

风帆游艇设计原理

[瑞典]拉尔·拉尔森 罗孚·埃利亚森 麦克·奥瑞驰 著

[加拿大]张万波 译



HEUP 哈尔滨工程大学出版社

Engineering University Press by Lars Larsson and Rolf E Eliasson 1994, 2000, 2007, 2014
This translation of Principles of Yacht Design, Fourth Edition is published by Harbin
Engineering University Press by Lars Larsson and Rolf E Eliasson 1994, 2000, 2007, 2014

风帆游艇设计原理

[瑞典]拉尔·拉尔森 罗孚·埃利亚森 麦克·奥瑞驰 著
(Lars Larsson Rolf E Eliasson Michal Orych)

[加拿大]张万波 译

HEUP 哈尔滨工程大学出版社

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
地址 哈尔滨市南岗区
邮编 150001
电话 0451-82519699
传真 0451-82519699
网址 www.heupress.com
E-mail: heupress@infocn.edu.cn
2018年2月第1版
2018年1月第1次印刷
100.00元

黑版贸审字 08 - 2017 - 018 号

© Lars Larsson and Rolf E Eliasson 1994, 2000, 2007, 2014.

This translation of Principles of Yacht Design, Fourth Edition is published by Harbin Engineering University Press by arrangement with Bloomsbury Publishing Plc.

内 容 简 介

本书以一个新设计的 40 英尺巡航游艇的设计全过程为例来验证了游艇设计理论的实践应用。从游艇设计的技术规格书开始,作者介绍了众多的设计应用:线型和计算机辅助技术设计船体几何形状,静水和波浪的水力学和稳性计算,船体、龙骨和舵的设计,船帆的空气动力学和对帆的影响结果,如何找出游艇的平衡,选择正确的螺旋桨和主机,高速动力艇的特殊水动力,帆装游艇和动力游艇的结构设计,作用在船体和帆具上的载荷及其计算方法,以及玻璃钢及夹芯层压板的应用等。书中还给出了如何优化总布置中的艙阱、甲板、艙室,并推导了游艇的完全质量计算过程。

本书可供游艇设计工程师、船舶建造专业学生参考,也可供游艇爱好者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

风帆游艇设计原理/(瑞典)拉尔·拉尔森,(瑞典)罗孚·埃利亚森,
(瑞典)麦克·奥瑞驰著;(加)张万波译. —哈尔滨:哈尔滨工程大学
出版社,2018. 1

ISBN 978 - 7 - 5661 - 1730 - 4

I. ①风… II. ①拉… ②罗… ③麦… ④张… III. ①游艇 - 设计
IV. ①U674. 910. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 282803 号

选题策划 史大伟
责任编辑 薛 力
封面设计 刘长友

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区南通大街 145 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 1/16
印 张 20. 5
字 数 521 千字
版 次 2018 年 1 月第 1 版
印 次 2018 年 1 月第 1 次印刷
定 价 100.00 元
<http://www.hrbeupress.com>
E-mail: heupress@hrbeu. edu. cn

中文版前言

中国游艇业方兴未艾,持续发展,但面临诸多挑战,特别是游艇行业缺乏相关教育资料,游艇爱好者、学生和游艇设计师都热切盼望能看到有一定专业技术含量,但是又不晦涩难懂的游艇专业书籍。本书恰当地由始至终贯穿了船舶设计师的观点,而其中涉及的数学知识和各种计算公式又可以为受过普通高中以上教育的读者所掌握,译者认为这是一本非常适合当前中国游艇行业发展的好书。

译者取得了本书主要作者拉尔森先生及 BLOOMSBURY 出版社的授权,进行简体中文版本的翻译工作。

本书原名为《游艇设计原理》,因为书中除了阐述机动游艇的设计,还包含了大量的风帆游艇设计内容,经和作者及出版社商议后,将中文简体译本改名为《风帆游艇设计原理》。

目前本书已经有英语、德语、日语、朝鲜语、西班牙语、意大利语和埃斯托尼亚语版本,在游艇设计领域和游艇制造领域几乎众所周知,是一部非常难得的深入浅出并覆盖全面的教材和指导书。读者按照本书的指导,完全可以理解游艇设计并参与游艇的设计,甚至可以作为自己的游艇设计导师。

本书主要由张万波进行翻译,吴燕红、吴章和陈雁飞等人参加了部分章节的翻译,最后由张万波统一审校。虽然译者长期从事船舶设计、建造和教学研究工作的,但是毕竟水平有限,疏漏之处在所难免,请读者给予批评,以便将来再版进行改正。任何关于本书中文简体版内容方面的建议,都可以直接电邮 waveboom@gmail.com 与译者本人联系,欢迎交流指正。

为了中文读者阅读的方便,对比原著,译者给每章增加了小标题序号,并对原著中一些明显的疏漏,比如错误的引用参考图编号等直接进行了修正。

感谢哈尔滨工程大学出版社薛力老师的大力支持,感谢译者家人无私的奉献,感谢哈尔滨工程大学校友会上海分会副秘书长赵辉及张亦斌等人和众多游艇爱好者、网友的热情鼓励和对懈怠的译者进行的持续鞭策,最终才使得本书得以付梓。

张万波

2017年2月于加拿大蒙特利尔

前言

第一版《游艇设计原理》于1994年出版,迄今已经出版两个新版,本书被译成过德语、日语和朝鲜语,在美国也出版过特别版。本书第四版中保留了之前版本的结构和主要内容。本书主要的内容覆盖游艇设计的全过程,从设计规格书,水动力和空气动力学设计,结构评估和布置,到最终设计评估。本书对游艇设计的基本概念说明方面进行了加强,书中也包括了足够深度的并和文字分开的设计公式以满足新游艇的设计。这也是目前版本和之前版本的主要区别。YD-41,一个完整的全新设计的现代巡航游艇用以取代之前版本中的YD-40。这样也造成对大多数的图表和书中重要部分的文字进行修订。为了和新的设计联系起来,本书对设计章节中的统计数字进行了彻底的修订,目前这些统计都是基于最近十年的游艇设计。新游艇的第一设计者是 Michal Orych,也欢迎他成为本书新版的第三作者。

从第一版以来,本书持续进行了更新,特别是在以下两个区域:基于戴尔夫经验船体系列(DSYHS)的水动力公式;ISO 针对风帆游艇的安全性和结构一致性的标准。作者要向DSHYS的主任;Dr. Lex Keuning 在这些方面的建议表示感谢。ISO 12217-2 适航性标准是在 Andrew Blyth 主席的领导下开发的,ISO 结构标准 12215 是 Fritz Hartz 和 Gregoire Dolto 牵头开发的。在此要感谢他们的支持,以及他们的许可而采用一些尚未正式出版的标准的部分内容。目前版本中,新的阻力公式来自 DSHYS,更新了和舵叶及附体有关的 ISO 12215 标准。

因为从第一版以来,计算流体力学(CFD)有了显著进展,这也反映到了本版本中,也就是在最后一章的扩展部分反映了这些当代的技术。

4.3 排水量	32
4.4 浮心	33
4.5 水线面面积	34
4.6 小倾角横稳性和纵向稳性	35
4.7 大倾角稳性	36
4.8 稳性曲线	37
4.9 横摇	38
4.10 横摇对恢复力矩的影响	39
4.11 稳性统计	40
4.12 适航性评估	41
第5章 船体设计	42
5.1 风浪载荷所受的力和力矩	43
5.2 阻力构成	44
5.3 阻力系数的基本概念	45
5.4 船体阻力	46

拉尔·拉尔森

罗孚·埃利亚森

麦克·奥瑞驰

于哥森堡

目 录

数学符号表	1
转换因子	10
引言	12
第1章 设计方法学	15
1.1 设计螺旋线	15
1.2 计算机辅助设计(CAD)	16
第2章 初步设计考虑	19
2.1 艇型选择	19
2.2 确定用途	19
2.3 主要尺寸	20
2.4 造价	22
第3章 船体几何	24
3.1 定义	24
3.2 绘制线型	27
3.3 工具	29
3.4 计算机辅助船体设计	33
第4章 静水力学和稳性	36
4.1 面积计算	36
4.2 湿面积	37
4.3 排水量	39
4.4 浮心	40
4.5 水线面面积	42
4.6 小倾角横稳性和纵向稳性	44
4.7 大倾角横稳性	47
4.8 静稳性曲线	48
4.9 横摇	50
4.10 波浪对恢复力矩的影响	52
4.11 稳性统计	54
4.12 适航性评估	55
第5章 船体设计	60
5.1 风帆游艇所受的力和力矩	60
5.2 阻力构成	62
5.3 黏性阻力的基本概念	63
5.4 摩擦阻力	65

5.5	黏压阻力	67
5.6	粗糙度阻力	69
5.7	兴波阻力:基本概念	71
5.8	兴波阻力和剩余阻力	74
5.9	横倾阻力	79
5.10	波浪附加阻力	81
5.11	其他耐波性方面	86
5.12	船型统计	87
第6章	龙骨和舵的设计	92
6.1	机翼绕流	92
6.2	龙骨外形定义	94
6.3	经典机翼理论	95
6.4	龙骨梢部形状	99
6.5	游艇的升力和诱导阻力	102
6.6	高级龙骨外形设计	103
6.7	斜龙骨	109
6.8	一些龙骨外形概念的评估	110
6.9	截面定义	112
6.10	三种常用的 NACA 截面	112
6.11	形状对剖面特性的影响	114
6.12	一些关于截面形状的实践结论	120
6.13	理论截面形状偏差的影响	120
6.14	高级截面设计	123
6.15	龙骨和舵面积的统计数据	124
6.16	YD-41 游艇	126
第7章	帆装设计	127
7.1	船帆的绕流	127
7.2	轮廓外形	129
7.3	船帆的拱度	133
7.4	桅杆的干扰	135
7.5	降低桅杆紊流的方法	136
7.6	流线型	138
7.7	帆装空气动力学的实践模型	139
7.8	帆具统计数据	143
第8章	平衡	145
8.1	横倾效应	145
8.2	良好的平衡	146
8.3	水下船体的力作用中心	147
8.4	帆的力作用中心	149
8.5	帆导距	149

8.6 舵平衡	151
第9章 推进和主机	152
9.1 平静和恶劣天气的阻力	152
9.2 推进特性	155
9.3 螺旋桨的优化设计	157
9.4 非优化的螺旋桨特性	162
9.5 叶片区域的校核	164
9.6 推进器阻力	165
第10章 高速水动力学	167
10.1 滑行	167
10.2 舳部升高	170
10.3 滑行船体的受力	171
10.4 防溅条、断级型船底和艏压板	175
10.5 动稳性	177
10.6 其他推进设备	178
10.7 实例	179
第11章 帆装建造	183
11.1 标准的定义和范围	183
11.2 侧支索受力	185
11.3 支索的各种受力	189
11.4 钢索和连接钢杆的比较	191
11.5 桅杆的横向刚度	193
11.6 桅杆的纵向刚度	194
11.7 部分帆装的桅杆顶部	195
11.8 张帆杆	195
11.9 横撑	196
11.10 桅杆上的开孔	197
11.11 游艇 YD-41 的帆装	198
第12章 船体建造	202
12.1 结构力学概念	202
12.2 全局载荷	203
12.3 局部静水力载荷	209
12.4 局部动水力载荷	209
12.5 横向载荷分布	211
12.6 局部变形	212
12.7 龙骨传递的力	213
12.8 搁浅传递的力	215
12.9 舵传递的力	216
12.10 载荷小结	218

第 13 章 材料	223
13.1 玻璃增强材料	223
13.2 湿积层板	228
13.3 疲劳	229
13.4 外来材料积层板	230
13.5 夹芯结构	232
13.6 典型夹芯结构失稳	235
13.7 夹芯结构弯曲	236
13.8 实践应用中的夹芯结构	237
13.9 最后的评论	239
第 14 章 船体结构设计	240
14.1 ISO 标准的结构	240
14.2 船体结构的定义	244
14.3 基本积层板结构	246
14.4 船底设计载荷	246
14.5 顶边载荷设计	248
14.6 甲板、上层建筑和舱壁的载荷设计	251
14.7 内部载荷设计	251
14.8 纵向冲击分布因数	253
14.9 面积降低因数	253
14.10 板架计算	255
14.11 加强材计算	257
14.12 铲形舵装置的设计	259
14.13 链板和龙骨螺栓	261
14.14 夹芯结构的建造	264
14.15 100YD-41 的结构	268
第 15 章 布置	272
15.1 一般空间需求	272
15.2 舱室布置	274
15.3 甲板布置	279
第 16 章 设计评估	285
16.1 无量纲参数	285
16.2 航速预报程序(VPP)	286
16.3 拖曳水池试验	290
16.4 风洞测试	291
16.5 计算流体动力学(CFD)	292
附录 A YD-41 的主要参数	300
附录 B 质量计算	301
附录 C STIX 计算	310
参考文献	312

数学符号表

一般而言,本书中采用的符号都是国际拖曳水池会议(ITTC)推荐的符号。然而,在结构规范设计章节(结构尺寸)和北欧小船标准(Nordic boat standard)(帆具尺寸)中,采用了一些其他的符号。这也是为了方便读者们使用这些标准。

$A, A_{(i)}$	通常为面积
a	伸长量
$a_{(i)}$	自然轴到面积中心距离
A_0	螺旋桨盘面面积
a_1	L_{wl} 到 T_1 的距离
a_2	L_{wl} 到 T_2 的距离
ABS	美国船级社
A_D	考虑中的设计面积
A_F	前三角区面积
A_f	法兰面积
a_k	龙骨重心到艇体距离
A_{lr}	预计舵面积
A_M	主帆面积,或者设计水线以下中横剖面面积
A_{min}	龙骨/船体面积
AP	艏垂线
A_R	空气动力学推力
$AR, \Delta AR$	长宽比和长宽比相关变化值
AR_e	有效长宽比
AR_E	伸展龙骨的长宽比
AR_{Ee}	有效伸展龙骨长宽比
A_S	帆面积(主帆+前三角帆)或者空气动力学侧向力
A_w	水线面积
A_x	设计水线下最大横剖面面积
b	控制台短边长度
B	船中最大宽度,或者船舶正浮时的浮心
B_C	船体折角宽度
BD	迎浪杆距离甲板高度

b_e	列板有效宽度
BG	浮心和重心距离
B_H	船体型宽
BM	稳心半径
B_{MAX}	船体最大宽度
B_U	泰勒侧推系数
B_{WL}	水线宽
C	弦长,或者扶强材冠幅,或者压缩强度
$C_{1,2}$	吊索收缩力
c	控制台弧形高度
C_B	方形系数
C_D	阻力系数
C_{DI}	诱导阻力系数
C_{DO}	零度攻角时阻力系数或者桅杆、索具和桅顶的阻力系数
C_{DP}	帆的黏性阻力系数
CE	气动力作用中心
C_F	表面摩擦系数
CFD	计算流体动力学
C_H	船底阻力系数
C_L, C_{Lmax}	升力系数和相对最大升力系数
C_{Lr}	舵升力系数
CLR	侧体阻力水动力中心
C_M	中横剖面系数
C_P	菱形系数,或者压力系数
C_R	剩余阻力系数
C_S	空气动力学侧向力系数
C_u	扶强材弧形高度
D	游艇型深、吃水或者螺旋桨直径
$D_{1,2,3}$	对角侧支索
d_{kb}	龙骨栓的中心直径
DWL	设计水线
E	弹性模数或者主帆基座(ISO)
E_C	压缩弹性模数
E_F	弯曲弹性模数
E_T	恩斯勒弹性模数
E_{TC}	平均弹性模数

F	帆平面因子、弯曲强度、扶强材法兰宽度、诱导因子的设计压头
$F_{1,2,3}$	横向索具力尺寸数
F_a	艏干舷
F_f	艏干舷
F_h	水动力侧向力,迎浪杆水平力
F_i	冲击力
Fr	弗劳德数
FP	艏垂线
F_r	舵侧向力
F_s	诱导因子的设计压头
F_S	桅顶干舷
F_v	迎浪杆垂向力
F_Φ	垂直中纵剖面的侧向力
FRP	增强纤维塑料、玻璃钢
g	重力加速度、周长、压载重力
G	重心、游艇空载重力
GM	稳心高
GRP	增强玻璃纤维塑料、玻璃钢
GZ	恢复力矩
H	内底高
$H_{1/3}$	显著波高
h	粗糙度高度、舵页高、扶强材高、水线或者折角线局部高度、桅杆自甲板起高度、上层建筑顶部到前帆索最高点距离
h_u	舵承间距
HA	横倾力臂
h_b	水密舱壁或者一体舱的压头
I	前三角高度(ISO),惯性矩
I_L	水线面纵向惯性矩
IACC	国际美洲杯竞赛级
IMS	国际丈量系统
IOR	国际离岸规则
ISO	国际标准化组织
I_T	水线面积横向惯性矩
I_{yy}	绕通过 G 点的横轴的质量惯性矩
I_x	桅杆横向惯性矩
I_y	桅杆纵向惯性矩

J	前三角基线(ISO)
k	螺距的惯性半径、长宽比因子
k_{AR}	衰减系数的区域压力
k_e	曲率纠正系数
k_{DC}	设计类别因子
k_L	纵向冲击因子
K_Q	扭矩系数
k_R	结构成分和艇型因子
k_{SA}	扶强材剪切面积因子
k_{SHC}	夹芯板剪力因子
k_{SLS}	轻快型帆船的抨击因子
k_{SUP}	上层建筑压力衰减因子
K_T	侧推系数
k_V	垂向影响因子
k_1	弯曲刚性系数
k_2	弯曲强度的长宽比系数
k_3	弯曲刚性的长宽比系数
k_4	表面位置因子
k_5	表面纤维类型因子
k_6	表面稳性因子
k_7	最小厚度因子
k_8	最小厚度因子
l	控制台长边
L	总长、额定长度、升力
L_F	内底长度
L_k	龙骨踵长度
$l_{1,2,3}$	索具平台长度
l_a	水线面至尾牵索顶端距离
l_c	导边到力作用中心距离
l_u	扶强材非支撑长度
LCB	纵向浮心
L_H	船体长度
L_{OA}	总长
L_{pp}	垂线间长
L_{WL}	水线长
m	质量排水量、质量(总)、桅杆材料因子

m_K	压载龙骨质量
m_{LA}	满载到港质量
m_{LDC}	满载排水质量
M	弯矩、稳心
Mb_{hull}	船体弯矩
M_{fl}	内底弯矩
M_{kl}	基线内底弯矩
M_{kt}	龙骨横向弯矩
m_{MO}	最小出港质量
M_r	舵弯矩
M_s	吊具弯矩
N	舵力因子
NBS	北欧小船标准(Nordic Boat Standard)
n	上艇人数、转速、龙骨以上甲板数
n_{cg}	动态载荷因子
n_{kb}	龙骨螺栓数目
OF_{bolt}	龙骨螺栓偏移
ORC	近海竞赛协会(Offshore Racing Congress)
O_x	桅顶长度横向分量
O_y	桅顶长度纵向分量
P	主帆高度(ISO)、螺旋桨螺距、总载荷
P_a	艉牵索载荷量纲
P_{ah}	艉牵索载荷水平分量
P_{av}	艉牵索载荷垂直分量
P_b	艇底压力
P_{BMD}	动力艇船底压力排水量
P_{BMP}	动力艇船底压力面
P_{BS}	风帆艇船体压力
P_c	复合材料特性
$^*P_{crit}$	极限载荷
P_D	传递功率、设计压力
P_{deck}	甲板压力
P_{DM}	动力艇甲板压力
P_{DS}	风帆艇甲板压力
$P_{D,V}$	横桅索载荷量纲
P_{th}	艏牵索载荷水平分量

P_{fi}	内艏牵索载荷量纲
P_{fo}	外艏牵索载荷量纲
P_{fv}	艏牵索载荷垂直分量
P_{hd}	牵索力水平分量
P_{kb}	龙骨螺栓阻力
P_{kt}	总龙骨螺栓阻力
P_m	毡垫特性
P_{mast}	桅杆压力
PT	桅杆载荷量纲
P_r	搁浅载荷
P_{SMD}	动力艇侧向压力排水量
P_{SMP}	动力艇侧向压力面
P_{SS}	风帆艇侧面压力
P_{SUPM}	动力艇上层建筑压力
P_{SUPS}	风帆艇上层建筑压力
P_{TB}	整体液舱设计压力
P_{WB}	水密舱壁设计压力
Q	扭矩
R	总阻力、收帆因子
R_A	风阻
R_{AW}	波浪附加阻力
R_F	摩擦阻力
R_H	船底阻力
RM	复原力矩
RM_1	1°复原力矩
RM_{30}	30°复原力矩
RM_{90}	90°复原力矩
Re	雷诺数
RORC	皇家海洋竞赛俱乐部
R_R	剩余阻力
r_t	艏柱半径
R_{VC}	舵力中心、从顶端起的垂直距离
RYA	英国皇家游艇协会
s	扶强材间距
$S_{(n)}$	横桅杆长度
SA	三角帆总面积

SAF	前三角帆面积(ISO)	面积符号	A
SAM	主帆面积、三角帆面积(ISO)	面积符号, 量水数	A
SL	大三角帆长度(ISO)	量数符号	l
SM	剖面模数	率量量容内数符号	I
SM_0	内底剖面模数	量量符号	I_0
SM_{hull}	船体梁剖面模数	量量符号	I
SM_i	内平台剖面模数	量量符号	I_i
SM_k	龙骨渐进剖面模数	量量符号	I_k
SM_o	外平台剖面模数	率量量容内数符号	I_o
SMW	大三角帆宽度(ISO)	率量量容内数符号	I, I_o, I_i, I_k
S_w	湿面积	面积符号	A
S_{wc}	船体湿面积	面积符号	A
t, t_{max}	厚度和相对最大厚度	量量符号	t
T	游艇吃水、侧推螺旋桨、拉伸强度	力符号	F
T_1	波浪周期、横向首帆受力	力符号	F
T_2	横向主帆受力	力符号	F
T_{boom}	主帆基部横向力	力符号	F
T_{bu}	上迎浪杆受力	力符号	F
t_c	芯材厚度、折角厚度	量量符号	t
TCG	横向重心	量量符号	CG
t_f	面材厚度	量量符号	t
T_{head}	主帆顶部横向力	力符号	F
t_k	龙骨底板厚度	量量符号	t
T_{hl}	下横桅杆受力	力符号	F
T_{hu}	上横桅杆受力	力符号	F
T_K	船体下方龙骨吃水	量量符号	t
T_R	锥度比	量量符号	R
T_r	舵扭矩	力符号	M
T_S	停止时间	量量符号	t
t_s	表面厚度、首列板厚度	量量符号	t
V	排水体积、游艇航速	量量符号	V
$V_{1,2}$	垂向横桅索	力符号	F
V_{AW}	相对风速	量量符号	V
V_{Awe}	有效相对风速(游艇正浮)	量量符号	V
VCB	垂直浮心	量量符号	V
VPP	速度预报程序	量量符号	V

V_s	游艇速度
W	排水量、纤维角度
w	纤维质量
W_f	纤维内容量比率
W_K	压载重量
X_0	中性轴位置
x	中面板距离、水线尾端扶强材
x_{lc}	导边到舵轴中心距离
X_m	复合材料中毡垫比率
X, Y, Z	卡迪讯坐标:从艏垂线开始, X 指向艏部、 Y 指向右舷
y	偏斜度
Z	船体顶端高度、水线面以上甲板高度
Z_{CBk}	水面到龙骨浮心距离
α	攻角、比例因子
α_a	艏牵索与桅杆角度
α_f	艏牵索与桅杆角度
β	偏航角、舭部升高角
$\beta_{1,2,3}$	桅杆吊索对角线角
β_{AW}	相对风向角
$\gamma_{1,2}$	吊索垂向角
δ	泰勒参数、横桅杆水平角
δ_{RM}	来自船员和侧风的附加恢复力矩
η	安全因子
η_0	推力有效性
θ	倾斜角
λ	波长
$\hat{}$	后掠角
ν	运动黏性
ρ	密度
σ	常规压力、气泡数
$\sigma_{0.2}$	屈服应力
σ_a	设计应力
σ_c	舵承设计应力
σ_d	设计应力
σ_f	芯材表面常规应力
σ_u	许用应力