

船舶设备与系统

吴 琼 主编

杨炳林 主审

大连海事大学出版社

船舶设备与系统

吴 琼 主编
杨炳林 主审

大连海事大学出版社

内 容 提 要

本书共十一章,分船舶设备和系统两部分。船舶设备部分共七章,包括舵、锚、系缆、救生、关闭、航行与信号等基本设备,以及专用的推拖、起货等设备。主要介绍这些设备的组成、种类、作用原理、布置要求、选用依据及计算方法。船舶系统部分共四章,简要地讲述了舱底水、压载、日用水、消防、通风、供暖、空调及制冷、货油等系统的组成、工作原理及布置原则。

本书可作为职业技术学校船舶工程类专业的教材,亦可作为船厂工程技术人员和船员的技术参考书。

图书在版编目(CIP)数据

船舶设备与系统/吴琼主编.-大连:大连海事大学出版社,1999.8

ISBN 7-5632-1291-4

I. 船… II. 吴… III. ①船舶-设备 ②船舶系统 IV. U663

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 31794 号

大连海事大学出版社出版

(大连市凌水桥 邮政编码 116026 电话 4728394)

大连海事大学印刷厂印刷 大连海事大学出版社发行

1999年8月第1版 1999年8月第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:10

字数:250千字 印数:1—2500册

责任编辑:史洪源 封面设计:王艳

责任校对:吴洪 版式设计:洪源

定价:16.00元

前 言

本书是根据原船舶工程学科委员会“九五”教材建设规划的要求及交通部科技教育司 1998 年公开出版交稿计划而编写的。全书共分十一章,计划学时为 88 学时。

本书由武汉水运工业学校吴琼讲师担任主编,武汉水运工业学校陈海洲讲师参与编写。吴琼编写第一至第七章,陈海洲编写第八至第十一章。本书承蒙武汉交通科技大学杨炳林教授主审。在编写过程中,武汉水运工业学校高级讲师富嘉坤、华乃导、张心宇等给予了大力帮助和支持,在此表示衷心地感谢。

由于编者水平有限,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。

编 者
1999 年 1 月

目 录

第一章 舵设备	1
第一节 概述.....	1
第二节 舵的作用原理.....	1
第三节 舵设备的组成.....	3
第四节 敞水舵的水动力特性.....	11
第五节 实船舵的工作情况.....	23
第六节 舵设计.....	26
第二章 锚设备	35
第一节 锚.....	35
第二节 锚链.....	40
第三节 锚的制、导、贮、控设备.....	43
第四节 起锚机械.....	46
第五节 锚设备的布置及抛锚试验.....	47
第三章 系缆设备	49
第一节 系统.....	49
第二节 系缆属具.....	50
第三节 系缆设备的配备和布置.....	55
第四章 救生设备	59
第一节 概述.....	59
第二节 救生艇与救助艇.....	59
第三节 救生筏、救生浮和个人救生设备.....	61
第四节 救生设备的存放及艇筏的降落、登乘装置.....	63
第五章 推拖设备	66
第一节 推拖形式.....	66
第二节 拖带设备.....	67
第三节 顶推联结装置.....	70
第六章 起货设备	74
第一节 吊杆装置.....	74
第二节 轻型吊杆装置几何参数的确定.....	81
第三节 吊杆装置的受力计算.....	85
第七章 关闭和航行信号设备	95
第一节 关闭设备.....	95
第二节 航行与信号设备.....	100

第八章 船舶系统的分类与附件	106
第一节 船舶系统的分类与组成.....	106
第二节 管路构件.....	106
第三节 船舶系统中的机械设备.....	112
第四节 船舶系统的布置原则.....	114
第九章 舱底水、日用水及压载系统	116
第一节 舱底水系统.....	116
第二节 压载水系统.....	119
第三节 日用水系统.....	121
第十章 消防系统	125
第一节 消防系统的种类.....	125
第二节 水灭火系统.....	126
第三节 蒸汽灭火系统.....	129
第四节 CO ₂ 灭火系统.....	130
第五节 泡沫灭火系统.....	132
第六节 卤化物灭火系统.....	133
第七节 失火报警装置.....	135
第十一章 船舶通风、供暖、空调与制冷及货油系统	137
第一节 通风系统.....	137
第二节 供暖系统.....	139
第三节 空调系统.....	140
第四节 制冷系统.....	145
第五节 货油系统.....	146

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性能之一。它必须保证交通运输工具能按照驾驶员人员的意图,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。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。

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。船舶操纵设备,广义地说,应包括所有能迫使船舶按照驾驶员人员的意图,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工具。本章主要介绍的是舵设备。

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。

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

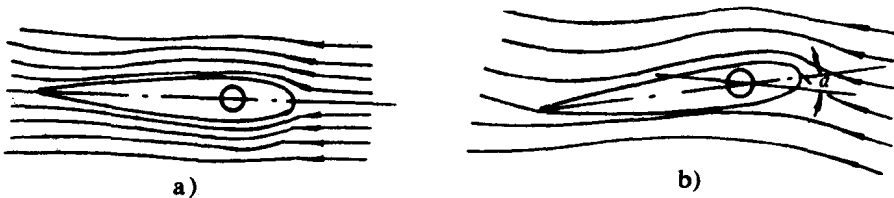


图 1-1 舵上的流态

运动。当舵处于正中,即无舵角时,由于舵叶两面的流线对称,见图 1-1 a),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 1-1 b)。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

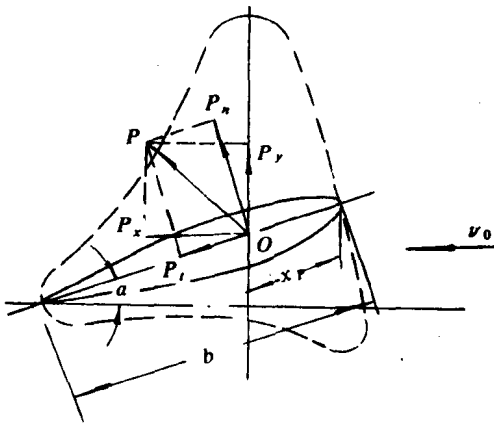


图 1-2 敞水舵水动力分析

迹略呈 S 形；在发展阶段，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。因为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：

1. 定常回转直径 D

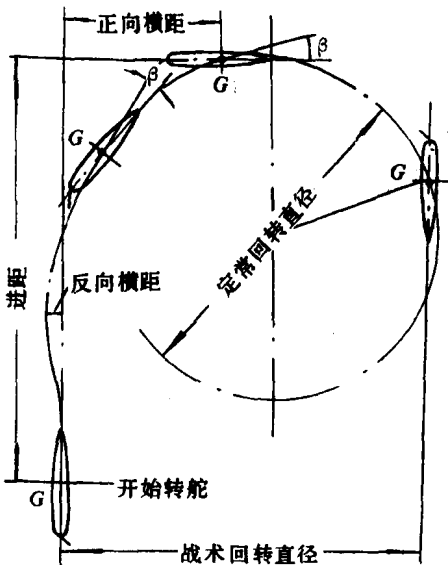


图 1-4 船舶回航轨迹图

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 力分解，得到舵叶的阻力 P_x 和舵叶的升力 P_y ；舵叶的切向力 P_t 及舵叶的法向力 P_n ，见图 1-2。根据力的平移原理可知，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。

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。船舶转舵后的运动轨迹如图 1-4。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

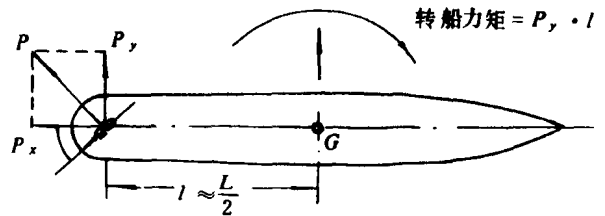


图 1-3 转舵阶段的舵力及转船力矩

D 指船舶全速满载正航时进入定常阶段后的回转圈直径。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。

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 0.9~1.2 倍。

3. 进距 l

l 是船舶从转舵开始时的重心位置，至航向转至 90° 时的船舶纵中剖面间的垂直距离，其值约为 $0.6 \sim 1.2D$ 。

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%~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 $(0\sim 0.1)D$ 。

第三节 舵设备的组成

舵设备中除了舵以外,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1-5为常见的舵设备布置图。

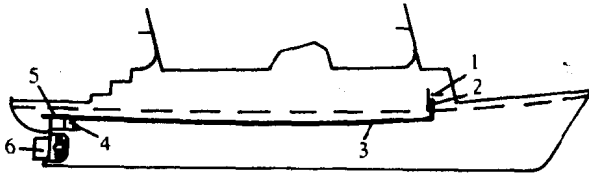


图1-5 舵设备布置

- 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

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,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。

地减小。

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两大类,后者多用于远洋船舶。

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,可用备用的第二套操舵装置来代替。当主、备操舵装置都失灵时,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、传动装置等。

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,它们的转动方向都应和舵的转动方向一致。

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。它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。

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,如图 1-6,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。

2) 机动舵的传动装置

(1) 机械式传动装置

如图 1-7 所示,由齿轮、轴承、链条、万向接头、离合器、连杆等组成。它仅适用于

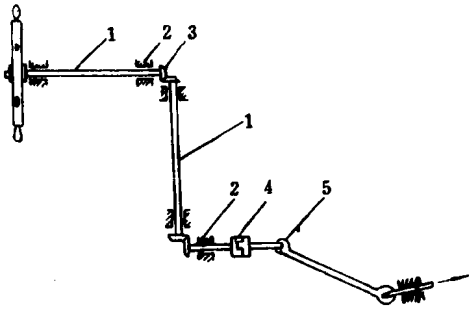


图 1-7 机械式传动装置

- 1- 连杆; 2- 轴承; 3- 伞形齿轮; 4- 离合器;
5- 万向接头

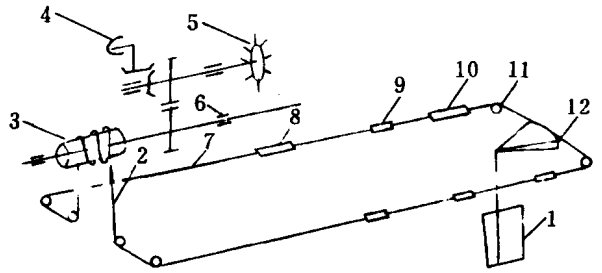


图 1-6 人力舵的传动装置

- 1- 舵叶; 2- 舵索; 3- 鼓轮; 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

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。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。

(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。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,广泛地使用在电动舵机和电动液压舵机的船上。

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,因为舵比较小、舵速低,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。常见的有电动舵机、电动液压舵机。

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、后接舵杆的一套机构。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,如图

1-8 及图 1-9 中的 6。

2. 舵扇转舵装置

舵扇形状像扇，其中心角约为 $110^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 。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，影响了舵角的准确性，如图 1-8。舵扇则能改善这种现象。这两种转舵装置普遍使用在人力舵设备中。

3. 差动螺杆式转舵机构

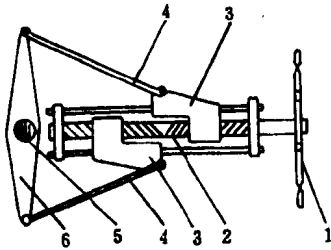


图 1-9 差动螺杆式转舵装置

1-舵轮; 2-螺旋杆; 3-移动螺母; 4-拉杆; 5-舵杆; 6-横向舵柄

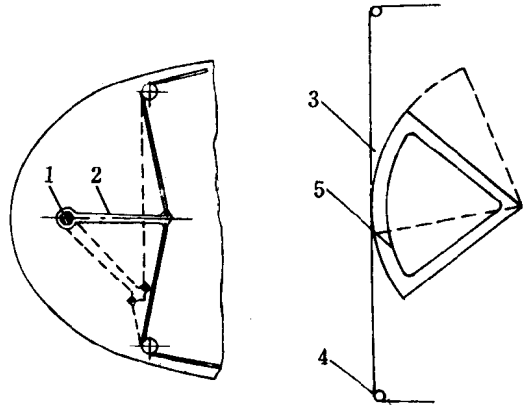


图 1-8 舵柄与舵扇的比较

1-舵杆头; 2-纵向舵柄; 3-舵链或舵索; 4-导向滑轮; 5-舵扇

这是一种利用反向螺杆牵动拉杆的转舵装置，如图 1-9。螺杆的两端分套着移动螺母 3，该螺母与拉杆 4 连接，拉杆 4 又与横向舵柄 6 相连。螺杆的螺纹前后两端是反向的，当舵轮 1 转动时，两螺母 3 便同时受螺杆的转动而相互移近或离开。这样，就迫使拉杆 4 一前一后地移动，从而使横向舵柄带动舵杆转动，将舵转至所需要的角度。这种转舵机构准确性高，但机械效率低，一般多在备用的应急舵中采用。

4. 液压式转舵机构

图 1-10 是利用转叶在液压的作用下带动舵杆和舵叶转动的，因此又称为转叶式转舵装置。

四、止舵装置

转舵后舵所产生的舵升力随着舵角的增大而增大，但在某一定的舵角下会出现最大值，之后其升力反而会随舵角的继续增加而急剧下降，再使舵角增加，非但不能增加舵效，反而会使阻力增大，舵机负荷加剧。

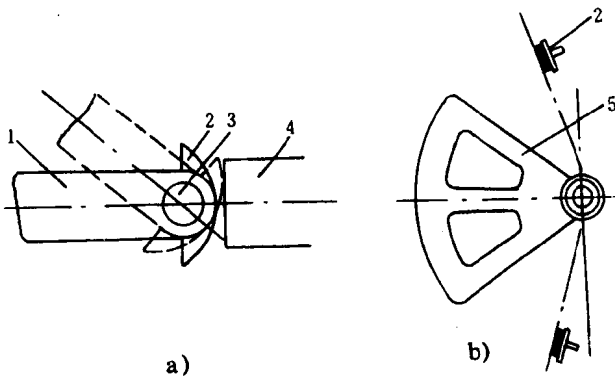


图 1-11 制舵装置

1-舵叶; 2-制舵装置; 3-舵杆; 4-尾柱; 5-舵扇

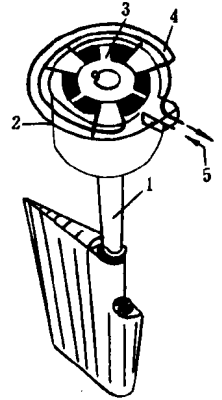


图 1-10 三转叶式液压转舵装置

因此，在舵设备中必须设有最大舵角的限制装置，常称之为止舵装置，或称舵角限制器。它使舵转动到极限位置时，能限制继续转舵，以防舵机过载受损。

图 1-11 a) 为机械式止舵装置，它可

以设在舵杆的上部或舵叶上。图 1-11 b)是在舵扇所在的甲板,位于舵扇的两边满舵限制位置上,焊制角铁并镶以硬木的突出物,来挡住转舵装置的转动,借以止舵的。

采用电动舵机时,常在舵角极限位置上装上限位开关。当舵转到该极限位置时,转舵装置(如舵扇)会压迫限位开关使电路中断而停舵,如图 1-12。

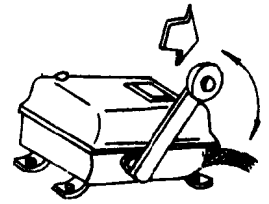


图 1-12 限位开关

电动液压舵机上装有限位旁通阀,当舵转至限制舵角时,顶开限位旁通阀,使操纵液路内的液压油不通过操纵系统,而经过旁通阀返回储油箱内,于是操纵系统不能再起控制动力系统液压油工作的作用,从而控制舵不再继续增大舵角。

五、舵

1. 舵的结构

舵的主要构件是舵板和舵杆。常用舵的结构形式有平板舵和复板舵两种,如图 1-13 和图 1-14 所示。

1) 舵叶

它是产生舵压力的舵的主体部分。对于平板舵来说,舵叶就是舵板。它是一块木质或钢质的平板,所以又称为单板舵。复板舵的舵叶由水平隔板、垂直隔板组成骨架,骨架外面左右焊接两块呈一定形状的曲面钢板,上下覆以顶板和底板,而构成了一个密封的空心舵叶的板架结构,所以又常称之为空心舵。

平板舵的剖面为矩形。为了防止变形,在舵板的两面横向交错地安装了加强筋并与下舵杆连接,该加强筋称为舵臂。

复板舵舵叶内隔板的间距,内河约 400 ~ 600 mm,海船约为 400 ~ 900 mm。在具体布置时,可参考型船,也可根据舵压力按板架结构进行具体计算。

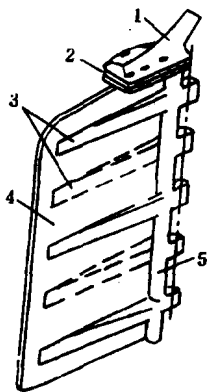


图 1-13 平板舵结构

- 1-舵杆;2-舵杆接头;
- 3-舵臂;4-舵板;
- 5-下舵杆

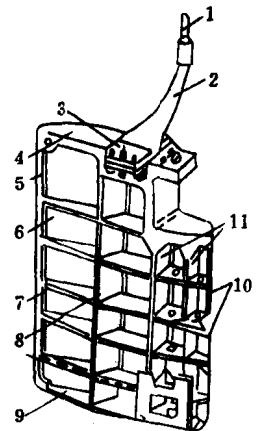


图 1-14 复板舵结构

- 1-舵头;2-舵杆;3-舵杆接头;
- 4-舵叶顶板;5-舵叶尾材;
- 6-舵板;7-水平隔板;8-垂直隔板;
- 9-舵叶底板;10-舵叶导边板;
- 11-主隔板

为了防止锈蚀,空心舵内常灌满沥青。舵叶上下部分开有小孔,配有不锈钢的栓塞,以供充灌沥青和作水密试验时使用。

复板舵的空心结构具有一定的浮力,可以减少对舵托和舵承的压力,且因其机翼剖面的形式,对提高舵效、推进效率均有利,故在各种船舶上得到广泛的应用。平板舵结构简单可靠,一般多用于小艇和内河驳船上。

2) 舵杆

舵杆是连接在舵叶上,并与舵柄、舵扇等转舵装置直接相连,用以传递转舵扭矩,使舵叶转动的杆件。

舵杆依其所在的位置,可分为上舵杆和下舵杆。上舵杆的顶端称为舵头,是舵杆与舵柄或舵机连接的部分,通常装有青铜的衬套,以便在舵承内转动时,起耐磨和防蚀的作用。

流线型复板舵多不具有下舵杆,而是以加厚的垂直隔板代替,同时在舵杆区域内的舵板也应予以加厚,加厚的板宽和厚度可按有关规范的规定计算。

2. 舵叶和舵杆的连接形式

舵叶与舵杆应能紧固地连接,同时又应能将舵与舵杆方便地分开,以便舵叶损坏时易于更换修理,故需根据舵的大小、结构要求等因素选择二者的连接形式。

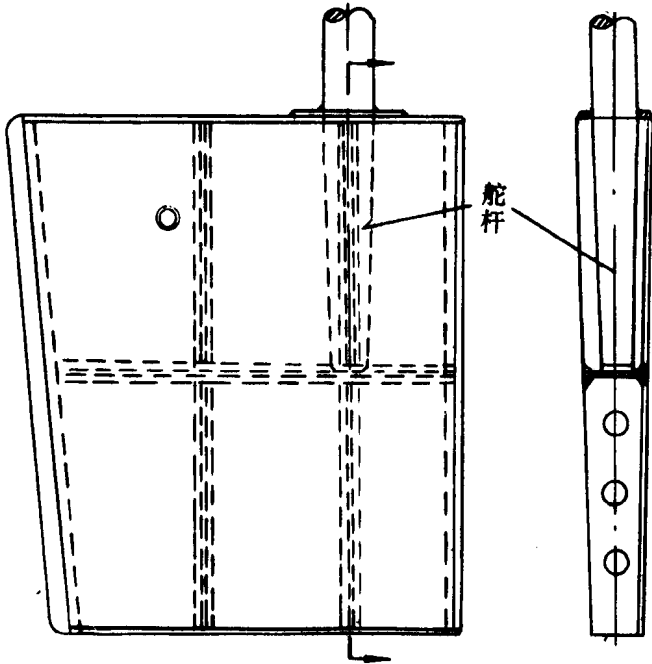


图 1-15 整体式连接

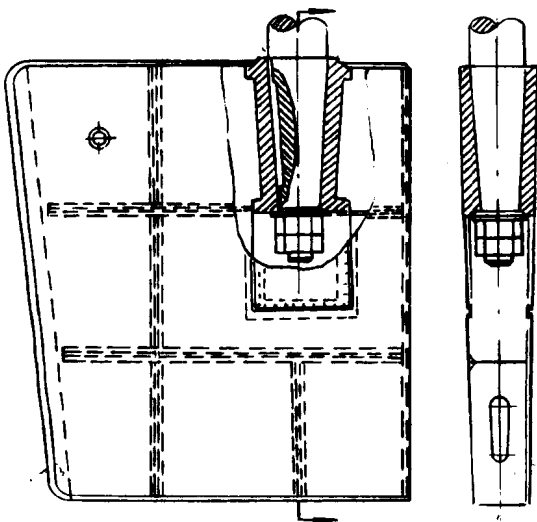


图 1-17 插入式连接

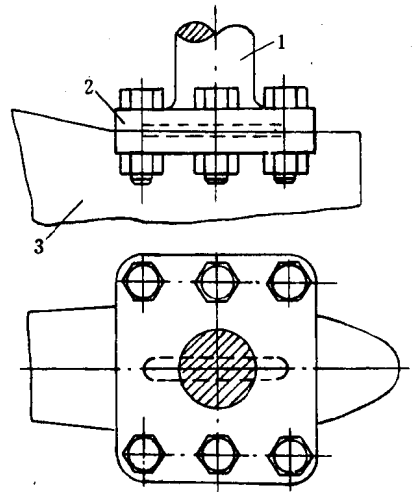


图 1-16 法兰连接

1-上舵杆;2-水平法兰;3-舵叶

1) 整体式连接

将舵杆与舵叶制成整体,如图 1-15。这种形式结构简单,强度高。但它在船坞或船台装拆时,由于舵叶下降一个不大距离后,便会触碰到地面,以致装拆工作不易进行,因此只适用于小型船舶。

2) 法兰连接

为了解决整体式连接的不便之处,舵杆常分成两段,然后以法兰连接。上法兰焊接在上舵杆的下端,下法兰焊接在下舵杆的上端或舵叶的顶板上,如图 1-16 所示。

用法兰连接时,上下法兰一般采用六个精制的螺钉拴牢,其螺母有防松装置,并将螺母置于下法兰的下方,以防万一螺母松脱而使整个螺栓脱落。这种连接形式方便可靠,因此得到广泛采用。

3) 插入式连接

这种连接形式多用于悬挂舵。其上舵杆的下部做成锥形,锥度一般为 $1/10 \sim 1/12$,插入

舵叶内的承座中,下面再用螺母旋紧,如图1-17所示。

3. 舵的连接件

舵的连接件是泛指船体与舵相连接的部件。

1) 舵柱

它是用以支持舵的船体尾柱的一部分,常与螺旋桨柱和尾柱底骨组成闭合框架。舵柱后部有突出的舵钮,舵叶即通过舵销铰接在舵钮上。一般多在不平衡舵时才设舵柱,平衡舵或半平衡舵的船舶可不设舵柱。

2) 舵钮

设于舵柱或挂舵臂(又称吊舵架,是用铸钢或钢板焊接的支承半平衡舵的臂状构件)的后缘,供舵销穿过的突出部分。在舵柱底端的托臼常称之为舵托。

3) 舵销

它是用以将舵连接在舵柱或挂舵臂上的销轴,一般制成锥状体。按其所在位置的不同,又可分为上舵销和下舵销,如图1-18和图1-19所示。

上舵销通常靠近舵叶顶端,并装有锁紧装置。与尾柱舵托相连的下舵销,下面常嵌有半球垫片,以减少摩擦。

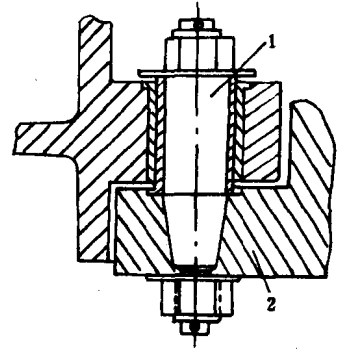


图 1-18 上舵销

1-上舵销;2-舵钮

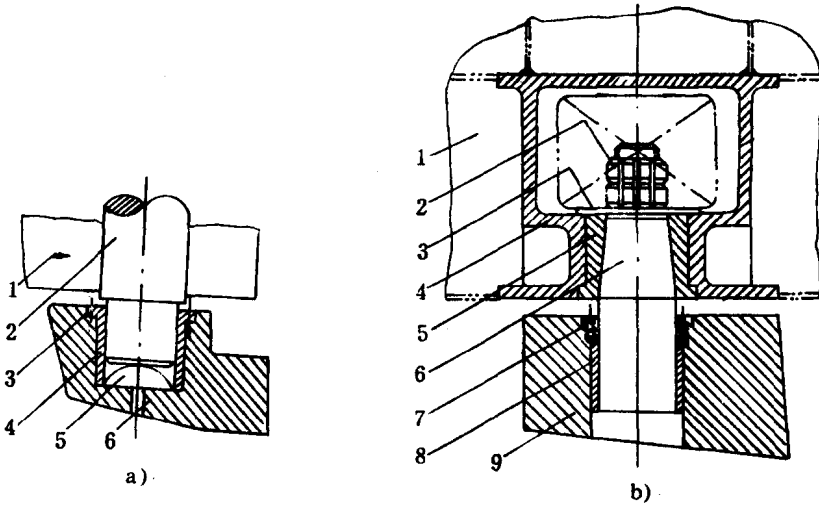


图 1-19 下舵销和舵托

a) 舵托部分结构图

1-舵叶;2-下舵杆;3-螺钉;
4-下舵杆衬套;5-填块;6-舵托;

b) 舵销部分结构图

1-舵叶;2-圆螺母;3-压板;4-舵销座;5-舵销衬套;
6-舵销;7-紧固螺钉;8-衬套;9-舵托

4) 舵承

舵承是固定在船体上,用以支承舵的轴承装置,是舵杆在船体上的支承点。

舵承与舵杆在一起形成了一对转动副,根据所在的位置它应能承受径向力、轴向力,并应

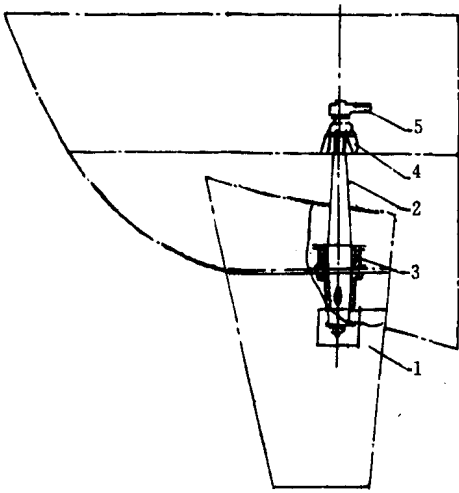


图 1-20 舵承布置图

1-舵机;2-舵柄;3-上舵承;4-舵杆;
5-下舵承;6-舵叶

大,从而在转舵时,需要的转舵扭矩大,需配置较大功率的舵机,故目前在大船上已不多采用。

(2) 半平衡舵

这种舵只有占舵高一部分的舵面积在舵杆轴线的前方。其形式主要根据船尾的线型确定,如图 1-21b)所示。

(3) 平衡舵

这种舵的舵杆轴线位于舵叶导缘后一定的距离,舵杆轴线前方的舵面积沿其整个舵高分布。由于这样布置缩短了舵杆中心线至水动力压力中心间的距离,从而减少了转舵时所需要的转舵扭矩,节省了舵机功率。

2) 按与船体连接的形式分类

(1) 多支承舵

舵叶用三个以上的舵销与舵柱连接,这种舵多为不平衡舵。

(2) 双支承舵

舵叶上下均设有支承点的舵,上支承点多以舵承形式置于船体上,下支承点有的是在舵托,有的置于舵高

能按要求保证舵杆穿出处的水密。图 1-20 是舵承在船体上的布置图。

上舵承多位于舵头处,舵承的基座固定在甲板上。下舵承位于舵杆穿出船体的外板处,装在舵杆筒口或舵杆筒内。

4. 舵的分类

舵的种类很多,为了便于探讨其不同的特点,习惯上可按下述方法分类:

1) 按舵杆轴线的位置分类

(1) 不平衡舵

指舵杆轴线位于靠近舵叶导缘的舵,如图 1-21a)所示。

这种舵由于保存了舵柱,使船的尾部结构得到了加强,而且由于舵与舵柱有很多支点连接,也有利于舵本身的强度。但由于整个舵叶都在舵杆的后面,因此使舵的水动力压力中心至转动轴线的距离较

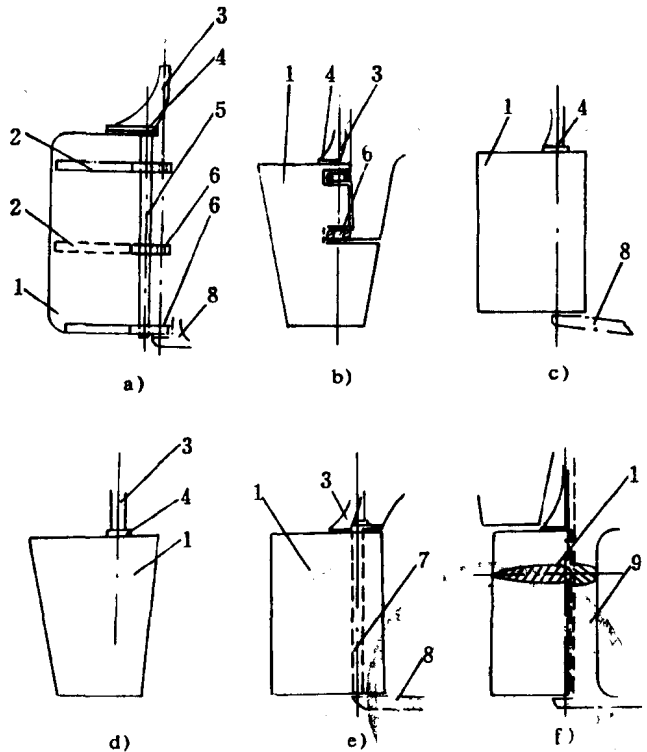


图 1-21 舵的类型

a) 不平衡普通舵;b) 半悬挂式半平衡舵,c) 双支承平衡舵,

d) 悬挂舵;e) 舵轴式平衡舵;f) 流线型舵柱舵

1-舵叶;2-舵臂;3-上舵叶;4-舵杆法兰;5-下舵杆;

6-舵钮;7-舵轴;8-舵托;9-舵柱

的半高处。由于双支承舵支承点少,当舵受很大的弯矩和扭矩时,将不利于尾部强度,有时就在舵的内部设一垂直杆件,称为下舵杆或舵轴。舵叶用滑动轴承支承在舵轴上,使舵在转动时能绕此轴转动。舵轴的上下端固结或绞接在舵柱上,这样,可以减少上舵杆所受的弯矩,也可加强尾部结构,如图 1-21e)所示。

(3) 悬挂舵

悬挂舵仅在船体内部设有支承点,舵叶悬挂在船体外面,多用于尾部平坦而又无舵柱的船舶。因为悬挂舵上舵杆所受的弯矩较大,所以不适于做成较大的舵。悬挂舵多为平衡舵,常用于内河船的边舵。

(4) 半悬挂舵

这种舵的上半部支承于舵柱或挂舵臂处的舵钮上。它适用于双桨三舵的中舵,或没有尾框架的单桨单舵海船上,如图 1-21b)所示。

3) 按舵叶剖面形状分类

(1) 平板舵

舵叶的剖面为矩形。平板舵结构简单、用料省、造价低,但因其阻力较大又不利于提高推进效率,故现在仅用于小船或驳船上。

(2) 流线型舵

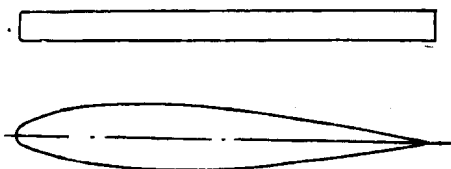


图 1-22 平板舵和流线型舵

它的舵叶剖面为流线型,具有阻力小、舵所产生的水动力大、强度高、推进效率高等优点,所以尽管其结构较前者复杂,但仍广泛被采用,如图 1-22 所示。

舵的种类很多,除了上述各种常见的舵外,为了提高舵的水动力性能和螺旋桨效率,还有很多形式和结构各异的特种舵。

由上述介绍可知,舵设备的各组成部分种类形式各异。为了便于建立完整概念,现将舵设备各组成部分的常见配套形式列表 1-1 可供参考。

舵设备常见配套形式

表 1-1

舵类型	人力舵	蒸汽舵	电动舵	电动—液压舵
操舵器	舵轮	舵轮	舵轮或手柄	舵轮或手柄
舵角指示器	机械式	机械式	电动	电动
传动装置	链索式	机械或液压	电力	电力或液压
舵机		蒸汽	电动	电动—液压
应急舵		人力	人力或蓄电池电源	蓄电池电源
转舵装置	链索式 直舵柄	链索式或蜗轮蜗杆式 直舵柄	蜗轮蜗杆式或差动 螺杆式 舵扇	液压 纵向或横向舵柄
止舵装置	机械	机械	电动限位开关	液压限位旁通阀
舵	平板舵或流线型平衡舵	流线型平衡舵或半平衡舵	流线型平衡舵或半平衡舵	流线型平衡舵或半平衡舵

第四节 敞水舵的水动力特性

舵的水动力特性直接影响着船舶操纵性的优劣。为了排除船体及螺旋桨的存在对舵的水动力性能的影响,将舵模型单独地(不装在船模和螺旋桨之后)放置在水槽或风洞中进行试验,称为敞水舵试验。

进行敞水试验的目的是为了能根据舵模型系列试验的结果,系统地了解和分析当舵的几何要素、舵角、舵速改变时对舵的水动力性能的影响,从而提出改进的方向,给设计时正确选择诸参数提供依据。同时,可根据试验结果,绘制成专门的图谱或以表格及经验公式表达,供设计者进行具体应用。因此,敞水舵试验对研究舵的水动力性能,发展舵理论有极其重要的意义,而且是鉴定和分析舵性能的较为简便可靠的方法。

一、敞水舵水动力的表达

根据前面所述,当舵偏转任一舵角 α 后,由于水流流经舵叶时,两侧水流的对称性被破坏,舵上便产生了近乎于垂直舵面的水压力 P ,将 P 力向流体运动方向和与运动垂直的方向分解,可以得到舵的阻力 P_x 和升力 P_y 。若按垂直于和平行于舵的弦线分解,得到舵的法向力 P_n 和切向力 P_t ,其间的关系见图 1-2,通常以下列公式表达

$$\text{舵压力} \quad P = \sqrt{P_n^2 + P_t^2} = \sqrt{P_x^2 + P_y^2} \quad (1-1)$$

$$\text{舵的法向力} \quad P_n = P_y \cos \alpha + P_x \sin \alpha \quad (1-2)$$

$$\text{舵的切向力} \quad P_t = P_x \cos \alpha - P_y \sin \alpha \quad (1-3)$$

$$\text{舵的升力} \quad P_y = P_n \cos \alpha - P_t \sin \alpha \quad (1-4)$$

$$\text{舵的阻力} \quad P_x = P_n \sin \alpha + P_t \cos \alpha \quad (1-5)$$

式中, α 为水流方向与舵的平面或剖面弦线间的夹角。

舵压力的作用点(即压力中心的位置)通常以其离舵的导缘距离 x_p 来衡量。由于舵压力中心随着水流的方向,以及舵角的大小而前后移动,并不一定与舵杆的轴线重合,因此舵的水动压力将对舵杆轴线作用着扭矩,通常称之为舵杆扭矩或水压力扭矩。

若舵杆中心线在导缘,如不平衡舵,其舵杆扭矩 M_r 表达式为

$$M_r = P_n x_p \quad (1-6)$$

若舵杆中心线在舵叶导缘以后,如平衡舵,则舵杆扭矩表达式为

$$M_r = P_n (x_p - a) \quad (1-7)$$

式中, a 为舵杆中心线至舵叶导缘的距离。

从上式可以看出,平衡舵由于舵杆中心线后移,减少了舵杆扭矩,这就为节省舵机的功率提供了较方便的途径。

为了便于将实验资料换算到不同尺度的实舵上去,以及用之比较不同翼型舵的水动力特性,通常将实验得出的水动力和水动力扭矩等以无因次的水动力系数表达为

$$\text{舵压力系数} \quad C = \frac{P}{\frac{1}{2} \rho v^2 A} \quad (1-8)$$