或 S'_1 可按以下方法确定。

P.0.7.1 河口附近的浅滩水域受河口排沙影响时,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。

P.0.7.2 浅滩水域附近没有河口排沙时,其含沙量应主要考虑浅滩泥沙在风浪和潮流综合作用下的掀沙能力,缺少现场观测资料时,平均含沙量可按下列公式计算:

$$0.02 \leq \frac{(|V_1| + |V_2|)}{\sqrt{gd_1}} \leq 0.25 \text{ 时}$$

$$S_1 = 0.045 \frac{\gamma_s \gamma}{\gamma_s - \gamma} \frac{(|V_1| + |V_2|)^2}{gd_1} \quad (\text{P.0.7-1})$$

$$\vec{V}_1 = \vec{V}_T + \vec{V}_U \quad (\text{P.0.7-2})$$

$$\vec{V}_U = 0.02 \vec{U} \quad (\text{P.0.7-3})$$

$$V_2 = 0.2 \frac{H}{d_1} C \quad (\text{P.0.7-4})$$

式中 S_1 ——平均含沙量(kg/m^3);

γ_s ——泥沙颗粒的容重(kg/m^3);

\vec{V}_1 ——潮流和风吹流的时段平均合成流速(m/s);

\vec{V}_2 ——波浪水质点的平均水平速度(m/s);

d_1 ——滩面的平均水深(m);

\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)。

P.0.8 式(P.0.2-1)、式(P.0.2-2)、式(P.0.3)和式(P.0.6-1)中的泥沙絮凝沉降速度 ω 可取 $0.04 \sim 0.05 \text{ cm}/\text{s}$,或用现场观测值。分散体的粒径大于 0.03 mm 时,可按有关的泥沙沉降速度公式计算 ω 。

P.0.9 式(P.0.2)、式(P.0.3)、式(P.0.5)和式(P.0.6)中淤积物的干容重可按下列公式计算:

$$\gamma_0 = 1750 D_{50}^{0.183} \quad (\text{P.0.9})$$

式中 γ_0 ——干容重(kg/m^3),对淤泥质海岸可取 $600 \sim 900 \text{ kg}/\text{m}^3$;

D_{50} ——淤积物颗粒的中值粒径(mm)。

P.0.10 式(P.0.2)、式(P.0.3)和式(P.0.6)中水深 d_1 、 d_2 、 d'_1 和 d'_2 均可按平均潮位计算。

P.0.11 确定航道走向与水流流向之间的夹角 θ 时,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,求得合成流的流速和流向。

P.0.12 潮流和风吹流的合成流速和流向可按下列方法确定。

P.0.12.1 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;潮流近于往复流时,可概化成同等历时的两个方向的代表流速。

P.0.12.2 风吹流概化应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 ,按式(P.0.7-3)计算与各个风向和风速对应的风吹流流速。

P.0.12.3 合成流速时,应将每个风吹流流速都与概化的4个或2个方向的潮流流速合成4个或2个 \vec{V}_1 ,每个 \vec{V}_1 的历时可取 $t_u/4$ 或 $t_u/2$ 。

P.0.13 航道很长、浅滩水深 d_1 在沿航道方向变化较大时,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。航道年淤积强度超过1m时,宜将一年时间划分成若干时段分别计算,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。

P.0.14 式(P.0.3)和式(P.0.6)中 d'_1 和 S'_1 可按下列方法确定。

P.0.14.1 d'_1 可取港口口门外一定范围内浅滩水域的平均水深,该浅滩水域范围宜按口门为圆心、 R 为半径确定, R 为涨潮流的平均流速和涨潮流的历时的乘积。

P.0.14.2 S'_1 宜按上述范围内观测资料或式(P.0.7-1)确定。

P.0.15 式(P.0.3)和式(P.0.5)中 A_0 和 A 可按下列方法确定:

(1)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浅滩等的总水域面积;

(2)无防波堤掩护的港口,以港池的中心点为圆心、 R 为半径作圆来确定 A_0 , R 按第P.0.14条确定;

(3)计算港池淤积时, A 为港内水深小于港池水深的水域面积;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。

P.0.16 港内水域较大、港池和泊位数较多的港口,港池的淤积计算应分区进行。按入港潮流流路经过的先后次序可将港内水域划分为I、II、III...区,分别确定各区的 A_0 和 A 后,用式(P.0.3)计算淤积强度。第I区采用入港水体的含沙量,可根据第P.0.14条中的方法确定;第II区的含沙量采用入港水体的含沙量减去第I区落淤的含沙量;其余类推。

P.0.17 $A'/A_0 \geq 0.07$ 时,式(P.0.5)中回淤率 η 可按下列式计算:

$$\eta = \left[1 - \left(\frac{d'_1}{d'_2} \right)^3 \right] \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^{1/2} \ln \left[2.04 \left(1 - \frac{A}{A_0} \right)^{1/5} \right] \quad (\text{P.0.17})$$

式中 η ——回淤率;

d'_1 、 d'_2 ——分别代表港内水下浅滩的平均水深(对全开挖港池 d'_1 取开挖前浅滩平均水深)和开挖后的港池平均水深(m);

ω_1 ——基准泥沙沉降速度(m/s),取0.0005m/s;

ω_2 ——计算海区悬移质泥沙沉降速度(m/s);

A ——港内水下浅滩的水域面积(m²);

A_0 ——港内总水域面积,包括港池和港内的水下浅滩(m²);

A' ——港内开挖水域面积(m²), $A' = A_0 - A$ 。

附录 Q 粉沙质海岸航道的淤积计算

Q.0.1 粉沙质海岸泥沙运动造成的航道年淤积量,可分为正常天气的淤积量和大风作用下的骤淤量。正常天气的淤积量可按附录 P 计算,大风作用下的骤淤量可按本附录的方法进行估算。航道年淤积量可按下式计算:

$$Q = Q_1 + \sum_{i=1}^n Q_{2i} \quad (\text{Q.0.1})$$

式中 Q ——航道年淤积量(万 m^3);

Q_1 ——正常天气下航道年淤积量(万 m^3);

Q_{2i} ——年内第 i 次大风航道的骤淤量(万 m^3);

n ——大风次数。

Q.0.2 基本处于冲淤平衡状态下的粉沙质浅滩水域中开挖的进港航道,其大风作用下的骤淤量应包括悬移质淤积量、推移质淤积量和底部高浓度含沙水体造成的淤积量,其淤积强度可按下式计算:

$$P = P_s + P_d + P_b \quad (\text{Q.0.2})$$

式中 P ——淤积强度(m);

P_s ——航道底面的悬移质淤积强度(m);

P_d ——底部高浓度含沙水体输移引起的航道底面淤积强度(m);

P_b ——航道底面的推移质淤积强度(m)。

Q.0.3 大风天航道泥沙骤淤,其悬移质、推移质和底部高浓度含沙水体淤积强度可分别按下列方法计算。

(1) 悬移质淤积强度按下式计算:

$$P_s = \frac{\alpha \omega S_s t_1}{\gamma_0} \left[1 - \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^{0.56} \cos^2 \theta - \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^3 \sin^2 \theta \right] \quad (\text{Q.0.3-1})$$

式中 P_s ——航道底面的悬移质淤积强度(m);

α ——经验系数,可取 α 为 0.60;

ω ——悬移质泥沙颗粒沉降速度(m/s);

S_s ——相应于平均水深 d_1 的浅滩水域,底部高浓度含沙层 h_s 以上水体的平均含沙量 kg/m^3 ,可近似取垂线平均含沙量 S_1 ;

t_1 ——悬移质淤积历时(s);

γ_0 ——悬移质淤积物的干容重(kg/m^3),按式(P.0.9)计算, d_{50} 可取悬移质泥沙中值粒径;

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($^{\circ}$)。

(2) 底部高浓度含沙水体输移淤积强度按下式计算:

$$P_d = \frac{u_d h_s \bar{S}_d \cdot t_2}{\gamma_{01} b} \sin \theta \quad (\text{Q.0.3-2})$$

式中 P_d ——底部高浓度含沙水体输移引起的航道底面淤积强度(m); 公式适用范围

$h_s > 0.10 \text{ m}$, 当计算过程中 $h_s \leq 0.10 \text{ m}$ 时, P_d 可不计;

u_d ——基于 h_s 厚度范围底部水体的平均流速(m/s);

h_s ——底部高浓度含沙水体的厚度(m);

\bar{S}_d ——基于 h_s 厚度底部高浓度含沙水体的平均含沙量(kg/m^3);

t_2 ——底部高浓度含沙水体淤积历时(s);

γ_{01} ——底部高浓度含沙水体淤积物的干容重(kg/m^3);

b ——航道的宽度(m);

θ ——水流与航道的夹角($^{\circ}$)。

(3) 推移质淤积强度按下列公式计算:

$$P_b = \alpha_b \frac{\gamma_s \cdot \gamma}{(\gamma_s - \gamma) \gamma_{02}} \frac{\omega_b}{\sqrt{g D_{50}}} \left(1 - \frac{u_e^2}{u_{cw}^2} \right) \frac{u_{cw}^3 t_3}{g b} \sin \theta \quad (\text{Q.0.3-3})$$

$$u_{cw} = \sqrt{u_c^2 + u_w^2} \quad (\text{Q.0.3-4})$$

$$u_w = \frac{\pi \cdot H_s}{T \sinh \left(\frac{2\pi d}{L} \right)} \quad (\text{Q.0.3-5})$$

式中 P_b ——航道底面的推移质淤积强度(m);

α_b ——经验系数, 取 0.01;

γ_s ——泥沙的容重(kg/m^3);

γ ——水的容重(kg/m^3);

γ_{02} ——推移质淤积物的干容重(kg/m^3), 按式(P.0.9)计算, D_{50} 取海床泥沙中值粒径;

ω_b ——推移质泥沙颗粒的沉降速度(m/s);

g ——重力加速度(m/s^2);

D_{50} ——海床泥沙中值粒径(m);

u_e ——泥沙的起动流速(m/s);

u_{cw} ——波流综合流速(m/s);

t_3 ——推移质淤积历时(s);

b ——航道的宽度(m);

θ ——波浪与航道的夹角($^{\circ}$);

u_c ——水流平均速度(m/s);

u_w ——波浪底部水质点最大速度(m/s);

H_s ——波浪有效波高(m);

T ——波浪周期(s);

d ——水深(m);

L ——波长(m)。

Q.0.4 式(Q.0.3-1)、式(Q.0.3-2)和式(Q.0.3-3)中的有关参数,缺少现场观测资料时,可按下列方法确定。

Q.0.4.1 垂线平均含沙量 S_1 可按下列公式计算:

$$S_1 = \alpha \frac{\gamma_s \gamma}{\gamma_s - \gamma} \frac{(u_c + \beta \cdot u_w)^3}{g \cdot d_1 \cdot \omega} \quad (\text{Q.0.4-1})$$

非破波情况下

$$u_w = \frac{\pi \cdot H_{1/10}}{T \sinh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)} \quad (\text{Q.0.4-2})$$

波浪破碎的情况下

$$u_w = \frac{1}{2} \cdot (g \cdot \gamma_b \cdot H_b)^{0.5} \quad (\text{Q.0.4-3})$$

式中 S_1 ——垂线平均含沙量(kg/m^3);

α, β ——经验系数,可取 α 为 0.075×10^{-3} , β 为 0.64;

γ, γ_s ——水和泥沙的容重(kg/m^3);

ω ——悬移质泥沙沉降速度(m/s);

d_1 ——浅滩平均水深(m);

u_c ——水流的平均流速(m/s);

u_w ——波浪最大水质点速度(m/s);

$H_{1/10}$ ——大风过程中十分之一大波波高(m);

γ_b ——破波指标, $\gamma_b = H_b/d_b$, 根据第 6.2.2 条选取;

H_b ——破波波高(m);

T ——波浪的周期(s)。

Q.0.4.2 泥沙沉降速度可按下列公式计算:

$$\omega = \sum p_i \omega_i \quad (\text{Q.0.4-4})$$

式中 ω ——泥沙沉降速度(m/s);

p_i ——各组粒径泥沙的百分比;

ω_i ——相应于 i 粒径组的泥沙沉降速度(m/s)。

Q.0.4.3 底部高浓度含沙水体的高度可按下列公式计算:

$$h_s = 0.1 \cdot \frac{a_m \cdot \sigma}{\omega_d} \eta \quad (\text{Q.0.4-5})$$

$$a_m = \frac{H_{1/10}}{2 \sinh kd} \quad (\text{Q.0.4-6})$$

式中 h_s ——底部高浓度含沙水体的高度(m);

σ ——波浪圆频率, $\sigma = \frac{2\pi}{T}$;

ω_d ——底部泥沙颗粒沉降速度 (m/s);

η ——系数, $\eta = (200 \sim 300) D_{50}$;

$H_{1/10}$ ——十分之一大波波高 (m);

k ——波数;

d ——水深 (m)。

Q.0.4.4 底部高浓度含沙水体平均含沙量 \bar{S}_d 可按下列公式计算:

$$\bar{S}_d = S_1 \left(\frac{0.5h_s}{0.35d} \right)^{-\frac{\omega_d}{\beta_1 \cdot K \cdot U_*}} \exp \left(-\frac{(\omega_d - \omega_s)(0.35d - 0.5h_s)}{\beta_1 \cdot K \cdot U_* \cdot d} \right) \quad (\text{Q.0.4-7})$$

$$U_* = \sqrt{u_{*w}^2 + u_{*c}^2} \quad (\text{Q.0.4-8})$$

$$u_{*c} = \bar{u} / C_0 \quad (\text{Q.0.4-9})$$

$$u_{*w} = \sqrt{f_w/2} \cdot u_w \quad (\text{Q.0.4-10})$$

式中 \bar{S}_d ——底部高浓度含沙水体平均含沙量 (kg/m^3);

K ——卡门常数, 取 0.4;

d ——水深 (m);

U_* ——波流综合摩阻速度 (m/s);

u_{*c} ——水流的摩阻流速 (m/s), $u_{*c} = \bar{u} / C_0$;

C_0 ——无因次谢才系数 $C_0 = C/\sqrt{g}$;

C ——谢才系数 $C = \frac{1}{n} d^{\frac{1}{6}}$;

β_1 ——经验系数, 可取为 0.12;

f_w ——波浪摩阻系数, 可取为 0.015;

ω_d ——底部泥沙沉降速度 (m/s);

ω_s ——悬移质泥沙沉降速度 (m/s)。

Q.0.4.5 底部平均流速可按下列公式计算:

$$\frac{u_d}{u_{*c}} = \frac{1}{K} \ln \frac{0.5h_s}{k_s} + B_s \quad (\text{Q.0.4-11})$$

$$\frac{U_* k_s}{\nu} < 5 \text{ 时} \quad B_s = 2.5 \ln \frac{U_* k_s}{\nu} + 5.5 \quad (\text{Q.0.4-12})$$

$$\frac{U_* k_s}{\nu} \geq 70 \text{ 时} \quad B_s = 8.5 \quad (\text{Q.0.4-13})$$

式中 u_d ——基于 h_s 厚度范围底部水体的平均流速 (m/s); $h_s \geq 0.15 \text{ m}$ 时, u_d 可按式 (Q.0.4-11) 计算; $h_s < 0.15 \text{ m}$ 时, 可采用 $u_d (h_s = 0.15 \text{ m})$ 与海床上 $u_d = 0$ ($h_s = 0$) 直线拟合公式计算;

u_{*c} ——水流的摩阻流速 (m/s);

K ——卡门常数, 取 0.4;

h_s ——底部高浓度含沙水体的高度(m);

k_s ——沙粒糙率的泥沙粒径;

B_s ——反映床面附近水流特性的无量纲函数。

Q.0.4.6 水深 d_1 、 d_2 均可按平均潮位计算。

Q.0.5 不同水深处悬移质、推移质和底部高浓度含沙水体引起的淤积强度应按大风过程分时段进行计算并累计。有波浪、潮流、泥沙实测资料时,应采用实测资料进行计算;无实测资料时,可按本附录有关公式计算,波浪资料应采用风浪推算结果。

Q.0.6 不同重现期泥沙骤淤量的确定应符合下列规定。

Q.0.6.1 不同重现期的泥沙骤淤量可采用预测的各年最大骤淤量进行频率分析确定,10年一遇泥沙骤淤量的确定其连续资料不宜少于10年,20年一遇及以上重现期泥沙骤淤量的确定其连续资料不宜少于20年。

Q.0.6.2 航道泥沙骤淤与海区的波浪或大风密切相关的港口,也可采用各年一场大风过程中相对最大“有效波能”或“有效风能”进行频率分析确定,取不同重现期的“有效波能”或“有效风能”下的泥沙骤淤量为对应的不同重现期的骤淤量。

附录 R 沙质海岸突堤式建筑物上游岸线演变预报计算

R.0.1 泥沙中值粒径介于 0.05 ~ 2mm, 多数在 0.1 ~ 0.5mm 的沙质海岸, 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。

R.0.2 基本处于冲淤平衡状态的平直沙质岸线, 如图 R.0.2 所示, 突堤式建筑物完全拦截上游输沙时, 岸线的淤积可按下列公式计算。

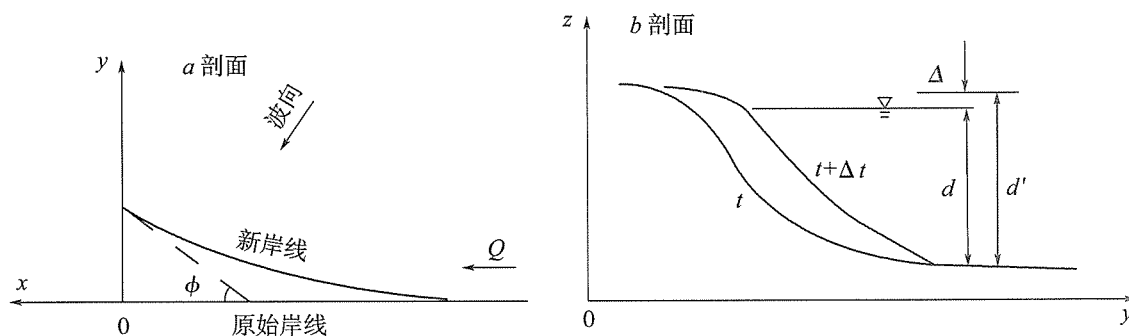


图 R.0.2 突堤上游海岸演变坐标系

$$y(x, t) = \frac{\tan \phi}{\sqrt{\pi}} \sqrt{4At} F(u) \quad (\text{R.0.2-1})$$

$$u = \frac{x}{\sqrt{4At}} \quad (\text{R.0.2-2})$$

$$A = \frac{Q_{\infty}}{d' \tan \alpha_d} \quad (\text{R.0.2-3})$$

$$F(u) = e^{-u^2} - u \sqrt{\pi} \theta_u \quad (\text{R.0.2-4})$$

$$\theta_u = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^u e^{-u^2} du \quad (\text{R.0.2-5})$$

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);

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;

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);

α_d ——岸滩泥沙起动水深 d 处的波浪入射角($^\circ$);

θ_u ——余误差函数。

R.0.3 函数 $F(u)$ 值可按表 R.0.3 确定。

| $F(u)$ 值 | | | | 表 R.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 |

R.0.4 突堤式建筑物完全有效拦沙时间可按式计算:

$$t_1 = \frac{\pi}{4A} \left(\frac{l}{\tan\phi} \right)^2 \quad (\text{R.0.4})$$

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);

ϕ ——淤积角($^\circ$)。

R.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 R.0.5 所示。

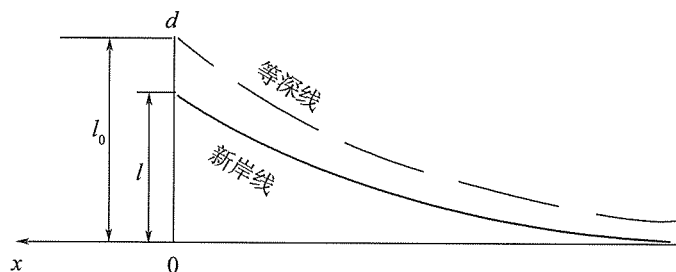


图 R.0.5 l_0 与 l 的关系示意

R.0.6 完全有效拦沙时间内任一时刻 t 的淤积岸线与建筑物交点位置 y_0 , 可按式计算:

$$y_0 = \frac{\tan\phi}{\sqrt{\pi}} \sqrt{4At} \quad (\text{R.0.6})$$

式中 y_0 ——完全有效拦沙时间内任一时刻 t 的淤积岸线与建筑物交点位置(m);

ϕ ——淤积角($^\circ$);

t ——完全有效拦沙时间(s)。

R.0.7 本附录中有关参数的确定应符合下列规定。

R.0.7.1 初始沿岸输沙率 Q_0 应按下列原则确定:

(1) 计算海岸附近有实测沿岸输沙资料时,直接采用上游方向输沙率的年平均值;

(2) 缺少实测沿岸输沙资料,但有波浪和海滩泥沙实测资料时,按有关的沿岸输沙率公式计算。

R.0.7.2 岸滩剖面变形高度 d' 可按下列方法确定:

(1) 淤积型海岸岸滩剖面高度 d' 按式(R.0.7-1)计算,上界为岸滩滩肩高程,下界为岸滩变形临界水深;

$$d' = d + \Delta \quad (\text{R.0.7-1})$$

式中 d' ——岸滩剖面变形高度(m);

d ——平均海平面以下至岸滩变形临界水深间的垂直距离(m);

Δ ——平均海平面以上至高潮时波浪上爬高度间的垂直距离(m),可直接根据实测海岸滩肩高程与平均海平面高程之差确定。

(2) 有实测海滩水深地形图时, d 根据等深线疏密发生明显变化的临界等深线水深来确定;无实测水深地形资料时,根据波浪作用下泥沙全面起动时的临界水深确定,按下列公式计算:

$$d = \frac{L}{4\pi} \operatorname{arcsinh} \left[\frac{\pi g H^2}{M^2 L \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} g D + \frac{0.486}{D} \right)} \right] \quad (\text{R.0.7-2})$$

$$M = \begin{cases} 0.1 \left(\frac{L}{D} \right)^{1/3} \\ 5.85 \end{cases} \quad \text{当 } \frac{L}{D} \geq 2 \times 10^5 \text{ 时} \quad (\text{R.0.7-3})$$

式中 d ——临界水深(cm);

L ——波长(cm),由平均周期 T 确定;

g ——重力加速度(cm/s^2);

H ——波高(cm),采用 $H_{1/10}$ 的年平均值;

ρ_s, ρ ——分别为泥沙及水的密度($\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{cm}^4$);

D ——泥沙中值粒径(cm)。

R.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 。近岸有实测波浪资料时,可根据上游来波实测资料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:

$$\bar{\alpha} = \frac{1}{2} \operatorname{arcsin} \left[\frac{\sum H_i^2 P_i \sin 2\alpha_i}{\sum H_i^2 P_i} \right] \quad (\text{R.0.7-4})$$

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);

P_i ——测波站处对应某一级波浪及波向的出现频率(%);

α_i ——测波站处对应某一级波浪的波向角($^\circ$)。

附录 S 本规范用词用语说明

S.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”。

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

附加说明

本规范修订主编单位、参编单位、 主要起草人、总校人员和管理组人员名单

主 编 单 位:中交第一航务工程勘察设计院有限公司

参 编 单 位:交通运输部天津水运工程科学研究院

主 要 起 草 人:谢世楞(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

邵守良(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

章始红(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

(以下按姓氏笔画为序)

王翠荣(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

卢凤兰(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

刘桂海(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

杨 华(交通运输部天津水运工程科学研究院)

卓玉生(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

赵晓岚(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

谢善文(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

总 校 人 员 名 单:胡 明(交通运输部水运局)

仇伯强(中国工程建设标准化协会水运专业委员会)

张浩强(交通运输部水运局)

吴敦龙(中交水运规划设计院有限公司)

谢世楞(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

邵守良(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

章始红(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

杨 华(交通运输部天津水运工程科学研究院)

卓玉生(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

赵晓岚(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

谢善文(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

范少杰(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

韩瑞洁(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

董 方(人民交通出版社)

管理组人员名单:章始红(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

范少杰(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

杨 华(交通运输部天津水运工程科学研究所)

卓玉生(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

谢善文(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

中华人民共和国行业标准

海港水文规范

JTS 145—2—2013

条文说明

目 次

| | | |
|-----------|-------------------------|-------|
| 3 | 潮位 | (167) |
| 3.1 | 设计潮位标准 | (167) |
| 3.2 | 设计潮位的统计和计算方法 | (167) |
| 4 | 设计波浪的确定 | (169) |
| 4.1 | 设计波浪标准 | (169) |
| 4.2 | 各种累积频率波高间的换算 | (170) |
| 4.3 | 不同重现期设计波浪的推算 | (170) |
| 5 | 外海波浪要素的计算 | (173) |
| 5.1 | 风场要素和水域平均深度的确定 | (173) |
| 5.2 | 风浪和涌浪要素的计算 | (173) |
| 5.3 | 风浪方向谱的计算 | (174) |
| 6 | 近岸波浪要素的计算 | (175) |
| 6.1 | 波浪折射的计算 | (175) |
| 6.2 | 近岸波高的计算 | (175) |
| 6.3 | 波浪在水流作用下的变形计算 | (175) |
| 6.4 | 近岸波浪变形数学模型 | (176) |
| 7 | 港内波浪要素的计算 | (177) |
| 7.1 | 一般规定 | (177) |
| 7.2 | 不规则波绕射系数 | (177) |
| 7.3 | 波浪折射、绕射、反射与港内局部风浪 | (177) |
| 8 | 波浪对建筑物的作用 | (178) |
| 8.1 | 波浪对直墙式建筑物的作用 | (178) |
| 8.2 | 波浪对斜坡式建筑物的作用 | (180) |
| 8.3 | 波浪对桩基和墩柱的作用 | (181) |
| 8.4 | 波浪和水流对桩基和墩柱的作用 | (183) |
| 8.5 | 离岸式高桩码头面板底部波浪浮托力 | (184) |
| 9 | 海流 | (185) |
| 9.1 | 一般规定 | (185) |
| 9.2 | 海流观测 | (185) |
| 9.3 | 海流特征值计算 | (186) |
| 10 | 泥沙 | (187) |

| | | |
|------|----------------------------------|-------|
| 10.1 | 一般规定 | (187) |
| 10.2 | 海岸泥沙运动调查与分析 | (188) |
| 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 | (188) |
| 附录 A | 设计水位的近似计算方法 | (190) |
| 附录 J | 规则波绕射系数 | (191) |
| 附录 L | 方形或矩形柱体上波浪力的计算方法 | (192) |
| 附录 M | 近岸海区内风海流的估算方法 | (193) |
| 附录 N | 沙质海岸沿岸输沙率的计算方法 | (194) |
| 附录 P | 淤泥质海岸航道和港池的淤积计算 | (195) |
| 附录 Q | 粉沙质海岸航道的淤积计算 | (196) |
| 附录 R | 沙质海岸突堤式建筑物上游岸线演变预报计算 | (197) |

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,要满足设计船型的船舶安全靠泊并作业。极端水位相当于校核水位,对码头来说,出现极端高、低水位时,不再靠泊和作业,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。

3.1.3 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 目前国际上对海平面上升问题都相当关注。考虑到工程建设的需要,本次修订推荐采用国家海洋局每年发布的《中国海平面公报》中的数值。例如 2009 年中国海平面公报提供的数值如下:

2009 年发布的中国沿海各省(自治区、直辖市)海平面上升值

| 区 域 名 称 | 未来 30 年预测值(mm) (相对于 2009 年海平面) | 区 域 名 称 | 未来 30 年预测值(mm) (相对于 2009 年海平面) |
|---------|-----------------------------------|---------|-----------------------------------|
| 辽宁 | 79 ~ 121 | 浙江 | 88 ~ 140 |
| 河北 | 72 ~ 118 | 福建 | 70 ~ 110 |
| 天津 | 76 ~ 145 | 广东 | 83 ~ 149 |
| 山东 | 89 ~ 137 | 广西 | 74 ~ 110 |
| 江苏 | 77 ~ 128 | 海南 | 82 ~ 123 |
| 上海 | 98 ~ 148 | | |

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,而采用较多年份的潮位资料。

3.2.2 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以选每天中的高高潮(低低潮)进行统计,也可以将全部高(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。

3.2.8 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,故规定在频率分析时资料年数一般不少于连续 20 年。

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 n 年资料中的均值和均方差比较稳定,因而假定在无资料的 $N - (n + 1)$ 年内可以采用相同的均值和均方差。

3.2.13 目前实际工作中,有许多单位在进行极端高、低水位的频率分析时,除利用极值 I 型分布外,也用皮尔逊 III 型曲线进行比较。国家标准《堤防工程设计规范》(GB 50286—1998)和水利部颁布的如《水利水电工程水文计算规范》(SL 278—2002)等多本规范对受潮汐影响的河口区域也推荐了此种线型。核电厂海工构筑物的设计中亦采用了两种线型进行比较。综合考虑上述因素,因此本次修订也将其列入。

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,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。

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。

(2)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,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。

在制定98版《海港水文规范》时,当时我国港口和海岸建筑物的天然水深大都在10m以下,最深也只有15m左右。根据南、北方7个典型港口的统计资料,100年一遇波高与50年一遇波高的比值 α 平均约为1.1。当按50年一遇波浪设计时,由于建筑物具有一定的安全度,即使遭遇100年一遇的波浪,因超值不大,虽安全度稍有降低,仍可维持基本稳定。近年来,港口和海岸建筑物逐渐向深水发展,一些统计资料已表明在20~30m大水深的情况下,波高比值 α 可能增大。如水深30m的浙江嵊山海洋水文观测站,根据1960~2000年41年的实测波高统计,其E~ESE向100年一遇的 $H_{1/10}$ 为16.12m,50年一遇的 $H_{1/10}$ 为13.66m,两者比值 $\alpha=1.18$ 。若仍按50年一遇波浪设计,则在发生超过设计波况时,深水建筑物的安全储备可能不足。为了保持大水深建筑物具有与现有建筑物基本相同的抵御超常波浪的能力,故规定对大水深的重要建筑物,当 $\alpha \geq 1.15$ 时,用100年一遇的波浪设计。

4.1.3 ~ 4.1.4 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。

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 \bar{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 条和 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。

4.1.5 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威海、黄河营、塘沽以及南海地区 1968 ~ 1973 年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 \bar{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,于是就给出了格鲁霍夫斯基浅水波高分布关系式,并绘成条文中的计算图。

4.2.4 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,需注意各年使用同一波列累积频率的波浪要素。

以往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,则一般用天气图等方法进行计算,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,已考虑了沿海台站的实际情况。

选择年最大波高时,也可以把主波向左右各一个方位 22.5° 的资料包括在内,这是因为波向观测并不是很准确;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为主波向上波高值的0.9倍以上。

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资料进行了计算。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,还基于以下几点考虑:

(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 $C_s > 2$ 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98版规范中推荐皮尔逊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,根据中交第一航务工程勘察设计院有限公司对我国沿海观测水深在6~32m、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。基于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 ~ 4.3.9 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,为对比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。

利用天气资料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。

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。根据我们验证的结果也明显地呈弯曲形状,并非直线。第二种方法,即附录F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,用短期资料推算的结果可靠程度较差。

4.3.10 对于台风多发海区,常有在主要波向上出现一年中有一个以上较大台风波高的情况,这时若仍按波高的年最大值取样法进行频率分析,势必遗漏一些较大的台风波浪数据,影响推算结果。合理的方法是改为按每次台风波高的最大值系列取样。本次修订时,中国海洋大学海洋防灾研究所开展了《台风影响海区设计波浪概率预测理论和计算方法研究》,相应地提出了泊松—冈贝尔复合极值分布模式。

4.3.11 对于某一海区,每年台风浪出现的频次不同,可以用离散型随机变量及相应的离散型概率分布表示,而由每次台风过程产生的波高最大值则可用连续型极值分布表示。两者的组合经数学推导,构成一种新的极值分布模式—复合极值分布。根据资料的统计检验结果,表明台风影响各海区的频次一般符合泊松分布,而台风波高最大值的分布一般符合冈贝尔分布,因此可用泊松—冈贝尔复合极值分布作为台风波高长期概率预测模式。

泊松—冈贝尔复合极值分布模式自 1976 年提出至今,已在国内外几十项港口、海岸和近海工程项目中得到应用,效果较好。

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。

5.1.2 本条规定的风速取值标准与第 5.2 节中风浪要素计算图表的制定相一致。

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,故在本条文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海浪预报中采用的方法。表 5.1.3 主要是根据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的公式,根据时段长度为 3~9h 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 6~12h。

5.2 风浪和涌浪要素的计算

5.2.1 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:

- (1) Bretschneider 方法;
- (2) Wilson 方法;
- (3) JONSWAP 方法;
- (4) 前苏联的方法;
- (5) 我国 87 版规范中的方法。

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 20 世纪 70 年代初提出,在波浪研究和预报中颇受重视;前苏联的方法于 20 世纪 60 年代末提出,得自广泛的观测资料,已编入有关规范。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 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。

5.2.4 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 98 版规范的方法。

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率为 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一是根据中国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,它与实测结果的复合程度是满意的。

风浪频谱一与 JONSWAP 谱比较接近,但验证表明其精度高于后者。风浪频谱一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。

本次修订除保留中国海洋大学研究得出的风浪频谱一外,增加了国际上常使用的 JONSWAP 谱,即风浪频谱二。

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

6.1.4 对于涌浪,一般都规定自 $d = L_0/2$ 处开始进行折射计算,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。若允许折射计算的波向有一定的误差(2° 左右),则将折射计算的起始水深大大减小。

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。

6.2 近岸波高的计算

6.2.1 波浪折射计算确定近岸波高时,一般采用平均波高。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。在考虑水底摩擦的同时,还考虑沿程风能对波高的影响。

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。

对于海底坡度很缓的水域($i < 1/200$),本次修订主要根据国外的 Nelson 公式,并对系数稍作调整。

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,变形后的波陡不超过极限波陡,即:

$$\left(\frac{H}{L}\right)_{\max} = 0.142 \operatorname{th}\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$$

6.3.3 在 $d/L_0 > 0.5$ 的深水区,或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。

6.4 近岸波浪变形数学模型

6.4.1 根据国内外建港经验与港工技术发展趋势,近岸波浪变形数学模型已得到越来越多的应用和认可。目前,国内近岸波浪传播变形的数学模型、方法多种多样,其应用的软件有自行开发的,也有购买的商业软件。水运工程界经常使用的模型主要有缓坡方程和鲍辛奈斯克(Boussinesq)方程两大类型。为此本节对近岸波浪变形计算,给出了数学模型的选择建议。这些建议与行业已有规范、规程相一致,如《波浪模型试验规程》(JTJ/T 234—2001)等。

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,还需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,物理模型更接近原体实际情况。

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 条文中给出了规则波时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。有条件时可以采用折射、绕射联合作用的数学模型进行港内波高的计算。对于不规则波,增加了选用数模计算的条文。

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确定的。研究中考虑了以下区别:①天然岸坡上和直墙式建筑物前波浪破碎情况的不同;②明基床和暗基床直墙式建筑物前波浪破碎情况的不同;③高、中、低基床时波浪破碎情况的不同。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,98版修订时在原有的基础上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。第 8.1.2 条是由大连理工大学发展的椭圆立波的计算方法,应用范围为: $d \geq 1.8H$, $d/L = 0.05 \sim 0.139$ 。该方法是在二阶椭圆立波理论的基础上,结合较系统的模型实验和国外资料而制定的。

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。

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,与其他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,且计算简便,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的比较,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浪力的影响,与实验结果比较符合,且经工程实例验证此法是适用的,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 $\mu = 0.7$ 。

远破波斜向波波峰作用在直立式建筑物时的折减系数是参照《防波堤设计与施工规范》(JTS 154—1—2011)中的有关内容采用的。

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 and 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 $i = 1/50$,暗基床直墙, $H_0/L_0 = 1/10 \sim 1/50$, $d/H_0 = 1.4 \sim 0.52$,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。

8.1.9.1 本款采用的是大连理工大学的实验公式,曾用国内外的主要计算公式与试验数据和原型实测波浪力进行过比较,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。

拟定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 ~ 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。

8.1.9.2 近破波波峰斜向作用在直立式建筑物时的折减系数是参照《防波堤设计与施工规范》(JTS 154—1—2011) 中的有关内容采用的。

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一般采用 1:1.5 ~ 1:3, 当采用人工块体护面时为 1:1.25 ~ 1:1.5, 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《防波堤设计与施工规范》(JTS 154—1—2011) 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 $d > 1.5H$, 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, 故将底坡限制为 $i \leq 1/50$ 。

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题研究并参考前苏联规范 CH92-60 提出的。

图 8.2.2 中 $m = 0$ 时为直立式建筑物的反射波高曲线。

8.2.3 对于规则波, 87 版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。98 版修订时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, 87 版规范采用正态分布, 98 版修订时根据实测资料分析, 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。

本次修订仍采用 98 版计算方法。

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。表 8.2.5 关于“各种块体的容许失稳率 n 和稳定系数 K_D ”是参照《防波堤设计与施工规范》(JTS 154—1—2011)修改的。

本次修订增加了斜向波的作用。对于斜向波作用时的稳定系数 $K_{D\beta}$ 主要采用大连理工大学的单向不规则波的试验结果。考虑波向的不稳定等因素,式(8.2.6-2)中以 $\beta - 22.5^\circ$ 代替原试验公式中的 β 。对于扭工字块体护面,由于国内外试验结果在规律性方面尚有差异,因此暂不考虑斜向波作用时稳定系数的调整。

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,87 版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。98 版修订时,根据新的试验资料作了修正。

8.2.10 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。本次修订是按照《防波堤设计与施工规范》(JTS 154—1—2011)调整的。

8.2.11 对斜坡堤顶上胸墙波浪力的计算方法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 ~ 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。规范建议的系数主要参考了前苏联规范以及美国、日本的一些资料。

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%。

8.3.2.1 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。

8.3.2.2 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_{Dmax} 与 M_{Dmax} 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_{Imax} 与 M_{Imax} 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浪力的影响,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_{Dmax} 和 P_{Imax} 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,计算公式如下:

$$P = P_{Dmax} \cos 2\pi \frac{X}{L} \left| \cos 2\pi \frac{X}{L} \right| + P_{Imax} 2\pi \frac{X}{L}$$

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 的群桩系数是在大连理工大学试验成果的基础上经过修正得出的,试验资料显示桩列方向平行于波向时群桩系数接近 1.0,故取消了对该方向的修正。

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,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 K 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。

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院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 $50\text{m} \times 1\text{m} \times 1.3\text{m}$ 规则波试验水槽内进行,试验圆柱直径多数为 $3.5\text{cm} \sim 14\text{cm}$ 。试验入射深水波陡在 $0.005 \sim 0.1$ 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,主要考虑了糙率和柱体直径增加的影响,其增大系数维持98版规范的数值。

8.4 波浪和水流对桩基和墩柱的作用

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,可按第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,若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动力时采用扩展的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。

8.4.3 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 $d/L > 0.15$ 、 $D/L > 0.2$ 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,首先用本条方法计算了 $U/C = 0$ 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。

8.5 离岸式高桩码头面板底部波浪浮托力

本节根据河海大学 2009 年《不规则波作用下高桩码头面板上托力计算试验研究》成果编写。本节适用于离岸式高桩码头的码头面板与后方岸坡离开一定距离,码头面板底部波浪浮托力基本不受岸坡反射影响。

8.5.2 高桩码头面板底部波浪最大总浮托力和最大冲击压强发生在面板底部超高与波峰最大高度之比为 $0.4 \sim 0.6$ 附近,因此可根据设计要求计算不同计算水位下可能发生的最大总浮托力和最大冲击压强。

高桩码头面板底部波浪最大总浮托力与最大冲击压强通常不是同步发生,最大总浮托力对应的压强分布较均匀。

高桩码头面板底部波浪最大冲击压强很大,但其分布较窄,产生的冲击总力不一定很大,其振动频率较高,对码头整体稳定影响很小,但对码头面板局部结构有较大影响。

8.5.7 码头面板底部相对超高较小时,纵横梁、桩帽、靠船构件等构件对波浪浮托力的影响很小;当相对超高较大,尤其是码头面板底部不受波浪作用,只有纵横梁、桩帽、靠船构件等构件受波浪作用时,计算结果误差较大。因此,相对超高 $\frac{\Delta h}{\eta} > 0.8$ 时,可根据码头面板、纵横梁、桩帽、靠船构件等构件各自的超高、在波浪作用面宽度内垂直于水面的投影面积等参数分别估算波浪浮托力,将其合成为总浮托力。

8.5.8 波浪正向作用时,由于码头排架间距较大,桩基对波浪浮托力影响很小。

9 海 流

9.1 一般规定

9.1.2 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 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。

9.2 海流观测

9.2.3 目前近岸海区的海流观测工作可以概括为下述四种类型:

(1)单站定点连续观测:用一条船(或其他载体)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(或其他载体)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)走航断面观测:用一条船(或其他载体)在给定断面上走航连续观测,可根据观测目的设定采样距离(或时间)间隔,了解断面上海流的分布及变化状况。走航断面观测多与定点观测配合进行。

(4)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,定位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。这样可以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、30天、一年等几种。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不少于25h。至于分析其他海流的观测日期及次数,则需尽量选有代表性的时间进行。随着海流观测仪器的发展,已能够实施中、长期连续观测,观测日期的选择尽量避免安排在多风季节。

对于长期海流资料进行调和与分析时,将海流分解成北、东分量,对北、东分量参照潮位

调和分析方法,分别进行调和与分析,最后将分量调和与分析结果进行合成。

9.3 海流特征值计算

9.3.1 本条建议采用的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,参见水利部水文测验等相关规范的有关规定。

(2)关于“调和分析和准调和分析方法”可以参考海洋出版社1986年出版的《潮汐和潮流的分析和预报》以及现行国家标准《海洋调查规范》第七部分(GB/T 12763.7)。

9.3.3~9.3.5 在第9.3.3条~第9.3.5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。

第9.3.4条中,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。条文中的式(9.3.4-4)~式(9.3.4-6)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。条文中的式(9.3.4-7)~式(9.3.4-9)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。

第9.3.5条中,对于短期连续测流资料,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与分析结果表明,在我国的近岸浅海区,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能忽略。

对于中、长期连续测流资料,可以采用调和与分析的方法进行分析,计算潮流可能最大流速仍使用原公式。由于中、长期资料很少,目前无法总结出更合适的计算可能最大潮流速的公式,因此本次修订对该公式未作修订。

9.3.6 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。

10 泥 沙

10.1 一般规定

10.1.1 为了与原规范的统一和协调,本次规范的修订在海岸类型的划分上仍采用原规范的划分标准,但在沙质海岸和淤泥质海岸之间明确增加了粉沙质海岸。要注意的是,根据目前的研究成果,由泥沙的运动特性和黄骅港、东营港等港口的实际情况,对海床泥沙中值粒径为 $0.02 \sim 0.03\text{mm}$,物质组成中粘土含量小于25%的海岸,适合按粉沙质海岸对待。

10.1.2 海岸的泥沙来源可分为河流来沙、当地海岸侵蚀来沙、海向来沙和邻近海域滩面来沙。河口附近海岸常以河流来沙为主,临近河口的海岸港,港池和航道的泥沙淤积除受浅滩泥沙作用影响外,河流的部分下泄泥沙可能直接影响港池和航道的淤积;无入海河流的海岸,通常以邻近海域滩面泥沙搬运为主;当地海岸发生强烈冲刷现象时,短时期内也能给海域提供较多泥沙来源;海向来沙的数量一般较少。

10.1.3 沙质海岸泥沙运动主要发生在破波带以内,由于波浪的强力扰动,泥沙掀扬,不仅存在推移质运动,也存在大量的悬移质运动。

淤泥质海岸的泥沙,由于泥沙颗粒较细,沉降速度较慢,在波浪和潮流动力作用下,泥沙悬浮在水中,随水体运动,其运移形态主要以悬移为主,在开挖的航槽或港池中,淤积物初期往往呈浮泥状态。我国的天津港、连云港、台山电厂煤港、广州南沙港等港口均发现有浮泥运动。浮泥的颗粒极细,中值粒径小于 0.005mm ,密度很小,其界限约为 $1050 \sim 1250\text{kg/m}^3$,属于非牛顿流体,浮泥多出现在航道和锚地等深水区,浮泥可以作为适航水深使用。

粉沙质海岸泥沙颗粒间基本上没有粘结力,易起动、易沉降。泥沙运动形态除通常所说的悬移质和推移质外,在特殊大风天气下,邻近床面的水体中还存在高浓度含沙水体。临底部的高浓度含沙层按其运移特点来分析属于悬移质,是上部水体悬移质的一部分。由于粉沙起动流速小,而沉降速度较大,大风天大量悬浮泥沙沉聚在水体下部,在潮流动力的支持和运移下形成浓度高、对航道淤积有重大影响的特殊悬移质泥沙层。

10.1.4 海岸泥沙运动的主要动力有波浪、海流、径流。

(1)波浪是沙质海岸泥沙运动以及淤泥质和粉沙质海岸海底泥沙掀扬的主要动力。波浪破碎带以内是波浪引起海床泥沙运动最为剧烈的区域,波浪破碎后形成的沿岸流和离岸流是沙质海岸泥沙搬移的主要动力。

粉沙质和淤泥质海岸通常有宽阔的波浪破碎带,潮流成为泥沙向、离岸输运和沿岸输运的主要动力。在强潮流海区,海流对泥沙运动起主导作用,不仅起输沙作用,还起掀沙

作用。

(2) 径流是河流来沙输移、扩散的重要动力,是维持河口长期稳定的关键因素。在河口,径流与海流汇合处,通常形成称之为“拦门沙”的泥沙淤积体。拦门沙滩顶常位于在盐水楔顶端的滞流点附近,水深相对较浅,水动力相对较强,泥沙活跃。

10.1.7 港口航道工程的泥沙冲淤预测方法主要有数值模拟、物理模型试验和经验公式估算。根据工程规模、重要性和复杂程度,在规划、可行性研究阶段一般采用数值模拟,根据需要也可以采用物理模型;初步设计及施工图设计阶段一般采用数值模拟和物理模型相结合的方法。经验公式估算一般适用于自然条件和港口布置相对简单且基本掌握泥沙运动规律的海区或项目的初期论证阶段。

10.2 海岸泥沙运动调查与分析

10.2.2 台风、寒潮等大风天气下的逐时风速、风向资料的搜集是粉沙质海岸港口泥沙研究中应开展的工作。一般情况下,海区波浪资料较少,只有通过搜集风资料来研究泥沙的骤淤问题。泥沙的骤淤不但与风级的大小有关,而且也与风向、风时有关,通过搜集历年大风过程风速和风向,模拟大风作用下的波浪过程及其港口的淤积影响,推算不同重现期的骤淤量。条文中提出的长年风资料一般采用 10 年以上的资料。

10.2.4 海底表层沉积物调查的主要目的是了解海区的泥沙运动特性,判断海岸的类型。特别是对海底表层泥沙中值粒径介于淤泥质与粉沙质、粉沙质与沙质之间时,海底表层沉积物的调查尤为重要。海底表层沉积物中粘土含量对泥沙的运动特性影响很大,从波浪水流槽实验和黄骅港、东营港等航道泥沙研究中发现,即使海底泥沙中值粒径小于 0.03mm,如果泥沙颗粒分布均匀,土样中粘土含量小于 25% 时,在波浪潮流作用下的泥沙起动、沉降和运移仍表现为粉沙的特征。因此,从工程泥沙角度考虑,在研究这类海岸港口泥沙问题时,要特别注意,需开展泥沙水力特性试验。

10.2.5 关于海岸调查时水深地形图的测深范围,在条文中仅原则地提到“测至较大波浪对海床有明显扰动的水深处”。对于一般海岸情况,实际工作时常测至约 $-8 \sim -10\text{m}$ 水深处,当坡度较缓或海岸对风浪掩护程度较好时,则可以浅一些。

海岸地形与海域水深是泥沙在多种动力作用下的综合结果,是研究该海域泥沙运动最直接、最重要的依据。为此,除搜集历史海图资料外,需对港口航道水域进行定期的水深测量,计算海域与港口航道的冲淤变化量,研究淤积分布的基本状况和演变规律。

10.2.6 海岸的地貌特征与海岸成因及泥沙运动的规模、强度密切相关,因此,可以通过海岸形状、泥沙类型、植被状况与水下沙洲分布形态等地貌特征的调查,判断泥沙来源、运移方向和泥沙运动的激烈程度。

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

本节中的条文,系从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编写的。

10.3.2 关于突堤布置原则的说明:

(1) 国内外在淤泥质海岸、粉沙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。

淤泥质海岸海底坡度平缓,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,可以缩窄双突堤间的宽度,以大致平行的布置形式将堤延伸至深水处。由于泥沙颗粒较细,泥沙的运动形态主要是悬移质。因水体中含沙量在垂线上分布相对均匀,采用出水堤可较好防止泥沙的淤积。

粉沙质海岸泥沙的运动形态为悬移质、推移质和临底高浓度含沙水体,在近岸区由于波浪的强烈扰动,垂线上水体含沙量相对均匀,适合采用出水堤;相对深水区,垂线上水体含沙量相对不均匀,突堤可以采用堤顶高程较低的出水堤或潜堤,一是可以阻挡推移质和底部高浓度含沙水体对航道的影响;二是可以减弱沿堤流和口门横流对船舶通航的影响。

在滩面平缓、强泥沙活动带较宽、沿岸流较强的粉沙质海岸,对大、中型港口适合采用双堤环抱与栈桥相结合的港岛式平面布置形式,以避免沿岸流或沿堤流携带的近岸泥沙对非掩护段航道的影响。

突堤的长度尽量伸至常见较大波浪的破碎带以外,否则波浪破碎时掀起的泥沙将通过口门大量地进入港内,造成港内严重淤积。粉沙质海岸港口双堤的堤头位置需视当地的具体条件而定,虽然波浪作用最剧烈的区域是在破波带以内,但由于粉沙质海岸泥沙活动性很强,所以破波带以外的一定范围内,泥沙运动也比较明显,强泥沙活动带的宽度甚至会超出破波带的宽度较多,此时,仅将堤头设在破波带外还是不够的,还需延长导堤,使堤头超出强泥沙活动带一定的距离,如京唐港和黄骅港。

(2) 10.3.2.3 中提出的堤与岸之间应有较强海流通过,是因为在岛式防波堤内侧的波浪掩护区,如果沿岸输沙动力减弱,将造成泥沙的淤积。

(3) 在沙质海岸上修建的岛式防波堤,应结合自然条件,考虑足够的离岸距离。国外根据现场资料得出,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。

10.3.8 滩面平缓、波浪动力较强的粉沙质海岸港口,非掩护浅水区航道的骤淤是港口发展的关键问题,对浅水区航道必须采取防沙堤工程掩护和疏浚相结合的治理方法。防沙堤可以采用出水堤与潜堤相结合的方式。如果仅考虑疏浚而不实施相应的掩护工程,则浅水区航道的泥沙淤积问题无法从根本上得到解决。由于滩面平缓,如果从根本上解决泥沙问题,需要的防沙堤较长,一次性投资较大,因此,防沙堤的长度需根据航道整治的目标、以防止某一重现期泥沙骤淤和经济效益等综合确定。如黄骅港外航道一期整治工程,它的整治标准确定为在相当于年最大骤淤重现期 10 年一遇的情况下,以保证 3.5 万吨级煤船满载乘潮出港。

附录 A 设计水位的近似计算方法

设计高、低水位的近似计算方法较多,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,就可以进行计算。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,特别是国家海洋信息中心出刊的《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,可参考使用。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。

附录 J 规则波绕射系数

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(J.0.1-1)~式(J.0.1-6),以及双突堤后规则波绕射系数的经验曲线(图 J.0.2)。经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研究分析提出的,数学模式是基于伯克霍夫(Berkhoff)的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。

附录 L 方形或矩形柱体上波浪力的计算方法

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 L 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。

附录 M 近岸海区内风海流的估算方法

对于附录 M 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。

附录 N 沙质海岸沿岸输沙率的计算方法

估算沙质海岸输沙量的经验公式本次没有修改,仍沿用 98 版规范的公式和说明。

N.0.1 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。

N.0.2 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 0.64×10^{-2} 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,约为大多数实测资料的外包数值。

N.0.4 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式(N.0.4-1)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的毛里塔尼亚友谊港以及保加利亚金沙滩的资料推算而得。

N.0.4.4 的沿岸输沙率公式曾与国际上常用的沿岸输沙的拜克尔(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。N.0.4 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 N.0.4 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 N.0.4 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 。

附录 P 淤泥质海岸航道和港池的淤积计算

淤泥质海岸航道淤积预测经验公式(P.0.2-1)和港池淤积预测经验公式(P.0.3)本次没有修改,增加了航道淤积预测经验公式(P.0.2-2)、环抱式港池淤积预测经验公式(P.0.5)和顺岸开敞式码头港池淤积预测经验公式(P.0.6)。

P.0.2 ~ P.0.3 式(P.0.2-1)和式(P.0.3)是由南京水利科学研究院首先结合连云港工程而提出的。多年来,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(P.0.2-1)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。

式(P.0.3)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较好。

式(P.0.2-2)是由交通运输部天津水运工程科学研究院提出的。式(P.0.2-2)主要为开敞非掩护航道悬移质泥沙引起的淤积,经验系数是根据伶仃洋航道现场资料确定的。该公式已在我国天津、洋山、厦门等港口的建设项目中得到推广和验证。

P.0.5 ~ P.0.6 式(P.0.5)和式(P.0.6)是由交通运输部天津水运工程科学研究院提出的。

式(P.0.5)主要为双堤掩护的环抱式港区泥沙淤积,回淤率根据天津港50年来发展过程中的泥沙淤积情况确定的。并通过黄骅、洋山、台山和珠海电厂等港口的验证,其计算结果与实测淤积强度的符合程度较好。

式(P.0.6)为水流与码头岸线夹角较小的顺岸开敞式码头港池淤积预测经验公式。它考虑了港池不同开挖长度和宽度下水流的归槽引起的槽内流速变化对淤积的影响,经验系数是根据洋山深水港现场资料确定的。并通过厦门等港口的验证,其计算结果与实测淤积强度的符合程度较好。

P.0.8 在海水情况下,细颗粒泥沙絮凝团的当量粒径约在0.015~0.03mm的范围内,其相应的沉降速度在0.01~0.06cm/s之间。

附录 Q 粉沙质海岸航道的淤积计算

粉沙质海岸航道淤积预测经验公式是本次规范新增加的,计算公式是由交通运输部天津水运工程科学研究院结合黄骅港外航道泥沙淤积研究提出的,并经过试验及现场实际测量资料的验证。

附录 R 沙质海岸突堤式建筑物上游 岸线演变预报计算

估算沙质海岸突堤式建筑物上游岸线演变预报的计算公式,本次没有修改,仍沿用98版规范的公式和说明。

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。

