

船舶与海洋工程环境载荷

O.M.Faltinsen 著

杨建民 肖龙飞 葛春花 译

吴善勤 盛振邦 审校

SEA LOADS ON SHIPS AND
OFFSHORE STRUCTURES

上海交通大学出版社

船舶与海洋工程环境载荷

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。主要内容包括:线性波浪诱导的运动和载荷;二阶非线性问题;黏性载荷及阻尼;定位;水的冲击和入水问题。还结合众多的实例和练习,介绍了这些理论在广阔领域中的应用,其范围包括:常规船舶,驳船,海上高速运载工具,半潜式平台,张力腿平台,系泊或动力定位船舶,立管,浮筒,渔网,导管架平台及重力式平台。

本书旨在通过简化的数学模型,使读者对问题有实质性的理解,并能沿此途径通过解析分析的手段来评估模型试验、实体测试或计算机模拟的结果,而且了解对环境载荷和运动起主要影响的有关参数。

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)福尔滕森 (Faltin - Sen, O.M.) 著; 杨建民, 肖龙飞, 葛春花译. —上海: 上海交通大学出版社, 2008
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. U661.4 P75

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第132319号

船舶与海洋工程环境载荷

O.M. Faltinsen 著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路877号 邮政编码200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

常熟市文化印刷有限公司印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×960mm 1/16 印张:17 插页:4 字数:316千字

2008年1月第1版 2008年1月第1次印刷

印数:1-2 050

ISBN 978-7-313-04938-4/U·144 定价:58.00元

版权所有 侵权必究

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,本书中的内容资料有不断发展。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Pual Sclavounos教授、Norsk Hydor的Finn Gunnar Nielsen教授、Oslo大学的Enok Palm教授、Marintek的Bjørn Sortland博士和Terji Nedrelid硕士、NTH的Bjørnar Pettersen教授和Dag Myrhang教授。研究生Seung Ii Ahn、Rong Zhao、Geir Løland、Jan Krålsvold、Kunt Stretlien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邀请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、梁休锋、张帆、王颖、胡志强、肖龙飞、苏一华、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-Ming, Dr Xiao Long-fei and Dr Ge Chun-hua for their coordination.

Trondheim, October 2006



Odd M. Fatinsen

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 不规则海况中的响应	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(TLP)的线性波激运动和载荷	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 前进速度和流的作用	92
4.4 练习	95
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	旋涡诱发的谐振	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

有关波浪诱导载荷以及船体和海洋结构物运动的知识在设计和运行研究领域都是重要的。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。其中两种自升导管架式平台和重力式平台穿入海底。目前已建成的固定式结构物可达水深 300m 左右。半潜式平台和浮式生产船是自由飘浮的。张力腿平台通过系泊链约束垂向振荡,系链的拉力源于平台的自身浮力大于平台的重量。浮式生产船和半潜式平台用散开的系泊系统定位,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。

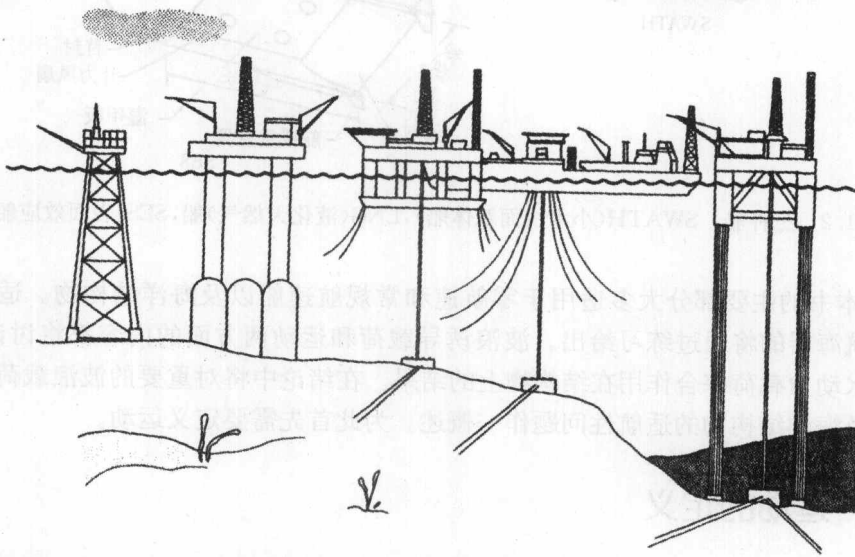


图 1.1 五种海洋结构物。从左至右为导管架式平台,重力式平台,半潜式平台,浮式生产船和张力腿平台(TLP)(部分来自 Veritec A/S 提供的图)

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。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(F_n)定义为 $F_n=U/(Lg)^{1/2}$ (U 为船速, L 为船长, g 为重力加速度)。当船的 Froude 数 $F_n>\approx 0.5$ 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。

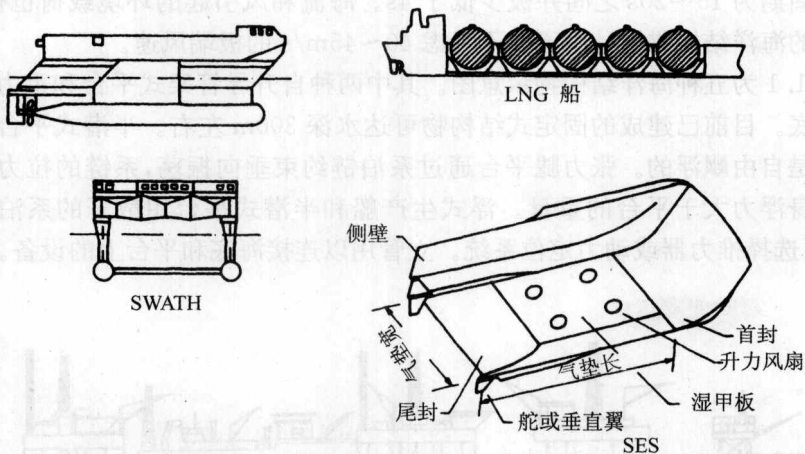


图 1.2 三种船。SWATH(小水线面双体船),LNG(液化天然气)船,SES(表面效应船)

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,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及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)。摇荡的角运动指横摇、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义波能波频范围内的线性激励运动。高频运动对于张

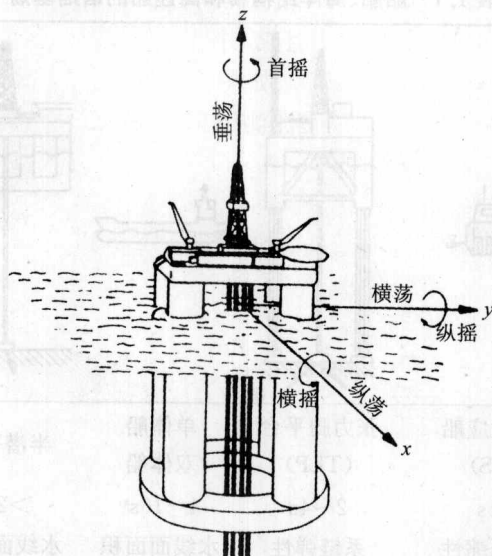



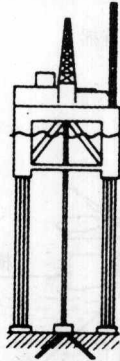
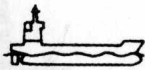
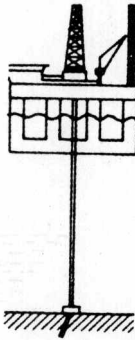
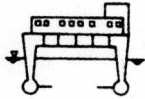
图 1.3 刚体运动模式的定义(以深水水泥浮筒为例)

力腿平台是重要的,经常被称作“击振”和“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锚链,惯性力来自平台。这些运动模式有代表性的固有周期均为 $2\sim 4\text{s}$,小于大部分波浪周期,为非线性波效应所激发。“击振”与瞬态效应相联系,“弹振”为定常状态的振荡。

相似的非线性效应导致在波浪和海流中的慢漂和平均运动。风也会引起慢漂和平均运动。慢漂运动起源于谐摇。系泊结构物的慢漂运动存在于纵荡、横荡和首摇中。回复力来自系泊系统而惯性力来自结构物。通常的系泊系统其典型的谐摇周期达到 $1\sim 2\text{min}$ 。

垂荡是随各种结构物而异的重要响应。表 1.1 中列出了不同类型海洋结构物固有垂荡周期的范围。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。表中指出固有垂荡是如何被激发的,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。表中也指出回复力导致垂荡谐摇。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衰减最重要的物理来源,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谐摇垂荡

船					
	表面效应船 (SES)	张力腿平台 (TLP)	单体船 双体船	半潜平台	小水线面 双体船
固有垂荡周期	<1s	2~4s	4-16s ^a	>20s	>20s
回复力	空气压缩性	系链弹性	水线面面积	水线面面积	水线面面积
固有垂荡周期 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	非线性全频 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	飘行控制	黏性效应	波幅射	黏性效应	水翼控制

a. 粗略估算： $\sqrt{L/1.5}$ ，其中 L 为船长(米)。

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谐摇，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

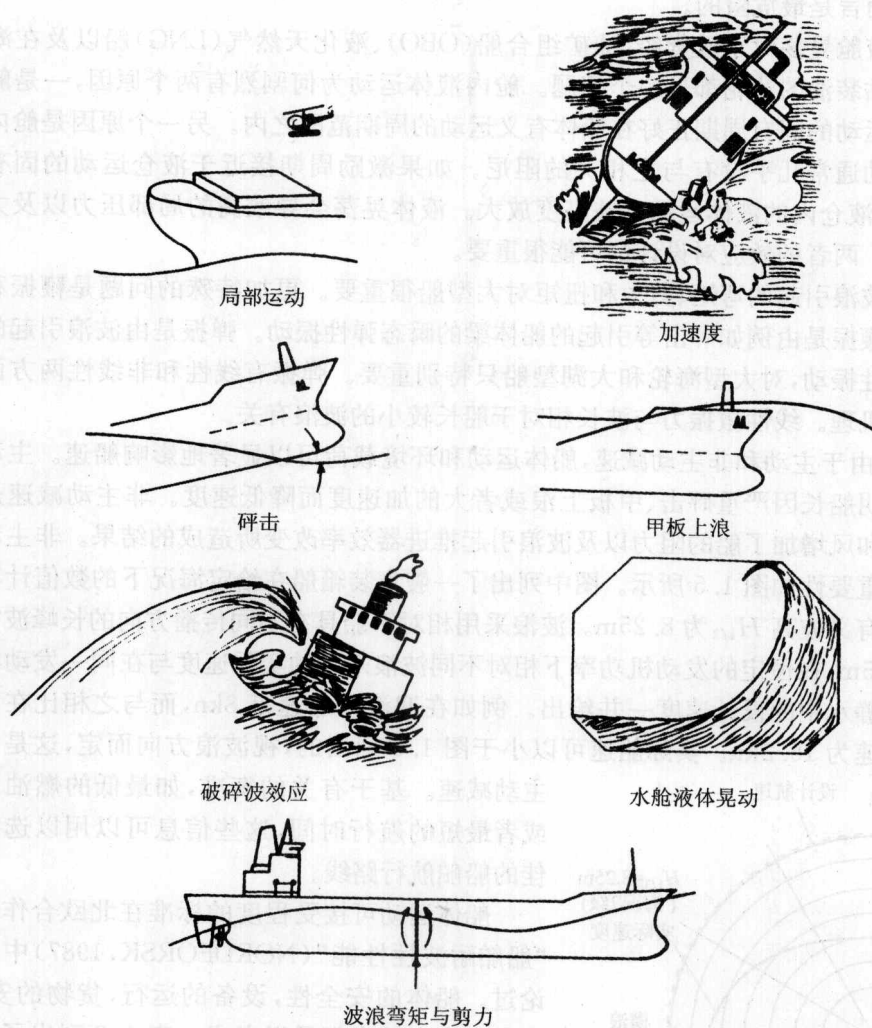


图 1.4 船舶适航性和波浪载荷问题的重要事例

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形势。如果波形相对于船体固定不变,则相对波形形成的水线船体在横摇中是静不稳定的。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)船以及在海上市船站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有义运动的周期范围之内。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仓运动的固有周期,则液仓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。两者的效应对设计都可能很重要。

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定常弹性振动,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。主动减速表明船长因严重砰击、甲板上浪或者大的加速度而降低速度。非主动减速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,视波浪方向而定,这是由于

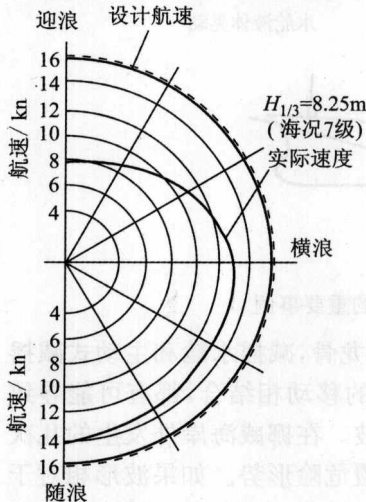


图 1.5 风和浪对船舶阻力增加的影响(非主动减速)

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($L \geq 330\text{m}$) ^a	0.275g	0.65g
驾驶台垂向加速度 RMS 值	0.15g	0.2g	0.275g
驾驶台横向加速度(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($L \geq 300\text{m}$) ^b	0.03	0.03
甲板淹湿(概率)	0.05	0.05	0.05

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

b. 长度在 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)

平方根判据			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°	游览船

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。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。横摇运动也是一个可用为评估的重要运动模式。例如起重船的操作或者用船和驳船运输自升式和半潜式平台。操作浮式生产平台上的加工设备时横摇、纵摇及其加速度可作为限制因素的例证。

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。事实上,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姑且说必须小于水深的 10%。

对于推力器的设计以及起重船、潜水作业船、补给船、离岸载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。

作为张力腿平台的水动力分析主要目标的一些例子有:为了估算系链的轴向力计算平台上垂向的动力载荷,为了估计波浪和平台底侧的气隙计算波面高度,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。势流中包括围绕结构物的波浪绕射和散射。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,提一下图 1.6 给出的简单图形。该图基于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。入射波是规则波, H 为波高, λ 是入射波的波长, D 为圆柱的直径。此结果采用 Morison 公式(见第 7 章),质量系数取 2,阻力系数取 1。线性的 McCamy & Fuchs(1954)理论用于波浪绕射区域。

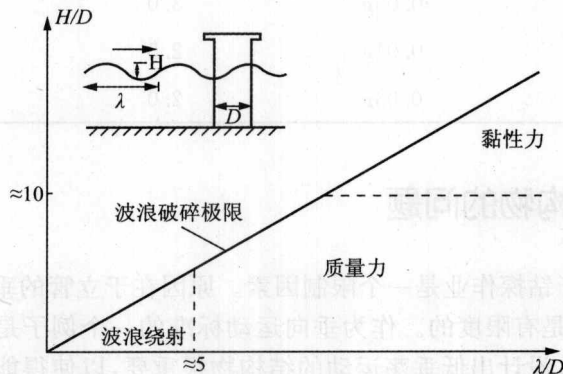


图 1.6 海洋结构物上质量、黏性阻尼和绕射力的相对重要性

试用此图于海洋平台。假设一波高 30m、波长 300m 的规则波,这符合极端的波浪条件。考查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,这意味着相当的 H/D 和 λ/D 的值分别为 0.3 和 3。可知波浪绕射是最重要