



现代航运与物流绿色和智能化研究丛书·航运技术系列



大型无动力 船舶码头系泊防台 关键技术及应用

The Key Technology and Applications
of Large Unpowered Vessel alongside
the Wharf Mooring against Typhoon

甘浪雄 刘成勇 著
郑元洲 文元桥



武汉理工大学出版社
WUTP Wuhan University of Technology Press

现代航运与物流绿色和智能化技术研究丛书·航运技术系列

大型无动力船舶码头系泊 防台关键技术及应用

甘浪雄 刘成勇 著
郑元洲 文元桥

武汉理工大学出版社

·武汉·

内 容 提 要

大型无动力船舶码头系泊防台关键技术及应用内容涉及台风发展及其活动路径与影响规律、无动力船舶码头系泊力数值计算与仿真试验、无动力船舶码头系泊防台技术方案与应用等方面。

全书共分为三篇。其中,第一篇主要研究了中国沿海台风特征及对无动力船舶防台操作的影响;第二篇针对大型无动力船舶码头系泊防台关键技术展开了深入的研究;第三篇以具体应用对象为研究范例,进行了大型无动力船舶码头系泊防台示范应用分析。

本书系统地阐述了热带气旋在中国沿海的活动规律及其对船舶活动和船舶防台的影响,重点探索了大型无动力船舶码头系泊防台数值计算与组合防台优化模型,深入分析了大型无动力船舶码头系泊防台技术方案及风险控制措施,介绍了大型无动力船舶码头系泊防台关键技术的示范应用情况。

图书在版编目(CIP)数据

大型无动力船舶码头系泊防台关键技术及应用/甘浪雄,刘成勇,郑元洲,文元桥著. —武汉:武汉理工大学出版社,2014.9

ISBN 978-7-5629-4691-5

I. ①大… II. ①甘… ②刘… ③郑… ④文… III. ①大型无动力船舶码头系泊防台关键技术及应用 IV. ①U674

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 218849 号

项目负责:陈军东 陈 硕

责任编辑:陈军东

责任校对:夏冬琴

装帧设计:兴和设计

出版发行:武汉理工大学出版社

武汉市洪山区珞狮路 122 号 邮编:430070

<http://www.techbook.com.cn> 理工图书网

E-mail:chenjd@whut.edu.cn

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:崇阳文昌印务有限责任公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:12.75

字 数:335 千字

版 次:2014 年 11 月第 1 版

印 次:2014 年 11 月第 1 次印刷

定 价:45.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:(027)87515798 87165708

前 言

本书作者长期从事航海技术及海事管理专业的教学与科研工作,在科研过程中一直根据社会需求致力于探索研究将航海理论应用于社会实践,并积累了大量的研究资料。本书是作者对科研成果的整理分析与提炼,针对修造船企业大型无动力船舶防台这一难题进行系统地探索与研究,从我国沿海台风特征及对无动力船舶防台操作的影响入手,研究大型无动力船舶码头系泊防台的关键技术。

台风是频繁影响我国沿海的灾害性天气系统,在台风期间,沿海修造船企业由于不具备码头防抗台的条件,且无动力船舶自身防抗台能力不足,容易在码头和(或)锚地发生安全事故,从而造成重大经济损失。为尽量降低无动力船舶防台对企业及公共水域安全的影响,本书围绕大型无动力船舶码头系泊防台所需的关键理论和技术开展系统的研究,提出码头系泊防台技术方案,这对提高无动力船舶码头系泊防台的安全性及可靠性,具有重要的理论意义和应用价值。

目前国内外有关船舶系泊力计算的各类标准及计算模型,主要包括《港口工程荷载规范》(JTS 144—1—2010)、《OCIMF Mooring Equipment Guidelines(Third Edition)》、《Unified Facilities Criteria Design: Moorings》等,但均没有系统阐述船舶码头系泊防台的方式及要求。随着海运业和修造船业的不断发展,大型无动力船舶及大型设施码头系泊防台成为一个亟待解决的问题。作者结合近8年的教学实践与科研成果,撰写了《大型无动力船舶码头系泊防台关键技术及应用》一书。本书通过对我国沿海近50年台风历史资料的分析,从研究台风对不同海区船舶活动区域影响的时空分布特征及其可能对无动力船舶防台操作的影响出发,研究了大型无动力船舶在台风中的系泊力及运动响应特性,提出无动力船舶系泊力计算的组合优化模型;基于无动力船舶码头系泊防台的数值模拟和仿真试验,针对无动力船舶对台风的响应特性,提出基于系缆、锚链、拖轮组合的系泊防台技术方案及风险控制措施,并开展无动力船舶码头系泊防台关键技术的示范应用。

本书是作者对科研成果的整理分析与提炼,既分析了台风对船舶行为的影响,又重视船舶防台抗台操作的实用性,是大型无动力船舶防抗台风知识的归纳、总结及提炼,可作为修造船企业、海事主管机关、港口管理部门防抗台风的参考资料,也可作为交通信息工程及控制、交通运输工程等相关专业研究人员、高校教师、研究生及高年级本科生的参考用书,并为港口水运行业普通码头系泊防台(防大风)工作提供借鉴。

本书主要内容在研究和出版过程中得到了自然科学基金项目(编号 D0512—40805063)

的支持,全书由甘浪雄、刘成勇、郑元洲、文元桥撰写。在前期从事项目研究过程及本书资料整理过程中得到了友联船厂及深圳海事局的大力支持,同时还得到了刘敬贤、江福才、严庆新、陈蜀喆、周春辉、马勇、张磊、马全党、余运友、王晓晨等的热情帮助,在此一并表示感谢!

大型无动力船舶码头系泊防台一直以来是一个亟待解决的难题,也是当前船舶防抗台研究的重点和热点之一,希望本书的出版能够起到抛砖引玉的作用。由于时间仓促,相关的理论和技术还在不断地完善和更新中,书中难免存在疏漏和不足之处,恳请读者批评指正。

作 者

2014 年 8 月

目 录

1 引 言	1
1.1 项目的背景与意义	1
1.2 国内外研究现状	2
1.2.1 台风发展规律及风险评估研究状况	2
1.2.2 船舶码头系泊力数值计算分析研究状况	3
1.2.3 船舶系泊防台技术与方法研究状况	4
1.3 主要研究内容	4
参考文献	5
第一篇 中国沿海台风特征及对无动力船舶防台操作的影响	8
2 研究区域及基础资料与方法	9
2.1 我国沿海商船航线简介	9
2.1.1 南海海区航路航法	9
2.1.2 东海海区航路航法	14
2.1.3 黄、渤海海区航路航法	19
2.2 研究区域确定	23
2.3 研究资料	24
2.3.1 热带气旋最佳风速路径资料	24
2.3.2 ENSO 指数年变化资料	24
2.3.3 登陆我国的热带气旋灾害资料	24
2.4 风场的重建	26
2.4.1 最大风速的算法	26
2.4.2 最大风速半径的算法	31
2.4.3 七级风半径算法	36
2.4.4 小结	37
参考文献	38
3 影响研究区域的热带气旋的空间分布特征	39
3.1 不同海区的分布	39
3.1.1 南海研究区域的分布	39
3.1.2 东海研究区域的分布	40
3.1.3 黄、渤海研究区域的分布	41
3.2 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 经纬度网格内的分布	42
4 热带气旋对研究区域的累计影响时间特征	45
4.1 不同年份的累计影响时间	45
4.2 不同月份的累计影响时间	45
4.3 不同海区的累计影响时间	46

4.3.1	南海研究区域累计影响时间	46
4.3.2	东海研究区域累计影响时间	46
4.3.3	黄、渤海研究区域累计影响时间	47
4.4	1°×1°经纬度网格内的累计影响时间	48
5	影响研究区域的热带气旋的时间变化特征	51
5.1	年分布规律	51
5.1.1	热带气旋总个数的年分布规律	51
5.1.2	不同强度的热带气旋的年分布规律	53
5.2	月分布规律	55
5.3	气候响应性规律	56
5.3.1	热带气旋的频数的气候响应分析	56
5.3.2	热带气旋的累计影响时间的气候响应分析	58
	参考文献	60
6	台风对无动力船舶防台的影响分析	61
6.1	沿海港口通航环境热带气旋灾害预评估模型	61
6.1.1	资料和方法	61
6.1.2	评估模型	62
6.1.3	TC 个例灾害评估	66
6.2	台风对无动力船舶防台的影响	68
6.2.1	无动力船舶及其防台方式	68
6.2.2	大型无动力船舶防台面临的主要问题	68
6.2.3	无动力船舶锚泊防台的风险分析	69
	参考文献	70
	第二篇 大型无动力船舶码头系泊防台关键技术研究	71
7	大型无动力船舶码头系泊防台数值计算研究	72
7.1	计算代表船型尺度	72
7.2	计算方案及参数设计	73
7.2.1	计算方案	73
7.2.2	参数设计	74
7.3	无动力船舶码头系泊力计算模型	76
7.3.1	《港口工程荷载规范》计算模型	77
7.3.2	《OCIMF Mooring Equipment Guidelines (Third Edition)》计算模型	81
7.3.3	《Unified Facilities Criteria Design: Moorings》计算模型	86
7.3.4	波浪荷载计算模型	92
7.3.5	缆绳配置及破断力计算模型	92
7.4	数值计算结果分析	93
7.4.1	主要问题说明	93
7.4.2	模型参数分析	95
7.4.3	计算结果分析	102
7.5	无动力船舶码头系泊力计算模型优化	107

7.5.1	模型优化概述	107
7.5.2	船舶受风面积	108
7.5.3	波浪荷载作用	108
7.5.4	拖轮顶推作用	110
7.5.5	船舶锚链抓力作用	110
7.5.6	优化后的系缆力计算模型	112
7.6	VLCC 与 CAPE SIZE 在模型优化前后的数值计算对比研究	113
7.6.1	研究船型主尺度	114
7.6.2	VLCC 船型采取优化方案前后数值计算对比分析	114
7.6.3	CAPE SIZE 船型采取优化方案前后数值计算对比分析	119
7.7	数值计算研究结论	124
	参考文献	125
8	大型无动力船舶码头系泊防台模拟数值试验研究	128
8.1	数值模拟仿真建模	128
8.1.1	无动力船舶系泊运动仿真建模	128
8.1.2	仿真环境建模	129
8.1.3	模拟仿真试验方法	129
8.2	大型无动力船舶码头系泊防台模拟试验设计	131
8.2.1	模拟试验船型	131
8.2.2	模拟试验工况	131
8.2.3	模拟试验方案	132
8.3	仿真试验研究结论	143
9	大型无动力船舶码头系泊防台技术方案研究	145
9.1	无动力船舶码头单一缆绳系泊防台方案	145
9.1.1	单一缆绳系泊方案适用范围	145
9.1.2	单一缆绳系泊方案设计	146
9.1.3	实施单一缆绳系泊方案的注意事项	149
9.2	无动力船舶码头缆绳-锚链系泊组合防台方案	150
9.2.1	缆绳-锚链系泊方案适用范围	150
9.2.2	缆绳-锚链系泊方案设计	150
9.2.3	实施缆绳-锚链系泊方案的注意事项	151
9.3	无动力船舶码头缆绳-锚链-拖轮组合防台方案	152
9.3.1	缆绳-锚链-拖轮组合方案适用范围	152
9.3.2	缆绳-锚链-拖轮组合方案设计	152
9.3.3	实施缆绳-锚链-拖轮组合方案的注意事项	154
	第三篇 大型无动力船舶码头系泊防台示范应用	155
10	示范应用对象及应用条件	156
10.1	应用对象情况	156
10.1.1	深圳友联船厂基本情况	156
10.1.2	示范应用水域台风概况	159

10.2	应用条件介绍	161
11	算例及示范应用	163
11.1	单一缆绳系泊方案示范应用	163
11.1.1	台风概况	163
11.1.2	示范应用代表船型	164
11.1.3	算例分析	165
11.1.4	具体方案	169
11.1.5	注意事项	172
11.2	缆绳、锚链组合系泊方案示范应用	172
11.2.1	台风概况	172
11.2.2	示范应用代表船型	173
11.2.3	算例分析	174
11.2.4	具体方案	180
11.2.5	注意事项	182
11.3	缆绳、锚链系泊、拖轮顶推组合防台方案示范应用	182
11.3.1	台风概况	182
11.3.2	示范应用代表船型	184
11.3.3	算例分析	184
11.3.4	具体方案	191
11.3.5	注意事项	193
	参考文献	193
12	研究总结	195
12.1	主要研究工作	195
12.2	主要创新点	195
12.3	研究成果示范应用及推广	196

1 引 言

1.1 项目的背景与意义

台风是发生在热带洋面上破坏力极强的天气系统,是一种海洋灾害性天气,严重威胁着海上船舶的安全。在西北太平洋沿岸国家中,我国遭受的风暴灾害最频繁、最严重,台风致灾区域几乎遍及整个东南沿海。

近年来,随着海运市场的持续发展,超期服役船舶数量不断增加,国内船舶修造企业面临难得的发展机遇,大型船坞及舾装码头的建设,使得企业具备承修超大型船舶的能力。在每年夏秋台风盛行的季节,西北太平洋、我国南海生成的强热带气旋或台风,对沿海船舶修造企业的经营和安全带来直接的影响,尤其是无动力船舶,是整个防台工作的薄弱环节,防台安全不容忽视。例如 2005 年第 9 号台风“麦莎”侵袭浙江沿海,扬帆船厂三艘无动力集装箱船在马峙锚地相继走锚,并与附近锚泊船舶发生碰撞事故。2006 年第 8 号台风“桑美”登陆温州苍南,是我国近 60 年来的最强台风,影响范围波及珠江口海域,深圳友联船厂孖洲岛基地停靠修理的 30 万吨级(Very Large Crude Carrier, VLCC),提前出港防台需要调动深圳海事局的大部分应急救援力量;2008 年第 13 号强台风“森拉克”登陆之前,舟山港海域内无动力船舶总量达到 176 艘,无动力船舶的防台安全问题日趋严重。

无动力船舶一般处于空载状态,受风面积大,仅靠锚的抓力,没有主机操纵协助,存在极大的走锚失控风险。目前,大型无动力船舶是港口防台的重点,也是防台的弱点,尤其是我国沿海一些造船业相对发达的港口,无动力船舶防台安全问题更加突出。在每年台风期间,无动力船舶的锚泊安全和防台问题都面临十分严峻的形势,涉及人民生命和企业财产安全。

本书的研究对象无动力船舶主要包括两种,一种是舾装船舶,指造船厂新建的船舶,在码头进行舾装,尚没有安装动力推进设备。另一种是待修理船舶,主机设备需要维修,动力解除,船舶在码头系靠、锚地锚泊期间本身不具备自航和自救能力。无动力船舶不能主动抗风、顶流,在台风等极端天气条件下,如果船舶仅采用抛锚抗台,一旦走锚则对无动力船舶自身及周边水域公共安全产生重大威胁,容易造成严重的安全事故,甚至是环境灾难。因此,台风期间无动力船舶的生存,不仅是其自身安全问题,而且是一个重大的公共安全问题。

为了尽量降低对公共水域的安全影响,在港口锚地资源不足的情况下,目前针对无动力船舶要求进行系泊防台。船舶修造企业处在港湾、江河或沿岸浅水区,周围有海底地形或岛屿的遮蔽,在不遭受台风期涌浪的严重影响时,无动力船舶可进行码头系泊防台。但事实上,根据现有码头相关设计规范,码头及其附属设施本身不具备防抗台风的系泊能力。为此,大型无动力船舶码头系泊防台关键技术研究及示范应用主要是通过对船舶在风浪流作用下的系泊力进行数值模拟计算和运动响应分析,研究无动力船舶的系泊模式及缆绳配置,判断码头结构强度、系泊设施是否符合防台要求,从而界定无动力船舶在码头系泊防抗台风的等级,提出无动力船舶码头系泊防台的组合优化模型和技术方案。本书从理论研究和实践应用

两个方面入手,在丰富船舶防台理论与技术的基础上,为我国东南沿海船舶修造企业、海事主管机关开展无动力船舶防台工作提供理论指导和技术支撑,提升了船舶修造企业、海事主管机关码头系泊防台的应对能力和应急处置能力。本研究成果不仅能为企业创造丰厚的经济利润,产生良好的社会效益和深远的社会影响,而且能进一步提高我国船舶修造行业的服务水平和国际影响力。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 台风发展规律及风险评估研究状况

台风的活动规律及其对我国的影响是一个研究热点,国内外学者已经开展了大量的研究工作。在台风活动规律研究方面,主要集中在研究热带气旋(Tropical Cyclones, TC)强度、路径、预报方法等。黄荣辉、陈光华^[1]研究了西北太平洋热带气旋活动的年际变化及其机理。冯涛等^[2]对西北太平洋热带气旋和台风活动的气候学研究的有关进展进行了综述性研究。朱佩君等^[3]通过对物理量的诊断分析,发现对流层中高层冷空气的下沉入侵以及对流层低层的暖平流是 TC 变性的原因。李英等^[4]从湿位涡理论出发,发现 TC 变性后加强主要与高层正位涡扰动下传、低层锋区及 TC 环流之间的相互作用有关。李英等^[5]利用 1970—2001 年热带气旋年鉴资料,对 32 年来西太平洋热带气旋登陆我国的频率、位置、维持、衰减、变性、加强及消亡等进行统计分析,揭示热带气旋登陆活动的一些事实和特征。陈建萍等^[6]研究总结出影响热带气旋强度变化的因子大致可以分为 3 类:环境气流与热带气旋环流的相互作用,下垫面与热带气旋环流的相互作用,热带气旋本身的内部结构变化。张欣等^[7]利用美国国家大气研究中心(NCAR)、美国气象环境预报中心(NCEP)和美国台风联合警报中心(JTWC)的相关工作研究了南亚边缘海域热带气旋年频次与对流层风场变化的关系。李爱平等^[8]通过对 1970—2004 年西北太平洋(包括南海)热带气旋强度的年际变化特征分析发现了 35 年中西北太平洋热带气旋强度变化可以分为三个阶段。余晖等^[9]分析统计了西北太平洋热带气旋(TC)强度变化的基本特征。袁金南等^[10]研究总结了 1945—2005 年 60 年来西北太平洋上不同强度热带气旋的时空变化特征,发现了从长期趋势上看,TC 形成个数都呈现显著的线性递增趋势,而 TC 平均强度未出现显著的线性递增或递减趋势。王小玲、任福民^[11]通过分析 1951—2004 年登陆我国热带气旋频数和强度,总结出登陆我国的热带气旋数目呈减少的趋势,但是平均登陆强度没有明显变化的规律。

在台风的风险评估研究方面,主要集中在评估和预测热带气旋可能导致的各种次生灾害及其可能造成的各种风险。丁燕、史培军^[12]建立了台风灾害的模糊风险评估模型。李春梅等^[13]进行了层次分析法在热带气旋灾害影响评估模式中的应用。杨元琴^[14]研究了中国沿海地区代表站的百年遇重大台风灾害的 Poisson 分布特征,给出 N 年遇度的分布参数。乐群等^[15]在对登陆我国的暴雨和大风统计的基础上,利用观测资料和经验分布函数 Γ 分布估计计算登陆热带气旋的最大总降水量、日降水量和风速,通过这个模型能够得到 T 年一遇的相应的最大总降水量、日降水量和风速。美国早在 20 世纪 80 年代,就全面开展了加勒比海沿岸地区飓风灾害风险评估工作,随着飓风灾害保险业务的广泛开展,建立起完整的可供操作的飓风灾害风险评估模式。

在台风预报相关方面,刘大刚^[16]、王祥涛^[17]等学者建立了台风路径预报集成模型,使用 Matlab 工具实现了船舶防台预报集成模型中的求解过程,实现了显示和预测台风、船舶的位置与路径,测量台风与船舶间的距离和方位两项功能,实测结果表明该系统克服了传统标绘的不足,能为船舶防台提供较准确的参考数据。

从已有的文献看,有关台风的研究成果、研究方法已有很多,可以为笔者的研究提供借鉴。但是,系统的针对西北太平洋热带气旋对我国沿海影响规律的研究还比较少。考虑到大型无动力船舶码头系泊防台的研究需要,还应对西北太平洋热带气旋对我国沿海影响的空间分布规律进行系统的统计分析。此外,为了对热带气旋的风力及影响范围进行较准确的估计,以制定防台应急方案,需要进一步对西北太平洋热带气旋的最大风速、最大风速半径的计算模型进行系统的研究和实证。

1.2.2 船舶码头系泊力数值计算分析研究状况

船舶码头系泊力(系缆力)是无动力船舶防台的一个关键问题。系泊力的计算受到诸多因素的影响,是一个十分复杂的问题,这一问题的求解引起了许多学者的兴趣。

在船舶风、浪、流荷载对系缆力计算研究方面,杨兴晏^[18]分析研究了国内几种规范中(美国海军设计手册、石油公司国际海事论坛公式)关于船舶风荷载计算的方法特点并应用同一算例进行了计算结果间的对比分析,评价了 Optimoor 软件的可用性。孟祥玮等^[19]分析了船舶特性、波浪参数对系泊船舶波浪力的影响规律,提出了作用于船舶上的波浪总力计算公式,参照《港口工程荷载规范》(JTS 144—1—2010)对风和水流产生的船舶系缆力进行计算,提出了由波浪产生的船舶系缆力的计算方法。马小剑等^[20]学者基于力的平衡关系建立了系泊船舶在风和潮流作用下缆绳张力和运动的计算模型(Qmoor),其中根据船舶类型和吨位确定其水下的迎流面积和水上的迎风面积,由经验性公式计算风、流对码头靠泊船舶的作用力,缆绳张力采用缆绳非线性变形的 Wilson 公式计算,同时也考虑了护舷的变化与靠泊力之间的非线性关系,计算结果与物理模型试验结果较一致,并与 Optimoor 软件的计算结果进行了对比。张日向等^[21]研究了不同水位、不同船舶载度、不同浪流夹角在单流、单浪和浪流共同作用时对船舶撞击力和系缆力的影响。刘必劲^[22]、陈中一^[23]等学者阐述了 VLCC 在潮流作用下的系缆力问题,讨论了系缆力随流速、流向、水位、船舶载重量等要素的变化规律,提出缆绳布置方案和安全措施。Sasa K.^[24]基于卡尔曼滤波理论,研究了台风中波浪的增长和衰减,提出了一种新的数值模型预测方法。Brook A. K.^[25]提出了一种数学模型来确定系泊船舶在风、浪、流作用下的响应。

在船舶系缆力的计算研究方面,蒋庆^[26]、温过路^[27]等学者分析船舶因素、缆绳因素、动力因素对船舶系缆力的影响,通过模型试验研究船舶吨位、船舶装载量及船舶类型对船舶系缆力的影响,得到的船舶系缆力随上述因素变化的一般规律,可供工程设计参考。李永超等^[28]依托深圳港口资料,建立理想化的系泊数学模型,分析台风来临时系泊船舶的受力情况,建立数学模型,进一步分析时域状态下,船舶的运动情况和可能造成破坏的过程,并计算缆绳和护舷的受力。王建超^[29]等针对外海轻型码头结构的特点,通过能量法建立了系泊船舶在承受各种外部荷载时系缆力的数学模型,并编制了计算程序,给出了在两种外荷载工况下系缆力与缆绳和系船墩刚度比之间的变化关系。向溢等^[30]通过对一艘 50kg DWG 码头系泊船舶的模型试验,得出了系泊缆绳张力随外荷载变化的一般规律,对码头系泊有一定的参

考价值。Shigeki S. 等^[31] 学者介绍海啸对靠泊船舶的影响,并对船舶运动与缆绳荷载进行研究,然后利用数值模拟方法对 LNG 船舶案例进行分析。Jeong J. H. 等^[32] 运用 Matlab 软件对驳船的运动状况进行动态模拟,主要研究驳船靠泊系缆时影响系缆力的因素。Ohgaki K. 等^[33] 基于数值模型评估两个系泊船只在东海地震海啸时的安全问题,进行了船舶运动模拟及相关分析。Leira B. J. 等^[34] 推导出船舶在风、流和波浪的影响下的系缆静力平衡方程,给出了一种缆绳系泊力的预测方法。

就船舶系缆力而言,目前国内外对于船舶系缆力的研究主要集中在开敞及半开敞水域中对船舶受到的风、流作用力进行计算。到目前为止国内外的设计规范对船舶受到的波浪力尚无统一规定,国外(英国、美国、日本、德国等)标准也没有给出相应的计算方法,需要进一步研究无动力船舶系泊力的数值计算方法并进行实例验证。

1.2.3 船舶系泊防台技术与方法研究状况

在船舶系泊防台技术和方法上,学者们主要从防台方案、码头设计、缆绳选材等方面开展了有益的研究。

在防台方式的选择上,杨福弟^[35] 分析了锚地防台、系泊防台和海上防台这三种方式的优劣以及需要注意的问题。岳智君等^[36] 介绍了常规缆绳系泊和水鼓系泊方法,提出码头链索防台风系泊是一种新型防台系泊方式。高峰等^[37] 分析了波、流共同作用下设计船型在包括 3 种缆绳配布、2 种系缆点布置等不同系缆方式下的船舶运动量、系缆力和撞击力,比较各系缆方式的优劣,对设计的系缆方式提出了建议。

在码头设计优化方面,魏昌理等^[38] 以石油公司国际海事论坛(OCIMF)出版的《石油公司国际海事论坛系泊指南》和国家标准《开敞式码头设计与施工技术规范》(JTJ 295—2000)为依据,结合 30 万吨级原油码头工程实际,对码头系泊设计进行了优化研究。Gibson P.^[39] 分析了船舶运动和对码头的影响,将横向风荷载、波浪荷载视为周期性的冲击力,提出简化的动力学模型,基于所提出的非线性脉冲微分系统模型,进行了数值模拟和分析,并提出了有益的建议,以保证在恶劣天气中船舶稳定性与码头结构的安全性。

在缆绳选材研究方面,徐元等^[40] 学者通过对系缆介质、系船环和系缆工艺等方面的综合论述,介绍了一套适用于防台系泊系统的系缆技术。Gibson P.^[39] 主要对不同种类的系泊缆绳及其在不同情况下所受的水深、海况、拉伸荷载、服务年限等因素进行研究,总结在选择合适缆绳时应考虑的问题。Wei Zhuobin 等^[41] 主要对缆绳选材方面进行研究,对聚酯纤维、芳纶和 HMP 这三种材料制作的缆绳进行试验测试,然后在船舶系泊系统中进行应用并分析各自优劣。

这些研究为无动力船舶码头系泊防台的理论研究、方案设计提供了很多启发。在这些成果的基础之上,本书主要针对大型无动力船舶的具体特点及相关的工程实际,研究并提出更加全面、具体、完善并且防抗台风等级更高的技术方案。

1.3 主要研究内容

大型无动力船舶由于主机推进设备缺失或故障,在台风期间码头系泊安全是个亟待解决的问题。本书研究在风、浪、流的作用下,无动力船舶在台风中的运动响应分析,对船舶的

系泊力进行数值模拟计算,研究无动力船舶的系泊模式及系泊设施配置,判断码头结构强度、系泊设施是否符合防台要求,从而界定无动力船舶在码头系泊防抗台风的等级。本书的主要内容包括以下方面:

(1) 我国沿海的台风特征及其对无动力船舶防台操作的影响研究

① 根据台风最佳风速路径历史资料,反演台风风场,研究台风风场分布特征;

② 研究中国沿海不同船舶活动海区台风影响的时空分布特征;

③ 研究台风对无动力船舶防台操作的影响。

(2) 大型无动力船舶码头系泊防台数值计算研究

① 结合国内外的《港口工程荷载规范》(JTS 144—1—2010)、《OCIMF Mooring Equipment Guidelines (Third Edition)》(2007)、《Unified Facilities Criteria Design: Moorings》等模型,进行数值计算对比研究;

② 提出大型无动力船舶码头系泊力计算优化模型;

③ 选取典型的 30 万吨级 VLCC 和 15 万吨级 CPAE SIZE 散货船进行模型数值验算及对比分析。

(3) 大型无动力船舶码头系泊防台模拟数值试验研究

① 运用全任务大型船舶操纵模拟器,对 30 万吨级 VLCC 和 15 万吨级 CAPE SIZE 散货船进行码头系泊防台模拟试验,分析在不同台风风力、水流及波浪等组合工况条件下,无动力船舶在码头系泊时的运动响应及缆绳受力的动态监测;

② 研究提出无动力船舶的码头系泊模式及缆绳配置方案,包括系缆墩的强度、风暴桩的数量与强度、缆绳类型、数量、直径及破断力要求等;

③ 在模拟试验工况条件下,通过对无动力船舶系泊系统进行“破坏性”试验,界定船舶码头系泊防抗台风的等级。

(4) 大型无动力船舶码头系泊防台技术方案及示范应用

① 大型无动力船舶码头系泊组合防台技术方案设计;

② 大型无动力船舶码头系泊防台的操作要领;

③ 开展大型无动力船舶码头系泊防台关键技术的示范应用。

参 考 文 献

- [1] 黄荣辉,陈光华. 西北太平洋热带气旋移动路径的年际变化及其机理研究[J]. 气象学报,2007,(05):683-694.
- [2] 冯涛,黄荣辉,陈光华,等. 近年来关于西北太平洋热带气旋和台风活动的气候学研究进展[J]. 大气科学,2013,(02):364-382.
- [3] 朱佩君,郑永光,陶祖钰. 发生在中国大陆的台风变性加强过程分析[J]. 热带气象学报,2003,19(2):157-162.
- [4] 李英,陈联寿,雷小途. Winnie(1997) 和 Bilis(2000) 变性过程的湿位涡分析[J]. 热带气象学报,2005,21(2):142-152.
- [5] 李英,等. 登陆我国热带气旋的统计特征[J]. 热带气象学报,2004,02(1):14-23.
- [6] 陈建萍,周伟灿,尹洁. 国内外热带气旋强度变化研究现状. 气象与减灾研究,2007,30(3):40-47.
- [7] 张欣,钱维宏. 南亚边缘海域热带气旋年频次与对流层风场变化的关系[J]. 北京大学学报(自然科学

- 版)网络版,2007,02(1):1-7.
- [8] 李爱平,沈红梅,石少华.西北太平洋热带气旋强度变化特征分析[J].海洋预报,2006,23(3):64-71.
- [9] 余晖,端义宏.西北太平洋热带气旋强度变化的统计特征[J].气象学报,2002,60(6):680-687.
- [10] 袁金南,等.60年来西北太平洋上不同强度热带气旋的变化特征[J].气象学报,2008,66(2):214-223.
- [11] 王小玲,任福民.1951—2004年登陆我国热带气旋频数和强度的变化[J].海洋预报,2008,25(1):65-73.
- [12] 丁燕,史培军.台风灾害的模糊风险评估模型[J].自然灾害学报,2002,11(1):34-43.
- [13] 李春梅,罗晓玲,刘锦奎,等.层次分析法在热带气旋灾害影响评估模式中的应用[J].热带气象学报,2006,22(3):223-228.
- [14] 杨元琴.我国沿海台风百年遇重大灾害的Poisson分布特征[J].气象,2001,27(10):8-12.
- [15] 乐群,董谢琼,马开玉.西北太平洋台风活动和中国沿海登陆台风暴雨及大风的气候特征[J].南京大学学报(自然科学版),2000,(06):741-749.
- [16] 刘大刚,李志华.台风预报现状及其对船舶避台决策的影响[J].中国航海,2006(2):64-67.
- [17] 王祥涛,吴会胜,李有才.基于MapObjects的中国近海船舶防台系统研究[J].集美大学学报(自然科学版),2011,16(001):31-37.
- [18] 杨兴晏.船舶风荷载算法的比较研究[J].港工技术,2006(2):12-13.
- [19] 孟祥玮,高学平,张文忠.波浪作用下船舶系缆力的计算方法[J].天津大学学报,2011,44(7):593-596.
- [20] 马小剑,孙昭晨,张志明.风流作用下码头系泊船舶缆绳张力及运动量研究[J].水道港口,2010,31(3):164-169.
- [21] 张日向,刘忠波.系泊船在风浪流作用下系缆力和撞击力的试验研究[J].中国海洋平台,2003,18(1):28-32.
- [22] 刘必劲,张友权,万艳.潮流作用下20万吨级油轮系缆力试验研究[J].中国水运:下半月,2012(10):71-72.
- [23] 陈中一,陈基成,赵颖.在潮汐流作用下25万吨级油轮系缆力的模型试验研究[J].海洋工程,1998,16(3):45-53.
- [24] Sasa Kenji, Kubo Masayoshi, Shiraishi Satoru, Nagai Toshihiko. A study on prediction system of critical wave conditions for ship mooring against typhoons[J]. Coastal Engineering Journal, v 46, n 1, p 65-91, March 2004.
- [25] Brook A. K.. Design of Catenary Mooring Systems for Offshore Vessels[C]. Springer-Verlag (Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies, v 12), p 303-322, 1985, Papers Presented at the Seventh POLYMODEL Conference.
- [26] 蒋庆,葛宏征,谢鹏.船舶类型及吨位因素对船舶系缆力的影响[J].水运工程,2007(9):51-59.
- [27] 温过路.大型船舶系缆力影响因素的试验研究[D].大连理工大学,2006.
- [28] 李永超.台风状态下码头系泊安全问题研究[D].上海交通大学,2010.
- [29] 王建超,贡金鑫.柔性系靠泊结构系缆力计算[J].水利水运工程学报,2010(2):107-113.
- [30] 向溢,杨建民.码头系泊船舶模型试验[J].海洋工程,2001,19(2):45-49.
- [31] Shigeki S., Masayoshi K.. Initial attack of large-scaled tsunami on ship motions and mooring loads[J]. Ocean Engineering, 2009, 36(2):145-157.
- [32] Jeong J. H., Lee S. K., Moon B. Y.. Investigation of mooring stability due to structural modification of barge ship[J]. Engineering Failure Analysis, 2013, 31:19-27.
- [33] Ohgaki Keiichi, Yoneyama Haruo, Suzuki Takashi. Evaluation on safety of moored ships and mooring

- systems for a tsunami attack[C]. OCEANS'08 MTS/ IEEE Kobe-Techno-Ocean'08 - Voyage toward the Future,OTO'08, April 9,2008—April 11,2008.
- [34] Leira B. J. ,Bemtsen P. I. B. ,Aamo O. M. . Numerical and experimental study of a reliability measure for dynamic control of floating vessels[C]. Safety,Reliability and Risk Analysis:Theory,Methods and Applications-Proceedings of the Joint ESREL and SRA-Europe Conference,v 4,p 3311-3318,2009.
- [35] 杨福弟. VLCC 油轮避台策略的探讨[J]. 航海技术,2013 (4):5-6.
- [36] 岳智君,高新华,黄涛. 大型舰船系泊防台风方法探讨[J]. 船海工程,2007,36(1):18-21.
- [37] 高峰,郑宝友,陈汉宝. 不同系缆方式下的系泊条件分析[J]. 水运工程,2007(3):48-52.
- [38] 魏昌理,隋月,徐华. 30 万吨级油轮(VLCC) 有效系泊研究[J]. 中国港湾建设,2012(6):26-30.
- [39] Gibson P. . Performance of Mooring System Tension Members[C]. OCEANS'83,Proceedings, IEEE, 1983;538-542.
- [40] 徐元,陈越,丁健. 大型无动力船舶防台系泊系统系统缆技术[J]. 水运工程,2013(12):14-16.
- [41] Wei Zhuobin,Xiong Xianwei,Zhang Ning,Wu Sen. Analysis of moored ship motion under impulsive forces[J]. Advanced Materials Research,Advances in Civil Infrastructure Engineering,v 639-640, n 1,p 1210-1213,2013.
- [42] Davies P. ,François M. ,Grosjean F,et al. Synthetic mooring lines for depths to 3000 meters[J]. OTC14246,2002.

第一篇 中国沿海台风特征 及对无动力船舶防台操作的影响