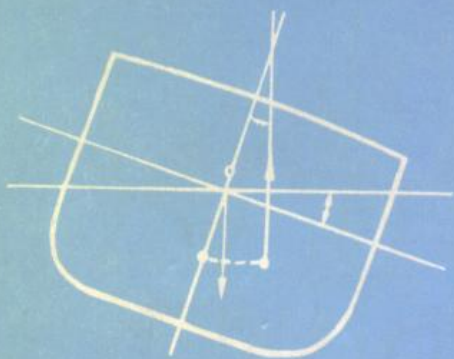


造船原理基础



国防工业出版社

内 容 简 介

本书是为造船专业学生及其他人员学习、掌握造船原理而编写的辅导科技读物。

全书共分十三部分，分别概述造船原理知识及常用公式、计算方法等。书中内容简明易懂，为便于学习，书中还运用大量图表，编写了许多例题和一百五十余个练习题，并在书末给出全部答案。

本书可供大专院校造船专业学生、教师，船厂、设计部门青年技术人员、干部、造船工人以及广大业余船舶爱好者参考阅读。

NAVAL ARCHITECTURE

Brian Baxter

Hodder and Stoughton, London, by Fletcher &

Son Ltd, Norwich

Second Edition 1976

*

造船原理基础

〔英〕布赖恩·巴科斯特 著

陈秋真 译

朱崇贤 校

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

河北涿中印刷厂印装

*

787×1092 $1/32$ 印张 7 $1/4$ 154 千字

1982年12月第一版 1982年12月第一次印刷 印数：0,001—2,400册

统一书号：15034·2436 定价：0.77元

出版说明

本书为英国野路造船公司经理布赖恩·巴科斯特先生所著。

为了满足英国广大读者的需要，在英国政府发出的逐渐将英制度量衡单位转变为国际米制单位的号召下，作者根据他在英国和香港地区几家船厂中多年的工作经验，于一九五九年撰写了此书。一九七六年再版，并列为科技自学丛书之一，曾引起广大读者浓厚兴趣。

本书的特点是简明易懂，便于自学。书中运用大量图表，编写了许多例题和一百五十余个练习题，并在书末给出全部答案。

为了满足我国大专院校造船专业学生、教师，船厂、设计部门青年技术人员、干部、造船工人，以及广大业余船舶爱好者参考阅读，翻译出版此书。在翻译中，尽量保持原书的特点，对个别部分内容作了删节、修改和增补。译稿完成后，上海交通大学有关同志曾予以审阅，提出宝贵意见，特此表示谢意。

由于各方面原因，书中难免有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

目 录

一、造船工业中的米制及常用术语·····	1
二、型线图·····	13
三、面积、面积矩、惯性矩及体积的计算·····	19
四、横稳性·····	43
五、纵稳性·····	69
六、浸水与水密分舱·····	84
七、下水·····	103
八、干舷·····	119
九、吨位·····	133
十、船体强度·····	143
十一、振动·····	173
十二、阻力与功率·····	180
十三、推进与螺旋桨·····	195
附录一 常用资料·····	218
附录二 习题答案·····	219

一、造船工业中的米制及常用术语

序 言

一九六五年五月，英国政府颁布了鼓励英国工业在十年内变为米制的国家政策。这种改变意味着将要用米制的国际单位制（SI）取代英国度量衡的英制单位。国际单位制基本上有六种：

量 值	单 位	符 号
长 度	米	m
质 量	千 克	kg
时 间	秒	s
电 流	安 培	A
温 度	开 尔 文	K
发光强度	新 烛 光	cd

据此，演绎出了其它的单位，并给出了它们专用的名称与符号。最常用的是：

量 值	单 位	符 号
力	牛 顿	$N = \frac{kg \cdot m}{s^2}$
功、能、热量	焦 耳	$J = N \cdot m$
功 率	瓦 特	$W = \frac{J}{s}$
电 阻	欧 姆	$\Omega = \frac{volts}{amps} = \frac{V}{A}$

定义

牛顿（N）是力的国际单位，是指使质量为 1 千克的物

体产生 1 米/秒²加速度的力。

$$1 \text{ 牛顿} = 0.225 \text{ 磅力 (大约)}$$

焦耳 (J) 是能量的国际单位, 用于所有形式的能, 包括机械能、机械功和热。其定义是: 用 1 牛顿的力使物体在力的方向上移动 1 米距离所作的功。也就是说, 它等于 1 牛顿·米的功。

$$1 \text{ 焦耳} = \text{大约 } 0.737 \text{ 英尺磅力}$$

$$1 \text{ 千焦耳(kJ)} = 1000 \text{ 焦耳}$$

$$= 0.949 \text{ 英国热量单位 (大约)}$$

瓦特 (W) 是功率的国际单位, 用于机械功率与电动功率两种。1 瓦特等于 1 秒钟作 1 焦耳的功。

$$746 \text{ 瓦特} = 1 \text{ 马力 (大约)}$$

国际单位制的倍数

国际单位制的次方和负次方是由下列的词头构成的:

倍 因 子	词 头	符 号
10^6	百万	M
10^3	千	k
10^2	百	h
10	十	da
10^{-1}	十分之一	d
10^{-2}	百分之一	c
10^{-3}	千分之一	m
10^{-6}	百万分之一	μ
10^{-9}	毫微	n

一个词头可直接与其后的单位符号相结合, 以构成一个新的单位符号。例如:

$$1 \text{ 厘米}^3 = (10^{-2} \text{ 米})^3 = 10^{-6} \text{ 米}^3$$

下列表格列出的是那些演绎出来的其它单位，并且还给出了英制单位的等价值：

物 理 量	单 位	符 号
面 积	平方米	m^2
容 积	立方米	m^3
密 度	千克/米 ³	kg/m^3
速 度	米/秒	m/s
角 速 度	弧度/秒	rad/s
加 速 度	米/秒 ²	m/s^2
角加速度	弧度/秒 ²	rad/s^2
压力、应力	牛顿/米 ²	N/m^2
表面张力	牛顿/米	N/m
动力粘度	牛顿·秒/米 ²	Ns/m^2
运动粘度	米 ² /秒	m^2/s
导热系数	瓦特/米·开尔文	$W/(m \cdot K)$

量 值	英制单位	等效的国际单位
长 度	1 码	0.9144米
	1 英尺	0.3048米
	1 英寸	0.0254米
	1 英里	1609.344米
	1 海里(英制)	1853.18米
	1 海里(国际单位制)	1852米
面 积	1 英寸 ²	$645.16 \times 10^{-6} \text{米}^2$
	1 英尺 ²	0.092903米^2
	1 码 ²	0.836127米^2
	1 英里 ²	$2.58999 \times 10^6 \text{米}^2$
	1 英寸 ³	$16.3871 \times 10^{-6} \text{米}^3$
容 积	1 英尺 ³	0.0283168米^3
	1 加仑(英制)	0.004546092米^3
	1 英寸 ³	0.0283168米^3
速 度	1 英尺/秒	0.3048米/秒
	1 英里/小时	0.44704米/秒
	1 英里/小时	1.60934千米/小时

(续)

量 值	英制单位	等效的国际单位
速 度	1 节(英制)	0.51477米/秒
		1.85318千米/小时
	1 节(国际单位制)	0.51444米/秒
标准加速度, g		1.852千米/小时
	32.174英尺/秒 ²	9.80665米/秒 ²
质 量	1 磅	0.45359237千克
	1 吨	1016.05千克
质量密度	1 磅/英寸 ³	27.6799 × 10 ³ 千克/米 ³
	1 磅/英尺 ³	16.0185千克/米 ³
力	1 磅达	0.138255牛顿
	1 磅力	4.44822牛顿
压 力	1 磅力/英寸 ²	6894.76牛顿/米 ²
应 力	1 吨·英尺/英寸 ²	15.4443 × 10 ⁶ 牛顿/米 ²
能 量	1 英尺·磅达	0.0421401焦耳
	1 英尺·磅力	1.35582焦耳
	1 小卡	4.1868焦耳
	1 英国热量单位	1055.06焦耳
功 率	1 马力	745.700瓦特
温 度	1 兰金氏单位	5 / 9 开尔文单位
	1 华氏单位	5 / 9 摄氏单位

注：在有些情况下，要硬性执行国际单位制是不现实的。经国际上同意，其它单位正在并将继续成为标准单位。例如：

(1) 时间：一个标准日为86400秒。因而，日、小时、分，将继续用作实用单位。

(2) 平面角：由于一个整圆不能包含全部弧度，因而，度、分和秒将继续被采用。

(3) 长度：英制海里与国际制海里之间的差约为0.06%。

(4) 容积：用于吨位丈量的1000英尺³为一吨的单位则很难被取代，在国际上同意的期间内仍需继续采用。

(5) 稳性数据：排水量与货物重量都应以吨来表示。

改变纵倾的力矩应以吨米为单位。

每英寸浸水吨位应以吨/厘米为单位。

应当记住，国际标准化组织(ISO)所推荐的标准，只有很少部分用于造船方面，而且它们一般尚未通用，许多国家还采用与国际单位制不同的米制技术单位。

在英国，我们可以变英制为米制，这样，便于与欧洲许多国家取得一致。然而，我们却选用了符合国际单位制的各种标准。因而，这就与那些不希望改变米制的国家有所区别。

常用术语

首垂线 (FP) 由一条通过设计水线和首柱前缘交点的垂线来表示。

尾垂线 (AP) 由一条通过舵柱后缘和设计水线交点的垂线来表示。这种情况适用于单桨和双桨的民船。对某些类型的军舰以及那些没有舵柱的民用船来说，则以舵杆的中心线为尾垂线。

垂线间长 (L_{PP}) 是指首、尾垂线之间的水平距离。

设计水线长 (L_{WL}) 是指船浮在静水中时，在满载或设计状态下所测得的水线长。

总长 (L_{OA}) 是指从船首部顶点到尾部顶点测得的船长。

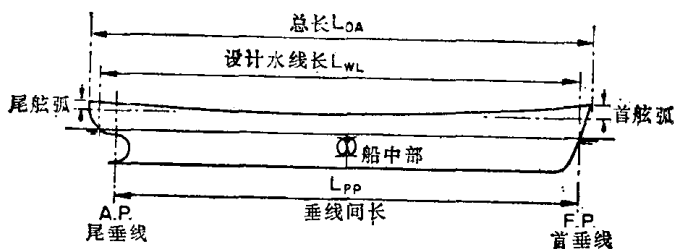


图 1

船中 指首、尾垂线中点的位置。

中横剖面 是指位于船中的横剖面。对于军舰，中横剖面应在设计水线的中点处。

型宽 (B) 是由外板内表面测得的船的最大宽度，一般

在船中处。

最大宽度 (B_E) 是指船的最大宽度, 包括全部外板、舷外带板等在内的最大水平距离。

基线 是指船舶型表面的最低线。从基线与中横剖面的交点画一条水平线, 该线作为全部静水力计算用的基线。根据船舶的类型, 基线可以平行于设计水线 L_{WL} , 也可以不平行。

型深 (D) 是指在中横剖面船舷处测得的基线与最高连续甲板顶线间的垂直距离。

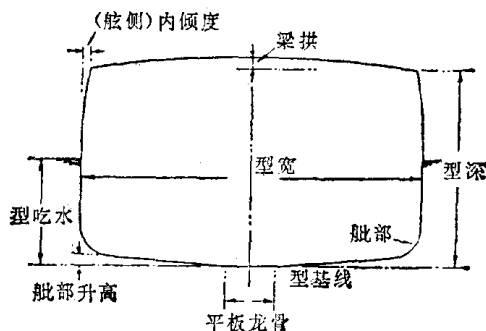


图 2

型吃水 (T) 是指以基线为基准, 量至船任意部位任一吃水线的距离。一般指在中横剖面处型吃水。

最大吃水 (T_E) 是指型吃水再加上基线与通过龙骨下缘最低点的水线之间的距离。该水线与首、尾垂线相交, 用它作为吃水标志的基准。

纵倾 是指首、尾吃水之间的差。如果首吃水大于尾吃水, 则称为首倾; 如果尾吃水大于首吃水, 则称为尾倾。

横倾 是指船舶横向的倾斜量, 通常以“度”来表示。

舷弧 是指甲板边线的纵向曲度。在船长方向任意一点

上的舷弧都可由该点甲板边线的高度与中横剖面处甲板边线最低点处的高度之差来量度。通常，首舷弧是尾舷弧的二倍。

梁拱 是指甲板的横向拱度。由甲板中线与甲板边线的高度差来量度。中横剖面的梁拱值通常是船宽的 $1/50$ 。

艀部升高 是指在中横剖面处，外底板延伸线与舷侧型线的交点在基线以上的升高量。

龙骨水平半宽 是指中线面一侧龙骨板平直部分的宽度。

艀部 是指舷侧外板与底外板之间的连接部分，一般为圆艀。

内倾度 是指在某一高度以上，中横剖面舷侧向内的倾斜量。

外倾度 是指在某一高度以上，中横剖面舷侧向外的倾斜量，它与内倾度相反。

进流段与去流段 是指平行中体以前和以后的船体水下部分。

平行中体 (L_P) 是指横剖面保持不变的那部分船体长度。

排水量 它相当于船体所排开的水的体积 (∇)，重量 (Δ) 或者质量。主要分为：

体积排水量 (∇) 是指以立方米为单位计算的船体所排开的水的体积，不包括水的密度修正量。

重量排水量 (Δ) 是指船所排开的水的重量。它等于排水体积乘上水的密度，即

$$\text{在淡水中} \quad \Delta = \nabla \times 1000 \text{ 千克/米}^3$$

$$\text{在海水中} \quad \Delta = \nabla \times 1025 \text{ 千克/米}^3$$

当船在静水中处于平衡状态时，虽然其重量排水量与船的重量相等，但由于世界各地环境位置的差异，水的密度不同，因而体积排水量[●]不尽相同。

质量排水量 相当于排开的水量。因为质量的单位为千克，且 1000 千克 = 1 吨，所以，当涉及到船的大小时，就用吨为单位。

型排水量 指船浮在任一水线下，由船的型线所排开的水的质量。

总排水量 (Δ_E) 等于型排水量加上外板、轴毂、巡洋舰尾以及其它所有附体的排水量。

空船重量 指船装备齐全并准备航行时的总排水量，不包括船上的船员、乘客、贮备品、燃油、淡水或货物。但锅炉里装了水，以达其工作状态。

载重量 指船所允许装载的货物、人员等的最大重量，或者是在任一吃水下总排水量与空船重量之差，故有时称为装载量。

构件尺寸 指那些造船用的型钢及钢板的厚度与尺寸。

船型系数 “船型”一词是用来描述船体形状的统称。当一个船型与另一个船型相比较时，造船工程师就采用各种系数。这些系数在功率、稳性、强度与设计计算时极为有用。各种系数有：

方形系数 (C_B) 这是船型丰满度的一种衡准。是指在给定水线下，型排水体积和与其相对应的水线长度、水线宽度和平均型吃水的乘积，即所组成的长方体体积之比：

● 原文有误，已修改。——译注

$$C_B = \frac{\nabla}{L \times B \times T}$$

一般 L 取 L_{PP} 来计算方形系数的值。方形系数随着船的种类不同而变化。

高速船（定期班船、驱逐舰）：

$$0.50 \sim 0.65 \text{ (瘦船型)}$$

普通货船： $0.65 \sim 0.75$ (适中船型)

低速货船： $0.75 \sim 0.85$ (丰满船型)

棱形系数 (C_P) 是指在给定水线下，型排水体积与其相对应的水线长和中横剖面浸水面积 A_M 的乘积，即所组成的柱形体的体积之比：

$$C_P = \frac{\nabla}{A_M \times L}$$

一般 L 取 L_{PP} 。 C_P 是船舶排水量纵向分布的一种衡准，其数值范围约从瘦船型的 0.55 到丰满船型的 0.85。

中横剖面系数 (C_M) 是指中横剖面浸水面积与其相应的水线宽、吃水的乘积，即所组成的矩形面积之比：

$$C_M = \frac{A_M}{B \times T}$$

C_M 值大约从高速船的 0.85 到低速船的 0.99。

水线面系数 (C_{WP}) 是指某一水线面面积与其对应的水线长和水线宽的乘积，即所组成的矩形面积之比：

$$C_{WP} = \frac{A_W}{L \times B}$$

一般 L 取 L_{PP} 。 C_{WP} 值的范围约从瘦船型的 0.70 到丰满船型的 0.90。

每厘米吃水吨数 (TPC) 是指为了将船的平均吃水改

变一厘米时, 所必须加上或扣除的质量。如该船的平均吃水改变一厘米, 此时的水线面面积为 A_w (米), 那么:

$$\text{排水体积的变化量} = A_w \times 0.01 \text{ 米}^3$$

$$\text{排水重量的变化量} = A_w \times 0.01 \times 1.025 \text{ 吨 (在海水中)}$$

$$\therefore TPC = A_w \times 0.01025 = \frac{A_w}{97.5} \text{ (在海水中)}$$

$$\text{或者 } TFC = A_w \times 0.01 \text{ 吨} = \frac{A_w}{100} \text{ (在淡水中)}$$

漂心 (F) 是指船舶水线面面积的中心 (或形心)。对于小角度的纵倾来讲, 相应的水线面均通过漂心 F 。

浮心 (B) 是指船舶水下形状的形心, 总的浮力可假设为作用于该点。它的位置由下列量来确定:

(1) $\overline{KB}$ 浮心在基线以上的垂直距离;

(2) $\overline{FB}$ 浮心离首垂线的纵向距离;

(3) LCB 浮心离船中横剖面的纵向距离。

重心 (G) 假设为船舶总重量的作用点。它也可以由下列因素来决定:

(1) $\overline{KG}$ 重心在基线以上的垂直距离;

(2) $\overline{FG}$ 重心离首垂线的纵向距离;

(3) LCG 重心离船中横剖面的纵向距离。

习 题 一

1. 一艘船有下列诸要素:

垂线间长 96.00米

船宽 型宽为13.85米, 最大宽度为13.90米

吃水 型吃水为5.70米, 最大吃水为5.72米

在海中的排水量 型排水量为4690吨, 总排水量为4750吨

试计算型方形系数与最大方形系数(C_B)的值。且已知:

$$A_H = 994.00 \text{米}^2, A_M = 77.00 \text{米}^2。$$

2. 用上述给出的要素计算:

- (1) 棱形系数 C_P ;
- (2) 中横剖面系数 C_M ;
- (3) 水线面系数 C_{WP} ;
- (4) 在海水中的每厘米吃水吨数;
- (5) 在淡水中的每厘米吃水吨数。

3. 对于任意一艘船, 试证明 $C_P = \frac{C_B}{C_M}$ 。

4. 一艘船长122米, 宽15.25米, 在海水中龙骨呈水平, 正浮时的吃水为5.50米。如果其方形系数是0.695, 排水量为多少? 如果中横剖面浸水面积是82.50米², 试计算棱形系数 C_P 和中横剖面系数 C_M 。

5. 一艘船有下列诸要素:

垂线间长 (L_{PP})	128米
方形系数 (C_B)	0.713
中横剖面系数 (C_M)	0.945
型宽 (B)	19.20米
型吃水 (T)	8.85米

试计算:

- (1) 在海水中的型排水量;
- (2) 中横剖面浸水面积;
- (3) 棱形系数。

6. 一艘船在海水中的排水量为1747吨, 方形系数为0.537, 中横剖面系数为0.834, 中横剖面浸水面积为30米², 宽度吃水比为3.53。试计算船长、船宽与吃水。

7. 水线面系数 C_{WP} 与方形系数 C_B 之间存在着如下的密切关系:

$$C_{WP} = \frac{1}{3} + \frac{2}{3} C_B$$

用该关系式求出当吃水(T)发生变化时, 方形系数 C_B 的变化。

8. 亚历山大 (Alexander) 公式给出了方形系数的近似值。该公式为:

$$C_B = \alpha - \frac{V}{3.62\sqrt{L}}$$

式中 C_B = 方形系数;

V = 航速(节);

L = 单桨船的垂线间长 L_{PP} (米);

α (常数) = 1.08 (对应于普通货船的试航速度)。

试求一艘长137米、试航速度为16.5节的货船的方形系数值。

9. 设计部门有时用来求一艘船的初始长度的公式如下:

$$L = C \left(\frac{V}{V + 2} \right)^2 \Delta^{1/3}$$

式中 L = 垂线间长 L_{PP} (米);

V = 航速(节);

Δ = 排水量(吨);

$$C = \begin{cases} 7.13 (\text{低速单桨船}) \\ 7.28 (\text{中速双桨船}) \\ 7.88 (\text{高速船}) \end{cases}$$

一艘双桨船的航速为13节, 满载排水量为17273吨, 其船长大约是多少?

10. 常用于设计工作的另二个船型系数是:

$$(1) \text{ 相关系数 } e = \frac{\text{棱形系数}}{\text{水线面系数}} = \frac{C_P}{C_{WP}}$$

对绝大多数船来讲, e 值仅在0.85~0.95之间变化。

$$(2) \text{ 垂向棱形系数 } C_{VP} = \frac{\text{方形系数}}{\text{水线面系数}} = \frac{C_B}{C_{WP}}$$

C_{VP} 值高表明排水量集中于龙骨附近; C_{VP} 值低则表明排水量集中于水线附近。

一艘货船长46米, 宽8米, 平均吃水为3.6米时的水线面面积为305米², 在海水中的相应排水量为1030吨, 中横剖面系数值取0.97。试计算 e 值和 C_{VP} 值。

二、型线图

一艘船的形状通常用三个参考平面表示在一张按比例绘制的图上，该图称为型线图。其上所示的三个视图为：

(1) 纵剖线图或侧面图：它给出了船舶总的外形轮廓，甲板的部位和舷弧以及设计满载水线的位置；

(2) 半宽水线图：表示了各层甲板以及由若干水平平面和船体表面相交所得的水线形状；

(3) 横剖线图：给出了一组横向垂直平面与船体表面相交所得的型线形状。图中规定，由船中向首的剖面绘在右边，向尾的剖面在左边。

型线图表示船的型表面。对商船来说即为外板的内表面，而军船的型线图却表示外板的内表面再加上外板的平均厚度，对于木质船，则型线图表示木板的外表面。一艘客货船型线图中的一个视图如图3所示。

按照惯例，纵剖线图上船首总是放在图的右边，通常将该图画成看上去似乎船是在设计状态下浮于静水中。由于客货船没有设计纵倾，因此，满载水线(LWL)平行于型基线。横剖线图通常总是画在纵剖线图的左边（也有的画在纵剖线图中间部位）^①，并且是放在同一条型基线上。为了使横剖面图清晰，图4的横剖线图是经放大后单独作为一图示出的。实际型线图，上述三个视图以相同比例画在一张图

① 我国习惯画在纵剖线图中间部位，个别的画在右边。——译注