

“十二五”国家重点图书
船舶与海洋出版工程

船舶与海洋工程环境载荷 (第二版)

O·M·Faltinsen 著
杨建民 肖龙飞 葛春花 译
吴善勤 盛振邦 审校



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

船舶与海洋工程环境载荷

(第二版)

O. M. Faltinsen 著

杨建民 肖龙飞 葛春花 译

吴善勤 盛振邦 审校



上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书介绍在海洋环境风、浪、流的作用下,船舶及海洋结构物受到载荷的理论,并阐述这些理论在实际工程中的应用。

本书除作为高等学校船舶及海洋工程专业本科生和研究生的教学参考书外,还可供从事船舶与海洋工程研究、设计和运营的科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

船舶与海洋工程环境载荷/(英)福尔廷森(Faltinsen, O. M)著;杨建民,肖龙飞,葛春花译. —2版. —上海:上海交通大学出版社,2013

ISBN 978-7-313-04938-4

I. 船... II. ①福... ②杨... ③肖... ④葛... III. ①船舶工程—波浪载荷—载荷分析 ②海洋工程—波浪载荷—载荷分析
IV. ①U661.4 ②P75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 168790 号

PUBLISHED BY THE PRESS SYNDICATE OF THE UNIVERSITY OF CAMBRIDGE
The Pitt Building, Trumpington Street, Cambridge CB2 1RP, United Kingdom

Cambridge University Press 1990

This book is in copyright. Subject to statutory exception and to the provisions of relevant collective licensing agreements, no reproduction of any part may take place without the written permission of Cambridge University Press. First published 1990 First paperback edition 1993 Reprinted 1995, 1998

上海市版权局著作权合同登记:图字 09-2007-399 号

船舶与海洋工程环境载荷

(第二版)

(英)福尔廷森(Faltinsen, O. M.) 著

杨建民 肖龙飞 葛春花 译

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 951 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

浙江云广印业有限公司 印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×960mm 1/16 印张:17 字数:290千字

2008年1月第1版 2013年8月第2版 2013年8月第2次印刷

印数:2030

ISBN 978-7-313-04938-4/U 定价:58.00元

版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系
联系电话:0573-86577317

序

自作者于 1974 年在挪威科技学院(NTH)开始讲授“船舶及海洋工程水动力学”以来,本书中的内容资料在不断发展。在此期间,海上石油开采对挪威的社会发展起着重要的作用。这些年来对运输船舶的关注也有很大变化,现时人们对运输货物和旅客的海上高速运载工具的兴趣与日俱增。可以预期,今后海上油气的开发将拓展至水深更大的海域。海洋工程师和造船工程师们能够帮助开发新领域的工作有:外海渔场养殖业、深海矿物的获取、海洋温差能和波浪能的开发等。所有这些领域都需要了解海上的环境载荷,这正是本书所涉及的内容。本书涵盖了诸多领域中的应用问题,其中包括常规船舶、海上高速运载工具、固定式和浮式海洋平台。通过广泛的练习可以获得许多应用问题的实例。

本书的部分内容是作者为 NTH 海洋工程系硕士研究生授课的教材,也是作者两次(1980~1981 和 1987~1988)被美国麻省理工学院(MIT)聘为访问教授期间对海洋工程系研究生讲授课程时所使用的教材。

有关波浪诱导运动和载荷的书,可以很容易地用数学的方法写成,但作者试图避免这种著述方法。其目的是希望非数学专业背景的工程师,通过本书的阅读能够对船舶与海洋工程环境载荷有比较深刻的了解。但是,仔细阅读本书必须具备微积分、矢量分析和微分方程的知识,同时还必须熟悉势流和黏性流动的水动力学基础知识。

MIT 的 J. N. Newman 教授鼓励作者著述本书,作为本书的编辑,他给予作者许多宝贵的建议。Svein Skjørdal 博士花费大量时间对本书的手稿给予具体细致的审校,还从实用性角度帮助收集了许多资料。感谢其他许多人员对本书的认真评阅和贡献,他们是:伦敦 Imperial College 的 J. M. R. Graham 博士、Brunel 大学的 Martin Greenhow 博士、日本九州大学的 Makoto Ohkusu 教授、MIT 的 Paul Sclavounos 教授、Norsk Hydro 的 Finn Gunnar Nielsen 教授、Oslo 大学的 Enok Palm 教授和 John Grue 博士、Marintek 的 Bjørn Sortland 博士和 Terje Nedrelid 硕士、NTH 的 Bjørnar Pettersen 教授和 Dag Myrhaug 教授。研究生 Seung Il Ahn, Rong Zhao, Geir Løland, Jan Krålsvold, Knut Streitlien 和 Jens Bloch Helmers 给予特别的帮助,Rong Zhao 进行大量计算,Vigdis O. Dahl 精心绘制许多附图,Marianne Kjølås 正确有效地打印手稿,在此一并敬致诚挚的谢意。

O. M. Faltinsen

译者序

剑桥大学出版社出版了由船舶与海洋工程领域 5 位著名专家教授主编的《剑桥海洋技术丛书》。O. M. Faltinsen 教授所著的《Sea Loads on Ships and Offshore Structures》是该系列丛书之一,主要介绍在海洋环境风、浪、流的作用下,船舶及海洋结构物所承载荷的理论,并阐述这些理论在实际工程中的广泛应用。Faltinsen 教授长期从事船舶与海洋工程水动力学的教学科研工作,有很深的学术造诣,是本领域的著名学者。本书是作者在挪威 NTH 和美国 MIT 海洋工程系研究生课程的讲义。由于本书具有理论和实际并重的特点,内容丰富,重点突出,除作为高等学校教学用书外,也为船舶与海洋工程科研人员提供了很有价值的参考书籍。

上海交通大学海洋工程国家重点实验室杨建民教授鉴于本书对我国教学科研有重要参考价值,经英国劳氏船级社的葛春花博士联系,在征得 Faltinsen 教授本人同意后决定将本书翻译成中文并在上海交通大学出版社正式出版。2006 年初,杨建民教授和肖龙飞副教授组织实验室的研究生和青年教师,对本书各个章节分工翻译,参加翻译工作的有李欣、李俊、梁修锋、张帆、王颖、胡志强、肖龙飞、苏一华、吕海宁、张威、葛春花、毛丞弘、杨立军,翻译初稿完成后由吴善勤、盛振邦两位教授负责审校修改并对全书统稿。

英文中的 Sea Loads 是指在海上风、浪、流作用下物体所受的载荷,实际上就是海洋环境载荷;Offshore Structure 一般译成离岸结构物或海洋工程结构物。为使中文版的书名简洁明了起见,将书名译为《船舶与海洋工程环境载荷》。

感谢 O. M. Faltinsen 教授同意将他的专著译为中文由上海交通大学出版社正式出版,还专门为中译本作序。上海交通大学出版社对书稿进行了细致的编排和审校,使本书得以出版,特此感谢。

译者于

上海交通大学海洋工程国家重点实验室

2007 年 8 月

Preface to the Chinese translation

Sea loads play an important role in the design of offshore structures and in evaluating marine operations. The book was originally published in English in 1990. However, the book is still extensively used in education at universities and for practicing engineer worldwide. There exists also a Korean translation of the book. The topics covered in the book have, for instance, relevance for ships, offshore platforms and fish farms. Even though the book deals with high speed marine vehicles, this topic is more extensively discussed from a hydrodynamic point of view in my recent book on Hydrodynamics of *High-Speed Marine Vehicles* published by Cambridge University Press. The latter book has also been translated to Chinese.

One can obviously not cover all topics in a book. An area which presently has high actuality is sloshing in LNG tanks. That involves strongly nonlinear liquid motion with slamming. Another area of increased research effort lately and associated with violent fluid motion is green water on deck.

Even though Vortex Induced Vibrations are discussed in the book, one can due to the large relevance for risers and pipelines have extended that part of the book. However, this is an area where there are still many unsolved questions.

Hydroelasticity has gained increased importance due to the large research efforts, for instance in Japan and China, in the area of Very Large Floating Structures planned as floating airports. This is not a subject in the book.

Hydroelasticity may also matter in slamming analysis. This is extensively discussed in my book on Hydrodynamics of High-Speed Marine Vehicles. Springing and whipping which are associated with global hydroelastic behavior of a ship, is also covered in that book.

The initiative to the translation of the book to Chinese was taken by Dr. Chunhua Ge, who is a former Ph. D. student of mine. She saw a missing link in the university education in marine technology in China in the area of sea loads on ships and offshore structures. Her initiation received warm response and commitment from Prof Yang Jian-Ming and his team so that the translation work could be quickly

finalized. I am very pleased that the work is done by Shanghai Jiao Tong University which I have had a close contact with since 1980.

I appreciate very much the great effort done by many Chinese in translating my book. Persons involved for the different chapters of the book are:

Chapter 1	Dr. Li Xin
Chapter 2	Li Jun
Chapter 3	Dr. Liang Xiu-feng & Dr. Zhang Fan
Chapter 4	Dr. Wang Ying
Chapter 5	Dr. Hu Zhi-qiang & Dr. Xiao Long-fei
Chapter 6	Dr. Su Yi-hua
Chapter 7	Dr. Lv Hai-ning
Chapter 8	Zhang Wei
Chapter 9	Dr. Ge Chun-hua
Index	Dr. Xiao Long-fei & Dr. Ge Chun-hua

Editorial support has been provided by the MSc students Yang Li-jun and Mao Cheng-hong.

Special thanks should be given to Prof. Sheng Zhen-bang and Prof. Wu Shan-qin for their reviewing of the translations and to Prof. Yang Jian-min, Dr. Xiao Long-fei and Dr Ge Chun-hua for their coordination.

Trondheim, October 2006



Odd M. Faltinsen

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 运动的定义	2
1.2 常规船舶的问题	4
1.3 海洋结构物的问题	7
1.4 结构物的水动力分类	8
1.5 工程手段	9
第 2 章 海洋环境	10
2.1 基本假定	10
2.2 规则波理论	12
2.3 波浪的统计描述	17
2.4 风	24
2.5 流	25
2.6 练习	26
第 3 章 线性波浪对浮式结构物的诱导运动和载荷	29
3.1 不规则波中的响应	29
3.2 规则波中的响应	30
3.3 对固有周期、阻尼与波浪激励等级的讨论	51
3.4 惯性力范围内张力腿平台的线性波浪诱导运动和载荷	55
3.5 半潜式平台的垂荡运动	58
3.6 船舶垂向运动的最小化	62
3.7 横摇减摇	65
3.8 练习	67
第 4 章 线性波浪诱导运动和载荷的数值计算方法	77
4.1 源汇法	78
4.2 其他求解方法	89
4.3 航速和流的影响	92
4.4 练习	96
第 5 章 二阶非线性问题	99
5.1 平均波浪力(漂移力)和力矩	101

5.2	不规则波中的慢漂运动	116
5.3	风激缓变振荡运动	125
5.4	和频效应	126
5.5	练习	127
第 6 章	流和风载荷	131
6.1	绕圆柱的定常流	132
6.2	边界层	134
6.3	尾流特性	136
6.4	涡泄	139
6.5	作用在船上的流载荷	141
6.6	作用在海洋结构物上的流载荷	151
6.7	风载荷	156
6.8	涡激共振	156
6.9	驰振	161
6.10	练习	163
第 7 章	黏性波浪载荷和阻尼	169
7.1	Morison 公式	169
7.2	流动分离	173
7.3	无分离的振荡流动	178
7.4	小 KC 数时的流动分离	180
7.5	高 KC 数时的流动分离	185
7.6	试验手段	188
7.7	练习	191
第 8 章	定位	194
8.1	系泊系统	194
8.2	推力器的力	204
8.3	推力器性能和动力定位	208
8.4	练习	209
第 9 章	水冲击和入水	213
9.1	砰击	213
9.2	入水问题	225
9.3	练习	236
参考文献		239
英汉名词术语对照		249

第 1 章 绪论

在船舶与海洋结构物的设计与运营研究中,有关波浪诱导载荷和运动的知识都是重要的。像北海这样的恶劣海域,60%的时间里有效波高(最大三分之一波高的均值)会大于 2m,波高超过 30m 的情况也可能出现。在极端的天气形势下,平均波浪周期为 15~20s 之间,并极少低于 4s。海流和风引起的环境载荷也很重要,在北海的海洋结构物设计中不得不考虑 40~45m/s 的极端风速。

图 1.1 为五种海洋结构物示意图。其中,两种固定式平台为导管架平台和重力式平台,插入海底,目前已建成的可达水深 300m 左右;半潜式平台和浮式生产储油轮是自由漂浮的;张力腿平台通过垂直张紧索约束垂向振荡,张紧索的拉力源于平台的自身浮力大于平台的重量。浮式生产储油轮和半潜式平台采用散布式系泊系统定位,另可选择推力器或动力定位系统。立管用以连接海底和平台上的设备。

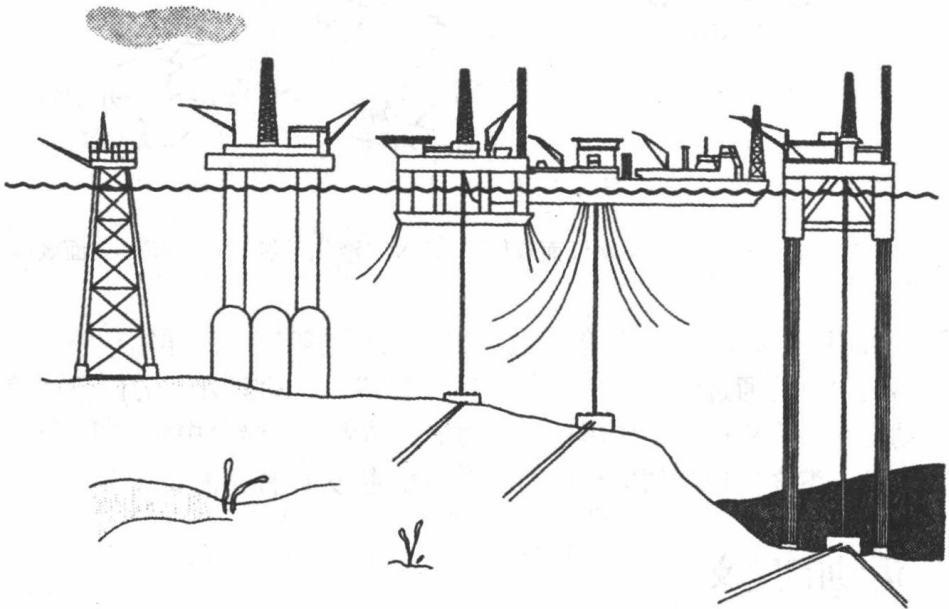


图 1.1 五种海洋结构物。从左至右为导管架平台,重力式平台,半潜式平台,浮式生产储油轮和张力腿平台(TLP)(部分来自 Veritec A/S 提供的图)

船舶可以有各种不同的用途,例如运输货物和乘客、军事行动、钻探、海上作业、渔业、体育和休闲活动等。图 1.2 为三种不同类型的船:单体船、SWATH 和

SES。单体船以带有球罐的 LNG(液化天然气)运输船为例。SWATH 是小水线面双体船的缩写,由两个全潜的船体组成,并以一个或多个薄形支架与水上结构连接。两个船体之间可安装翼片或薄叶,如图 1.2 所示。SES(表面效应船)是由气垫支撑的高速船,其气垫在两舷由刚性侧壁,首尾由柔性气封围住。高速意味高 Froude 数, Froude 数(Fr)定义为 $Fr=U/(Lg)^{1/2}$ (U 为船速, L 为船长, g 为重力加速度,我国的国标符号为 Fr ,弗劳德数),当船的 Froude 数 $Fr > \approx 0.5$ 时被认为是高速海上运输工具。从水动力的观点,可将船区分为零航速、常速和高速。SWATH 概念已经被用来为常规的和高速的用途作设计。

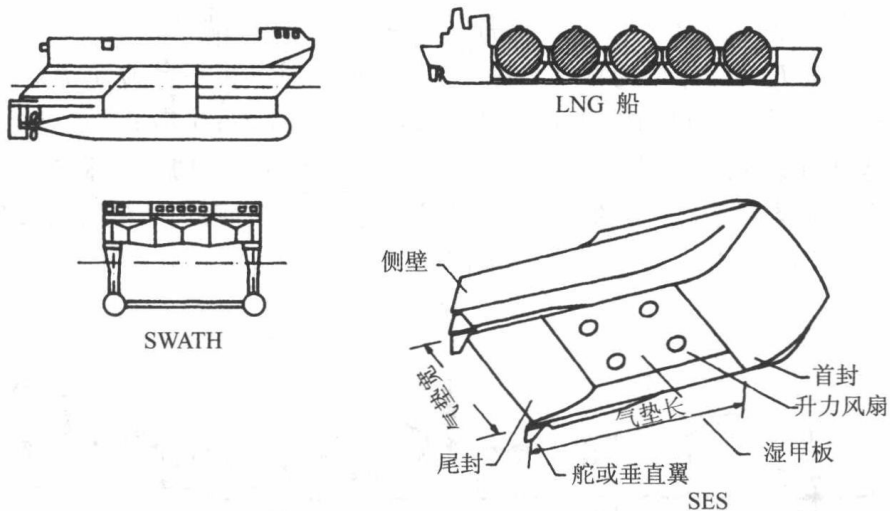


图 1.2 三种船。SWATH(小水线面双体船),LNG(液化天然气)船,SES(表面效应船)

本书的主要部分大多适用于零航速和常规航速船以及海洋结构物,适用于高速航海器的内容将通过练习给出。波浪诱导载荷和运动两方面的内容都将讨论,其中运动是水动力载荷综合作用在结构物上的结果。在绪论中将对重要的波浪载荷以及船舶与海洋结构物的适航性问题作一概述,为此首先需要定义运动。

1.1 运动的定义

浮式结构物的运动可以分解为波频运动、高频运动、慢漂运动和平均漂移。摇荡刚体的平移运动指纵荡、横荡和垂荡,垂荡即垂向的运动(见图 1.3);角运动指横摇、纵摇和首摇,其中首摇为绕垂向轴的转动。船的纵荡是纵向的运动,而横摇为绕纵向轴的角运动。

波频运动主要是在有效波浪频率范围内的线性激励运动。高频运动对于张

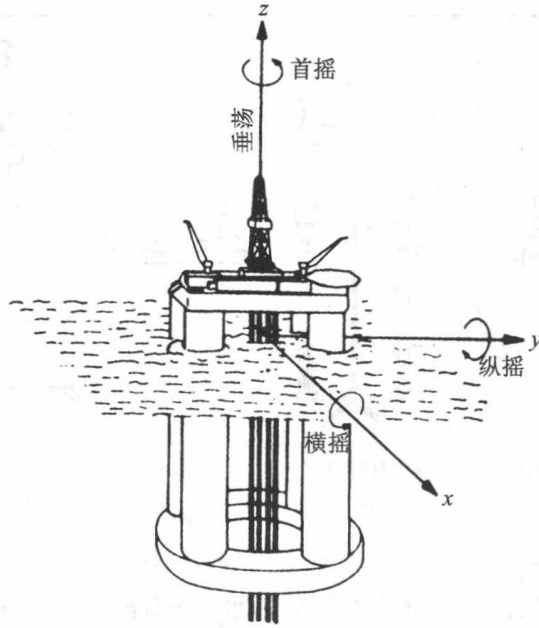



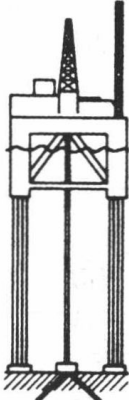

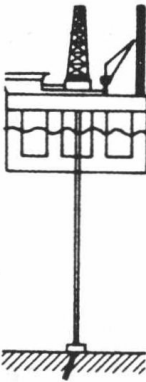
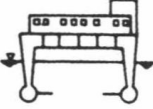
图 1.3 刚体运动模式的定义(以深水水泥浮筒为例)

力腿平台是重要的,经常被称为“击振”或“弹振”,是基于平台垂荡、纵摇和横摇的谐振。张力腿平台的回复力来自系泊张紧索,质量力来自平台。这些运动的典型固有周期均为 $2\sim 4\text{s}$,小于大部分波浪周期,为非线性效应所激发。“击振”与瞬态效应相联系,“弹振”则是稳态的振荡运动。

相似的非线性效应还会激发在波浪和海流中的慢漂和平均运动,当然,风也会引起慢漂和平均运动。慢漂运动源于共振响应,对系泊结构物而言,常存在于纵荡、横荡和首摇中。回复力来自系泊系统而质量力来自结构物,对于通常的系泊系统,典型的共振周期达到 $1\sim 2\text{min}$ 量级。

垂荡对许多结构物而言都是很重要的运动响应。表 1.1 中列出了不同类型海洋结构物垂荡固有周期的范围,包括表面效应船、张力腿平台、单体船、双体船、小水线面双体船和半潜式平台。表中指出固有周期垂荡运动是如何被激发的,例如表面效应船将由船体与波浪之间的高遭遇频率引发,而小水线面双体船则由船体与波浪之间的低遭遇频率所引发。表中也指出导致垂荡共振响应产生的回复力性质。表面效应船的回复力为气垫中空气的可压缩效应,单体船、双体船、小水线面双体船和半潜式平台则是由于浮力的改变,这与船体的水线面面积有直接的关系。最后在表 1.1 中还可以看到固有垂荡阻尼最重要的物理来源,或者如何通过控制系统人为地提高阻尼。

表 1.1 船舶、海洋结构物和高速船的共振垂荡运动

浮体					
	表面效应船 (SES)	张力腿平台 (TLP)	单体船 双体船	半潜式平台	小水线面 双体船
垂荡固有周期	<1s	2~4s	4~16s ^①	>20s	>20s
回复力	空气压缩性	张紧索弹性	水线面面积	水线面面积	水线面面积
固有周期范围内的主要激励机制	船与波浪间的高遭遇频率线性波浪力	非线性和频波浪力	线性波浪力	涌(长波)	船与波浪间低遭遇频率时的线性波浪力
重要阻尼	漂行控制	黏性效应	波浪辐射	黏性效应	水翼控制

① 粗略估算： $\sqrt{L/1.5}$ ，其中 L 为船长(m)。

表面效应船的垂荡运动加速度比垂荡运动更为重要。如果不使用“漂行控制”， $1.5g$ 的加速度值也可能在相对平静的海面发生。如果垂荡的固有周期是 $0.5s$ ，则垂荡的幅度约等于 $0.1m$ 。

设计半潜式平台要避免垂荡共振响应，在恶劣海况下最大的垂荡运动需小于最大波幅的一半。

1.2 常规船舶的问题

船舶耐波性和波浪载荷问题的重要事例如图 1.4 所示，船体与波浪之间的垂向加速度和相对垂向运动是尤其重要的响应。加速度决定货物和设备上的载荷，对晕船也是一个很重要的原因。相对垂向运动可以用来评估砰击和甲板上浪的可能性和引起的破坏(砰击为船体和水之间的碰撞)。对于船舶来说避免砰击和甲板上浪是很重要的，因为它们可以造成结构的局部破坏。

对渔船、起重船、客船和军用舰艇，从运行角度来说，横摇也是一个重要的问

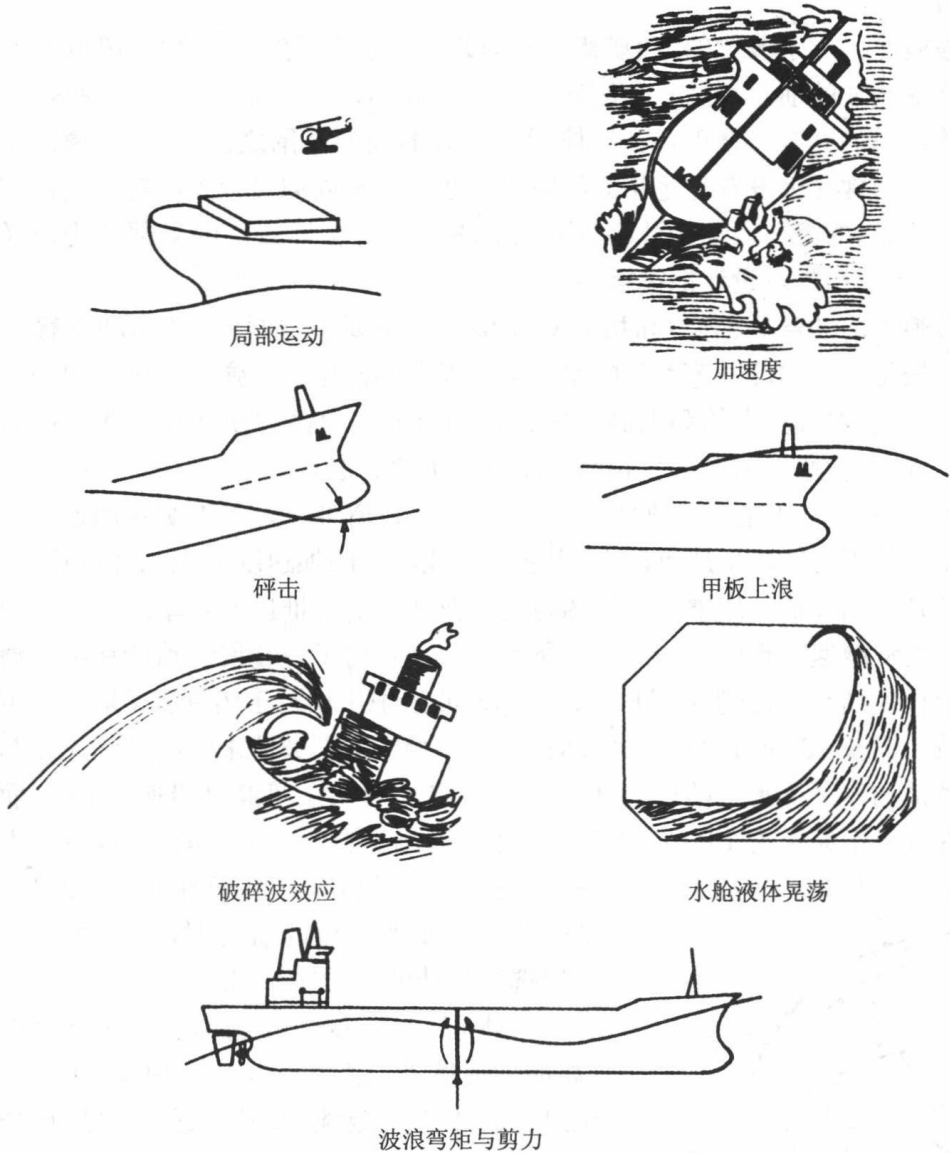


图 1.4 船舶耐波性和波浪载荷问题的重要事例

题。因此降低船舶横摇的措施很受关注,例如采用舳龙骨、减摇水舱和主动式减摇鳍。对于比较小的船,横摇与风、甲板上浪或者货物的移动相结合,都有可能导致船体倾覆。小型船倾覆的另一个重要原因在于破碎波,在挪威海岸外发生的几次海难已从破碎波找到原由。随浪可以引发不同的倾覆危险。如果波形相对于船体固定不变,则相对波形形成的水线横摇,船体是静不稳定的。船体也可能在随浪时失去自身的方向稳定性,当船体和波浪的遭遇频率很小时就可能发生,其结果是随着波浪改变路线。这种情况被称作“突然横转”,对静稳性小的船舶的倾覆而言是

最危险的。

液舱晃荡对于散货船、油矿组合船(OBO)、液化天然气(LNG)船以及在海上输油终端装油的油轮都是一个问题。舱内液体运动为何剧烈有两个原因,一是舱内液体运动的固有周期正好在船体运动显著的周期范围之内,另一个原因是舱内液体运动通常几乎没有与之相关的阻尼。如果激励周期接近于液舱运动的固有周期,则液舱内的液体运动会被高度放大。液体晃荡会导致高的局部压力以及大的总力,两者的影响对设计都很重要。

波浪引起的弯矩、剪力和扭矩对大型船很重要,更加特殊的问题是鞭振和弹振。鞭振是由例如砰击等引起的船体梁的瞬态弹性振动。弹振是由波浪引起的稳态弹性振动,对大型海轮和大湖型船只特别重要。弹振有线性和非线性两方面的激振机理,线性激振力与波长相对于船长较小的波浪有关。

由于主动和非主动减速,船体运动和环境载荷可以显著地影响船速。主动减速是指船长因船舶发生严重砰击、甲板上浪或者大的加速度而主动降低速度,非主动减速则是因波浪和风增加了船的阻力以及波浪引起推进器效率改变所造成的结果。非主动减速的重要性如图 1.5 所示。图中列出了一艘集装箱船在给定海况下的数值计算结果,有义波高 $H_{1/3}$ 为 8.25m,波浪采用相对于船具有不同传播方向的长峰波。船长 185m,在恒定的发动机功率下相对不同波浪来向的实际速度与在同一发动机功率下静水中的设计速度一并给出。例如在迎浪时船速是 8kn,而与之相比在静水中船速为 16.2kn。实际船速可以小于图 1.5 列出的值,视波浪方向而定,这是由于主动减速。基于有关的衡准,如最低的燃油消耗或者最短的航行时间,这些信息可以用以选择最佳的船舶航行路线。

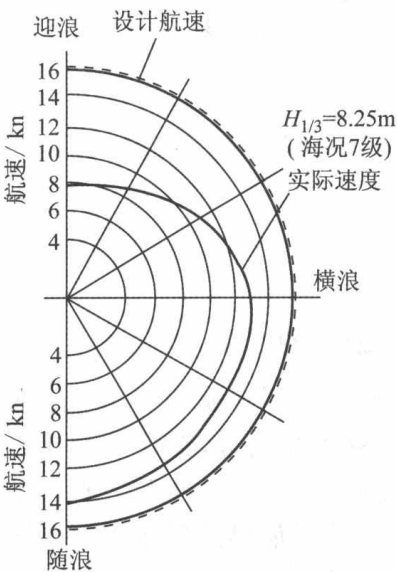


图 1.5 风和浪对船舶阻力增加的影响(非主动减速)

定,这是由于主动减速。基于有关的衡准,如最低的燃油消耗或者最短的航行时间,这些信息可以用以选择最佳的船舶航行路线。

船体运动可接受程度的标准在北欧合作项目“船舶耐波性性能”(NORDFORSK, 1987)中曾讨论过。船体的安全性,设备的运行,货物的安全,人员安全和效率都应予以考虑。表 1.2 列出了船舶的常规可运行性限制标准。与一些特殊类型作业和乘客舒适度有关的加速度及横摇标准在表 1.3 中给出。对于小快艇的限制标准还只指出一个趋势,船长小于 35m,速度超过 30kn 的船称为小快艇。小快艇的垂向加速度允许等级高于民用船和军舰的原因是当振动频率高时,人体对垂向加速度的耐受力也较高。

表 1.2 船舶常规可运行性限制标准 (NORDFORSK, 1987)

	商船	军舰	小快艇
首柱垂向加速度(RMS 值)	0.275g($L \leq 100\text{m}$) 0.05g($L \geq 330\text{m}$) ^①	0.275g	0.65g
驾驶室垂向加速度(RMS 值)	0.15g	0.2g	0.275g
驾驶室横向加速度(RMS 值)	0.12g	0.1g	0.1g
横摇(RMS 值)	6.0°	4.0°	4.0°
砰击判据(概率)	0.03($L \leq 100\text{m}$) 0.01($L \geq 300\text{m}$) ^②	0.03	0.03
甲板淹湿判据(概率)	0.05	0.05	0.05

① 船长 100m 到 330m 之间的限制性标准在 $L=100\text{m}$ 和 $L=330\text{m}$ 之间近似线性变化,其中 L 是船长。

② 船长在 100m 到 300m 之间的限制性标准在 $L=100\text{m}$ 和 300m 之间线性变化。

表 1.3 加速度和横摇的标准 (NORDFORSK, 1987)

均方根判据			说明
垂向加速度	横向加速度	横摇	
0.20g	0.10g	6.0°	轻型劳动
0.15g	0.07g	4.0°	重型劳动
0.10g	0.05g	3.0°	脑力劳动
0.05g	0.04g	2.5°	运送旅客
0.02g	0.03g	2.0°	游船

1.3 海洋结构物的问题

垂荡运动对于钻探作业是一个限制因素,原因在于立管的垂向运动需要被补偿,而能补偿多少是有限度的。作为垂向运动标准的一个例子是垂向运动幅度必须小于 4m。因此,设计出低垂荡运动的结构物很重要,以使得能有尽可能高的时间比例用于钻探。如半潜式平台,是在实际频率范围内垂荡运动很小的结构物的例子。横摇运动有时也是一个需要评估的重要运动模态,例如起重船的操作,或者用船运输导管架平台和半潜式平台。操作浮式生产平台上的加工设备时,横摇、纵摇及其加速度就成为限制因素。

在设计海洋结构物的系泊系统时,由流、风、波浪漂移力引起的载荷以及风和

波浪引起的运动通常是同等重要的。有两个重要的设计参数,一是系泊锚链的破断强度,另一个是立管系统的挠性。工程实际中,刚性立管系统的平台相对于立管与海底连接点的极端水平偏移必须小于水深的 10%。

对于推力器的设计以及起重船、潜水作业船、补给船、海上输油船和铺管船的船位保持,风、流、平均波浪漂移力和缓变波浪漂移力都是很重要的。推力器之间的交互作用,以及自由液面和结构,对于波浪中的动力定位系统、拖曳和海上作业也很重要。

作为示例,张力腿平台水动力分析的主要目的有:为了估计张紧索的轴向力而计算平台上的垂向动力载荷,为了评估波浪和平台甲板底部的气隙而计算波面高度。最小气隙对其他类型的平台也要重点考虑。

1.4 结构物的水动力分类

黏性效应和势流效应对确定海洋结构物上由波浪引起的运动和载荷都很重要,势流效应又包括结构物的波浪绕射和辐射。为了判定什么时候黏性效应或不同类型的势流效应是重要的,可参见图 1.6,为固定在海底并穿出自由液面的垂向圆柱水平波浪力的结果。图中,入射波是规则波, H 为波高, λ 为波长, D 为圆柱的直径。图示结果中,质量力和黏性力的计算采用 Morison 公式(见第 7 章),质量系数取 2,阻力系数取 1;波浪绕射的计算采用线性的 McCamy 和 Fuchs(1954)理论。

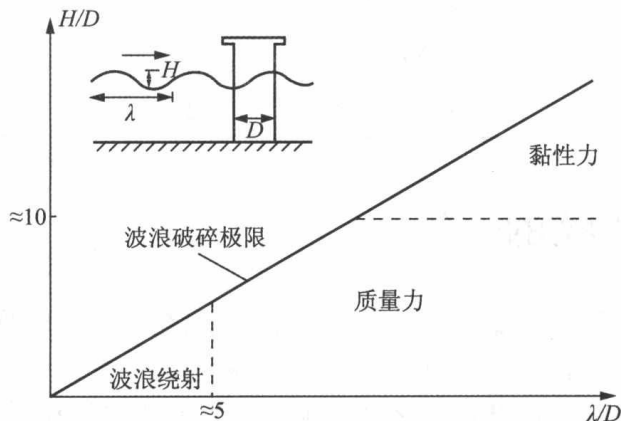


图 1.6 海洋结构物上质量力、黏性力和绕射力的相对重要性

试用此图于海洋平台。假设一波高 30m、波长 300m 的规则波,相当于极端波浪条件,考虑作用在典型横截面直径为 100m 的重力式平台沉柱上的波浪载荷。这意味着 H/D 和 λ/D 的值分别为 0.3 和 3,可知波浪绕射是最重要的。如果考虑