

# 码头船舶靠泊安全性现场测试研究<sup>1)</sup>

王山山 江 泉 马良筠

(河海大学工程力学系, 南京 210098)

**摘要** 测试了船舶靠泊时的靠泊速度和角度以及码头的最大位移。由测试结果与护舷特性的比较确定最大靠泊力, 并通过与设计值的比较评估船舶靠泊时码头的安全性。现场实测结果说明这种方法可有效地判断小码头靠泊超等级大船以及损伤码头修复后靠泊的安全性。

**关键词** 码头, 检测, 靠泊, 安全性

## 1 引 言

随着运输船舶的大型化, 一些码头的设计吨位已不能满足大型船舶的靠泊要求。若进行码头改造, 势必耗费大量的人力和物力。同时, 大型船舶靠泊的频率不高, 进行码头改造会造成一定的浪费。通过现场实测, 确定大船安全靠泊的条件, 实现“小”码头靠大船, 可充分挖掘现有码头的潜力。另一方面, 一些码头在生产过程中因碰撞等原因引起损坏, 在码头修复后, 码头的靠泊能力是否达到了设计要求, 也可通过船舶靠泊安全性的现场实测来研究。

本文结合南京惠宁码头大船靠泊及浙江北仑电厂卸煤码头修复后船舶靠泊安全性进行现场测试研究。南京惠宁码头 709 号泊位主要进行散货装卸作业, 其设计靠泊能力是  $2.5 \times 10^4 \text{ t}$ , 升等后允许  $3.5 \times 10^4 \text{ t}$  船靠泊作业。目前欲停靠  $7 \times 10^4 \text{ t}$  的超等级大船, 超等级大船的靠泊对码头的安全会构成一定的威胁, 因此需对大船靠泊对码头结构的影响进行定量的实测, 研究大船靠泊时的安全操作, 以确保码头的安全使用, 使得超过设计吨位的大型船舶能够安全靠泊于码头。浙江北仑电厂卸煤码头被“明州 3 号”轮碰撞, 船的球艏直接撞在码头的桩基上, 使部分桩基受到损伤。损伤严重的桩基从桩帽下斜向劈开, 钢绞线拉出, 最大裂口达 30 cm, 桩身部分破碎, 仅有部分钢绞线与桩帽及码头面相连。损伤较轻的桩基桩身与桩帽间的间距增大。修复时对损伤严重的桩基进行了置换, 对损伤较轻的桩基进行了修补。通过现场测试, 确定修复后卸煤码头的靠泊能力。

## 2 检测原理和方法

船舶靠泊特性的测试采用自制的测速杆和 701 拾振器作为传感器<sup>[1,2]</sup>。由测速杆测试船舶靠泊速度、

角度。由 701 拾振器测试船舶靠泊过程中码头的最大位移。

测速杆安装在码头面上或桩帽上。当船舶靠泊接触到球铰后, 滑动杆在固定套管内滑动, 弹簧拉伸使贴有应变片的传感簧片弯曲<sup>[3]</sup>。将与之连接的动态电阻应变仪的信号, 输入计算机进行记录和分析。计算出球铰的移动距离  $S$  和时间  $t$  及船舶的靠泊速度  $V$ 。同时, 由两根测速杆测出船舶靠上球铰的位移和时间差, 就可得到船舶的靠泊角度。在现场测试时, 为保证测试可靠及提高测试的精度, 可同时采用三个测速杆进行测试。

测速杆的构造如图 1 所示。

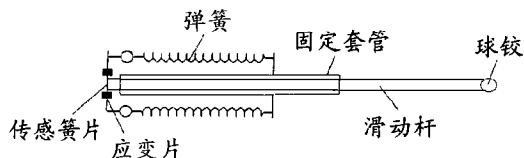


图 1 测速杆构造示意图

为保证测试的准确可靠, 测试前对测速杆和 701 拾振器进行了整机标定。

船舶的靠泊力可根据《港口工程技术规范》确定。护舷的吸能量  $U$  由下式确定<sup>[4]</sup>

$$E_0 = \rho \frac{1}{2} M V_n^2 = U \quad (1)$$

式中,  $E_0$  为船舶的有效撞击能量 (kJ);  $\rho$  为有效动能系数, 可采用 0.7~0.8;  $M$  为船舶的质量 (t), 一般按满载排水量计算;  $V_n$  为船舶靠泊时对码头撞击的法向速度 (m/s)。根据以上计算出的护舷的吸能量, 由护舷的反力与吸能量关系曲线可确定船舶的靠泊力。

## 3 检测结果

典型的检测原始记录如图 2 所示。图 2 表示的是 1999 年 8 月 3 日在南京惠宁码头实测的测速杆和 701 拾振器时程曲线图, 前 5 道为 701 拾振器记录的不同位置的码头的位移, 后 3 道为测速杆记录的 3 个护舷

1) 河海大学科学基金项目 (99538443) 资助。

2001-02-15 收到第 1 稿, 2001-07-09 收到修改稿。

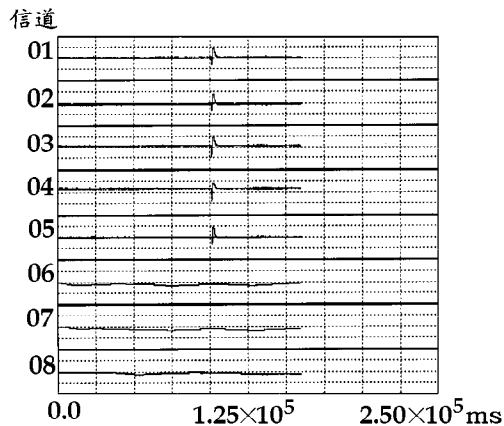


图 2 典型的检测原始记录

处的球铰移动的距离。2000 年 11 月 30 日在北仑电厂卸船码头也得到了类似的结果。表 1 汇总了两次测试的各项具体结果。

表 1 测试结果汇总表

| 测试时间        | 1999 年 8 月 3 日 | 2000 年 11 月 30 日 |
|-------------|----------------|------------------|
| 测试地点        | 南京惠宁码头         | 北仑电厂卸煤码头         |
| 船舶名称        | MILORIA        | 四季铁花             |
| 满载排水量 (t)   | 70399          | 71286            |
| 靠泊速度 (cm/s) | 3.9            | 2.5              |
| 靠泊角度 (°)    | 1.4            | 1.5              |
| 码头最大位移 (mm) | 0.79           | 0.13             |

#### 4 靠泊安全性评估

从测试结果可知码头的最大位移都比较小, 不会影响到码头的安全运行。

在式 (1) 中, 取有效动能系数  $\rho = 0.8$ 。根据以上南京惠宁码头的测试结果,  $U = 42.83 \text{ kJ}$ 。南京惠宁码头使用的是烟台第二橡胶厂生产的 Y 型橡胶护舷, 型号为 Y1000×1000 型。查此种护舷的性能曲线, 可知最大靠泊力为 204 kN。此码头设计允许的靠泊力为 297 kN。由此可见, 对原来设计能力较小的码头, 只要有效地控制好靠泊的速度和角度, 避免不当靠泊和冲撞等突加荷载对码头的影响, 可以安全地靠泊超等级大吨位的船舶。

北仑电厂卸煤码头使用的是上海新世纪橡胶厂生产的  $\pi$  型橡胶护舷, 型号为 KCH-1 型。根据测试结果,  $U = 42.83 \text{ kJ}$ , 最大靠泊力为 380 kN。设计允许的靠泊力为 1250 kN。最大靠泊力为设计允许靠泊力的 30.4%, 说明码头修复后可继续正常使用。

#### 5 结论与讨论

(1) 采用现场测试码头船舶靠泊速度和角度的方法可有效地确定护舷的吸能量, 进而可以通过护舷特性确定船舶的靠泊力, 与设计值相比较, 确定靠泊的安全性。

(2) 现场实测结果说明使用这种方法可有效地判断小码头靠泊超等级大船的安全性以及损伤码头修复后船舶靠泊的安全性。

(3) 因靠泊力的大小与护舷的吸能特性有关, 采用吸能量高、反力小的优质护舷可提高船舶靠泊的安全性。

(4) 在完成以上测试的过程中, 如果还能准确地测量到护舷的最大变形值, 就能精确地确定式 (1) 中有效动能系数  $\rho$  的值。然后根据码头水平承载力的设计值, 可确定码头允许的不同吨位的船舶在不同靠泊角度情况下的最大靠泊速度。为安全操作规程的制定提供依据。

#### 参 考 文 献

- 刘习军, 贾启芬, 张文德. 工程振动与测试技术. 天津: 天津大学出版社, 1999
- 左鹤声, 彭玉莺. 振动试验模态分析. 北京: 中国铁道出版社, 1995
- 宋逸先. 实验力学基础. 北京: 水利电力出版社, 1987
- 中华人民共和国交通部. 港口工程技术规范. 北京: 人民交通出版社, 1988

#### A STUDY ON IN-SITU MONITORING FOR WHARF SAFETY DURING VESSEL BERTHING

WANG Shanshan JIANG Quan MA Liangyun  
(Dept. of Engineering Mechanics, Hehai University,  
Nanjing 210098, China)

**Abstract** The berthing velocity, angle and maximal displacement of wharf are monitored. The maximal berthing force can be calculated by comparing the monitoring results with rubber fender characteristics. At the same time, the wharf safety during vessel berthing can be evaluated by comparing the maximal berthing force with the theoretical value. The in-situ monitoring shows that the wharf safety on different berthing conditions can be determined effectively.

**Key words** wharf, detecting, berthing, safety