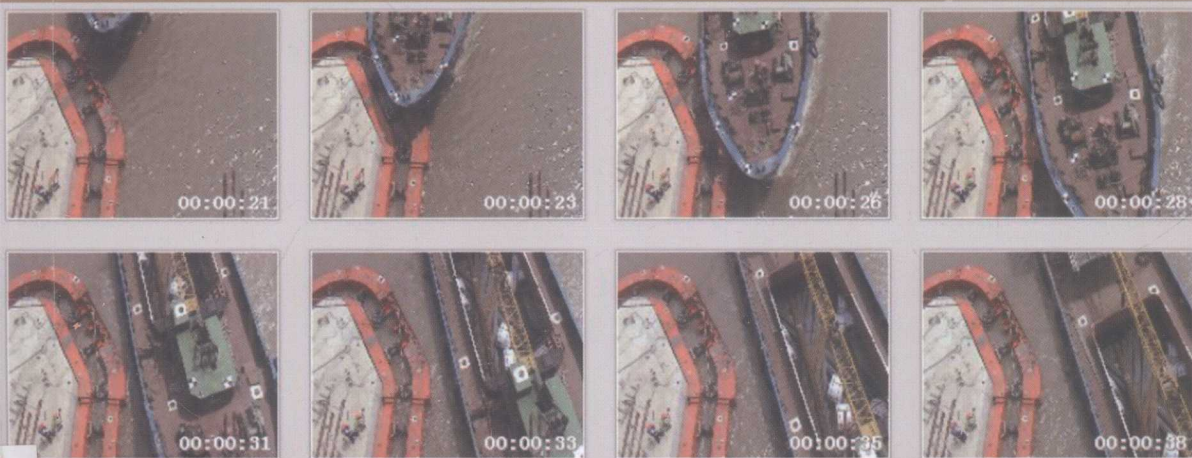




国际船桥相撞及其防护 学术研讨会论文集

国际船桥相撞及其防护学术研讨会学术委员会 主编

*Proceedings of International Symposium
on Ship-Bridge Collision and Its Protection*



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

U44-53
1004-2



NUAA2014014918

ISSBCIP-2014

Proceedings of International Symposium on Ship-Bridge Collision and Its Protection

国际船桥相撞及其防护 学术研讨会论文集

国际船桥相撞及其防护学术研讨会学术委员会 主编



中 国 铁 道 出 版 社

2014年·北京

2014014918

内 容 简 介

本书收录了国际船桥相撞及其防护学术研讨会学术委员会收集的论文共 40 篇。这些论文分别从不同的角度探讨了船舶与桥梁相互撞击中的各类问题,并提出了不同的防御对策,主要包括桥梁船撞防护设计理念和方法、船桥相撞的动态响应分析和数值模拟计算、桥梁船撞防护新技术、桥梁防船撞预警与遥控监测、桥梁船撞防护结构撞击试验等。

图书在版编目(CIP)数据

国际船桥相撞及其防护学术研讨会论文集/国际船桥相撞及其防护学术研讨会学术委员会主编. —北京:中国铁道出版社,2014. 3
ISBN 978-7-113-18074-4

I. ①国… II. ①国… III. ①桥—船舶碰撞—国际学术会议—文集
IV. ①U447-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 030619 号

书 名: 国际船桥相撞及其防护学术研讨会论文集
Proceedings of International Symposium on Ship-Bridge Collision and Its Protection
作 者: 国际船桥相撞及其防护学术研讨会学术委员会 主编

责任编辑:傅希刚 李丽娟 编辑部电话:市(010)51873142 电子信箱:fxg711@163.com
封面设计:郑春鹏
责任校对:胡明锋
责任印制:陆 宁

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)
网 址:<http://www.tdpress.com>
印 刷:化学工业出版社印刷厂
版 次:2014年3月第1版 2014年3月第1次印刷
开 本:880 mm × 1 230 mm 1/16 印张:16.75 字数:484 千
书 号:ISBN 978-7-113-18074-4
定 价:60.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

国际船桥相撞及其防护学术研讨会

ISSBCIP-2014, 宁波, 中国, 2014 年 3 月 28-29 日

荣誉主席:(按姓氏笔划排序)

王梦恕 中国工程院院士
王景全 中国工程院院士
车宇琳 中国工程设计大师
邓文中 美国工程院院士 中国工程院外籍院士
余同希 香港科技大学教授
李守善 中国工程设计大师
杨 进 中国工程设计大师
杨 樵 中国科学院院士
周丰峻 中国工程院院士
赵耕贤 中国船舶设计大师

执行主席:(按姓氏笔划排序)

王礼立 吕忠达 陈培健 周世忠

学术委员会:(按姓氏笔划排序)

主 任:陈国虞
副主任:刘慈军 杨黎明 陆宗林 赵君黎
委 员:马 磊 王福敏 刘伟庆 庄 勇 朱海涛 汤国栋
张长青 肖 波 邱建英 陈开利 陈 阵 陈明栋
陈海君 陈淦伟 周风华 周 良 金允龙 鲁昌河
詹建辉 G. X. LU V. P. W. SHIM

组织委员会:(按姓氏笔划排序)

主 任:董新龙
副主任:刘 军 郑爱婷 徐爱敏 耿 波
委 员:干 苏 王桂华 王 敏 李振凯 陈 涛 倪士强
章莹莹 解胜男

主办单位:

宁波大学
宁波市高等级公路建设指挥部
上海海洋钢结构研究所
桥梁工程结构动力学国家重点实验室(重庆交科院)
宁波工程学院

承办单位:

《中国桥梁网》编辑部

International Symposium on Ship-Bridge Collision and Its Protection

ISSBCIP-2014, Ningbo, China, March 28-29, 2014

Honor Chairman:

WANG Mengshu	Academician of the Chinese Academy of Engineering
WANG Jingquan	Academician of the Chinese Academy of Engineering
CHE Yulin	Chinese Engineering Investigation and Design Master
Man-Chung TANG	Foreign Academician of the Chinese Academy of Engineering American Academy of Engineering
YU Tongxi	Professor of the Hong Kong University of Science and Technology
LI Shoushan	Chinese Engineering Investigation and Design Master
YANG Jin	Chinese Engineering Investigation and Design Master
YANG You	Academician of the Chinese Academy of Science
ZHOU Fengjun	Academician of the Chinese Academy of Engineering
ZHAO Gengxian	Chinese Ship Design Master

Executive chairmen:

WANG Lili, LV Zhongda, CHEN Peijian, ZHOU Shizhong

Academic committee members:

Director	CHEN Guoyu
Associate director	LIU Cijun, LU Zonglin, YANG Liming, ZHAO Junli
Members of committee	MA Biao, WANG Fumin, ZHU Haitao, LIU Weiqing, TANG Guodong, ZhUANG Yong, CHEN Zhen, CHEN Kaili, CHEN Mingdong, CHEN Haijun, CHEN Ganwei, XIAO Bo, ZHANG Changqing, QIU Jianying, ZHOU Liang, ZHOU Fenghua, JIN Yunlong, LU Changhe, ZHAN Jianhui, G. X. LU, V. P. W. SHIM

Organize committee:

Director	DONG Xinlong
Associate director	LIU Jun, ZHENG Aiting, GENG Bo, XU Aimin
Members of committee	GAN Su, WANG Min, WANG Guihua, LI Zhenkai, CHEN Tao, NI Shiqiang, ZHANG Yingying, XIE Shengnan

Host organization:

Ningbo University
Ningbo High Grade Highway Construction Command
Shanghai Research Laboratory on Oceanic Steel Structure
State Key Laboratory of Bridge Engineering Structural Mechanics (Chongqing Academy)
Ningbo University of Technology

Implementation Agency:

China Bridge website (www.cnbridge.cn)

序言

为了防御桥梁被船舶撞坏,古今中外的桥梁建设者作了不懈的努力。

就中国而言,很早就采用了多种防止桥梁被船舶撞击的方法。例如,考虑采用“一跨过江”的桥梁形式,中国现存建于公元 595 年的河北赵州桥,采用的就是一跨过江的形式;又如建于公元 1189 年的北京卢沟桥,采用尖形桥墩,形成斜面接触降低桥墩撞击受力,也是一种防撞设计;再如不少桥梁用木栅保护桥台或墩柱,在保护桥梁的同时也减轻船舶的损坏。

1980 年,中国开始专业期刊上综合介绍国外防御船撞桥的技术,包括美国和挪威的计算成果。1994 年,交通部对部属研究所和院校布置开展黄石长江大桥的防撞研究设计。此后,中国桥梁防船撞的设计研究得到进一步的开展,并先后于 1990、2008、2010 和 2013 年出版了 4 部专著,于 2011 年出版了有 64 篇文章的专题论文集。

2007 年 6 月 15 日广东九江大桥被南桂机 035 号运沙船撞塌,2013 年 5 月 12 日鑫川 5 号万吨船撞上南京长江大桥而沉没,进一步引起了人们的重视。

为了确保在万一船舶撞上桥梁时也不发生灾难性事故,中国已经发展出柔性“三不坏”防撞装置,并应用于湛江海湾大桥,设计防御 50000t 级船舶的撞击。2007 年 12 月,该防撞装置由国际桥梁结构工程协会副主席、中国工程院院士项海帆主持鉴定,鉴定结论认为“该课题成果达到国际领先水平,是近年来国内桥梁工程所取得的罕见的国际领先科技成果之一”。2011 年 9 月,在浙江象山港建设的试验桥墩上,利用专门制造的冲击力传感器,经过多次实船撞击试验测量,验证了这一设计思想和相关的有限元软件。

防船撞的目标是:航道附近的桥墩均应装上防撞装置,让桥塌船沉的灾害性事故不再发生。除了将柔性“三不坏”防撞装置继续推广到象山港大桥(防御 50000t 级船舶)等桥梁应用之外,国内其他工程师和学者也发展了一些不同形式的防撞装置。

为了促进学术研究、工程设计、制造技术和维护应用等各界专家的广泛交流,特举办本次会议。会议从发起之日起,就得到桥梁界、船舶界、冲击动力学和能量交换学界以及学会网络界等多领域专家领导的支持,在此表示诚挚的感谢。

国际船桥相撞及其防护学术研讨会学术委员会

2014 年 2 月 22 日

PREFACE

Bridge builders of all time all over the world have been taking unremitting efforts to protect bridge piers against ship collisions.

In China many methods had been adopted. There is “one span across the river” method, applied to the Zhaozhou Bridge in Hebei, built in A.C. 595. There is also another method using the apiciform pier forming a cant to reduce the impact force to the pier, applied to the Lugou Bridge in Beijing, built in A.C. 1189. And many bridges use the wooden fences not only to protect the bridge piers but also to reduce the damage to the ships.

In 1980, Chinese journals started to introduce the techniques of anti-collision between ship and bridge from other countries, including the calculation results of American and Norwegian engineers. In 1994, the Ministry of Communications of China commanded its institute to study and design the anti-collision devices for Hubei Huangshi Yangtze River Bridge. After that, the study and design of anti-collision between ship and bridge has been further developed. Successively, there are 4 monographs published in 1990, 2006, 2010 and 2013, and a proceedings of symposium with 64 papers has been published in 2011.

On June 15, 2007, Guangdong Jiujiang Bridge collapsed due to collision from a sand carrier “Nan-Gui 35”; on May 12, 2013, “Xin-Chuan 5” bulk carrier sank by hitting the Nanjing Yangtze River bridge accidentally. All these raised people’s attention.

In order to ensure that no disaster happens when the ships collide with bridges, China has developed the “three non-destroy” anti-collision device, and has applied it to Zhanjiang Bay Bridge, designed to defense the impact of a 50000t bulk cargo. In December 2007, XIANG Haifan, the vice-chairman of IABSE, Academician of the Chinese Academy of Engineering over the authenticate committee declared that he considered this research achievement reaches international advanced level, and it is one of the international advanced scientific technological achievements in Chinese bridge community. In September 2011, the research group carried out actual ship and the actual pier collision tests in Xiangshan Port, using the special transducer made for impact force. After many tests, the result of measurement aligns with the calculations, so we have verified this design concept and the relevant finite element method (FEM) software.

Our goal is to avoid the disastrous accidents by installing the anti-collision devices on all the piers that near the river route. While applying the “three non-destroy” anti-collision device to Xiangshan Port (to defense the impact of 50000t bulk cargo) and other bridges, many other engineers and scholars also developed other different anti-collision devices. In order to promote interchange of the science and technology studies, the engineering design, and the technique on manufacturing, maintaining of bridge, we are pleased to hold this conference.

Since the beginning of organizing this conference, we got the support from bridge community, shipping community, impact dynamics community, energy exchange community, and the society network. We would like to express our sincere appreciation.

International Symposium on Ship-Bridge Collision and Its Protection
Academic Committee
February 22, 2014

目录

1 船桥相撞综论

我国已经可以防止船沉桥塌的严重事故	朱海涛	陈国虞	3				
《公路桥梁抗撞防撞设计指南》编制介绍	赵君黎	冯 芑	李 雪	10			
“船撞桥及其防御”课题主旨探讨	朱海涛	13					
六个桥梁防船撞指南比较研究	陈国虞	17					
桥梁防船撞理念	陈国虞	24					
防御船舶撞击桥梁的设计中的风流压偏角	陈国虞	31					
城市内河桥梁防船撞整体化管理方法研究	廖 娟	周联英	36				
黏滞性高耗能柔性防撞圈的研制和试验	倪步友	倪士强	42				
桥墩柔性防撞装置实船撞击试验及其响应研究	董新龙	周刚毅	郑维钰	李来则	段 忠	杨黎明	52

2 船桥相撞力学

船桥碰撞问题的几点冲击动力学讨论	王礼立	陈国虞	杨黎明	59			
船舶对非通航孔桥船撞安全性的影响分析	吴宏波	冯 芑	冯清海	68			
船撞桥墩的撞击力敏感性分析	潘长平	白 剑	彭泽友	王 伟	史春娟	赵彦龙	74
面向船—桥碰撞的新型复合材料防撞系统动力学理论分析	方 海	刘伟庆	庄 勇	祝 露	韩 娟	78	
撞击作用下混合桩动力反应模型试验研究	程 晔	夏佩云	龚维明	85			
基于结构自身形状防撞的船撞分析	张太磊	耿 波	尚军年	91			
不同截面形状桥墩的抗船撞性能分析	何 利	耿 波	王福敏	96			
船撞冲击荷载作用下桥墩抗力计算方法研究	向苇康	耿 波	尚军年	101			
桥墩船撞局部应力分析中船墩接触面积计算方法	李 建	王善春	夏 伟	107			
船桥碰撞有限元仿真中的水动力模型	宋 力	杨黎明	112				

3 直接防撞装置

红岩村嘉陵江大桥防撞研究	张 坤	耿 波	119	
黄花园嘉陵江大桥 FRP 防撞浮箱撞击试验的仿真分析	金轩慧	耿 波	向苇康	124

朝阳大桥防船撞有限元仿真计算与分析·····	钱宇程	万 水	李淑琴	128
特大型桥梁防撞钢套箱船撞参数分析·····	吴宏波	冯清海	冯 茂	132
有外钢围的桥梁柔性防船撞装置与复合材料消能防撞装置对比研究·····	倪步友	倪士强		139
防撞装置多个防撞圈同期作用数值分析及试验验证·····	黄德进	王礼立	倪步友	146
柔性防船撞装置数值分析技术与结构优化·····	赵彦龙	赵振宇	王 伟	154
桥墩抗大吨位船舶撞击柔性装置耐久性设计研究·····			刘慈军	161
FRP 桥墩防撞浮箱柔性防撞结构形式研究·····	张锡祥	王智祥		165
象山港公路大桥桥墩抗船撞柔性防护技术及实船撞击试验 ·····	吕忠达	杨黎明	王礼立	174
	陈国虞	余同希		

4 间接防撞装置和主动防撞装置

浮式自适应船舶拦阻方法及试验研究·····	董新龙	王永刚	付应乾	段 忠	杨黎明	185
福建平潭海峡大桥引桥防船撞技术 ——自适应恒阻力拦截船舶设施及实船撞击试验 ·····	余同希	杨黎明	翁卫军	何益勇	陈向阳	190
基于 AIS 的苏通大桥主动防撞系统研究·····	季本山	谷 溪	方泉根			197

5 船桥相撞风险分析及概率研究

“防御船撞桥事故”研究中的概率问题 ·····	陈国虞	陈国始	205
基于 AASHTO 规范的中承式钢箱拱桥船撞风险分析 ·····	张存辉	王银辉	213
嘉陵江牛角沱大桥船撞事故检测与安全评估技术·····	李嵩林	耿 波	219
大水位落差下拱桥拱圈船撞风险评估方法研究·····	耿 波	王福敏	224
影响船撞桥概率主要因素分析·····	张星星	陈明栋	232
内河桥梁船撞风险概率分析·····	陈明栋	陈 明	237
春晓大桥船舶碰撞风险分析·····	边 疆	项燕飞	243
灵江大桥船撞概率风险分析及控制·····	项贻强	张婷婷	251

CONTENTS

1 Ship-Bridge Collision

Severe accidents of shipwreck and bridge collapse can be prevented in our country	3
<i>ZHU Hai-tao , CHEN Guo-yu</i>	
Introduction for the compiling of guide specifications for vessel collision design of highway bridges	10
<i>ZHAO Jun-li , FENG Min , LI Xue</i>	
The discussion on the purport of study on “ship-bridge collision and its defense”	13
<i>ZHU Hai-tao</i>	
The comparative study between six guides of defends collision of ship with bridge	17
<i>CHEN Guo-yu</i>	
Aspects of anti-collision on ship with bridge	24
<i>CHEN Guo-yu</i>	
The deviation angle pressed by wind and current for the design of bridge anti-collision	31
<i>CHEN Guo-yu</i>	
Holistic method study on anti-ship collision of bridges over urban rivers	36
<i>LIAO Juan , ZHOU Lian-ying</i>	
The manufactory and examination on viscosity high consume energy flexible composite anti-collision rings	42
<i>NI Bu-you , NI Shi-qiang</i>	
Structural response of flexible anti-collision device for bridge pier subject to ship collision : a prototype experimental study	52
<i>DONG Xin-long , ZHOU Gang-yi , ZHEN Wei-yu , LI Lai-ze , DUAN Zhong , YANG Li-ming</i>	

2 The Mechanics of Ship-Bridge Collision

Discussions on the ship-bridge collision from impact dynamics	59
<i>WANG Li-li , CHEN Guo-yu , YANG Li-ming</i>	
Influence study on non-navigation bridge safety by vessels	68
<i>WU Hong-bo , FENG Min , FENG Qing-hai</i>	
Sensitive analysis of impact force for bridge piers in collision with ship	74
<i>PAN Chang-ping , BAI Jian , PENG Ze-you , WANG Wei , SHI Chun-juan , ZHAO Yan-long</i>	
Ship-bridge collision mechanism of composite anti-collision system	78
<i>FANG Hai , LIU Wei-qing , ZHUANG Yong , ZHU Lu , HAN Juan</i>	

Experimental study on dynamic response of hybrid pile with impact action	85
<i>CHENG Ye , XIA Pei-yun , GONG Wei-ming</i>	
Based on the analysis of structure and shape of ship collision	91
<i>ZHANG Tai-lei , GENG Bo , SHANG Jun-nian</i>	
Vessel-bridge collision resistant performance analysis of different cross-sectional shapes pier	96
<i>HE Li , GENG Bo , WANG Fu-min</i>	
Study on calculation of capacity of bridge piers for bearing ship impact loads	101
<i>XIANG Wei-kang , GENG Bo , SHANG Jun-nian</i>	
A new calculation method for the contact area of ship-pier in local stress analysis of pier against vessel impact	107
<i>LI Jian , WANG Shan-chun , XIA Wei</i>	
The use of hydrodynamic model in finite element simulation of ship-bridge collision	112
<i>SONG Li , YANG Li-ming</i>	

3 The Direct Anti-collision Equipment

Application of anti-collision system in Hongyancun Bridge of Jialing River	119
<i>ZHANG Kun , GENG Bo</i>	
Numerical simulation analysis for the collision test of the FRP anti-collision device of the Huanghuayuan Jialing River Bridge	124
<i>JIN Xuan-hui , GENG Bo , XIANG Wei-kang</i>	
Calculation and analysis of the ship collision force in Chaoyang Bridge	128
<i>QIAN Yu-cheng , WAN Shui , LI Shu-qing</i>	
Parameter study on steel box used for anti-collision in super large bridge	132
<i>WU Hong-bo , FENG Qing-hai , FENG Min</i>	
The comparison study on flexible defend devices with outer gate for ship-bridge collision to the defend devices made by fiber reinforced composite	139
<i>NI Bu-you , NI Shi-qiang</i>	
The numerical analysis and experiment of synchronism on multi-anti-collision rings within the anti-collision device with outer steel gate	146
<i>HUANG De-jin , WANG Li-li , NI Bu-you , CHEN Guo-yu</i>	
Numerical analysis and structure optimization of flexible anti-ship-collision device	154
<i>ZHAO Yan-long , ZHAO Zhen-yu , WANG Wei , YANG Xiang-lei , CHEN Guo-yu</i>	
Durability design research on flexible device of pier for the resisting large-tonnage vessels collision	161
<i>LIU Ci-jun</i>	
Research on structural form of FRP floating pontoon for the bridge pier protection flexible anti-collision in ship collision	165
<i>ZHANG Xi-xiang , WANG Zhi-xiang</i>	
The flexible crashworthy device adopted in Ningbo Xiangshan Bridge against ship collision and tested by a real ship	174
<i>LV Zhong-da , YANG Li-ming , WANG Li-li , CHEN Guo-yu , T. X. YU</i>	

4 The Indirect Anti-collision Equipment and Active Anti-collision Equipment

An experimental study of self-adaptive intercepting method for anti-collision on bridge	185
<i>DONG Xin-long , WANG Yong-gang , FU Ying-qian , DUAN Zhong , YANG Li-ming</i>	
The crashworthy technology of non-navigable of Fujian Pingtan Strait Bridge: Adaptive constant resistance interception device and ship-collision test	190
<i>T. X. YU , YANG Li-ming , WENG Wei-jun , HE Yi-yong , CHEN Xiang-yang , LIU Jun</i>	
Study of AIS-based automotive anti-collision system on Sutong Bridge	197
<i>JI Ben-shan , GU Xi , FANG Quan-gen</i>	

5 Risk Analysis and Analysis Acceptance

Probability analysis in “anti-collision accident between ship and bridge” research	205
<i>CHEN Guo-yu , CHEN Guo-shi</i>	
Risk analysis of vessel-bridge collision about half-through steel box arch bridge according to AASHTO specification	213
<i>ZHANG Cun-hui , WANG Ying-hui , ZOU Yi-song</i>	
Incident detection and safety assessment techniques of Niujiaotuo Jialing River Bridge due to vessel collision	219
<i>LI Song-lin , GENG Bo , SHANG Jun-nian</i>	
A method of ship collision risk assessment for arch ring of arch bridges with a large range of stage	224
<i>GENG Bo , WANG Fu-min , XIANG Wei-kang</i>	
Major factors assessment of ship-bridge collision risk	232
<i>ZHANG Xing-xing , CHEN Ming-dong , BA Tian</i>	
Possibilities of ship-bridge collision accident at inland waterway	237
<i>CHEN Ming-dong , CHEN Ming</i>	
The risk assessment of ship-bridge collisions with Chunxiao Bridge	243
<i>BIAN Jiang , XIANG Yan-fei , SHEN Li-jun</i>	
Analysis and control of ship collision probability risk of Lin River Bridge	251
<i>XIANG Yi-qiang , ZHANG Ting-ting</i>	



船桥相撞综论
Ship-Bridge Collision

我国已经可以防止船沉桥塌的严重事故

朱海涛¹, 陈国虞²

1. 中铁大桥局集团有限公司, 武汉 430000 ;

2. 上海海洋钢结构研究所, 上海 201204

摘要:以广东九江公路桥被船撞塌为代表的“桥塌船沉的灾害性事故”发生至今, 5 年间我国船桥相撞事故又有 20 余起。为架设桥梁而在航道中设置桥墩, 就会发生船撞桥事例, 但在船舶与桥梁相撞后不形成灾害性事故, 据我国现有的条件是完全可能的。本文先分析中外几十年来船撞桥相事故的原因, 分析矛盾的主要方面, 指出桥梁设计中应该采用的几点做法, 再根据我国创造的柔性防撞设施和成功的实践, 做到船桥相撞后桥不塌、船不沉。建议学习外国经验, 结合中国的国情, 在桥梁设计规范中均列入“防御船撞桥”一节, 以便大量减少船撞桥事例, 并杜绝灾害性事故。

关键词:船桥相撞事例; 船撞桥; 灾害性事故; 防御船撞桥; 桥梁设计规范

Severe accidents of shipwreck and bridge collapse can be prevented in our country

ZHU Hai-tao¹, CHEN Guo-yu²

1. China Railway Major Bridge Engineering Group Co., Ltd., Wuhan 430000, China ;

2. Shanghai Marine Steel and Structure Research Institute, Shanghai 201204, China

Abstract: As the representative of the “bridge collapse and shipwreck”, since the Guangdong Jiujiang highway bridge was rammed by ship crash there are more than 20 ship bridge collision accidents happened in our country during recent five years. The ship-bridge collision would happen if installed piers in the waterway. However, it is entirely possible that the severe accident would be avoided after ship-bridge collision according to the existing conditions in our country. In this paper, the causes of accidents happened at home and abroad in recent decades are analyzed. The principal aspect of conflict are analyzed and some methods should be adopted in bridge design is indicated. It is possible that the bridge and ship won't collapse during the accident according to the flexible anti-collision devices created in our country and successful applications. The ship-bridge collision defense are suggested to be listed as a section in the bridge design specifications referring to foreign experience and conditions in our country, in order to substantially reduce ship-bridge collision cases and avoid severe accidents.

Keywords: ship-bridge collision cases; ship-bridge collision; severe accident; ship-bridge collision defense; bridge design specification

1 前 言

在通航的江河或沿海建造桥梁, 除受洪水和海啸的汹涌巨浪造成的严重灾害外, 由于船舶、船队、排筏冲撞桥墩或上部梁体的事故屡见不鲜。据第一作者亲自参与的武汉、南京、枝城、九江四座长江大桥统计, 迄今发生船撞桥的事故已百余

次。仅武汉长江大桥从 1957 年建成至 2007 年, 50 年间已被船撞 75 次^[3], 约每年 1.5 次。其中造成的桥损、船沉、人亡等灾难事故触目惊心。“船撞桥”已引起各国桥梁界的重视, 也提出了不少防御措施, 但之前总的出发点仅仅是为了防护桥的安全, 而在防护桥的同时也去考虑船舶和各方的人身安全以及对生态环境的影响, 设计三方面兼顾的桥梁防船撞措施者却不多。本文主要提

出下列几个观点供同仁参考:(1)通航孔的桥墩必须设置柔性吸能防撞装置,这一点早在 1985 年已由《中国铁路桥梁史》提出过。(2)设计的防撞装置不能单打一,必须兼顾船的安全,尤其是人民生命的安全,进而使环境也得到保护。因为两者都是关系到建立和谐社会的重大问题,必须解决好。(3)国内已有撞而不毁的“三不坏”防撞装置。

众所周知,桥梁在设计通航孔时,其跨度和通航净空高度都是根据交通部水运司按照通航条件提出的要求设置的,一般来讲应该不会发生船撞桥的事故。然而航道中的桥墩不论怎样精心布置,由于船舶在航行时,通过桥孔前后的地段与通过桥孔时的风速、风向、流速、流向、水位都有差别,加上设置桥墩后附近的涌流、旋流、涡流等多种不确定因素的变化,即使对有经验的驾驶人员也难以及时掌握其规律不撞上桥墩。这种船撞桥现象虽然是偶然性发生的,但却暗藏着必然性。桥梁大家和设计人员不能仅仅从桥梁自身的安全角度出发,在设计理念上能否更全面地反思一下,

除了确保桥梁不出任何质量事故外,再人性化一些,适当考虑航运事业等发展等因素。

由于船舶货运的运输成本低,因而船舶越来越多、船体越来越大、船速越来越快,所以出现船撞桥的几率也会相应增加。近年在桥跨与通航高度上已经适当加大。现在有的设计院对航道侧的桥墩也设计了防撞装置,但多数仅为了保护桥而没有统筹兼顾船的安全,这是当前存在的不足之处。现在,铁道部已合并到交通运输部,不管是公路桥还是铁路桥,也不管是陆路运输还是船舶运输,全国一盘棋的思路定会有助于这方面问题的解决。

2 较重大的船桥相撞事故原因分析

世界上发表船撞桥事故分析和船撞桥试验方面文章的作者,早期多为德国和北欧人,例如汉斯(C. P. Heins)、拉尔森(O. D. Sarsen)和德鲁彻(K. N. Dercher)。根据 O·D·拉尔森的文章,40 多年来世界重大船撞桥事故如表 1 所示。

表 1 世界重大船撞桥事故表(按年序)
Table 1 The bigger accidents of bridge collision with ship in the word(list by year)

时间	地 点	船舶	事故摘要	后 果	原 因
1960	[英]塞文河桥	拖两艘 450t 驳船	与桥墩宽边相撞	塌 1 墩 2 跨梁,死 5 人	浓雾,拖船领航员疏忽
1964	[委内瑞拉]马拉开波	36000DWT 油船	离通航孔 600 m 与 2 墩碰撞	落梁 3 孔	电子系统未能控制转向装置
1964	[美]路易斯安那州	拖引两艘满载驳船	拖船和驳船撞倒 3 个墩	落梁 4 孔,死 6 人	舵手粗心大意
1964	[美]路易斯安那州	拖两艘驳船	拖船撞倒一个桩排架	排架倒,塌梁 2 跨	拖船领航员不注意
1967	[美]弗吉尼亚州	漂浮的煤驳	船一再撞桥面	6 跨梁严重损伤	暴风雨中拖船松脱
1970	[美]弗吉尼亚州	10000DWT 货船	斜向撞击桥梁达 11 小时	落梁 5 孔,另损坏 11 孔	暴雨天转弯无效
1972	[美]弗吉尼亚州	漂浮的驳船	驳船不断撞桥面	塌 2 跨,另 5 跨损伤	大风中拖缆断
1972	[美]弗吉尼亚州	13000DWT	船头撞上上部结构	落梁 3 孔,死 10 人	舵手未理解领航指示
1974	[美]路易斯安那州	拖引 4 艘空驳	拖船撞航道边的桥墩	落梁 3 孔,死 3 人	拖轮领航员睡觉
1974	[加]安大略州	204 m 矿石船	船撞开启桥的提升跨	提升跨坠河,塔受损	不明
1975	[澳]塔斯马尼亚	72200DWT 散货船	正面和侧面撞击两个桥墩	落梁 3 孔,死 15 人	发动机熄火,未能转向
1975	[加]哥伦比亚省	183 m 压舱驳船	驳船撞上上部结构	一孔 120 m 梁塌	暴风雨,驳船系泊松脱
1976	[美]路易斯安那州	拖驳船队	驳船撞击桩排架	落梁 3 孔,死 1 人以上	驾驶粗心船离航线
1977	[美]新泽西州	空油驳船	撞一个桥墩	落梁 2 孔	拖船牵引绳断裂
1977	[美]弗吉尼亚州	25000DWT 空油船	距通航孔 120 m 范围内油船撞坏一排桩	落梁 2 孔	转向装置电路失控

续上表					
时间	地 点	船舶	事故摘要	后 果	原 因
1977	[瑞典]哥德堡港	1600DWT 天然气船	船撞引桥梁	毁 2 跨引桥	操舵装置电气失灵
1978	[美]路易斯安那州	拖船顶推 4 驳	第一艘驳船撞边孔上部结构	70 m 长一孔钢梁沉水	拖轮未系紧拖缆
1979	加]温哥华	22000DWT 散货船	船头撞到离航线 100 m 的边孔上部结构	落梁一孔	雾大。对陆上标记判断失误
1980	[瑞典]斯泰农松德市 Tjorn 桥	27000DWT 压舱货船 DPT15 500 t	船头撞距航道中线 100 m 高 19 m 的拱结构	主跨坍塌,7 车落水,死 8 人	恶劣天气,浓雾,引擎马力降低,驾驶困难
1980	[美]佛罗里达州	35000DWT 散货船	船头撞距航道 250 m 处墩顶上桥柱	落梁 3 孔,死 35 人	恶劣天气,能见度低,领航员粗心
1981	[美]纽约新港桥	45000DWT 油船	船以 3 m/s 速度撞在吊桥主塔墩	撞击力超设计负荷,表面有损伤	浓雾天,领航员粗心
1982	[法]马塞河天然气管道桥	拖 2 驳	驳船撞墩	管道坍塌死 2 人	浓雾天,领航员粗心
1982	[美]密苏里州密西西比河	顶推 15 驳	驳船撞桥台使拖船摆撞引桥跨	引桥一跨倒塌	领航员粗心
1983	[新加坡]架空索道	桅高 69 m 钻井船	船漂撞索道桅杆,切断架空索道	2 缆车坠港,死 7 人	拖离码头转向时拖缆断
1983	[俄]伏尔加铁路桥	客船亚历山大苏瓦洛夫	上甲板客舱与桥上部结构相撞	甲板上的放映厅被撕开,死 170 人	船长粗心
1990	[美]卡来罗纳州	60 m 长,底开挖泥船	船漂移撞桥下部结构	毁 4 个排架墩,落梁 5 孔	暴风雨中,走锚
1990	[瑞典]妥斯特鲁桥	60 m 长,亚利山大货船	船撞主跨墩和边跨上部结构	桥墩移位,边跨部分扯落	船长醉酒
1991	[缅甸]卡纳夫里河		船漂移撞桥上部结构	1 孔坠落	逆风,船失控
1991	[德]汉堡港	2 145 t 货船	三艘拖船拖航,撞提升桥边孔	边跨坠河,提升塔严重损伤	浓雾中失控,三缆断一

虽然表列的事故以美国最多,但亚、欧、澳各洲都有,船撞桥事故普遍存在。中国 2007 年 6 月 15 日广东佛湛公路南海九江大桥被撞塌,是广为人知的一次船撞塌桥事故,这次事故表明:“按现行设计规范提供的桥墩水平抗力不能满足实际情况”。此外,公路桥设计规范中规定的“通航河流

的桥墩应该考虑船舶撞击作用”、“在可能遭受船舶撞击作用的桥墩应做防撞设施的设计”等条款,均未在该桥的设计中得到体现。表 2 所列是 2007 ~ 2012 年中国较大的船舶与桥梁相撞事故(其严重程度稍低于表 1 中的 30 次)。

表 2 2007 ~ 2012 年中国较大的船舶与桥梁相撞事故
Table 2 The bigger accidents of bridge collision with ship in China from 2007 to 2012

序号	名 称	日期	地点	船型、船速、天气、水流、与桥型等摘要	主要原因及后果
1	海门港引桥	200703	江苏海门	载有 280 t 磷肥的货船在大风中断缆,撞上引桥,不到一分钟船沉	船沉,死 1 人
2	川沙路桥	200704	上海川沙	河宽 15 m,10 艘 200 t 级空载运石船直拖,撞上墩宽不足 30 cm 桥墩,1978 建	桥塌桥墩水平抗力不足
3	佛湛线九江大桥	20070615	广东	载重 1500 t 的运沙船撞独塔斜拉桥的水中引桥第一墩,塌下 50 m × 4 跨	墩无防撞,9 人失踪
4	如东蔡渡大桥	20070713	江苏	3 孔混凝土拱桥,长 66 m 宽 6 m,被 1 + 13 空载驳船队撞塌,压毁一驳船	桥塌,压毁 1 驳船
5	大洋桥	20070830	江苏昆山	200 t 级散装水泥船,会船避让撞墩,桥面塌下压船	桥面压下,死 2 船员