

867432

511

45127; 2; 2

2; 2

高等学校教材

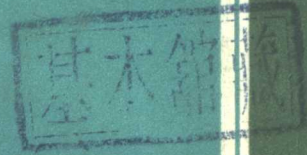
# 工程水文学

下册

海岸水文

第二版

(港口与航道工程专业用)



邱大洪 主编  
谢金赞 主审



人民交通出版社



511  
45127; 2.2  
T. 2

高等学校教材

# 工 程 水 文 学

下 册

海 岸 水 文

第 二 版

(港口与航道工程专业用)

邱大洪 主编

谢金赞 主审

人 民 交 通 出 版 社

## 内 容 提 要

本书为《工程水文学》课程的教材，分上、下两册，上册是河川水文，下册是海岸水文。下册共三章，分别阐述海浪、潮汐以及近岸海流和泥沙运动的基本知识。

本书根据我国实际情况，反映了我国水文学特别是港口与航道工程水文的特点。

本书为高等学校港口及航道工程专业本科生用教材，亦可供相近专业师生和本专业技术人员参考。

下册由邱大洪主编。各章编写人为：绪论邱大洪，第一章潘锦嫦，第二、三章杨秉正。

下册由谢金赞主审，经高等学校港口及航道工程专业教材编委会海岸动力学与工程水文学编审组于1987年8月主持召开审稿会议审稿通过，同意作为高等学校教材出版。

### 高等学校教材 工程水文学

下 册

海岸水文

第二版

(港口与航道工程专业用)

邱大洪 主编

谢金赞 主审

人民交通出版社出版发行

(北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本：787×1092毫米 印张：11 插页：1 字数：261千

1979年6月 第1版

1988年12月 第2版 第4次印刷

印数：12,001—16,200册 定价：2.25元

## 前 言

本书是在1979年出版的《工程水文学》课程教材的基础上，根据编者们几年来在教学过程中使用该教材的经验，及近年来我国水运工程建设对专业技术人员应具备的基础知识的要求修订编写而成的。与上一版的教材相比，在海浪部分中增加了有关形成海浪的风的基础知识，海浪谱的基础知识，介绍了在工程使用年限内破坏率的概念，以及在利用测波资料推算设计波浪时的多种方法，简单介绍了台风浪的计算方法。在潮汐部分增加了有关风暴潮的形成和预报的基本概念。由于本专业在课程教学中加强了对《河流动力学》和《海岸动力学》这两门课程的教学，因此在修订本书时删去了河口水文特征的章节。

# 目 录

前 言	
绪 论	1
第一章 海浪	3
§1-1 概述	3
§1-2 海浪的观测	6
§1-3 海浪要素的统计规律	24
§1-4 海浪谱的基础知识	36
§1-5 根据海浪观测资料推算设计波浪	44
§1-6 根据气象资料推算风浪尺度	71
§1-7 深水波浪进入浅水后的变化	95
第二章 潮汐	115
§2-1 潮汐现象及其成因	115
§2-2 潮汐推算和应用	126
§2-3 风暴潮	134
§2-4 设计潮位的推算	140
第三章 近岸海流及泥沙运动	150
§3-1 近岸海流	150
§3-2 近岸泥沙运动	156
§3-3 近岸水文泥沙全潮观测	160
附 录	166
附表 1 正态概率积分表	166
附表 2 二项-对数正态复合极值分布的 $x_R$ 值表	167
附表 3 第 I 型极值分布律的 $\lambda_{pn}$ 值表	168
附表 4 浅水的波高、波速和波长与相对水深的关系表	170

## 绪 论

我们伟大的社会主义祖国幅员辽阔，海岸线绵延曲折，长达18000余公里，沿海岛屿星罗棋布，有许多优良的港湾。渤海是我国的内海，面积约7.7万平方公里。我国的近海有黄海，面积约38万平方公里；东海，面积约77万平方公里；南海，面积约350万平方公里，均连接着太平洋，由此可通向世界各国。在我国海岸带和近海海域内具有各种丰富的资源。从1980年开始，我国进行了大规模的海岸带和海涂资源综合调查工作，成立了全国海岸带及海涂资源综合调查办公室，并在沿海各省、市、自治区也成立了相应的调查机构，经过6年的努力，这一规模巨大的调查工作已经完成。海洋资源的开发，除了传统的海洋产业如海洋渔业、海洋运输业、海水制盐业在建国后有了很大的发展外，新兴的海洋产业，如海洋石油工业、海水资源利用工业、海洋旅游业也有了发展，至于未来的海洋产业，如海洋能利用、海底锰结核的勘探开发等也都已开始了调查研究等前期工作。

港口与航道工程是为开发海洋运输业服务的。解放以来，在恢复原有港口的基础上，迅速新建和扩建了一批港口，特别是近10年来，港口建设的速度加快了，它们已成为我国海运的枢纽，但是还远远不能适应实现四个现代化目标的需要，在今后的几个五年计划内，还将新建和扩建许多港口，开发更多的适于建港的地点。

为了在沿海建港，必须掌握为建港所需的原始资料，其中包括海岸水文的原始资料。所谓海岸水文原始资料，主要是指海岸地区的海浪、潮汐、近岸海流和泥沙运动的历史状况以及今后可能发展的总趋势。如何观测、收集、掌握和整理分析这些资料就是本课程所要解决的主要任务。它的内容包括：1.海岸水文现象变化规律的研究；2.海岸水文资料的测验和收集方法；3.水文资料的整理、分析、统计和计算方法。

《工程水文学》课程的教材，分上、下两册，上册是河川水文，下册是海岸水文。下册的内容是根据教学时数和要求选定的，重点放在海浪和潮汐变化规律的统计分析上，对于近岸海流和泥沙运动则作一般性的概述。

海浪和潮汐是海洋中一种十分复杂的自然现象。很早以前，人们为了利用海洋就对它们进行了研究，随着近年来开发海洋的需要，以及科学技术的发展，对它们的研究日益广泛和深入。本书只是从工程设计的角度对它们进行一般的论述。

下册共分三章。第一章是海浪，主要讲述海浪结构的特征，其要素的统计规律及有关海浪谱的基础知识，重点在如何根据观测资料来推断工程设计所需要的海浪尺度，以及深水波浪进入浅水后的变化。第二章是潮汐，主要讲述潮位的变化规律，并对其变化进行量的统计和推断，本章内还简单介绍了风暴潮的成因和预报。第三章是近岸海流和泥沙运动，主要讲述潮流的变化规律及其资料的测验和整理方法，对于其他的近岸海流，如漂流、波浪流等只作了简单的介绍，对于泥沙运动也只作了一般性的概念的叙述。应该指出，对港口建设来说，海岸地区的泥沙运动是一个需要进行研究的十分重要的问题，它往往是影响港口建设成败的关键因素之一，但由于这些内容将在另一门课程《海岸动力学》中讲授，因此本书只作

一般性的概述。

由于水文现象是一个在各种因素综合作用下不断变化的过程，人们对它的了解总是存在着时间上和空间上的局限性，而且我们的任务不仅是要从它的历史发展过程中去发现它变化的规律性，更重要是要推断其未来可能的发展进程，以便给工程建设提供可靠的科学依据，因此在学习本课程时，必须充分认识到现场调查和积累资料的意义，以及运用历史唯物主义和辩证唯物主义的观点对资料进行分析处理的重要性。在这方面，我们要学会运用“实践、认识、再实践、再认识”这一认识客观世界的规律，去收集、整理、分析、统计各种水文现象，以便使我们的估算比较切合实际，尽量减少它与实际可能性之间的差异，从而作出比较正确的推断。这一点必须在教学中予以强调。

# 第一章 海 浪

## §1-1 概 述

### 一、海 浪 要 素

海洋中的波浪是海水运动形式之一，它是一种比较复杂的波动运动。引起海水波动的原因很多，如风、大气压力的变化、天体的引潮力、海洋中不同水层的密度差、海底地震等。海浪是风浪、涌浪和近岸浪的总称。风浪主要是指在风直接作用下产生的波浪。涌浪指风停止、转向或离开风区后余下的波浪。涌浪传到浅水区，由于受到深度和地形变化的影响，出现波浪的折射、绕射和波面破碎而形成近岸浪。虽然海浪的波面形状复杂，但人们常把它理想化为如图1-1所示的规则剖面，并以波高、波长、周期、波速等波浪要素来表示其特性。

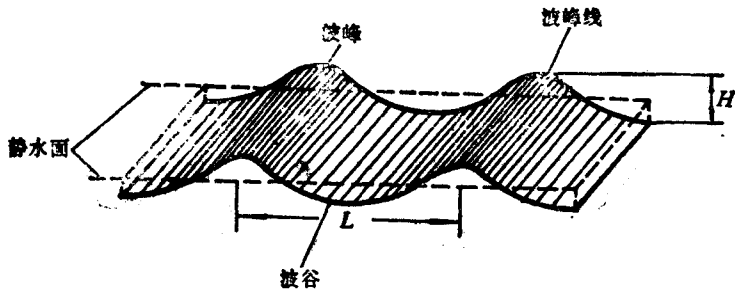


图1-1 海浪要素

波峰指波剖面高出静水面的部份，其最高点称为波峰顶。波谷指波剖面低于静水面的部份，其最低点称为波谷底。波峰线指垂直波浪传播方向上各波峰顶的连线，而波向线指与波峰线正交的线，即波浪传播方向。

各波浪要素的定义如下：

**波高：**相邻的波峰顶和波谷底间的垂直距离，以  $H$  表示，单位以米(m)计。在我国台湾海峡曾观测到波高达15m的巨浪；

**波长：**两相邻波峰顶（或波谷底）间的水平距离，以  $L$  表示，单位以米(m)计。海浪的波长可达上百米，而潮波的波长则可达数公里；

**周期：**波浪起伏一次所需的时间，或相邻两波峰顶越过空间固定点所经历的时间间隔，以  $T$  表示，单位以秒(s)计。在我国沿海， $T$  一般为4~8s，曾记录到周期近20s的长浪。

**波陡：**波高与波长之比，即  $\delta = \frac{H}{L}$ 。海洋上常见的波陡范围约在  $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{30}$  之间，波陡的倒数称为波坦。

**波速：**波形移动的速度，以  $C$  表示，它等于波长除以周期，即  $C = \frac{L}{T}$ ，单位以米/秒(m/s)计。



## 二、海浪分类

根据作用在海面上的力，可将波浪分为强制波和自由波。强制波指扰动力连续作用于水面上，波动性质依赖于扰动力性质的波浪。在风的直接持续作用下产生的风浪就是一种强制波。风浪的外形相对于竖向轴是不对称的，见图1-2，其背风面较迎风面为陡，在强风下可能翻倒和破碎，形成浪花和泡沫。自由波是指扰动力消失后，以一定方式传播出去的波浪，其性质不完全依赖于原有的扰动力。如风停后海面上存在的波浪或离开风区后传至风力甚小或无风的水域中的涌浪就是一种自由波。涌浪的外形比较规则，波面光滑，平均周期大于原来的风浪周期。此外，在海面上还经常遇到风浪与涌浪两个或几个波系相遇叠加而成的混合浪。

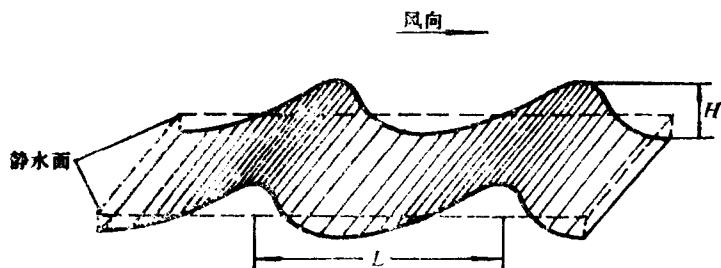


图1-2 风浪外形

海面的波浪运动，实质上是海水中各水质点运动在外观上的一种表现形式。按照水质点在运动过程中恢复到其平衡位置的复原力的性质不同，可将波浪分为毛细波、重力波和长周期波。如水质点在运动过程中的复原力以表面张力为主时，称为毛细波，又称表面张力波，如海面上刚开始起风时，风力较小，引起海面上微小皱曲的涟波，其周期常小于1s。随着风力加大，波浪尺度增大，此时使水质点恢复平衡位置的力已是重力，这种波称为重力波，其周期约在1~30s范围内，它是本书中研究的主要对象。长周期波主要是指由海啸、引潮力引起的波动，其周期可达几小时，其复原力主要是地球自转引起的柯氏力。

无论从时间上或空间上来看，海面上接踵而来的各个波浪的要素是不相同的，呈现着不规则的随机现象，通常称为不规则波，如图1-3所示为海面上一段测波记录。为了研究波浪运动的方便，有时将此不规则波浪系列用一个理想的波浪要素相同的波浪系列来替代，这种理想波浪称为规则波。

海面上有时可以清楚地看到一个跟着一个接踵而来的波峰和波谷，波峰线是一些很长的互相平行的直线，这样的波浪称为二维波，又称长峰波。大风作用一段时间后，波峰线已难以辨别，波峰与波谷如同棋盘一样交替地排列，这样的波浪称为三维波，又称短峰波。

按波形的传播来分，在海面上形成后向岸边传播的波浪称为前进波。当前进波遇到海岸陡崖或直墙式建筑物时便反射回去，形成反射波，它与前进波相干涉后形成驻波。驻波的特点是波形不向前传播，波峰和波谷在原地作周期性升降运动。

按前进波在传播过程中所处水深的不同分为深水前进波和浅水前进波。在水深 $d$ 大于半波长的水域中传播的波浪称为深水前进波，它的运动不受海底的影响，水质点运动的轨迹接近于圆形。这种波浪由于其波动主要集中在海面以下一个较薄的水层内，故又称为短波。当前进波传至水深 $d$ 小于半波长的地方时，称为浅水前进波，由于水深相对于波长较小，故浅水前进波又称为长波，它的运动受海底摩擦的影响，水质点运动的轨迹接近于椭圆。根据微幅波

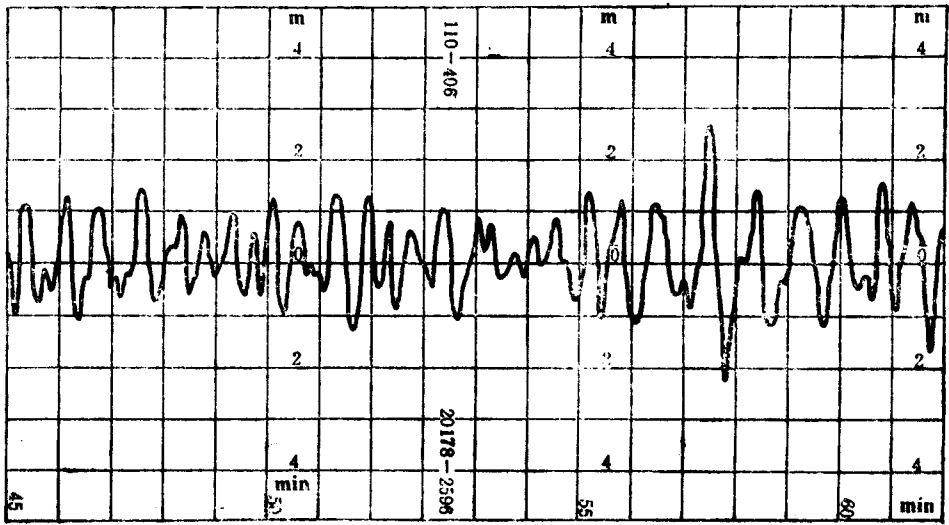


图1-3 实测波面记录

理论，规则深水前进波的波速、波长与周期的相互关系如下：

$$C_0 = \frac{L_0}{T_0} = \sqrt{\frac{gL_0}{2\pi}} \text{ 或 } L_0 = \frac{gT_0^2}{2\pi} \quad (1-1)$$

规则浅水前进波的波速、波长、周期与水深的相互关系如下：

$$C = \sqrt{\frac{gL}{2\pi} \operatorname{th} \frac{2\pi d}{L}} \text{ 或 } L = \frac{gT^2}{2\pi} \operatorname{th} \frac{2\pi d}{L} \quad (1-2)$$

式中：  $g$ ——重力加速度( $\text{m/s}^2$ )；

$d$ ——水深( $\text{m}$ )；

$\operatorname{th} \frac{2\pi d}{L}$ ——浅水因子，以双曲线正切函数表示。

式中凡带脚标“0”者表示深水波要素，不带脚标者表示浅水波要素。此外，按微幅波理论，认为波浪由深水传至浅水后，周期不变，即：

$$T = T_0 \quad (1-3)$$

如果在每个波周期内，水分子运动的轨迹是封闭的或接近于封闭的，亦即水分子仅在原地作振荡运动，这种波动称为振荡波；如果在一个波周期内，水质点有明显的位移，这种波动称为推移波。浅水前进波传至水深更浅的地方，波陡增大到一定程度后，波浪接近破碎及破碎后继续向岸推进的击岸波就属推移波。击岸波继续向岸边传播，可再次发生破碎，最终在岸坡上破碎形成击岸水流。根据上述波浪行近海岸时的变化，对于坡度变化较缓的海滩，按不同水深可大致划为四个区域，如图1-4所示。事实上，由于波浪的不规则性，确切地划出各个区域的分界位置是不可能的，图中所示仅是对理想的规则波而言。图中  $d_b$  表示波浪破碎处水深，破碎处相应波高以  $H_b$  表示。

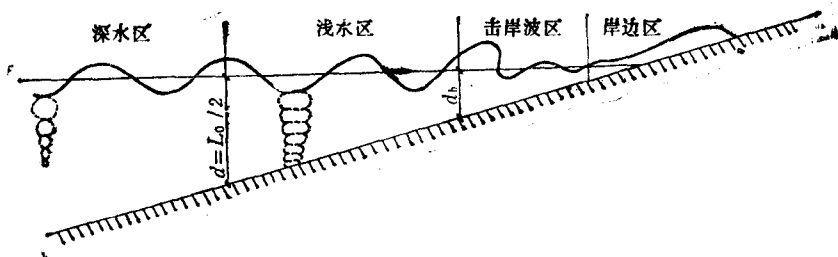


图 1-4

## §1-2 海浪的观测

### 一、风的形成及类型

空气的水平运动称为风。风的产生是由于空气从气压高的地方向气压低的地方流动而形成的，所以气压在水平方向上分布不均匀就是风产生的直接原因。因此气压随空间和时间的变化就成为分析风速、风向变化趋势时必须掌握的重要资料，这也是研究海浪变化的重要资料。

包围在地球外面的一层大气是有重量的。气压就是大气作用于地球表面单位面积上的力，又称大气压力。气压的单位是帕(Pa)，它与目前习惯上采用的毫巴(mbar)具有以下的关系：

$$1\text{mbar} = 10^2\text{Pa}$$

目前世界各国的气象报告中，气压都采用毫巴为单位。

地球表面上的气压分布是不均匀的。气压的高低不仅随着温度而变化，而且受其他因素的影响而在随时随地地变化着。在气压场中，用来表示各种气压形势的方法是在等高面上用等压线，在等压面上用等高线表示。日常所用的地面天气图就是一种等高面图，它表示出海平面上气压分布的形势。高空气压形势图就是用等高线表示等压面上高度分布的图。所谓地面天气图就是由气象部门绘制的地(海)面上各气象要素的实况分布图。它的资料主要来自陆上和岛屿上的气象台站，此外海上还有零星的船舶观测资料，一般每天将各台站02、08、14和20时的定时观测资料分别标在地图上绘制而成。海平面等压线图是地面天气图的一个内容。在空白地图上把瞬时气压观测值相等的各个点联成线，称为等压线，它表明地(海)面上当时的气压分布，见图1-5。一般图上用D字表示低气压中心，或称气旋；G字表示高压中心，或称反气旋；符号⊙表示台风中心。

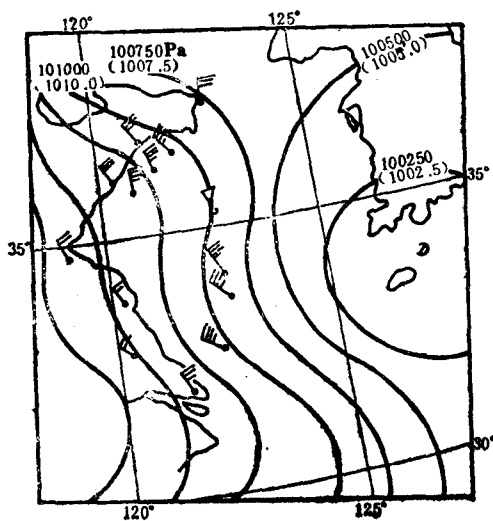


图 1-5

外  
5  
一

在等压线图上,相邻等压线的差是一个定值,其间隔一般为250Pa(2.5mbar)或500Pa(5mbar),所以等压线的疏密程度表示了单位距离内气压差的大小,称为气压梯度。由此可见,等压线愈密风速愈大;反之,等压线愈稀,风速愈小。

为研究风速的大小及风向,还必须对空气微团的水平运动有所了解。作用在空气微团上的水平力主要有气压梯度力、地转偏向力和摩擦力。气压梯度力的方向是由高压指向低压,如以  $G$  表示水平气压梯度力,则

$$G = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n} \approx - \frac{1}{\rho} \frac{\Delta p}{\Delta n} \quad (1-4)$$

式中,  $\Delta n$  为在水平面上气压差为  $\Delta p$  的两条等压线之间的距离,  $\rho$  为空气密度。根据天气图计算水平气压梯度时,气压单位用毫巴(mbar),距离单位用赤道度(即赤道上经度1°的长度,等于111km)。

风既然由水平气压梯度力的作用而产生,则风向应该完全沿着梯度力方向,但实际风向和气压梯度力方向有所偏离,以至于与梯度力方向近于垂直,这主要是地转偏向力作用的结果。所谓地转偏向力就是地球自转对空气运动所产生的一种惯性力,它可表示为

$$A = 2\omega U \sin\phi \quad (1-5)$$

式中,  $\omega$  为地球自转角速度,  $U$  为风速,  $\phi$  为地理纬度。由式可见地转偏向力与风速及地理纬度的正弦成正比。地转偏向力的方向是与运动速度方向相垂直的,在北半球偏于运动方向的右方;在南半球偏于运动方向的左方。

摩擦力主要指地(海)表面及气流内部对空气运动的阻力,其方向与空气运动的方向相反,其大小则与空气运动速度  $U$  成正比。

如果等压线是平直的,不计摩擦力作用,此时仅仅只有梯度力  $G$  和地转偏向力  $A$  作用于空气微团上。当此两力大小相等、方向相反时,气流就稳定了。这种沿平直等压线吹的没有加速度的平衡风称为地转风。地转风的风向和等压线平行,在北半球如背风而立,低压在左,高压在右,如图1-6所示;在南半球则低压在右,高压在左。

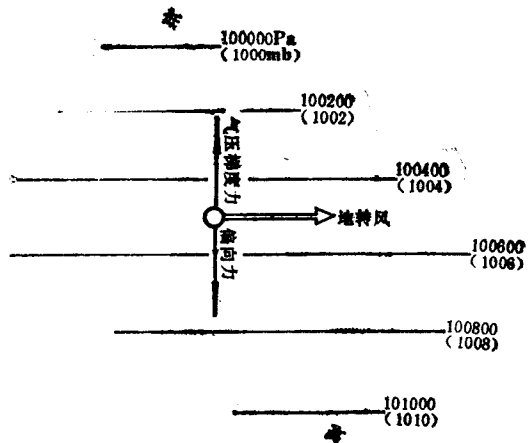


图1-6 北半球地转风与等压线关系

如果等压线不是直线,而是弯曲的,例如封闭等压线的低压或高压,这时空气微团受到气压梯度力、地转偏向力和惯性离心力  $C$  三种力的作用,空气运动的速度和方向不断改变着,到了三种力达到相对平衡时,就进入稳定状态,空气保持等速运动,这时的风称为梯度风。由于等压线有气旋性弯曲和反气旋性弯曲两大类,因而有气旋区内和反气旋区内的梯度风的区别,在北半球梯度风的情况如图1-7所示。由图可见:

在低压区  $G = A + C$

在高压区  $G = A - C$

在低纬度地区(赤道南北纬度5°~20°海洋面上)出现台风或龙卷风时,由于台风区等压

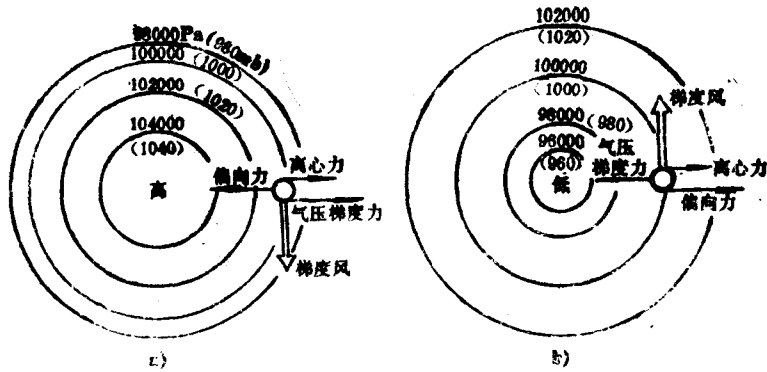


图1-7 北半球梯度风和等压线关系

线已近于圆形，曲率很大，且等压线密度也很大，台风中心附近气压又极低，可达 $9 \times 10^4 \text{ Pa}$  (900mbar) 以下，因此气压梯度特别大，可达 $4 \times 10^3 \sim 5 \times 10^3 \text{ Pa}$  (40~50mbar)/100km。这时地转偏向力与离心力相比可以忽略不计，于是产生气压梯度力和离心力保持平衡的风，称为旋转风。旋转风的中心部分必须是低气压，其最大风速可达50~60m/s以上。台风是一种特殊的灾害性天气系统，其风场的计算较复杂，在本章第六节中将作简单介绍。

梯度风风向和等压线平行，在北半球的低压区以反时针方向绕中心吹，在高压区则以顺时针方向绕中心吹；在南半球则反之，在低压区顺时针绕中心吹，在高压区反时针绕中心吹。

可见，地转风和梯度风可以按照海平面气压场根据理论计算出来，它们都没有把气流与地（海）面及气流内部的摩擦作用考虑进去。根据摩擦力随高度的变化，可把大气层分为两个层次，从海面到1000m左右为摩擦层，1000m以上为自由大气，在那里可忽略摩擦力影响。在摩擦层内，因受摩擦力作用，风向将发生偏转，不和等压线平行，而是穿过等压线指向低压。于是在北半球高压区，风一面沿顺时针方向偏转，一面向周围气压低的地方辐射开来，形成顺时针外流的旋转式气流；而在低气压区，风一面沿逆时针方向偏转，一面向低压中心汇流辐合进去，形成逆时针内流的旋转式气流。在南半球则相反。风向与等压线的夹角随地点纬度而异，根据调查，在海洋上一般为 $10^\circ \sim 20^\circ$ 左右，在陆地上则偏离 $20^\circ$ 以上，见图1-8，图中矢号表示各处风向。

在摩擦层内不仅风向发生偏转，风速也将减小，因此在利用地转风公式计算近海面风速时必须进行订正，此订正值主要取决于大气的垂直温度分布。为便于使用，在测风资料较少的外海地区，利用上述原理，可按图1-9确定某一时刻海面上10m高度处的风速。图中 $\Delta T$ 为海水与空气间的温度差，当气温大于水温时， $\Delta T$ 为负值。我国各海区各月水温( $^\circ\text{C}$ )见表1-1。图中的纵坐标为由 $\Delta \theta$ 和地理纬度 $\phi$ 确定的地转风速 $U_g$ 。使用时，自下侧横坐标上，根据给定的 $\Delta \theta$ 和 $\Delta p$ 向上引垂线与相应的 $\phi$ 线相交，自此交点引水平线与相应的 $\Delta T$ 线相交，再自第二个交点向上引垂直线至上侧横坐标，读取所求的海面风速。

## 二、风的观测

由天气图上的等压线来确定近海水域的风速往往不是很可靠的，因此必须进行风的实际观测。

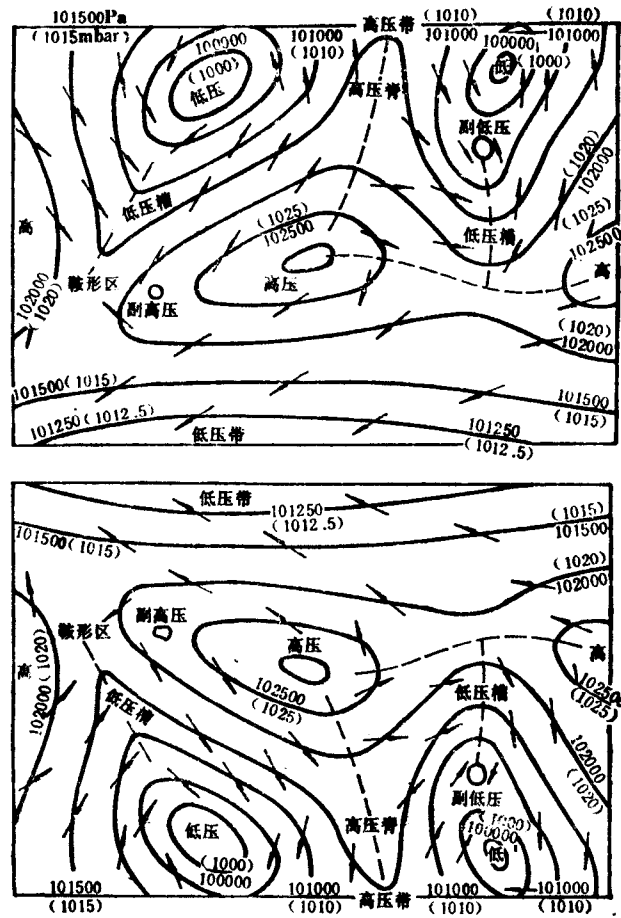


图1-8 风向与等压线关系 (上图为北半球, 下图为南半球)

中国各海区表层水温(°C)

表 1 1

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 黄海南部	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	23	23
	119~121	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

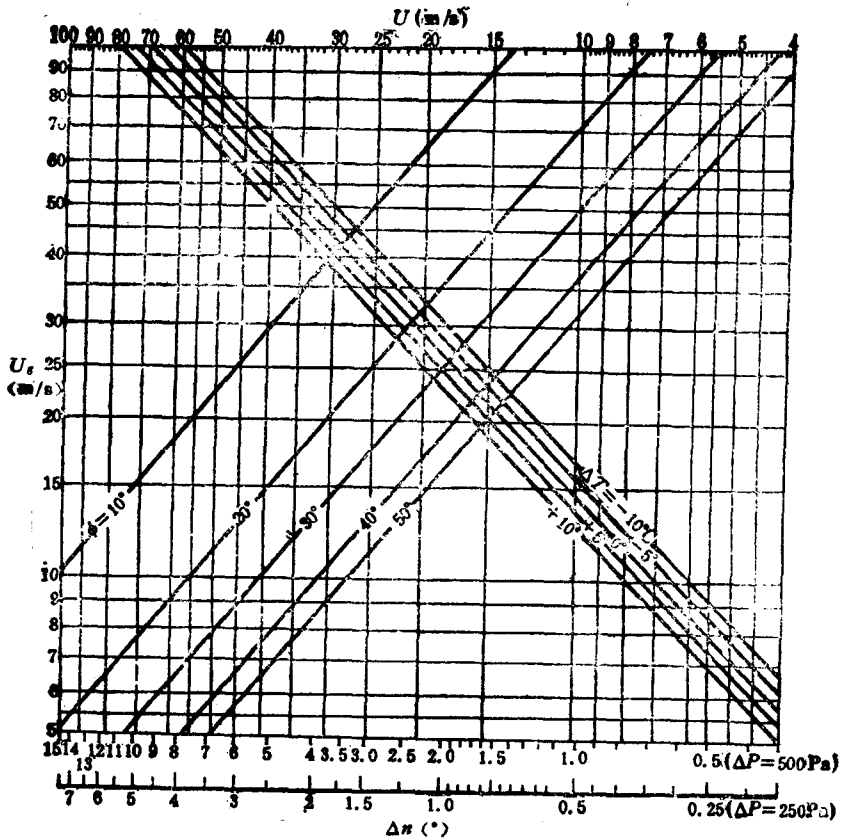


图 1-9

我们所说的风，是指其在水平方向上的分量。风的特征是用风速和风向两个量值来表示的。测风，即观测一段时间内风速、风向的平均值。风速是空气在单位时间内所流过的距离，单位一般用米/秒(m/s)、公里/时(km/h)或海里/时(n mile/h)表示。风向，即风之来向，一般用16个方位来表示，在海上多用罗盘来测定。16个方位与度数的换算见表1-2。无风时，风向记C。

十六方位与度数换算表

表1-2

方 位	度 数	方 位	度 数
N (北)	348.9~11.3°	S (南)	168.9~191.3°
NNE (北东北)	11.4~33.8°	SSW (南西南)	191.4~213.8°
NE (东北)	33.9~56.3°	SW (西南)	213.9~236.3°
ENE (东东北)	56.4~78.8°	WSW (西西南)	236.4~258.8°
E (东)	78.9~101.3°	W (西)	258.9~281.3°
ESE (东东南)	101.4~123.8°	WNW (西西北)	281.4~303.8°
SE (东南)	123.9~146.3°	NW (西北)	303.9~326.3°
SSE (南东南)	146.4~168.8°	NNW (北西北)	326.4~348.8°

测风，在陆上，应选择在周围空旷、不受建筑物影响的地点进行。在我国，风的观测一般采用自动记录的电接式风向风速仪。仪器由风速感应器、风向感应器、指示器和记录器组成。感应器安装在室外桅杆上，指示器和记录器放在室内。从记录器的记录纸带上可读取任意10min的平均风速和相应风向。指示器的满量程为40m/s，它给出瞬时风速和风向。水文气象台站报表上的测风记录多为用指示器测得的2min平均值。

为补充沿海观测站的不足，国家海洋局要求在沿海航行的我国船舶每天4次定时将所在水域的水文气象资料向岸台发报。在海上，当无风速仪时，常利用海上的物象特征观测风速和风向。目测的风速用蒲福风级表示，见表1-3。蒲福按风速大小不同范围将风分为12级。19世纪末，从已经发明的测风仪器中测出自然界的风实际上大大超过12级，于是风级扩展到17级。

风力等级表

表1-3

风级	风名	相当风速		海面征象	海面浪高(m)		海面状况
		n mile/h	m/s		一般	最高	
0	无风	小于1	0~0.2	海面如镜	/	/	如镜
1	软风	1~3	0.3~1.5	海面有波纹，但还没有白色的波顶	0.1	0.1	微波
2	轻风	4~6	1.6~3.3	波纹虽小，但已明显，波顶透明象玻璃，但不碎	0.2	0.3	小波
3	微风	7~10	3.4~5.4	波较大，波顶开始分裂，泡沫有光，间或见到白色波浪	0.6	1.0	
4	和风	11~16	5.5~7.9	小浪，波长较大，往前卷的白碎浪较多，有间断呼啸声	1.0	1.5	轻浪
5	清风	17~21	8.0~10.7	白碎浪很多，呼啸声不断，间或有浪花溅起，中浪	2.0	2.5	中浪
6	强风	22~27	10.8~13.8	开始成大浪，波浪白沫飞布海面，呼啸声大作	3.0	4.0	大浪
7	疾风	28~33	13.9~17.1	海面象由波浪堆积而成，碎浪的白泡沫开始成纤维状，随风吹散，飞过几个波顶	4.0	5.5	巨浪
8	大风	34~40	17.2~20.7	中高浪，波长更大，随风吹起的纤维状更明显，呼啸声大作	5.5	7.5	狂浪
9	烈风	41~47	20.8~24.4	海浪卷翻，泡沫可能影响能见度，高浪	7.0	10.0	狂涛
10	狂风	48~55	24.5~28.4	大高浪，海浪颠簸好象撞击，浪花飞起白色，能见度受影响	9.0	12.5	
11	暴风	56~63	28.5~32.6	特高浪，中小型的船在海上有时可能被波浪所蔽，波顶边缘被风吹成泡沫，能见度低	11.5	16.0	非凡
12	飓风	64~71	32.7~36.9	空气中充满泡沫和浪花，海面成白色状态，能见度剧烈降低	14.0	/	现象
13		72~80	37.0~41.4				
14		81~89	41.5~46.1				
15		90~99	46.2~50.9				
16		100~108	51.0~56.0				
17		109~118	56.1~61.2				

观测所得的记录经分析整理后填入报表中。我国气象台站观测风的月报表格格式见表1-4。

在地面天气图上，各台站当时的实测风速、风向亦以符号表示在图上，见图1-5。图中○表示台站位置，指向台站的竖线表示风向，与竖线垂直的每一长道表示风速4m/s，短道表示2m/s，如F即表示风速为6m/s，三角形表示20m/s(△)。

### 三、风的资料整理

在收集到气象台站的风资料后，应整理绘制成风玫瑰图（风况图）供工程规划设计用。



日	风 向 和 风 速 (m/s)								合 计	平 均
	02		08		14		20			
	向	速	向	速	向	速	向	速		
1										
2										
3										
⋮										
9										
10										
上旬计	—		—		—		—			
11										
12										
13										
⋮										
19										
20										
中旬计	—		—		—		—			
21										
22										
23										
⋮										
30										
31										
下旬计	—		—		—		—			
月合计	—		—		—		—			
月平均	—		—		—		—			

风速(级)出现回数

时 间	0.0~3.3 (0~2)	3.4~7.9 (3~4)	8.0~13.8 (5~6)	13.9~16.9 (7)	>17.0 (≥8)
02					
08					
14					
20					

里  
3  
二