



21世纪高职船舶系列教材  
SHIJI GAOZHI CHUANBO XILIE JIAOCAI

船舶工程专业

# 船舶设备与系统

CHUANBO SHEBEI YU  
XITONG

主编 刁玉峰

主审 彭辉

哈尔滨工程大学出版社

# 高等职业教育系列教材编委会

(按姓氏笔画排序)

主 任	孙元政			
副主任	王景代	丛培亭	刘 义	刘 勇
	杨永明	张亦丁	季永青	罗东明
	施祝斌	康 捷	曹志平	熊仕涛
委 员	王景代	丛培亭	刘 义	刘 勇
	刘义菊	孙元政	闫世杰	杨永明
	沈永超	沈苏海	陈良政	肖锦清
	周 涛	季永青	罗东明	俞舟平
	胡启祥	胡适军	施祝斌	钟继雷
	唐永刚	徐立华	郭江平	康 捷
	曹志平	熊仕涛	潘汝良	蔡厚平

# 前言

船舶设备与系统

CHUANBO SHEBEI YU XITONG

“船舶设备与系统”是一门多学科性的综合专业课程,其内容庞杂、涉及范围广,在本书中,介绍了七种主要的船舶设备和七种船舶系统。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,本书在内容上着重扩大读者的视野,反映最新技术。

在本书中,各种船舶设备与系统的配置要求及有关的计算标准,都是以国际、国内和行业的法规、规则及标准为依据的,其中主要有《钢质海船入级与建造规范》、《船舶起货设备规范》、《海船救生规范》、《国际海上人命安全公约》等,并以职业岗位的需要为出发点,始终围绕职业教育的特点,具有较强的针对性。教材较好地贯彻了“以全面素质为基础,以能力为本位”的教学指导思想。在内容的编写上以“必须和够用”为原则,紧扣大纲,深度、广度适中,体现了理论和实践的结合,强化了技能训练的力度。

参加本书编写工作的有渤海船舶职业学院刁玉峰(第一章至第七章)、龚建松(第八章至第十一章);全书由刁玉峰担任主编,渤海船舶职业学院彭辉教授担任主审。

限于编者的经历及水平,教材内容错误和不足之处在所难免,希望广大读者提出修改意见和建议,以便再版修订时改正。

编者

2006年7月

# 目 录

21世纪高职船舶系列教材  
SHIJI GAOZHICHUANBO XILIE JIAOCAI

船舶设备与系统

<b>第一章 舵设备</b>	<b>1</b>
第一节 概 述	1
第二节 舵装置的分类与构造	3
第三节 舵叶的水动力特性及计算	11
第四节 舵叶参数的确定	20
第五节 舵设备零部件尺寸的确定	27
第六节 操舵装置	36
第七节 特种舵及其他操纵装置	43
<b>第二章 锚设备</b>	<b>49</b>
第一节 概 述	49
第二节 船用锚	52
第三节 锚 索	59
第四节 按船级社规范配置锚设备	63
第五节 锚的止、导、储、控设备	67
第六节 锚 机	76
<b>第三章 系泊设备</b>	<b>80</b>
第一节 概 述	80
第二节 系泊设备的组成与布置	81
第三节 系泊索	83
第四节 系泊属具	85
<b>第四章 拖曳设备</b>	<b>89</b>
第一节 拖带方式	89
第二节 拖船拖曳设备的组成	90
<b>第五章 救生设备</b>	<b>100</b>
第一节 救生载具	100
第二节 个人救生设备	108
第三节 艇降落装置	111
<b>第六章 起货设备</b>	<b>117</b>
第一节 吊杆起重设备的形式	117
第二节 吊杆装置几何参数的确定	121
第三节 吊杆装置的受力计算	123
第四节 船用起重机	127
<b>第七章 关闭设备</b>	<b>131</b>
第一节 概 述	131
第二节 货舱口盖	131

# 目 录

21  
SHIJI GAOZHICHUANBOXILEJIAOCAI

船舶设备与系统

第三节	大型滚装门	136
第四节	人孔盖	140
第五节	小舱口盖	142
第六节	船用门	146
第七节	船用窗	152
<b>第八章 船舶系统总论</b>		<b>155</b>
第一节	管路构件	155
第二节	船舶系统中的机械设备	161
第三节	对船舶系统的要求	164
<b>第九章 舱底水系统、压载系统及日用水系统</b>		<b>167</b>
第一节	舱底水系统	167
第二节	压载系统	170
第三节	日用水系统	173
<b>第十章 消防系统</b>		<b>178</b>
第一节	概 述	178
第二节	水灭火系统	182
第三节	水蒸气灭火系统	185
第四节	CO <sub>2</sub> 灭火系统	186
第五节	泡沫灭火系统	189
第六节	卤化物灭火器	190
第七节	失火报警设备	192
<b>第十一章 船舶通风、供暖、空调与制冷系统</b>		<b>195</b>
第一节	通风系统	195
第二节	供暖系统	197
第三节	空调系统	198
第四节	制冷系统	203



# 第一章 舵设备

## 第一节 概述

舵设备是船舶主要的操纵设备。船舶操纵性是船舶的重要性能之一,从广义来讲是泛指船舶对驾驶者操纵的反应能力。它包含着两个相互有关的性能,即航向稳定性和回转性。

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。

良好的船舶操纵性必须依靠操纵设备来保证。船舶操纵设备很多,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。

船用舵是平板或机翼型结构,设置于船的尾端。当它转动时,舵产生的水动力在垂直于船体中心线的方向上的分力形成了转船力矩。

舵的形式很多,除了普通舵之外还有襟翼舵、制流板舵、鱼尾舵、转柱舵等。主动舵则是一种带有小螺旋桨的舵。

除了舵以外,船舶常用的操纵装置还有转动导流管、侧向推进器、Z形推进器(又称全回转导管螺旋桨)等。

### 一、舵的作用原理

利用转动舵叶来改变航向时,有一系列水动力作用过程。当舵以速度  $v_0$  运动,或者说水以速度  $v_0$  流经舵时,舵就相当于一个在流场中运动的有限翼展的机翼。当舵角为零即舵处于正中位置时,舵叶两面流线对称,舵上并不产生水动力。当舵转过某一舵角  $\alpha$  时,就相当于机翼以攻角  $\alpha$ 、速度  $v_0$  运动,此时舵叶两侧流线对称性被破坏,如图 1-1 所示。由柏努力方程可知:翼背处流线长、流速高、压强低;翼面处流线短、流速低、压强高,在机翼的两侧形成了压力差。压力分布如图 1-1 中双点划线所示,舵叶上各点压力均取舵叶表面的法线方向。由于流体具有黏性,对舵产生沿舵叶表面切线方向上的摩擦力。二者的合力,即为舵叶上总水压力(动压力),简称为舵压力  $P$ 。 $P$  力的作用线与舵叶对称表面的交点称为舵的压力中心  $O$ ,其位置通常以其离舵叶导缘的距离来度量。将  $P$  力沿垂直于舵叶运动的方向分解得到舵叶的阻力  $P_x$ ,沿平行舵运动的方向分解得到舵叶的升力  $P_y$ ,如图 1-2 所示。 $P_y$  可用于计算由舵产生的转船力矩;若将  $P$  力沿舵叶中心线方向和垂直于中心线方向分解,则可得舵叶的切向力  $P_t$  及舵叶的法向力  $P_n$ 。 $P_n$  可用于计算舵杆扭矩。根据力的平移定理,力  $P_y$  可用一转船力矩  $P_y L/2$  ( $L$  为船长)和作用于船舶重心  $G$  的横向力  $P_y$  所代替。在转船力矩和横向力的作用下,船首向转舵方向转动。此时船舶还将产生反向横移和轻度的横倾。并且船舶的阻力将增加,航速将下降。

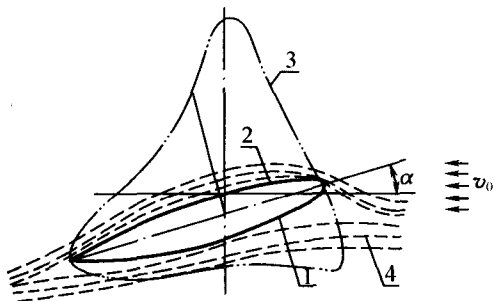


图 1-1 舵叶上水的流态  
 $\alpha$ —攻角;1—叶面;2—叶背;  
3—水压力分布曲线;4—流线

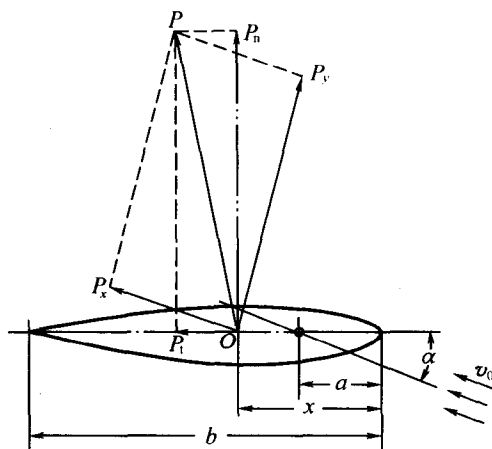


图 1-2 作用在舵叶上的水动力

## 二、舵设备的组成与布置

舵设备中除了舵以外,为在规定时间内,将舵转到所需要的角度并保证其有效工作,还需要有操舵装置、舵机、转舵装置。图 1-3 为常见的舵设备组成图。

舵设备的各组成部分应能在规定的时间内将舵转动,能限制舵的转动角度,能将舵可靠地停止在限制舵角内的任何位置上,能从驾驶室监视舵位。同时还应能迅速地由主操舵装置转换为备用或应急操舵装置。整套舵设备应坚固、可靠、耐用。在满足使用要求的前提下,应尽量减小各部分的外形尺寸和质量。



图 1-3 舵设备的组成  
1—操舵器;2—舵角指示器;3—传动装置;  
4—舵机;5—转舵机构;6—舵

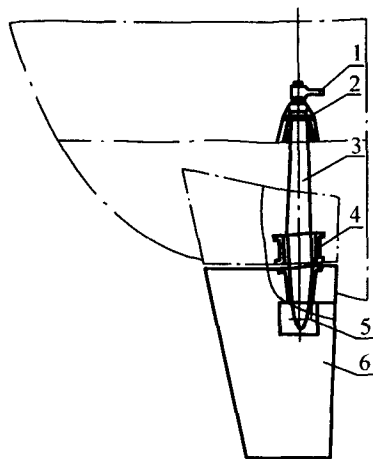


图 1-4 舵叶的支承和布置  
1—舵柄;2—上舵承;3—舵杆;  
4—下舵承;5—可拆小门;6—舵叶



图 1-3 中,舵角指示器 2 是反映舵叶转动角度的仪表,装于驾驶室用以了解和监督舵的实际位置。操舵器 1 是供舵工或驾驶人员转舵用的手柄或舵轮。传动装置 3 是将舵机 4 的启动信息由驾驶室传至舵机舱。舵机是带动舵转动的机械,系转舵的原动力,转舵装置(亦称转舵机构)5 的作用是把舵机的动力传递给舵。6 是舵,它是舵叶、舵杆及其支承部件的总称。

舵叶在船舶尾部的布置和支承情况如图 1-4 所示。

## 第二节 舵装置的分类与构造

舵设备由舵装置和操舵装置两大部分组成。舵装置是指舵叶及其支承、限位部件,操舵装置包括操舵系统、舵机和转舵装置。

### 一、舵装置的分类

按不同的分类依据,舵装置有不同的分类方法,图 1-5 所示为船后舵的主要形式,其分类如下。

#### 1. 按照舵杆轴线在舵叶宽度上的位置分

按舵杆轴线的位置来分,可分为不平衡舵(图 1-5 所示的 I 型)、平衡舵(图 1-5 所示的 II 型和 IV 型)和半平衡舵(图 1-5 所示的 III 型)。舵杆轴线在接近舵叶前缘(导缘)处穿过者称不平衡舵。在舵杆轴线前后整个高度上都分布有舵叶面积者,称为平衡舵。舵杆轴线前面的舵面积仅分布在下半部者,称为半平衡舵。

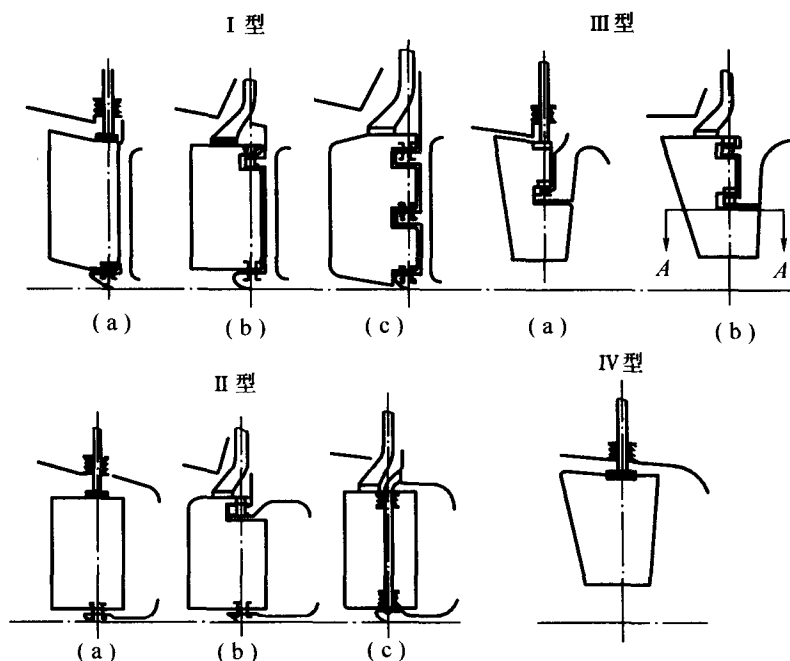


图 1-5 船用舵的基本形式





## 2. 按舵的支承方式分

按舵的支承方式来分,有舵踵支承舵(图 1-5 中的 I 型和 II 型)、半悬挂舵(图 1-5 中的 III 型)、悬挂舵(图 1-5 中的 IV 型)。在舵叶的下端,或上下端均设有支承部件者称为舵踵支承舵,一般皆为平衡舵。半悬挂舵就是半平衡舵,其舵叶的上部支承于挂舵臂或尾柱的舵钮上,下部呈悬挂状。仅在船体内部设有支承点者为悬挂舵,悬挂舵多为平衡舵。

## 3. 按舵叶的剖面形状分

按照舵叶剖面的形状可分为流线型舵和平板舵。除了部分非自航驳船外,绝大多数机动船都采用流线型舵。

## 二、舵装置的主要组成部件

### 1. 舵叶

舵叶是产生舵压力的构件。现代海船绝大多数采用焊接结构的流线型剖面舵叶,它主要由舵叶旁板、垂直隔板、水平隔板、舵杆和舵销等组成,如图 1-6 所示。

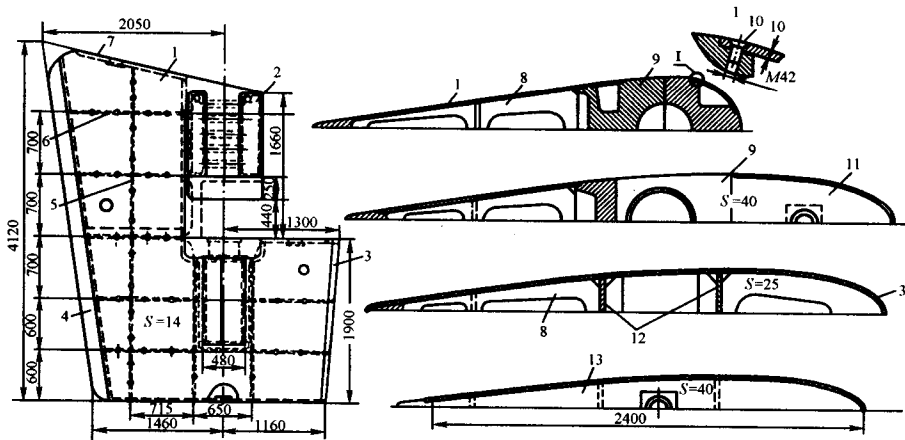


图 1-6 流线型半悬挂舵叶

1—舵叶旁板;2—可拆板;3—导缘旁板;4—尾端型材;5—垂直隔板;6—长圆形塞焊缝;7—舵叶顶板;  
8—水平隔板;9—舵杆承座;10—固定螺钉;11—端板;12—下舵杆;13—舵叶底板

### 2. 舵杆

舵杆是舵的转轴,舵杆上部常用带键、紧配或无键连接等方法同舵柄连接,并支承在舵承处。舵杆下部常用水平法兰、锥体带键或无键连接等方法与舵叶连接。下部弯曲的舵杆,其端部结构构成水平法兰(图 1-7(a))或垂直法兰,下部竖直的舵杆,其端部构成水平法兰(图 1-7(b))或圆锥体(图 1-8)。

### 3. 舵承

舵承是固定在船体上,用以支承舵杆的轴承装置。舵承按其受力状态可分为支承舵承及支承推力舵承;按其安装位置可分为上舵承、中间舵承及下舵承;按其密性可分为水密舵承及非水密舵承,舵承的摩擦副可采用滑动轴承或滚动轴承。

上舵承通常为支承推力舵承,它不仅承受由作用在舵上的水动力引起的径向负荷,还承受由舵杆和舵叶的重力引起的轴向力。某些船舶的上舵承已成为某种柱塞式舵机或转叶式

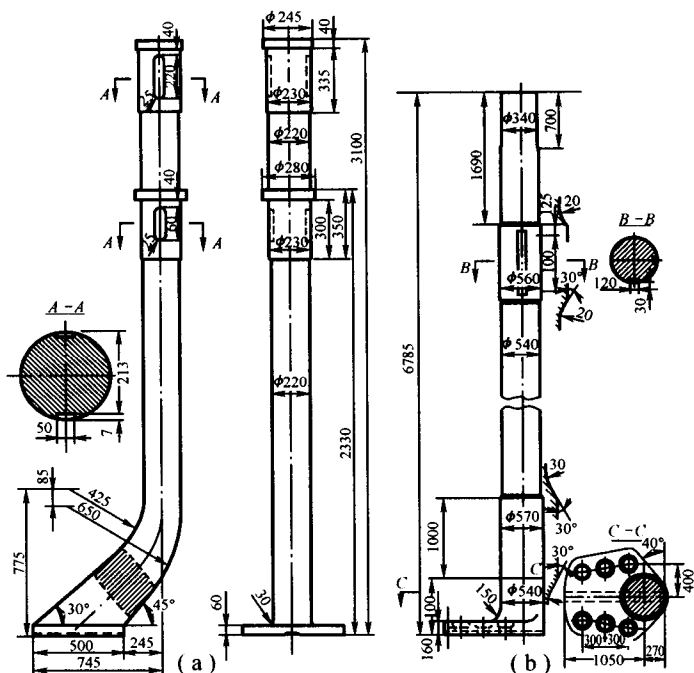


图 1-7 下端部为水平法兰的舵杆

(a)下部弯曲的舵杆;(b)下部竖直的舵杆

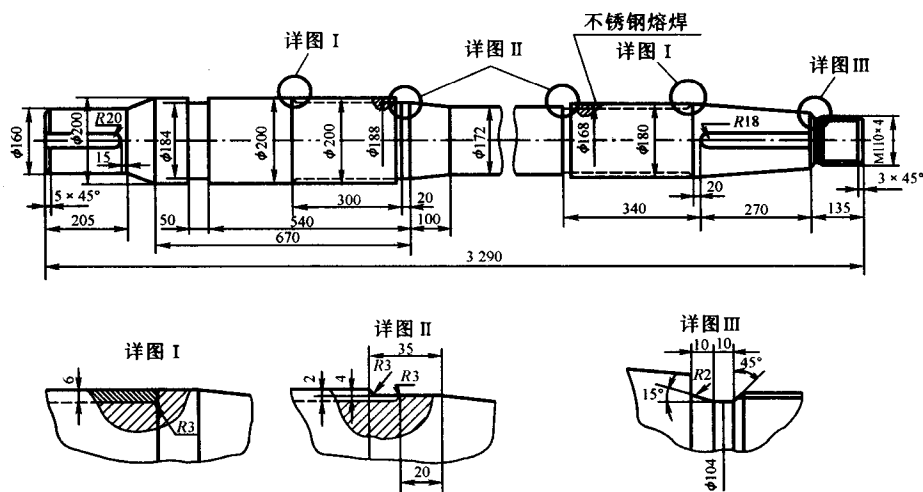


图 1-8 下端部为锥体的舵杆

舵机的一个组成部分时,可以不必别设上舵承。

图 1-9 所示为水密滚子上舵承,这种舵承采用双列向心球面滚子轴承。

中间舵承和下舵承均为支承舵承,仅能承受径向负荷。中间舵承很少使用,设有两个以上舵销的舵有时不设下舵承。图 1-10 所示的水密下舵承,其本体为铸钢件,同船体结构焊接固定,舵承下端设有密封圈和压盖,适用于浅水泥砂较多的水域。

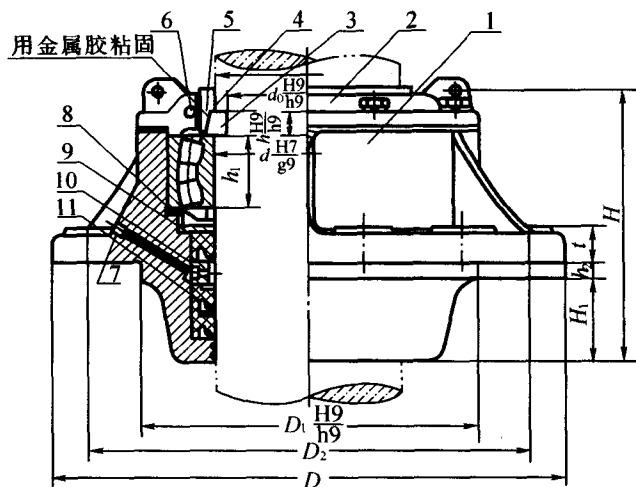


图 1-9 水密滚子上舵承

1—舵承本体；2—压盖；3—挡圈；4—套圈；5—滚子轴承；6—O型密封圈；  
7—油杯；8—分油盘；9—压圈；10—分油环；11—胶质密封胶环

#### 4. 舵杆与舵叶的连接件

舵杆与舵叶目前常用的连接方式有法兰连接及锥体连接, 见图 1-11 和图 1-12。

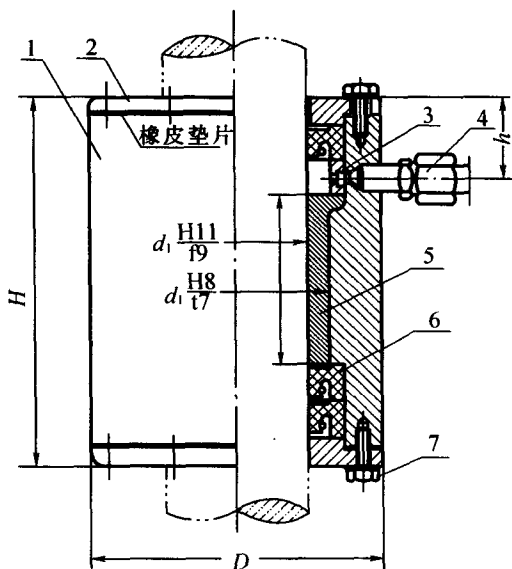


图 1-10 滑动水密下舵承

1—舵承本体；2—压盖；3—分油圈；4—旋入螺纹接头；  
5—衬套；6—胶质密封环；7—六角头螺栓

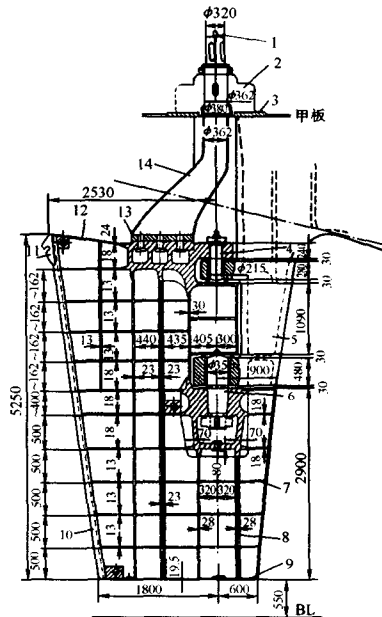


图 1-11 设置两个舵销和法兰连接的半悬挂舵

1—吊环螺钉；2—上舵承；3—舵承支承板；4—上舵销；5—挂舵臂；6—下舵销；7—水平隔板；8—垂直隔板；9—舵叶底板；10—舵叶后边缘型材；11—吊钩；12—舵叶顶板；13—连接法兰；14—舵杆

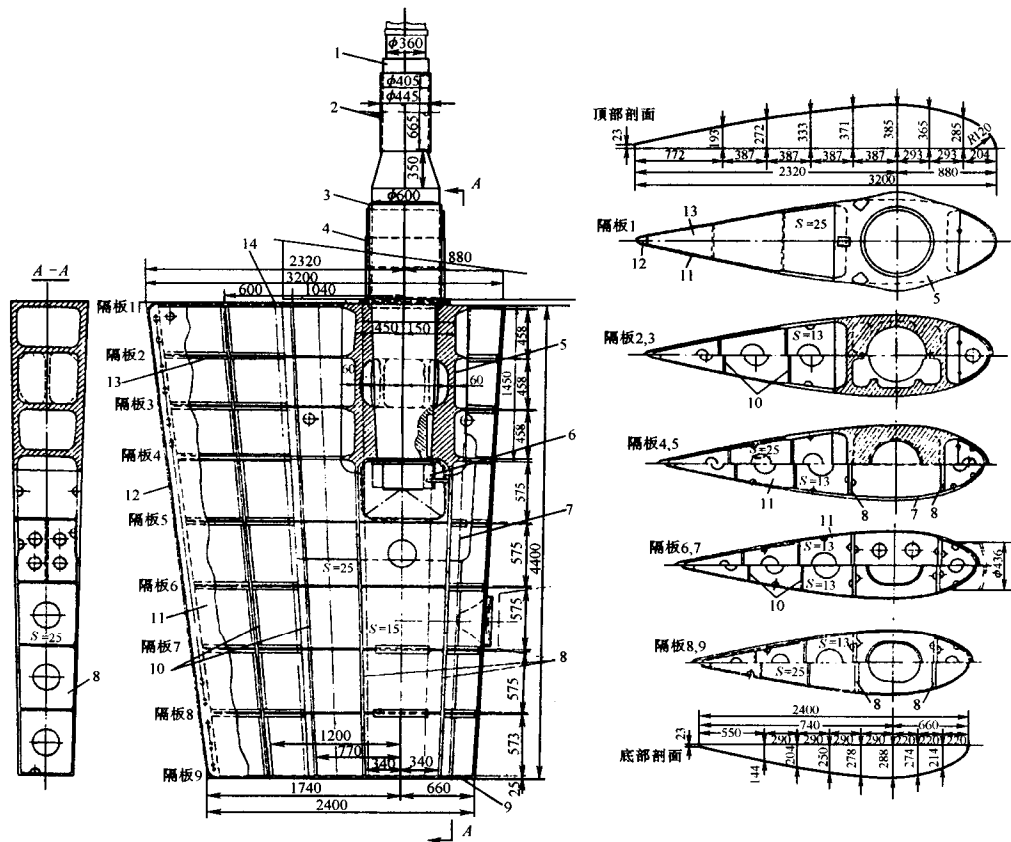


图 1-12 锥体连接的悬挂舵

- 1—舵杆;2—上舵承处轴套;3—下舵承处轴套;4—下舵承衬套;5—铸钢体;6—锁紧螺母;  
7—加厚板;8—垂直隔板;9—舵叶底板;10—舵叶垂直隔板;11—舵叶旁板;12—舵叶后边缘型材;  
13—舵叶水平隔板;14—舵叶顶板

### 5. 舵柱

舵柱是船体尾柱的一部分,用以支持不平衡舵的柱状部件。有时将其剖面形状设计成与舵叶剖面相配合,两者形成组合流线型剖面,以期提高舵的工作效率,如图 1-5 中所示的 I 型。

### 6. 挂舵臂

挂舵臂是附连于船体尾部的臂状构件,用以支承半悬挂舵。一般也将其剖面设计成与舵叶相配合的流线型,如图 1-5 中的 III 型。

### 7. 舵销和舵钮

舵叶与舵柱或挂舵臂之间采用舵销连接时,舵叶及舵柱或挂舵臂上相应设置数个有孔的凸出物,即为舵钮。舵销插入舵钮孔中,使舵叶与舵柱或挂舵臂可靠地连接。图 1-13 所示为半悬挂舵与挂舵臂连接方式。

### 8. 舵托(舵踵)

舵托(舵踵)是指位于尾柱底部的突出部分,也称底承座,用以安装下舵销或舵轴。

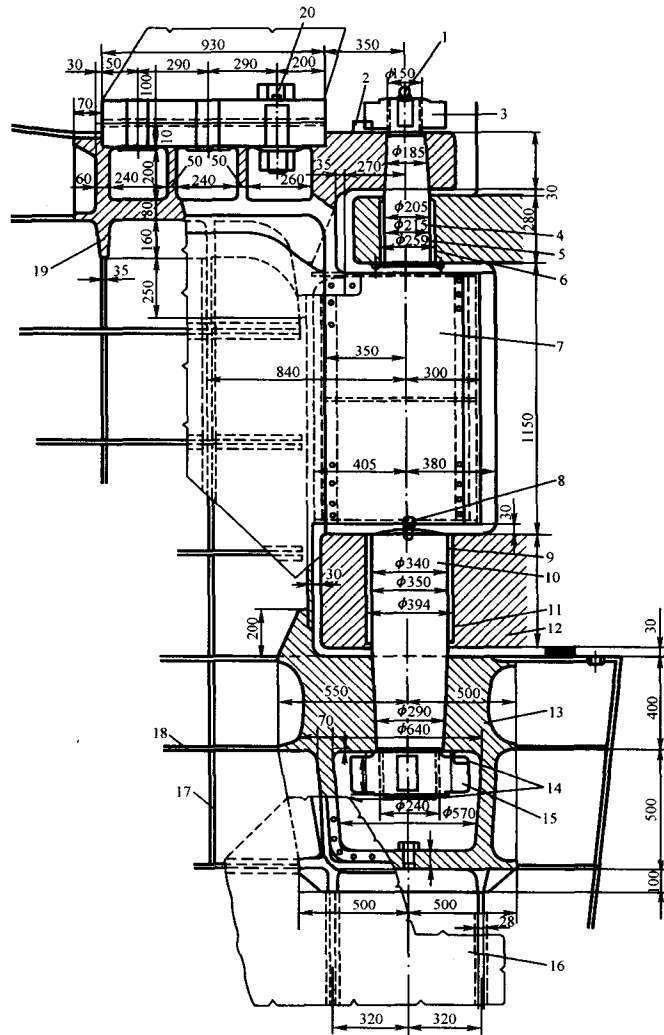


图 1-13 双舵销半悬挂舵的连接

- 1—吊环螺钉; 2, 14—制动块; 3—上舵销螺母; 4—上舵销; 5—上舵销轴套;  
6—上舵销衬套; 7—可拆板; 8—下舵销吊环螺钉; 9—下舵销轴套;  
10—下舵销; 11—下舵销衬套; 12—挂舵臂; 13—舵叶铸钢件; 14—下舵销螺母;  
15—舵叶旁板; 16—垂直隔板; 17—水平隔板; 18—连接法兰铸钢件;  
19—带法兰的舵杆; 20—法兰连接螺栓

## 9. 舵柄

舵柄通常是装在舵杆头上,用以转动舵杆的构件。其形状视转舵装置不同而异,有时可作为舵机的组成部分。

## 10. 止跳环

船舶在航行时,舵叶因受到波浪冲击和其他因素的影响,可能会发生垂向移动。为防止舵被抬升,应配有适当的防止舵上抬的止跳环。悬挂舵可在下舵承的下端面与舵叶上端面之间设置专用的止跳环,其构造如图 1-14 所示,止跳环或挡圈套制成对称形状,用螺栓连



接成整圈,空套在舵杆上。

### 11. 舵角限位器

舵角限位器是一种限位装置,用以防止舵叶转角超过所允许的极限角度。通常分别设置在舵机、操舵机械所在的甲板(或平台)和舵叶上。动力转舵的操舵装置,除装设限位开关或类似设备以限制最大的操舵角外,还应设置机械制动装置,以便限位开关失效时,能限制转舵角度。该角度应比最大操角大  $1.5^{\circ} \sim 2.0^{\circ}$ 。

液压舵机通常在液压缸内部设有机械制动装置,因此不必另行设置机械制动装置。电动舵机常在舵扇两侧设置机械制动装置。图 1-15 所示为舵角机械制动装置的一种形式。

舵角机械制动装置设置于舵柄两侧,制动装置应有坚固的结构,并同船体结构牢固地连接。

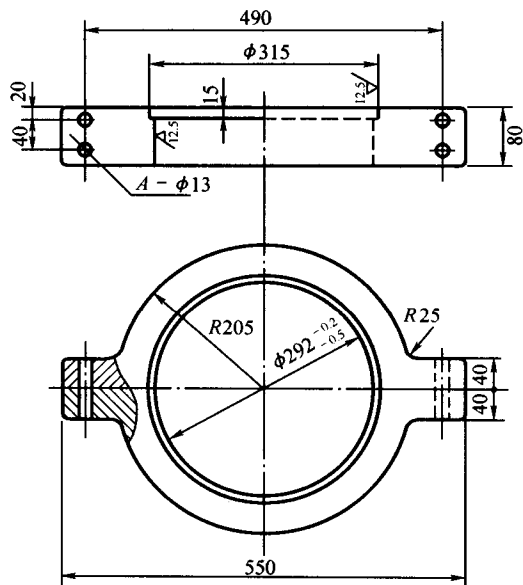


图 1-14 止跳环

### 三、舵装置的构造

各种不同支承方式的舵装置,其典型的结构情况示于图 1-16 和 1-17 中。

图 1-16 为一设置舵轴的双支点平衡舵,又称辛浦莱(Simplex)舵,曾得到广泛使用。其舵轴上端用垂直法兰固定在尾柱上,下端插入尾框底骨的承座内。下舵杆为管状结构,两端设舵轴承,舵轴插入其中。舵杆的下部形状应考虑舵轴拆装的方便。

图 1-17 所示的双支点平衡舵设置两个舵销,舵叶上部设有铸钢件同舵杆法兰连接并用于安装上舵销,下舵销安装处也设有铸钢件。

设置一个舵销的双支点平衡舵,舵销设在舵叶下部插入尾框底骨的承座中,舵叶的上部用法兰或锥体与舵杆连接。舵杆的下舵承设于船体最下部或舵轴筒内,并尽可能靠近舵叶,以减少下舵承处舵杆所受到的弯矩。

悬挂舵的舵杆和舵叶通常采用锥体连接,舵叶在同舵杆连接部位设置铸钢件,舵杆锥体插入其中用螺母固定。下舵杆由垂直隔板与舵叶壳板组成的箱形构件所代替。在悬挂舵中,舵叶及舵杆的重力均由上舵承受。如有可能上、下舵承之间的距离应尽可能地加大,以减小舵承的径向载荷。

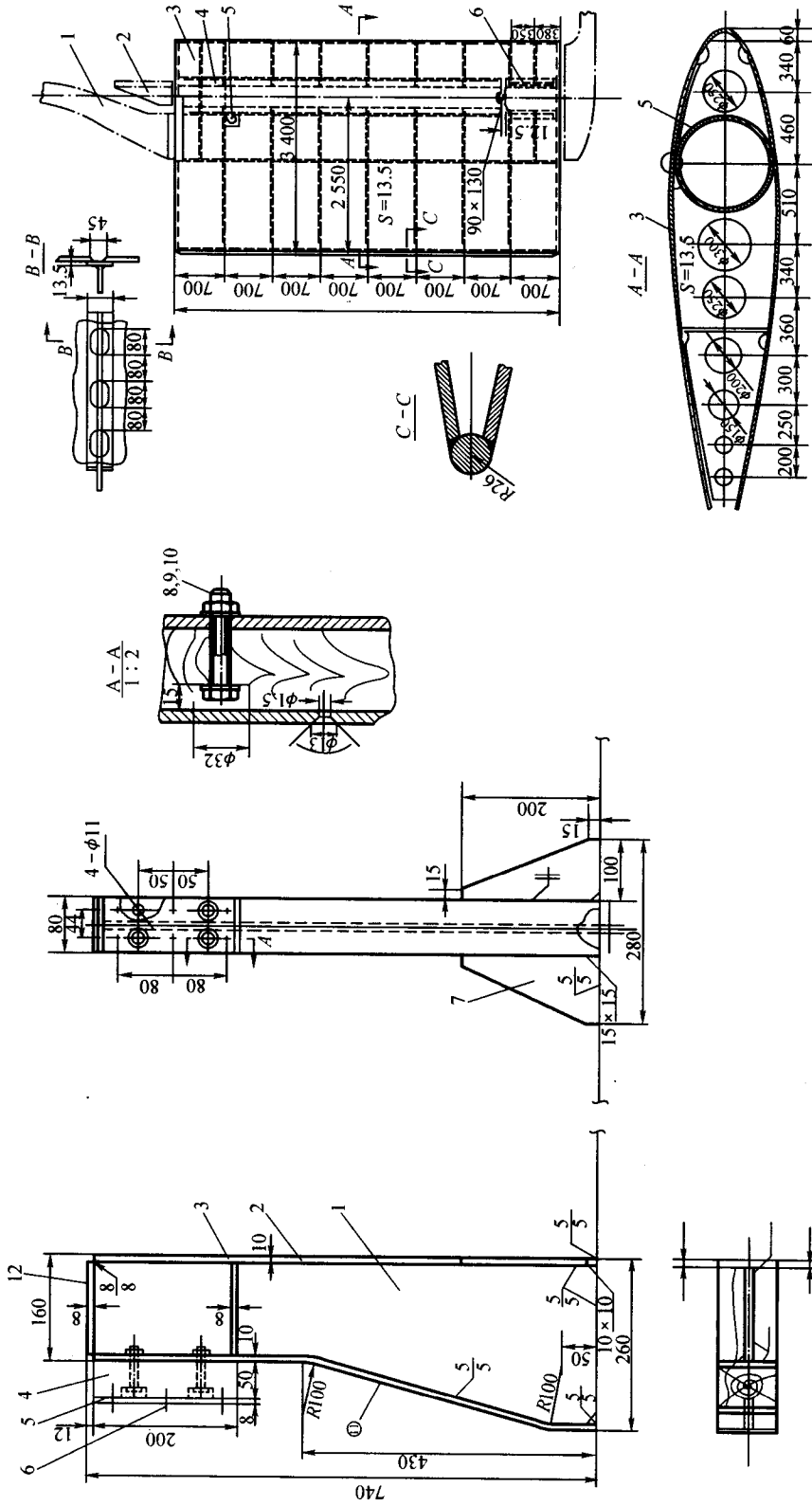


图 1-16 辛浦莱型平衡舵  
1—舵杆;2—舵轴;3—舵叶;4—舵轴的上轴承;  
5—焊接管;6—舵轴的下轴承

图 1-15 舵角机械制动器  
1—支架板;2—肘板;3,7—肘板;4—碰垫(硬橡皮或木板);5—垫板;6—螺栓;8—螺钉;9—螺母;10—垫圈;11—面扳;12—顶板

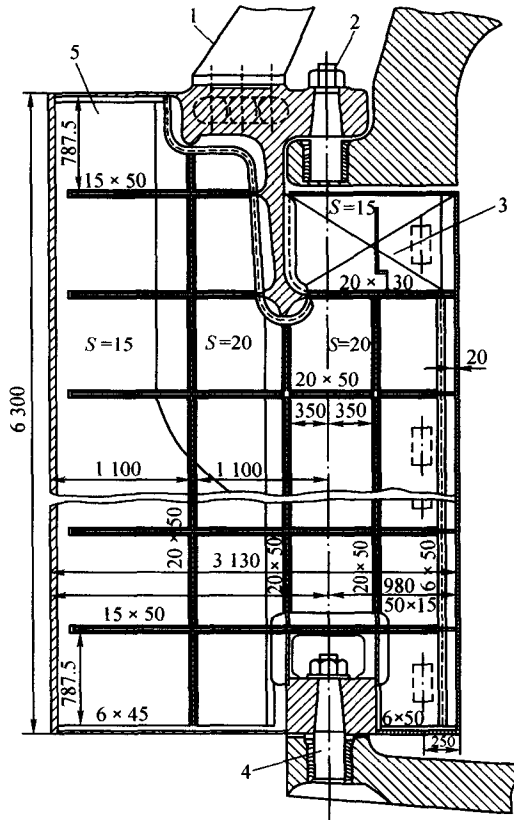


图 1-17 设置两个舵销的双支点平衡舵

1—舵杆;2—上舵销;3—可拆体;

4—下舵销;5—舵叶

### 第三节 舵叶的水动力特性及计算

计算舵叶水动力特性的目的,在于求得作用在舵叶上的水动力和力矩,以校核舵装置的强度或确定舵装置各部件的尺度和舵机功率。

#### 一、舵的基本参数

##### 1. 舵面积 $A$

舵叶的侧投影面积。

##### 2. 舵的平衡面积 $A_f$

位于舵杆轴线之前的舵叶面积。

##### 3. 舵的平衡系数 $\beta$

$$\beta = A_f / A$$

##### 4. 舵高(翼展) $h$

对于矩形舵和梯形舵为舵叶上边缘与下边缘之间的距离,对于其他形状舵应取上、下边





缘之间的平均距离,即平均高度  $h_m$ 。

### 5. 舵宽(弦长) $b$

在垂直于舵杆轴线的舵叶剖面上,导缘(前缘)与随缘(后缘)之间的距离。对于非矩形舵,应取平均宽度  $b_m$ 。

### 6. 舵的展弦比 $\lambda$

舵的高度(翼展)  $h$  与宽度(弦长)  $b$  之比值,即  $\lambda = h/b$ 。对于非矩形舵: $\lambda = h_m/b_m = h_m^2/A$ 。

### 7. 后掠角 $\Delta$

舵叶上、下边缘距舵导缘  $1/4$  弦长的点的连线与舵杆轴线之间的夹角。

## 二、敞水舵的水动力特性

为了排除船体及螺旋桨对水动力性能的影响,将舵模型单独地(不装在船模上螺旋桨的后面)放置在水槽或风洞中进行试验,称为敞水舵试验。

如前所述,当水流以速度  $v_0$ 、攻角  $\alpha$  流经舵叶时,舵上产生水压力  $P$ ,作用于压力中心  $O$ ,舵压力及压力中心都随攻角  $\alpha$  而改变。

水动力的合力  $P$  可分为升力  $P_y$  和阻力  $P_x$ ,或是法向力  $P_n$  和切向力  $P_t$ ,如图 1-2 所示,且按下述关系式确定,即

$$\left. \begin{aligned} P &= \sqrt{P_y^2 + P_x^2} = \sqrt{P_n^2 + P_t^2} \\ P_n &= P_y \cos \alpha + P_x \sin \alpha \\ P_t &= P_x \cos \alpha - P_y \sin \alpha \\ P_y &= P_n \cos \alpha - P_t \sin \alpha \\ P_x &= P_n \sin \alpha + P_t \cos \alpha \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

水动力对舵叶前缘的力矩为

$$M = P_n \cdot x_p \quad (1-2)$$

合力  $P$  对舵杆轴线(其距舵叶前缘的距离为  $a$ )的水动力矩为

$$M_r = P_n(x_p - a) \quad (1-3)$$

式中  $x_p$  为舵压力中心至舵叶前缘的距离。

通常把阻挠舵向舷侧方向转动的力矩作为正值;反之,把帮助舵向舷侧方向转动的力矩作为负值。

舵的水动力分量  $P_n, P_t, P_y, P_x$  及力矩  $M$  还可用无因次形式表示,即