# 海冰物理特征值及其对 桩柱作用力的测量\*

李世山 袁业立 翁学传 高振方

(中国科学院海洋研究所)

1970—1974年,我们在渤海湾进行了浮冰对固定平台桩柱作用力、浮冰漂移及海冰 某些物理特征值的测量工作。本文着重介绍各项观测所使用的方法和仪器。关于观测资 料的分析结果,将另文报道<sup>1)</sup>。

一、浮冰对固定平台桩柱作用力的测量

用电阻应变法测量浮冰对桩柱的作用力,其测量系统方框图如下。

| 压 | 力  | 盒   | <b>«</b> | 应 | 变      | 仪 | > | 示 |   | 器          |
|---|----|-----|----------|---|--------|---|---|---|---|------------|
|   | 13 | 101 | >        | ~ | $\sim$ |   |   |   | ~ | <b>H</b> H |

现场测量中使用的是 Y6D-2 型动态应变仪和紫外线振子示波器。 压力盒是基于电阻应变原理,按照现场测量的要求设计的。作为直接接受冰的作用、进行"力-电量"转换的感应器,它由压力传感器、受力板及壳体三部分组成(图1)。

压力传感器由应变管和电阻应变片组成。应变管的几何尺寸及技术要求,详见图 2。



图 1 压力盒 1.受力板; 2. 压条; 3. 壳体; 4. 压力受感器。

估计冰对桩柱的最大作用力为每平方米 150 吨,按此估计值决定应变管壁的厚度。 应变片贴在管壁的中部,沿纵向和环向各贴两片。

受力板为一矩形平板,边长 60 × 11cm,板厚 16mm。受力板由两个压力传感器支 撑,成简支梁状。按上述估计值计算,受力板所受最大作用力约为 10 吨。经加载试验得 知,当试验载荷集中于受力板的中部时,其最大弹性承载力不小于 15 吨。

李世山等,1981。渤海海冰物理特征值的测试和计算。
收稿日期:1982年6月2日。

<sup>\*</sup> 中国科学院海洋研究所调查研究报告第929号。

这项工作是由海洋石油局(原海洋指挥部)组织进行的"渤海冰情研究"工作中的一个组成部分。

在压力盒内,由两个压力传感器上的电阻应 变片组成全桥电路。用四芯屏蔽电缆接至应变仪 的输入端。

在材料试验机上对压力盒进行标定。依试验 结果,计算出压力盒的"力-应变"换算系数(K  $kg/\mu\epsilon)_{\alpha}$ 

由于每对压力传感器在电性能上的差异,将 导致压力盒的K值随载荷作用点的变化而稍有不 同。因此,在标定时选择三个有代表性的作用点  $F_i$ 进行试验(图 3)。分别计算出各点的换算系数 K<sub>i</sub>。 取 K<sub>i</sub> 的算术平均值 K 作为该压力盒的换算 系数。由此而产生的相对误差为 0.7-7%, 平均 为 3% (通过提高配对压力传感器在电性能上的 一致性,可使这一误差值减小)。对此,我们认为 是可以接受的。这样,在使用压力盒测量冰作用 <sup>2,1,2</sup> 0.03mm; 3.热处理H<sub>Rc</sub>44<sup>±</sup>均匀度2; 4.材 力时,将不考虑冰在受力板上的作用位置。



图 2 应变管

技术要求:

1. φ20, φ28, φ44, M14 对中心轴线的不同心 度允差 0.025 mm; 2. A, B 面对轴线不垂直度 料 60Si2Mno

对受力板进行敲击试验,测得压力盒感应系统的自振周期约为于分之一秒。 据现场 观察,浮冰撞击桩柱时常发生折断,然后又一次撞击桩柱。从冰层折断到下一次撞击桩柱 的时间间隔至少在1秒以上。从冰作用力记录上可以看到,浮冰撞击、挤压桩柱时,记录 上常出现一些范围很窄,幅值很高的"压力脉冲",它的周期都在百分之一秒以上。由此可 知,压力盒感应系统的动态性能可满足测量上的要求。



图 3 试验载荷作用点示意图

F;-----载荷作用点; S-----受力板; L-----两传感器轴线间的距离。

在渤海湾,落潮时的流冰量比涨潮时大。在迎着落潮主流冰方向的一根桩柱上,安装 了一组(6个)压力盒。压力盒组的外廓面呈与桩柱同心的圆柱状。

经换算,实测冰作用力最大值为每平方米 60.8 吨。

## 二、浮冰漂移速度和方向的测量

使用经纬仪、停表等,用三角测量的方法测量浮冰的漂移速度和方向。

用电接触式风速仪记录风速、风向。从潮流推算表上查出观测时刻的流速、流向。为 编制潮流推算表,进行了多昼夜定点连续潮流观测。

浮冰漂移是在潮流和风的作用下产生的。根据观测,渤海湾浮冰的漂移运动主要受 潮流的影响,明显地具有潮流特征。计算得知,渤海湾潮生浮冰漂移平均速度为0.34— 0.74m/s;风生浮冰漂移平均速度为0.13—0.14m/s。

## 三、海冰物理特征值的测量

在观测现场,测量了海冰的抗压破断强度、抗弯破断强度以及海冰的密度、含盐量、温 度和冰层厚度。

### 1. 海冰抗压、抗弯破断强度

破断强度是海冰的一项重要力学特征值。用于强度测量的仪器有: 强度试验机、压力传感器、位移传感器、Y6D-2 型动态应变仪以及 LZ-3 型函数记录器。

强度试验机,是仿照材料试验机的工作原理设计的。其外形结构如图 4 所示。

压力传感器和位移传感器都是基于电阻应变原理设计的。

压力传感器的外形和加工技术要求与压力盒中的压力传感器相同。 应变管 壁 厚 为 1.5 mm。 设计最大承载力为 5 吨。 圆柱壁上的四片电阻应变片组成全桥电路。 在材料 试验机上对压力传感器进行标定,取得"力-应变"换算系数 (kg/με)。

位移传感器,外形呈一悬臂梁状。梁片为长 120mm、宽 15mm、厚 1.5mm 的弹簧钢片。 应变片贴在梁的上、下两面距自由端三分之二梁长处。四片电阻应变片组成全桥电路。

位移传感器装在试验机的上立柱上,位置可上下调节,用传感器底座上的松紧螺栓 锁紧固定。在梁的自由端装有一个微调螺杆。螺杆顶端的圆珠触点与试验机的升降平台 面相接触。旋转微调螺杆可以小幅度地调整梁的初始位置。用内径干分表测量升降平台 的升高位移量,对位移传感器进行标定。取得"位移-应变"换算系数 (mm/με)。

进行测量时,LZ-3 型函数记录器自动绘出"力应变-位移应变"曲线。经坐标换算后 即得到纵坐标为压强(kg/cm<sup>2</sup>)、横坐标为压缩(弯曲)形变量(mm)的"应力-形变"曲线(图 5)。根据曲线最高点的纵坐标值,可得到冰试样的抗压(抗弯)破断强度;由该点所对应的 横坐标值,可得到冰试样的压缩(弯曲)形变量并可计算得到相对形变;计算曲线的斜率, 可得到冰的弹性模量值。

冰块试样为边长 70mm 的正方体。 冰粱试样为一长方柱体,梁的有效长度应在 200 mm 以上,其横截面为边长 70mm 的正方形。

在抗压强度试验中,载荷力的方向有两种情况:力向平行和垂直于冰面。在抗弯强 度试验中,载荷力的方向是与冰面相垂直的。

分析得到,力向平行于冰面时冰抗压破断强度的概率分布为

 $f(y) = 43.77y^{3.7} \cdot \exp(-4y)$ 

式中,  $y = \sigma_y/20; \sigma_y$ ——冰抗压破断强度;冰抗弯破断强度的概率分布为

$$f(L) = 1.5 \cdot \exp\left(\frac{L-5}{1.3}\right)$$

÷.

式中,  $L = 0.8\sigma_L$ ;  $\sigma_L$ 一冰抗弯破断强度。



 图 4 强度试验机
1.压力传感器; 2.受力板; 3.位移传感器;
4.圆珠触点; 5.自由平台; 6.上立柱; 7.升 降平台; 8.手摇千斤顶; 9.摇柄。

#### 2. 海冰密度

使用工业天平、煤油、温度表等,用两次称量法测定海冰密度。

天平称量为 1000g,感量 0.05g。用优质纯净煤油,经密度和温度测定,编制成  $\rho_0$ -T 查 算表( $\rho_0$  为煤油密度; T 为煤油温度)。

测量时,一般取冰块重量为 200 克左右。刮去冰块表面的碎屑,用一细铜丝系住,吊在天平上(天平的另一端要对铜丝配重)。称量冰块在空气中的重量( $W_a$ 克)后,将冰块 全浸于煤油中(油温应低于冰温),迅速称量冰块在煤油中的重量( $W_a$ 克),测定煤油的温 度( $T^{\infty}$ )。从  $\rho_0$ -T 表上查得该温度下的煤油密度  $\rho_0$ - $\tau$ 。依下式计算海冰的密度  $\rho_*^{(1)}$ 

$$\rho_{\rm TR} = \frac{W_a \cdot \rho_{0.T}}{W_a - W_0} \, (\rm g/cm^3)$$

实测海冰密度值为 0.857-0.925g/cm3。

3. 海冰的含盐量

海冰的含盐量是指冰块融化后所得海水的盐度,用测定海水盐度的方法测定之。 将冰块放入广口磨口瓶内融化成水样。在操作过程中要特别注意防止冰中滷汁的流

失。

实测海冰含盐量为 2.61-10.55‰。

### 4. 海冰温度

用温度表测量冰温。当冰层较薄时,将冰块放人保温桶内,从桶盖上的小孔中插人温 度表测量冰温。冰层厚度较大时,可在冰块上垂直于冰面钻一小孔,孔深至冰层中部,将 温度表插入孔中测量冰温。

实测海冰温度为 -1.2--4.0℃。

现场测量情况和观测资料的分析结果表明,采用上述方法和仪器,可系统地进行海冰 多种物理性质的观测。

#### 参考文献

[1] Дерюгин, К. К., 1956. Ледовые наблюдения на морях. Гидрометеоиздат. стр. 98-101.

## A MEASUREMENT OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF SEA ICE AND ITS FORCE ON PILES\*

Li Shishan Yuan Yeli Weng Xuechuan and Gao Zhenfang

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

#### ABSTRACT

A field measurement of sea ice including the force on the piles of platform, the drift of the floating sea ice and the physical properties such as compressive breaking strength, density, salinity, temperature and thickness was completed in winters of 1970 to 1974 in Baohai sea.

In present paper the methods and equipments are described detailedly, partically the authors show the design of the meters for the force on pile and the compressive breaking strength to be measured based on the principle of resistance-stress.

In addition, in the paper several characteristical value of physical properties are exhibited brifly.

<sup>\*</sup> Contribution No. 929 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.