

1 港口与航道工程设计基础资料

- 遵照规范 :1. 《港口工程结构可靠度设计统一标准》 GB 50158—92
2. 《港口工程荷载规范》 JTJ 215—98
3. 《海港水文规范》 JTJ 213—98
4. 《内河航道与港口水文规范》 JTJ 214—2000
5. 《内河通航标准》 GBJ 139—90
6. 《通航海轮桥梁通航标准》JTJ 311—97
7. 《水运工程测量规范》JTJ 203—2001
8. 《港口工程地质勘察规范》JTJ 240—97
9. 《渠化工程地质勘察规范》JTJ 241—98
10.《水运工程抗震设计规范》 JTJ 225—98

1.1 港口与航道工程结构的设计原则

在港工建筑物设计中，应满足：

- 在正常使用过程中，所设计的港工结构必须保证其预定的结构功能；
- 在各种外界因素作用下，为保证结构功能所必须具备的条件。

1.1 极限状态设计原则

港工结构设计采用以分项系数表达的概率极限状态设计方法。

1. 结构功能和工程结构可靠度

1) 结构功能

结构功能指结构的安全性、适用性和耐久性，合称为工程结构的可靠性。

2) 工程结构可靠度

度量工程结构可靠性的指标为工程结构可靠度。工程结构可靠度定义为：工程结构在规定的时间内，在规定的条件下，具有预定功能的概率。

2. 设计基准期和规定条件

1) 设计基准期

按照结构预期使用寿命所规定的时间参数称为设计基准期，它是计算结构失效概率所需的时间参数。根据结构特点和环境条件，港口工程钢筋混凝土结构的设计基准期可定为 50 年。

2) 规定条件

可靠度定义中提及的规定的条件是指设计结构时所确定的正常设计、正常施工和正常使用的条件及环境条件。

3. 极限状态

港工建筑物完成结构功能的指标用极限状态衡量，极限状态是区别结构的工作状态可靠或不可靠的标志。极限状态分为承载能力极限状态和正常使用极限状态。

1) 承载能力极限状态

承载能力极限状态是指结构达到最大承载能力或不适于继续承载的变形。

2) 正常使用极限状态

正常使用极限状态是指结构未超过正常使用或耐久性能的某项规定限值的状态。

4. 设计状况

由于港工建筑物的施工和使用的环境条件不同，港工建筑物必须按不同的设计状况进行设计。对于每一种设计状况，应采用相应的结构体系、可靠度指标和设计值以及相应的规定条件。设计状况是根据各种状况的持续时间和出现概率而分类的，包括持久状况、短暂状况和偶然状况。

1) 持久状况

持久状况是具有与结构寿命同一量级的持续时间的的设计状况，按承载能力和正常使用两种极限状态进行设计。

2) 短暂状况

短暂状况是持续时间较短、出现概率较高的设计状况，一般仅按承载能力极限状态进行设计，必要时同时按正常使用极限状态进行设计。

3) 偶然状况

偶然状况是持续时间较短、出现概率较低的设计状况，可仅按承载能力极限状态进行设计。

2 结构上的作用

施加在结构上的集中力（荷载）和分布力（荷载）以及引起结构外加变形和约束变形的原因总称为结构上的作用。

集中力（荷载）和分布力（荷载）为直接作用；引起结构外加变形和约束变形的原因为间接作用。

1. 作用分类

1) 按时间变化分类

按时间的变化，港口与航道工程结构上的作用可分为三种。

永久作用，指在设计基准期内，其量值随时间的变化与平均值相比可以忽略的作用，如自重、预加应力、土重力及由永久作用引起的土压力、固定设备重力、固定水位的静水压力及浮托力等。

可变作用，指在设计基准期内，其量值随时间的变化与平均值相比不可忽略的作用，如堆货荷载、起重机械荷载、运输机械荷载、铁路荷载、汽车荷载、缆车荷载、人群荷载、可变作用引起的土压力、船舶荷载、水流力、冰荷载、风荷载、波浪力和施工荷载等。

偶然作用，指在设计基准期内，不一定出现，一旦出现，其量值很大且持续时间很短的作用，如地震作用。

2) 按空间位置变化分类

港口与航道工程结构上的作用，按空间位置的变化可分为两种。

固定作用，指在结构上具有固定分布的作用，如结构自重力和固定设备自重力等。

② 自由作用，指在结构的一定范围内可以任意分布的作用，如堆货荷载和流动起重运输机械荷载等。

3) 按对结构的反应分类

港口与航道工程结构上的作用，按对结构的反应可分为两种。

静态作用，指在加载过程中使结构产生的加速度可以忽略不计的作用，如自重力、堆货荷载和土压力等。

② 动态作用，指在加载过程中使结构产生不可忽略的加速度的作用，如船舶撞击力、汽车荷载和地震作用等。

2. 作用代表值

作用的代表值应包括标准值、频遇值和准永久值。

结构设计应根据不同极限状态的设计要求，在设计表达式中分别采用不同的作用代表值。

1) 永久作用代表值

对于永久作用，不论何种极限状态或组合，应以标准值作为唯一代表值。

2) 可变作用代表值

对于可变作用，应按不同极限状态和组合分别取其代表值。

(1) 承载能力极限状态的可变作用

对于承载能力极限状态，可变作用应分别按如下规定取值。

持久组合时，主导可变作用取标准值，非主导可变作用取组合值，组合值是将标准值乘以组合系数 φ 。

短暂组合时，由环境条件引起的可变作用按有关结构规范确定，其他作用取可能出现的最大值为标准值。

偶然组合时 按现行行业标准《水运工程抗震设计规范》(JTJ 225—98) 的有关规定取值。

(2) 正常使用极限状态的可变作用

对于正常使用极限状态，可变作用应分别按如下规定取值。

持久状况作用的短期效应（频遇）组合时，取可变作用的频遇值。

持久状况作用的长期效应（准永久）组合时，取可变作用的准永久值。

短暂状况的正常使用极限状态时，取标准值。

可变作用的频遇值应按将可变作用的标准值乘以频遇值系数 ψ_1 采用， ψ_1 可取 0.8。

可变作用的准永久值应按将可变作用的标准值乘以准永久值系数 ψ_2 采用， ψ_2 可取 0.6。

3. 作用效应组合

对于实际有可能在港口与航道工程结构上同时出现的作用，应按承载能力极限状态和正常使用极限状态并结合相应的设计状况，进行作用效应组合。对于实际不可能同时出现的作用，不应考虑其作用效应组合。

1) 承载能力极限状态的作用效应组合

在不同设计状况下，承载能力极限状态有如下三种作用效应组合：

持久状况的持久组合；
 短暂状况的短暂组合；
 偶然状况的偶然组合。

2)正常使用极限状态的作用效应组合

在不同设计状况下，正常使用极限状态有如下三种作用效应组合：

持久状况的短期效应组合；
 持久状况的长期效应组合；
 短暂状况的作用效应组合。

1.1.3 极限状态设计表达式

1. 承载能力极限状态设计表达式

承载能力极限状态应符合如下设计表达式：

$$S_d \leq R_d \quad (1.1.1)$$

式中： S_d 为作用效应设计值，如法向应力、剪力和弯矩等的设计值； R_d 为结构抗力设计值，如抗压、抗拉、抗剪和抗弯强度等的设计值。

对于承载能力极限状态，应分别考虑以下可能的作用效应组合。

1) 持久组合

持久组合的作用效应为：

$$S_d = \gamma_0 \left[\gamma_c C_c G_k + \gamma_{Q1} C_{Q1} Q_{1k} + \psi \left(\sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} C_{Qi} Q_{ik} \right) \right] \quad (1.1.2)$$

式中： γ_0 为结构重要性系数，按表 1.1.1 取值； G_k 为永久作用标准值； C_c 为永久作用效应系数， $C_c G_k$ 为永久作用效应，当有多个永久作用时，应对其作用效应进行叠加； γ_c 为永久作用分项系数，对以永久作用为主的构件，其分项系数宜适当提高，按表 1.1.2 取值； Q_{1k} 为主导可变作用标准值； C_{Q1} 为主导可变作用效应系数， $C_{Q1} Q_{1k}$ 为主导可变作用效应，取值应大于其他可变作用效应； γ_{Q1} 为主导可变作用分项系数，除有关结构规范另做规定外，均按表 1.1.2 取值； ψ 为组合系数，可取 0.7； Q_{ik} 为第 i 个非主导可变作用标准值； C_{Qi} 为第 i 个非主导可变作用效应系数， $C_{Qi} Q_{ik}$ 为第 i 个非主导可变作用效应，应小于主导可变作用效应； γ_{Qi} 为第 i 个非主导可变作用分项系数，按表 1.1.2 取值。

表 1.1.1 结构重要性系数 γ_0

结合安全系数	破坏后果	结构重要性系数 γ_0
一级	很严重	1.1
二级	严重	1.0
三级	不严重	0.9

注：一般港口的主要建筑物宜采用二级。

2) 短暂组合

短暂组合的作用效应为：

$$S_d = \gamma_G C_G G_k + \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} C_{Qi} Q_{ik} \quad (1.1.3)$$

式中： γ_G 为永久作用分项系数，取值同持久组合； γ_{Qi} 为第 i 个可变作用分项系数，取值可按表 1.1.2 中所列数值减小 0.1。

表 1.1.2 作用分项系数 γ_G 、 γ_Q

荷载名称	分项系数 γ_G 、 γ_Q	荷载名称	分项系数 γ_G 、 γ_Q
永久荷载	1.2	汽车荷载	1.4
一般件杂货、集装箱荷载	1.4	缆车荷载	1.4
五金钢铁荷载	1.5	船舶系缆力	1.4
散货荷载	1.5	船舶挤靠力	1.4
液体管道(含推力)荷载	1.4	船舶撞击力	1.5
人群荷载	1.4	风荷载	1.4
起重机械荷载	1.5	水流量	1.5
运输机械荷载	1.4	冰荷载	1.5
铁路荷载	1.4		

3) 偶然组合

偶然组合的作用效应按《水运工程抗震设计规范》(JTJ 225—98)有关规定执行。

2. 正常使用极限状态设计表达式

正常使用极限状态应符合如下设计表达式：

$$S \leq R \quad (1.1.4)$$

式中： S 为作用效应设计值，如变形、裂缝宽度和沉降量等的设计值； R 为限值，如规定的最大变形、裂缝宽度和沉降量等的设计值。

对于正常使用极限状态，应分别考虑以下可能的作用效应组合。

1) 持久状况的短期效应(频遇)组合

持久状况的短期效应组合为：

$$S_s = S_{Gk} + \psi_1 \sum_{i=1}^n S_{Qik} \quad (1.1.5)$$

2) 持久状况的长期效应(准永久)组合

持久状况的长期效应组合为：

$$S_1 = S_{Gk} + \psi_2 \sum_{i=1}^n S_{Qik} \quad (1.1.6)$$

3) 短暂状况的正常使用极限状态

短暂状况当考虑正常使用极限状态时，其作用效应组合为：

$$S = S_{Gk} + \sum_{i=1}^n S_{Qik} \quad (1.1.7)$$

式中： S_s 为作用短期效应(频遇)组合； ψ_1 为频遇值系数，取 0.8； S_1 为作用的长期效应(准永久)组合； ψ_2 为准永久值系数，取 0.6； S 为短暂状况的作用效应组合； S_{Gk} 为永久作用效应； S_{Qik} 为第 i 个可变作用效应。

[模拟练习]

1. 以下哪一项不属于作用的代表值？
 A. 标准值； B. 频遇值； C. 永久值； D. 准永久值。
 2. 按破坏后果，港口工程结构安全等级共分为
 A. 三级； B. 四级； C. 五级； D. 七级。
 注：印黑体字的选择为答案。下同。

1.2 港口与航道工程水文资料

1.2.1 设计潮位

在海港工程的设计和施工中，设计潮位是一个重要的水文要素，它直接关系到港口陆域和水工建筑物的高程以及航道和港池的水深，而且也影响着水工建筑物的造型和结构计算。

根据不同的海港工程规模、等级和使用条件，设计潮位将有不同的设计潮位标准。

1. 设计潮位

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的设计中，可用相同的设计高水位、设计低水位和极端高水位。极端低水位主要用于水工建筑物结构设计。

2. 设计潮位标准

1) 海港与潮汐河港设计高水位、设计低水位、极端高水位和极端低水位

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

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

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历时累积频率 1% 和 98% 的潮位。

海港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。

2) 河港设计高水位

河港设计高水位应按表 1.2.1 规定的重现期计算确定。

表 1.2.1 河港设计高水位重现期

码头受淹损失类别	码头设计高水位重现期(a)		
	山区河流	平原河流	河网地区
一	50~20	50	100
二	20~10	20	50
三	10~5	10	20

注：码头受淹损失分类：

- 一类——码头受淹将造成生产、货物及设备重大损失的码头；
- 二类——码头受淹将造成生产、货物及设备一定损失的码头；
- 三类——码头受淹将造成生产、货物及设备较小损失的码头。

当山区河流码头采用阶梯式布置时，单级的直立式码头和分级的直立式高水级码头设计高水位可采用综合历时曲线法计算，资料系列应取历年逐日的日平均水位，其保证率宜按表 1.2.2 选取；分级的直立式枯水级码头设计高水位宜采用保证率 70% ~ 90% 的水位。

表 1.2.2 山区河流码头设计高水位保证率

码头受淹损失类别	保 证 率 (%)
一	99
二	98
三	95

河港设计高水位可采用频率分析法计算，资料系列应取逐年最高水位。

3) 湖泊和运河港口设计高水位

湖泊、运河港口设计高水位应根据所处河流类型按表 1.2.1 规定的重现期计算确定。

4) 库区港口设计高水位

库区港口设计高水位宜为水库正常蓄水位加超蓄高度。当该值低于按表 1.2.1 规定的重现期计算的设计高水位时，应取其高值。

§ 河港设计低水位——设计最低通航水位

河港设计低水位应考虑航道远期规划的要求，采用航道的设计最低通航水位。

3. 作用效应组合中的水位

1) 承载能力极限状态的作用效应组合

(1) 海港

对于海港水位，应按下列规定确定：

持久组合，对设计高水位、设计低水位、极端高水位、极端低水位以及设计高水位与设计低水位之间的某一不利水位，分别进行计算；

短暂组合，对设计高水位、设计低水位分别进行计算；

偶然组合，水位均应按《水运工程抗震设计规范》(JTJ 225—98) 有关规定执行。

(2) 河港

对于河港水位，应按下列规定确定：

持久组合，对设计高水位、设计低水位以及与地下水位相组合的某一不利水位，分别进行计算；

短暂组合，对设计高水位、设计低水位分别进行计算；

偶然组合，水位均应按《水运工程抗震设计规范》(JTJ 225—98) 有关规定执行。

2) 正常使用极限状态的作用效应组合

在正常使用极限状态的作用效应组合中，可不考虑极端水位。

1.2.2 设计通航水位

在航道工程的设计和施工中，设计通航水位是一个重要的水文要素。

1. 设计通航水位

设计通航水位包括：设计最高通航水位和设计最低通航水位。

1) 设计最高通航水位

设计最高通航水位是指跨越通航海轮航道的桥梁通航净空高度的起算水位。设计最高通航水位也是确定内河航道护岸顶高程的影响水位。

2) 设计最低通航水位

设计最低通航水位是指设计所采用的允许标准船舶（或船队）正常通航的最低水位。设计最低通航水位亦即河港设计最低水位的采用值。

2. 设计通航水位标准

1) 设计最高通航水位标准

(1) 天然河流设计最高通航水位标准

天然河流的设计最高通航水位应采用表 1.2.3 中规定的各级洪水重现期计算的水位。重现期以年最高水位为计算系列，计算方法应按《内河航道与港口水文规范》（JTJ 214—2000）附录 B 执行。

表 1.2.3 天然河流设计最高通航水位的洪水重现期

航道等级	I ~ III	IV、V	VI、VII
洪水重现期(a)	20	10	5

注：对出现高于设计最高通航水位历时很短的山区性河流，Ⅲ级航道的洪水重现期可降为 10 年一遇，Ⅳ、Ⅴ级可降为 5 年一遇，Ⅵ、Ⅶ级可降为 3~2 年一遇。

(2) 感潮河段设计最高通航水位标准

感潮河段设计最高通航水位的确定应符合下列规定。

对于潮汐影响明显的感潮河段，设计最高通航水位采用最高潮位累积频率为 5% 的水位，可按极值 I 型分布确定。

对于潮汐影响不明显的感潮河段，设计最高通航水位的确定可按天然河流的规定执行。

2) 设计最低通航水位标准

(1) 天然河流设计最低通航水位标准

天然河流的设计最低通航水位可采用综合历时曲线法或保证率频率法计算确定，其保证率应符合表 1.2.4 的规定。推求保证率时，应以日平均水位为计算系列。

表 1.2.4 天然河流设计最低通航水位的综合历时保证率

航道等级	I、II	III、IV	V ~ VII
保证率(%)	99 ~ 98	98 ~ 95	95 ~ 90

(2) 感潮河段设计最低通航水位标准

感潮河段设计最低通航水位的确定应符合下列规定。

对于潮汐影响明显的感潮河段，设计最低通航水位应采用低潮累积频率为 90% 的潮位。其计算方法应按现行行业标准《海港水文规范》（JTJ 213—98）的有关规定执行。

对于潮汐影响不明显的感潮河段，设计最低通航水位的确定可按天然河流的规定执行。

感潮河段的航道采用乘潮水位作为该航段的设计最低通航水位，乘潮水位可取乘潮累积频率 90% ~ 95% 的水位。其计算方法可按《海港水文规范》(JTJ 213—98) 的有关规定执行。

乘潮水位是指船舶乘潮进出港口的某一潮位，并以该潮位作为航道和不包括码头前沿水域、锚地的港内水域的设计最低通航水位。

乘潮水位应根据需要乘潮的船舶航行密度，港口所在地区的潮汐特征和疏浚工程量等因素，经技术经济论证确定。

2.3 设计波浪

波浪力是作用在港工建筑物上的重要荷载。设计港工建筑物时，必须首先确定设计波浪标准和设计波浪要素，如波高 H 、波长 L 、周期 T 以及波向。

1. 设计波浪标准

设计波浪标准包括设计波浪的重现期和设计波浪的波列累积频率。

1) 设计波浪的重现期

设计波浪的重现期是指某一特定波列累积频率的波浪平均多少年出现一次，表征波浪要素的长期统计分布规律。设计波浪的重现期的标准是根据建筑物的重要性、使用年限和投资效益等综合确定。

(1) 直墙式、墩柱式、桩基式和斜坡式建筑物

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

(2) 特殊重要建筑物

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

2) 设计波浪的波列累积频率

设计波浪的波列累积频率是指波列中大于或等于某一波高（或其他波浪要素）出现的概率，表征波浪要素的短期统计分布规律。设计波浪的波列累积频率的标准是根据波浪对不同类型建筑物和建筑物不同部位的作用性质以及设计内容而确定。

(1) 设计波高的波列累积频率标准

在进行直墙式、墩柱式、桩基式和斜坡式建筑物的强度和稳定性计算时，设计波高的波列累积频率标准应按表 1.2.5 采用。

表 1.2.5 设计波高的波列累积频率标准 F

建筑物类型	建筑物部位	设计内容	波列累积频率 $F(\%)$
直墙式、墩柱式	上部结构、墙身、墩柱、桩基	强度和稳定性	1
	基床、护底块石	稳定性	5
斜坡式	胸墙、堤顶方块	强度和稳定性	1
	护面块石、护面块体	稳定性	13(注)
	护底块石	稳定性	13

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

(2) 极限波高的确定

当推算的波高大于浅水极限波高时，应按极限波高采用。极限波高的确定如下。

规则波。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 1.2.1 确定。在图上求得不同水深 d_b 处的破碎波高 H_b ，即为该水深的极限波高。

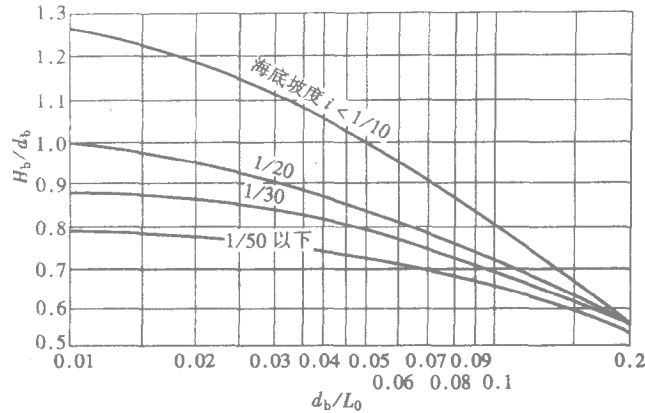


图 1.2.1 破碎波高与破碎水深比值

不规则波。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 1.2.1 所得的破碎波高与破碎水深之比乘以系数 0.88。深水波长采用下式计算：

$$L_0 = 1.17\bar{T}^2 \quad (1.2.1)$$

式中： L_0 为深水波长，m； \bar{T} 为平均周期，s。

当海底坡度 $i < 1/140$ 时，波浪的破碎波高与破碎水深比值的最大值可按表 1.2.6 确定。

表 1.2.6 缓坡上破碎波高与破碎水深最大比值 H_b/d_b

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

2. 设计波浪要素

1) 设计周期

设计周期采用平均周期 \bar{T} 。

2) 设计波长

设计波长按平均周期 T 计算：

$$L = \frac{g\bar{T}^2}{2\pi} \operatorname{th} \frac{2\pi d}{L} \quad (1.2.2)$$

式中： L 为设计波长，m； \bar{T} 为平均周期，s； g 为重力加速度， m/s^2 ； d 为水深，m。

当 $d \geq L/2$ 时， $\operatorname{th} \frac{2\pi d}{L} \approx 1.0$ ，为深水波，其波长用 L_0 表示。波长 L 可按《海港水文规范》

(JTJ 213-98)附录 G 确定

有效波周期可按式计算：

$$T_e = 1.15 \bar{T} \quad (1.2.2)$$

式中： T_e 为有效波周期，s。

3) 近岸波高

深水波向浅水区域传播时，波浪发生折射。当浅水处水深 $d = L/2$ 时，折射后的近岸波高可按式计算：

$$H_r = K_r K_s H \quad (1.2.4)$$

式中： H_r 为计算点的折射波高，m； K_r 为折射系数； K_s 为浅水系数； H 为入射波高，m。

4) 港内波高

波浪绕过口门进入港池内，港内波要素的计算除特殊情况外，以波浪绕射为主。防波堤后某点的绕射波高可按式计算：

$$H_d = K_d H \quad (1.2.5)$$

式中： H_d 为防波堤后某点的绕射波高，m； K_d 为防波堤后某点的绕射系数，规则波按《海港水文规范》(JTJ 213—98)附录 H 确定，不规则波按同上规范图 7.2.1-1 至图 7.2.1-8 确定； H 为防波堤口门处入射波的波高，m。

5) 反射波高

斜坡式建筑物前经过反射以后的波高和反射波高可按式计算。

$$H' = H + H_R \quad (1.2.6)$$

$$H_R = K_\Delta H'_R \quad (1.2.7)$$

式中： H' 为斜坡式建筑物前经反射以后的波高，m； H_R 为斜坡式建筑物的反射波高，m； K_Δ 为与斜坡护面结构类型有关的糙渗系数； H'_R 为 $K_\Delta = 1$ 时的反射波高，与斜坡的坡度 m 和波陡 H/L 有关，m； H 为入射波高，m。

直墙式建筑物前经直壁全反射而不破碎的反射波高与入射波高叠加而成为立波，立波波高按下式计算：

$$H'' = H + H_R = 2H \quad (1.2.8)$$

式中： H'' 为直墙式建筑物前立波波高，m； H_R 为直墙式建筑物的反射波高，m； H 为入射波高，m。

1.2.4 设计风速

大气作用于地球表面单位面积上的力称为大气压强，单位用百帕 (hPa) 表示。

等压线即把瞬时气压观测值相等的各个点连成的线。

海平面等压线图能表明在海平面上某时刻的气压分布，亦称为海平面气压场。

海平面气压场包括：低压、高压、低压槽、高压脊、低压带、高压带、副低压、副高压及鞍形区。

由于气压在水平方向上分布的不均匀性而产生的空气从高压区向低压区的运动，称为风。在相同距离内，气压差越大，风速也越大；反之，气压差越小，风速也越小。因此，等压线的疏密表示单位距离气压差的大小。等压线越密，风速越大；反之，等压线越疏，风速越小。

1. 风区和风速

风速和风向表示风的特征。

风级按风速大小划分 17 级，用蒲福 (Beaufort) 分级表表示。

风向是指风的来向，用 16 个方位表示。包括：N、NNE、NE、ENE、E、ESE、SE、SSE、S、SSW、SW、WSW、W、WNW、NW、NNW。

风向和风速值用风向矢杆和风速标记表示。

1) 风区

在计算风浪要素时，可将风速和风向比较一致的水域划分为风区。不同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。

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

当影响计算点的风场范围较大时，可同时划出一个以上的风区。

2) 风速

(1) 陆地附近水域

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

风速的取值标准应为海面上 10 m 高度处的风速。

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

(2) 外海海域

对于测风资料较少的外海海域，可根据天气图上的等压线按下述步骤确定某时刻海面上的风速。

对风区附近的等压线进行检验，并作必要的修整。

确定风区所在的平均地理纬度 $\Phi(^{\circ})$ 。

在风区内有代表性的位置处量取相邻两等压线间的垂直距离 Δn 。若风区内相邻几条等压线分布的密度很不均匀，则可取几条等压线间垂直距离的平均值， Δn 以当地纬距度 (Δ 即赤道上经度或纬度 1° 的长度，约为 111 km) 表示。

由表 1.2.7 和天气图确定风区内海水与空气间的温度差 $\Delta T(^{\circ}\text{C})$ ，当气温大于水温时， ΔT 为负值。

根据 Δn 、 Φ 和 ΔT 由图 1.2.2 查得海面风速 $U(\text{m/s})$ 。

3) 海面风速代表值

对于代表一段时间间隔 6~12 h 内的海面风速 U ，可按下述方法确定。

当风速随时间变化不大时，用平均风速为其代表值；

当风速持续地上升或下降时，分别用下列两式计算其代表值：

表 1.2.7 中国各海区表层水温 T

($^{\circ}\text{C}$)

海区	经纬度		月份											
	东经	北纬	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
渤海及黄 海北部	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
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

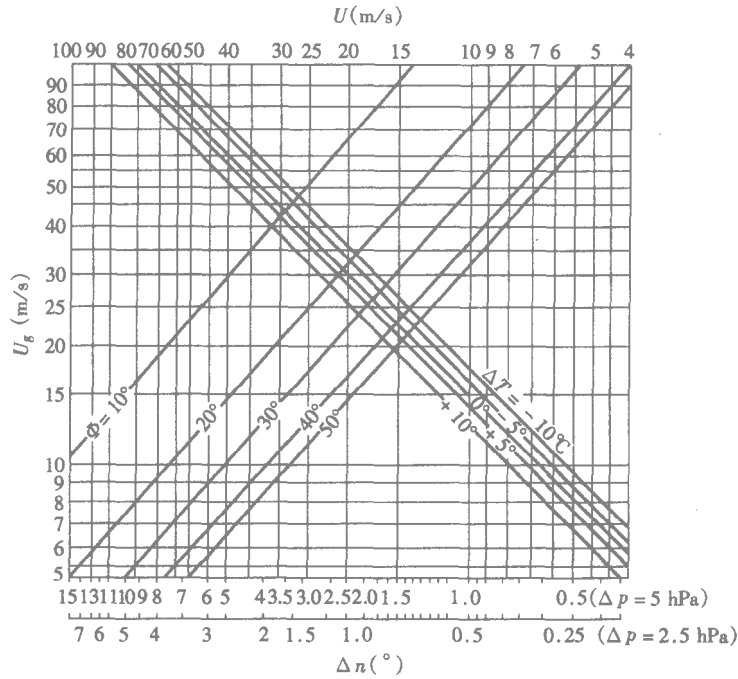


图 1.2.2 海面风速计算图

注：查图方法：在图 1.2.2 中，下侧横坐标为 Δn ，有两组数分别用于相邻两等压线的压力差 Δp 为 2.5 hPa 和 5 hPa 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。

$$U = 0.3U_1 + 0.7U_2 \quad (1.2.9)$$

$$U = 0.2U_1 + 0.8U_2 \quad (1.2.10)$$

式中： U 为风速代表值， m/s ； U_1 、 U_2 分别为始末两时刻的海面风速， m/s 。

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

2. 设计风速标准

我国采用海面 10 m 高处 30 年一遇的自记 10 min 平均最大风速，作为设计风速标准。

3. 风玫瑰图

风玫瑰图是根据月、季和年的最大风速、平均风速和风向的出现频率绘制而成。由图可以看出某一级风出现的风向和出现的频率。从而表示该区的常风向和强风向，以提供港口总平面设计的重要参数和设计风速标准的基础资料。

4. 基本风压

基本风压 W_0 可按下列式确定：

$$W_0 = \frac{1}{1600} V^2 \quad (1.2.11)$$

式中： V 为设计风速， m/s ，即港口附近的空旷平坦地面，离地 10 m 高，30 年一遇 10 min 平均最大风速。

1) 海港基本风压

当无实测风速资料时，沿海港口陆上的基本风压可按表 1.2.8 选用。

2) 河港基本风压

当无实测风速资料时，内河港口的基本风压可按《港口工程荷载规范》(JTJ 215—98) 全国基本风压分布图选用，但不得小于 0.25 kPa。

注：①对于平原河流上的港口，当岸边风速较两岸陆上为大时，其基本风压可根据当地地形、气象条件的调查或对比观测资料的分析，将附近空旷平坦地面的基本风压适当提高采用，提高系数可采用 1.1~1.2。

对于山区河流上的港口，当位于山间盆地、谷地时，其基本风压可按相应附近空旷平坦地面的基本风压适当降低使用，降低系数可采用 0.75~0.85；当位于与大风方向一致的谷口、山口时，其基本风压可按相应附近空旷平坦地区的基本风压适当增大使用，增大系数可采用 1.2~1.5。

3) 基本风压的修正

(1) 高层建筑物风压增大系数

对于高层建筑物和高耸结构，基本风压应考虑风压增大系数。风压增大系数采用 1.1~1.2。

(2) 风压高度变化系数

风压随高度不同而变化，以离地面或平均水面 10 m 高度处的风压为基准。风压高度变化系数 μ_z 应根据地面粗糙度类别，按表 1.2.9 选用。

表 1.2.8 全国沿海及海岛基本风压 W_0

地点	基本风压 W_0 (kPa)	地点	基本风压 W_0 (kPa)	地点	基本风压 W_0 (kPa)	地点	基本风压 W_0 (kPa)
辽宁省		烟台	0.55	镇海	0.55	闸坡	0.80
丹东	0.50	威海	0.60	大陈岛	0.85	吴川	0.85
东沟	0.45	成山头	0.85	温州	0.60	湛江	0.95
庄河	0.50	荣成	0.55	玉环	0.75	碇洲岛	1.05
皮口	0.55	石岛	0.70	洞头	0.80	徐闻	0.75
海洋岛	0.85	乳山口	0.60	南麂山	0.95	海南省	
长海	0.80	朝连岛	0.80	平阳	0.70	海口	0.80
大连	0.60	小麦岛	0.60	福建省		清澜	0.85
旅顺	0.55	青岛	0.55	福鼎	0.65	文昌	1.00
长兴岛	0.75	日照	0.40	台山列岛	1.10	琼海	0.90
鲅鱼圈	0.55	江苏省		霞浦	0.70	陵水	0.65
营口	0.55	连云港	0.45	三都澳	0.80	崖县	0.70
锦县	0.50	西连岛	0.70	三沙	0.85	榆林	0.80
葫芦岛	0.60	徐圩	0.60	连江	0.65	莺歌海	0.80
兴城	0.45	灌东	0.55	福州	0.65	东方	0.80
绥中	0.45	新滩	0.60	平潭	0.90	南海诸岛	
河北省		淮安	0.50	泉州	0.70	西沙群岛	1.40
秦皇岛	0.40	射阳	0.45	崇武	0.80	广西壮族自治区	
昌黎	0.40	台南	0.50	厦门	0.80	涠洲岛	0.95
乐亭	0.40	如东	0.50	东山	0.90	北海	0.70
杨各庄	0.45	启东	0.50	广东省		钦州	0.65
黄骅	0.45	吕四	0.50	南澳	0.85	东兴	0.60
天津市		上海市		汕头	0.75	台湾省	
汉沽	0.45	上海	0.50	陆丰	0.70	台北	1.20
塘沽	0.45	金山嘴	0.55	汕尾	0.80	花莲	1.20
天津	0.40	浙江省		港口	0.85	台东	1.50
山东省		嵯山	0.90	广州	0.55	台南	1.20
龙口	0.60	嵯酒	0.85	珠海	0.70		
长岛	0.75	大衢山	0.80	上川岛	1.00		
砣矶岛	0.90	定海	0.75	阳江	0.65		

表 1.2.9 风压高度变化系数 μ_z

离地面或平均水面 高度(m)	地面粗糙度类别			离地面或平均水面 高度(m)	地面粗糙度类别		
	A	B	C		A	B	C
5	1.17	0.80	0.54	80	2.27	1.95	1.64
10	1.38	1.00	0.71	90	2.34	2.02	1.72
15	1.52	1.14	0.84	100	2.40	2.09	1.79
20	1.63	1.25	0.94	150	2.64	2.38	2.11
30	1.80	1.42	1.11	200	2.83	2.61	2.36
40	1.92	1.56	1.24	250	2.99	2.80	2.58
50	2.03	1.67	1.36	300	3.12	2.97	2.78
60	2.12	1.77	1.46	350	3.12	3.12	2.96
70	2.20	1.86	1.55	≥ 400	3.12	3.12	3.12

注：地面粗糙度可分为 A、B、C 三类：

A 类指近海海面、海岛、海岸及湖岸地区；

B 类指田野、乡村、丛林、丘陵以及房屋比较稀疏的中、小城镇和大城市郊区；

C 类指有密集建筑物群的大城市市区。

(3) 风振系数

对于塔架、灯塔、导标等高耸结构当其基本自振周期 $T > 0.25$ s 时，其基本风压应乘以风振系数 β_z 。基本自振周期 T 及风振系数 β_z 按现行国家标准《建筑结构荷载规范》(GBJ 9) 的有关规定执行。

(4) 体形系数

风压体形系数 μ_s 应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》(GBJ 9) 规定执行。

(5) 海上风压增大系数

在全国沿海及海岛基本风压表和全国基本风压分布图中没有给出风压的建设地点，其基本风压可按下列规定执行。

当地有 10 年以上的年最大风速资料时，通过统计分析确定。

当地年最大风速资料不足 10 年时，与有长期资料或有规定基本风压的附近地区的基本风压值进行对比分析后予以确定。

当地没有风速资料时，通过对气象和地形条件的调查分析，参照附近地区的基本风压或全国基本风压分布图上的等值线用插入法确定。沿海海面和海岛上的基本风压，可按临近陆上基本风压乘以表 1.2.10 中的海上风压增大系数采用。

表 1.2.10 海上风压增大系数

至海岸距离(km)	增大系数	至海岸距离(km)	增大系数
< 40	1.0	60 ~ 100	1.1 ~ 1.2
40 ~ 60	1.0 ~ 1.1		

5. 风荷载标准值

垂直作用在港口工程结构和船舶表面上的风荷载标准值应按下式计算：

$$W_k = \mu_s \mu_z W_0 \quad (1.2.12)$$

式中： W_k 为风荷载标准值，kPa； μ_s 为风压体形系数； μ_z 为风压高度变化系数； W_0 为基本风压，kPa。

1.2.5 海流特征值

海水的水平运动称为海流。海流是矢量，流速以 cm/s 或 kn 为单位（1 kn = 51.44 cm/s），方向指流出方向，以度为单位，正北为零，顺时针计量。

通常所称的海流，是一种综合性流，即各种类型海流（潮流、风海流、波流、梯度流等）的合成流动。其中潮流是由天体日、月的引潮力所产生的周期性水流；风海流是由风的切向力作用于海面而引起的非周期性水流。

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

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

河口区的水流一般以潮流和径流为主。在某些情况下，其他类型的水流如盐水楔异重流等也相当显著。

感潮河段内的水流具有下列特性：

在潮流界和潮区界之间，仅有水位升降的现象，而不存在指向上游的涨潮流；

在潮流界以下，涨落潮流呈往复形式，因有径流加入，落潮流量大于涨潮流量；

涨潮历时小于落潮历时，涨潮历时愈向上游愈短。

海流特征值应根据现场实测资料经分析后确定。在实测资料不足的情况下，风海流分量可按《海港水文规范》(JTJ 213—98)附录 L 估算。对于建造建筑物以后的海流状况，根据工程需要可用数值模拟或物理模型实验等方法预测。

实测海流包括潮流和余流。

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。

1. 潮流的判别

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

$$\frac{W_{O1} + W_{K1}}{W_{M2}} \leq 0.5 \text{ 规则半日潮流} \quad (1.2.13)$$

$$0.5 < \frac{W_{O1} + W_{K1}}{W_{M2}} \leq 2.0 \text{ 不规则半日潮流} \quad (1.2.14)$$

$$2.0 < \frac{W_{O1} + W_{K1}}{W_{M2}} \leq 4.0 \text{ 不规则全日潮流} \quad (1.2.15)$$

$$4.0 < \frac{W_{O1} + W_{K1}}{W_{M2}} \text{ 规则全日潮流} \quad (1.2.16)$$