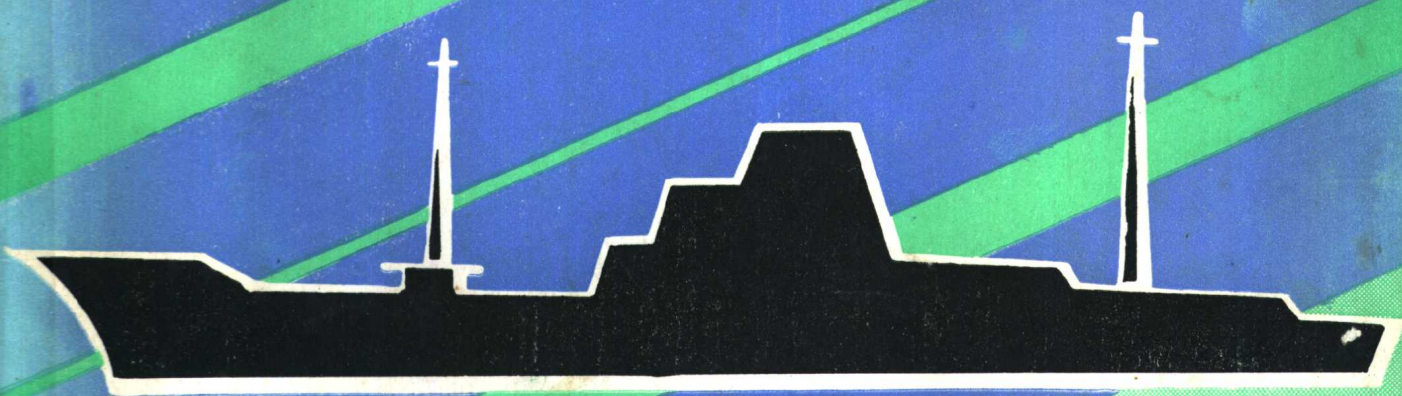


交通系统中等专业学校试用教材

船舶设备与系统

(船舶修理与制造专业用)

武汉水运工业学校 富嘉坤 编



人民交通出版社

交通系统中等专业学校试用教材

船舶设备与系统

Chuanbo Shebei Yu Xitong

(船舶修理与制造专业用)

武汉水运工业学校 富嘉坤编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书共两篇十二章。第一篇船舶设备，讲述了舵、锚、系缆、拖带与顶推、起货、关闭、救生、航行与信号等设备的组成、种类、作用原理、布置要求，以及设备的选用依据和具体计算。第二篇船舶系统，简要地介绍了船舶水、电、气、压载、压舱水、消防、通风、供暖、空调及制冷等系统的组成、工作原理、布置原则。

本书可作为中专或技工学校船舶修理与制造专业的教材，也可作为船厂工程技术人员、船员的技术参考书。

本书责任编辑吴保宁。

交通系统中等专业学校试用教材

船 舶 设 备 与 系 统

(船舶修理与制造专业用)

武汉水运工业学校 富嘉坤编

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毫米 印张：16 字数：392千

1987年6月 第1版

1987年6月 第1版 第1次印刷

印数：0001—2,900册 定价：2.30元

前 言

本书是根据1979年10月和1980年3月召开的交通系统中等专业学校的船体、船机专业教材编审会议讨论通过的《船舶设备与系统》教学大纲编写的。全书分船舶设备与船舶系统两篇共十二章。考虑到各校学生的来源和今后学制的变化，本教材计划为100学时，各校可根据具体情况对教材内容加以取舍。

本书由武汉水运工业学校富嘉坤主编，武汉水运工程学院杨炳林主审，交通中专机械类专业教材编审委员会编委华乃导审校。

由于编者水平所限，加之收集资料不够广泛，书中难免有缺点和错误，恳请读者批评指正。

目 录

第一篇 船舶设备

第一章 舵设备	1
第一节 概述	1
第二节 舵的作用原理	2
第三节 舵设备的组成	6
第四节 舵设备的检查和试验	18
第五节 敞水舵的水动力特性	19
第六节 实船舵的工作情况	31
第七节 舵设计	34
第八节 特种舵及其他操纵设备	57
第二章 锚设备	64
第一节 概述	64
第二节 锚	69
第三节 锚链	79
第四节 锚的止、导、贮、控设备	82
第五节 起锚机械	86
第六节 锚设备的布置及抛锚试验	89
第三章 系缆设备	90
第一节 系缆	91
第二节 系缆属具	94
第三节 系缆设备的配备和布置	101
第四章 拖带和顶推设备	105
第一节 概述	105
第二节 拖带设备	107
第三节 顶推设备	119
第五章 起货设备	123
第一节 概述	123
第二节 吊杆装置	127
第三节 轻型吊杆装置几何参数的确定	135
第四节 吊杆装置的受力计算	139
第五节 起重柱(桅)	154
第六节 起货设备的检验	158
第六章 关闭设备	159

第一节	大舱盖	159
第二节	小舱盖和人孔盖	162
第三节	船用门	162
第四节	船用窗	163
第七章	救生设备	165
第一节	救生载具	165
第二节	救生浮具	174
第三节	个人救生设备	175
第八章	航行设备与信号设备	177
第一节	航行设备	177
第二节	信号设备	184

第二篇 船舶系统

第一章	总论	188
第一节	管路构件	188
第二节	船舶系统中的机械设备	194
第三节	对船舶系统的要求	198
第二章	舱底水、压载及日用水系统	200
第一节	舱底水系统	200
第二节	压载系统	203
第三节	日用水系统	206
第三章	消防系统	210
第一节	概述	210
第二节	水灭火系统	214
第三节	蒸汽灭火系统	217
第四节	CO ₂ 灭火系统	217
第五节	泡沫灭火系统	220
第六节	卤化物灭火系统	221
第七节	失火报警设备	223
第四章	船舶通风、供暖、空调与制冷系统	225
第一节	通风系统	225
第二节	供暖系统	227
第三节	空调系统	228
第四节	制冷系统	233
	思考题与习题	235
	专业英语词汇索引	242

第一篇 船舶设备

第一章 舵设备

第一节 概述

操纵性是一切交通运输工具应具有的重要航行性能之一。它必须保证交通运输工具能按照驾驶人员的意图，安全可靠地操作和运行。

对船来说，操纵性主要反映在以下两个方面：

航向稳定性——船舶保持既定航向，作直线运动的能力；

回转性——船舶按需要由直线航行进入曲线运动的能力。

这两种性能，对船舶本身而言，矛盾而又互相制约，譬如：航向稳定性增加时，对外力影响反应迟钝，往往难于改变其运动方向；而回转性增加时，对外力反应敏锐，其稳定性就会相对地变差。因此，必须根据船舶的用途、要求、航行条件等，妥善处理两者的关系，力求得到矛盾的合理解决。例如：设计者们对于航行在航道拥挤的港作拖船、上下于激流险滩的川江船舶，首先满足其回转性的要求，再兼顾考虑其稳定性；而对于航行在水域宽广，受风浪影响较大的海洋船舶，则首先考虑其航向稳定性。如何正确地处理两者的矛盾，是设计者改善和提高船舶操纵性的中心课题，需要认真地研究和不断地探讨。

船舶操纵性的优劣主要取决于两方面的因素：一是船舶本身的影响；一是操纵设备的选用。

船舶的主尺度及几何形状，诸如：船长、吃水、尾部线型以及上层建筑布置都对操纵性有很大的影响。例如：同样的排水量和吃水，水下线型瘦削、侧投影面积大的船舶，转动起来比短而宽的船舶困难；尾鳍保留得多，相当于增加了船体尾端的水下侧投影面积，航向稳定性就好，而回转起来却较无尾鳍的船困难。又如：船上的重量、上层建筑的分布若集中在船的中段，船的转动惯量就小些，使船转动就容易；反之，将重量和上层建筑分布在远离船舶重心的首尾端，船的转动惯量增大，回转起来就困难，而且一经转动，要阻止其转动也不容易。这些，在确定船的主尺度、线型和总布置时，就应结合船舶对操纵性的要求予以全面权衡，譬如：对于一般有尾鳍而吃水较深的自航船，设计舵时可首先用下式作初步考虑：

$$\phi = \frac{F_L L_S}{\nabla} \approx \frac{L_S}{\delta B} \quad (1-1)$$

式中： F_L ——船水线下侧投影面积， m^2 ；

L_S ——船的满载水线长， m ；

∇ ——船的满载排水体积， m^3 ；

δ ——满载吃水时的方形系数；

B ——型宽， m ；

ϕ ——无因次系数。

当计算所得之值 $\phi \geq 9$ 时, 表示本船可能有较好的航向稳定性。此时, 为了获得较好的回转性, 可以从选择效能较好的操纵设备, 提高舵的水动力等方面着手。当 $\phi \leq 7$ 时, 则应在设计时略侧重于船舶航向稳定性的要求, 这样, 对船的主尺度、总布置都需注意尽可能地采取提高航向稳定性的有利措施。当然, 这必须和船舶的其他航行性能要求、营运要求综合考虑后才能决定, 不可孤立地看待问题。另外, 螺旋桨的个数、转向、布置都对船舶操纵性有直接影响, 如: 单螺旋桨单舵船其螺旋桨工作时所产生的横向力, 会使船舶经常偏离航向, 使航向稳定性变差, 而对双螺旋桨船来说, 这种影响由于两螺旋桨的转向不同而抵销, 加之可以利用两螺旋桨的顺车和倒车所造成的转船力矩, 就会使双螺旋桨船的操纵性能大大提高。

至于船舶操纵设备, 广义地说, 应包括所有能迫使船舶按照驾驶人员的意图, 稳定航向或进行回转操纵的一切设备和装置。诸如: 兼有推进和操纵能力的直翼推进器、喷水转动装置, 甚至锚、缆具和螺旋桨都属于可以协助船舶操纵的主要工具, 本章主要介绍的是舵设备, 其他内容将在有关章节和其他课程中另行介绍。

舵设备是舵及其支承部件和操舵装置等的总称。舵设备具有结构简单、安全可靠、造价较低、操作方便等优点。且由于舵置于零舵角时, 相当于在尾部增加了尾鳍部分, 使船尾端水下的侧投影面积增加, 因而使船舶稳定性增加。在具有舵角时 (即转舵回航时), 又恰如除去了尾鳍, 使船的回转性变好, 这样, 就兼顾了对回转性和稳定性的要求。因此, 长期以来, 舵一直作为船舶操纵的主要设备, 并得到广泛地应用。

第二节 舵的作用原理

常用舵是一块置于水线以下, 可绕固定轴线转动的平板或剖面为流线型的板架结构。当舵以速度 v_0 运动, 或者说水流以速度 v_0 流经舵时, 舵就相当于一个有限翼展的机翼在流场中运动。当舵位置处于正中, 即无舵角时, 由于舵叶两面的流线对称, 见图1-1a), 不产生舵压力。若是舵叶相对于正中位置偏转了某一舵角 α , 就相当于机翼以攻角 α 、速度 v_0 运动, 此时舵叶两侧流线对称性被破坏, 见图1-1b)。根据伯努利方程可知: 在翼背流线长、

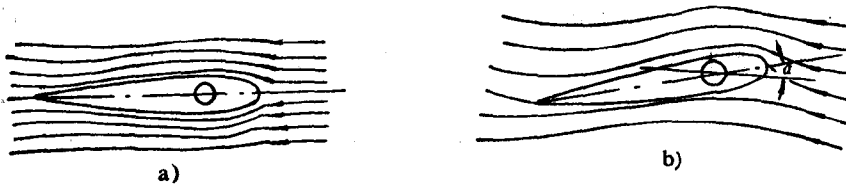


图1-1 舵上的流态

流速高、压强低; 在翼面流线短、流速低、压强高, 因此在机翼两侧形成了压力差, 压力分布如图1-2中虚线所示。由于流体具有粘性, 对舵还将产生切线方向上的力, 二者的合成, 即为舵的总水压力, 简称为舵压力 P 。 P 的方向近乎垂直于舵面, 力 P 的作用线与舵叶对称平面的交点, 称为舵的压力中心 O , 其位置通常按其离机翼的导缘距离 x_p 来度量。将 P 力按照流体运动的方向和垂直于流体运动的方向分解, 得到舵叶的阻力 P_x 和舵叶的升力 P_y 。如果照平行于舵叶的中心线方向和垂直于舵叶中心线的方向分解, 则可得到舵叶的切向力 P_t 及舵叶的法向力 P_n , 见图1-2。根据力的平移定理可知, 力 P_y 可用一转船力矩 $P_y l$ 和

作用于船舶重心 G 处的横向力 P_y 所代替。其效果是：一方面将使船首向舵偏向一方转动，同时将使船产生“反向横移”； P_x 力将使船舶前进时的总阻力增加，从而使航速降低，见图1-3。

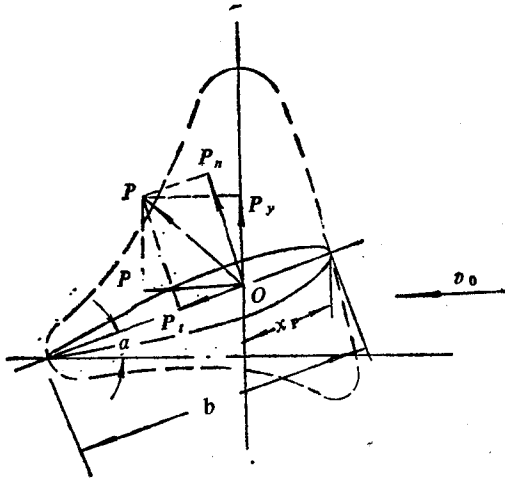


图1-2 舵水动力分析

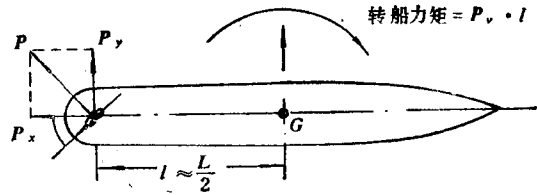


图1-3 转舵阶段的舵力及转船力矩

船舶转舵后的回转运动比较复杂，从回转过程的受力及运动状态来分析，一般把整个回转过程分为三个阶段：转舵阶段、发展阶段和稳定回转阶段。

第一阶段——转舵阶段。该阶段的持续时间是从转舵开始到转舵终止，通常约需10~15s的时间。此阶段虽已产生了转船力矩，但由于船舶的惯性大、作用时间短，所以船舶几乎仍按原航线运动，横向位移和旋转角位移均很小，前进速度略有减小。

第二阶段——发展阶段。该阶段的持续时间是从转舵终止到船舶进入定常回转状态为止。此阶段初始时，力 P_y 一方面使船舶产生反向横移，一方面由于转船力矩 $P_y l$ 的作用，将使船舶绕重心 G 旋转。伴随着回转运动的产生，使船舶的纵中剖面与航速 v_0 之间形成了一个漂流角 β 。若把船体水下部分也当作一个机翼，则在漂流角（可视作攻角）存在的影响下，流体对船将产生水动力 R ，作用于 K 点，见图1-4。同理。力 R 在 x 和 y 轴上的投影—— R_x 将使船速进一步降低，而 R_y 可用一个作用于重心 G 处的平行力 R_y 和一个力矩 $R_y l'$ 代替。由于 R_y 的方向与 P_y 的方向相反，故将减缓船舶的横向漂移。值得注意的是，在此阶段由于 R_y 的作用点 K 在重心之前，其对重心 G 点的力矩 $R_y l'$ 将加强 $P_y l$ 的作用（ l' 是水动力作用点 K 至重心 G 之间的距离），使总的转船作用加强。

伴随着转船力矩的增加和时间的增长，船舶的回转角速度 ω 也逐渐增大，故在此阶段的特点是：船速进一步降低，横向漂移减缓，回转角速度 ω 和漂流角 β 均逐渐增大，船舶将沿一曲率半径逐渐减小的轨迹运动。

第三阶段——定常回转阶段。由于船舶回转角速度的增加，船舶受到周围流体的阻尼力矩 M_0 也相应地增加；又由于航行轨迹曲度的变化， R 和 β 均随之变化， R 的作用点 K 也

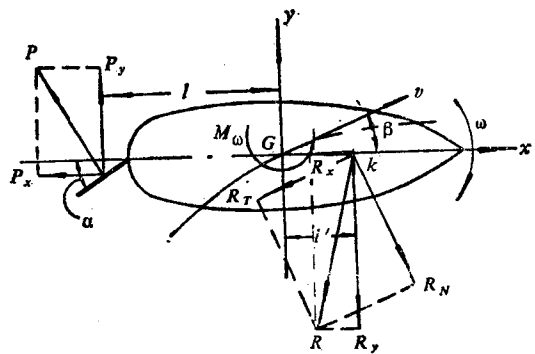


图1-4 发展阶段的受力及转船力矩

由船首向船尾移动,减小了力矩 $R_y l'$,而为回转运动所改变了的船舶周围水流情况,又使舵的实际攻角有所减小,从而减小了 P 力,也就使 $P_y l$ 值降低。当力矩 $R_y l'$ 、 $P_y l$ 、流体对船的阻尼力矩 M_0 三者相平衡时,船的角速度 ω 达到最大值,角加速度为零,漂流角 β 变为定常值,船舶将在曲率半径为定常值的圆上作回转运动,图 1-5 为船舶回航轨迹图。该图是在船的回转过程中,船舶重心三个阶段的轨迹曲线。由图中可以看出,在转舵阶段,船舶重心的轨迹略呈 S 形;在发展阶段,回转运动很明显,其轨迹的曲率半径逐渐减小;在定常阶段,其轨迹为一个定圆。由于船舶的回航轨迹图能在相当程度上反映出船舶的回转性能,所以在交船试验中常须进行回转试验,并测绘船舶的回转圈图。其主要的特征参数如下:

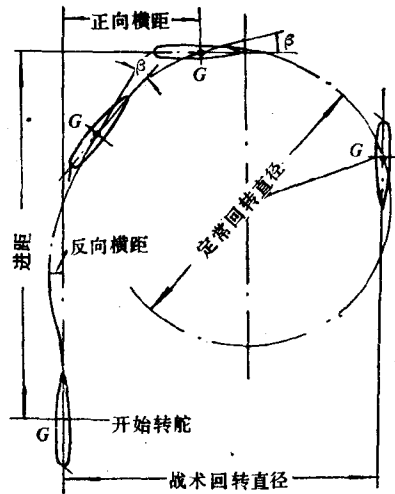


图1-5 船舶回航轨迹图

1. 定常回转直径 D

D 指船舶全速满载正航时进入定常阶段后的回转圈直径。它表征船舶在大角度回转时的性能。定常回转直径与船长的比值称为相对回转直径—— D/L 。各类船舶的 D/L 值约在 3~10 的范围内。显然, D/L 越小,船舶的回转性能就越好,一般民用船舶的 D/L 适宜值见表 1-1。表中数据为经验统计资料。

对于在内河和狭窄航道航行的船舶,由于回转直径的大小对船舶的操纵性有着重要的意义,因此一般在设计初期,可用经验公式估算,如劳贝提出的内河估算回转半径公式:

$$R = C \frac{k_1}{k_2} \frac{\nabla}{S} \tag{1-2}$$

$$R = C \frac{k_1}{k_2} \frac{\nabla}{2} \left(\frac{1}{nh^2} + \frac{1}{S} \right) \tag{1-3}$$

式中: C ——修正系数,视螺旋桨与舵的配合位置而定,在 1~1.4 内变化,当舵位于螺旋桨尾流中时,取小值;

∇ ——船舶满载时的排水体积, m^3 ;

S ——舵面积, m^2 ;

R ——定常回转半径, m ;

k_1 ——系数,由 $\frac{\nabla}{F_L L}$ 而定,查图 1-6;

F_L ——满载水线下纵向侧投影面积, m^2 ;

L ——满载水线长, m ;

k_2 ——系数,由转舵角 α 查图 1-7;

民用船舶的 D/L 适宜值 表 1-1

船的航区	船的类型	D/L
海洋	油 船	3.45~7.5
	客 货 船	3~5
	货 船	4~6.1
	拖 船	1.5~2.5
江河湖泊	客 货 船	1.5~3.5
	货船、拖船	2.5~4
	推(拖)船(单船)	1~2.5
	推驳船队	(4~6.3)船队长
	30m 以下小艇	1.5~3.5

- n ——舵的数量；
- h ——舵高（展长），m；
- b ——舵宽（弦长），m。

公式（1-2）适用于舵的展弦比 $h/b \geq 1$ 的船舶，当 $h/b < 1$ 时，可按公式（1-3）进行估算。

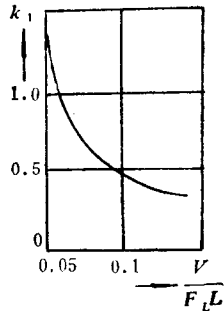


图1-6 系数 $k_1 \sim \nabla/F_L L$ 曲线

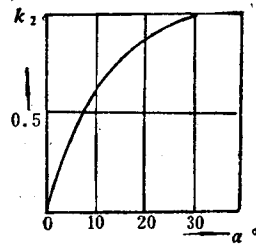


图1-7 系数 $k_2 \sim \alpha$ 曲线

2. 战术回转直径 D_T

D_T 是船舶由开始操舵，至回转至 180° 时，其重心位置距初始直航线的垂直距离。其值约等于定常回转直径的 $0.9 \sim 1.2$ 倍，它是衡量船舶在有限宽度的航道内，能否顺利进行回航的重要依据。

3. 进距 l

l 是船舶从转舵开始时的船舶重心位置，至航向转至 90° 时的船舶纵中剖面间的垂直距离，其值约为 $0.6 \sim 1.2D$ 。它表示船舶在航行中，发现前方有障碍物而转航避碰的最短有效距离。显然，进距越短，回航性能越好，遇紧急情况也就能及时地应急避碰。船舶驾驶人员可根据各船进距的大小考虑转舵的提前量。

4. 正向横距

又称正向横移，是航向回转 90° 时的船舶重心位置与开始转舵时的船舶首尾线延长线之间的垂直距离，约为回转直径的 $50 \sim 60\%$ 。

5. 反向横距

它指开始转舵阶段内，船舶重心离开初始直线航向，向转舵相反一舷横移的最大距离。其值约为 $(0 \sim 0.1)D$ 。一般运输船的全速满舵时的反向横距，约为 $1/2$ 船宽。当避让操纵或在弯曲狭窄航道航行时，必须考虑反向横距对操纵的影响。

从以上所介绍的几个参数看来，回转直径是衡量回转性的最基本、最重要的特征参数。在给定的舵角下，回转直径越小，则回转性能越好。应该指出的是，回转直径除了与船舶本身的主尺度、排水体积、舵的几何尺寸、舵角有关外，还与船舶的航速有关，航速增加将导致回转直径增大。至于航向稳定性，通常是用每分钟的操舵次数，即平均操舵率，以及平均操舵角来衡量的。一般认为：在普通海况时，欲保持船舶直线航行，其平均操舵角应不大于 $2 \sim 5^\circ$ ，而平均操舵率若为每分钟 $10 \sim 12$ 次，则该船具有较好的航向稳定性。当然，要保证船有良好的操纵性能，还需要有迅速的应舵能力，以及安全可靠的操舵装置等。

第三节 舵设备的组成

舵设备中除了舵而外,为保证能在规定的时间内,将舵转动到所需要的角度,还需要操舵装置(操纵机构)、舵机、转舵装置及止舵装置等。图1-8为常见的舵设备布置图。

舵设备的布置是根据总布置、舵机的类型而定的。但不论怎样布置,舵设备都应保证舵能可靠地不间断地工作,也就是说:舵设备的各组成部分应能在规定时间内将舵转动,能限制舵的转动角度,能将舵可靠地停止在限制角度内的任何位置上,并能从驾驶室监视舵位,同时还应能迅速地由主要的操舵装置改为备用的或应急的操舵装置。这就要求整套舵设备都能坚固、可靠、耐用,并使各组成部分的外形尺寸和重量在满足要求的情况下尽可能地减小。

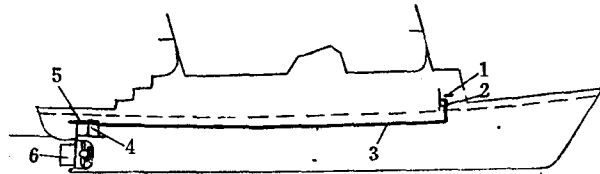


图1-8 舵设备布置
1-舵角指示器; 2-操舵器; 3-传动装置;
4-舵机; 5-转舵机构; 6-舵

一、操舵装置

它是将操舵指令及时传递给舵机或直接作动舵的装置。按使用分为主操舵装置、备用操舵装置、应急操舵装置等;按操作的方式分为人力操舵装置和自动操舵装置(自动舵)两大类,后者多用于远洋船舰。

在设有两套操舵装置的船上,首先和经常使用的操舵装置称为主操舵装置。当主操舵装置发生故障时,可用辅助的第二套操舵装置来代替。当主、辅操舵装置都失灵时,则利用应急操舵装置操舵。应急操舵装置多设在船尾和舵机舱内。

操舵装置一般有操舵器、舵角指示器、和传动装置等部分。

1. 操舵器

操舵器是专供舵工或驾引人员转舵用的手柄或舵轮。两者多用硬木或无磁性金属制成。

操舵手柄有香蕉式、羊角式和扇形之分,多用在电动舵机的船上。

舵轮多呈圆形,轮上设有8个操舵把手。不管操舵器的形式如何变化,它们的转动方向都与舵的转动方向一致。

2. 舵角指示器

舵角指示器是反映舵叶转动多少舵角的仪表。用以了解和监督舵的实际位置,一般有机械式和电动式两种,安置于驾驶室内操舵器的前方,或驾驶室前面的舱壁上,供驾引人员随时观看。

机械舵角指示器多用于以舵轮来操舵的船舰上,见图1-9。

舵轮固定在螺杆上,螺杆上套着一个带有齿条的螺母,齿条与一齿轮啮合,该齿轮的轴上安装着舵角指示器的指针。当转动舵轮时,一方面通过伞形齿轮和连杆将指令传至舵机,同时也转动螺杆使齿条前后移动而转动齿轮,从而带动指针指示出舵角。在螺母的前后方向各安装有小铁块,用以控制螺母在限制舵角内运动。

电气舵角指示器是由两部同步电动机组成。一部装在舵柄附近,其转轴和舵柄机械联

接，当舵角改变时，舵柄转动，使同步电动机也随之转动。该电流的变化，同步地传递到驾驶室的同步电动机，而使指示器的指针转动。这种舵角指示器多用在电动舵机或电动液压舵机的船上。

3. 传动装置

传动装置一般可分为人力舵的传动装置和机动舵的传动装置两大类。

1) 人力舵的传动装置：常用于小型船或非机动船，多为索链传动，见图1-10。由操舵器直接操纵卷有舵链的卷筒，收放舵链而使转舵机构转动。

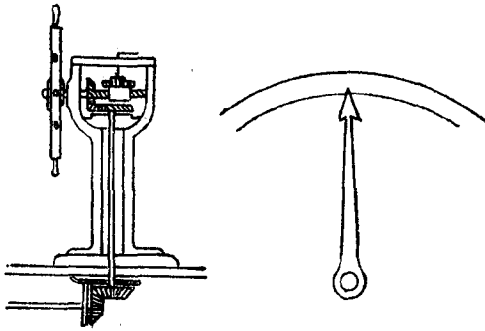


图1-9 机械舵角指示器

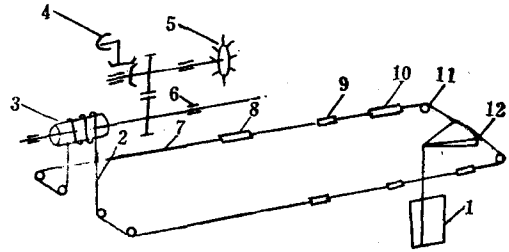


图1-10 人力舵的传动装置

1-舵叶；2-舵索（链）；3-鼓轮（卷筒）；4-舵角指示器；5-操舵器；6-轴承；7-传动杆；8-松紧螺旋扣；9-活络接头；10-缓冲弹簧；11-导向滑轮；12-舵扇

2) 机动舵的传动装置：

1) 机械式传动装置：如图1-11所示，它由齿轮、轴承、链条、万向接头、离合器、连杆等组成。它仅适用于操舵器和舵机之间的距离不太长的船上，以免由于甲板或舱壁的变形，引起传动工作的障碍，或因整个系统中机械摩擦部分很多，而增大船员的劳动强度。

(2) 液压传动装置：液压传动装置是利用液体不可压缩的特性，利用液体作为能量传递的介质来传递操舵器的动作的。所选用的液体是由水和甘油合制而成的油液。在工作条件下不会气化，受压后体积很少变化，因此可以将操舵器连续的或间断的动作，迅速而准确地传至舵机控制机构，见图1-12。液压传动装置由发送器与受动器两个主要部分组成，前者设在

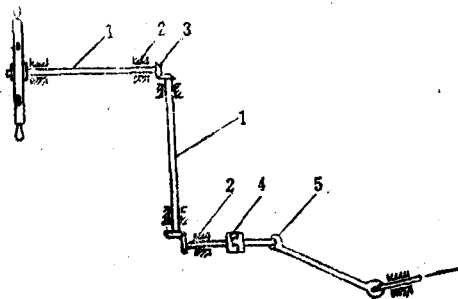


图1-11 机械式传动装置

1-连杆；2-轴承；3-伞形齿轮；4-离合器；5-万向接头

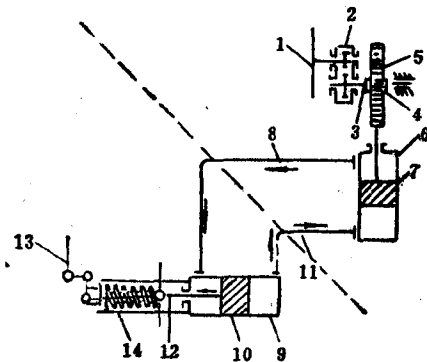


图1-12 液压传动装置

1-舵轮；2-传动齿轮；3-轴；4-小齿轮；5-齿条；6-发送器液缸；7-活塞；8-管路；9-受动器液缸；10-活塞；11-管路；12-活塞杆；13-曲拐杆；14-弹簧

驾驶室，后者设于舵机间，两者之间用两根铜管连接。当操舵器转动时，通过齿轮2使与轴3相连的小齿轮4转动，同时使活塞杆上的齿条5移动，液缸内的活塞7便作上下运动。当活塞7向上运动时，活塞上部空间的液体就被挤压而由管路8进入受动器的液缸9内，推动受动器内的活塞10向右移动，弹簧14也随之拉伸。此时，受动器液缸内右边的液体，因受活塞移动的挤压作用而沿管路11压入发送器液缸下部空间。随着受动器活塞的移动，连接于活塞杆12上的杠杆13便拉动舵机的控制机构，如蒸汽舵机上的差动阀或液压舵机上的控制杆，从而使舵机转动。当操舵器停止在某一角度时，发送器、受动器和舵机控制机构均停止在与所需的舵角的相应位置上，舵机也停在舵机控制机构所确定的位置，因而可以使舵维持在所需要的舵角上。如果放松操舵器（如向正航方向），受动器液缸内的活塞10便在弹簧14的作用下向左移动，带动杠杆13使舵机运动。此时，受动器液缸内活塞左边空间的液体沿管路8回到发送器液缸的上部空间，迫使活塞向下移动，最后返回中央位置而停止。这时，上下部分的压力平衡，结果使舵停止在中线位置上。

液压传动装置运转正确、可靠，结构简单，不受船体变形等影响，操舵时省力，且在松舵后能自动回到中央位置，但需要经常地、仔细地管理和保养，否则，稍有损坏泄漏，将会影响整个机构的正常运转。

(3) 电动传动装置：这种传动装置就是把操舵器和舵机之间用电路联系起来。由于这种传动装置轻便灵敏、工作可靠、维修方便并有利于操舵自动化，因此广泛地使用在电动舵机和电动液压舵机的船上。

按控制系统来分，有手动操舵的传动装置、随从操纵的传动装置和自动操纵的传动装置三种形式。

手动操舵也称简单操舵。其控制线路为一般的继电器接触系统。为保证舵机安全可靠地工作，船上多配有两部电动机，其中一个可作备用。操纵系统由船舶电站分左右舷两路馈电线供电。舵机电动机由装置在驾驶室的操舵手柄控制，手柄有左、中、右三档位置，中间位置为零位，当需要改变航向时，只要将操舵手柄从零位向左（右）转动，电动机接通，就会通过转舵机构带动舵向左（右）偏转。当转到所需要的角度时，只要将手柄扳回至零位，电动机即停止转动。如需要舵回到原始位置，只需将操舵手柄反向转动，电动机就反向接通。舵偏转时，由同步传递的舵角指示器显示出来。当接近原始位置时，只要将手柄扳回零位，电动机随之断开。这种操舵方式控制线路较为简单，在中小型船上广泛应用，在大型船舶上，也常备有此种机构作为应急操舵用，见图1-13。

随从操舵装置的特点是操舵器向某舷转动多大的指令舵角，舵就跟随操舵器转动的方向转动多大的舵角，操舵器的位置始终与舵的位置相互对应。而手动操舵时，其操舵器的位置却与舵的位置无关。为此，随从操纵系统在控制线路中需加同步随从环节，图1-14为随从环节示意图。图中两片金属半圆环与操舵器联动，当操舵器转动时，金属半圆环也随之转动。两片半圆环通过两个电刷分别联接舵机电动机的正转接触器 ZC 和反转接触器 NC 。金属半圆环的轴上有一个动刷触头，该触头一端与电源相联，另一端可以嵌入两半圆环中间的绝缘间隙中，也可滑出间隙与两金属半圆环接触。动刷触头与舵角收信器 ZS 联动，舵与舵角发信器 ZF 联动， ZF 与 ZS 为同步传递元件，即发送器 ZF 转子偏转某一角度时，收信器 ZS 转子自动跟踪同一角度。当操舵器转至某一角度，同时带动金属半圆环转动同一角度时，动刷触头就从两片金属半圆环中间的绝缘间隙中移出，并与其中一个半圆环接触，于是正转接触器 ZC （或 NC ）通电动作，舵机电动机起转动，并通过转舵机构使舵转动，舵转动过

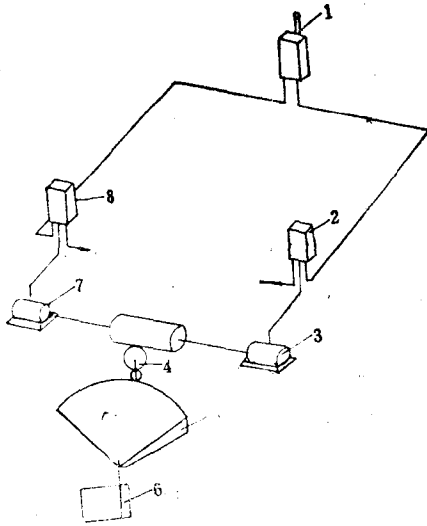


图1-13 手动操舵装置图

- 1-操舵器； 2-右舷磁力站； 3-右舷电动机；
4-传动机构； 5-舵扇； 6-舵叶； 7-左舷电动机；
8-左舷磁力站

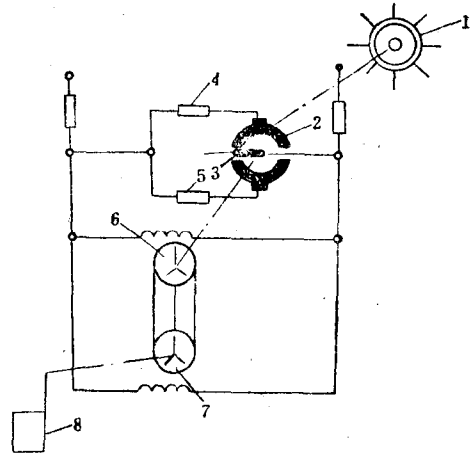


图1-14 随从环节原理图

- 1-舵轮；2-金属半圆环；3-动刷触头； 4-反转接触器NC；
5-正转接触器ZC； 6-舵角收信器ZS； 7-舵角发信器ZF； 8-舵

程带动舵角发信器，舵角收信器则跟踪发信器作相应角度偏转，半圆环内动刷触头也随同舵角收信器偏转，待舵转到与操舵器相应舵角时，动刷触头又回复到两片半圆环之间的绝缘间隙位置，于是ZC（或NC）断电，舵机电动机停止运转，舵就停止在该处不动。随从操纵系统广泛地应用在各种类型的船上。

自动操舵装置是指能自动操纵船舶的机电装置。当船受外力作用偏离预定航向时，可利用自动操舵装置内的自动测量元件、放大元件、执行元件和反馈元件使舵叶偏转一定角度而使船返回预定航向。自动操纵系统可以减轻操舵者的劳动强度，提高船舶运行的准确性和经济性，适用于远洋船舶。

二、舵 机

舵机是带动舵转动的机械。对机动舵来说，通常将转舵的动力和转舵机构两部分合称为舵机。

在小型船上，由于舵比较小、航速低，所以转舵所需要的扭矩不大，有时可不设舵机，利用人力就可以转舵。中型以上的船舶，必须设置舵机才能利用机械动力驱动舵转动。

舵机的类型很多，常见的有蒸汽舵机、电动舵机、以及电动液压舵机等。

1. 蒸汽舵机

蒸汽舵机是以蒸汽驱动的转舵装置，一般多用在蒸汽机船上。由于蒸汽舵机不会产生火花，有利于防火、防爆，因此在油船上也有采用。

蒸汽舵机多为曲柄互成90°的双缸结构，由驾驶室操纵配汽滑阀，使蒸汽机正转或反转，再通过蜗轮蜗杆减速和传动，使舵转动。

蒸汽舵机精密度要求不高，起动迅速、工作可靠、使用检修容易，但其结构笨重、体积大、管路多、热效率低，而且声响、震动都较大，故已逐渐趋于淘汰。

2. 电动舵机

电动舵机多用于内燃机船。由于电动舵机需要较大的起动力矩和过载能力，因此一般多采用直流电动机为驱动电机，图1-15为齿伞式电动舵机图。操舵时由驾驶室控制电动机1带动蜗杆2、蜗轮3。因为齿轮4是与蜗轮3固定在同一轴上的，所以齿轮4就带动舵扇6，舵扇上两边用缓冲弹簧5与舵柄7连接，当舵扇转动时，就能带动舵柄转动而使舵偏转。缓冲弹簧即可带动舵偏转，又可吸收浪流对舵的冲击力。

电动舵机在运转时较蒸汽舵机平稳，且因用电线输送电能，不论在安装或输送上都较蒸汽舵机为佳。且结构简单、占据空间小，但在大型交流电源的船上采用电动操舵装置，往往需要大功率的变流机组，较不方便，故逐渐被电动-液压舵机所代替。

3. 液压舵机

液压舵机是根据油液不可压缩，以及流量、流向和油压的可控制性，使原动能转化为液压能，再由液压能转化为机械能，从而达到转舵目的。它具有体积小、重量轻、转矩大、噪声小、容易管理等优点，是现代船舶广泛采用的舵机。液压舵机在小船上若用人力操纵操舵器驱动油泵控制油液的流量，流向和油压使舵偏转时，称为手动-液压舵机。它所产生的转舵扭矩小，仅适用于小船。若用电力驱动时，则称为电动-液压舵机。它主要由电动机、变量泵和转舵液缸等组成。按转舵液缸的结构形式来分，电动-液压舵机有柱塞式和转叶式两大类。

柱塞式是一种传统的结构形式。由于它具有密封性好、工作可靠、制造和维护方便等优点，因此应用甚广。这种舵机又有双柱塞和四柱塞式两种，前者多用于小功率舵机；后者则用于大功率舵机，如万吨级海船上均采用四柱塞电动-液压舵机。图1-16为双柱塞式电动-液压舵机工作原理图。

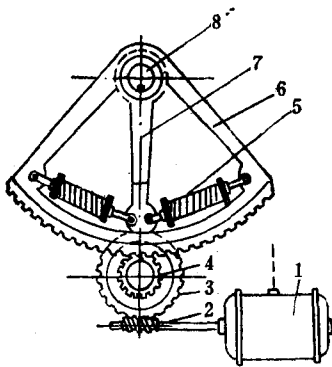


图1-15 齿伞式电动舵机

1-电动机，2-蜗杆，3-蜗轮，4-齿轮，
5-缓冲弹簧，6-舵扇，7-舵柄，8-舵杆头

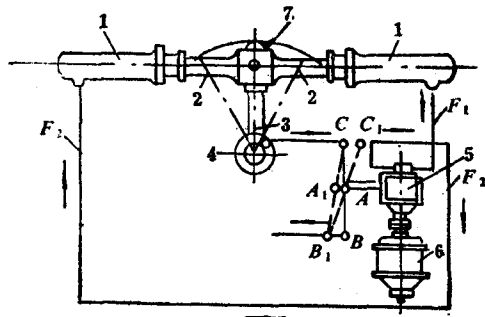


图1-16 双柱塞式电动-液压舵机工作原理图

1-液缸，2-柱塞，3-舵柄，4-舵杆，5-径向变量程油泵，
6-电动机，A-控制杆，B-拉杆，C-拉杆，F-管路，
F₁-管路，7-十字头

图中两只液缸对向地固定在底座上，柱塞（多为空心结构）在液缸中作往复运动。液缸用填料保持密封。在两个柱塞的联接处，环抱着一个十字头，该十字头可在柱塞上的轴承内移动。舵柄的一端用键固接在舵杆上，另一端则伸入十字头中央的轴承内，这样，当柱塞往复移动时，就可以非常灵活地带动舵柄并转动舵到需要的角度。舵机在工作时，变量泵在电动机的驱动下，始终恒向旋转，因此油液的吸排工作和吸排方向的改变，均由泵的控制杆所控制。每只液缸各引出管路通至变量泵的吸排口。图示为舵在正舵的状况。此时，变量泵虽然旋转着，但因控制杆处于中间位置，不吸排油液，舵机静止不动。若操舵器变动，并通过

操纵机构使拉杆 B 左移至 B_1 ，由于杠杆 D (B 、 C 之间) 在拉杆 B 的带动下绕 C 点摆动，就使得变量泵控制杆 A 也随之移至 A_1 ，于是泵产生作用，将右液缸中的油吸出送至左液缸，迫使柱塞向右移动，并带动舵柄，使舵转动。杠杆 D 在拉杆 C 的带动下绕 B_1 点摆动，使变量泵控制杆正好由 A_1 回复到中间位置 A 。于是变量泵停止吸排，舵便停在所要求的位置上。如果改变操舵器方向，使 B 点向相反方向移动时，变量泵就改变油液的吸排方向，使舵按相反方向转动。所以，只要操纵变量泵的控制杆，就可以操纵舵机，达到操纵舵的目的。

四柱塞电动-液压舵机的结构情况与上述相似，只是多了一对液缸。

转叶式电动-液压舵机是一种新型舵机。它是由转叶直接带动舵转动的。由于从油缸到舵杆无需任何传动机构，同时又使舵杆仅承受扭矩而无侧向压力的作用，因此与柱塞式相比，转叶式液压舵机就具有结构简单紧凑、尺寸小、重量轻、机组安装方便等优点。但由于转叶与油缸周围的密封较困难，在高压情况下易于泄油而限制了油压的提高。图1-17为转叶式液压舵机转舵示意图。

转舵油缸由缸体和转子两部分组成。缸体内设有三片定叶，把缸体分隔成三个腔室，转子上也有三片转叶，每一转叶均处于各腔室的正中位置，把各腔室再分成两个小室。转子的下端用键或联轴器与舵杆相连，这样，当转叶的一侧的小室进油时，另一侧小室就排油。把三个腔室的三个相应小室用管路各连成一组。当一组进油时，另一组就排油。转叶在油压的作用下就按一定方向转动，并带动舵杆转动。改变油的吸排方向，转叶的转动方向也相应地改变。所以，只要操纵变向泵，控制油的吸排方向，就能达到操舵目的。转叶式转舵油缸若制成单叶或双叶的，就成为单转叶或双转叶式液压舵机。

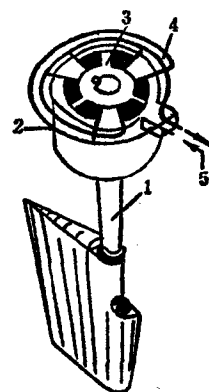


图1-17 三转叶式液压舵机转舵示意图
1-舵杆；2-缸体；3-转叶；4-定叶；5-油管

三、转舵装置

转舵装置的作用是把手动的，或舵机上的动力扭矩传递给舵杆的装置。机动舵的转舵装置是指前接动力装置，后接舵杆的一套机件。按转动机件的不同，转舵装置可分为：舵柄式、舵扇式、齿伞式、蜗轮蜗杆式、差动螺杆式、液压推杆式和液压转叶式等多种。

1. 舵柄转舵装置

舵柄是指套装在舵杆头部的长柄或菱形钢块，利用它可将直线运动的转舵力转换成旋转运动的周向力，从而使舵杆转动。如果舵柄的一端装在舵杆头，而另一端沿着船长方向布置则称为纵向舵柄，若舵柄的中央套装在舵杆上，两端沿着船宽方向布置时，称为横向舵柄，见图1-18，及图1-19中的6。

2. 舵扇转舵装置

舵扇形状象扇，其中心角约为 $110^{\circ} \sim 120^{\circ}$ ，见图1-18和图1-61。舵扇的圆弧中心套装在舵杆头上，用键销与舵杆固定。舵扇的圆弧边有两道链索槽，右边舵链（或舵索）的末端系固在舵扇的左边，另一端经过链索槽通向右边的导向滑轮，左边舵链与右边舵链的系固方向相反。

舵柄结构简单，但纵向舵柄在转舵过程中，舵链会产生时紧时松的现象，影响了舵角的