

橡胶护舷力学参数测试系统

31-33

洪海龙 申亚芳 王化祥 天津大学

0347

摘要 文中重点讨论橡胶护舷的力学性能参数测试方法及系统硬件设计,软件编制采用模块化结构。现场运行表明,该系统不仅稳定可靠,而且具有较高的测试精度。

关键词 橡胶护舷 反力变形曲线 吸能量 计算机控制系统

力学参数测试系统

The Measurement System of the Mechanical Parameters for the Rubber Fender

Hong Hailong Shen Yafang Wang Huaxiang

Abstract This paper concentrates on the discussion of measuring mechanical parameters for the rubber fender and designing hardware system. The system software is programmed in modularized structure. Operating results show that the system is not only stable and reliable but also has high measurement precision.

Keywords rubber fender counter force deformation curve absorption of energy control system on computer

1 引言

橡胶护舷是船舶靠岸时,为保护船体及码头而使用的一种橡胶制品,它的作用是当船舶停靠港口码头时,避免船舷直接与码头碰撞,并能吸收船舶撞击能量,减少对码头作用力。它是以橡胶作为主体材料,经过一系列工艺加工而成。显然,对各种型号橡胶护舷的力学性能参数的精确测量,对保障船舶和码头等水工设施安全具有重要意义。

2 护舷性能参数测试机理

反力和吸能量是橡胶护舷两个重要力学性能参数。

橡胶护舷能够在弹性范围内产生大变形,将具有一定质量物体的动能吸收,并使碰撞时产生的反作用力减小。通常,通过反作用力变形曲线可计算出护舷的吸能量。

一般吸能量 E 为

$$E = \int_0^x f(x) dx \quad (1)$$

式中,

$f(x)$ —反作用力与变形量之间的函数;
 x —护舷变形量。

船舶在靠岸时的撞击能量按照运动力学可用下式表示,

$$E_0 = \frac{W_0 V^2}{2g} \cdot C_e \cdot C_m \cdot C_s \cdot C_c \quad (2)$$

式中 E_0 为船舶靠岸时撞击能量 ($t_f \cdot m$), V 为船舶靠岸速度 (m/sec), g 为重力加速度, (m/sec^2), W_0 为船舶排水量 (t_f), C_e 为偏心系数, C_m 为假定质量系数, C_s 为柔性系数, C_c 为码头的形状系数。

船舶撞击能量 E_0 与其靠岸时被压缩的护舷所吸收的能量 E 相等。显然,橡胶护舷所具有的固有变形量是有限的。因而,若橡胶护舷最大变形时所吸收的能量为 E_{max} 时,应有 $E_{max} > E_0$ 。

此外,若船舶或码头允许产生的反力为 R_0 、橡胶护舷吸收船舶靠岸能量 E_0 所产生的反力为 R_i 则,

$$R_i < R_0 \quad (4)$$

3 系统硬件设计

护舷力学参数综合测试系统硬件结构如图 1。

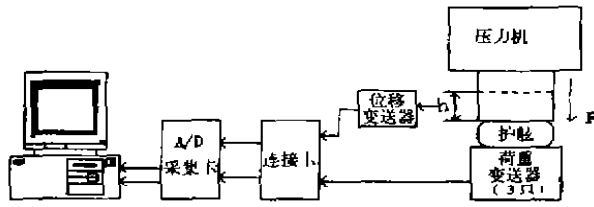


图1 测试系统结构示意图

系统采用差动变压器式位移变送器测量护舷压缩位移；反力测量采用电阻应变式荷重变送器，为了能够准确得测量出护舷的反力，对称设置3个荷重传感器分别测量反力值，保证测量精度。

位移变送器和荷重变送器将测得的位移及反力经过变送单元转换成4~20mA并将电流信号传输到接口卡PCLD-881，在PCLD-881板上将其电流信号转换为1~5V的电压信号，经12位数据采集卡PCL-813输入计算机。

4 测试系统的软件设计

本系统用DelPhi4语言编写，程序设计采用了模块化结构，整个测试软件主要分为五个主要模块：系统设置模块、数据采集模块、历史数据管理模块、历史数据查询模块、计算吸能量模块。每个模块又按功能划分为若干个子模块，其系统软件结构如图2所示。

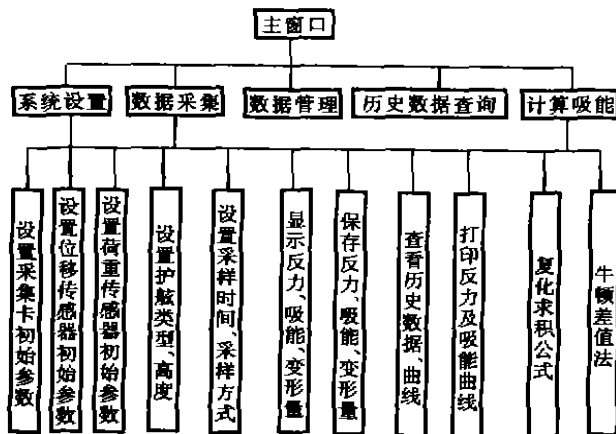


图2 系统软件结构图

4.1 系统设置模块

该模块分为3个子模块，实现对系统的初始参数设置。即对PCL-813、位移变送器、荷重变送器的初始参

数设置。为适应各种不同测量范围，设置PCL-813子模块对输入电压方式、输入电压范围、增益值、通道等进行适当的选择。

4.2 数据管理模块

系统的数据库由原始数据库和动态数据库组成。原始数据库包括系统设置中的PCL-813卡、位移及压力变送器的初始参数数据、系统密码等，一般对这部分数据只进行调用，不作修改。动态数据库包括实时采集的压力、位移(变形量)以及由计算吸能模块得到的吸能量等数据。

此模块显示实时采集的变形量、反力、吸能量以及其相对应的反力及吸能曲线，并保存其数据及曲线。

4.3 吸能量计算模块

此模块根据实时采集的反力 $f(x_i)$ 及位移 x_i ，利用Newton插值法及复化Simpson求积公式计算实时的吸能量 E_i ，即

设第 k 次采样，其反力值为 $f(x_k)$ ，位移为 x_k ，则可利用Newton插值多项式拟合反力函数 $f_k(x)$ ，即

$$f_k(x) = f(x_0) + (x - x_0)f[x_0, x_1] + \dots + (x - x_0) \dots (x - x_{k-1})f[x_0, \dots, x_k] \quad (5)$$

式中，

x_0, \dots, x_k 以及 $f(x_0) \dots f(x_k)$ 为 k 次采样的位移值以及反力值， $f[x_0, \dots, x_k]$ 为 k 阶差商。

利用复化Simpson求积公式计算吸能量 E_k ，

$$E_k = \frac{h}{6} [f_k(x_0) + 4 \sum_{i=0}^{k-1} f_k(x_i + \frac{1}{2}) + 2 \sum_{i=1}^{k-1} f_k(x_i) + f_k(x_k)] \quad (6)$$

式中，

$$\text{步长 } h = \frac{x_k - x_0}{k}$$

4.4 PCL-813A/D 滤波程序设计

在工业现场中，各种干扰是不可避免的，为了防止工业现场干扰造成测量误差，数据采集采用限幅滤波算法，即

若 $|Y_n - Y_{n-1}| \leq \Delta Y$ ，则 $Y_n = Y_n$ ，取本次采样值；

若 $|Y_n - Y_{n-1}| > \Delta Y$ ，则 $Y_n = Y_{n-1}$ ，取上次采样值。

式中， Y_n ——第 n 次采样值；

Y_{n-1} ——第 $n-1$ 次采样值；

ΔY ——两次采样值所允许的最大偏差，其大小取决于采样周期 T 及 Y 值的动态响应。

4.5 运行环境及用户界面设计

计算机采用 EVOC 工控机, 主频 200MHz, 内存 32M, 确保计算机能够进行实时的测量和控制。应用软件具有友好的用户界面, 即系统各功能的实现全部通过简便易懂的人机对话以交互方式实现, 并用下拉式菜单或弹出式菜单进行流程控制。

测量系统程序流程图如图 3 所示。

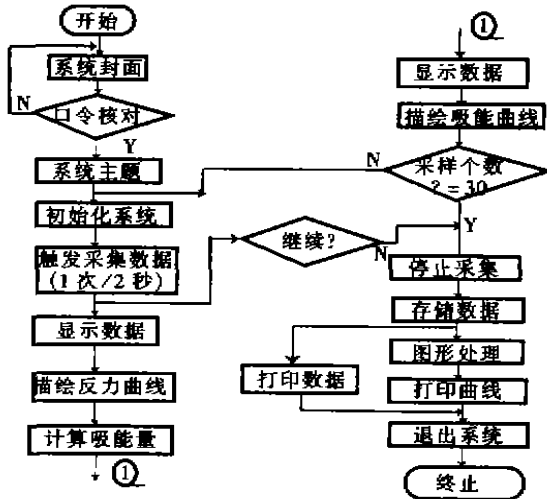


图 3 系统程序流程图

5 测试结果

图 4 为系统对 DA800x1500 型护舷的测试结果曲线, 图中, 实线为标准曲线, 虚线为实测曲线, 其反力及吸能量见下表。

从测试表中不难看出, 其反力误差为

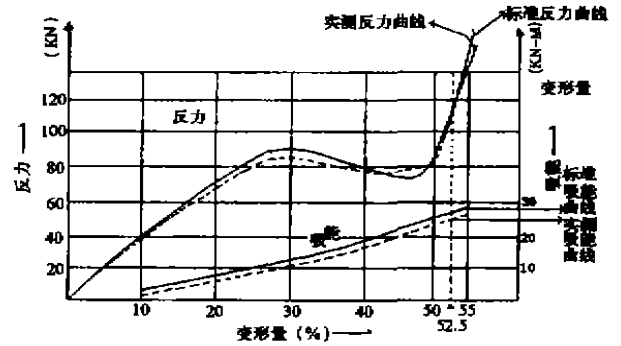


图 4 DA800x1500 型护舷反力吸能曲线

DA800x1500 型护舷力学性能测试表

变形量 (%)	标准反力值 (KN)	实测反力值 (KN)	标准吸能量 (KN-M)	实测吸能量 (KN-M)
10	40.09	39.45	2.10	2.08
20	72.20	73.67	7.90	7.79
30	87.70	85.81	12.20	12.03
40	74.40	72.78	17.30	17.12
50	83.20	81.94	26.80	26.54

$$\Delta f = \frac{f_{\text{实测}} - f_{\text{标准}}}{f_{\text{标准}}} \leq \pm 2.1\%$$

吸能量误差为

$$\Delta E = \frac{E_{\text{实测}} - E_{\text{标准}}}{E_{\text{标准}}} \leq \pm 1.3\%$$

不难看出, 该系统具有较高的测量精度, 能够实时在线反映位移、反力动态值。同时, 系统还具有保存及打印反力、吸能曲线及数据的功能。

参考文献

- 1 川上裕. 防舷材. 日本ゴム協志, 1991 年 第 64 卷第 2 号
- 2 左肖明. 橡胶护舷设计中的几个技术和经济问题. 水运工程, 1998, 10(4-7)
- 3 刘晓丽. SUC 鼓型橡胶护舷防冲板结构设计. 沈阳化工, 1997, 26(4). -50-53

—★— 欢迎订阅《电子测量技术》 —★—

2001 年大 16 开 订价 4 元 全年 16 元

欢迎来稿 订阅和刊登各种形式的广告 邮发代号 2-336 电话: (010)64041358 传真: (010)64032629