

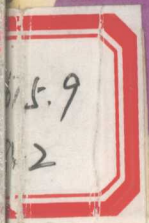


# 船舶操纵

钮友伦 主编

戚飏如 主审

大连海运学院出版社



## 内 容 简 介

本书是根据《中华人民共和国船员条例》和《中华人民共和国船员培训大纲》的要求，结合我国实际情况，参照国际公约和惯例，参照国外有关教材编写而成的。

# 纵 操 舶 船

本书共分四章，第一章为绪论，第二章为船舶操纵，第三章为船舶避碰，第四章为船舶引航。

本书可作为航海专业及相关专业的教材，也可供从事航海工作的有关人员参考。

本书由大连海运学院航海系教授钮友伦、戚庭如主编，戚庭如主审。

chuán bó cǎo zòng

本书由大连海运学院航海系教授钮友伦、戚庭如主编，戚庭如主审。

本书由大连海运学院航海系教授钮友伦、戚庭如主编，戚庭如主审。

钮友伦 主编

戚庭如 主审

于

1985年8月第1版 1985年8月第1次印刷

大连海运学院航海系教授钮友伦、戚庭如主编，戚庭如主审。

大连海运学院出版社

大连 4007-1000 电话 28-2, 28-3

ISBN 7-8023-0038-0/C·14

(辽)新登字 11 号

## 内 容 简 介

本书是根据1986年中专教育研究会海船驾驶专业委员会与中专海船驾驶专业教材编审组联席会议决定,为适应教育改革的需要而编写的。

本书材料来自多年的教学经验和船舶操纵的实践以及近年来国内、外船舶操纵的新理论和新技术。内容丰富、通俗、实用。主要内容包括:船舶操纵性能,自然因素对操纵的影响,锚、缆和拖轮的应用,系泊与锚泊,特殊情况下的操纵,海难与救助等。

本书除供在校学生学习外,还可供船员培训、自学以及驾驶员工作参考。

大连海运学院出版社出版  
大连海运学院出版社发行  
大连海运学院出版社印刷厂印装

开本:  $787 \times 1092$  1/32 印张:  $7\frac{5}{8}$  字数: 165千

1989年8月第1版 1992年8月第2次印刷

责任编辑: 张义文

封面设计: 王 艳

印数: 4001~7000 定价: 3.85 元

ISBN 7-5632-0029-0/G·14

## 前 言

本书是作为船舶驾驶专业的教材而编写的，也可供广大船员自学使用。

早在1974年，人民交通出版社为提高广大海员的航海技术和自学的需要，曾组织了当时上海海运局教导队的教师编写出版了《海船驾驶基础知识》丛书。《船舶操纵》系该丛书之一，原由周沂同志编著。

1978年，上海海运职工大学鉴于没有正式教材，即委托钮友伦同志对原书进行修订。除保存原书的通俗、实用的基本特点外，又结合多年来诸多船长、驾驶员的实践经验和近年来国内外在船舶操纵方面的新理论、新知识，进行了修改和补充，并于1980年以学校的讲义形式打印出版，并为各交通水运中专学校选用。由于各校试用后反映较好，交人民交通出版社出版。当时因印刷等原因，如以教材方式出版等候时间较长，故改用丛书形式于1984年作为《船舶操纵》丛书的修订本出版，以适应各校教学之急需。

1986年在大连召开的中专教育研究会海船驾驶专业委员会与中专海船驾驶专业教材编审组联席会议决定《船舶操纵》仍由钮友伦同志主编，并由大连海运学校戚颀如同志主审。本教材编写中以1984年版本为基础，作了适当修改、补充和删节，以适合教时的要求。修改后的全书共分六章，主要内容包括操纵中船舶本身（车、舵、锚、缆）和自然因素（风、流）影响的普遍规律；船舶靠离码头、浮筒，掉头等方法；以及特殊情况下，如狭水道、大风浪、冰区、海上拖带等的操纵要点和发生海难时的救助与自救方法等。

因限于水平，缺点错误在所难免，敬希读者指正。

|       |   |   |
|-------|---|---|
| (171) | 目 | 录 |
| (181) |   |   |
| (181) |   |   |

|                |       |
|----------------|-------|
| 第一章 船舶操纵性能     | (1)   |
| 第一节 船速与冲程      | (1)   |
| 第二节 螺旋桨的偏转效应   | (18)  |
| 第三节 舵效及车舵综合效应  | (24)  |
| 第四节 操纵性指数与旋回圈  | (36)  |
| 第二章 自然因素对操纵的影响 | (52)  |
| 第一节 风的影响       | (52)  |
| 第二节 流的影响       | (63)  |
| 第三节 浅水效应及富余水深  | (68)  |
| 第四节 纵横倾的影响     | (72)  |
| 第三章 锚、缆及拖轮的应用  | (74)  |
| 第一节 锚的应用       | (74)  |
| 第二节 缆的应用       | (79)  |
| 第三节 拖轮的应用      | (83)  |
| 第四章 系泊操纵与锚泊    | (89)  |
| 第一节 靠离码头       | (89)  |
| 第二节 系离浮筒       | (115) |
| 第三节 港内掉头       | (124) |
| 第四节 进出坞操纵      | (133) |
| 第五节 锚泊         | (136) |
| 第五章 特殊情况下船舶的操纵 | (150) |
| 第一节 大风浪中船舶的操纵  | (150) |
| 第二节 受限水域中船舶的操纵 | (167) |

|            |              |              |
|------------|--------------|--------------|
| 第三节        | 冰区航行         | (174)        |
| 第四节        | 海上锚地过驳       | (181)        |
| 第五节        | 海上补给         | (183)        |
| 第六节        | 超大型船操纵的特异性   | (185)        |
| <b>第六章</b> | <b>海难与救助</b> | <b>(194)</b> |
| 第一节        | 船舶碰撞         | (194)        |
| 第二节        | 搁浅           | (198)        |
| 第三节        | 火灾           | (213)        |
| 第四节        | 人落水与海上救人     | (215)        |
| 第五节        | 海上拖带遇难船      | (218)        |
| 第六节        | 海上搜索         | (226)        |
| ( 80 )     |              |              |
| ( 87 )     |              |              |
| ( 17 )     |              |              |
| ( 17 )     |              |              |
| ( 59 )     |              |              |
| ( 83 )     |              |              |
| ( 88 )     |              |              |
| ( 88 )     |              |              |
| ( 115 )    |              |              |
| ( 134 )    |              |              |
| ( 131 )    |              |              |
| ( 138 )    |              |              |
| ( 150 )    |              |              |
| ( 150 )    |              |              |
| ( 185 )    |              |              |



# 第一章 船舶操纵性能

## 第一节 船速与冲程

### 一、基础知识

#### 1. 螺旋桨

推动船舶前进（或后退）的工具称为船舶推进器。

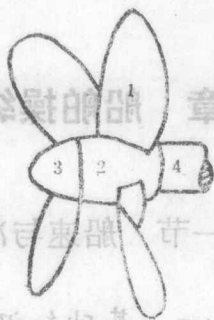
机动船舶的推进器主要有下列形式：1）螺旋桨；2）明轮；3）喷水推进器；4）平旋推进器；5）全向推进器即Z形推进器。由于螺旋桨的推进系数最高而重量又最轻，所以现阶段的海上运输船舶一般均采用螺旋桨。

螺旋桨按它的构造方式，可分为整体式、结合式和可调式三种。整体式螺旋桨的桨叶与桨毂共为一个整体铸件。结合式螺旋桨的桨叶与毂是分别铸造，各桨叶的叶根处有联盘，并以螺栓装于毂上。可调式即通常所指的可调螺距螺旋桨，其桨叶可借装于毂内的控制机构转动，因而桨毂直径很大。

螺旋桨由桨叶和桨毂组成，如图1-1所示。一般一个螺旋桨有三片桨叶到四片桨叶，有的则多达六片桨叶。

采用单螺旋桨的船，习惯上称为单车船；采用双螺旋桨的船称为双车船。

单车船的螺旋桨按其旋转方向，可分为右旋式和左旋式两种。所谓右旋式，是指人在船尾朝船首看，当开进车时，



1—桨叶； 2—桨毂； 3—整流帽； 4—尾轴

图 1-1

螺旋桨作顺时针方向旋转，倒车时作反时针方向旋转。反之，称为左旋式。多数商船都采用右旋单车。

双车船的螺旋桨，按其旋转方向可分为外旋式和内旋式两种。所谓外旋式是指开进车时左舷螺旋桨左转，右舷螺旋桨右转。反之，称为内旋式。一般双车船都采用外旋式。

## 2. 推力与阻力

螺旋桨正车时从前方将水流吸入，通过盘面后将水流排出。盘面前的水流称为吸入流，盘面后的水流称为排出流。它们最主要的区别是吸入流的水流线是平行的，而排出流的水流线是旋转的。

螺旋桨正车时，排出流将水推向船后，这时水将给螺旋桨一个反作用力，这个反作用力将推螺旋桨向前。我们称这个反作用力为推力 ( $T$ )，倒车时则产生拉力。对于给定的螺旋桨，推力的大小和转速  $N$ 、航速  $V$ ，及螺旋桨轴在水面下的沉深  $h$  的大小有关。



船在水面航行时，是处于水和空气两种流体中运动。必然受到水和空气的反作用力，这种力的方向与船体的运动方向相反，起到阻止船舶前进的作用，故称为船舶阻力( $R$ )。由于商船的速度不高，所以在总阻力中空气的阻力仅占总阻力的2~4%。而水的阻力要占到96~98%。

阻力可分为基本阻力与附加阻力两种。

基本阻力中包括：1) 摩擦阻力；2) 兴波阻力；3) 旋涡阻力或称形状阻力。对基本阻力有影响的因素很多，如船速、吃水、船型、船体光洁度等。其中以船速的影响最大。

除基本阻力外，还有以下几种附加阻力：1) 污底阻力；2) 附体阻力；3) 空气阻力；4) 涵涛阻力。

图1-2是某轮的部分阻力推力曲线图。

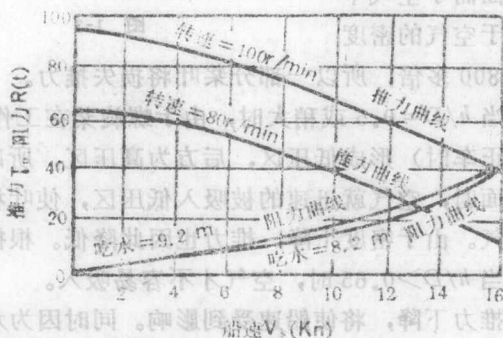


图1-2 某轮的部分阻力推力曲线图

从图中可以看出以下各点：

1) 基本阻力是随船速的增大而增大，在船速较高时，其所增大的趋势比低速时大得多。

- 2) 吃水深时的阻力比吃水浅时大。
- 3) 船速相同时，螺旋桨转速越大，推力越大。
- 4) 转速相同时，船速提高，推力下降，当船速为零时，推力最大。

### 3. 沉深

螺旋桨轴中心线距水面垂直距离，称为螺旋桨的沉深( $h$ )。沉深 $h$ 与螺旋桨直径 $D$ 之比称为沉深比，如图 1-3。

当 $h/D < 0.5$ ，即螺旋桨的部分桨叶露出水面，则当螺旋桨旋转时，旋至上部的叶片，将露出水面而于空气中工作，由于空气的密度

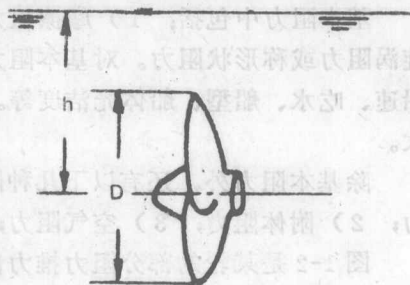


图 1-3

要比水小 800 多倍，所以一部分桨叶将损失推力。

即使当 $h/D = 0.5$ 或稍大时，由于螺旋桨在工作时，桨叶前方（正车时）形成低压区，后方为高压区，所以当叶梢旋转到水面时，空气就迅速的被吸入低压区，使叶梢处的水中含有空气。由于密度下降，推力也因此降低。根据试验表明，只有当 $h/D > 0.65$ 时，空气才不容易吸入。

由于推力下降，将使船速受到影响。同时因为水对螺旋桨的反作用力的不平衡，将使船尾发生偏转。所以为了使螺旋桨的有效功率能够充分发挥及减少船尾的偏转，应使 $h/D$ 越大越好。

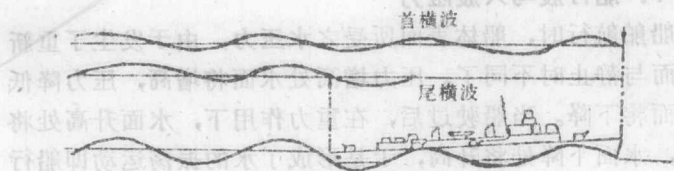
#### 4. 船行波与兴波阻力

船舶航行时，船体表面所受之水压力，由于发生了重新分布而与静止时不同了。压力增高处水面将增高，压力降低处水面将下降。当船驶过后，在重力作用下，水面升高处将下降，水面下降处将升高，于是形成了水的振荡运动即船行波。

船行波可分为两系，首波系与尾波系。发生于船首柱稍后的称为首波系，开始是波峰；发生于船尾柱稍前的称为尾波系，开始是波谷。尾波系不如首波系明显。这两个波系各有两种波：1) 散波，它是由船的两舷向外并向后倾斜扩散的短波。将每个散波波峰的中点连接起来成一直线，此直线与船体中线面间的夹角称为散波角。在深水中，散波角约为 $18\sim 20^\circ$ 。2) 横波，它处于两侧散波之间，并垂直于船的中线面，由前向后传播，愈向后波高愈低。船首尾的散波各自独立传播互不干扰，而两个波系的横波在船后将发生干扰现象。一般散波较清晰，横波因干扰则可能不清晰，在船速较低时几乎只见散波。随着船速的增加，越来越清楚的出现横波，船速愈大，横波愈大。波浪具有能量，船行波的能量来源是由于船舶航行时给予流体以作用力。按作用力与反作用力的定律，流体必然也给船舶以反作用力，这个反作用力称为兴波阻力。兴波阻力与船速的四次方成正比。

首横波与尾横波的干扰发生在尾散波的范围內。如图1-4。

当首横波传至尾横波处，若波峰与波谷相遇，则合成后之波浪变得平坦，此时兴波阻力就较小。如果波谷和波谷相



两横波合成后变陡

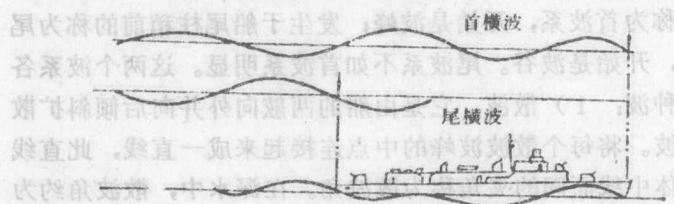


图 1-4

遇，则合成后的波浪变得高陡，此时兴波阻力就较大。首尾横波相遇的情况，主要与船速、船长有关，所以在设计船速一定的条件下，适当选择船长，可以减轻它的兴波阻力。有的船则采用球鼻首，使首横波前移，以达到减小兴波阻力的目的。

### 图 5. 伴流

船在航进时，船体周围有一股水流也随船前进，这股水流即称为伴流，伴流方向与船运动同向者称为正伴流，反之则称为负伴流。

发生伴流的原因有下列三种：  
(1) 摩擦伴流：由于水有粘性，当船向前运动时，沿船

体表面形成水层，边界层内的水具有向前速度，形成正伴流，此即摩擦伴流。摩擦伴流紧靠船身处最大、与船速同值，自船身向外急剧减小，离船体不远处，迅即消失，但在船后相当距离处，这个伴流依然存在。如图 1-5。

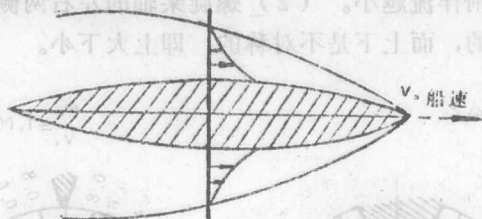


图 1-5

2) 势伴流：船在水中前进时，船体周围水流的流线体如图 1-6 所示。从图中可看出船首尾处的水流为正伴流，而船舷处则为负伴流。

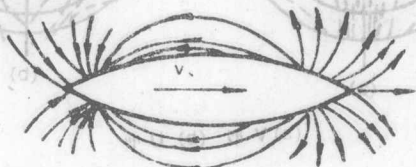


图 1-6

3) 波浪伴流：船在行进时形成船行波，在波峰处有前进的速度为正伴流，在波谷处为负伴流。

由此可见，在船体各处其伴流的大小和方向各不相同，但我们在分析力的作用时，所讲的伴流都是指它在首尾向的分量。这种伴流在船舶前进时其大小与厚度自首至尾逐渐扩大，船首处为零，而最大值位于船尾附近。船在倒航时则船

尾部为零。

伴流的大小一般可用试验的方法求得，图 1-7 为 V 型和 U 型船尾形状的船，通过试验测得的螺旋桨处伴流分布情况。由图可见：（1）紧贴船身处，伴流速度等于船速，离船体越远则伴流越小。（2）螺旋桨轴的左右两侧的伴流速度是对称的，而上下是不对称的，即上大下小。

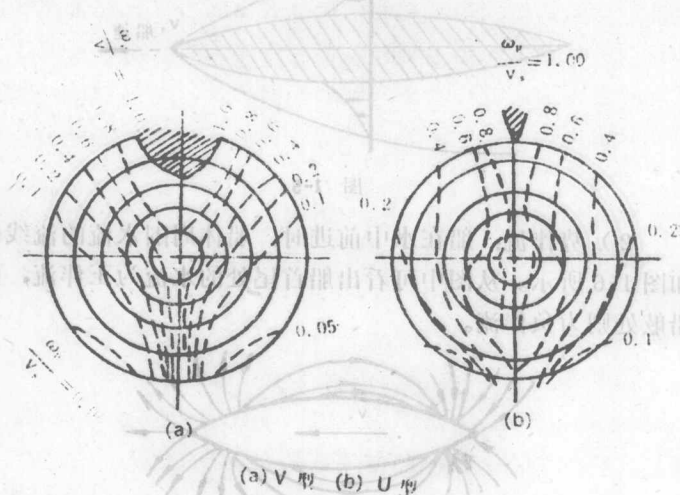


图 1-7

## 6. 虚质量

如前节所述，船在水中运动时，必将带动其周围的一部分水同时运动，船在做加减速运动时，也必然带动其周围的一部分水同时做加减速运动。因此船在水中运行时，除了要克服本身的运动惯性力外，还必须克服周围水的惯性力。如



将船本身之质量称为正质量，所带动的水称为附加质量，则  
可把正质量与附加质量之和称为虚质量。所以船在运行时其  
惯性力等于虚质量乘上加速度。同理，船在水中进 行 旋 回  
时，除了它本身的惯性矩外，还要加上附加质量的惯性矩，  
我们把这两种惯性矩之和称为虚惯性矩。

任何物体在流体中运动时，除球体外，它所引起的流体  
运动，都因物体的形状和它的运动方向而异。当船做前后运  
动时，所带动的流体运动比做横向运动为少，所以在做前后  
运动时之附加质量也比做横向运动时为少。根据测量，船在  
有充分水深和有充分广阔水域中其前后运动与横向运动之比  
约为 1:10，即：

前后向的附加质量 = 船的正质量  $\times 0.07$

横向的附加质量 = 船的正质量  $\times 0.75$

所以船在水面上运动时：

向前后方运动时的虚质量等于船的质量的1.07倍。

向横向运动时的虚质量等于船的质量的1.75倍。

船在水中旋回时，其附加惯性矩约等于船的本身惯性  
矩。所以船在水面上旋回时的回转力矩为：

旋回时的回转力矩 = 虚惯性矩  $\times$  角加速度  $\approx 2 \times$  船体的  
正旋回回转力矩。

## 二、船 速

### 1. 船舶的变速与等速运动

当船在航进时，推力使船前进，同时受到流体对它的阻  
力。当推力大于阻力时，船作加速前进运动；当推力小于阻  
力时，船作减速前进运动；当推力与阻力相等时，船作等速

前进运动。

由于阻力的大小与船速有关，而推力的大小与转速有关，所以在主机启动后并且转速已达到一定时，要使船体等速前进运动，这里还有一个克服惯性的加速过程。在此过程中，推力急剧下降，阻力急剧上升，直到推力等于阻力时，船即作等速前进运动。船在航进中，将主机转速降低则推力随之下降。阻力使船速下降，在船速下降的同时，阻力亦随之下降。当阻力下降到与推力相等时，船又作等速前进运动。由此可见，有一定的转速就有一定的船速。

## 2. 海上转速与港内转速

转动螺旋桨的机器称为主机。要使螺旋桨发出推力，必须有一个相应的转速，而螺旋桨要达到这个转速，又必须克服水对它的转矩。要克服水对螺旋桨的转矩，又要求主机发出相应的功率。

每台主机的最大功率是由国家指定的检验机构根据验收标准验定的，可供长期使用，称为额定功率，其相应的转速称为额定转速。

为了保证船能在海上长期的安全航行，常留有适当的主机功率储备，即实际使用的持续运转功率（即常用功率）较额定功率为小，一般约为额定功率的90%，这时的主机转速约为96~97%的额定转速，也就是在海上全速前进时的转速。

港内航行因船舶密集，水浅弯多，用舵频繁，为保护主机和便于避让，港内全速的转速要比海上低。低多少由各轮自定，一般为海上全速的60~70%。

港内航行时的转速除“前进三”、“前进二”、“前进

一”外，还有最低一级“微速”，它是主机可能开出的最低转速。

倒车一般只有“后退三、二、一”三级。通常港内后退三的转速约为“前进三”的60~70%。而超大型船舶仅为30~40%。

### 3. 主机的操作

所有主机的启动与换向的快慢，均与机器的类型、性能、机舱操纵人员的操作技术有关。

船速的增加是逐渐的。例如某轮的主机是柴油机，前进二的进油量是18格，转速应该达到90r/min，船速为9kn。如从静止中开车，要求达到前进二（9kn）的速度，轮机员在启动主机后，不可能立即开到18格，而是先开低转速，然后逐渐加大到18格。事实上就是当进油量加大到18格时，转数也不可能立即达到90r/min，而转速达到90r/min时，船速也不能立即达到9kn。如果要使船从静止状态迅速增加到较高的船速，就必须开极高的进油量，但这种操作法是不可取的，因为它将使主机及其部件承受极大的扭矩，以致损坏它们。

船于前进时倒车，必须先使螺旋桨停止正转然后再进行倒转。为了使螺旋桨更快的停止正转，一般均采用紧急刹车，即将压缩空气或蒸汽通入气缸使主机逆运转以强迫它停止运动。但螺旋桨的最大扭矩是在全速转数的30%的时候（如全速是90r/min，则27r/min时扭矩最大。超大型船为20%）。所以在此之前，只能刹刹停停，一直等到转数降到这个转数之下时，才能将压缩空气或蒸汽通入汽缸进行刹车并进而使它倒转。