

船舶图析

原版
引进

*Chuanbo
Tuxi*

池田良穗 著
李 侨 译



- 船舶原理
- 系统构造
- 船业知识

HEUP 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

船舶图析

原版
引进

Chuanbo
Tu
池田良穗 著
李 侨 译



HEUP 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

黑版贸审字 08 - 2011 - 070 号

图书在版编目 (CIP) 数据

船舶图析/(日) 池田良穗著;李侨译. — 哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社, 2012.4

ISBN 978 - 7 - 5661 - 0352 - 9

I. ①船… II. ①池… ②李… III. ①船舶技术 -
图解 IV. ①U66 - 64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 071536 号

责任编辑:张林峰

审 校:秦洪德

图像制作:松井武弥 原田镇(株式会社 Factory water)

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451 - 82519328
传 真 0451 - 82519699
经 销 新华书店
印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司
开 本 787mm × 1 092mm 1/32
印 张 7.75
字 数 174 千字
版 次 2012 年 5 月第 1 版
印 次 2012 年 5 月第 1 次印刷
定 价 34.60 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

从古到今,人们对船舶总是充满无尽的美丽憧憬:在蔚蓝广阔的大海上,一艘游艇远远驶过,激起白色的涟漪、留下诗意的波纹……毋庸讳言,自 20 世纪 70 年代全球石油危机以来,海运及造船业仿佛进入了不甚景气的时代。时至今日,无论一般老百姓还是新闻媒体,甚至于教科书似乎仍受着这种阴影的影响,对船舶业的发展前景存有偏见。

在日本历史上,船舶制造业属于核心产业。早在明治时代,为追赶世界步伐,海运业和造船业一并被列入社会经济的核心产业。其后,这两大产业共同成长一度达到世界最高水平。二战结束后,在日本产业毁灭殆尽的历史背景下,最先恢复和振兴的两大产业依旧是海运业和造船业。现在,日本 99.7% 进出口货物依靠船舶运输,世界航运外籍船的 12% 属日本船运公司,世界大约 30% 商船由日本造船厂建造。自 1957 年日本超越了英国跃居世界造船量首位,持续 50 余年之久一直保持着世界造船量第一的位置,这在世界产业界是罕见的。

直面现实中的偏见,船舶业的发展前景究竟如何? 随着当今世界经济的增长,海上运输量每年以约 5% 的速度增长,这个增长比率随着亚洲诸多发展中国家迅速成长仍将继续增大,而海上运输量的持续增加相应地必然要求船舶制造的刚性增长。可见,海运业与造船业依然是具有良好发展前景的重要产业。就现实而言,除了船舶,迄今可以运输大量货物的交通工具还没有出现,世界范围唯有船舶才是使用较少燃料实现大量

货物运输的重要交通工具。譬如,一艘大型远洋油轮的耗油量只是飞机的 1/1 000;一艘内航货轮的耗油量只是卡车的 1/5, 仅此而言, 船舶无疑又是一种最有益于环境保护的运输工具。诚然, 在当代世界, 超长距离的客运主要依靠飞机, 但远洋客船仍然不可或缺。不仅如此, 据统计世界短距离水上客运和车客渡轮的人数已超过 10 亿, 全世界更有 1 000 万人体验了海上豪华邮轮的惬意休闲生活。凡此种种都说明, 人们对于船舶的认识应当重新定位, 世界船舶事业的发展有着美好前景。

这本书, 尽量用简单的语言和通俗的事例来介绍关于船舶的科学知识。当然, 船舶作为机械系统既庞大又复杂, 船舶技术所涵盖科学领域既广泛又深奥。因此, 本书既要系统介绍船舶技术基础知识, 又要贴近读者, 力求深入浅出。阅读《船舶图析》引起人们对船舶知识的兴趣, 即使仅增加一位船舶爱好者, 我也会万分欣喜。

池田良穗

译者序

把科学作为一种文化资源,并转化为社会大众轻松享受的精神佳肴,以提高全体国民的科学素养,这应是我国“科教兴国”战略的应有之意。在日本的学习生活中,我深切感受到,这里的教育家、科学家在提高大众对科学技术的兴趣与理解方面都有一种义不容辞的责任。他们自觉利用先进教研设施,主动借助科技周、科学节以及印刷、影视、电子等多种形式,把自己从事的科学研究工作恰到好处地呈现给社会大众。科学家寻求与公众对话俨然成为一种风尚。

本书作者池田良穗先生是一位从教 30 余年、在日本船舶界享有盛誉的教授。《船のしくみ》作为日本国自然科学系列丛书的一册,就是他奉献给日本民众的一本既通俗又专业的科学读物。本书源于教学科研实践,详尽介绍了船舶基础知识、系统构造和船业知识,采用了深入浅出、图文并茂的表达形式,尤其在内容上对许多最新技术信息单一讲解,因此深受日本读者喜爱。这相对于我国部分同类书籍的沉闷、冗长,无疑是别开生面,令人耳目一新。

船舶工业是我国具备国际一流竞争力水平的产业之一,也是世界各国了解中国工业发展水平的重要窗口。当今,我国已经成为世界造船大国,船舶工业正处于由大到强转变的关键时期。一方面我国造船完成量、新接订单量和手持订单量等方面已经跃居世界首位,另一方面同世界先进水平相比较,我国在造船工艺、自主研发能力、信息技术应用、生产效率以及产

业组织结构等方面仍存在明显差距。中国船舶工业发展离不开专业人才的教育培养，也离不开对社会大众的船舶知识普及。本人受教于池田良穗先生，本书译成中文的过程始终受到他的鼓励与支持，但愿此书能够得到我国船舶爱好者以及其他广大读者的喜爱。

李 侨

2011 年元月于日本大阪

目 录

第 1 章 船浮于水

1.1	船浮于水的原因	浮力与浮力的产生	2
1.2	浮力的证明	阿基米德定律	4
1.3	浮力的改变	水的盐度、温度与密度	6
1.4	浮力的计算	辛普森公式与船舶排水量	8
1.5	浮力与船舶效能	浮力使船舶低耗又环保	10
1.6	浮力与船舶稳性	船舶的复原力矩和稳心	12
1.7	不会倾覆的帆船	复原力矩的极致	14
1.8	载重后的复原力矩	船舶的装载与安全性	16
1.9	高速船为什么比较矮	不易取得复原力矩的高速船	18
1.10	动稳性与复原力矩	复原力矩的能量	20
1.11	复原力矩与乘坐舒适性	稳性高的船更容易晕船	22
1.12	船体受损也不会沉没	水密舱与双层底	24

第 2 章 船行于水

2.1	阻碍船舶前进的力	流体阻力与伯努利方程	28
2.2	船体阻力的分类	摩擦阻力、形状阻力和兴波阻力	30

2.3	兴波阻力与行船速度	重要参数“傅汝德数”	32
2.4	降低兴波阻力的方法	球鼻艏与多体船	34
2.5	船体阻力的复杂性	模型船的水池实验	36
2.6	实船阻力的推定	傅汝德的方法步骤	38
2.7	船型的重要性	造船厂机密的型线图	40
2.8	高速的滑行艇	船底升力的作用及成因	42
2.9	水翼艇和气垫船	让船在空气中航行	44
2.10	多体船的高速化	兴波阻力和摩擦阻力的平衡	46

第 3 章 船的推进

3.1	利用风力航行的船	帆船与现代帆船	50
3.2	帆怎样利用风力	把风力变为推进力的原理	52
3.3	逆风中的帆船	逆风行船的原理与“Z”形航线	54
3.4	风力推进的新型装置	旋筒帆与涡轮帆	56
3.5	利用动力推进的船	明轮与螺旋桨的工作原理	58
3.6	螺旋桨的诞生	史密斯发明螺旋桨的小故事	60
3.7	螺旋桨船与明轮船	轮船史上的拔河比赛	62
3.8	螺旋桨在船尾	在“伴流”中获得更大效率	64
3.9	可进可退的推进装置	可调螺距螺旋桨	66
3.10	有利有弊的多桨船舶	多螺旋桨船	68
3.11	螺旋桨效率的提高	对转螺旋桨	70

3.12	空泡现象	螺旋桨的杀手	72
3.13	螺旋桨空泡的抑制	高歪斜螺旋桨	74
3.14	高速船的新型推进器	喷射推进器	76
3.15	高速船的特殊螺旋桨	超空化螺旋桨	78
3.16	没有螺旋桨的推进器	未来的电磁推进	80
3.17	不需要船舵的推进器	卓越的吊舱推进	82
3.18	吊舱推进器的发展	形式多样的吊舱推进器	84

第4章 船的发动机

4.1	船舶发动机(引擎)	热能转化为机械能的装置	88
4.2	蒸汽涡轮机	已退出历史舞台的船舶发动机	90
4.3	柴油内燃机	普遍使用的船舶发动机	
4.4	船舶内燃机的种类	低速、中速和高速内燃机	94
4.5	发动机的“马力”	有效马力与实际马力	96
4.6	智能化高效柴油机	柴油机的电控喷射技术	98
4.7	燃气轮机	飞机发动机的船舶改装	100

第5章 船在波浪中

5.1	关于波浪的知识(1)	波浪的特点与规律	104
5.2	关于波浪的知识(2)	从波高、波长了解海浪	106
5.3	波浪中的船体运动	船体的六种运动“姿态”	108

5.4	船舶运动数学公式	船舶运动方程及其求解	110
5.5	波浪中的船体共振	船舶运动的固有周期	112
5.6	如何避免船体共振	惯性力矩和阻尼力	114
5.7	船舶的减摇装置	为了避免船舶的倾覆	116
5.8	艏龙骨(1)	简单有效的减摇装置	118
5.9	艏龙骨(2)	改进中的新式艏龙骨	120
5.10	减摇鳍(1)	可调节控制的减摇装置	122
5.11	减摇鳍(2)	高效减摇装置的美中不足	124
5.12	减摇水舱	船内自由水与阻尼力减摇	126
5.13	重物式减摇装置	船内重物与阻尼力减摇	128
5.14	高速船减摇装置	T形翼、纵倾调整片、拦截片	130
5.15	晕船的直接原因	船体上下运动及其加速度	132
5.16	晕船的生物机理	人的平衡功能紊乱	134
5.17	晕船呕吐的致因	共振周期的时间推定	136
5.18	容易晕船的位置	提高船内乘客的舒适性	138
5.19	不受风浪影响的船	半潜式、浸沉式、超稳定客舱	140
5.20	高速船的遇波周期	波浪频率与多普勒效应	142
5.21	高速船的上下运动	船体运动的加速度	144
5.22	高速船的升力阻尼	依靠升力抑制横摇	146
5.23	波浪与船体强度	波长与船长相等的波浪	148
5.24	波浪与航行险象	砰击、冲荡与甲板上浪	150

5.25	船舵失灵与横甩	随浪中的船舶航行	152
5.26	像秋千一样的船	船舶的参数横摇	154
5.27	水阻力与空气阻力	船舶主机的功率储备	156

第 6 章 船的操纵

6.1	航向之舵	舵的升力与“平衡舵”	160
6.2	舵在船尾	水流加速的有效利用	162
6.3	舵的类型	特种舵与“无舵”之舵	164
6.4	舵的局限性	船舶回转的无效舵现象	166
6.5	船的操纵性	相互制约的航向保持性与回转性	168
6.6	船的回转横倾	内倾与外倾	170
6.7	船的制动操纵	惯性滑行的冲时与冲程	172
6.8	船的侧移操纵	船舶横向移动的侧推器	174
6.9	船的驾驶操纵	操舵、指令及装备	176
6.10	船舶航海自动化	自动操舵仪	178
6.11	航海安全的装置	阿帕、电子海图与测深仪	180
6.12	入港操纵自动化	船舶入港自动操控系统	182
6.13	随浪中操舵	横甩中的舵力下降及对策	184
6.14	船舶的码头系泊	人工操作与自动系泊设备	186
6.15	受限水域的操纵	浅水效应、岸壁效应与船间效应	188
6.16	泊船之锚	锚的抓力与“无杆锚”	190

第 7 章 船舶应知

7.1 船舶的容积吨位	总吨、净吨、国际总吨	194
7.2 船舶的重量吨位	排水量、载重吨、载重线	196
7.3 船舶的外型尺度	船的长度、宽度和深度	198
7.4 船体部位的名称	从艏舭、左右舷到上层建筑	200
7.5 船舶的速度表示	“节”的计量与时速换算	202
7.6 造船的材料	从木材钢材到铝合金、FRP	204
7.7 船体的结构	近似人体的船体构造	206
7.8 船舶的建造	拼积木式的造船过程	208
7.9 日本造船业	生产高附加值船舶	210
7.10 海事安全国际公约	SOLAS 公约、ILLC 公约、MARPOL 公约 ...	212
7.11 海运国家的船级社	船舶监造、检验的验船机构	214
7.12 海运业与造船趋向	船舶运输与技术进步	216
中日英词目索引		218
译者后记		227
参考文献		230

第1章

船浮于水





1.1 船浮于水的原因

——浮力与浮力的产生

通常,一个小铁块放在水中会即刻沉入水底,可是由钢铁制作的船舶为什么能浮在水面呢?这是因为水给了船体一种力——浮力。让我们先了解什么是浮力以及浮力的产生。

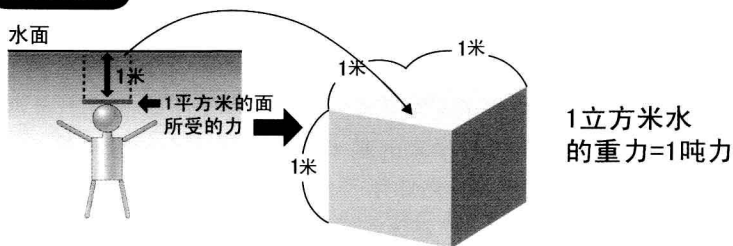
在水中,水的压力与水的深度成正比。比如,当一个人潜在距水面1米深的水下,他的头上就会有1米高的水柱,这样他就会受到来自1米高水柱的水压。在水深1米的地方,1平方米平面所受1立方米水的重力产生的水压是1吨力。同样,在超过1万米的大海最深处,那里1平方米面积所承受到的水压就是1万吨力。

我们进一步实验:把一个全密封、中空的正方体铁制箱子放入水中。这时作用于箱体四个侧面的水压只会产生水平方向的力,它们与箱体浮向水面的浮力无关。前面已说明:水压随着水深的增加而增大。由于水中箱体的底面比箱体顶面的位置深,因此箱体底面向上的水压必定大于箱体顶面的水压。实验中,箱体底面向上的水压大于顶面向下的水压,这种压力差的出现也就导致了水中铁箱要向上运动。所以,水中物体出现了来自上下两个方向水压所产生力的压力差,当作用物体下表面的水压大于上表面水压时,就会有浮力产生。

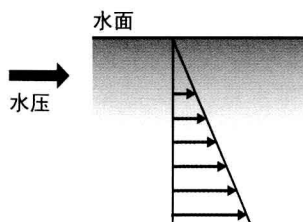
在浮力大于铁制箱体所受重力的情况下,这个箱体就会浮在水面上。反之,如果这个箱体所受的浮力比箱体所受重力小,它就会下沉。当箱体所受重力与浮力恰好相等时,它就会像潜水艇一样停留在水中。

水的压力和浮力

水的重量



水压与水深成比例



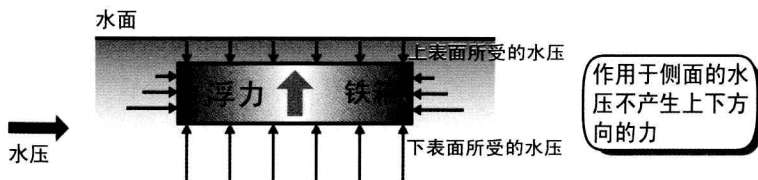
$$\text{水压} = \rho g z$$

ρ : 水的密度

g : 重力加速度 (9.8米/秒²)

z : 水深

铁箱浮起的原因



作用于侧面的水压不产生上下方向的力

$$\text{浮力} = \text{下表面所受的水压} - \text{上表面所受的水压}$$

1.2 浮力的证明



——阿基米德定律

如果水中物体的形状发生变化,该物体所受的浮力是否也会变化呢?古希腊数学家阿基米德找到了这个问题的答案。他证明了“水中静止的物体所受的浮力,与其排开水的重力相等”,这就是著名的“阿基米德定律”,又称阿基米德原理。它说明浮力与物体的形状无关,浮力只与沉入水中物体的体积有关。对于浮在水中的船舶来说,它是通过与船所受重力相等的浮力来保持平衡的。而浮力等于船排开水所受的重力,所以表示船所受重力时,也就使用了“排水量”这个词,即船的自重(固定于船上的不变重量)等于空船排水量。(参阅本节图示1)

阿基米德定律公式及其推导的数学表达式是:“ $F_{\text{浮}} = \rho_{\text{液}} \cdot g \cdot V_{\text{排}}$ ”(单位: $F_{\text{浮}}$ ——牛顿; $\rho_{\text{液}}$ ——千克/米³; g ——牛顿/千克; $V_{\text{排}}$ ——立方米)。在这里,我们可用一种简单图形来示意(参阅本节图示2,在这里垂直于纸面方向的长度为1)。首先,把浸入水中任意形状的物体纵向切开,分割成若干个棒状,如果切的足够细的话,各个棒状的上下表面都会与平面近似。接下来,把垂直作用于某一个棒状上表面和下表面的水压乘以上下表面的面积,就可以得一个力;然后,取这个力竖直方向的分量,就可以计算出棒状体所受到的浮力。计算结果为,棒状体体积与水密度的乘积,再乘以重力加速度。由此可以得知,此物体排开水的重力与其所受浮力大小相同,对于所有棒状体都可以这样计算。最后,所有这些棒状体所受浮力的总和就是整个物体所承受的浮力。物体排开水所受的重力等于所受到的浮力,这也就证明了“阿基米德定律”。