

内河船舶船长驾驶员培训统编教材

# 船舶 操纵

郭国平 主编  
邱振良 主审  
齐传新



人民交通出版社



U675.9  
G92

437728

内河船舶船长驾驶员培训统编教材

# 船舶操纵

Chuanbo Caozong

郭国平 主编

邱振良 主审  
齐传新



00437728



交通出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

船舶操纵/郭国平主编. -北京:人民交通出版社,  
1999. 7 ISBN 7-114-03379-6

I. 船… II. 郭… III. 船舶操纵 IV. U675. 9  
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 21135 号

内河船舶船长驾驶员培训统编教材

船 舶 操 纵

郭国平 主编

邱振良 齐传新 主审

版式设计:周 园 责任校对:刘素燕 责任印制:杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

各地新华书店经销

新世纪印刷厂印刷

开本:850×1168  $\frac{1}{32}$  印张:10.375 字数:267千

1999年9月 第1版

1999年9月 第1版 第1次印刷

印数:0001-5000册 定价:25.00元

ISBN 7-114-03379-6

U·02424

## 内 容 提 要

本教材内容有船舶操纵基本原理、系离泊操纵、船队操纵、特殊情况下船舶操纵和快速船操纵五部分。

本教材内容符合中华人民共和国港务监督局 1994 年《内河船舶船长驾驶员考试大纲》中船舶操纵科目的要求,适于内河不同航区、不同等级的船长、驾驶员考前培训使用。本教材还可作为大、中专院校船舶驾驶专业或同类专业的教学参考书或教材,亦可作为河船船长驾驶员或有关管理部门人员的技术参考书。

DW37/06

规范培训教材  
统一教学内容

刘功臣  
一九九三年五月

---

刘功臣：中华人民共和国海事局常务副局长。

# 内河船舶船长驾驶员培训统编教材

## 编辑委员会名单

主任委员:	胡体淦		
副主任委员:	张同斌	郑和平	邱振良
委员:	吴修鹏	刘宏友	胡必祥
	范鸿乔	齐传新	夏忠军
	李贵珊	左天美	王广德
	李叔保	林文正	蒋正海
	刘祖德	黄小牛	刘先栋
	邓忠德	季雄华	吴士惕
	余久建	赵邦良	何守楠

## 编委会办公室成员名单

主任:	夏忠军		
副主任:	余久建	刘明俊	
成员:	张刚	马洛夫	张宏

## 序

华夏幅员辽阔,江河湖泊众多,纵横于祖国大地的五千余条河流,九百多个湖泊,蕴藏着丰富的水力资源,为我国内河航运事业的发展提供了优越的自然条件。

改革开放和现代化建设的深入发展,我国内河航运已由干支贯通,走向江海直达,多形式、多层次、多渠道的航运网络已经形成,在国民经济发展中起到越来越大的作用,是我国大航海的一个重要的组成部分。

繁荣航运,教育先行。港航监督部门、航海学会和教学单位紧跟形势,组织有丰富教学经验和实践经验的专家、教授、高级讲师、讲师、船长编审了这套内河船长、驾驶员培训统编教材,是一件功在当代,放眼未来的基础工程。

在迎接 21 世纪到来之际,相信该书的问世对规范船员培训教学程序、教学内容,提高教学培训质量和内河船员的整体素质,将起到积极的作用。



一九九八年九月

## 前 言

为提高船员培训质量,根据 1994 年中华人民共和国港务监督局《内河船舶船长驾驶员考试大纲》的考试科目和内容要求,交通部长江区港务监督局与中国航海学会内河船舶驾驶专业委员会商定,组建了内河船舶驾驶专业培训统编教材编辑委员会,邀请了有丰富教学经验和实践经验的专家、教授、高级讲师、讲师编写、审校了这套教材。

本教材在编写中坚持理论联系实际,教材内容面向全国内河,具有适用性、系统性和一定的超前性、先进性。教材既有理论阐述,又有例证。为满足全国内河各等级船舶船长、驾驶员考试培训的需要,在每章或节的后面编入了思考题,供各等级船舶船员复习参考,并作了标注,标有“\*”者,表示各等级船舶船员必须掌握的最基本内容,标有“①②③④”者,表示仅供一、二、三、四等级船舶船员对应参考。本教材可作为提高船员技术素质和理论水平的专业丛书,也可供考试发证机关和船员培训机构工作人员学习参考。对提高全国内河船舶船员技术业务素质 and 船员考前培训质量将起到一定的促进作用。

本教材共有六册。各分册主编及参编、参审人员如下:

船舶操纵:郭国平编写第五章至第十四章,李勇编写第一、四章,邱振良编写第二、三章。郭国平任分册主编。蔡其全、吴乃平参加审稿。

航道与引航:刘明俊编写第一、二、四、五、七章,齐传新编写第六、十、十一章,翁建军编写第三章,王琪编写第八章,邓忠德编写第九章。刘明俊任分册主编。张刚、邓忠德参加审稿。

避让与信号:张品生编写第一、二章,杨亚东编写第三章。张



品生、吴士惕任分册主编。戴贵华参加审稿。

船艺:许仁澄编写第一、三篇,杨星编写第二篇,王当利编写第四篇,曾继宏编写第五篇。许仁澄任分册主编。季雄华参加审稿。

职务与法规:刘先栋编写第三、八、九章,黄明编写第二、六、七、十一章,江福才编写一、四、五、十章。刘先栋任分册主编。范鸿乔、杨裕裕、曾凡文参加审稿。

造船轮机大意:造船大意张兢编写第一、二、三、四、五章,郑建华编写第六、七章,张兢任主编。轮机大意由陆家林主编。本分册由王克、王燕辰、施先宏参加审稿。

全套教材由邱振良、齐传新统稿、主审。

胡体淦、张同斌、吴修鹏、胡必祥、夏忠军、余久建、刘祖德、蒋正海、赵邦良、何守楠等领导和专家参加了教材的审定,并提出了宝贵意见。

本教材在编写和出版工作中,得到交通部海事局、人民交通出版社、内河航运企事业单位的关心和大力支持,特致谢意。

由于组编工作时间仓促,敬请广大读者对本教材中不当之处提出宝贵意见。

**交通部长江区港务监督局**

**中国航海学会内河船舶驾驶专业委员会**

一九九八年十二月

# 目 录

绪论	(1)
----	-----

## 第一篇 船舶操纵基本原理

第一章 舵的工作原理	(3)
第一节 舵压力	(3)
第二节 舵效	(14)
第三节 特种舵	(20)
第二章 船、桨、舵效应横向力	(31)
第一节 单螺旋桨船的船、桨、舵效应横向力	(32)
第二节 双螺旋桨船的船、桨、舵效应横向力	(45)
第三章 船舶操纵性能的基本概念	(54)
第一节 船舶启、制动性能	(57)
第二节 船舶旋回性能	(66)
第三节 航向稳定性	(88)
第四节 船舶操纵性指数	(92)
第四章 影响船舶操纵性能的因素	(104)
第一节 浮态对船舶操纵性能的影响	(104)
第二节 风对船舶操纵性的影响	(107)
第三节 流对船舶操纵性的影响	(116)
第四节 受限水域对船舶操纵性的影响	(120)

## 第二篇 系离泊操纵

第五章 抛起锚操纵	(132)
-----------	-------

第一节	锚的工作原理	(132)
第二节	抛锚操纵	(138)
第三节	起锚操纵	(147)
第四节	锚泊中偏荡、走锚及其措施	(151)
<b>第六章</b>	<b>掉头操纵</b>	<b>(156)</b>
第一节	船舶掉头地点及掉头时机的选择	(157)
第二节	掉头方向的选择	(157)
第三节	常用掉头操纵方法	(162)
<b>第七章</b>	<b>船舶系离泊操纵</b>	<b>(169)</b>
第一节	系泊设施	(169)
第二节	缆的运用	(170)
第三节	港作拖船的运用	(175)
第四节	船舶驶靠操纵	(178)
第五节	船舶驶离操纵	(193)
第六节	系离浮筒操纵	(198)
第七节	其它情况下的系离泊操纵	(204)

### 第三篇 船队操纵

概述	(211)	
<b>第八章</b>	<b>吊拖船队的操纵</b>	<b>(215)</b>
第一节	吊拖船队操纵性能特点	(215)
第二节	吊拖船队编组	(221)
第三节	吊拖船队操纵	(227)
<b>第九章</b>	<b>顶推船队的操纵</b>	<b>(239)</b>
第一节	顶推船队操纵性能特点	(241)
第二节	顶推船队的编组	(245)
第三节	顶推船队系结	(252)
第四节	顶推船队的操纵	(259)

## 第四篇 特殊情况下船舶操纵

<b>第十章 大风浪中船舶操纵</b> .....	(268)
第一节 波浪对船舶运动的影响 .....	(268)
第二节 大风浪中航行前的准备工作 .....	(273)
第三节 大风浪中的操船措施 .....	(274)
<b>第十一章 船舶应急操纵</b> .....	(276)
第一节 船舶碰撞 .....	(277)
第二节 搁浅与触礁 .....	(279)
第三节 救火、救生与弃船 .....	(289)
第四节 重要工属具及机器损坏时的措施 .....	(291)
第五节 救助船的行动 .....	(294)

## 第五篇 快速船操纵

<b>第十二章 滑行船操纵</b> .....	(297)
第一节 滑行船航行时浮态的变化规律 .....	(297)
第二节 滑行船航行特点 .....	(298)
第三节 滑行船操纵性特点 .....	(301)
第四节 滑行船操纵注意事项 .....	(303)
<b>第十三章 水翼船操纵</b> .....	(304)
第一节 水翼系统的种类及布置 .....	(304)
第二节 水翼船航行特点 .....	(306)
第三节 水翼船操纵特点及操纵的注意事项 .....	(309)
<b>第十四章 气垫船的操纵</b> .....	(311)
第一节 气垫船工作原理 .....	(312)
第二节 气垫船航行特点及操纵注意事项 .....	(314)

## 绪 论

船舶操纵是指船舶驾驶员根据船舶操纵性能和风、浪、流等客观条件,按照有关法规要求,正确运用操纵设备,使船舶按照驾驶员的意图保持或改变船舶水平运动状态的作业,船舶操纵课是船舶驾驶专业的主要课程,它包括船舶操纵基本原理和实船操纵。船舶操纵基本原理是实船操纵的理论基础,只有全面理解这些内容及其相互之间的关系,才能掌握船舶运动规律,正确地操纵船舶。

船舶操纵基本原理主要论述船舶操纵性、操纵性能的测定及影响船舶操纵性能的因素。有关专家对船舶操纵原理作了大量的研究,如确定作用于船体上的流体动力与船舶几何要素之间的关系,以及与船舶运动要素之间关系的研究,又如船、桨、舵效应横向力,船舶操纵性指数  $K$ 、 $T$  值,船舶操纵性标准等方面获得了大量的成果。随着计算机应用科学的日益成熟,使船舶操纵性研究得到进一步的发展,使船舶操纵性研究由定性分析,逐步过渡到定量分析,特别是对特种船舶(超大型船舶、浅吃水船舶、高速船舶、大型顶推船队),或在特殊情况下(大风浪、受限水域等)船舶操纵性的研究有了突破性的进展。

实船操纵主要是论述系离泊操纵、船队操纵、特殊情况下的操纵和高速船操纵等内容。

船舶操纵是技术性很强的工作,如果没有理论指导,不掌握船舶运动的规律性,必然使实船操纵存在盲目性而导致失败。近年来,重视船舶操纵性理论与实船操纵技术相结合,使实船操纵由过去单纯凭经验逐渐过渡到由理论和经验共同指导下的操作。而且,理论与实践相结合也是研究操纵性方向的趋势。

避碰规则是船舶操纵的重要准则,在学习本课程时,应与避碰规则对照进行,并能准确地运用到实船操纵之中,防止碰撞事故的发生。

船舶发生碰撞、搁浅、触礁和火灾事故时,应采取正确的应急操纵措施。在这种复杂的操船环境中,船舶驾驶员应该沉着、果断、机智、灵活,在战略上藐视它,在战术上重视它,抓住主要矛盾,掌握主动权,正确地操纵船舶。作出正确的操船指令,确保人员、船舶、货物和环境的安全。

实践是检验真理的唯一标准。在实践中不断总结成功的经验找出失败的原因,发扬成绩,纠正错误,实事求是,才能在船舶操纵这一领域中从必然王国逐步走向自由王国。

# 第一篇 船舶操纵基本原理

## 第一章 舵的工作原理

舵是船舶操纵的重要设备,操舵者通过操舵可以使船舶保持或改变其航向,达到控制船舶方向的目的。船舶在各种运动状态、主机在不同工况的情况下,舵设备应具备轻便、灵活、准确和可靠的性能。

### 第一节 舵 压 力

#### 一、舵压力产生的原理

船舶正舵航行时,舵叶两侧的流速对称相等,不产生舵压力。当操某一个舵角后(图 1-1),在舵叶周围,除有平行流外,还存在附加环流,在舵叶迎流面,平行流和附加环流两者间的流向相反,使流速下降,压力增大,图中用 (+) 号表示;而在舵叶背流面,两者流向相同,使流速增高,压力减小,图中用 (-) 表示。而且舵叶背流面的压力下降比舵叶迎流面的压力升高的绝对值大。这样,在舵叶两侧产生压力差,形成一个垂直于流速方向的舵升力  $P_y$  和一个平行于流速方向的

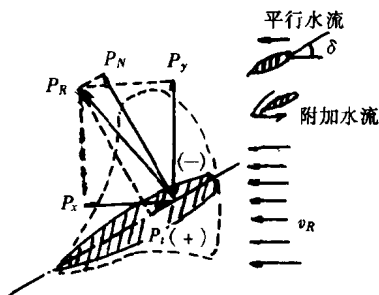


图 1-1

舵阻力  $P_x$ , 这两个力的合力为舵叶的水动力, 即舵力  $P_R$ , 舵力  $P_R$  可分解为垂直于舵叶剖面弦线的分力  $P_N$  和平行于舵叶剖面弦线的分力  $P_t$ 。分力  $P_N$  为舵压力, 分力  $P_t$  为舵叶表面的摩擦力。若不考虑水粘性的影响, 舵力  $P_R$  与舵压力  $P_N$  近似相等。

## 二、舵压力、舵压力作用点和转舵力矩的估算

舵压力  $P_N$  的大小受舵的面积、形状、展弦比、剖面形状、舵角和舵叶对水相对速度(舵速)的影响, 可用公式进行计算。

### 1. 舵压力 $P_N$ 的计算

舵压力  $P_N$  的表达式为:

$$P_N = \frac{1}{2} g \cdot \rho_{\omega} \cdot C_N \cdot A_R \cdot v_R^2$$

式中:  $P_N$ ——舵压力(N);

$\rho_{\omega}$ ——水的密度( $\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4$ );

$C_N$ ——舵压力系数, 由舵角  $\delta$  和舵叶形状决定;

$A_R$ ——浸水舵叶面积( $\text{m}^2$ );

$v_R$ ——舵速( $\text{m/s}$ )。

目前, 常用舵压力  $P_N$  的估算式有以下几种:

1) 乔塞尔估算式: 估算式由乔塞尔用一矩形薄板垂直于水中, 以不同舵角  $\delta$  作拖曳试验后总结得出:

$$P_N = \frac{41.35 \cdot g \cdot \sin \delta}{0.195 + 0.305 \sin \delta} \cdot A_R \cdot v_R^2$$

式中:  $g$ ——重力加速度( $g = 9.8 \text{m/s}^2$ );

$\delta$ ——舵角( $^{\circ}$ )。

### 2) 博福估算式:

$$P_N = 58.85 \cdot g \cdot A_R \cdot v_R^2 \cdot \sin \delta$$

### 3) 内河船舶可采用密登道夫估算式:

$$P_N = 11 \cdot g \cdot (Kv_R)^2 \cdot A_R \cdot \sin^2 \delta$$

式中:  $K$ ——系数(螺旋桨船取 1.2; 非机动船取 1)。

### 2. 舵压力作用点估算:



乔塞尔估算式

$$e = (0.195 + 0.305 \cdot \sin \delta) \cdot b$$

式中： $e$ ——舵压力作用点距舵叶前缘的距离(m)；

$b$ ——舵叶的宽度(m)。

由上式可知，随着舵角  $\delta$  的增大，舵压力作用点逐渐向舵叶的后缘方向移动。当舵角  $\delta = 90^\circ$  时，舵压力作用点位于舵叶中部 ( $0.5b$ ) 处，当舵角  $\delta$  趋向零时，舵压力作用点迅速移向距前缘  $20\%b$  处。

3. 舵轴位于舵叶前缘转舵力矩的估算

乔塞尔(Jossel)估算式：

$$Me = 41.35 \cdot g \cdot b \cdot A_R \cdot v_R^2 \cdot \sin \delta$$

式中： $Me$ ——转舵力矩(N·m)。

由上式可知，转舵力矩与舵叶宽度、舵叶面积成正比，与舵速的平方成正比，且随舵角增大而增大。

若为平衡舵，转舵力矩将较小，同样的舵机功率将能迅速地将舵叶转到所需要的位置。

### 三、影响舵压力 $P_N$ 因素

#### 1. 降低舵压力的流体现象

##### 1) 失速现象

当舵叶处于某一冲角  $\delta$  (是指流速方向与舵叶弦线间的夹角，也称舵角，实船上舵角是指舵叶弦线与船舶首尾线间的夹角) 时，由于舵叶周围流线从舵叶背流面的边缘分离，在其附近产生涡流，使升力系数  $C_y$  急降，造成升力  $P_y$  下降，这一现象为失速现象。

如图 1-2 所示，随着舵角  $\delta$  逐渐增大，升力系数  $C_y$  也相应地逐渐增大。当舵角达到某一舵角  $\delta_s$  时，若舵角再继续增大，则升力

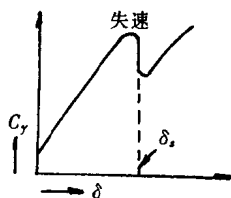


图 1-2