



内河船舶驾驶员培训教材

实用河船驾驶

武汉河运专科学校 竺宗文 编



人民交通出版社

191461

内河船舶驾驶员培训教材

实用河船驾驶

Shiyong Hechuan Jiashi

武汉河运专科学校 竺宗文 编



人民交通出版社

DM37/17
内 容 提 要

为了适应内河航运事业发展和船员培训的需要，交通部教育局组织武汉河运专科学校、湖南省航运局和湖北省航运公司编写了这套河船船员技术培训教材，共计十一种。

《实用河船驾驶》共分四章，即：船舶操纵基本原理；系泊操纵；船队操纵和特殊情况下的操纵及紧急措施。

本书为内河船舶驾驶员培训教材，亦可供具有初中文化水平的舵工、水手和其他有关人员自学参考。

本书由竺宗文编写，由谢普铨主审。

内河船舶驾驶员培训教材

实 用 河 船 驾 驶

武汉河运专科学校 竺宗文 编

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 1/32 印张：5 字数：107 千

1984年4月 第1版

1984年4月 第1版 第1次印刷

印数：0001—13,000册 定价：0.53 元

前 言

《实用河船驾驶》是河船驾驶员的必修课，它专门研讨船舶在各种情况下的基本操纵术。通过学习，学员应基本了解有关船舶操纵基本原理，和初步掌握船舶在各种情况下的基本操作方法。掌握操纵船舶的基本理论是十分必要的，是按客观规律正确地操纵船舶的基础，但并不等于就能正确地操纵船舶。《实用河船驾驶》是一门实践性很强，专门研讨“操纵术”的课程，所以在教学过程中，对于实际操纵船舶的基本技能的训练和提高，必须给予足够的重视。如有可能，应尽量在讲完部分内容后，就到船上去进行实际验证和技能训练，以加深对所学课程的领会和巩固、提高。

为使教材具有适应于全国各省内河的通用性，《实用河船驾驶》着重阐明带有普遍意义的基本规律和基本操作方法，书中所举的几个实际例子，只是为了进一步说明在生产实际中对这些基本操作法如何加以运用的问题。为了提高本课程内容的实用性，希望能充分结合当地所在航区的船舶、航道、港口的实际情况，进行教学，必要时也可编写适量的补充教材。

编 者

目 录

第一章	船舶操纵基本原理	1
§1-1	船舶操纵性能	1
§1-2	影响船舶操纵的其它因素	39
§1-3	操纵过程中, 锚、缆的运用	56
第二章	河船系泊操纵	60
§2-1	回转掉头	60
§2-2	锚泊	66
§2-3	靠离码头	75
第三章	船队操纵	97
§3-1	概述	97
§3-2	驳船队运输基本原理	97
§3-3	吊拖船队	102
§3-4	顶推船队	116
§3-5	木排队	131
第四章	特殊情况下的操纵与紧急措施	137
§4-1	大风浪中的船舶操纵	137
§4-2	进出船闸	140
§4-3	碰撞前后的紧急措施	142
§4-4	船舶搁浅与触礁前后的措施	145
§4-5	船舶主要工属具(车、舵、船队系统)损坏时的紧急措施	149
§4-6	船舶火警	153
§4-7	人落水时的紧急措施	154

第一章 船舶操纵基本原理

船舶操纵能否安全而迅速地达到预定目的，在任何情况下都取决于驾驶员对当时当地客观条件的分析判断是否正确，及其所采用的操作方法是否合理，是否符合实际。因此，认真分析、掌握船舶本身用于操纵的基本力量的作用原理，和风、流、浅水等影响船舶操纵的外界因素的基本规律，是十分必要的。它是正确，合理操纵船舶的基础。

§1-1 船舶操纵性能

船舶操纵性能通常包含航向稳定性和旋回性两个方面。前者是指船舶保持规定航向航行的能力，后者是指能改变航行方向并沿规定的曲线轨迹航行的能力。前后二者在要求上是相互制约的，当航向稳定性增加时，就难于变更航行方向，因而使旋回性变差；反之，旋回性过于灵活时，又会使航行方向难以稳定。所以，对于操纵性能的具体要求，应该根据该船舶的用途以及航行区域的航行条件来确定。对于在航行途中航向少变，靠泊码头也较少的海轮，应具有良好的航向稳定性，对旋回性的要求较低；对于内河船舶，应在适当照顾航向稳定性的条件下，尽量满足旋回性的要求；对于航行于一些急流、浅窄航道的船，则应侧重考虑提高其旋回性和小舵角时的舵效。

船舶操纵性的好坏，通常与下列因素有关：

1.沿纵中剖面两侧的船体线型、螺旋桨推力轴线及舵叶的安装位置是否对称；

2.与船体长宽比有关。比值大航向稳定性好；反之，旋回性较好；

3.与船尾分水踵大小有关。其纵中剖面积大者，航向稳定性好，而旋回性较差；反之，航向稳定性较差，而旋回性较好；

4.与舵面积比有关。当舵面积与船体纵中剖面浸水面积的比值大时，航向稳定性和旋回性均较好；比值小时，则均较差。

从船舶驾驶角度出发，船舶操纵性能的内容要比上述的广泛得多，诸如：对船舶前进、后退、起动、制动、航向改变、甚至横向移动等运动状态的控制操纵能力，都应包括在内。驾驶员在操纵中，为适应客观需要，有时除使用车和舵外，还需要借助锚、缆等设备。

新船建成出厂前，在航行试验中，常进行速率试验、操舵试验、航向稳定性试验、旋回试验、惯性试验等项目的测试工作，以全面测定该船操纵性能的实际情况、并将测试结果整理制成图表或文字说明，供驾驶员或其他有关人员参考使用。

一、车 的 作 用

船舶在水中航行时遭受着阻力，为了维持一定的航速，必须对船体施以推力，以克服其所遭受的阻力。当推力大于阻力时，船作加速运动，使航速从无到有，从小到大，开车启动或从慢车改开快车前进就是这个过程；当推力小于阻力时，船就作减速运动，在快车行驶中改为慢车、停车或倒车

就属于这种情况；当推力等于阻力时，船就作匀速运动，车速不变的航行途中就是这样。

推动船舶前进的方式很多，有人力推进、风力推进和机械力推进。以机械力作为推动船舶前进的方式，在实践过程中也在不断改进提高，创造了多种推进器。按承受推力的部件来分，有桨叶推进器和喷水推进器两类。在桨叶推进器中按桨叶布置方式又可分为螺旋桨、明轮、立翼三种。其中以螺旋桨的推进效率最高，应用最为普遍。这里只从驾驶角度着重讨论螺旋桨的作用。

船员习惯上称船舶主机为“车”，称螺旋桨为“车叶”。

螺旋桨通常是由桨毂和桨叶两部分组成。桨毂是一个流线型锥柱体、以减少水阻力，桨毂后端加一个整流罩，叫做毂帽。桨叶（见图 1-1）是产生推力的叶片，从船后朝前看到

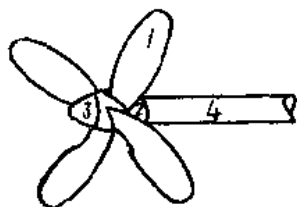


图 1-1

1-桨叶；2-桨毂；3-整流帽；4-尾轴

的桨叶的一面，叫做叶面，相反的一面叫叶背。螺旋桨在正车转动时，先接触水的一边叫导边，其后面的一边叫随边。桨叶最外端叫叶梢，螺旋桨转动时，叶梢的运动轨迹是个圆，其直径叫螺旋桨直径。在一般情况下，直径约为船舶吃水的0.7~0.8。

螺旋桨在水中转动时，与螺丝钉在木头中旋转着前进的情况是一样的。螺旋桨绕尾轴旋转 360° 中，向前移动的距离，称螺距。

从船尾朝前看螺旋桨，当正车转动时，如螺旋桨顺时针方向转动的，就叫右旋螺旋桨；相反的，如螺旋桨逆时针方

向转动的，就叫左旋螺旋桨。一般单桨船，以右旋螺旋桨为主。

河船常常装备二个螺旋桨，单桨船也有。双桨船的螺旋桨大都为外旋式。即左侧桨作逆时针方向旋转，右桨作顺时针方向旋转，内旋式的较少见。此外，也可偶而见到不合理的左右两桨朝同一个方向旋转的双桨船。

螺旋桨桨叶朝后的叶面又称压力面，朝前的叶背又称吸力面。压力面与轴线成适当的倾角。螺旋桨在工作时，它的压力面以一定的压力把水流推向后面，而从吸力面把水吸过来补充，形成如图1-2所示的螺旋桨水流。桨盘前为吸入流，桨盘后为排出流；倒车时的螺旋桨水流的位置和方向

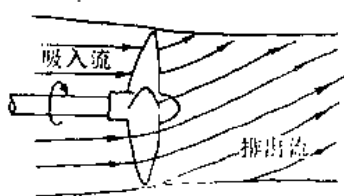


图 1-2

向与上述的相反。吸入流的流速较慢，流线近乎平行；排出流的流速较快，且流线旋转。这个因螺旋桨工作面增加的流速增量称“诱导速度”。由于排出流是旋转流动的，因此诱导速度还有轴向诱导速度与切向诱导速度之分。螺旋桨工作中产生的推力，实质上是桨叶迫使水流获得轴向诱导速度时，水流对螺旋桨的反作用力；同样道理切向诱导速度的存在，也会使水流对桨产生反作用力。此外，螺旋桨在静水中旋转一周的前进距离要小于它的螺距，这是因为它工作时，把水推向后方时，产生了好像滑牙的螺丝杆在螺母中旋进时的滑脱现象一样的滑脱。而螺旋桨排出流的速度可认为是航速与滑脱速度的总和，船速则是螺旋桨进速、伴流速度与轴向诱导速度的综合（见图1-3）。亦即排出流的速度是滑脱速度、螺旋桨进速、伴流速度及诱导速度的总和，相当于转速与螺

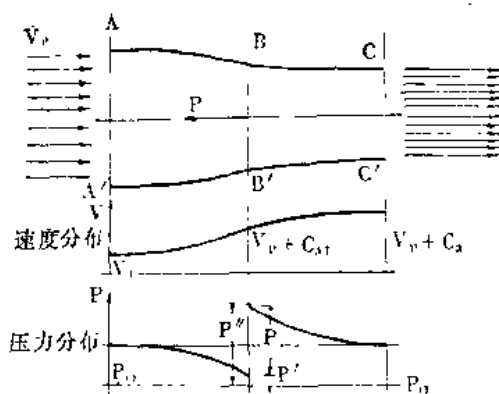


图 1-3

V_p -流速； C_{a1} -桨盘处的诱导速度； C_a -桨盘后C-C'处的总诱导速度； P' -桨盘前的压力； P' -桨盘后的压力； P -桨盘前后的压力差

距的乘积。当船在启动或微速中加车时，船速虽小，但排出流仍具有与转速相适应的较大速度，作用在舵上可产生较大的舵压力。这一特性，为操纵船舶提供了一定的便利条件。在驾驶实践中，每当停车后船速很小或近乎静止时，虽然操了大舵角，舵力仍然很小，效果很差，无法实现操纵意图，此时，驾驶员常采用短暂正车“以车助舵”的办法，借助排出流的速度来提高舵效。这一操作方法，对船位基本上无影响，但却有效地提高了船舶的操纵能力，在实践中很有用处，应认真领会掌握。

在航行途中，由于航道条件和设备养护方面的需要，主机常留有一定的储备功率，一般约为主机额定功率的10~20%；在港内航行时，还应进一步降低车速。具体转速，应与轮机人员共同洽商确定。

在变速运动中，从操纵上看，要特别注意启动与换向倒

车这两项操作。船舶从静止中启动，如欲马上达到较高的船速、就必须加大转速，使主机在超负荷条件下工作，这很容易造成主机损坏。因此，在开车启动时，应先开低转速，尔后再随船速的增加逐渐加大转速，这在驾驶室直接遥控启动时，应予以注意。从正车换向倒车时，通常都采用紧急刹车，强迫主机停止转动，然后再启动倒车，历时长短与机器种类、性能等有关。一般情况下，蒸汽机船由前进三改为后退三约需60~90秒钟；内燃机船约需90~120秒钟；驾驶员在操纵中，对这些也应做到心中有数。

船在航行途中、螺旋桨运转稳定在一定转速时，就可得到一个相应的稳定船速，匀速前进。驾驶人员对于本船的主机转速与船速之间的关系必须心中有数，以便计算候潮过浅滩的时间、正确的到港时间、以及遵守港章规定的港内行驶速度等。驾驶人员至少应掌握本船前进一、前进二、前进三时的车头转数和相应的船速（不计风、流影响），这对于操船是很有利的。这些数据一般是通过实船测定取得的。测速时，船以稳定的车速，定向驶经测速场，记录各对测标的串视时间（见图1-4），按各对测标之间的距离，换算得速度。在无风、流影响时，测两次，求其平均值即可。在有水流影响时，若顺流、顶流往返时的流速是均匀的，则测三次；流速不均匀时，则应测四到五次，其目的是使可能产生的误差达到最小。根据当地实际情况和观测次数的不同，分别用下列公式求算：

1. 求单次观测的速度 V_1 (km/h)

$$V_1 = \frac{S_1 \times 3600}{t_1}$$

式中： S_1 ——两对测标的间距 (km)；

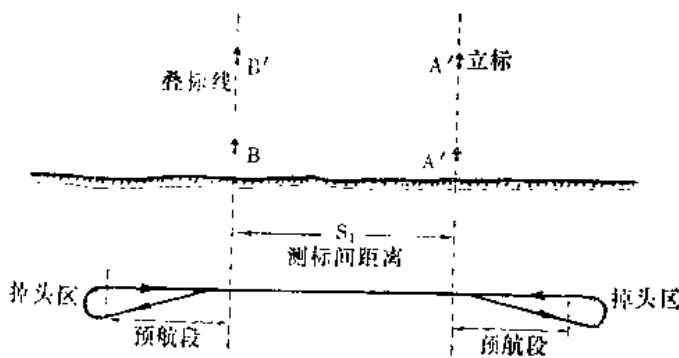


图 1-4

t_1 ——经过两对测标的时间间隔 (s)。

2. 求两次或多次 (车速不变) 观测后的平均速度 V (公里/小时)

1) 无风、流影响时, 测两次:

$$V = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

2) 有流、流速均匀, 测三次, 两次顺流, 一次顶流或反之:

$$V = \frac{V_1 - 2V_2 + V_3}{4}$$

3) 流速不均匀时, 测四次, 两次顶流、两次顺流:

$$V = \frac{V_1 + 3V_2 + 3V_3 + V_4}{8}$$

在测速过程中, 应注意下列事项:

1) 第一次测试完毕、进入第二次测试时, 由于回转掉头的关系, 车速与航速均有所下降, 所以必须行驶一段预备行程, 以便恢复正常的稳速行驶。

2)航向偏差不得超过 $\pm 2^\circ$ 。为了保持航向所操的舵角，最大不得超过 5° 。而为回转掉头所用的舵角也不宜过大，以免降速太多。

3)风力不得大于三级。

有许多地区，由于缺乏这类测速场的设置，可考虑直接用计程仪测定船舶在一定车速下的对水速度。

二、舵 的 作 用

舵是控制操纵船舶运动方向的一种重要设备。当舵叶剖面中线与船首尾线相重合或平行时（称为“正舵”），舵叶两侧水流对称流过，不产生舵力，而舵叶本身又起着加大分水阻的作用，增加了航向稳定性，船将向前作直线运动。当将舵叶转到左（右）侧一个角度后，就将产生舵力，使船头朝相应的一侧转动，另一方面舵叶本身在转离了首尾线后，无异削减了分水阻使船便于回转。舵叶转到左侧可使船头向左转动，转到右侧则使船头右转；船在后退中，则左舵使船尾向左船头向右转，右舵使尾向右头向左。

1. 舵力

水以一定的冲角对舵作用后产生的力称为舵力。船在航进中，将舵朝一航转了一个舵角后，就将因舵叶两侧的水流发生变化，而在舵的迎流一侧形成高压区，背流一侧形成低压区，产生了舵力。若略去水的粘滞性影响，可认为舵力 P 与舵叶相垂直（见图1-5）。

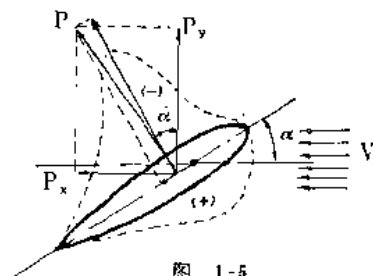


图 1-5

α -舵角； V -流速； P_y -升力；
 P_x -阻力； P -舵力

求取舵力的经验公式很多，现介绍密登道夫公式如下：

$$P_a = 11S(KV)^2 \sin^2 \alpha$$

式中： P_a ——舵角为 α 的舵力 (kgf)；

S ——舵面积 (m^2)；

V ——航速 (节)；

α ——舵角 (度)；

K ——系数 (螺旋桨船取1.2；明轮船取1.1；非机动船取1.0)。

上述公式表明舵力的大小与舵面积、航速、舵角有密切关系，兹分别说明如下：

1) 舵面积：一般地说舵面积愈大，舵力愈大、回转也愈灵活。但过分增大舵面积，除增加对舵机功率的要求外，还会增加阻力，降低航速，对回转却无明显好处。对于隧洞尾型的船来说，加大舵面积，有时反面会出现舵效呆滞的情况，因此在实践中总是根据航道航行条件和船舶线型的不同，选定不同的舵面积。舵面积一般按下式确定：

$$S = K'LT$$

或
$$K' = \frac{S}{LT} (\%)$$

式中： S ——舵面积 (m^2)；

L ——船长 (m)；

T ——吃水 (m)；

K' ——系数，或称舵面积比 (%)。

国内一些江河船舶的舵面积比，略如表 1-1 所示。

2) 舵角：舵角愈大，舵力愈大，回转也就愈灵便，但当达到一定范围后，如再增加舵角，就会因舵叶背水面出现涡流，反面使舵力下降。这一极限舵角，平板舵为 35° ，流线

内河船舶舵面积比简表

表1-1

船 型	航 区	$K'(\%)$
客 货 轮	长江下游	2.1~5
	长江上游	5.27~7.85
	其他内河(长江支流、松花江、新安江)	4.37~5.95
拖 轮	长江下游	3.31~8.87
	长江上游	4.75~8.19
	江西内河	9.65
小 艇	长 江	4.38~8.85
	新 安 江	2.4
	乌苏里江	4.55
驳 船	长江及其他内河	2.95~5.30

型舵为 32° ，船上均有“舵角限制器”这一专用装置，用以限制舵叶转到更大的角度。但在船进入回转以后，由于船尾的外扬摆动，使水流对舵的冲角减小，通过试验和计算表明，将最大舵角自 35° 增大至 45° 是有可能取得良好效果的。事实上，有些航运单位将拖轮的最大舵角放大到 45° 后，很受船员的欢迎。

3) 航速：公式表明舵力是随航速 V 的平方而急剧增大的。但严格地说，产生舵力的应是船舶尾部，水流对于舵的相对速度。这一相对速度中，包含着船舶的静水航速，伴流速度以及螺旋桨排出流的速度。对于处在螺旋桨正后方的舵来说，排出流是特别重要的，它的诱导速度可以抵消伴流的影响。提高水流对舵的相对速度从而提高舵力，实验表明：单桨、单舵船，流过舵面的水流速度 V_R ，约为船速 V_s 的1.05~1.1倍，即 $V_R \approx (1.05 \sim 1.10)V_s$ ；对于双桨双舵船，则排出流的影响超过伴流，其 $V_R \approx 1.25V_s$ 。所以说，

在驾驶实践中，“以车助舵”，利用排出流提高舵效，是一项常用又有效的操作方法，驾驶人员应深入领会掌握。

2. 舵压力对船舶回转运动的作用

船在航行中，把舵转到一侧后，就产生了舵力 P_a （见图1-6），按力的平移原理，将 P_a 移至重心 G ，分解后可知，它将使船的前进运动，发生如下变化：（1）舵力对重

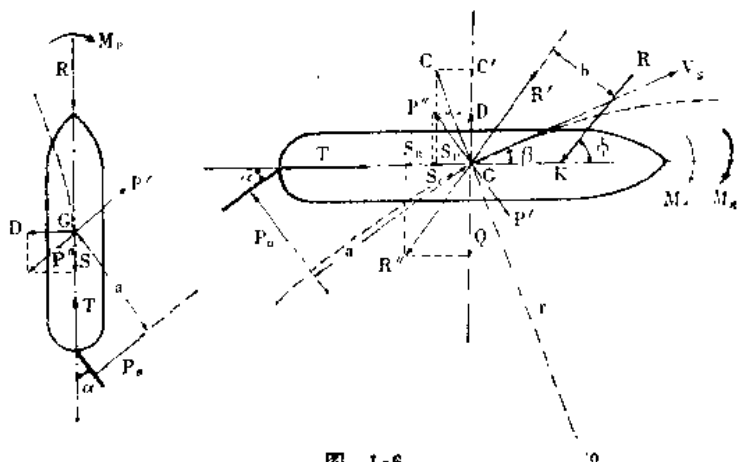


图 1-6

T -推力； β 漂角； ϕ -水动力角； V_s -船速； C -离心力； S -阻力； D -横移力； Q -水动力的横向力； r -航迹瞬时弯曲半径； M_a -舵力矩； M_R -船体水动力矩

心的转舵力矩使船头朝转舵一侧转动；（2）阻力增加，航速降低；（3）重心朝转舵的相反一侧偏移。于是船以漂角 β 沿 V_s 方向前进，并产生船体水动力 R ，按上述方法分析 R ，可知 R 对船也发生下列作用：（1）产生转动力矩 M_R ，使船头加速朝转舵一侧转动；（2）进一步降低航速；（3）使重心朝转舵一侧偏移；（4）随着船的进入曲线运动，又产生了惯性离心力 C 。船在舵力与船体水动力的

共同作用下，按照人们的意图改变航向或进入回转运动。还必须指明的一点是：物理学告诉我们，使物体作曲线运动，必须要有“向心力”的作用。亦即要使航行中的船，朝转舵一侧作曲线运动（转向或回转），就必须有一个指向曲率中心的向心力，从上述分析中可知，由于船体浸水纵中剖面面积要比舵面积大数10倍，其横向分力 Q 很大且指向曲率中心，而离心力 C 与舵力 P_a 的横向分力 D 都是背向曲率中心的，所以真正使船头朝转舵一侧作曲线运动的力是船体水动力。但舵力仍是很重要的，船体水动力是在舵力的诱导下才得以产生的，没有舵力的作用，该水动力也就难以产生。

三、车舵效应

单桨单舵船在航行中，把舵放在正中的零位，按理船应保持直线航行，但实际上，即使外界条件很理想，船也会向一边偏航。这是因为螺旋桨在运转过程中，除产生使船前进的推力外，还附带产生使船偏航的横向力，它的螺旋形排出流也会使舵叶两侧产生压力差。这些横向力对于船舶运动影响的效果，习称“车舵效应”。

根据国内外一些资料的介绍，上述这类横向力，主要可归纳为下列数种：

1. 螺旋桨浅沉横向力

若螺旋桨浸入水的深度太浅，则螺旋桨在运转中，上叶片在桨盘上半圆掠过时，就会因离水面过近而吸入空气或露出水面，大大降低了作用力；下叶片在经过下半圆时，则没有这种损失。因此下方叶片所产生的水动力大于上方叶片，其横向分力（属旋转阻力）也是下叶片的大于上叶片的。上下叶片的横向合力，即称为“螺旋桨浅沉横向力”