

全国水运工程标准技术委员会系列文献

007(1987)

(国际航运会议推荐)

# 波浪要素参数表

国际水利研究协会

海洋出版社

全国水运工程标准技术委员会系列

# 波浪要素参数表

国际水利研究协会

韩 毅 译

谢世楞 校

海洋出版社

1987年·北京

**波浪要素参数表**

国际水利研究协会

韩毅译

谢世楞校

\*

海洋出版社出版（北京市复兴门外大街1号）  
新华书店北京发行所发行 交通部情报所印刷厂印刷  
开本：787×1092 1/16印张：1.5 字数：15千字  
1987年9月第一版 1987年9月第一次印刷  
印数：1—2000

\*

ISBN 7-5027-0117-6/O·11

统一书号：17193·1048 售：0.50元

## 前 言

大多数的海洋工程（包括港口、海岸和离岸工程）建筑物实质上就是建造在海洋中的土木工程建筑物。随着海洋开发事业的进展，土木工程与海洋环境条件的关系也日益密切。波浪力通常是作用在海上工程建筑物上的主要荷载，海浪对于海上土木工程的设计和施工有着极为重要的影响。

目前对于海浪的研究已由规则波浪的方法渐向不规则波浪的方法发展。由于对不规则波浪的研究还不很成熟，因此国内外，对于不规则波浪方法中的术语、定义、符号和表达式等都很不统一。这就妨碍了对各研究成果的理解、交流和使用。国际水利研究协会组织了在不规则波浪研究工作方面开展得比较广泛、深入的九个国家的代表性研究机构，编写了这份波浪参数表。现在我们把它翻译出版，希望能在促进不规则波浪的研究和应用方面起到一些作用。但是正如原文的引言中所指出的，这份表并不能作为最后的标准，而只是作为统一这方面的用语、定义和符号的一个讨论的基础。此外，由于这份表中有些术语在英文中也是新的，因此中文的译文名当然更可作进一步的探讨，望读者多提宝贵意见。

全国水运工程标准技术委员会

交通部水运规划设计院

一九八七年七月

# 国际水利研究协会波浪要素参数表

## 引言

近年来研究波浪动力学的工作显著增加,这主要是由于在近海地区的活动急剧增多的缘故。对于了解波浪动力学以及大气与海洋间相互作用方面的各项重要发展,是通过广泛的现场调查项目和实验室内波浪模拟研究所取得的。实验室内人为控制的环境使得可以测量在海上不易测量的各种波浪参数。为了比现在更全面地描述波浪状况,需要定义一些新的参数,但这也导致了现有的定义与新的内容之间的一些混乱。因为现在的波浪参数表是根据一般不再使用的波浪分析技术定义的,所以不可能很容易地将它们修改得适应于这些新的需要。

当国际水利研究协会在1981年成立“关于波浪的生成和分析工作小组”时,其首要的目的之一就是起草一个全面的关于波浪参数以及与波浪有关函数的一览表。这份文件展示了几年的工作以及九个水力实验室的代表多次开会讨论的结果。这份文件不可避免地反映了不同的用法,而不都是一致的意见。我们期望将这个文件提供给与海洋工程界有关单位后,能够得到进一步的增补和改进。希望通过这样一个过程最终可以在波浪资料分析中有一个标准的专用名词。所以不应认为现在这个表是最终的标准,或者意味着是国际水利研究协会赞同的各种实验方案或参数,而是应该把它当作一个建议的参考表,其目的是为了促使在使用符号、名称和定义时的一致性。

这个表包括了目前最常用于定义海况的参数和函数。其中一些表示了完全新的概念,而其余的则已经使用了多年而没有变化。特别是后者对海岸和离岸工程中广泛采用的设计方法和常规准则是必不可少的。为了尽可能地保证连续性,把国际航运会议常设委员会下属的国际波浪研究委员会推荐的通用术语、定义和符号作为基础<sup>[1,2,3,1]</sup>。

一个新建议的参数表并不是想否定过去,而是为了建立一个共同的基础,以便能够与正在不断完成的工作成果相配合。当然,标准化总会提出一些限制,这只是为了避免混乱。

几个说明这个问题的例子:

- 最大波高有时被定义为在20分钟记录时间内任何地方的最高水面和最低水面之间的高度差值。因为对于较老的波浪资料记录方法,这大概是唯一实用的定义。本文中建议的与此不同,其物理意义更明确;
- 波向常以两种不同的方式表达,即波浪传来的方向,或波浪传去的方向。前者与风向的常规定义相符,而后者是与常用的流向定义相一致;
- 在时域内分析波浪资料的方法(即一般称之为跨零分析),会造成严重的定义混乱。当水面高度从高于平均水面处向低于平均水面处变化时,一般称为“下跨零点”,而在相反方向上的变化则称为“上跨零点”。这样在定义跨零波峰或跨零波谷时丝毫不会有不明确的地方。然而波高的定义完全取决于选择的波谷是出现在波峰之前或之后。在国际航运会议常设委员会的一览表上建议,应该把相邻的两个下跨零点间的水面高度变化定义为一个波。波浪周期也是由相邻的两个下跨零点确定。然而,虽然国际航运会议常设委

1) 参见参考文献P18,下同。



员会推荐的波高参数确实能由相邻的两个下跨零点来确定，但在英文的表中它被称为上跨零点波高，而在法文本中却简单地称为“两个零点间的波高”。

最近，大多数研究机构把这个波高称为下跨零点波高，因为在逻辑上它是由相邻的两个下跨零点所确定的，与波周期参数的定义相类似。在国际水利研究协会的这个表中，推荐使用后面这个定义。图1a和图1b表明国际航运会议常设委员会所谓的上跨零点波高与国际水利研究协会所谓的下跨零点波高是一回事。

因为还有一些数据组是按照国际水利研究协会定义的原则，用上跨零点波高来分析的，所以这里还包括了图1c以使得定义更清楚，而这样的定义将导致一个不同的参数。所有上述三种习惯用法都有很多支持者，但遗憾的是为了统一起见，只能保留一种用法。推荐下跨零点的定义（图1b）是根据工作组中大多数人的选择而定的。

在这个表中还推荐了一些其他的参数。推荐的这些参数并不一定是最科学的选择，而是希望及时地得到广泛的采纳。

还应该强调的是这个表中一些参数的定义和估计是依据海面能被描述为高斯随机过程的假定。但在这个表的研究部分中也特别地定义了一些参数以确定海面的非高斯随机特性。

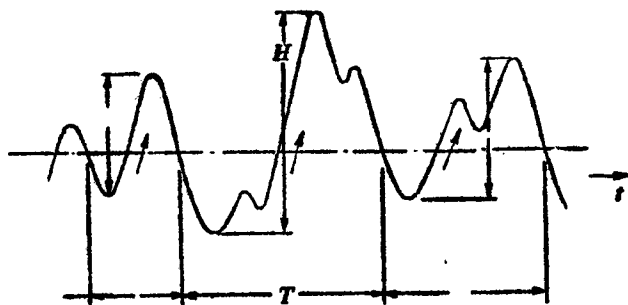
目前对“中值 (mean)”和“平均值 (average)”这两名词，在使用时未加区别。严格地讲，平均值是一个描述“中心趋势的量度”的通用词，它可以通过不同的算法来计算，如加权或不加权计算，几何方法或调和方法，也可以通过与概率函数为最佳配合的各个参数或是通过与谱的各阶矩有关的几个函数来计算，所以最通用的词是“平均值”。因为对于平均值的最通常的量度是当作算术中值来计算的，所以可能有人会说当用这种方法计算参数时，应该使用“中值”一词。然而，为了能够普遍应用，所以推荐对于所有量度中心趋势的参数都使用“平均值”一词。

为了使用方便，这个表分为以下几个部分：

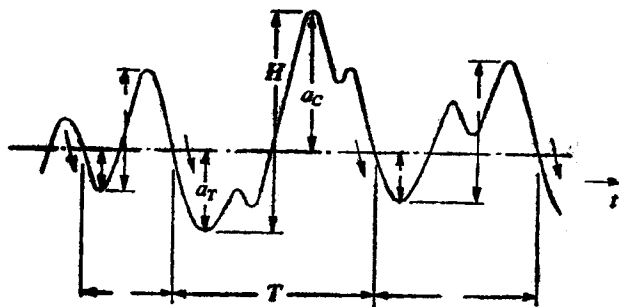
- A. 基本符号
- B. 通用参数和函数
- C. 标准参数和函数
  - C1. 时域分析
  - C2. 频域分析
- D. 方向性参数和函数
- E. 补充和研究的参数和函数
  - E1. 时域分析
  - E2. 频域分析

基本符号表是为所选择的符号提供简便的前后参照之用，而并不企图给出精确的定义。通用参数表包括了在世界范围内广泛用于对海况作一般性描述的参数。标准参数表包括的是已经用于科学文献，且目前已被普遍认为是重要的，并与海洋工程有关的参数和函数。方向性参数和函数表涉及了要考虑波浪传播方向性的海况的各个方面。补充表反映了新的研究成果，其中许多参数和函数的重要性尚需进一步证实。

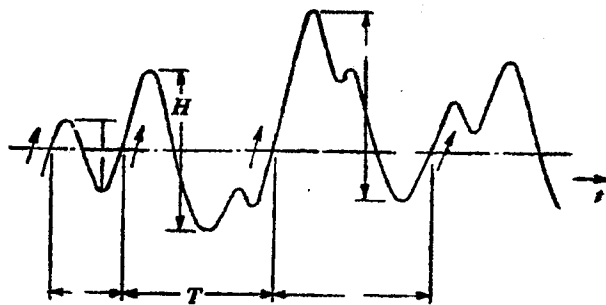
这些表是按照字母顺序排列的，希腊字母排在拉丁字母之后。符号和定义在一起给出，如果有数学公式，则也一起给出。因为现在计算机的打印机一般都不能打印希腊字母或下标，所以对每个符号还给出了推荐的计算机符号，这种符号设计得在大多数情况下都可在计算机程序中作为变量使用。同时，在读出这些符号时就可知相应参数的意义，而不用再



(a) 上跨零点波  
(国际航运会议)



(b) 下跨零点波  
(国际水利研究协会推荐)



(c) 上跨零点波  
(国际水利研究协会)

图 1

查阅本表。当字母“D”和“U”作为在计算机符号中的最后一个字母时，通常分别指用“下”跨零点和“上”跨零点方法导出的相应参数。在数学符号中用字母“d”和“u”作为下标也是同样的意思。当符号“0”用作下标时，或是定义深水参数，如 $L_0$ 、 $T_0$ 、 $c_0$ ，或是定义谱矩的阶数，如 $m_0$ 为零阶矩。各参数和函数的所有单位都采用国际单位制(SI)。

因为已广泛采用波浪资料的傅里叶变换和其他波谱表示法，所以有必要提出一个标准的规定。过去已经使用了功率谱、或功率谱密度，能谱密度和其他名词。鉴于电流的平方或电压与功率成正比，而波浪的功率与波高的平方和波周期的乘积成正比。这样，在波浪动力学中使用功率谱密度一词有时就会使人误解。看来现在已广泛采用方差谱密度一词。这点是很容易理解的，因为在频域中就是采用了方差。然而当函数的变量增加时，对函数的精确定名将越来越繁复。所以建议一般称为谱密度，而且需要时再加上“方差”两字，除非另有说明，一般对“谱密度”应理解为其独立变量是方差。波谱这个词是一个总名称，它可以描述线性谱，密度或谱分布。一维函数情况下的面积或二维函数情况下的体积都是方差的量度。在这个意义上，如果要定义的函数实际上是谱的密度，则可以使用密度一词。

建议所有的波谱表示法都是“单侧”的，即规定频谱的范围为 $0 < f < \infty$ 。因而，时间或空间系列的方差应该与 $0 < f < \infty$ 区间内谱密度的零阶矩相配合。此外，建议由时间函数导出的谱应定义为以赫兹为单位的频率函数，而不用每秒弧度。目前这一点看来已被广为接受，并且消除了必须用 $\pi$ 来除傅里叶逆变换的问题。另一方面，因为波数 $k = 2\pi/L$ 已被广泛地采用，所以看来最好保留这个用法。因而，从波数域到空间域的傅里叶逆变换，在一维情况时需乘以 $(1/2\pi)$ ；在两维情况下需乘以 $(1\pi/2)^2$ 。

虽然希望国际水利研究协会的这个波浪参数表在将来能得到广泛的应用，但当然也估计到会有一些科学和工程的领域，可能还不能直接应用这个标准。通过各有关学科方面的进一步努力，最终将会产生比现在应用范围可能更广的标准。



# 国际水利研究协会波浪参数表

## A. 基本符号

计算机符号	符号	意义〔另见图A1和图A2〕	单位
A	$a$	振幅。	m
B	$b$	谱带宽度。	Hz
C	$c$	相速或波速。	m/s
C <sub>0</sub>	$c_0$	深水波速。	m/s
CG	$c_g$	群速。	m/s
F	$f$	频率。	Hz
K	$k$	波数, $2\pi/L$ 。	rad/m
HD	$h$	水深。	m
H	$H$	波高。	m
L	$L$	在波浪传播方向上的波长。	m
L <sub>0</sub>	$L_0$	深水波长。	m
P(X)	$P(x)$	概率分布函数。	
PD(X)	$p(x)$	概率密度函数。	
DR	$\vec{r}$	空间坐标, 定义为: $x =  \vec{r}  \cos\theta$ , $y =  \vec{r}  \sin\theta$ 。	m
T	$T$	波浪周期, $1/f$ 。	s
	$t$	时间变量。	s
TR	$T_R$	数据记录长度。	s
	$x, y, z$	按右手法则确定的坐标。	m
X	$x$	水平坐标。	m
Y	$y$	水平坐标, 俯视时按逆时针方向与 $x$ 坐标成 $90^\circ$ 角。	m
Z	$z$	垂直坐标, 向上为正。	m
ALPHA	$\alpha$	波向, (参见D部分内容)。	deg
DF	$\Delta f$	在离散傅里叶分析中基本的频率增量。	Hz
ETA	$\eta(t)$	相对于平均水面的波高	m
ETAC	$\eta_c$	相对于平均水面的波峰顶部高度, (图C1)。	
ETAT	$\eta_T$	相对于平均水面的波谷底部高度。	m
NU	$\nu$	$\chi^2$ 检验分布的自由度。	
SIGMA	$\sigma$	标准差。(只有当去掉平均值时才等于均方根值)。	m
THETA	$\theta$	用于方向谱中的波浪传播方向, (参见	deg

计算机

符号	符号	意义(另见图A1和图A2) D部分内容)	单位
TAU	$\tau$	转换的时间变量。	s
OMEGA	$\omega$	角频率, $2\pi f$ 。	rad/s

B. 通用参数和函数

计算机

符号	符号	意义(另见图A1和图A2单位)	单位
FP	$f_p$	谱峰频率, $1/T_p$ , (参见C2部分内容)。	Hz
HS	$H_s$	有效波高, 定义为, $1/3$ 大波的平均波高值, 可用下列任何一个方法算得: a) $H_{1/3, \lambda}$ 或 b) $H_{1/3, \mu}$ ] (参见C1部分内容), ——或者可用下法作估计: c) $H_{m_0}$ (参见C2部分内容) (推荐) <sup>1)</sup> , d) $H_v$ (参见C1部分内容) <sup>2)</sup> 。	m
HV	$H_v$	目测估计的波高 <sup>[1,2]</sup> 。	m
TS	$T_s$	有效波周期——定义为波高最大的三分之一部分的周期平均值。 —— $T_s$ 可用下法算得: a) $TH_{1/3, \lambda}$ 或 b) $TH_{1/3, \mu}$ ] (参见C1部分内容)	s
TP	$T_p$	谱峰周期, $1/f_p$ , (参见C2部分内容)。	s
TM	$T_m$	平均波周期——定义为: a) $T$ (参见C1部分内容), b) $T_{1, i}$ (参见C2部分内容), c) $T_s$ (参见E1部分内容)。	s
TV	$T_v$	目测的波周期 <sup>[1,2]</sup> 。	s

C. 标准参数和函数

C1. 时域分析

计算机

符号	符号	意义(另见图C1和图C2)	单位
AC	$a_c$	跨零波峰高度。	m

1)、2) 虽然  $m_0$  是由谱密度导出的, 而  $\sigma$  是由相应的水面高度导出的, 且是时间的函数, 但在理论上  $m_0 = \sigma^2$ 。然而实际上  $H_{m_0}$  可能不等于  $H_\sigma$ , 所以对  $H_s$  的计算方法应该用下标来识别。

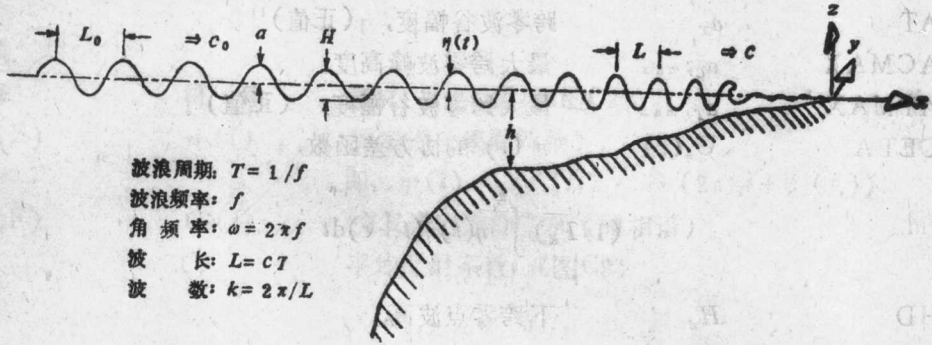


图 A1

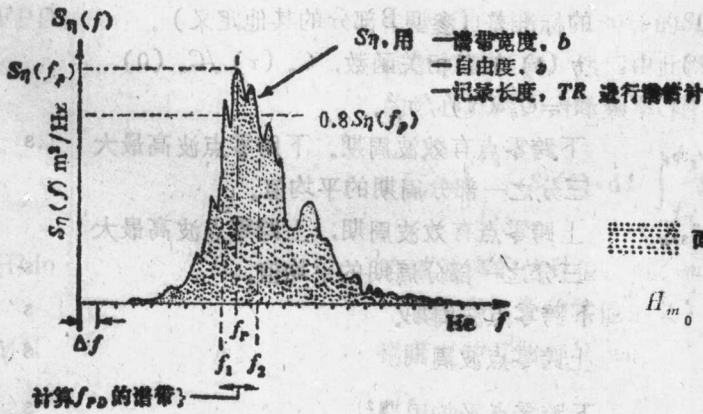


图 A2

计算机

符号	符号	意义〔另见图C1和图C2〕	单位
AT	$a_T$	跨零波谷幅度, (正值) <sup>1)</sup> 。	m
ACMAX	$a_{C, \max}$	最大跨零波峰高度。	m
ATMAX	$a_{T, \max}$	最大跨零波谷幅度, (正值)。	m
CETA	$C_\eta(\tau)$	$\eta(t)$ 的协方差函数, $(1/T_R) \int_0^{T_R} \eta(t)\eta(t+\tau)dt$	m <sup>2</sup>
HD	$H_d$	下跨零点波高。	m
HAVD	$\overline{H_d}$	平均下跨零点波高。	m
HU	$H_u$	上跨零点波高。	m
HAVU	$\overline{H_u}$	平均上跨零点波高。	m
H13D	$H_{1/3,d}$	下跨零点有效波高。最大三分之一下跨 零点波高的平均值。	m
H13U	$H_{1/3,u}$	上跨零点有效波高。最大三分之一上跨零 点波高的平均值。	m
HSIGMA	$H_\sigma$	有效波高估计值, $4 \cdot \sigma_\eta$ , $\sigma_\eta$ 是 $\eta(t)$ 的标准差 (参见B部分的其他定义)。	m
RETA	$R_\eta(\tau)$	$\eta(t)$ 的自相关函数, $C_\eta(\tau) / C_\eta(0)$ $= C_\eta(\tau) / \sigma_\eta^2$ 。	
TH13D	$T_{H1/3,d}$	下跨零点有效波周期。下跨零点波高最大 三分之一部分周期的平均值。	s
TH13U	$T_{H1/3,u}$	上跨零点有效波周期, 上跨零点波高最大 三分之一部分周期的平均值。	s
TD	$T_d$	下跨零点波周期。	s
TU	$T_u$	上跨零点波周期。	s
TAVD	$\overline{T_d}$	下跨零点平均周期 <sup>2)</sup> 。	s
TAVU	$\overline{T_u}$	上跨零点平均周期 <sup>3)</sup> 。	s
ETAMAX	$\eta_{\max}$	波浪记录资料中相对于平均水面的最大波 面高度。	m
ETAMIN	$\eta_{\min}$	波浪记录资料中相对于均平水面的最小波 面高度。	m

1) 跨零分析的定义见引言。从图C1可以看到,  $\eta_e$  不一定等于  $a_e$ , 后者是相邻两个连续跨零间的最大的一个极值。类似的理由也适用于  $\eta_T$  与  $a_T$ 。

2)、3)  $\overline{T_d}$  和  $\overline{T_u}$  在统计上是相等的, 而且应该等于  $\overline{T}$ 。

## C2. 频域分析

### 计算机

符号	符号	意义〔另见C图1和图C2〕	单位
A (F)	$a(f)$	振幅谱 (离散转换), 即, $\eta(t) = \sum a(f_i) \cdot \cos(2\pi f_i t + \phi(f_i))$	m
C (F)	$C(f)$	交叉谱密度的实部 (同相谱)。	$\text{m}^2/\text{Hz}$
CR	$C_r$	平均反射系数, [图C2], $\sqrt{m_{0,r}} / \sqrt{m_{0,i}}$	
CR (F)	$C_r(f)$	反射系数函数, [图C2], $\sqrt{S_r(f)/S_i(f)}$	
FP	$f_p$	谱峰频率, 即 $S_\eta(f)$ 为最大时的频率, [图A2]。这个频率可用不同方法估计, 如: —— $S_\eta(f)$ 为最大时的频率, —— 通过在 $f_p$ 附近的三个估算点作一条抛物线, —— 计算在 $f_p$ 附近的谱带的形心, —— 使谱的理论模式适合于谱的估计值。	Hz
FPD	$f_{PD}$	在谱密度图上, 以 80% 的 $S_\eta(f_p)$ 确定较低和较高频率, 然后由此两频率间的谱带的形心算得的谱峰频率 [图A2]。 $f_{PD} = \frac{\int_{f_1}^{f_2} f \cdot S_\eta(f) \cdot df}{\int_{f_1}^{f_2} S_\eta(f) df}$	Hz
HM <sub>0</sub>	$H_{m_0}$	有效波高的估计值, $4\sqrt{m_0}$ (参见B部分的其他定义)。	m
MN	$m_n$	谱密度的几阶矩 <sup>1)</sup> , 即: $\int_{f_1}^{f_2} f^n \cdot S(f) df$	$\text{m}^2/\text{s}^n$
MN, X	$m_{n,x}$	X谱密度的n阶矩。 X可以是: i 入射谱 r 反射谱 E SIWEH谱 <sup>2)</sup> $\eta LB$ 由波群引起的周期波谱	$\text{m}^2/\text{s}^n$
Q (F)	$Q(f)$	交叉谱密度的虚部 (正交谱)。	$\text{m}^2/\text{Hz}$

1) 对分析的参数要作出说明。如:

—— 积分下限,  $f_1 = \min[1/3 \cdot f_p, \text{全部量度的} 0.05 \text{倍}]$

—— 积分上限,  $f_2 = 3 \cdot f_p$

计算机

符号	符号	意义〔图见另图C1和C2〕	单位
S (F)	$S(f)$	谱密度 <sup>1)</sup> (对于波浪以 $\eta$ 为下标,即 $S_\eta(f)$ )。	$m^2/Hz$
SI (F)	$S_i(f)$	入射波谱密度, 例如: $S_{\eta,i}(f)$ 。	$m^2/Hz$
SR (F)	$S_r(f)$	反射波谱密度。	$m^2/Hz$
SXY (F)	$S_{xy}(f)$	$x(t)$ 与 $y(t)$ 间的交叉谱密度, 这里 $x(t)$ 是假定的系统输入 (即参考函数), $y(t)$ 为输出。	$m^2/Hz$
TP	$T_p$	谱峰周期, $1/f_p$ 。	s
	$T_{i,i}$	由谱矩得出的平均周期, 如:	s
T01	$T_{0,1}$	由 $m_0/m_1$ 定义的平均周期, 以及	s
T02	$T_{0,2}$	对高斯随机过程由 $\sqrt{m_0/m_2} = T$ 定义的平均周期。	s
GAMMA(F)	$\gamma(f)$	相关函数, $ S_{xy}(f) /\sqrt{S_x(f) \cdot S_y(f)}$	
PHI(F)	$\phi(f)$	相位谱 <sup>2,3)</sup> 。	deg

D. 方向参数和函数

计算机

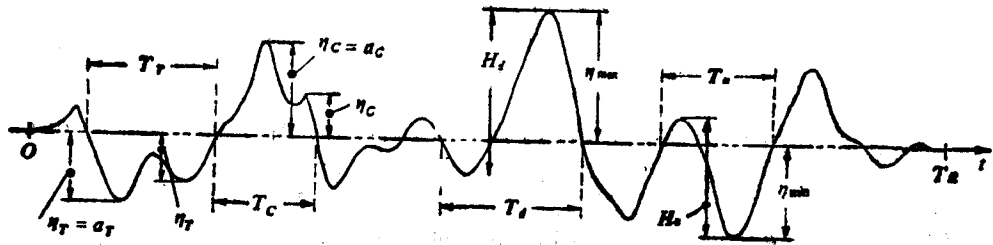
符号	符号	意义〔另见图D1〕	单位
KX	$\vec{k}$	波浪矢量, 定义为:	rad/m
	$k_x$	$k_x =  \vec{k}  \cos \theta,  \vec{k}  = k$	rad/m
KY	$k_y$	$k_y =  \vec{k}  \sin \theta$	rad/m
	$D(f, \theta)$	方向传播函数, 定义为: $S(f, \theta) = S(f) \cdot D(f, \theta);$ $\int_0^{2\pi} D(f, \theta) d\theta = 1$ 如: $\cos^2 s(\frac{\theta}{2}), \cos^n \theta, N(\sigma^2, \theta_m)$	deg
RXYT	$R_\tau(\vec{r}, \tau)$	时间和空间的自相关函数, 即时域和空域的标准协方差。	
RXY	$R_r(\vec{r})$	空间的自相关函数, 即时域和空域的标准协方差。	

1)对分析的参数要作出说明。如,

——对全部谱的典型谱带宽度,  $b \approx 10^{-2} Hz$

——推荐的自由度,  $\nu > 20$

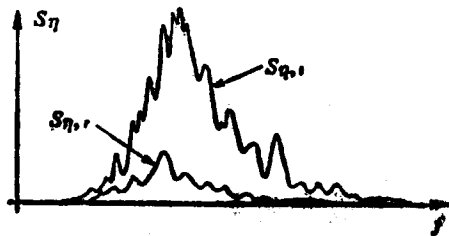
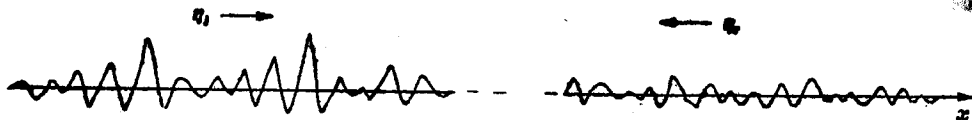




方差 
$$\sigma_\eta^2 = \frac{1}{T_R} \int_0^{T_R} [\eta(t) - \bar{\eta}]^2 dt \quad (\text{理论上等于 } m_0)$$

$$H_0 = 4\sigma_\eta$$

图 C1



反射分析

$$C_r = \sqrt{m_{0,r}} / \sqrt{m_{0,i}}$$

$$C_r(f) = \sqrt{S_{\eta,r}(f) / S_{\eta,i}(f)}$$

图 C2

计算机

符号	符号	意义(另见图 D1)	单位
S(F, THETA)	$S(f, \theta)$	方向谱密度。	$(m^2/Hz)/deg$
S(K, THETA)	$S(k, \theta)$	方向波数谱密度。	$(m^2/(rad/m))/deg$
SETALB (F, DTETA)	$S_{\eta, LB}(f, \theta)$	由波群引起的低频率的方向谱密度 <sup>[18]</sup> 。	$(m^2/Hz)/deg$
SKF	$S(\vec{k}, f)$	波浪矢量和频率谱密度 <sup>[19]</sup> 。	$m^2/(Hz \cdot (rad/m)^2)$
SK	$S(\vec{k})$	波浪矢量谱密度。	$m^2/(rad/m)^2$
ALPHA	$\alpha$	波向。这是常用的波向参数,表示波浪的来向。国际航运会议常设委员会规定其为真北与波浪来向之间的夹角。按此定义,则以顺时针方向为正 <sup>[12]</sup> 。	deg

计算机

符号	符号	意义[另见图D1]	单位
THETA	$\theta$	描述 $k$ 的方向的波浪传播方向, 逆时针为正, (符合右手法则) <sup>1)</sup> 。	deg
THETAM	$\theta_m(f)$	作为频率函数的平均波向。所有 $\theta_m(f)$ 的平均值应等于 $\bar{\theta}$ 。	deg
THETOM	$\bar{\theta}$	总平均波向, 可用多种方法确定, 例如用: $\arctan(m_{01}/m_{10})$ , 见[10], 其中 $m_{pq} = \int_0^{\infty} \int_{-\pi}^{\pi} s(f, \theta) k(f)^{p+q} \times \cos^p \theta \sin^q \theta d\theta df$	deg

或由[15]用:

$$\arctan \left[ \frac{\int_0^{T_R} \eta(t) \cdot \frac{\partial \eta(t)}{\partial y} dt}{\int_0^{T_R} \eta(t) \cdot \frac{\partial \eta(t)}{\partial x} dt} \right]$$

$$\int_0^{T_R} \eta(t) \cdot \frac{\partial \eta(t)}{\partial x} dt$$

或用:

$$\int_0^{\infty} S_{\eta}(f) \theta_m(f) \cdot df / m_0$$

## E. 补充和研究的参数和函数

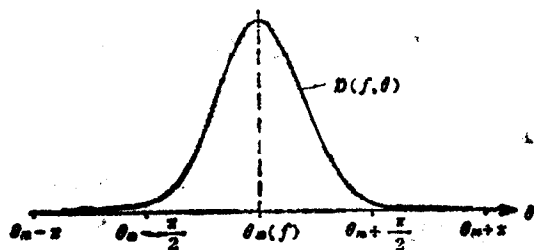
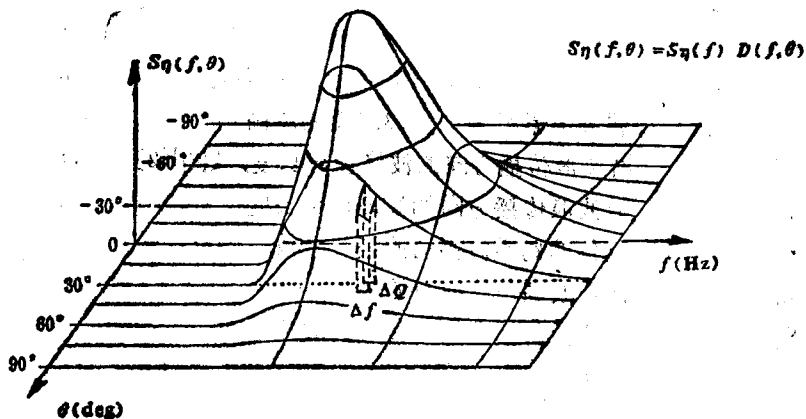
### E1. 时域分析

计算机

符号	符号	意义[另见图E1至图E4]	单位
DG	$D_G$	波群持续时间, [图E1]	s
GF	$GF_s$	波群因素 <sup>2)</sup> , (参见E2部分), 这个要素可以下式为例计算 <sup>[3]</sup> , [见图E1]:	
		$\sqrt{(1/T_R) \int_0^{T_R} \{E_s(t) - \bar{E}_s\}^2 dt / \bar{E}_s}$	
		其中:	
		$E_s =$ 平滑的瞬时波能过程线 (SIWEH) <sup>[3]</sup> ,	
		$\bar{E}_s = m_0$	
HMAXD	$H_{max,d}$	最大下跨零点波高。	m

1)  $\theta$ 和 $\alpha$ 容易混淆。故要明确说明是用哪一个参数。

2) 波群因素的数值对作为计算依据的记录长度 $T_R$ 很敏感。所以, 建议在原体中的记录长度用20分钟。



$$\int_{-\infty}^{\infty} D(f, \theta) df = 1$$

$D(f, \theta)$  的例子:

$$D(f, \theta) = \frac{2^{2\sigma-1} \Gamma^2(\sigma+1)}{\pi \Gamma(2\sigma+1)} \cos^{2\sigma}[(\theta - \theta_n)/2]$$

$$D(f, \theta) = N(\theta_n, \sigma^2)$$

$$= \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp[-(\theta - \theta_n)^2 / (2\sigma^2)]$$

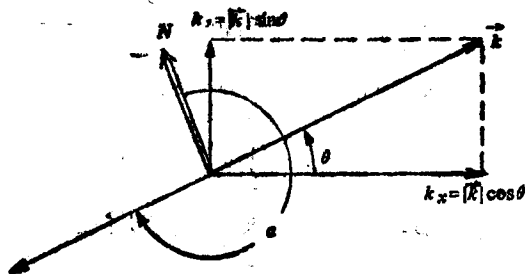
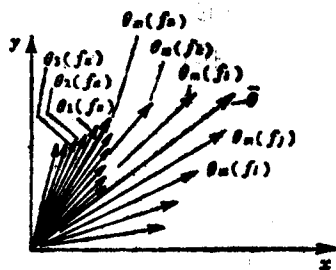


图 D1