

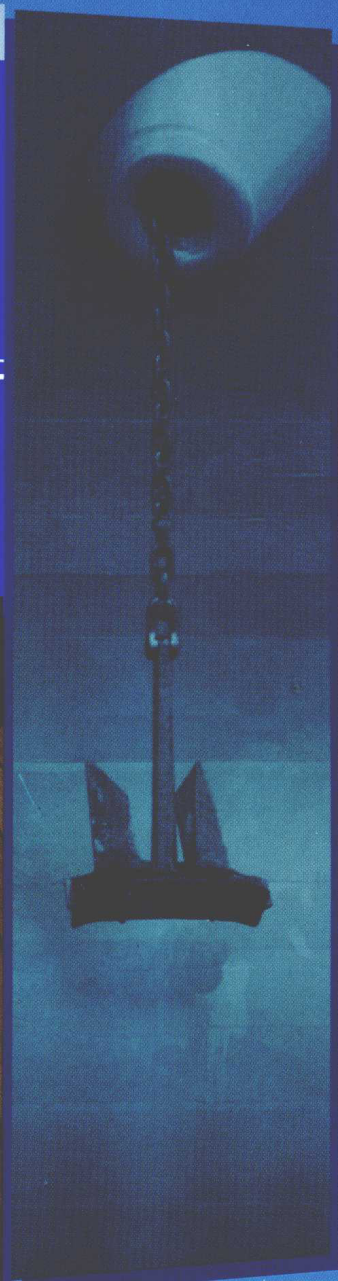
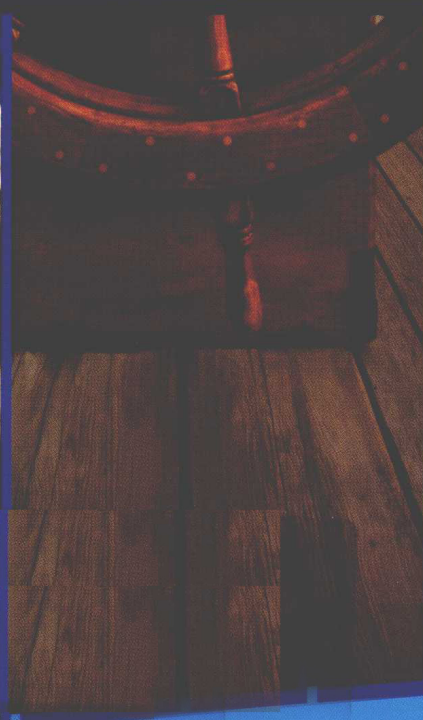
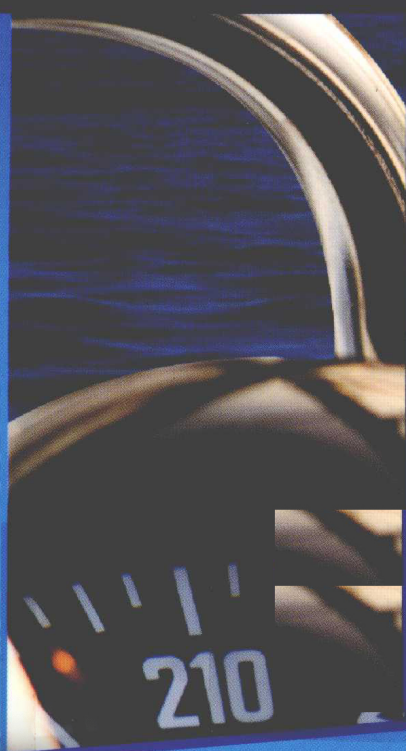


内河船舶建造系列丛书

船舶设备

CHUANBO SHEBEI

周 宏 主编



人民交通出版社
China Communications Press



内河船舶建造系列丛书

船舶设备

CHUANBO SHEBEI



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书着重介绍内河运输船舶的主要设备,包括:舵设备、货物通道设备、锚泊设备、系泊设备、救生及推拖设备。随着造船技术的发展,各种船舶设备新的结构形式层出不穷,本书力求在内容上扩大读者的视野,体现最新技术。书中以现行的有关规范为依据,对各种船舶设备的配置要求及有关计算,作了详尽的阐述。

本书可供船舶设计建造专业技术人员以及工程管理人员使用,亦可用作培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

船舶设备 / 周宏主编. —北京:人民交通出版社,
2011.1

(内河船舶建造系列丛书)

ISBN 978-7-114-08681-6

I. ①船… II. ①周… III. ①内河船—船体设备
IV. ①U674

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 181225 号

书 名: 内河船舶建造系列丛书
船舶设备

著 作 者: 周 宏

责任编辑: 赵瑞琴

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 11.75

字 数: 259 千

版 次: 2011 年 1 月 第 1 版

印 次: 2011 年 1 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-08681-6

印 数: 0001~4000 册

定 价: 43.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

序 言

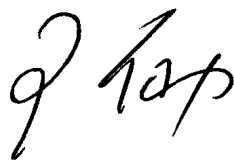
XUYAN

内河船舶的制造经历木船、水泥船到钢质船的发展,单船吨位由几吨、几十吨、发展到几百吨到几千吨,甚至已经超过万吨。但是在生产管理、经营管理、技术管理、质量管理、制造工艺水平和工艺装备等方面仍不能适应内河船舶制造业快速发展的需要,迫切需要技术和智力上的支持。作为船舶建造质量的源头监督管理部门泰州市船舶检验局,在实施船舶检验的过程中,以服务内河造船业发展为己任,对提高内河船舶建造质量,提升内河船厂竞争力进行了积极有益的探索,主动联合江苏科技大学,抽调资深验船师组成联合工作组,对目前江苏省内河船舶生产企业的生产管理、经营管理、技术管理、质量管理、工艺水平和工艺装备等方面进行调查分析,结合国家相关的法律、法规、政策、规范等要求,组织编写了“内河船舶建造系列丛书”,用来指导和规范内河船舶的修造和管理。

“内河船舶建造系列丛书”的编写,凝聚了泰州市船舶检验局领导、验船师和江苏科技大学相关老师的智慧和能力。它侧重于生产过程的工艺,并兼顾过程管理和检验的方法,能够使现有的内河船舶生产企业的相关从业人员,在内河船舶建造实践过程中得到帮助和启发,从而保证内河船舶制造水平的不断提高。

“内河船舶建造系列丛书”的编写,得到了江苏省船舶检验局、江苏省国防科工办等上级部门领导的认可和大力支持,同时也得到了有关船舶制造业专家的全力帮助和指导。“内河船舶建造系列丛书”的完成,经过了船舶制造业相关专家的评审,得到了进一步的完善。相信“内河船舶建造系列丛书”的出版必将为内河船舶制造和生产管理水平的提高,起到良好的作用。

江苏省船舶工业协会会长



前言

QIANYAN

根据目前内河船舶修造企业在内河船舶制造过程中缺乏相应的生产组织、制造工艺、质量控制、经营管理的指导书籍的现状,泰州市船舶检验局联合江苏科技大学组织在内河造船领域具有丰富理论和实践经验的专家教授、高级工程师、高级验船师编写了“内河船舶建造系列丛书”。

本丛书在经过充分调查研究的基础上编写而成,我们多次召开船厂管理、技术人员座谈会,广泛听取相关人员的意见。力求教材内容具有较强的针对性和适用性。全书采用了最新颁布规范、标准、法规等,以内河船舶建造的基本知识为基础,理论与实践相结合为原则。

本丛书共九册,包括《船体制图》、《船体结构》、《船舶建造工艺》、《船舶焊接》、《船舶设备》、《船舶动力装置》、《船舶电气》、《船舶工程管理》、《内河船舶检验》。全书文字简洁、内容齐全、叙述精练、通俗易懂、便于自学,可作为内河船舶建造、管理人员的培训教材,同时可供从事内河船舶建造行业有关人员参考。

《船体制图》由杨永祥编写、《船体结构》由林宏强编写、《船舶建造工艺》由赵虹编写、《船舶焊接》由赵洪江编写、《船舶设备》由周宏编写、《船舶动力装置》由施裕斌编写、《船舶电气》由陈刚编写、《内河船舶检验》由贾玉康编写、《船舶工程管理》由马庆生编写。

编写过程中受到众多专家的帮助和指导,对本书的编写提出很好的建议和修改意见,在此一并表示诚挚的谢意。

本书的编写,尽管我们做了很大的努力并力求创新,限于编者的水平和精力,不当之处在所难免,诚望读者不吝指正。

《内河船舶建造系列丛书》编委会

2011年1月

目 录

MULU

第一章 舵设备	1
第一节 概述	1
第二节 舵几何要素与水动力特征	8
第三节 舵及其零部件设计与选配	13
第四节 舵的强度	23
第二章 起重起货设备	29
第一节 概述	29
第二节 吊杆装置	36
第三节 桅及起重柱的结构与强度	50
第四节 吊杆式起重机	58
第三章 停泊设备	66
第一节 一般概念	66
第二节 停泊设备的组成部件及其布置	77
第三节 停泊设备的设计计算	103
第四章 救生(艇)设备	116
第一节 救生设备及其定额	116
第二节 救生艇	121
第三节 救生筏、救生浮、个人救生设备以及救生抛绳	125
第四节 救生设备的存放及艇筏的登乘与降落装置	129
第五节 吊艇架的类型及其强度	131
第五章 拖曳设备	136
第一节 拖行设备构成	136
第二节 拖行设备的计算与选择	137
第三节 顶推联结装置	146
第四节 船队联结装置的作用力	152
第六章 货物通道与紧固设备	156
第一节 垂直装卸货物通道——货舱舱盖装置	156
第二节 水平式货物装卸通道装置	163
第三节 货物绑扎与固定部件	169
参考文献	175

第一章 舵 设 备

第一节 概 述

一 船舶操纵性

船舶操纵性是船舶改变或保持运动状态的性能,此种性能分两个方面:

- (1) 航向稳定性,即船舶保持规定航向的能力。
- (2) 船舶机动性,即船舶改变运动方向并按照规定的曲线轨迹运动的性能。

上述两种性能相互制约:航向稳定性增加时,就难以改变其运动方向,而机动性变坏。反之,机动性增加时,将使航向稳定性变坏,因此欲使船舶具有良好的操纵性,必须使此两种相互制约的性能得到统一。内河船舶受到河道狭窄和弯曲的限制,机动性处于重要的地位,至于航行于川江以及浅水急流中的船舶,上述两种操纵性能都是很重要的。

航向稳定性和船舶机动性对船型的要求有一定的矛盾:前者要求水下线形尖削,侧投影面积大;而后者则要求水下线形圆滑,侧投影面积小。

船舶操纵性是船舶重要的航海性能之一。为了使船舶具有合适的操纵性能必须设有一定的装置,这种装置应能按驾驶人员的意图产生迫使船舶绕着通过其重心的垂直轴而转动的转动力矩。保证船舶操纵性的设备很多,其中舵设备因其结构简单,工作可靠,是目前使用最为广泛的操纵设备。舵具有很好调节船舶操纵性相互制约的两个方面,正航时,舵增加了侧投影面积,保证了航向稳定性,回转时,由于舵转动角较大,减少了侧投影面积,有利转动船舶。

船舶操纵性能与其他性能,如浮性、稳性等一样都是很重要的,因为船舶一旦丧失操纵性能,航行就缺乏安全的保证,极易发生搁浅、触礁甚至沉船等不幸事故,同时对船舶使用的经济性极为重要。

民船必须满足下列要求,才认为具有满意的操纵性能:

- ① 普通状况时,在微小的操舵角不大于 $3^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 时,保持直线航行;
- ② 回转时具有相当小的半径;
- ③ 能迅速应舵,特别在浅水中;
- ④ 只需转动较小的舵角,就能克服由于风浪作用的转动力矩。

其中①④为航向稳定性,②③为船舶机动性。

二 实现船舶操纵性的方法

作为保证船舶操纵性的方法,绝大多数船舶都装有专用设备:舵设备,只有个别船舶利



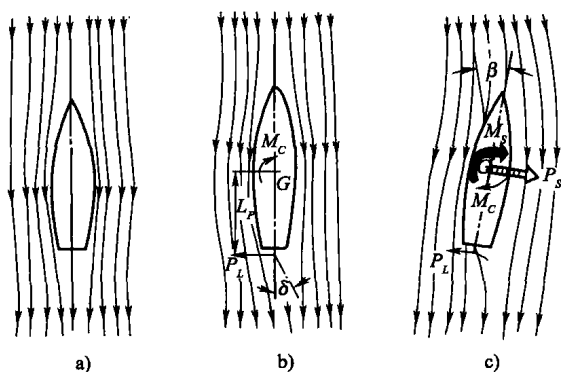


图 1-1 舵实现操纵性的基本原理

作用,而沿着直线航行。

当舵角偏转一个 δ 角,并保持在这一舵角上,由于水流相对于舵叶的对称性被破坏,在舵叶上产生一个侧向力 P_L 和绕船舶重心 G 的回转力矩 $M_C = P_L \cdot L_P$ 。

在这一转动力矩作用下,船体产生一个绕重心回转的角速度 r ,使船体相对于水流发生偏转,船体纵中剖面与水的来流速度方向形成角度,称为漂角 β ,这就破坏水流相对船体的对称性。船舶相当于一个短翼,因而在船体上也产生一个侧向力 P_S 和绕重心的力矩 M_S ,当作用在船体上诸项水动力和力矩达到平衡时,船舶将以一定的角速度进入定常回转,其重心轨迹呈圆形(称回转圈)。

从上述过程可以得到舵的工作原理:当水流以某冲角冲至舵上时,在舵上就产生流体动力,此作用力通过舵本身以及舵与船体的连接构件——舵杆传递至船体上,从而迫使船舶转动。

船舵设备构成

通常舵设备(rudder gear)是由舵(rudder)和操舵装置(steering gear)两部分组成,而舵又包括舵叶(板)、舵杆(主件)及有关联接、支承部件等组成,通称舵系,如图 1-2 所示。

操舵装置分为主操舵装置与辅助操舵装置。所谓主操舵装置是指在正常航行情况下为操船目的而使舵产生动作所必需的机械、转舵机构、舵机装置动力设备(如有)及其附属设备和向舵杆施加转矩的部件(如舵柄、舵扇等)。所谓辅助操舵装置是指在主操舵装置失效时,为操船目的所必需的设备,这些设备不应属于主操舵装置的任何部分,但可共用其中的舵柄、舵扇或作同样用途的部件。

图 1-3 和图 1-4 是现代船舶常用的操舵装置原理图。一般包含有:

用推进设备兼作舵设备用。舵是由舵叶和舵杆组成,舵叶是一块位于船舶后面的转动的平板或是一块剖面为流线型的板,是舵借以产生水动力的工具,舵杆的作用是转动舵叶和保证舵叶具有足够的刚度。

利用转动舵叶来改变船舶航向时,其中有着一系列水动力作用的过程,如图 1-1 所示。

左右舷形状对称的船舶若不受风浪、流等因素的干扰,当舵叶位于中间位置(舵角为 0°),由于流动的对称性,船舶不会受到侧向力

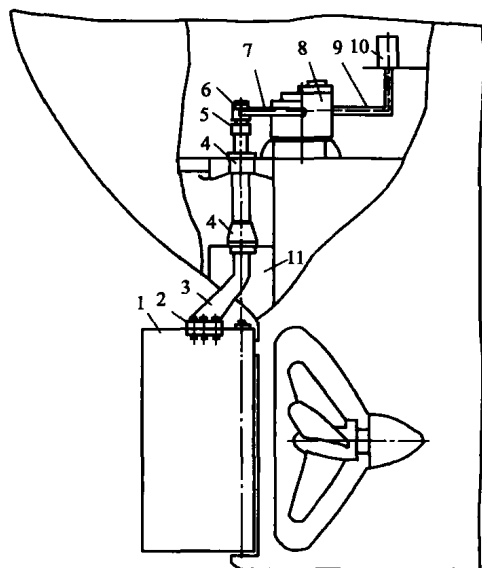


图 1-2 舵系组成

- 1-舵叶;2-连接法兰;3-舵杆;4-舵承;5-舵杆头;
6-舵柄(扇);7-驱动装置;8-舵机;9-传动装置;
10-操纵台;11-舵杆筒



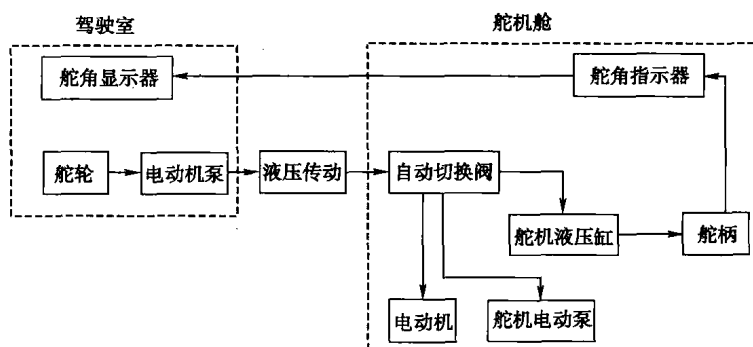


图 1-3 电动液压操舵装置

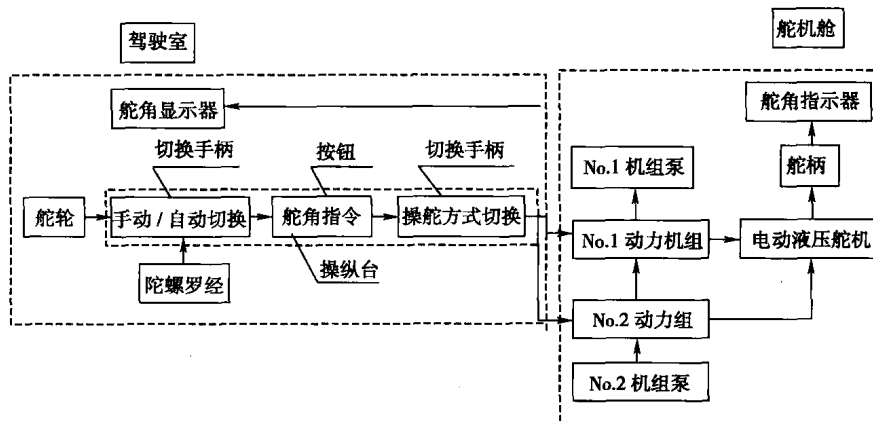


图 1-4 双工自动驾驶仪和电动舵机组成的操纵装置

(1) 操舵装置的控制系统,即能把指令从驾驶室传送给舵机的动力装置的一系列的设备,通常由发送器、接收器、液压控制泵及与其配合的电动机、电动机控制机构、管路和电缆组成。

(2) 舵机装置的动力设备,如果是电动舵机,系指电动机及其辅助的电气设备以及与电动机相连接的泵,如果是其他液压舵机,系指驱动机及与其相连的泵。

(3) 转舵机构,主要指将液压力转变为机械动作的转舵部件。

图 1-3 是由电动机和电动液压舵机组成的操舵装置,多用于中小型船舶。图 1-4 是由双工自动驾驶仪(duplex auto pilot)和电动液压舵机组成的操纵装置,是现代海船的主要方式,这种自动操舵装置一般由如下的三部分组成:

(1) 操舵台(steering stand):它布置在船舶驾驶室内,当查明航向变化时,通过电动机组控制的动力机组动作。

(2) 液压动力机组(hydraulic power unit):它布置在舵机舱内,由操舵台控制机组泵供给高压油操纵舵机。

(3) 机组液压泵(hydraulic pump unit):这是用以供给动力机组液压的装置,它由电动机驱动的液压泵等组成。近来自动操舵装置很引人注目,而电动机操舵系统可能在海洋运输船舶上被淘汰,这是因为自动操舵装置具有手动操舵系统的功能,可起到电动液压操舵系统



同样的作用,电动式自动操舵装置较之液压式电动机泵更可靠,电动式不仅是人们乐于采用的操作方式,而且设备简单、费用低,操纵台只需一个,设在驾驶室内即可。自动操舵仪(auto pilot),也称陀螺自动操舵装置(gyro-pilot),它是控制舵机的装置,而不能直接驱动舵。

在部分非机动船舶和内河小船上,人力操舵装置还广泛延用,如图 1-5 所示的索链式、图 1-6 所示的人力液压式、图 1-7 所示的杆轴式传动装置等。

四 舵的式样与类型

按照不同的分类依据,可从三方面区分舵:

(1)按舵叶的剖面形状分:单板舵、复板舵(亦称流线型舵)。单板舵结构简单,造价低廉,但对推进效率不能起有利的影响,故目前仅用于驳船或内河小船上。复板舵则广泛地应用于各种船舶上。

(2)按舵杆轴线的位置来分:不平衡舵、平衡舵和半平衡舵。舵面积全部分布在舵杆轴线之后者,则称为不平衡舵,如图 1-8 中的 a)、b)、c)所示。在舵杆轴线前后整个高度上都分布有舵面积者为平衡舵,如图 1-8 中的 d)、e)、f)

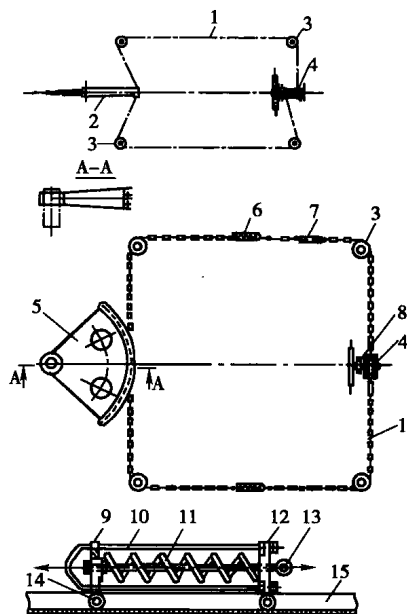


图 1-5 索链式人力操舵装置

1-索链;2-舵叶;3-导向滚轮;4-链轮;5-舵扇;6-缓冲器;7-松紧螺旋扣;8-减速器;9、12-撑板;10、13-拉杆;11-弹簧;14-滚轮;15-导槽

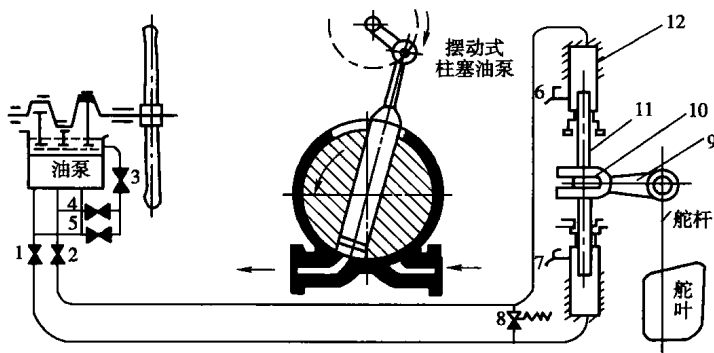


图 1-6 液压式传动人力操舵装置

1、2、3、4、5-截止阀;6、7-放气旋塞;8-超压连通阀;9-舵柄;10-活络十字头;11-柱塞;12-拖舵油缸

所示。由于这种舵在舵杆轴线前后的面积上产生的水压力,对舵杆轴线形成的扭矩为零,因此称为平衡舵。舵杆轴线前面的舵面积仅分布在下半者,称为半平衡舵,如图 1-8 中的 g)、h)所示。

(3)按舵叶的支撑方式分:悬挂舵、半悬挂舵、单支承舵、双支承舵和多支承舵。仅在船体内部设有支承点者称为悬挂舵。悬挂舵多为平衡舵,常用于双桨双舵船上或内河小船上。半悬挂舵就是半平衡舵,其舵叶的上部支承于舵柱或挂舵臂的舵钮上,下部呈悬挂状,多用于双桨船或多桨船之中舵,广泛应用于大型运输船舶上。在舵叶的下端或上下端均设有支、



承部件者称为单或双支承舵,一般皆为平衡舵。舵叶上具有三个以上的支承点者称为多支承舵,一般为不平衡舵,目前较少使用。

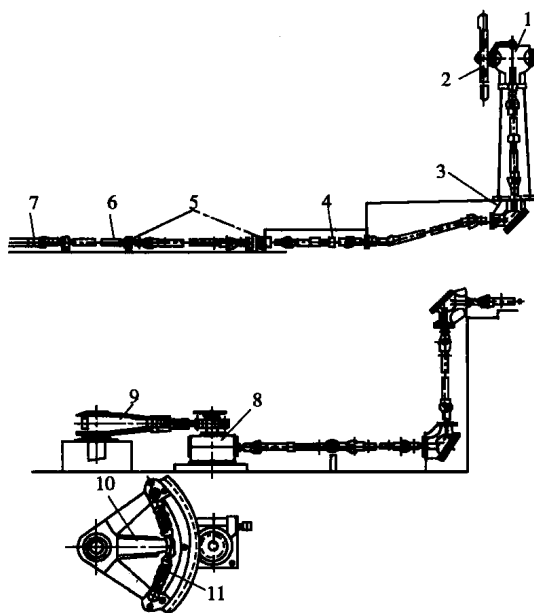


图 1-7 杆轴式人力传动装置

1-人力舵机架;2-舵轮;3-伞齿传动器;4-补偿联轴器;5-轴承;6-传动轴;7-绞接联轴器;8-蜗轮传动器;9-舵扇;10-舵柄;11-缓冲弹簧

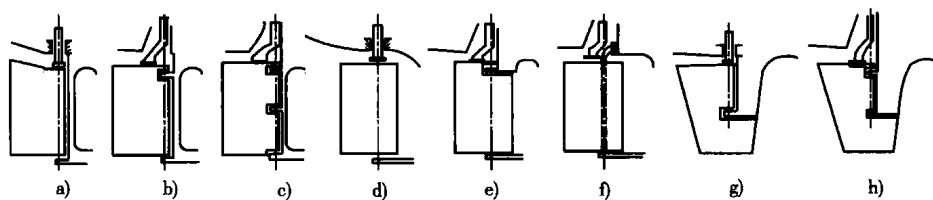


图 1-8 舵的式样

五 舵的构造

一般单板舵的构造(图 1-9)主要组成构件有:上舵杆、下舵杆、舵叶、舵臂、舵钮、舵杆接头以及上下舵承等。上舵杆由船内内部穿出船外,其上端与操舵器相连,下端与舵相连,操舵器通过它转动舵叶,因此上舵杆也就是舵的转轴,一般呈圆形断面,支承它的是上下舵承。上舵杆的直径大小视其承受的扭矩和弯矩而定。下舵杆亦称舵主件,对于非平衡舵,它位于舵叶的前缘,通常也是呈圆形断面,舵臂就装在其上,舵压力矩通过它传至上舵杆。舵臂是前后布置的用以把舵叶和下舵杆连接起来的构件,可将舵叶上的载荷传至下舵杆并加强舵叶自身的刚性。在舵臂的前方设有舵钮,用舵销将其与舵柱的上舵钮相连,舵可绕着舵销而转动。因为舵有向两方面同等转动的机会,因此舵臂一般都是相互间隔地分列于舵叶的两





侧,由舵叶前缘向后缘延伸,长度约为整个舵宽减去舵叶(舵板)厚的两倍。舵臂与舵板焊接起来。舵钮和舵销,在非平衡舵上舵钮的间距视舵臂的间距而定,而上钮的位置应布置得高些,以便减小上舵杆的支承跨距。舵销的一端固定在舵臂的舵钮上(图1-10),而另一端插入舵柱的舵钮中,用作舵叶的转轴,其固定的一端制成锥形,顶上留有一段充分长度的螺纹,以便用螺帽固定在舵臂的舵钮上,旋转的一端为了减小摩擦并利于磨损后的修换,一般都包以青铜衬套,并将销端也一并包起以防止锈蚀,或者在舵钮的内侧镶以铁梨木的衬垫,或者衬套衬垫同时兼备。一般衬套为青铜或巴氏合金,衬垫为铁梨木。

舵杆接头,在舵的上方与上舵杆联接处通常有掌形的舵杆接头,其上掌位于上舵杆的下端,而下掌则是下舵杆或舵主件的一部分,上下掌要求用螺栓和螺母联接。舵杆接头的基本形式有二,即嵌合接头和法兰接头(图1-11),而法兰接头又分水平式和

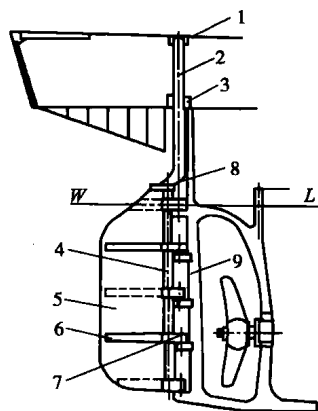


图1-9 单板舵的结构

1-上舵承;2-上舵杆;3-下舵承;
4-下舵杆;5-舵板;6-舵臂;7-舵钮
与舵销;8-连接法兰;9-舵柱

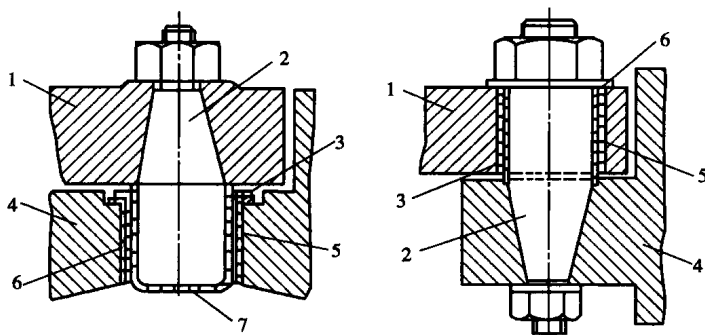


图1-10 舵钮与舵销

1-舵臂;2-舵销;3-锁紧环;4-尾柱舵钮;5-尾柱舵钮衬套;6-铁梨木承衬;7-舵臂销青铜罩筒

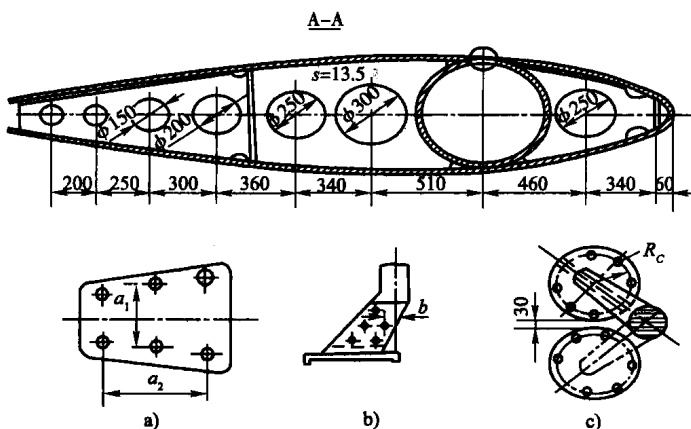


图1-11 舵杆接头

a) 梯形法兰;b) 垂直法兰;c) 水平法兰



垂直式两种。法兰接头的联接,除用螺栓外,通常还插入以键或一面凸出一面凹槽,但螺栓的设计要能承受舵上的扭矩、弯矩以及舵质量产生的全部应力,键只作为备用。水平法兰的键一般为前后方向布置以便有较大的摩擦阻力。螺栓的安装是将螺母朝下,以便螺母松落时螺栓不至于失落,通常都采用6个螺栓,垂直法兰采用8个螺栓。垂直法兰接头在锻制时比水平法兰方便。嵌合联接接头则是上舵杆的下端与下舵杆的上端都做成楔形,仍用螺栓与螺母联接,不用键,但螺栓与螺栓孔都采用锥形,数目6~8个。在舵杆接头的设计中,要使得舵转到最左或最右舷而上舵杆转到最右或最左时,舵可以垂直上升而不致碰到上舵杆,这种设计是可能的也是必要的。当采用水平式法兰接头时,须特别注意这一要求,并使装卸舵时上下两法兰之间能保持不小于30mm的间隙。对于垂直法兰或嵌合接头此要求易于满足。

现代船舵多采用复板的空心流线型舵,其结构如图1-12所示,它是由上述的单板舵演变而来的,除保有单板舵的基本构件成分外还有一些附件,如注水塞、放水塞、吊环等。而舵主件及舵臂的功能分别演变成加厚的垂直桁(或为型钢或为组合梁)和水平桁材。这种舵,舵体强度好,舵钮、销较少,一般为两个,舵叶为空心焊接结构,其一侧的舵板采用正常焊接的方法与水平桁材和垂直桁材相连,而另一侧封闭用的舵板必须采用特殊的方法焊接,常用的有舌焊法和搭板塞焊法。

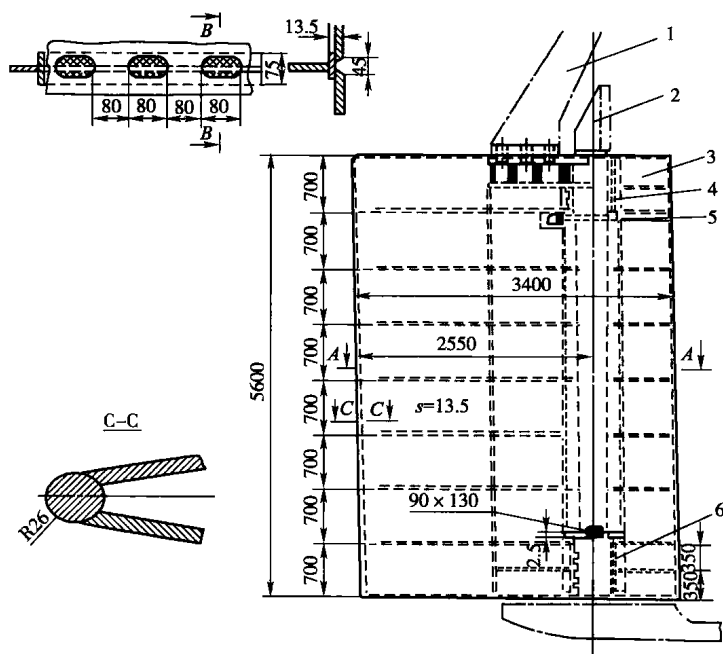


图 1-12 流线型舵结构

1-舵杆;2-舵轴;3-舵叶;4-上舵承;5-焊制钢管;6-下舵承

舌焊法是在水平和垂直桁板上留有突出的舌(图1-13),以便嵌入舵板上对应的切口中,舌上有眼孔,供楔子打入以迫使舵板紧贴于桁板上,然后在舌的周围施以焊接后将舵板外边的舌割去并磨光。搭板塞焊法,是在桁板的边缘上加一搭板,搭板与桁板用填角焊连接(图



1-13),再采用长孔焊或V形焊将舵板与搭板连接起来,由于长孔焊的周边难以完全填焊到,并且焊缝也不连续,因而以具有V形焊缝的焊接比较好,因为V形焊的准备工作的比较少,所需搭板也比较窄些,只是舵板要根据桁板的间距裁成相应的板块。舵板在其后缘最好焊在一个型材上,并需具有充分的焊缝,通常采用如图1-14所示的焊接连接方式。流线型舵一般多为少支承舵,很少采用舵钮,支承件是上、下舵承如图1-15所示。

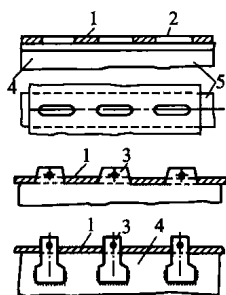


图 1-13 舵板的焊接方式

1-舵板;2-填焊;3-舌板;

4-桁板;5-搭板条

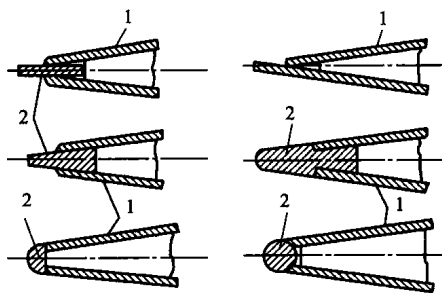


图 1-14 舵后缘的焊接方式

1-舵板;2-尾端材

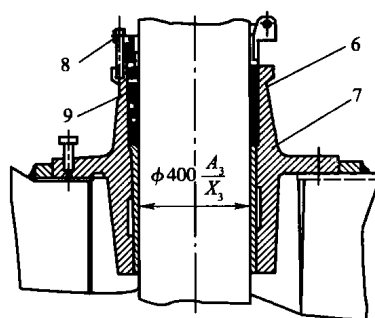
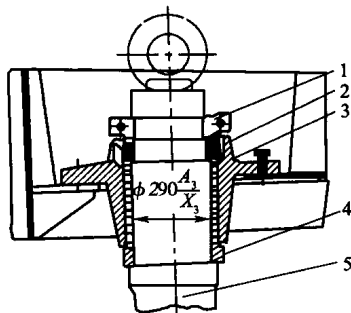


图 1-15 上下舵承

1-卡环;2-单向球轴承;3-上舵承本体;

4-定位环;5-舵杆;6-水封填料;7-轴衬;

8-压紧环;9-下舵承本体

第二节 舵几何要素与水动力特征

一 舵的几何要素

如图1-16所示,舵叶的几何要素有:

(1)舵的外形:通常是指舵未转动时,在与中线面同一平面内或平行的平面内的舵外轮廓投影形状。

(2)舵高(展长) h :舵体最上缘至下缘之间的距离。

(3)舵宽(弦长) b :舵体前缘(导边)至后缘(随边)的距离。

(4)舵面积 A_R :舵未转动时通过转轴与船中剖面垂直的舵外形在中线面上的投影面积。

(5)平衡部分的舵面积 A_C :位于舵转轴线以前的舵面积部分。

(6)舵支框架面积 A_P :舵支框架外形在中线面上的投影面积。



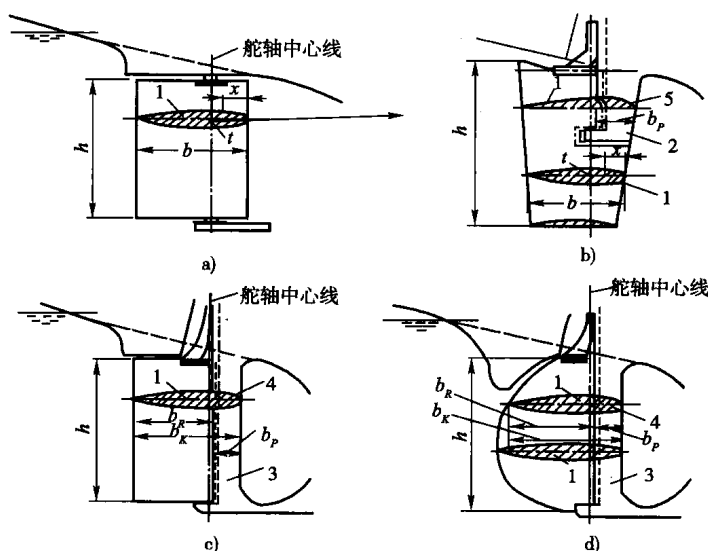


图 1-16 舵的几何要素

1-舵剖面;2-舵托架;3-舵框架;4-框架剖面;5-托架剖面

(7) 舵托架面积 A_p : 舵托架外形在中线面上的投影面积。(8) 综合舵面积(或复体舵面积) A_K , 即为活动的舵面积 A_R 与固定的支(托)架面积 A_p 之和, $A_K = A_R + A_p$ 。(9) 展弦比 λ : 是舵高与舵宽的比值, 矩形舵取 $\lambda = \frac{h}{b}$, 非矩形舵取 $b = \frac{A_R}{h}$, $\lambda = \frac{h}{b} =$

$$\frac{h^2}{A_R} = \frac{A_R}{b^2}; \lambda_K = \frac{h}{b_K} = \frac{h^2}{A_K} = \frac{A_K}{b^2}。$$

(10) 平衡比: 亦称平衡系数 e , 是舵的平衡部分面积 A_c 与舵的面积 A_R 之比, $e = \frac{A_c}{A_R}$ 。

(11) 舵剖面形状: 即与舵转轴垂直的截面形状, 一般可分为对称剖面 and 不对称剖面, 如图 1-17 所示, 船舵多数为翼形对称剖面, 其中心线是一直线。表征翼形剖面的特征参数有最大厚度、最大厚度位置、导边圆弧半径、随边厚度以及沿弦长范围的厚度的分布规律。

船舵一般采用考虑水动力理论、结构与工艺等的试验剖面, 常用的按试验机构或制定者的名字命名确定的剖面系列有:

NACA00 剖面: 是美国航空国家咨询委员会剖面(National Advisory Committee for Aeronautics)。

ЦАГИ 剖面: 是(原苏联)中央空气动力研究院

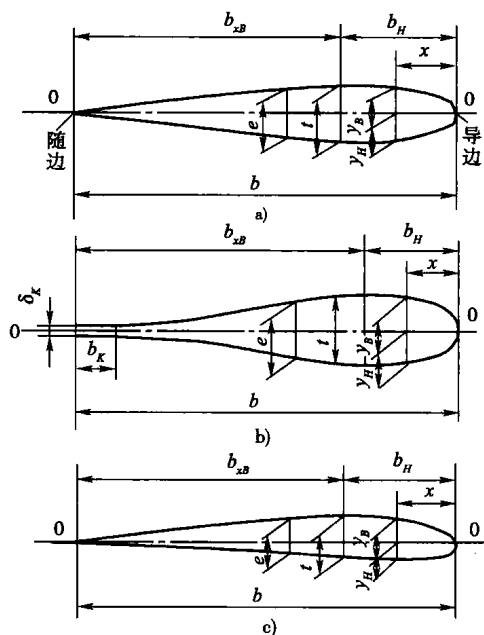


图 1-17 舵剖面的几何特征

a) 对称翼形剖面; b) JIS 剖面; c) 非对称剖面

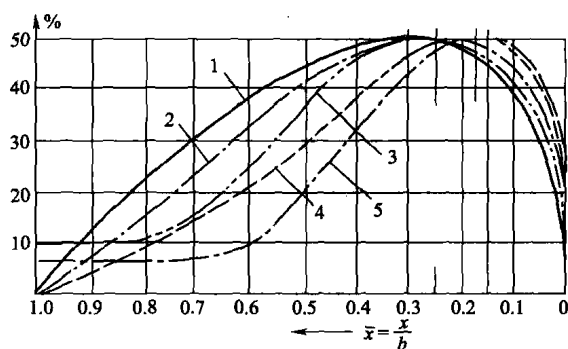


图 1-18 舵剖面的几何特征

1-NACA00 (30%); 2-HEЖ (25%); 3-JfS58TR25 (25%); (30.0%, 17.5%, 25% 或 20%)。

4-ЦАГИ; 5-WZF

NACA 剖面是常用的剖面,其编号方式同剖面型式有关。如 NACA0015 的 4 位数字中,前两位 00 表示对称面,后两位数字表示厚度比,即数字 15 表示厚度比 $t=0.15$ 。任意厚度的 NACA00 剖面纵坐标值的通式为:

$$y = \pm t \left[1.4845 \sqrt{\frac{x}{b}} - 0.630 \frac{x}{b} - 1.758 \left(\frac{x}{b} \right)^2 + 1.4215 \left(\frac{x}{b} \right)^3 - 0.5075 \left(\frac{x}{b} \right)^4 \right]$$

当 $x=0$ 时, $\frac{dy}{dx} = \infty$, 其端部曲率半径为 $1.1 \frac{t^2}{b}$; 当 $x=0.3b$ 时, $\frac{dy}{dx} = 0$, 而 $y = \frac{t}{2}$; 当 $x=b$ 时, $y=0.0105t$ 。

■ 敞水舵的水动力特性

舵可以视为一个机翼,当在均匀流场中以攻角向前方运动时,由于流线的改变使得翼背一侧速度高而压力低,同时在翼面一侧速度低而压力高,其压力分布情况大致如图 1-19 所示。图中 v 为相对速度, b 为弦长, s 为转轴至导边的距离, x_p 是压力中心距前缘(导边)的距离, α 为攻角(angle of attack),它是水流方向与舵(翼)的平面或剖面弦之间的夹角。压力(rudder pressure)是水动力合力,可分解成与运动方向垂直的称为升力 P_L (lift) 和与运动方向一致的 P_D (drag); 也可以分解成与舵弦线垂直的法向力 P_N (normal force) 和平行弦线的切向力 P_T (tangential force), 不难看出诸力之间有如下关系:

$$\left. \begin{aligned} P &= \sqrt{P_L^2 + P_D^2} = \sqrt{P_N^2 + P_T^2} \\ P_N &= P_L \cos \alpha + P_D \sin \alpha \\ P_T &= P_D \cos \alpha - P_L \sin \alpha \\ P_L &= P_N \cos \alpha - P_T \sin \alpha \\ P_D &= P_N \sin \alpha + P_T \cos \alpha \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

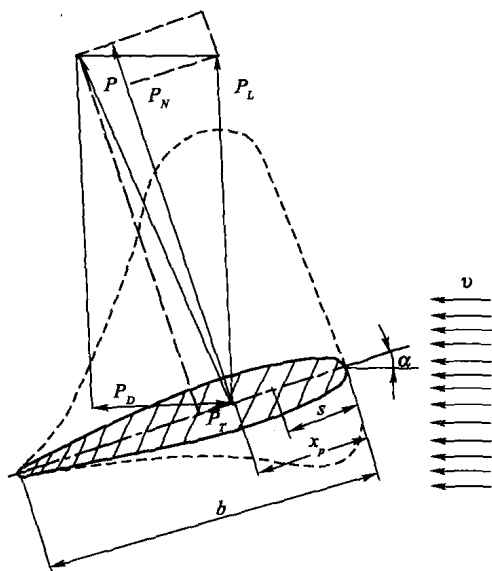


图 1-19 机翼上压力分布及其合力与分力

同时,由于压力沿弦向分布的不均匀(虚线所示),压力中心距离舵前缘较近,则压力对舵前缘的力矩即为:

$$M = P_N x_p$$

或对转轴的力矩:

$$M_a = P_N(x_p - s)$$

为了便于将试验资料应用于不同尺度、速度的实际机翼上,并便于比较翼与翼之间的动力特性,而引入了无因次系数:

$$\text{合力系数} \quad C = \frac{P}{\frac{1}{2}\rho V^2 A_R}$$

$$\text{升力系数} \quad C_L = \frac{P_L}{\frac{1}{2}\rho V^2 A_R} \quad \text{阻力系数} \quad C_D = \frac{P_D}{\frac{1}{2}\rho V^2 A_R}$$

$$\text{法向力系数} \quad C_N = \frac{P_N}{\frac{1}{2}\rho V^2 A_R} \quad \text{切向力系数} \quad C_T = \frac{P_T}{\frac{1}{2}\rho V^2 A_R}$$

$$\text{力矩系数} \quad C_M = \frac{M}{\frac{1}{2}\rho V^2 A_R b} \quad \text{对转轴的力矩系数} \quad C_{Ma} = \frac{M}{\frac{1}{2}\rho V^2 A_R b}$$

$$\text{压力中心系数} \quad C_P = \frac{X_P}{b}$$

显然诸系数间也有如下的对应关系:

$$\left. \begin{aligned} C &= \sqrt{C_L^2 + C_D^2} = \sqrt{C_N^2 + C_T^2} \\ C_N &= C_L \cos \alpha + C_D \sin \alpha \\ C_T &= C_D \cos \alpha - C_L \sin \alpha \\ C_L &= C_N \cos \alpha - C_T \sin \alpha \\ C_D &= C_N \sin \alpha + C_T \cos \alpha \\ C_M &= C_N C_P \\ C_{MA} &= C_N \left(C_P - \frac{s}{b} \right) \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

以上各式中的线形尺度量纲为 m;力的单位为 N;面积 A_R 为 m^2 ;速度 V 为 m/s ;密度 ρ 为 kg/m^3 。

实际上应用机翼总是以产生升力为目的,舵也是如此。由于阻力时运动中的能量损耗,只有舵上的升力 P_L 是唯一的引起船体转向的力,即 P_L 愈大愈好而 P_D 愈小愈好,可用 $P_L/P_D = C_L/C_D$ 表示机翼的效率,或称之为机翼动力性质。所以前面所介绍的反应舵有向前

