

## 实船撞击实验防撞装置的撞击力分析

郑维钰, 杨黎明\*, 董新龙

(宁波大学 机械工程与力学学院, 浙江 宁波 315211)

**摘要:** 实验研究了基于以钢丝绳为基本元件的新型柔性防撞装置的防护性能. 利用 DEWETRON 数据采集仪及多通道同步采集传感器的信号, 分析得到防撞装置在碰撞中受到的撞击力曲线. 实验结果显示: 靠近船舶撞击侧最近的非撞击侧位置受到的撞击力最大, 属防护重点部位; 在承受多次撞击后, 防撞装置基本完好, 且船舶在碰撞中的损伤也有所减低.

**关键词:** 船桥碰撞; 防撞装置; 撞击力

中图分类号: U433.26

文献标识码: A

文章编号: 1001-5132 (2012) 02-0099-05

随着交通运输行业的不断发展, 江河上修建了大量的桥梁. 但随着船舶的吨位不断增加和航速的提升, 桥梁受到船舶撞击的几率就越来越大, 因此此类事故往往会造成生命与财产的巨大损失. 为了保护桥墩受到撞击时不发生损坏, 桥梁设计师通常容易倾向于建造高刚度、高强度的防护设置, 但是桥梁防护设施愈坚固, 船只受到的损害愈严重. 于是人们在思考使得桥墩和船相撞时, 两者都

不坏的基础上, 甚至也提出了连防护设施都不损坏的方案.

以此为目标, 陈国虞等人<sup>[1]</sup>提出了一种以钢丝绳圈为基本元件的柔性防撞装置. 笔者以宁波大学力学与材料中心和宁波市高等级公路建设指挥部共同组织实施的实船撞击桥墩防撞装置实验出发, 通过分析防撞装置在船撞桥墩时, 桥墩受到的撞击力情况, 为这种防撞装置的进一步发展提供



图1 实船撞击桥墩防撞装置实际布置图

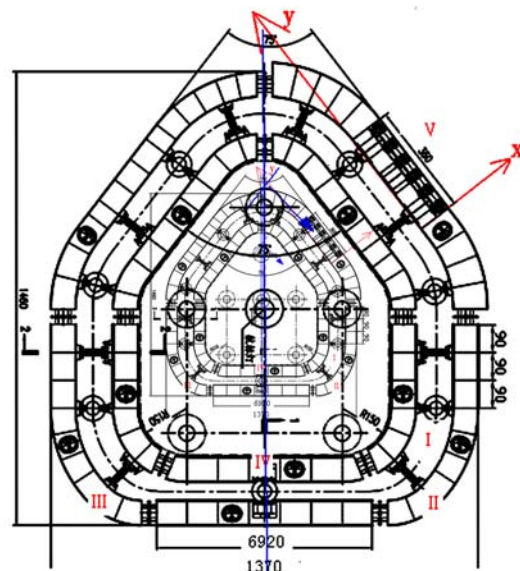


图2 柔性防撞装置示意图

收稿日期: 2011-11-11. 宁波大学学报(理工版)网址: <http://3xb.nbu.edu.cn>

基金项目: 国家自然科学基金(10872101).

第一作者: 郑维钰(1987-), 男, 浙江苍南人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 冲击动力学. E-mail: wyuzheng352@126.com

\*通讯作者: 杨黎明(1957-), 男, 福建长乐人, 博导/教授, 主要研究方向: 冲击动力学. E-mail: yangliming@nbu.edu.cn

实验依据.

## 1 实船撞击桥墩防撞装置的模型和撞击条件

图 1 为实船撞击桥墩防撞装置的实际布置图, 实验中采用的船舶载重量为 390 t, 空载时为 250 t, 实验采用的柔性防撞装置基本尺寸按图 2 的尺寸进行 1:1 建造, 图 2 中柔性防撞装置由上而下安装了 2 个直径为 80 cm 的柔性钢丝绳吸能防撞圈, 整个装置共有 30 个钢丝绳防撞圈, 除了序号 I、II、III、IV 处以外, 钢丝绳防撞圈与内钢围的连接处由上到下均设置 1 个拉压力传感器, I、II、III 处只在上部防撞圈上安装了传感器, 在 IV 处没有安装传感器, V 处为船舶撞击位置. 传感器的序号是从 19 开始, 至序号 30 都在船舶撞击侧, 序号 31~43 为非撞击侧, 并且之间用线段分开.

图 3 是 80 cm 柔性钢丝绳防撞圈准静态和动态下的力-位移曲线. 实船撞击的撞击条件由假设在桥墩上方的 2 台高速摄影机采集得到, 如图 2 所示建立坐标系, 以碰撞位置处的矩形两边为  $x$  和  $y$  轴,  $oxy$  为固定坐标系, 且不随钢围运动, 撞击结果汇总见表 1.

## 2 实船撞击实验结果分析

图 4 是当船舶载重量为 390 t, 撞击速度 3.27  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 船舶运行方向与  $y$  轴间的夹角为 34.3° 时, 测

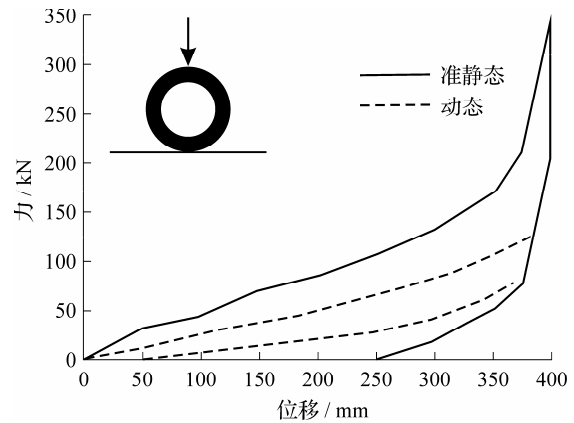


图 3 钢丝绳防撞圈准静态和动态下的力-位移曲线

得的 25 个防撞圈上传感器的力-时间关系图.

从图 4 可以看出: (1) 传感器测得的实验数据可以分成两类: 一类是以压力为主, 分布在船舶撞击侧; 另一类以拉力为主, 分布在非船舶撞击侧. (2) 各个传感器都同期开始作用, 而且在碰撞开始后 0.357 s 时, 力达到峰值, 总的撞击时间为 1.06 s. (3) 在这次撞击实验中, 以拉压力为主的传感器在船桥碰撞中测得的撞击力幅值高于压力为主测得的数值, 压力最大的传感器序号为 21, 大小为 3.11 t, 而拉压力传感器最大的序号为 31, 大小为 10.9 t.

假设各个传感器的力方向是垂直于所在点的切向, 则对 25 个传感器测得的力进行求合力, 则可以求得实船撞击时, 桥墩受到的撞击力曲线(图

表 1 实船撞击桥墩的撞击结果

实验名称	船舶排水量/t	船与 $y$ 轴撞击的夹角/°	船撞击速度/ ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	船撞击的 $x$ 方向 速度/( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	船撞击的 $y$ 方向 速度/( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )
0829_1	250	40.6	0.92	0.60	0.70
0829_2	250	27.8	1.75	0.81	1.55
0830_1	250	43.3	2.05	1.40	1.50
0830_2	250	41.3	2.27	1.50	1.70
0831_1	250	63.3	1.57	1.40	0.70
0901_1	250	32.3	2.25	1.20	1.90
0901_2	250	33.3	2.45	1.35	2.05
0901_3	250	32.9	3.04	1.15	2.55
0902_1	390	35.6	1.60	0.95	1.30
0902_2	390	37.4	2.51	1.52	2.00
0902_3	390	30.5	3.36	1.70	2.90
0902_4	390	34.3	3.27	1.85	2.70

5).

从图 5 可见, 此次实验桥墩受到的最大撞击力为 81.3 t, 相应时间为 0.381 s, 但是受到如此猛烈的船舶撞击后, 防撞装置基本完整, 而船首只受到轻微的损伤, 因此可以该柔性防撞装置能够有效保护桥墩, 降低船舶受到的损伤。

此外, 从表 2 的结果中可见, 实船撞击实验时, 传感器中受到的最大拉力要比受到的最大压力大, 而且传感器受到最大拉力的都是序号 31, 说明传感器序号 31 是最危险的地方, 要使得防撞装置正常使用, 需要在此部位进行加强。实验撞击中, 防撞装置受到船舶和桥墩的最大撞击力是 2011 年 8 月 31 日的大角度撞击, 说明防撞装置受到的撞击

力跟撞击角度有很大的影响, 要降低最大撞击力, 需要控制撞击角度。

实船撞击实验总共进行了 12 次, 而该柔性防撞装置在经历来多次高速度、大角度的实船撞击后, 仍基本保持完好, 能够继续工作, 说明了该柔性防撞装置是一种比较理想的防撞装置, 实实在在地保护了桥墩, 也降低了船舶在碰撞中的损伤。而且这种防撞装置的造价不大, 养护也简单, 是一种经济有效的防撞装置<sup>[2]</sup>。

### 3 结语

研究了一种新型的柔性防撞装置在船撞桥梁的防护性能, 并且比较了宁波大学力学与材料中

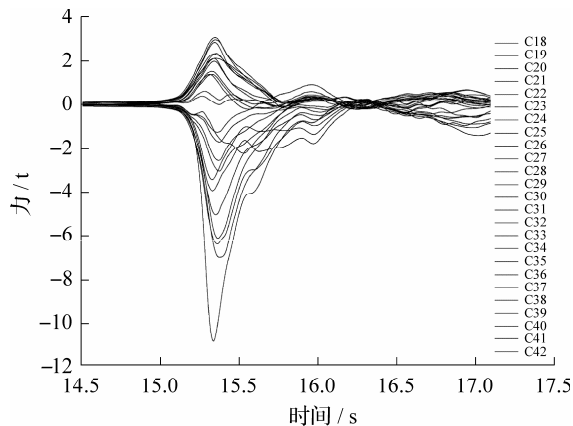


图 4 防撞装置 25 个传感器的撞击力-时间曲线

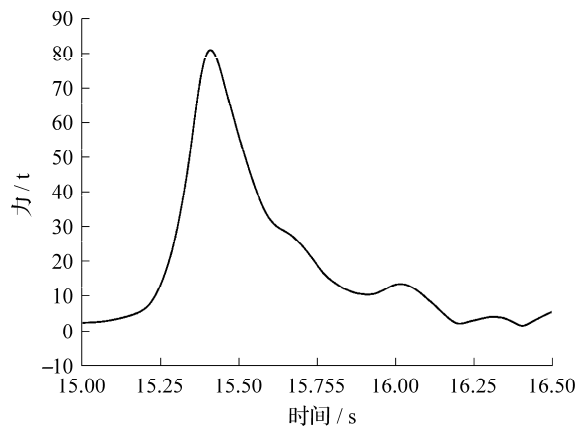


图 5 桥墩受到的撞击力-时间曲线

表 2 12 次实船撞击实验的结果

实验名称	碰撞时间/s	ch19 和 ch43 的实验数据				防撞装置所受的合力/t
		压力最大的通道	压力/t	拉力最大的通道	拉力/t	
0829_01	0.730	42	1.230	31	2.071	20.580
0829_02	0.866	21	1.801	31	2.438	24.146
0830_01	0.695	24	2.336	31	6.358	51.563
0830_02	0.806	21	3.186	31	7.113	56.770
0831_01	0.673	21	3.482	31	11.048	82.362
0901_01	0.638	21	1.674	31	3.310	33.403
0901_02	0.712	24	1.821	31	4.086	38.173
0901_03	0.844	21	2.521	31	5.984	51.706
0902_01	1.016	24	1.766	31	3.847	36.892
0902_02	0.733	24	2.575	31	7.954	62.944
0902_03	1.032	24	2.697	31	9.395	72.068
0902_04	1.062	21	3.106	31	10.910	81.314

心和宁波市高等级公路建设指挥部共同组织实施的实船撞击桥墩防撞装置实验测得的实验数据,分析结果如下:

(1) 实船撞击实验中,传感器中受到的最大拉力要比受到的最大压力大,且最大的拉力传感器的序号是 31,为保证该柔性防撞装置能够正常使用,需要对此部位进行加强.

(2) 该柔性防撞装置不仅保护了桥墩,也降低了船舶在碰撞中的损伤,且在承受多次撞击后能够继续正常工作,造价不太大,养护简单,总的来

说是一种经济有效的防撞装置.

#### 参考文献:

- [1] 王礼立,张忠伟,黄德进,等.船装桥的钢丝绳柔性防撞装置的冲击动力学分析[C]//祝贺郑哲敏先生八十华诞应用力学报告会——应用力学进展论文集,2004:172-180.
- [2] 陆宗林,王礼立.一种新型的柔性系能防撞装置[C]//中国公路学会桥梁和结构工程分会2004年全国桥梁学术会议论文集,2004:605-609.

## Research on Impact Force of Protection Device Based on the Real Ship Collision Experiment

ZHENG Wei-yu, YANG Li-ming\*, DONG Xin-long

(The faculty of Mechanical Engineering and Mechanics, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

**Abstract:** Wire rope has been used as a new type of flexible protection devices in ship-bridge protection design. In this report, the data of sensor signal are collected in a real-time manner using the DEWETRON data acquisition instrument. Based on the acquired data, the impact force of the protection devices employed in the accident of ship-bridge collision is computed. The results show that the impact force of the Closing to the ship hitting the side of the non-impact side position is the most, it belongs to the protection key positions; and the protection devices are found to be capable of effectively protecting the bridge meanwhile reducing the damage of ship to the minimum. Under repeatedly crash tests, the protection device is noted for its rigidity against collision with little deformation, and ship collision damage has also been reduced.

**Key words:** ship-bridge collision; protection device; impact force

(责任编辑 章践立)