



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

船舶工程专业

船舶舾装工程

CHUANBO XIZHUANG
GONGCHENG

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	刘 义	刘 勇	罗东明	季永清
	施祝斌	康 捷		
委 员	丛培亭	刘 义	刘 勇	孙元政
	陈良政	肖锦清	罗东明	季永清
	俞舟平	胡适军	施祝斌	徐立华
	康 捷	蔡厚平		

前言

船舶舾装工程

CHUANBO XIZHUANG GONGCHENG

《船舶舾装工程》是一门多学科的综合专业课程,其内容庞杂、涉及范围广。在本书中,介绍了七种主要的甲板舾装和两种舱面属具以及三种船舶内舾装。随着造船技术的发展,各种船舶舾装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。

本书中的各种船舶舾装配置要求及有关计算标准,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。本书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”的教育教学指导思想。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副教授(第一章至第九章)、刘旭(第十章至第十三章);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。

限于编者经历及水平,教材内容可能存在错误和不足之处,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4月

目 录

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

船舶工程

概述

1

第一章 舵设备

3

- 第一节 概述 3
- 第二节 舵的类型及其几何特性 5
- 第三节 舵叶水动力的一般概念 7
- 第四节 舵参数的选择和水动力特性计算 13
- 第五节 舵设备的一般布置 22
- 第六节 舵设备零部件尺寸的确定 25
- 第七节 操舵装置 41
- 第八节 特种舵及其他操纵装置 46

第二章 锚设备

59

- 第一节 锚设备的组成与布置 59
- 第二节 抛锚时作用于船舶的环境力 62
- 第三节 锚索悬链状态特性分析 65
- 第四节 按船级社规范配置锚设备 67
- 第五节 船用锚 72
- 第六节 锚索 80
- 第七节 掣链器和掣锚器 85
- 第八节 锚链舱 87
- 第九节 锚索导向装置 89
- 第十节 锚的收存 91
- 第十一节 锚链根部的固定和弃锚装置 96
- 第十二节 锚机 97

第三章 系泊设备

102

- 第一节 系泊索配置 102
- 第二节 系泊属具 105
- 第三节 系泊设备布置 109

第四章 拖曳设备

114

- 第一节 拖曳设备的配置 114
- 第二节 拖索具 117
- 第三节 固定拖曳设备 121

第五章 救生设备

128

- 第一节 救生载具 128
- 第二节 个人救生设备 136
- 第三节 艇降落装置 139

目 录

21
世纪
高职
船舶
系列
教材

船舶
工程

第六章 起货设备	145
第一节 吊杆起重设备的形式	145
第二节 吊杆装置几何参数的确定	149
第三节 吊杆装置的受力计算	151
第四节 船用起重机	155
第七章 舱口盖和滚装设备	159
第一节 舱口盖的结构形式	159
第二节 舱口盖	163
第三节 盖板结构强度	168
第四节 滚装设备	183
第八章 人孔盖和小舱口盖	192
第一节 人孔盖	192
第二节 小舱口盖	195
第九章 船用梯	198
第一节 船外梯	198
第二节 船内梯	201
第十章 船舶舱室内部环境设计	204
第一节 舱室空间设计	204
第二节 环境布置设计	206
第三节 舱室色彩环境设计	208
第四节 光照环境的设计	210
第五节 舱室陈设	216
第六节 典型舱室布置实例	218
第十一章 船舶舱室门、窗设计	222
第一节 舱室门	222
第二节 窗与窗斗	225
第十二章 舱室设备	226
第一节 船用家具	226
第二节 船用厨房和餐饮设备	232
第十三章 船舶舱室绝缘	235
第一节 船舶结构防火的基本要求	235
第二节 舱室内装材料及安装工艺	235
参考文献	251



概 述

船体建造工作的完成仅给船舶提供了一个可以漂浮的壳体,要使船舶完成预期的使命,还必须将各种船用设备、仪器、装置和设施安装到船上,这一工艺阶段称为船舶舾装。在“壳舾涂一体化”思想以及成组技术理论指导下,随着造船工艺的不断改进,船舶舾装工程的地位也日益提高,舾装工作的进展顺利与否将会直接影响到造船周期的长短。下面对船舶舾装工程做以简要介绍。

一、舾装作业的内容

船上安装的各种机械、仪器、装置和设施等常统称为船舶舾装。船舶舾装名目繁多,但按功能可分为以下十大类。

1. 机舱设备 船上产生动力用的各种设备和附属设施(即动力装置),包括主机、轴系装置,各种辅机、锅炉、箱柜等等。

2. 航海设备 船舶航海用的各种设备,包括各种航海仪器,通讯设备以及声、光、旗等信号装置。

3. 舵设备 船舶操纵用的设备,包括舵叶、舵轴、舵柄、舵机和转舵机构等等。

4. 锚设备 船舶在锚地停泊时用的设备,包括锚机、锚链、掣链器、导链轮、弃链器、锚链管和锚等。

5. 系泊与拖曳设备 船舶在泊位停泊和在航行中拖带用的设备,包括导缆孔、导缆器、带缆桩、卷车、绞车等系泊设备,和拖钩、弓架、承梁、拖缆孔、拖柱、拖缆绞车等拖曳设备。

6. 起货设备 船舶装卸货物用的设备,包括起货机、桅杆、吊杆、钢索、滑车、吊钩等。

7. 通道与关闭设备 船上通行和通孔启闭用的设备,包括梯、栏杆、门窗、人孔盖、舱口盖和货舱盖等。

8. 舱室设备 船员生活用的各种设备,包括家具、卫生用具、厨房设备、冷库设备和空调装置等。

9. 救生设备 船舶在海难中救生用的设备,包括救生艇、吊艇架、起艇机、救生筏、救生圈和救生衣等。

10. 消防设备 船上发生火警时报警和灭火用的设备,包括报警装置、自动喷水灭火系统、消防水龙、灭火器和消防杂件等。

此外还有船舶特种设备,如横向侧推装置、防摇鳍、滚装跳板等。

船舶舾装工作除了需按要求安装上述各种设备外,还需要用各种材料对船体表面直接进行工程处理,称作船体表面工程。根据工程处理目的的不同,船体表面工程可分为防腐蚀处理、防火绝缘处理和舱室装饰处理三大类。

二、舾装作业的分工

现代造船将舾装按专业类别不同分为船装、机装(机舱舾装)和电装(电气舾装)三大类。其中船装指除机舱设备和电气以外所有的安装和处理工作。为了便于船装作业的组织 and 管



理,通常将其进一步划分为内舾装、外舾装两大类。

内舾装作业包括绝缘、敷料等的敷设,舱室非钢质围壁、天花板、门、窗、家具、卫生设备等的安装,以及厨房、冷库、空调设备的安装等。其作业范围主要是在上层建筑舱室内部,因而称为内舾装,也叫住舱舾装,简称内装。

外舾装作业包括舵设备、锚设备、系泊设备、拖曳设备、救生设备、起货设备、舱口盖和滚装设备、消防杂件、自然通风部件以及各种管路的安装。此外,根据不同用途船舶的需要,还可以包括集装箱绑扎装置、运木装置、活动甲板、延伸跳板、防滑天桥和各种特殊装置的安装。因为这些设备分布在上层建筑以外各层甲板上,所以称为外舾装,也叫甲板舾装,简称外装。

舾装作业不仅包括外场(分段或船上)的安装、调整与试验,还应包括内场(车间)的加工与组装。如家具制作、管件弯制、铁舾装件制作、单元组装、电器成套等都由相应的职能车间或工段在内场完成。

三、舾装作业的工艺阶段

现代造船已普遍采用分段建造法建造船体,采用区域舾装法进行船舶舾装。典型的舾装工艺阶段为舾装件采办—单元组装—分段舾装—船上舾装—动车和试验。

1. 舾装件采办

舾装件采办包括订购、外协和自制三种途径。如柴油机、雷达等机电设备可以向专业厂订货;螺旋桨、锚等舾装件可以委托外厂代为加工;管子、风管等则可由本厂自行制作。

2. 单元组装

单元是指一个与船体结构脱离的基本舾装区域。在同一舾装区域内的元件预先组装成一个整体,这一工艺过程称为单元组装,或称单元预舾装。因为单元与船体结构无关,所以单元组装可以在车间内进行,作业条件较好。通常采用的单元有设备单元、管件单元、箱柜单元、阀件单元和配电板单元等。

3. 分段舾装

在分段(总段)建造的适当阶段将分段(总段)所属的舾装件或单元安装到分段(总段)上,这一工艺过程称为分段舾装,或称分段预舾装。分段舾装的典型实例如:在双层底分段装入各种管子,在甲板分段的顶面安装管子、风管、电缆固定架等,在上层建筑总段内进行内舾装等。

4. 船上舾装

船体在船台(船坞)总装期间的船台预舾装以及下水后在码头安装期间的码头舾装这两个阶段的舾装工作统称为船上舾装。一般的船上舾装件仅限于:

- (1)过大或过重而不能在分段上安装的舾装件或单元;
- (2)容易碰坏和易受天气影响、在舱室遮蔽之前安装可能损坏的舾装件;
- (3)分段与分段之间的舾装件,单元之间的舾装连接件。



第一章 舵 设 备

第一节 概 述

舵是船舶的主要操纵设备。

作为船舶重要性能之一的操纵性包含着两个相互有关的性能,即航向稳定性和回转性。而良好的操纵性则必须依靠操纵设备来保证。

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。

船用舵是平板或机翼型结构,设置于船的尾端。当它转动时,舵上产生的水动力的合力在垂直于船体中心线的方向上的分力相对船体重心取矩形成了转船力矩。

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。主动舵是一种带有小螺旋桨的舵。

除了舵以外,船舶常用的操纵机构还有: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,会产生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 α 时,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。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,即为舵上总水压力(动压力),简称为舵压力 Z 。 Z 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 Z 力沿流体动力垂直于流体运动的方向分解,得到舵叶的阻力 X 和舵叶的升力 Y ,见图 1-2。 Y 可用于计算由舵上水压力产生的转船力矩;若将 Z 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 T 及舵叶的法向力 N 。 N 可用于计算水压力产生的舵杆扭矩。根据力的平移定理,力 Y 可用一转船力矩 $YL/2$ (L 为船长)和作用于船舶重心 G 的横向力 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。

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。

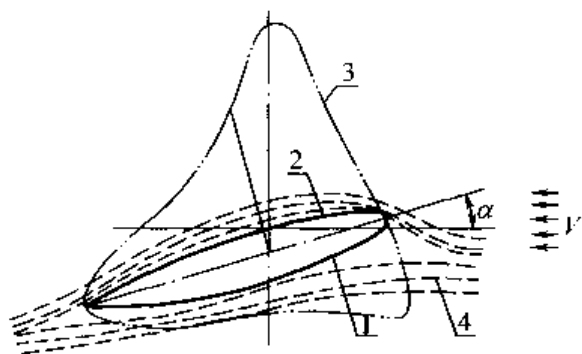


图 1-1 舵叶上水的流态

α —攻角;1—叶面;2—叶背;3—水压力分布曲线;
4—流线

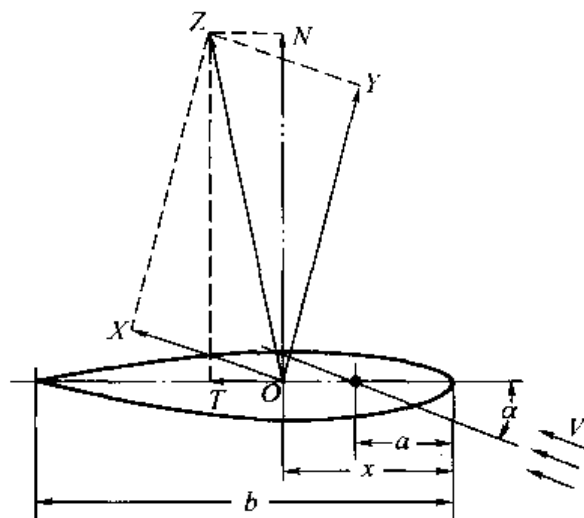


图 1-2 作用在舵叶上的水动力



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

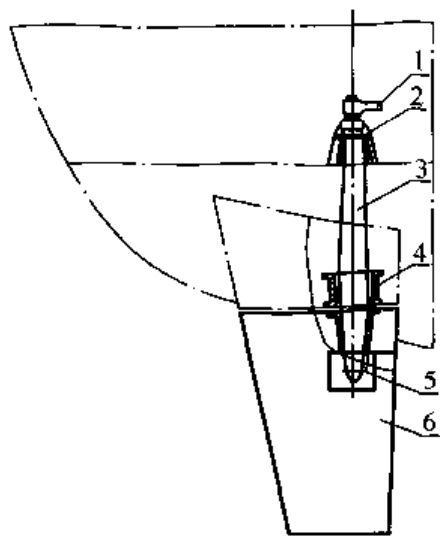


图 1-4 舵叶的支撑和布置

1—舵柄;2—上舵承;3—舵杆;4—下舵承;
5—可拆小门;6—舵叶

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要的操舵装置转换为备用的或应急的操舵装置。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 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、舵杆及其支撑部件的总称。

舵叶在船舶尾部的布置和支撑情况可参见图 1-4。

第二节 舵的类型及其几何特性

一、舵的类型

图 1-5 所示为船后舵的主要型式,其分类如下。

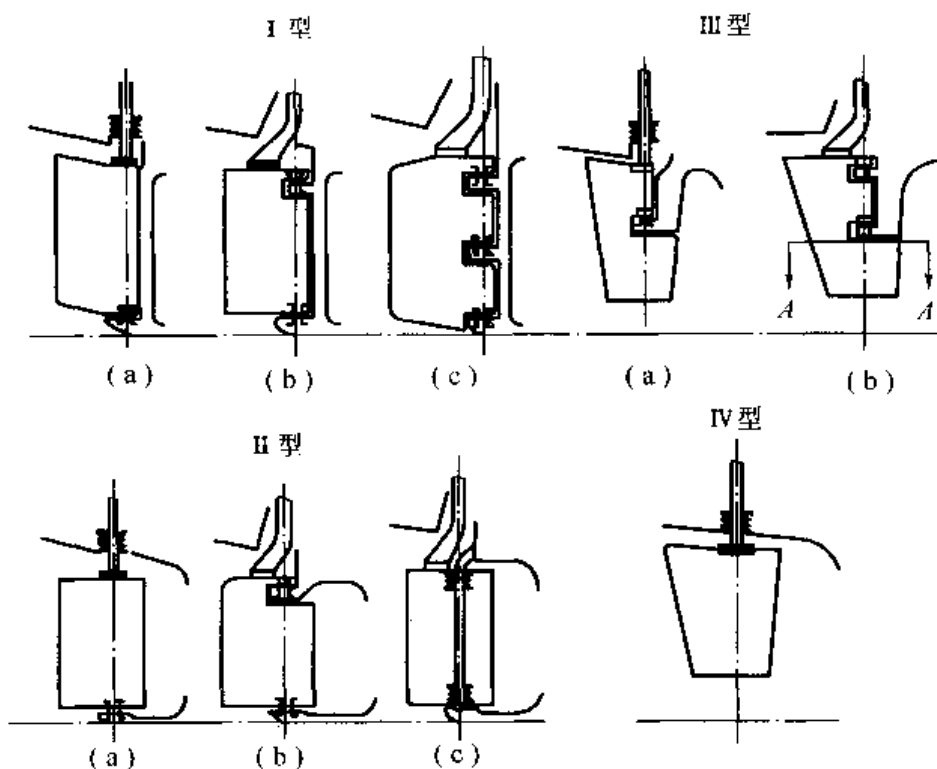


图 1-5 船用舵的基本型式

1. 按舵的固定方式分

按舵的固定方式可分为:舵踵支撑的舵(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)。

2. 按舵杆轴线在舵叶宽度上的位置分

按照舵杆轴线在舵叶宽度上的位置可分为:不平衡舵——舵杆轴线在接近舵叶前缘(导缘)处穿过,如图 1-5 所示的 I 型;平衡舵——舵叶面积分布于舵杆轴线的前后,如图 1-5 所示的 II 型、III 型和 IV 型。

3. 按舵叶剖面的形状分

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、舵的基本参数

常用的船用舵的基本参数如图 1-6 所示。

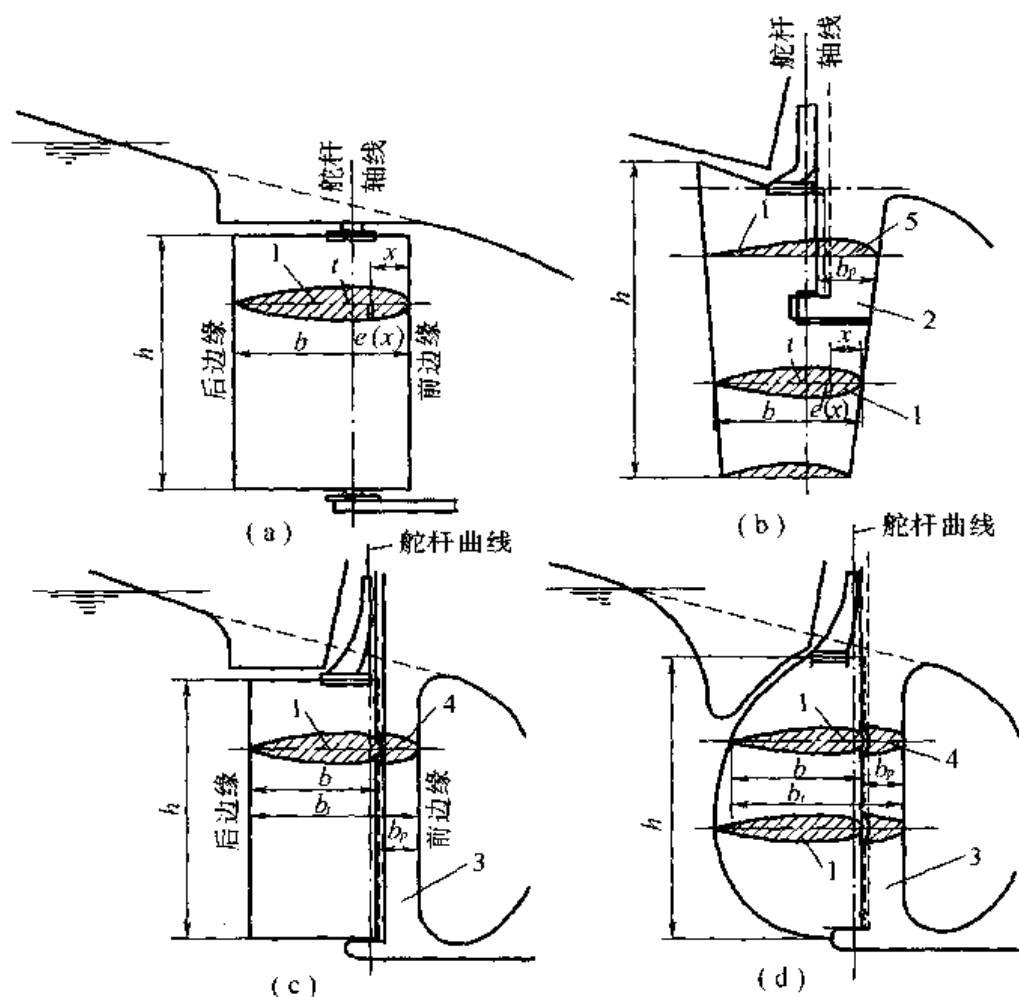


图 1-6 舵叶的基本参数图

(a) 舵踵支撑的平衡舵; (b) 半悬挂舵; (c)、(d) 设置在舵柱后面的舵;

1—舵剖面; 2—挂舵臂; 3—舵柱; 4—舵柱剖面; 5—挂舵臂剖面

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 β —— $\beta = A_f/A$ 。
4. 舵柱面积 A_p ——舵的高度范围内, 舵柱对称面的面积。
5. 挂舵臂面积 A_h ——在舵的高度范围内, 挂舵臂对称面的面积。
6. 舵及舵柱(或挂舵臂)组合面积 A_t —— $A_t = A + A_p$ 或 $A_t = A + A_h$ 。
7. 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 。
8. 舵宽(弦长) b ——在垂直于舵杆轴线的舵叶剖面上, 导缘(前边缘)与随缘(后边缘)之间的距离。对于非矩形舵, 应取平均宽度 b_m 。
9. 舵柱宽度 b_p ——在垂直于舵杆轴线的舵柱剖面上, 舵柱前后边缘之间的距离。



10. 舵 + 舵柱组合体剖面的宽度(弦长) b_t ——在垂直于舵杆轴线的舵叶和舵柱剖面中,从舵柱前边缘到舵叶后边缘之间的距离。

11. 舵的展弦比 λ ——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: $\lambda = h_m/b_m = h_m^2/A$ 。

12. 舵 + 舵柱(挂舵臂)组合体的展弦比 λ_t ——组合体翼展与弦长之比值,即: $\lambda = h/b_t = h^2/A_t$ 。对非矩形舵: $\lambda_t = h_m/b_{tm}$ (b_{tm} 为组合体平均宽度)。

13. 后掠角 Λ ——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(见本章第四节图1-13)

三、舵剖面的几何参数

舵剖面是由垂直于舵杆轴线的平面截得的舵叶剖面,通常沿高度方向厚度不变的矩形舵的各个剖面的形状完全相同。非矩形舵虽然各个剖面的弦长不同,但一般均采用相同的厚度比,因而其各个剖面的形状相似。

流线型舵的剖面形状通常为对称剖面,导流管为不对称剖面,如图1-7所示为3种剖面的形状。

舵剖面的几何参数定义如下:

b ——弦长,连接剖面的前端点和后端点的直线(弦线)的长度;

y_1, y_2 ——从弦线 X 轴垂直量取的剖面轮廓线的纵坐标值;由于对称剖面的中心线为直线,并且与弦线重合,因此 $y_1 = y_2$;不对称剖面的中线坐标值为 $y_0 = (y_1 + y_2)/2$;

e ——剖面在任意 X 值处的厚度; $e = |y_1| + |y_2|$;

t ——剖面的最大厚度;

\bar{t} ——剖面厚度比; $\bar{t} = t/b$ 。

历年来,各国发表了许多船用舵系列的水动力试验结果,它们给出了各种剖面型式、展弦比、厚度比、侧投影形状、尖端形状、后掠角等舵的水动力资料。

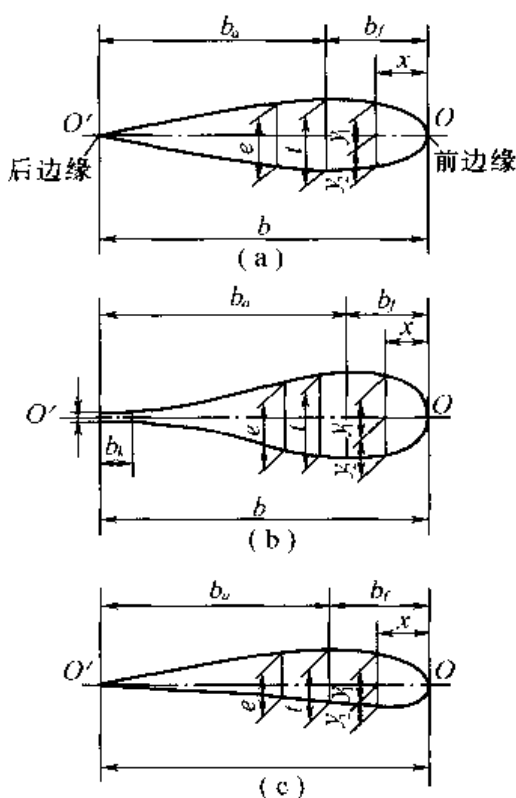


图1-7 剖面几何参数图

(a)对称剖面;(b)S剖面(凹翼型);(c)不对称剖面

第三节 舵叶水动力的一般概念

一、基本定义

图1-8中水动力参数定义如下:

攻角 α ——水流方向同舵叶的对称平面(ox_1)之间的夹角。

几何攻角 α_g ——在舵叶前面无限远处的水流速度 v_∞ 的方向同舵叶的对称平面之间的夹角。



剖面有效攻角或局部攻角 α_r ——局部的水流速度方向同剖面的弦之间的夹角,即计及斜流角时的攻角。

舵的压力中心 O ——舵叶水动力合力与包含该合力的剖面的弦线的交点,通常压力中心的位置由该剖面前端量起的横坐标值 x_p 确定,压力中心系数 $C_p = x_p/b$ 。

水动力的合力 Z 可分为:升力 Y 和阻力 X ,或是法向力 N 和切向力 T 。如图 1-8 所示,且按下述关系式确定:

$$\left. \begin{aligned} Z &= \sqrt{Y^2 + X^2} = \sqrt{N^2 + T^2} \\ N &= Y \cos \alpha + X \sin \alpha \\ T &= X \cos \alpha - Y \sin \alpha \\ Y &= N \cos \alpha - T \sin \alpha \\ X &= N \sin \alpha + T \cos \alpha \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

合力 Z 相对于 ox_1 轴上距原点的距离为 a 的点的水动力矩为:

$$M = N(x_p - a) \quad (1-2)$$

舵杆的水动力矩按下式计算:

$$M_s = N(x_p - x_s) \quad (1-3)$$

式中 x_s ——在舵叶上包含合力 Z 剖面上,自坐标原点到舵杆轴线之间的距离。

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 N, T, Y, X 及力矩 M 还可用无因次形式表示:

$$\left. \begin{aligned} \text{法向力系数} \quad C_n &= \frac{N}{\frac{\rho v^2}{2} A} \\ \text{切向力系数} \quad C_t &= \frac{T}{\frac{\rho v^2}{2} A} \\ \text{升力系数} \quad C_y &= \frac{Y}{\frac{\rho v^2}{2} A} \\ \text{阻力系数} \quad C_x &= \frac{X}{\frac{\rho v^2}{2} A} \\ \text{力矩系数} \quad C_m &= \frac{M}{\frac{\rho v^3}{2} A b} \end{aligned} \right\} \quad (1-4)$$

式中 ρ ——水的密度,淡水为 1000 kg/m^3 ,海水为 1025 kg/m^3 ;

v ——水流速度(m/s)。

上述无因次水动力系数之间的关系如下:

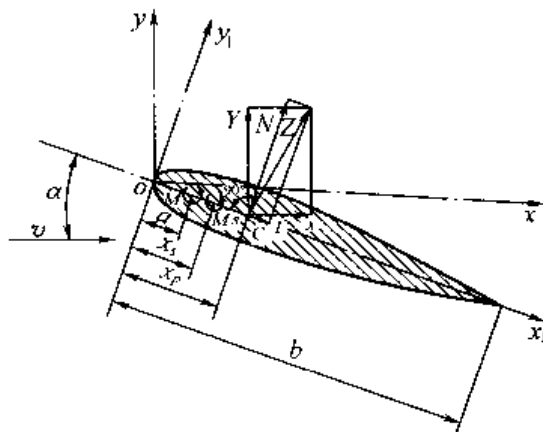


图 1-8 舵叶水动力及坐标系



$$\left. \begin{aligned} \sqrt{C_n^2 + C_t^2} &= \sqrt{C_y^2 + C_x^2} \\ C_n &= C_y \cos \alpha + C_x \sin \alpha \\ C_t &= C_x \cos \alpha - C_y \sin \alpha \\ C_y &= C_n \cos \alpha - C_t \sin \alpha \\ C_x &= C_t \cos \alpha - C_n \sin \alpha \\ C_m &= C_n C_p \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$

二、单独舵的水动力特性

船后舵在实际使用中受到船体和螺旋桨的影响。但是,舵的水动力试验通常是在没有船体和螺旋桨的条件下进行的,即所谓的单独舵水动力试验,船体和螺旋桨尾流的影响另行分别考虑。通常水动力试验的结果以无因次形式表达,以便于实际使用。

图 1-9 所示为不同展弦比的 NACA 00 剖面的舵的水动力无因次系数与攻角的关系曲线图。由图可见,攻角 α 小于 $10^\circ \sim 16^\circ$ 时, C_y 的变化与 α 之间呈线性关系。当 α 值大于上述数值时,舵叶表面的水流开始与舵分离, C_y 值的增加趋缓,直到 α 值增加到某一值时(不同的展弦比有不同的值), C_y 值达到最大值 $C_{y\max}$ 。此时的攻角称为临界攻角(或失举角) α_c 。随后,尽管 α 值再继续增大, C_y 值则急剧下降。

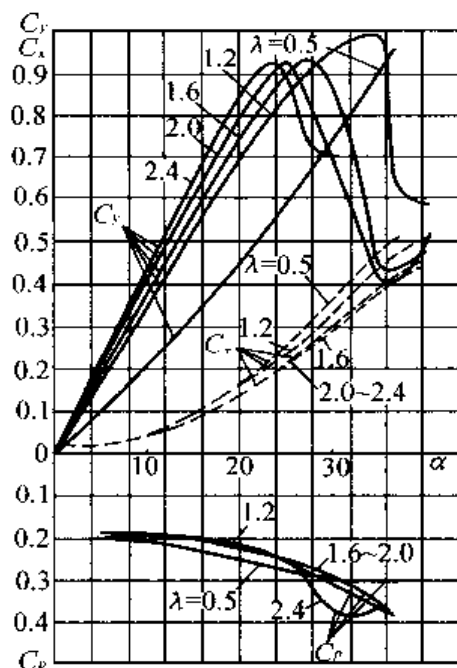


图 1-9 NACA00 剖面的水动力特性曲线

从图 1-9 中还可看出一个现象,即随着 λ 的减小, C_y 曲线的斜率也在减小,而临界攻角 α_c 则增大,以至当 $\lambda \leq 0.5$ 时,曲线 $C_y = f(\alpha)$ 在小攻角时, $C_y = f(\alpha)$ 将不能保持线性关系,直线段已不复存在。

通常舵的展弦比在 $0.5 \sim 2.5$ 之间,在这个范围内舵的外形对 C_y 值的影响不大。因此,计算 C_y 值时,舵的形状可不予考虑。但是,这一点对半悬挂舵不适用。因为这种舵在挂舵臂或呆木的底边处剖面宽度急剧地改变,而且挂舵臂和呆木对舵水动力的影响使其有效展弦比大于实际展弦比。因此,对于半悬挂舵不应该采用相同展弦比的矩形舵试验所得到的 $C_y = f(\alpha)$ 数值。

在 $\alpha < \alpha_c$ 的区域内,除了 $\alpha = 0$ 的附近区域外, C_x 值都远小于 C_y 值。由式(1-1)这组计算式可知,同 $Y \cos \alpha$ 相比, $X \sin \alpha$ 值显得很小,而且法向力 N 与升力 Y 在数值上相差无几。因此,在缺乏 C_x 值的实验资料的情况下, $0.8 < \lambda < 2.5$ 的舵 C_n 可按以下近似确定:

$$C_n \approx C_y \left(1 + \frac{\alpha^2}{2} \right) \quad (1-6)$$

式中 α 的单位为弧度。

单独舵的模型试验资料通常给出的力矩系数 C_m 是相对于舵的前端的数值 C_{m0} 或相对于离开舵的前端 $1/4$ 弦长处的轴线的数值 $C_{m0.25}$ 。如果已知 C_n 和 C_{m0} ,则距前边缘为 a 的轴线处的力矩系数 C_{mx} 可按式计算:



$$C_{mi} = C_{m0} - C_n \frac{a}{b} \quad (1-7)$$

式中 b 为弦长。

同样:

$$C_{m0.25} = C_{m0} - 0.25 C_n \quad (1-8)$$

采用对称剖面的单独舵, 当 $\alpha = 0$ 时, $C_m = C_{m0} = C_{m0.25} = 0$ 。

压力中心系数为:

$$C_p = \frac{C_{m0}}{C_n} = \frac{C_{m0}}{C_y \cos \alpha + C_x \sin \alpha} \approx \frac{C_{m0}}{C_y \left(1 + \frac{\alpha^2}{2}\right)} \quad (1-9)$$

三、自由水面、船体和螺旋桨的影响

1. 自由水面的影响

自由水面对舵的影响很复杂, 当弗劳德数 $Fr < 0.4$ 时, 自由水面如同坚壁, 穿过水面的舵的有效展弦比相当于其水下部分几何展弦比的两倍。随着 Fr 值的增加, 自由水面的影响减小直到消失。

对较高速度的船来说, 当 $Fr \geq 0.5 \sim 0.7$ 时, 由于自由水面的影响, 舵的升力明显减小。这是因为大气中的空气侵入舵表面的稀释区, 空气的侵入导致升力急剧下降。避免这种情况的最有效的方法是尽可能使舵的上边缘没入水中, 而且把舵布置在尾部船体的下面。

现代海船在大多数情况下, 其尾部型线以及舵与螺旋桨组合体的布置可以使得自由水面对舵的影响减小到足以略去不计的程度。但在空载(压载)航行时, 舵往往非常接近自由水面, 甚至在空载(压载)航行时, 舵设备所承受的负荷比重载航行时小。因此, 设计舵设备时, 自由水面的影响可以不予考虑。

在大多数运输船舶上, 船本身不会产生空泡, 但在高速船舶、滑翔艇、水翼艇上则可能产生空泡。

2. 船体的影响

船后舵的船体影响主要表现在 3 个方面。

(1) 有效展弦比 λ_e 的变化

如果舵的上边缘与船底之间的间隙等于零, 理论上其有效展弦比 $\lambda_e = 2\lambda$ 。 λ_e 随着船与船体之间的间隙的增大而减小, 这一影响对于设置舵原区域是平底的船舶应予考虑。但一般船舶设置舵的区域不是平底, 因此这种影响随着转舵角 α 的增加而迅速降低, 所以在舵的水动力计算中, 船体对 λ_e 的影响通常不予考虑。

(2) 有效攻角 α_e 的变化

船舶在作曲线运动时, 舵受到船体整流效应的影响。当船舶以漂角 δ 和角速度 ω 作回转转动时, 若不考虑船体对水流的影响, 则在舵轴处的几何漂角 β_R 为:

$$\beta_R = \beta + \arctan \frac{x_R \omega \cos \beta}{V + x_R \omega \sin \beta} \quad (1-10)$$

这时舵的几何攻角 α_g 为:

$$\alpha_g = \delta \pm \beta_R \quad (1-11)$$

在式(1-11)中, 若船舶回转运动及舵绕舵杆轴线运动的方向相同, 取正号。方向相反,



取负号。

实际上由于船体对尾部附近水流的影响,使水流有沿船长方向流动的趋势,所以在舵杆轴线处的实际漂角 $\overline{\beta_R}$ 比 β_R 要小一些。

$$\overline{\beta_R} = \epsilon \beta_R \quad (1-12)$$

式中 ϵ ——船体对水流的整流系数,大于1。

因此,舵的有效攻角 α_e 为:

$$\alpha_e = \delta \pm \epsilon \beta_R \quad (1-13)$$

在正常回转时,舵的有效攻角总是小于转舵角。但在作Z形试验时,当反向操舵使船舶摆脱回转状态时, α_e 会大于 δ 。但是,即使 $\alpha_e > \delta_{\max}$ (最大转舵角),其舵杆扭矩并不比 $\alpha_e = \delta_{\max}$ 时计算所得的舵杆扭矩大。因为当 $\alpha_e > \delta_{\max}$ 时,力矩系数 C_m 的值变化不大。

(3)有效进速的变化

船体的伴流降低了舵的迎流速度 v_R

$$v_R = v(1 - \phi_R) \quad (1-14)$$

式中 v ——船速;

ϕ_R ——舵处的伴流系数。

ϕ_R 值按下面的三种情况进行计算(见图1-10)。

①矩形或梯形舵,它的上边缘靠近船体,间隙小于舵的最大厚度,见图1-10(a):

$$\phi_R = (0.68 C_B - 0.25 + \Delta\phi + 0.18 \frac{h_1}{H}) v$$

式中 C_B ——船舶方形系数;

$\Delta\phi = 0$ 用于方尾船舶;

$\Delta\phi = 0.18$ 用于巡洋舰尾;

$v = 1.0$ 当舵布置在船体中心线上时;

$v = C_B + 0.15$ 当舵布置在船体中心线的两侧时。

②船体与矩形或梯形舵的上边缘之间的间隙大于舵的最大厚度,见图1-10(b):

$$\phi_R = (0.68 C_B - 0.43 + \Delta\phi + 0.18 \frac{2h_1 + h_2}{H}) v$$

式中 $C_B, \Delta\phi$ 及 v 的定义同①。

③在高度上任意布置的半悬挂式舵,见图1-10(c):

$$\phi_R = 1 - \sqrt{\frac{F_1(1 - \phi_1)^2 + F_2(1 - \phi_2)^2}{F}}$$

式中

$$\phi_1 = (0.68 C_B - 0.43 + \Delta\phi + 0.18 \frac{2h_1 + l_1}{H}) v$$

$$\phi_2 = (0.68 C_B - 0.43 + \Delta\phi + 0.18 \frac{2h_1 + l_2}{H}) v$$

$$F = F_1 + F_2$$

其余符号见图1-10(b)。

在水动力计算中,由于受船体影响,舵上的法向力 N 和舵杆力矩 M 近似地按下式计算:

$$N = C_a k_n \frac{\rho v^2}{2} A \quad (1-15)$$

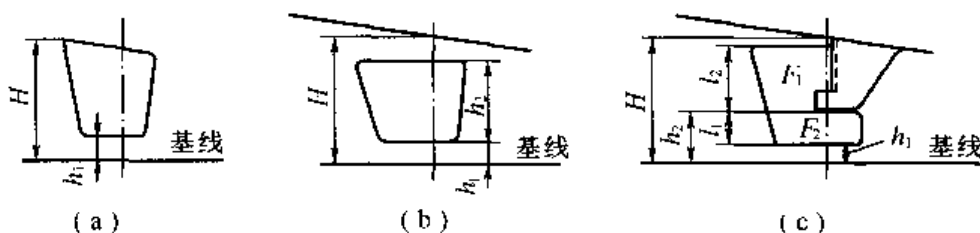


图 1-10 计算 ψ_k 值

$$M = C_m k_n \frac{\rho v^2}{2} A \quad (1-16)$$

式中 k_n ——船体影响系数,按下式计算:

$$k_n = (1 - \psi_R)^2 \quad (1-17)$$

在式(1-15)、(1-16)中, C_n 和 C_m 均为单独舵的系数。

3. 螺旋桨的影响

按照理想推进器理论,螺旋桨的迎流速度 v_p 为:

$$v_p = v(1 - \psi_s) \quad (1-18)$$

式中 v ——船速;

ψ_s ——螺旋桨伴流系数。

在舵的水动力计算中,通常按理想推进器理论确定其轴向平均速度 v_x 为:

$$v_x = v_p \sqrt{1 + \sigma_p} \quad (1-19)$$

式中 σ_p ——螺旋桨的推力载荷系数(为无因次值),按下式计算:

$$\sigma_p = \frac{8P}{\pi \rho v_p^2 D^2} = \frac{8P_r}{\pi \rho (1 - \vartheta) v_p^2 D^2} = \frac{8K_1}{\pi \lambda_p^2} \quad (1-20)$$

式中 $P = \frac{P_r}{1 - \vartheta}$ ——螺旋桨推力(N);

$P_r = \frac{R}{Z}$ ——螺旋桨有效推力(N),其中 R 为船舶阻力(N), Z 为螺旋桨个数;

ρ ——介质(水)密度,淡水为 1000 kg/m^3 ,海水为 1025 kg/m^3 ;

D ——螺旋桨直径(m);

ϑ ——推力减额系数;

$K_1 = \frac{P}{\rho n^2 D^4}$ ——螺旋桨推力系数;

n ——螺旋桨转速(r/s);

$\lambda_p = \frac{v_p}{nD}$ ——螺旋桨进速比;

v_p ——螺旋桨迎流速度(m/s)。

在螺旋桨尾流中,舵的临界攻角 α_c 大于在单独舵试验中的值,而且 α_c 随着滑脱比 S 的增加而增加。

$$S = 1 - \frac{v_p}{nH} \quad (1-21)$$



式中 v_p, n ——见式(1-20);

H ——螺旋桨的螺距(m)。

当螺旋桨的滑脱比很小(相应的螺旋桨的负荷也很小)时,舵上的压力中心的移动非常小,可不予考虑。但当 $S > 0.5$ 时,压力中心的位置将发生很大的变化,但是至今为止还没有可靠的计算其移动距离的方法,因此,确定螺旋桨尾流中舵的压力中心的最可靠的方法是模型试验。

综上所述,在舵在水动力计算中,螺旋桨尾流的影响可以归结为在轴向诱导速度影响下螺旋桨尾流轴向平均速度 v_x 的计算。

当舵的全部面积处于螺旋桨尾流中时,法向力 N 为:

$$N = C_n \frac{\rho v_x^2}{2} A \quad (1-22)$$

式中 C_n ——舵的法向力系数;

v_x ——螺旋桨尾流中的轴向平均速度。

如果仅仅是部分舵面积 A_1 处于螺旋桨尾流中,则法向力 N 为:

$$N = C_n \frac{\rho v_x^2}{2} A_1 + C_n \frac{\rho v_R^2}{2} (A - A_1) \quad (1-23)$$

式中 C_n ——舵的法向力系数;

v_R ——舵的迎流速度。

在上述概念的基础上:

$$N = C_n k_s \frac{\rho v^2}{2} A \quad (1-24)$$

$$M = C_m k_s \frac{\rho v^2}{2} Ab \quad (1-25)$$

$$k_s = 1 + \frac{A_1}{A} \left[(1 + \sigma_p) \left(\frac{1 - \phi_s}{1 - \phi_R} \right) - 1 \right] \quad (1-26)$$

综合考虑船体和螺旋桨的影响可得出:

$$N = C_n k_n k_s \frac{\rho v^2}{2} A \quad (1-27)$$

$$M = C_m k_n k_s \frac{\rho v^2}{2} Ab \quad (1-28)$$

式中 C_n 及 C_m 均为单独舵的系数。

第四节 舵参数的选择和水动力特性计算

一、舵的数目及型式的确定

舵的数目除了与操纵性要求有关外,还与船尾形状和螺旋桨数目有关。增加舵的数目虽然容易满足较高的操纵性要求,但也造成了舵设备更加复杂和较高造价。因此,在实际使用中除特殊要求外,总是趋向于取最少数量的舵。

在一般情况下,为了提高舵效,总是将舵设在螺旋桨后面,使其处于螺旋桨尾流之中。因此在海船上,单桨单舵和双桨双舵得到广泛应用,而且绝大多数海洋运输船都是单桨单舵



的。

鉴于某些特殊考虑,有些船舶设置的舵与螺旋桨数目不等。冰区航行的船舶为了防止舵受到严重损害、某些巨型客船为了简化舵设备等,设置双桨单舵。在这种情况下,其操纵性比那些把舵设置在螺旋桨后面的船舶要稍差些。在浅吃水船上,通过增加舵的数目以保证足够的舵面积和合适的展弦比,因而出现了单桨三舵和双桨三舵的船舶。

不平衡舵通常设置在单桨船的舵柱后面。也有某些双桨船舶或非自航船在中纵剖面的呆木后面设置不平衡舵。这些舵用一个或多个舵销支撑(见图1-5中的I型),常用在密实或大块碎冰区航行的船舶上。

设有导框底骨的无舵柱单桨船上,为了减小转舵力矩,常常设置舵踵支撑的平衡舵,如图1-5中的II型所示,其中II(a)这种型式大多用于中小型船,II(b)及II(c)用于大中型船。考虑到舵结构的简化和拆装方便,目前II(b)型用得较多,而II(c)这种型式(带舵轴的舵)已很少采用。

半悬挂舵(见图1-5中的III型)即所谓的马林那(Mariner)舵,在双桨单舵船舶、无尾柱的单桨舵船舶及多桨多舵船舶上使用甚多,且采用舵销将舵支撑在呆木或挂舵臂上。其中III(a)型式的舵与舵杆大多采用锥体连接,III(b)型式的舵与舵杆采用法兰连接(因其在连接处的弯矩较小)。呆木或挂舵臂可提高船舶的航向稳定性,且能弥补半悬挂舵水动力特性较差的缺点,因为包括部分呆木或挂舵臂面积在内的舵与具有同样面积和展弦比的普通舵比较,两者的水动力特性几乎相同。

悬挂舵(见图1-5中IV型)在无尾柱的单桨或多桨船舶上均有使用,且应尽可能设置在螺旋桨后面。由于其舵杆承受较大的弯矩(襟翼舵更为如此),为使舵杆直径减小,下舵应尽量安装在接近船底处。

某些要求倒航时具有良好操纵性的船舶,如渡船、拖船等,可设置首舵或倒车舵。首舵一般效率较低,已很少采用。这类船舶目前更多的是配置全回转导管螺旋桨(Z形推进器)或侧向助推装置。

表1-1 所列为各种船舶舵的典型配置方式及面积比。

表1-1 各种船舶舵的型式及舵面积比

船型	舵设备型式 (见图1-5)	舵面积 (总和)比/%	辅助操纵设备
单桨海洋船和油船	II和III	1.3~1.9	
小型单桨客船	III和IV	1.8~4.0	
巨型双桨客船	III型,双舵在螺旋桨后面	1.4~2.0	采用侧向推进装置
	III型,单舵在呆舵后面	2.0~2.5	最好采用侧向推进装置
限制吃水的巨型双桨干货船和油船	III型双舵(在螺旋桨后面设挂舵臂)	2.0~2.5	
双桨江-海联运船舶(计算速度时 $\sigma_p^{0.5} < 2.0$)	III型双舵(在螺旋桨后面设挂舵臂)	2.0~3.5	如果 $L/B > 8.0$, 设侧向推进装置



表 1-1(续)

船型	舵设备型式 (见图 1-5)	舵面积 (总和)比/%	辅助操纵设备
$(\sigma_p^{1/2} < 2.0)$ 江-海联运船舶	转动导流管		
<div>密实的冰区</div> <div>稀疏的碎冰区</div> <div>大块碎冰区</div>	Ⅱ(c)型,在舵柱后面		
	Ⅰ(b)型,在舵柱后面		
	Ⅰ型在舵柱后面和Ⅲ型或Ⅲ(b)在挂舵臂后面		
破冰船	Ⅰ(c)型,在呆木后面	1.6~2.3	
海洋火车或汽车渡轮	Ⅲ型,在螺旋桨后面	2.0~2.4	设侧向推进器或首舵
推轮	转动导流管		

① σ_p 为推进器有效推力载荷系数。

二、舵面积的确定

船型一旦确定以后,舵面积的选择将直接影响船舶的操纵性。对于大中型船舶来说,操纵性已成为考核船舶性能的重要指标。《船舶操纵性临时标准》以及 CCS 制订的指导性文件《海船操纵性(1997)》,对于具有舵和推进器的以下海船有如下要求:船长为 100 m 及以上的船舶以及化学品船和气体运输船,均要求在设计阶段对这些船舶作出操纵性预报(经验预报、模拟计算预报或模型试验预报),并在船舶完工后进行实船试验,试验结果应符合标准规定的操纵性指标。

在舵面积选择中经常采用的参数为舵面积比:

$$\chi = \frac{A}{LT} \times 100\% \quad (1-29)$$

式中 L ——船长;

T ——夏季载重线的吃水;

A ——舵面积。

目前,在船舶设计中确定舵面积的方法主要有以下几种。

1. 按母型船选择舵面积

对于船舶操纵性指标没有明确定量要求,而仅仅是希望有较好的操纵性的情况下,可以找一艘操纵性较好,且与所设计的船舶的船型及主尺度接近的母型船,按该船的舵面积 A_0 确定所设计船舶的舵面积 A 。

$$A = \frac{A_0 LT}{L_0 T_0} \quad (1-30)$$

式中 L_0, T_0 ——母型船的船长及吃水;

L, T ——所设计船舶的船长及吃水。

2. 利用船型统计资料选择舵面积

表 1-1 中提供了某些船型的舵面积比的资料,表 1-2 也列出类似的资料,均可供选择



舵面积时作参考。这种方法选择舵面积的困难在于统计资料中舵面积比的上下限范围较大,很难作出正确的选择,通常只能在船舶设计的初期使用。

表 1-2 各种船舶的舵面积比

船型	$X/\%$	船型	$X/\%$
单桨船	1.6~1.9	机动性较高的船舶	2.0~4.0
双桨单舵船	1.5~2.5	拖网渔船和有限航区船舶	2.5~5.5
双桨双舵船(总面积)	1.7~2.1	海洋拖船	3.0~6.0
油船	1.3~1.9	引水船和渡船	2.5~4.0
大型高速客船	1.2~1.7	巨型货船和客船	1.4~2.0
运河快速客船	1.8~2.0	小型货船和客船	1.7~2.3
沿海航行船舶	2.3~3.3	近海船舶	2.0~3.3

3. 按船级社规范确定舵面积

(1) DNV《船舶入级规范》关于面积的规定

直接在推进器后面工作的舵(单舵或多舵)的面积 $A(\text{m}^2)$ 应不小于按下式计算所得值:

$$A = \frac{TL}{100} \left[1 + 50 C_B^2 \left(\frac{B}{L} \right)^2 \right] \quad (1-31)$$

式中 L ——船长(m);

T ——吃水(m);

B ——船宽(m);

C_B ——方形系数, $C_B = \frac{\Delta}{1.025 LBT}$;

Δ ——排水量(t)。

对于在港湾、运河或其他狭窄水道内频繁地机动航行的船舶,按上述公式确定的舵面积应予增加。对于设有流线型舵柱的船舶,舵柱侧面积的一半可计入舵面积。设有挂舵臂的船舶,位于舵顶部水平线以下挂舵臂的面积,可计入舵面积。

不直接在推进器后面工作的舵,按上述公式计算所给出的舵面积应至少增加 30%。

具有特殊剖面或形状可提高效率的舵(如襟翼舵或导流管)可具有较小的总面积。

具有大的干舷以及高的连续上层建筑的船舶,必须考虑增加舵面积。

(2) GL《钢质海船入级和建造规范》关于舵面积的规定

为达到足够的操纵性能,建议可动舵面积 $A(\text{m}^2)$ 应不小于由下式计算所得值:

$$A = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot \frac{1.75LT}{100} \quad (1-32)$$

式中 C_1 ——船型系数;一般情况, $C_1 = 1.0$; 对于排水量超过 50 000 t 的散装货船和液货船, $C_1 = 0.9$; 对于拖船和拖网渔船, $C_1 = 1.7$;

C_2 ——舵型系数;一般情况, $C_2 = 1.0$; 对于半悬挂舵, $C_2 = 0.9$; 对于双舵(每个), $C_2 = 0.8$; 对于高升力舵, $C_2 = 0.7$;

C_3 ——舵剖面形状系数; $C_3 = 1.0$, 对于 NACA 剖面舵和平板舵, $C_3 = 0.7$; 对于凹翼



形剖面舵, $C_3 = 0.8$;

C_4 ——舵系布置系数;对于舵位于螺旋桨尾流这内, $C_4 = 1.0$;对于舵位于螺旋桨尾流之外, $C_4 = 1.5$ 。

对于半悬挂舵,挂舵臂的投影面积 $\frac{LT}{A_R}$ 的 50% 可计入舵面积 A 中。

4. 按图谱确定舵面积

《船舶操纵性临时标准》以及 CCS 指导性文件《海船操纵性》均提出了关于海船操纵性衡准的要求。为满足这一要求,舵面积可按图 1-11 及图 1-12 确定。其适用范围为除双体船、高速船及特种作业船以外的机动海船,舵剖面 NACA00 的常用舵型。

图 1-11 及图 1-12 中的符号:

L ——船舶垂线间长(m);

B ——型宽(m);

T ——夏季载重线吃水(m);

T' ——给定航行状态的平均吃水(m);

C_R ——方形系数;

A_R ——舵的可动部分面积(m^2);

$\frac{LT}{A_R}$ ——舵面积系数;

A_w ——吃水 T' 时的船舶水上部分侧向受风面积(m^2)。

图 1-11 和图 1-12 的使用方法说明如下。

(1) 舵的可动部分面积 A_R 不必大于按图 1-11 中相应曲线所给定的舵面积系数确定的舵面积,但是:

① 不在螺旋桨尾流中的舵,其面积应按图 1-11 所确定的值再增加 50%;

② 在港区、运河或其他狭窄水域内频繁操纵的船舶,其舵面积应按图 1-11 所确定的值作适当增加;

③ 拖船或拖网渔船的舵面积应按图 1-11 所确定的值再加 70%;

④ 高升力舵(如襟翼舵、导流管舵)或特殊剖面的舵,其面积应按图 1-11 所确定的值作适当减少;

⑤ 舵面积大的客船、渡船和滚装船等,回转时可能产生过大的横倾角,应用估算。

(2) 客船、渡船和滚装船等侧向受风面积较大的船舶,其舵面积应按图 1-12 校核。校核时应注意:

① $\bar{\alpha}_{90} = \frac{\text{自船舫至水线以上侧面积形心的距离}}{L}$;

② 图 1-12 适用于单桨单舵或双桨双舵船舶。对于双桨单舵船,其舵面积应增加 50%;

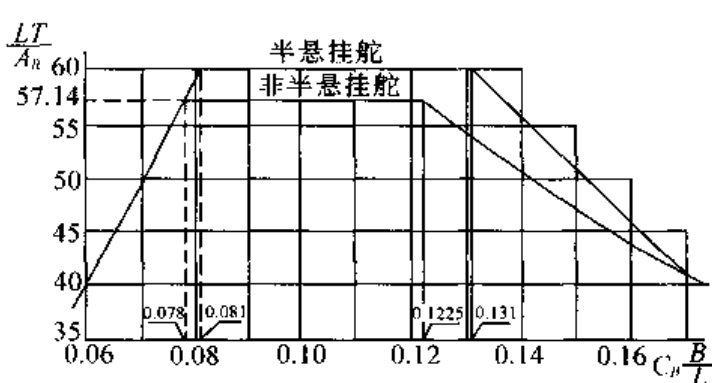


图 1-11 按一般要求确定舵面积的图谱

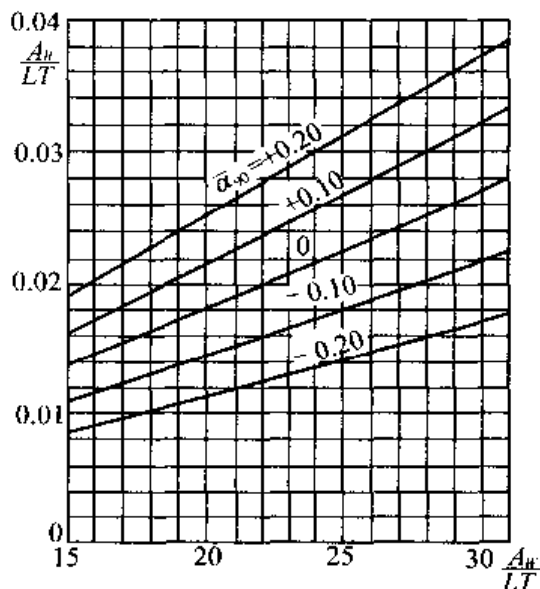


图 1-12 按抗风要求确定舵面积的图谱



③舵的可动部分面积 A_R 应取按图 1-11 和图 1-12 所确定的数值中的大者。

三、舵 + 螺旋桨组合体的设计

舵 + 螺旋桨组合体的设计是为了确定舵的外形及与船体尾部型线和螺旋桨的配合。同时还应考虑轴包架、轴支架及尾框架的形状,应注意以下几个方面。

1. 尽可能增加舵的高度 h 和展弦比,以提高舵性能。

2. 尽可能减小舵的上缘同船体之间的间隙。

3. 为了避免引起船体尾部的振动,对于设在螺旋桨尾流中的舵,其导缘至螺旋桨叶梢之间的距离不宜太小。对于中低速和小功率船舶,该距离可取为 $(0.15 \sim 0.20)D$ (D ——螺旋桨直径);高速船或大功率船舶,可取为螺旋桨直径 D 。双桨单舵船由于舵不在螺旋桨尾流中,则该距离应不小于 $(0.75 \sim 1.0)D$ 。

4. 双桨双舵船舶的螺旋桨宜采用外旋型,很少采用内旋型。且舵位于通过螺旋桨轴线的垂直平面的外侧。两者之间的距离以保证在不拆卸舵的情况下,能够拆装尾轴即可,对于舵效几乎没有影响。同时双舵船舶还应校核舵转到最大舵角时的可能性,舵向内转动时应保证舵与船体之间一定的间隙;舵向外转动时,应尽量不超过水线面的轮廓。

5. 平衡舵的平衡系数直接影响到舵机功率的确定。虽然较大的平衡系数可使舵机功率减小,但平衡系数过大可能会造成不利后果,因为在最大舵角时将使舵处于过平衡状态,舵的转动加快。对于液压舵机来说液压缸因其液压来不及补充而造成真空,对于手动舵机来说会导致舵轮失控危及操舵人员。为了防止这种情况发生,规范要求最小舵力臂 $R_{\min} = 0.1b$ (b ——舵叶平均宽度)。实际使用中,船后舵的平衡系数通常为 $0.2 \sim 0.3$ (DNV 规范规定为不大于 0.23)。半悬挂舵包括挂舵臂在内的平衡系数可按平衡舵确定,但挂舵臂以上部分舵面积的平衡系数约为 0.35 。

6. 冰区航行船舶应设舵的保护装置。CCS 规范规定, $B1^*$ 及 $B1$ 冰级(见本章第六节)船舶的舵杆和舵的上方应设置冰刀或其等效防冰装置。

7. 某些直线航行稳定性较差的船舶,如肥大型船、浅吃水船等,设置稳定鳍或增加呆木面积有利于改善航向稳定性。

四、按模型试验资料计算舵的水动力特性

舵的水动力计算采用模型试验资料是最接近实际的方法,这些资料通常有:自航模型试验资料、舵的模型试验资料以及单独舵的图谱资料。

自航模型试验要求实船与船模之间满足的相似条件为:几何形状相似、运动相似和动力相似。事实上这些相似条件都不可能完全满足,尤其是螺旋桨的形状相似和转速相似很难实现,舵上的力和力矩的精确测量更是困难。而且自航模型试验价格昂贵,在一般情况下只能同操纵性试验结合做些测量。

为了得到比较精确的舵的水动力参数,对于某一个具体的舵可能利用风筒做模型试验,通常也只做单独舵的模型试验,然后由试验结果确定 $C_n(\alpha)$ 和 $C(\alpha)$ 或 $C_y(\alpha)$ 和 $C_x(\alpha)$,用于实际的单独舵计算,再加上船体及螺旋桨的影响得到实际舵的水动力值。需要注意的是风筒试验时应保持足够高的雷诺数 $Re = \frac{Vb}{\nu}$ (b 为舵的弦长或平均宽度),并在试验结果中注明。



在舵的设计中,经常采用的是各个研究机构发表的舵的图谱。目前,这一类图谱主要有 NACA 系列、HEЖ 系列、ЛЛАГИ 系列、JIS 系列、Gб 系列和 TMB 系列等,表 1-3 所示为 NACA 对称机翼的水动力特性表。

表 1-3 NACA $\lambda = 1$ 正、倒航时水动力系数表

型号	系数	α								最大值
		5	10	15	20	25	30	35	40	34
NACA 0015	C_y	0.141	0.289	0.441	0.622	0.775	0.926	0.713	0.686	1.052
	C_x	0.026	0.042	0.069	0.135	0.217	0.320	0.528	0.605	0.505
	C_n	0.143	0.292	0.444	0.630	0.795	0.962	0.887	0.914	
	$C_{m0.25}$	-0.014	-0.021	-0.019	-0.006	0.004	0.026	0.126	0.137	
	C_p	0.152	0.178	0.207	0.240	0.255	0.277	0.392	0.400	
	$C_p - 0.25$	-0.098	-0.072	-0.043	-0.010	0.005	0.027	0.142	0.150	
NACA 0021	C_y	0.165	0.340	0.525	0.700	0.840	0.950	0.980	0.585	
	C_x	0.020	0.040	0.090	0.160	0.230	0.330	0.430	0.510	
	C_n	0.167	0.342	0.530	0.713	0.858	0.988	1.050	0.776	
	$C_{m0.25}$	-0.007	-0.021	-0.035	-0.029	0.009	0.059	0.126	0.134	
	C_p	0.210	0.190	0.185	0.210	0.260	0.310	0.370	0.425	
	$C_p - 0.25$	-0.040	-0.060	-0.065	-0.040	0.010	0.060	0.120	0.175	
NACA 0025	C_y	0.132	0.270	0.419	0.586	0.732	0.883	1.033	1.192	1.336
	C_x	0.036	0.052	0.089	0.145	0.217	0.319	0.446	0.595	0.805
	C_n	0.134	0.275	0.428	0.599	0.756	0.916	1.102	1.294	
	$C_{m0.25}$	-0.010	-0.015	-0.015	-0.008	0.004	0.026	0.058	0.099	$\alpha_c = 46^\circ$
	C_p	0.174	0.195	0.215	0.237	0.255	0.278	0.303	0.326	
	$C_p - 0.25$	-0.075	-0.055	-0.035	-0.013	0.005	0.028	0.053	0.076	
NACA 0015 倒航	C_y	0.241	0.385	0.532	0.643	0.771	0.918	1.022	1.059	1.059
	C_x	0.069	0.102	0.180	0.258	0.376	0.532	0.619	0.885	0.885
	C_p 自后缘	0.437	0.354	0.354	0.335	0.354	0.356	0.384	0.395	0.395

表中编号:第一个数字,表示拱度比,即拱度与弦长之比,是指不对称机翼剖面而言的。第二个数字表示拱度所在位置占弦长的百分数。最后两位数字表示厚度比 \bar{t} 。如:0015,表示无拱度对称型机翼剖面,厚度比 $\bar{t} = 15\%$ 。

在计算实舵的水动力系数时,应尽量选择 λ 相近的资料。当实舵的 λ 、 t/b 、剖面形状与模型舵相同时,可直接采用试验结果。当实船舵的 t/b 和剖面形状与模型舵相同但展弦比不同时,必须进行展弦比换算,否则将会产生误差。

当舵的实际展弦比与所用图谱的展弦比不同时,可按普兰特公式进行换算。



$$\alpha_2 = \alpha_1 + 57.3 \frac{C_{y1}}{\pi} \left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right) \quad (1-33)$$

$$C_{x2} = C_{x1} + \frac{C_{y1}^2}{\pi} \left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right) \quad (1-34)$$

$$C_{y2} = C_{y1} \quad (1-35)$$

式中 下标 1 表示模型舵, 下标 2 表示实船舵;

α_1, α_2 的单位均为度。

在流经舵叶的水流发生分离之前, 可取:

$$C_{p1} \approx C_{p2} \quad (1-36)$$

五、接近似公式计算舵的水动力特性

由于舵的结构尺寸是按照船级社规范的要求确定的, 因此舵的水动力特性计算的主要用途是确定舵机扭矩及功率。

在缺乏单独舵水动力特性试验资料的情况下, 可接近似公式进行计算, 这里介绍几种常用的计算公式。

1. 易格(Jaeger)公式

易格公式适用于对称机翼剖面的舵。

$$C_y = 0.09 \frac{\alpha}{1.3 + \frac{2}{\lambda}} \quad (1-37)$$

$$C_x = 0.18 \left(\frac{\alpha}{10} - 1 \right) \quad (1-38)$$

$$C_p = \frac{x_p}{b} = \begin{cases} 0.25 & (\alpha = 25^\circ \sim 30^\circ) \\ 0.33 & (\alpha \geq 35^\circ) \end{cases} \quad (1-39)$$

式中 α ——攻角(度);

λ ——展弦比。

2. 孟德尔(Mandel)近似公式

根据大量试验工作, 特别是 NACA 系列的试验结果所得出的经验公式可知:

升力系数:

$$C_y = \left(\frac{dC_y}{d\alpha} \right)_{\alpha=0} \alpha + \frac{C_D}{\lambda} \alpha^2 \quad (1-40)$$

$\left(\frac{dC_y}{d\alpha} \right)_{\alpha=0}$ 为当 $\alpha = 0$ 时, 升力系数曲线的斜率。

$$\left(\frac{dC_y}{d\alpha} \right)_{\alpha=0} = \frac{1.8\pi\lambda}{1.8 + \cos\Lambda \sqrt{\frac{\lambda^2}{\cos^4\Lambda} + 4}} \quad (1-41)$$

距离舵导缘弦长(或平均宽度)处的力矩系数:

$$C_{m0.25} = \frac{1}{57.3} \left[0.25 - \left(\frac{dC_m}{dC_y} \right)_{C_y=0} \right] \left(\frac{dC_y}{d\alpha} \right)_{\alpha=0} - \frac{\alpha^2}{2\lambda} C_D \quad (1-42)$$

$$\left(\frac{dC_m}{dC_y} \right)_{C_y=0} = 0.5 \left[1 - \frac{0.555 \sqrt{(\lambda^2 + 4)} + 1}{\lambda + 2} \right] \quad (1-43)$$



式(1-40)和式(1-43)中:

α ——几何攻角(rad);

Λ ——后掠角(见图1-13);

C_{ad} ——横流阻力系数,即沿 OY_1 轴(见图1-8)舵移动时的阻力系数。 C_D 可按图1-14查取,该图中 \bar{v} 为收缩率按下式计算:

$$\bar{v} = \frac{b_2}{b_1} \quad (1-44)$$

式中 b_2 及 b_1 见图1-13。

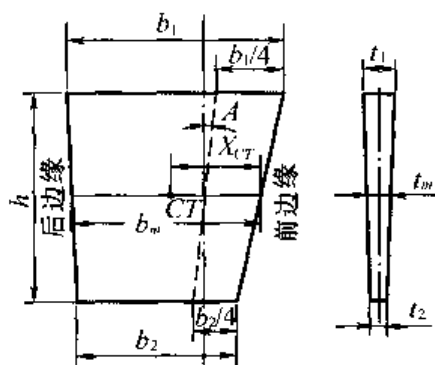


图1-13 用于式(1-41)的舵外形图

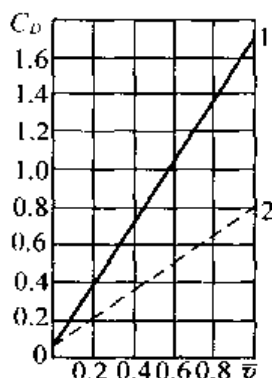


图1-14 横流阻力系数曲线

1—点边缘;2—圆弧边缘

舵的阻力系数 C_x 按下式计算:

$$C_x = C_{x0} + \frac{C_r^2}{0.9\pi\lambda} \quad (1-45)$$

式中 C_{x0} ——当 $\alpha = 0$ 时的 C_x 值。对于 NACA0015 剖面, $C_{x0} = 0.0065$ 。

3. 乔赛尔(Jössel)公式

乔赛尔公式是最常用的计算舵力的公式,它忽略了船体及螺旋桨的影响,也忽略了展弦比的影响。然而,由于其十分简便,又比较安全,因此仍然得到使用。

$$P_n = 9.81 \times \frac{41.35 \sin \alpha}{0.195 + 0.305 \sin \alpha} A v^2 \quad (1-46)$$

$$x_p = (0.195 + 0.305 \sin \alpha) b \quad (1-47)$$

式中 P_n ——作用在舵上的法向力(N);

x_p ——压力中心距舵的导缘的距离(m);

A ——舵面积(m^2);

v ——航速(m/s);

b ——舵的平均宽度(m);

α ——转舵角($^\circ$)。

经修正的乔赛尔公式为:

$$P_n = 9.81 \times K \frac{\sin \alpha}{0.2 + 0.3 \sin \alpha} A v^2 \quad (1-48)$$

式中 K ——修正系数,按表1-4查取。



表 1-4 系数 K

$\alpha(^{\circ})$	5	10	15	20	25	30	35
K (尾流影响显著时)	31	33	35	36	37	38	40
K (伴流影响显著时)	10	12	15	17	18	21	22

据试验,压力中心位置与作用在舵上的流速无关,且展弦比对其影响也甚微。而且据统计按式(1-47)计算压力中心位置有事实上的准确性,因此在采用其他经验公式计算舵力时,也常常采用该式计算压力中心位置。

第五节 舵设备的一般布置

一、概述

舵设备通常由舵叶、舵杆、舵销或舵轴、上舵承、下舵承、止跳装置、舵角限位装置、舵机及其控制系统等组成。不同型式的舵由于其同船体连接方式或是舵叶与舵杆的连接方式的不同,舵系的组成方式也会有所不同。

采用动力操舵船舶应设置舵机舱用于安装舵机、应急操舵装置、备用油箱及控制设备等。舵机舱应易于到达,并尽可能同其他机器处所分开。舵机舱应布置适当,以保证如有液体泄漏时仍能具有适宜的工作条件。

舵机舱内应设有下列工作设施:同驾驶室联系的通信设备、供在舵机舱内应急操舵时使用的舵角指示器、指明操舵装置控制系统和转舵系统转换过程的正确程序的永久性框图显示牌等。

二、双支点平衡舵

双支点平衡舵通常为设置一个或两个舵销,或是带有舵轴等形式。

设置一个舵销的双支点平衡舵中,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,如图 1-15 所示。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。

设置两个舵销的双支点平衡舵广泛应用于各类运输船上,尤其是大型船舶,如图 1-5 的 II 型(b)所示即为一例。

设置舵轴的双支点平衡舵又称辛浦莱(Simplex)舵,如图 1-5 的 II 型(c)所示,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抽拆装的方便。

各类双支点平衡舵的舵叶及舵杆的重力均由上舵承受。

三、半悬挂舵系统

半悬挂舵通常设置一个或两个舵销,并固定于挂舵臂上或尾柱上(如双螺旋桨单舵船舶)。舵叶上部(挂舵臂或尾柱范围内)相当于一个不平衡舵,舵叶下部则为平衡舵,所以也有人称为半平衡舵。其舵叶和舵杆的重力均由上舵承受。

图 1-16 所示的半悬挂舵设置两个舵销,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。大多数船舶的挂舵臂均为铸钢件,而且与舵轴筒

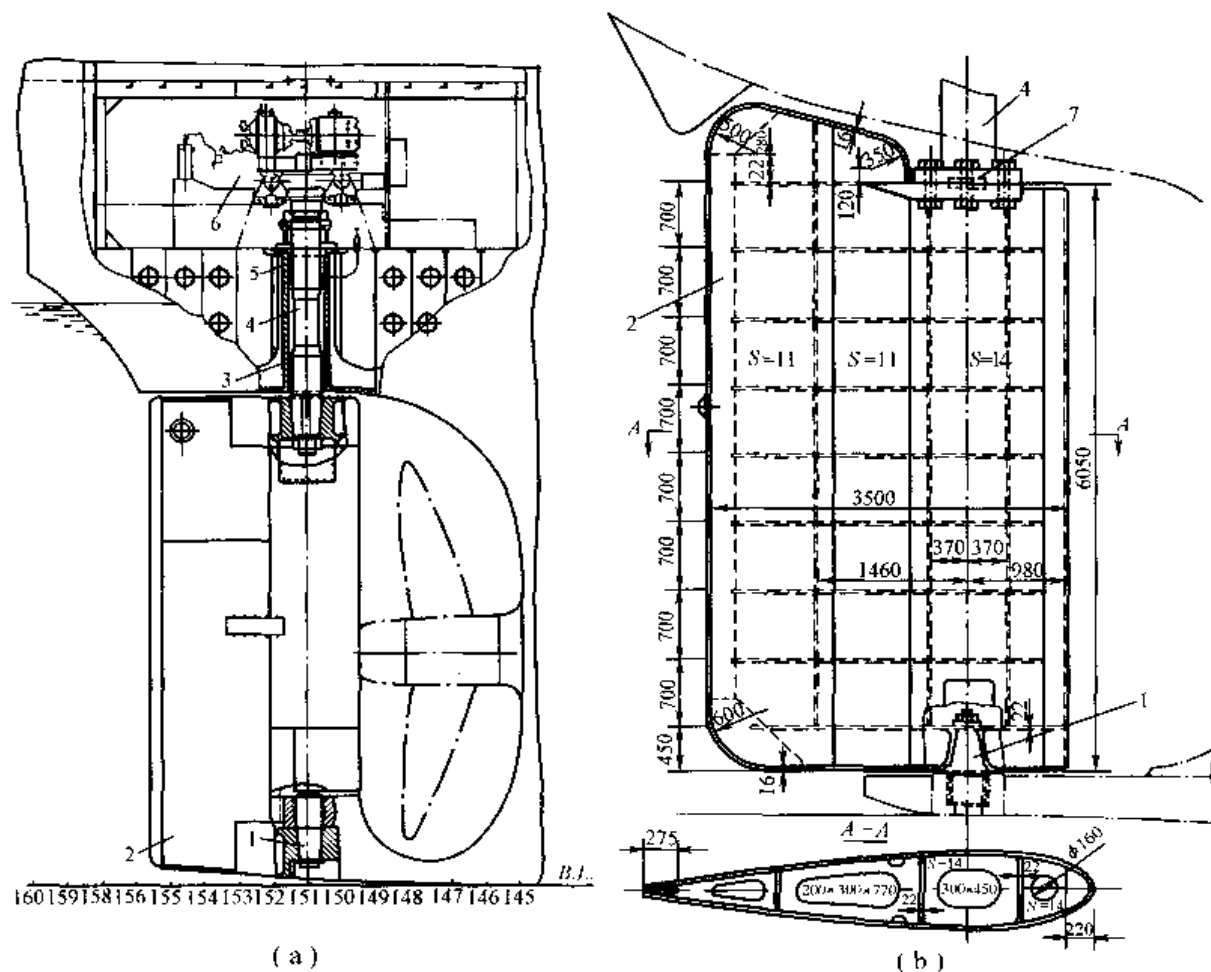


图 1-15 双支点平衡舵

(a)舵叶与舵杆用锥体连接;(b)舵叶与舵杆用法兰连接

1—下舵销;2—舵叶;3—下舵承;4—舵杆;5—上舵承;6—舵机;7—连接法兰

结合为一个整体同船体结构连接。

四、悬挂舵系统

悬挂舵在大型运输船舶中很少采用,但在沿海航行的中小型船舶、江海联运船舶、渡船等船舶中经常使用,尤其是双螺旋桨的近海调查作业船舶,如自航耙吸式挖泥船、海洋地球物理勘探船等,为了提高船舶的操纵性能使用得相当普遍。

悬挂舵的舵杆和舵叶通常采用锥体连接,如图 1-17 所示。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。

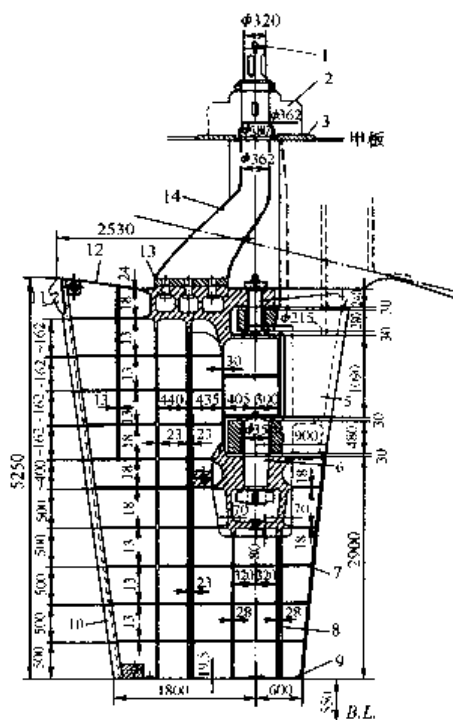
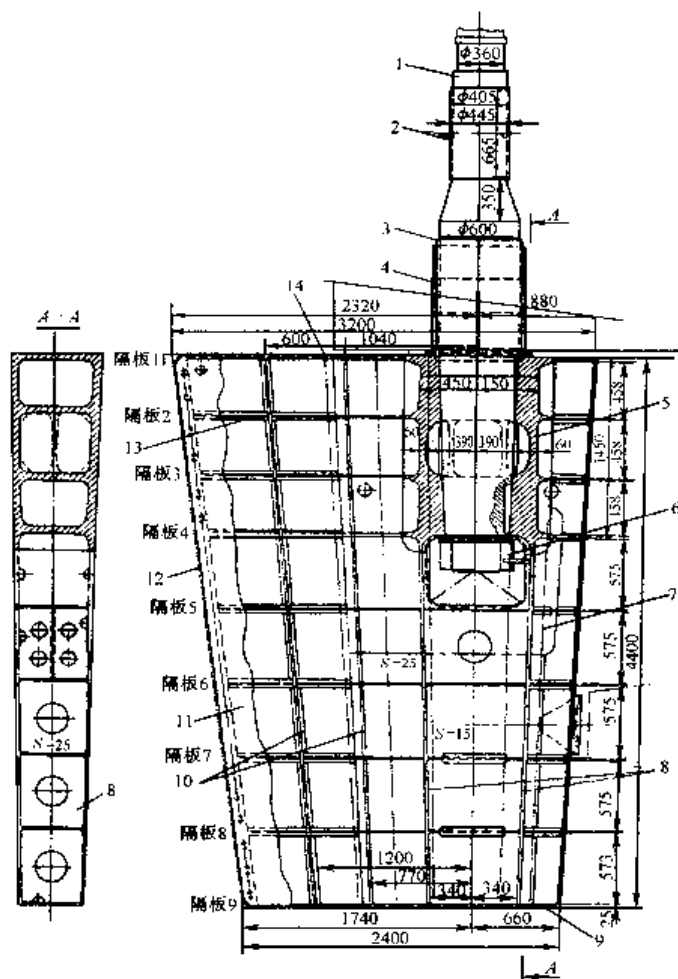


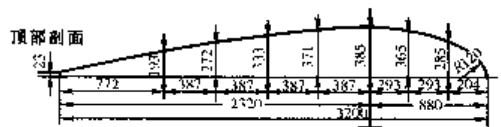
图 1-16 设置两个舵销

和法兰连接的半悬挂舵

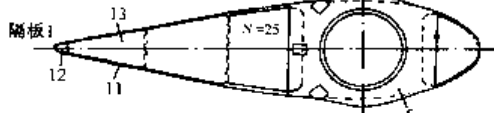
1—吊环螺钉; 2—上舵承; 3—舵承支撑板; 4—上舵销; 5—挂舵臂; 6—下舵销; 7—水平隔板; 8—垂直隔板; 9—舵叶底板; 10—舵叶后边缘型材; 11—吊钩; 12—舵叶顶板; 13—连接法兰; 14—舵杆



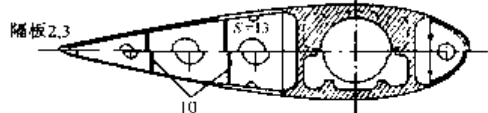
顶部剖面



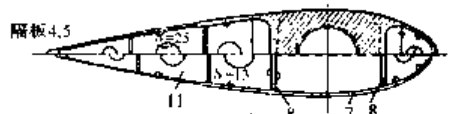
隔板1



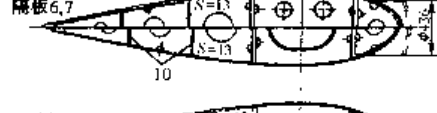
隔板2,3



隔板4,5



隔板6,7



隔板8,9



底部剖面

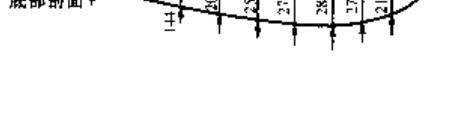


图 1-17 锥体连接的悬挂舵

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



第六节 舵设备零部件尺寸的确定

一、规范及材料

1. 规范

舵设备中的重要零件,诸如舵叶、舵杆、舵销及其螺母、舵轴、连接螺栓、轴承、舵扇、舵柄、舵链等,均应按照入级的船级社规范确定其结构尺寸。

本书主要介绍 CCS《钢质海船入级与建造规范》(以下简称《海船规范》)关于舵设备的规定,适当引述其他国家船级社规范的规定作为补充。

2. 舵系零部件的材料

舵系零部件,除轴承外,采用的材料包括钢板、锻钢件均为碳素钢。

(1)制作舵叶、舵柱及挂舵臂的钢板,通常为一般强度船体结构用钢,按其脱氧方法分为:A、B、D、E 四个等级,各种等级钢材的化学成分及力学性能详见各船级社有关的规范。

按 CCS《海船规范》的规定,船体各部分的结构按其所承受的应力情况分为 5 个材料级别,其中挂舵臂的外包板属Ⅲ级,舵柱、挂舵臂的内衬板及舵叶属Ⅱ级。因而,这些构件应根据其所对应的材料级别及其厚度选择钢材等级,如表 1-5 所示。

表 1-5 舵叶、舵柱及挂舵臂的钢材等级

钢板厚度 t / mm		$t \leq 15$	$15 < t \leq 20$	$20 < t \leq 25$	$25 < t \leq 30$	$30 < t \leq 35$	$35 < t \leq 40$	$40 < t \leq 50$	$t > 50$
材料级别	Ⅱ	A	A	A	A	B	B	D	D
	Ⅲ	A	A	B	D	D	D	E	E

冰区航行的船舶应考虑环境温度的影响,具有 B1*, B1 和 B2 冰级的船舶,其冰带区域(舵位于尾部冰带区域)应采用高一级钢材等级的钢板。对于 B3 和 B 冰级的船舶,其冰带区域一般应采用高一级钢材等级的钢板。

CCS《海船规范》对于航行冰区船舶的冰级标志及最大营运航速列于表 1-6。

表 1-6 冰区航行船舶的冰级标志及其最大营运航速

冰级情况	冰况	对等的冰级标志	航速/kn
B1*	最严重	IA super	20
B1	严重	IA	18
B2	中等	IB	16
B3	轻度	IC	14
B	除大块固定冰以外的河流浮冰,如中国沿海情况		

表 1-6 中,对等的冰级标志系按 1985 年《芬兰—瑞典冰级规则》附件 I 中的有关规定,主要适用于在冬季航行于北波罗的海的船舶。

(2)舵件、舵销及其螺母、舵轴、连接螺栓和键等零部件通常采用船体结构用锻钢件,其含碳量对于焊接类 $C \leq 0.23\%$;对于非焊接类 $C \leq 0.40\%$;硫(S)和磷(P)的含量均小于或等



于0.040%。锻钢件应经热处理,其方法为:完全退火,或正火,或正火加回火,回火温度不低于550℃。经热处理后的力学性能为:抗拉强度 $\sigma_b \geq 430 \text{ N/mm}^2$;屈服强度 $\sigma_s \geq 215 \text{ N/mm}^2$;伸长率:纵向 $\delta_5 \geq 24\%$,横向 $\delta_5 \geq 18\%$ 。

当使用屈服强度超过235 N/mm²的钢材制造舵杆时,如发现舵杆直径明显减小,应对舵杆的变形进行评估。为防止舵轴承处产生过大的边缘应力,应避免舵杆有较大的变形。对于冰区航行的船舶,如其冰级标志为B1⁺或B1时,该船的舵杆的舵轴或舵销所采用的锻钢件除应满足上述力学性能的要求外,还应作-10℃的夏比V型缺口冲击试验。试样一组3个,平均冲击功应不低于27 J,单个试样的冲击功应不低于19 J。

舵结构系统中的铸钢件应进行超声波检测,对法兰和锥度部分应进行表面裂纹检测。

(3)舵结构系统中的铸钢零部件通常采用船体结构专用铸钢件,其含碳量 $C \leq 0.23\%$,硫(S)和磷(P)的含量均小于或等于0.040%。铸钢件应经热处理,其方法为:完全退火,或正火,或正火加回火,回火温度不低于550℃。经热处理后的力学性能为:抗拉强度 $\sigma_b \geq 400 \text{ N/mm}^2$;屈服强度 $\sigma_s \geq 200 \text{ N/mm}^2$;伸长率 $\delta_5 \geq 25\%$;断面收缩率 $\psi \geq 40\%$ 。舵结构中的铸钢件应作超声波检测和磁粉检测。

3. 舵杆、舵销、连接螺栓和键的材料换算系数

这些零件所使用的材料的最小屈服强度 σ_s 应不小于200 N/mm²。在计算这些零件的尺寸时,所使用的材料系数 K_s 应按下列各式计算:

当 $\sigma_s > 235 \text{ N/mm}^2$ 时, $K_s = (\sigma_s/235)^{0.75}$

当 $\sigma_s \leq 235 \text{ N/mm}^2$ 时, $K_s = s/235$

式中 σ_s 取值应不大于0.7 σ_b 或450 N/mm²,取其小者, σ_b 是材料的抗拉强度(N/mm²)。

二、舵系的受力计算

(一)舵力

1. 舵力 $F(\text{N})$ 按下式计算:

$$F = 132 K_1 K_2 K_3 A V_d^2 \quad (1-49)$$

式中 A ——舵叶面积(m²);

V_d ——设计航速(kn)按2.0计算;

K_1 ——系数,按3.0计算;

K_2 ——系数,见表1-7;

K_3 ——系数,对位于螺旋桨尾流之外的舵取0.8;对位于固定螺旋桨导流管后的舵取1.15;其他情况取1.0。

表 1-7 系数

翼型(舵剖面形状)	K_2	
	正车时	倒车时
NACA 00哥汀根翼型	1.1	0.80
凹翼型	1.35	0.90
平边翼型	1.1	0.90

2. 舵设计航速 V_d 按夏季载重吃水时船舶的最大营运航速 V 确定,最大营运航速通常是指主机按发生最大连续功率的转速运行时的航速, V_d 按下列各式确定:

$$\left. \begin{aligned} &\text{正车,当 } V > 10 \text{ kn 时, } V_d = V \\ &\text{正车,当 } V < 10 \text{ kn 时, } V_d = (V + 20)/3 \end{aligned} \right\} \quad (1-50)$$

倒车时, V_d 应为最大倒车速度,但值应不小于0.5 V 。



冰区航行船舶的最大营运航速应不小于表 1-6 的规定,如果船舶最大营运航速大于表 1-6 的规定,则计算应采用实际最大营运航速。对 B1' 和 B1 冰级的船舶,应对其倒退入冰脊时,舵被偏离船中位置而产生的超负荷给予适当的考虑。

3. 系数 K_1 应按下列式计算:

$$K_1 = \frac{1}{3}(\lambda + 2) \quad (1-51)$$

$$\lambda = h_m^2 / A_f \quad (1-52)$$

式中 λ ——展弦比,取值不必大于 2;

h_m ——舵叶平均高度(m),按式(1-54)计算;

A_f ——舵面积(m^2)对于无舵柱的舵,即为舵叶面积 A ;
对于设有舵柱或挂舵臂的船舶, A_f 为在舵叶平均高度 h_m 范围内,舵叶面积 A 与舵柱或挂舵臂面积之和。

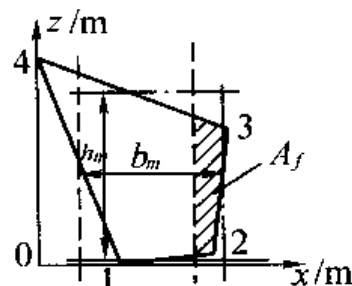


图 1-18 舵的平均高度和平均宽度计算图

4. 舵叶的平均宽度 b (m)及平均高度 h_m (m)

按图 1-18 及下列各式计算:

$$b_m = \frac{1}{2}(x_2 + x_3 - x_1) \quad (1-53)$$

$$h_m = \frac{1}{2}(z_3 + z_4 - z_2) \quad (1-54)$$

式中 X, X_2, X_3 —— X 坐标值(m);

Z_2, Z_3, Z_4 —— Z 坐标值(m)

(二)舵杆扭矩

船舶正车和倒车时的舵杆扭矩 T (N·m)按下式计算:

$$T = FR \quad (1-55)$$

式中 F ——舵力(N),按式(1-49)计算;

R ——力臂(m),按式(1-56)式计算。

1. 无缺口舵叶的力臂 R (m)按下式计算:

$$R = b_m(\alpha - \beta) \quad (1-56)$$

式中 b_m ——舵叶平均宽度(m),按式(1-57)计算;

α ——压力中心系数,正车时取 0.33,倒车时取 0.66;

$\beta = \frac{A_f}{A}$ ——平衡系数, A_f 为舵杆中心线前方的面积(m^2), A 为舵叶面积(m^2),见图

1-18 正车时力臂 R 的值应不小于 $0.16 b_m$ 。

2. 有缺口舵叶(半悬挂舵)的力臂 R (m)按图 1-19 及式(1-57)计算。

$$R = b_1(\alpha_1 - \beta_1) \frac{A_1}{A} + b_2(\alpha_2 - \beta_2) \frac{A_2}{A} \quad (1-57)$$

式中 A ——舵叶面积(m^2);

A_1, A_2 ——舵叶缺口下部及上部的面积(m^2),见图 1-19;

b_1, b_2 —— A_1 和 A_2 部分面积的平均宽度(m),按式(1-53)计算;

$\beta_1 = \frac{A_{1f}}{A_1}$ ——其中 A_{1f} (m^2)见图 1-19;



$\beta_2 = \frac{A_2 f}{A_2}$ ——其中 $A_2 f (\text{m}^2)$, 见图 1-19;

α_1, α_2 ——系数, 正车时取 0.33, 倒车时取 0.66。对于固定结构 (如挂舵臂) 之后的部分舵, 正车时取 0.25 倒车时取 0.55。

正车时, 力臂 R 的取值不应小于 $\frac{1}{10A} (A_1 b_1 + A_2 b_2)$ 。

(三) 舵杆 + 舵叶系统的受力分析

舵杆 + 舵叶系统的受力分析是为了求得下舵承处的舵杆弯矩、舵叶弯矩和剪力以及各轴承的支持力。

1. 双支点平衡舵

(1) 图 1-5 中 II (b) 型双舵销舵和 II (c) 型舵轴舵所示的双支点平衡舵其受力按下列公式计算:

舵叶弯矩 $M_r (\text{N} \cdot \text{m})$:

$$M_r = 0.125 F h_m \quad (1-58)$$

舵叶剪力 $N_r (\text{N})$:

$$N_r = F (0.6 - h_1 / h_m) \quad (1-59)$$

上舵销轴承和舵轴上轴承的支持力 $P_1 (\text{N})$:

$$P_1 = 0.7 F \quad (1-60)$$

下舵销轴承和舵轴下轴承的支持力 $P_2 (\text{N})$:

$$P_2 = 0.6 F \quad (1-61)$$

式 (1-58) ~ (1-61) 中:

F ——舵力 (N), 按式 (1-49) 计算;

h_m ——舵叶的平均高度 (m), 按图 1-18 及式 (1-54) 计算;

h_1 ——所计算剖面以上或以下部分的舵高 (m), 取较小者。

(2) 对于只有一个舵销的双支点平衡舵需按图 1-20 所示的计算模型, 用直接计算法确定, 图中所示 $l_1 \sim l_5$ 为各构件长度, $I_1 \sim I_5$ 为这些构件的惯性矩。

计算负荷 $P (\text{N/m})$ 按下式确定:

$$P = \frac{F}{l_1} \quad (1-62)$$

式中 F ——舵力 (N) 按式 (1-49) 计算;

l_1 ——见图 1-20。

上舵承处支持力的取值应不小于 $0.1F$ 。在第一次近似确定下舵销直径时, 舵销的支持力可取为 $0.6F$ 。

(3) 尾框底骨的支撑弹簧系数 $K (\text{N/m})$ 按下式计算:

$$K = 6.18 \frac{I_5}{l_5^3} \times 10^3 \quad (1-63)$$

式中 I_5 ——尾框底骨剖面对垂直中和轴的惯性矩 (cm^4);

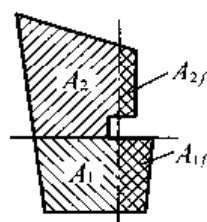


图 1-19 有缺口的舵叶示意图

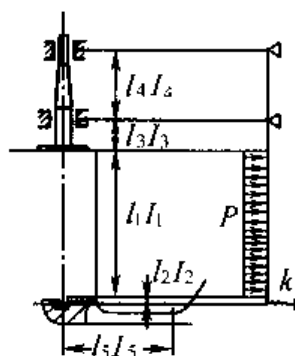


图 1-20 一个舵销的双支点平衡舵的计算模型



l_5 ——尾框底骨的有效长度(m),见图 1-20。

2. 半悬挂舵

(1)对于图 1-5 中Ⅲ(b)型所示为双舵半悬挂舵,其受力按下列公式计算。

下舵销处(A-A 剖面)的舵叶弯矩 $M_r(\text{N}\cdot\text{m})$:

$$M_r = Fa \frac{A_1}{A} \quad (1-64)$$

下舵销处(A-A 剖面)的舵叶剪力 $N_r(\text{N})$:

$$N_r = F \frac{A_1}{A} \quad (1-65)$$

下舵销轴承处的支持力 $P_1(\text{N})$:

$$P_1 = \frac{F}{2} \left[1 + \frac{A_1 h_m}{A(h_m - h_1)} \right] \quad (1-66)$$

上舵销轴承处的支持力 $P_2(\text{N})$,但不应小于 $0.4F$:

$$P_2 = \frac{F}{2} \left[\frac{A_1 h_m}{A(h_m - h_1)} - 1 \right] \quad (1-67)$$

式(1-64)~(1-67)中:

F ——舵力(N),按式(1-49)计算;

A ——舵叶面积(m^2);

A_1 ——A-A 剖面以下的舵叶面积(m^2),见图 1-5Ⅲ(b);

a ——面积 A_1 的形心至 A-A 剖面的垂直距离(m);

h_1 ——A-A 剖面以下的舵高(m);

h_m ——舵叶的平均高度(m),按图 1-18 及式(1-54)计算。

(2)单舵销半悬挂舵须按图 1-21 所示的计算模型用直接计算法确定。

计算负荷 P_1 及 $P_2(\text{N/m})$ 按下列各式计算:

$$P_1 = \frac{FA_1}{l_1 A} \quad (1-68)$$

$$P_2 = \frac{FA_2}{l_2 A} \quad (1-69)$$

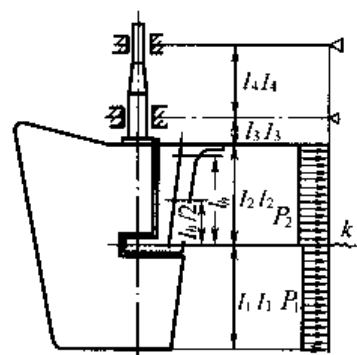


图 1-21 单舵销半悬挂舵的计算模型

式中 l_1, l_2 ——见图 1-21;

F ——舵力(N),按式(1-49)计算;

A ——舵叶面积(m^2);

A_1, A_2 ——舵叶下部及上部的面积(m^2),见图 1-19。

上舵承处支持力的取值应不小于 $0.1F$,下舵承处支持力的取值应小于 $0.3F$ 。

第一次近似确定舵销直径时,舵销的支撑力 $P(\text{N})$ 可按下式估算:

$$P = \frac{Fa}{l_2 + l_3} \quad (1-70)$$

式中 l_2, l_3 ——见图 1-21;

F ——舵力(N),按式(1-49)计算;

a ——舵叶形心至下舵承的距离(m)。



挂舵臂的支撑弹簧常数 k (N/m) 按下式计算:

$$k = \frac{1}{f_b + f_t} \quad (1-71)$$

式中 f_b ——在支撑中心作用力时, 挂舵臂产生的弯曲位移(m/N), 可按式(1-72)计算;

f_t ——在支撑中心作用力时, 挂舵臂产生的扭转位移(m/N), 可按式(1-73)计算。

$$f_b = \frac{1.3 l_h^3}{6.18 I} \times 10^{-3} \quad (1-72)$$

式中 l_h ——见图 1-21;

I ——挂舵臂水平剖面对对称轴的惯性矩(cm^4)。

$$f_t = \frac{l_h e^2 \sum \frac{u_i}{t_i}}{3.14 A_u^2} \times 10^{-11} \quad (1-73)$$

式中 e, l_h ——见图 1-21;

A_u ——挂舵臂的平均截面积(m^2);

u_i ——形成挂舵臂平均截面积的各块板的宽度(mm);

t_i ——各块板宽度范围内相应的厚度(mm)。

3. 悬挂舵

悬挂舵见图 1-22。

由下列公式计算悬挂舵受力:

下舵承处的舵杆弯矩 M_b ($\text{N}\cdot\text{m}$):

$$M_b = F \left[l_2 + \frac{l_1 (2C_1 + C_2)}{3(C_1 + C_2)} \right] \quad (1-74)$$

舵叶弯矩 M_r ($\text{N}\cdot\text{m}$):

$$M_r = \frac{A'}{A} F a \quad (1-75)$$

舵叶剪力 N_r (N):

$$N_r = \frac{A'}{A} F \quad (1-76)$$

上舵承支撑力 P_1 (N):

$$P_1 = \frac{M_b}{l_3} \quad (1-77)$$

下舵承支撑力 P_2 (N):

$$P_2 = F + \frac{M_b}{l_3} \quad (1-78)$$

式中 l_1, l_2, l_3, C_1, C_2 ——见图 1-22;

F ——舵力(N), 按式(1-49)计算;

A ——舵叶面积(m^2);

A' ——所计算剖面以下部分的舵面积(m^2);

a ——面积 A' 的形心至计算剖面的垂直距离(m)。

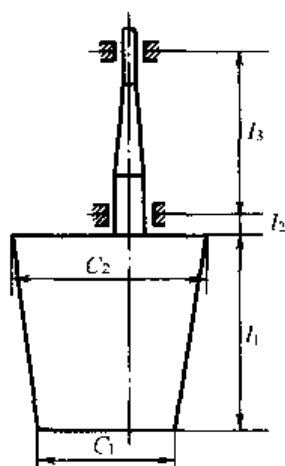


图 1-22 悬挂舵



三、舵杆

舵杆上部常用带键、紧配或无键连接等方法同舵柄连接,并支撑在舵承处。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(见图 1-23(a))或垂直法兰,下部竖直的舵杆,其端部构成水平法兰(见图 1-23(b))或圆锥体。

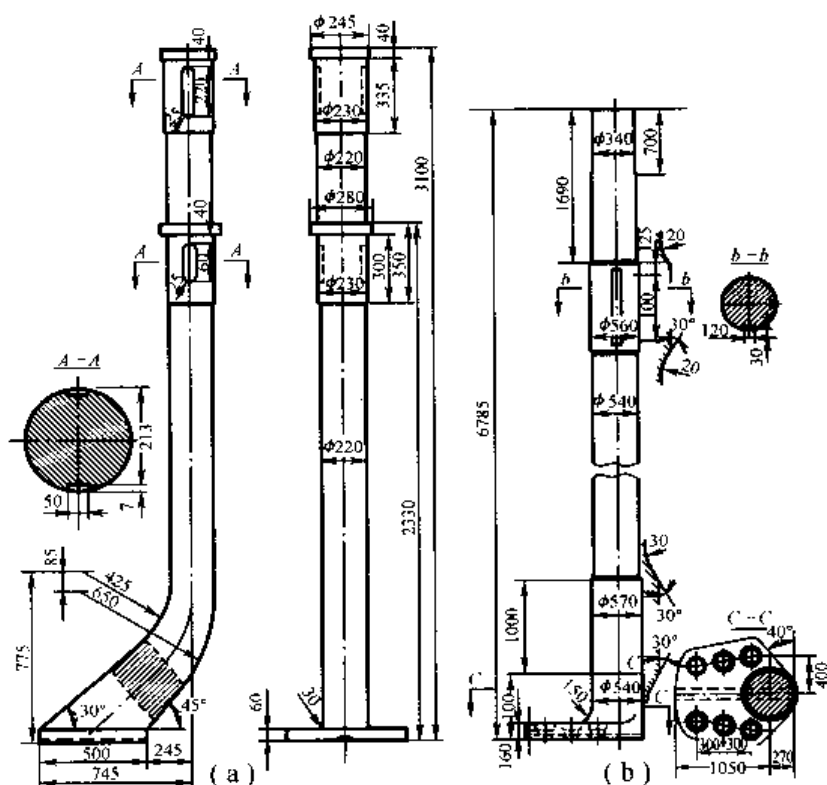


图 1-23 下端部为水平法兰的舵杆
(a)下部弯曲的舵杆;(b)下部竖直的舵杆

舵杆一般为锻钢件。舵杆下端的法兰通常同舵杆一起锻造,但有时为简化舵杆的制作,法兰同舵杆本体分别锻造,然后用电焊连接,这就要求采用高质量的焊接程序予以保障。下部弯曲的舵杆可采用铸、锻、焊结合的方式进行制造,即直杆部分采用锻造,弯曲部分同法兰采用铸造,经热处理后把这两部分用电渣焊连接,焊后再作热处理及探伤检查。

为了保护舵杆避免海水的腐蚀,应对舵杆采取适当的保护措施,诸如合适的密封装置、在舵杆表面涂刷专用涂料,以及在舵杆工作的轴颈处加设保护衬套等。

CCS《海船规范》对于舵杆各部分结构尺寸的规定如下。

1. 舵柄处传递舵扭矩的舵杆直径 D_t (mm) 应不小于按下式计算所得之值:

$$D_t = 4.2 \sqrt{\frac{T}{K_s}} \quad (1-79)$$

式中 T ——舵杆扭矩(N·m),按式(1-55)计算;

K_s ——舵杆材料系数按本节一、第3条确定,相应的许用扭转应力为 $68K_s$ (N/mm)。

式(1-79)适用于上舵承处舵杆无弯矩的情况。若舵机通过舵柄或舵扇对上舵承处的



舵杆产生附加弯矩,则舵柄的舵杆直径应按式(1-80)计算,其中的弯矩 M_b 用附加弯矩代替。

2. 对于双支点平衡舵(见图 1-15)及半悬挂双舵销舵(见图 1-16)的舵杆,其上舵承以下的舵杆直径应不小于上舵承处的舵杆直径。

3. 对于单舵销双支点平衡舵(见图 1-20)及单舵销半悬挂舵(见图 1-21)、悬挂舵(见图 1-22),其下舵承处和下舵承以下的舵杆直径 D_c (mm)应不小于按下式计算所得之值:

$$D_c = D_t \sqrt[6]{1 + \frac{4}{3} \left(\frac{M_b}{T} \right)^2} \quad (1-80)$$

式中 D_t ——舵柄处的舵杆直径(mm),按式(1-79)计算;

T ——舵杆扭矩(N·m),按式(1-55)计算;

M_b ——下舵承至舵叶顶部间舵杆的最大弯矩(N·m),悬挂舵按式(1-74)计算;单舵销双支点平衡舵(见图 1-1-20)及单舵销半悬挂舵(见图 1-21)均应按计算模型直接计算。

4. 当用直接计算法校核下舵承处和下舵承以下的舵杆强度时,舵杆的等效应力 σ_t (N/mm²)应不超过 $118 K_s \text{ N/mm}^2$ (K_s 为舵杆材料系数,见本节一、第 3 条)。

$$\sigma_t = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau_c^2} \quad (1-81)$$

$$\sigma = \frac{10.2 M_b}{D_c^3} \times 10^3 \quad (1-82)$$

$$\tau_c = \frac{5.1 T}{D_c^3} \times 10^3 \quad (1-83)$$

式(1-81)~式(1-83)中:

D_c ——下舵承处的下舵承以下的舵杆直径(mm),按式(1-80)计算;

T ——舵杆扭矩(N·m),按式(1-55)计算;

M_b ——下舵承至舵叶顶部间舵杆的最大弯矩(N·m),与式(1-80)中的 M_b 相同。

5. 下舵承以上的舵杆直径,应尽可能保持与下舵承处的舵杆直径一致,然后逐渐减少至上舵承处的直径。但锥体的长度应不小于两直径差额的 3 倍,锥体以上至上舵承间不应有任何凹槽。

冰区航行的船舶由于在计算舵力时已作修正,因此可按上述计算式确定舵杆直径。拖船的舵杆直径应按上述公式计算所得之值增加 5%,但对于具有 B1*, B1, B2 和 B3 级冰区加强的拖船,可不必增加。

单板舵的舵杆直径按以上各式计算。对悬挂舵,其下段的 1/3 可向下过渡至下舵杆直径的 0.75 倍。

四、舵叶

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、水平隔板以及连接舵杆或舵销的铸钢件等组成。

流线型舵的下舵杆通常以箱形结构代替,该箱形结构由设在铸钢件下方的两块连续垂直隔板和有效舵旁板组成。其余的垂直隔板可连续,也可在水平隔板处切断(见图 1-17 及图 1-24)除了组成箱形结构的垂直隔板不应开孔外,其余的垂直隔板和水平隔板可以开孔,



孔的大小应不超过隔板宽度的一半。

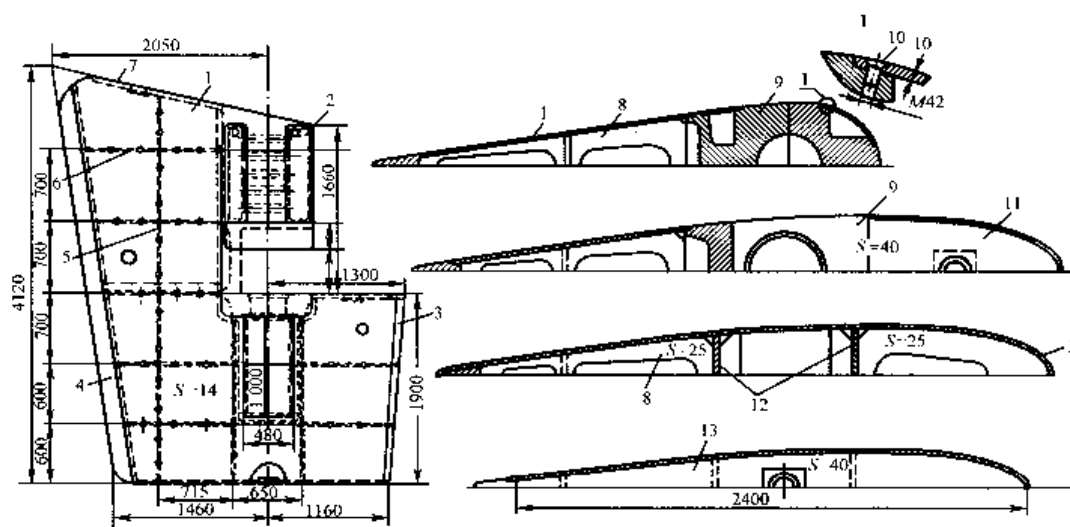


图 1-24 半悬挂舵的舵叶

1—舵叶旁板;2—可拆板;3—导缘端旁板;4—尾端型材;5—垂直的间断隔板;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—垂直的连续隔板;13—舵叶底板

舵叶的导缘通常用钢板弯制。舵叶的尾端(随缘)形式较多,最简单的方法是将两侧的舵叶旁板搭接,但这种形式较易产生裂纹,因此通常的做法是加设型材,如扁钢、圆钢、半圆钢或按舵叶的尾端线型加工的专用型材,如图 1-25 所示。

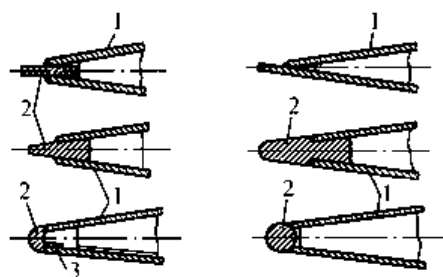


图 1-25 舵叶尾端的型材

1—舵叶旁板;2—尾端型材;3—安装板

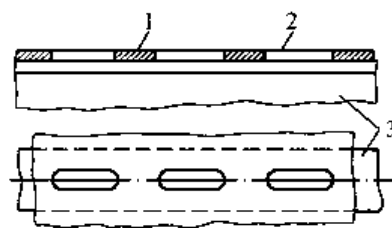


图 1-26 舵叶旁板与隔板的连接

1—舵叶旁板;2—长圆形塞焊孔;3—隔板

在人员不能进入舵内进行焊接时,舵叶的旁板同隔板的连接常常采用这样的方式,即在两侧的旁板上用间断的填角焊缝将隔板焊在旁板上;另一侧隔板上设有垫板,沿着该垫板在舵叶旁板上开长条形塞焊缝孔进行焊接,焊后将焊缝磨平,如图 1-26 所示。塞焊孔的最小长度为 75 mm,最小宽度为舵板厚度的 2 倍,塞焊孔两端为半圆,塞焊孔的间距不超过 150 mm。

为了便于舵叶的安装和拆卸,在舵叶的适当位置处开孔安装钢管,供穿过吊索用。钢管的内径为 70~100 mm,钢管两端不应突出在舵叶旁板外面。

设置舵销的舵和采用锥形端舵杆与舵叶连接的舵,在舵叶上设有可拆盖板,该盖板与舵叶采用螺钉或焊接固定。

舵叶顶板及底板应设有放泄孔,配置用黄铜或不锈钢制作的放泄螺塞。



流线型剖面舵叶结构的具体要求如下。

1. 组成箱形结构的有效舵旁板的宽度应取不大于该处舵叶横向尺度的两倍,也不大于 2.5 倍的下舵承处的舵杆直径或舵顶部连接法兰的长度。

2. 舵旁板、顶板和底板的厚度 t (mm) 应不小于按下式计算所得之值:

$$t = 5.5s\beta\sqrt{d + \frac{F}{A} \times 10^{-4}} + 2.5 \quad (1-84)$$

式中 d ——夏季载重线吃水(m);

F ——舵力(N),按式(1-49)计算;

A ——舵叶面积(m^2)。

$\beta = \sqrt{1.1 - 0.5\left(\frac{s}{b}\right)^2}$, 其中 s 和 b 分别为板格的短边长度和长边长度(m)。如果 $b/s \geq$

2.5, 则取 1。

根据舵旁板的厚度可以得到其他一系列构件的尺寸如下:

(1) 舵顶板和底板的厚度应不小于舵旁板的厚度;

(2) 舵叶内部垂直隔板和水平隔板的厚度应不小于 0.7 倍的舵旁板厚度,且不小于 8 mm;

(3) 舵叶的导边板厚度应不小于 1.2 倍的舵旁板厚度,但也不必大于 22 mm;

(4) 半悬挂舵(见图 1-24)在下舵销区域的舵旁板应加厚,其厚度应较按式(1-84)计算所得之厚度增加 80%,加厚的舵旁板应延伸超过连续垂直隔板和下舵销区域上下的水平隔板,在角隅处应有尽可能大的圆角。

3. 舵叶制作完成后应按规范要求作密性试验。密性试验合格后进行舵内涂装,具体方法为灌注沥青液,并使舵叶转动,以期沥青液能到达舵叶内各个部分,然后将剩余的沥青液倒出。有时在舵叶内部涂装后,填充聚胺脂自发泡泡沫塑料。

五、舵杆与舵叶的连接

舵杆与舵叶目前常用的连接方式有法兰连接及锥体连接。

(一) 法兰连接

舵杆与舵叶的法兰连接中最常用的是水平法兰连接,很少采用垂直法兰连接。

连接法兰的形状和尺寸取决于连接的强度要求、法兰所在处的舵剖面的形状及螺栓布置的要求等因素。连接螺母应采用开口销或焊接的制动板紧固以防止螺母脱落。为了保护螺栓和螺母的外露部分,填敷水泥或其他填充物。水平法兰的连接面处最好设置紧配键,以减少螺栓受力。

水平法兰连接按 CCS《海船规范》的要求如下。

1. 连接法兰的螺栓直径 d_b (mm) 应不小于按下式计算所得之值:

$$d_b = 0.62\sqrt{\frac{D_c^3 K_c}{n E_b K_b}} \quad (1-85)$$

式中 D_c ——下舵承处舵杆直径(mm);

n ——螺栓总数,至少有 6 个;

E_b ——螺栓中心与螺栓系中心的平均距离,应不小于是 0.9 倍的下舵承处的舵杆直径 D_c 。如果连接法兰承受弯曲应力(如悬挂舵),则螺栓中心到法兰纵向中心



线间的平均距离应不小于 $0.6D_c$;

K_s, K_b ——分别为舵杆材料系数和螺栓材料系数,均按本节—第3条确定。

2. 连接法兰的厚度 t (mm) 应不小于按下式计算所得之值,但不小于 $0.9d_b$:

$$t = d_b \sqrt{\frac{K_b}{K_f}} \quad (1-86)$$

式中 d_b ——按不超过8个螺栓数计算所得之螺栓直径(mm);

K_b, K_f ——分别为螺栓材料系数和法兰材料系数,均按本节—第3条确定。

3. 螺栓外侧的宽度应不小于0.67倍的螺栓直径。

4. 连接法兰的螺栓应为铰孔螺栓,螺母应有可靠的制动装置。

5. 连接法兰应配有紧配键,以减轻螺栓的负荷。如果螺栓直径按式(1-85)计算所得值再增加10%,则可不装紧配键。

6. 如果舵杆与法兰分别锻制并用焊接连接时,则应在整个结合面内焊透,并应符合船级社规范对于焊接的要求。

BV《海船规范》规定,当舵杆直径不超过350 mm时,连接法兰和舵杆可以焊接,但法兰厚度应增加10%。

GL《海船规范》规定,悬挂舵只有连接法兰的规定厚度小于50 mm时,才允许使用水平法兰。

(二) 锥体连接

舵杆与舵叶的锥体连接可分为有键连接和无键连接,其锥体长度一般应不小于1.5倍下舵承处的舵杆直径,且锥形部分应无阶梯地过渡到圆柱部分。

1. 有键锥体连接

采用键连接时,键沿着锥体的母线安装。键的材料总是比舵杆或承座(舵叶上部的铸钢件)的材料强度高。键的尺寸根据其受剪和侧面受挤压的情况确定,对于传递大扭矩的锥体连接应设置两个键,但在计算时只考虑一个半键起作用,因为键与键槽不可能制作得绝对精确。

有键锥体连接按CCS《海船规范》的要求如下。

(1) 锥体连接应具有1:8~1:12的锥度,锥体长度应不小于1.5倍的下舵承处的舵杆直径。舵杆下端应用螺母紧固,螺母应有可靠的止动装置。

(2) 锥体连接应装有键,该键应安装在舵的前后方向上,键的剪切面积 A_s (cm²) 应不小于按下式计算所得之值:

$$A_s = \frac{16T_f}{D_k \sigma_s} \quad (1-87)$$

键的受挤压面积 A_k (cm²) (不计圆边部分) 应不小于按下式计算所得之值:

$$A_k = \frac{5T_f}{D_k \sigma_s} \quad (1-88)$$

式(1-87)及式(1-88)中:

T_f ——舵杆的设计屈服扭矩(N·m),按式(1-89)计算;

D_k ——舵杆锥体装键处的平均直径(mm);

σ_s ——键、舵杆或承座材料的屈服强度(N/mm²),取其中较小者。



舵杆的设计屈服扭矩 T_f (N·m) 应按下式计算:

$$T_f = 0.026 \ 64 D_i^3 K_s \quad (1-89)$$

式中 D_i ——按本节式(1-79)计算的舵杆直径(mm), 如果实际直径大于 D_i , 应取实际直径, 但不必大于 $1.15 D_i$;

K_s ——舵杆材料系数, 按本节—第3条确定。

(3) 螺母的尺寸如图 1-27 所示。

并应符合下列要求:

螺纹外径: $d_g \geq 0.65 D_i$;

螺母长度: $h_n \geq d_g$

螺母外径: $d_n \geq 1.2 D_u$ 或 $1.5 d_g$, 取较大者。

(4) 舵叶内的承座在其长度中点(不计及键槽)处的厚度就不小于舵柄处舵杆直径的 0.5 倍或下舵承处舵杆直径的 0.3 倍, 取其较大者。承座与垂直隔板应有良好的连接, 以保证能承受承座的载荷。

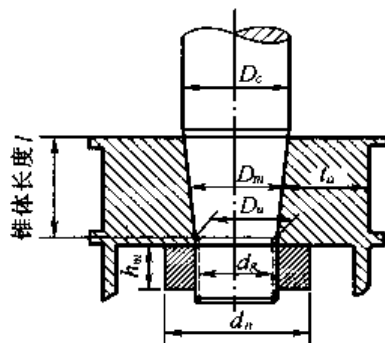


图 1-27 锥体连接螺母

2. 无键锥体连接

无键锥体连接是利用舵杆同舵叶上部的铸钢件的锥形表面之间的摩擦力传递扭矩的。为使这两个锥体表面之间有足够的摩擦力, 需施加较高的压力。施力的方法目前常用的是液压螺母装配法, 如图 1-28 所示。

CCS《海船规范》对于无键锥体连接的要求如下。

(1) 舵杆与舵叶间采用液压装配或冷缩配合的无键锥形连接具有直径为 1:12~1:20 的锥度。锥体长度应不小于 1.5 倍的下舵承处的舵杆直径。

(2) 舵叶内的承座在其长度中点处的厚度就不小于舵柄处舵杆直径的 0.5 倍或下舵承处舵杆直径的 0.3 倍, 取较大者。承座与垂直隔板和水平隔板应有良好的连接。

(3) 为了使舵杆与舵叶之间的连接能安全地传递扭矩, 应按下列要求确定推入长度的推入压力:

推入长度 S 应满足下式要求:

$$S_1 \leq S \leq S_2$$

最小推入长度 S_1 (mm) 为:

$$S_1 = \frac{1}{k_1} \left[\frac{2pD_m k_2^2}{E(k_2^2 - 1)} + 0.02 \right] \quad (1-90)$$

最大推入长度 S_2 (mm) 为:

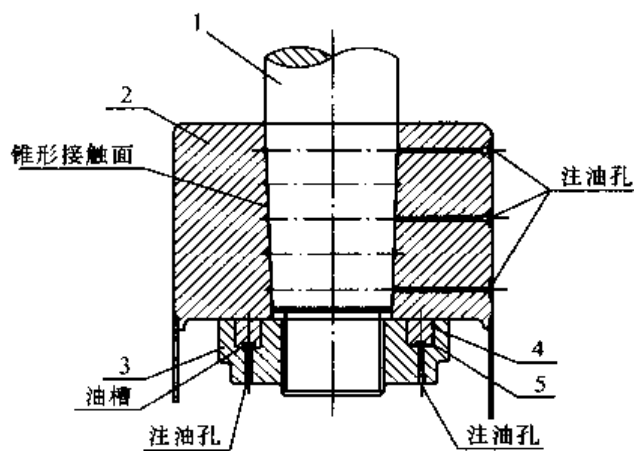


图 1-28 采用液压螺母装配的无键锥体连接

1—舵杆; 2—舵叶上部铸钢体(承座); 3—液压螺母本体;
4—O形密封圈; 5—压紧环



$$S_2 = \frac{1}{k_1} \left[\frac{1.4\sigma_s D_m h_2^2}{E \sqrt{3k_2^4 + 1}} + 0.02 \right] \quad (1-91)$$

式中 对于非悬挂舵, $p = \frac{8.5 K_s D_t^3}{D_m^2 f} (\text{N/mm}^2)$;

对于非悬挂舵, $p = \frac{6 M_b}{D_m l^2} \times 10^3 (\text{N/mm}^2)$;

k_1 ——锥体的直径锥度;

$k_2 = (D_m + 2t_a)/D_m$;

l ——锥体长度(mm), 见图 1-27;

D_m ——锥体的平均直径(mm)见图 1-27;

t_a ——承座的平均厚度(mm)见图 1-27;

D_t ——舵柄处舵杆直径(mm), 按式(1-79)计算;

M_b ——下舵承处舵杆弯矩($\text{N}\cdot\text{m}$), 见本节三第 3 条式(1-80)的说明;

K_s ——舵杆材料系数, 按本节一第 3 条确定;

σ_s ——承座材料的屈服强度(N/mm^2);

E ——弹性模量, 取 $2.04 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$;

f ——摩擦系数, 对于液压连接取 0.15, 对于干式锥形连接取 0.18。

推入压力 $P(\text{N/mm}^2)$ 应按下式计算:

$$P = \frac{SE(k_2^2 - 1)k_1}{2D_m k_2^2} \quad (1-92)$$

式中 K_1, K_2, D_m 及 E 同上所述;

S ——按上述确定的推入长度(mm)。

此外, GL 对于无键锥体连接也有明确的要求, 详见 GL《钢质海船入级与建造规范》。

六、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 1-29 所示为半悬挂舵与挂舵臂连接方式。

舵销通常用锥体连接方式固定, 如同锥体连接的舵与舵杆, 但很少用键。因为由舵销轴承产生的摩擦力矩不大, 但由于锥体承受一定的弯矩, 所以应按本节五锥体连接的要求进行设计。

舵销的工作部位用耐磨和耐腐蚀的材料制成的轴套包覆, 轴套的材料可以是: 青铜、黄铜和不锈钢。舵销与轴套采用过盈配合。轴套两端与舵销接触处, 有时开槽并充填密封填料, 如腻子、橡胶绳或环氧树脂, 以防海水进入它们的接触表面。

与轴套配合的轴承衬套材料有铁梨木、白合金、合成材料(如酚醛树脂热塑材料)以及钢(不锈钢、耐磨钢)、青铜和热压青铜、石墨材料等。铁梨木由于资源匮乏目前已很少采用, 白合金必须用油润滑, 合成材料通常为水润滑, 金属衬套可用水润滑, 也可用油润滑。一般合成材料的使用寿命为 10 年, 且更换方便, 因而获得广泛采用。轴套与轴承衬套匹配方式如下:

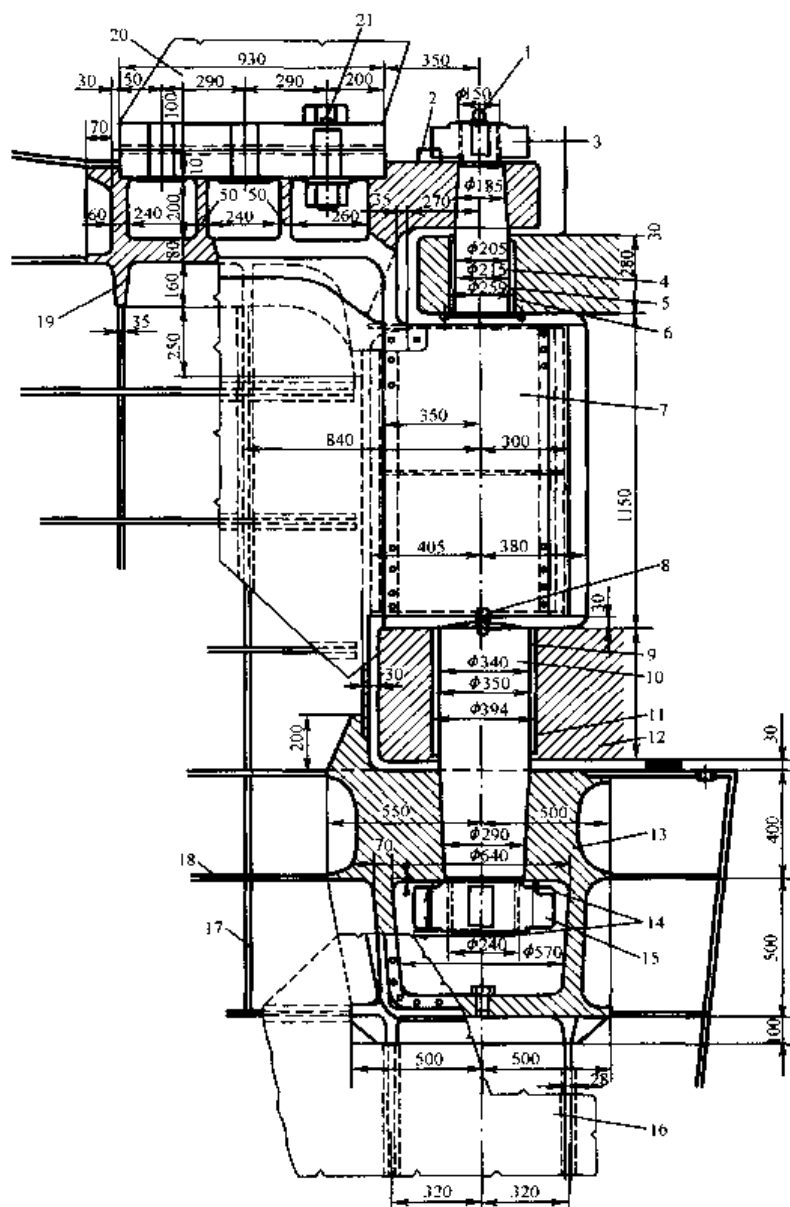


图 1-29 双舵销半悬挂舵的连接

1—吊环螺钉;2,14—止动块;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;15—下舵销螺母;
16—舵叶旁板;17—垂直隔板;18—水平隔板;19—连接法兰铸钢件;20—
带法兰的舵杆;21—法兰连接螺栓

铁梨木对青铜或黄铜;

青铜对不锈钢;

合成材料对青铜或不锈钢。

衬套同舵钮孔采用紧配合,轴承端部设止动垫圈固定或制成凸肩。

舵销锥体部分应无阶梯地过渡到圆柱部分,锥体端部有螺纹,用螺母固紧,螺母应装设止动装置或开口销。

CCS《海船规范》对舵销及舵钮连接的要求如下。



1. 舵销与销座应为锥形配合, 锥体长度应不小于舵销直径。对于键连接和其他人工装配并用止动螺母锁紧的舵销, 应具有直径为 1:8 ~ 1:12 的锥度。对于用注油和液压螺母安装的舵销, 应具有 1:12 ~ 1:20 的锥度。

2. 舵销直径 D_p (mm) 应不小于按下式计算所得之值:

$$D_p = 0.35 \sqrt{\frac{P}{K_p}} \quad (1-93)$$

式中 P 为舵销对舵叶的支持力 (即舵销轴承支持力, N) 按本节式 (1-60)、式 (1-61)、式 (1-66)、式 (1-67)、式 (1-68) 及式 (1-69) 等计算。

拖船的舵销直径应较式 (1-93) 计算所得之值增大 5%, 但对于有 B1*, B1, B2 和 B3 冰区加强的拖船, 可不按本条要求增强。

3. 螺母的尺寸应按本节五、(二) 锥体连接中的 1 款 (3) 的要求予以确定, 但在计算时以舵销直径 D_p 代替舵杆直径 D_c 。

4. 销座的厚度应不小于 0.25 倍的舵销直径。

5. 舵销轴承的长度应不小于舵销衬套的直径, 但不应超过舵销衬套直径的 1.2 倍, 轴承衬套外侧的舵钮厚度应不小于 0.25 倍的舵销直径。

七、舵承

舵承按其受力状态可分为: 支撑舵承及支撑推力舵承, 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, 舵承的摩擦可采用滑动轴承或滚动轴承。

上舵承通常为支撑推力舵承, 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舵机的一个组成部分时, 可以不必另设上舵承。

图 1-30 为非水密滚子上舵承, 这种上舵承采用双列向心球面滚子轴承。

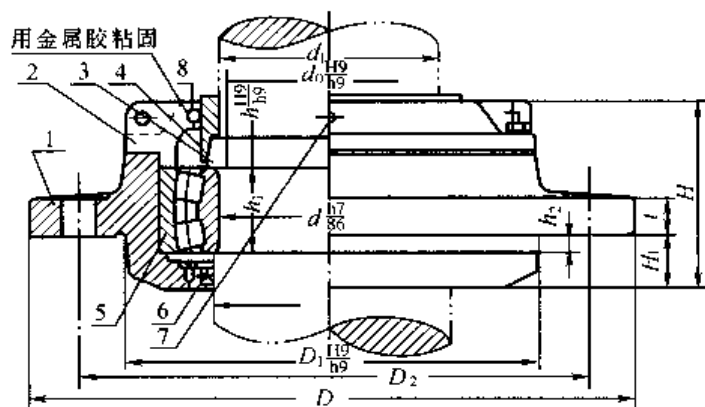


图 1-30 非水密滚子上舵承

1—舵承本体; 2—压盖; 3—挡圈; 4—套圈; 5—滚子舵承; 6—毡封油圈; 7—油杯; 8—O形密封圈

中间舵承和下舵承均为支撑舵承, 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 (见图 1-16)。

图 1-31 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。

通海的舵杆套筒, 应在最大载重水线之上安装密封填料函, 以防止海水进入舵机舱, 冲走舵承上的润滑剂。如果上舵承安装位置低于最深载重水线时, 还需另设一道密封填料函。

1. CCS《海船规范》关于舵杆、舵销及舵轴的滑动轴承的要求

(1) 轴承应有足够的润滑, 其支撑面积 A_b (mm²) 即支撑面的长度乘以直径之值, 应不小



于按下式计算所得之值:

$$A_b = \frac{P}{[P]} \quad (1-94)$$

式中 P ——轴承的支持力(N),按本节二、(三)中舵杆舵叶系统的受力分析进行计算;
 $[P]$ ——许用表面压力 N/mm^2 ,见表 1-8。

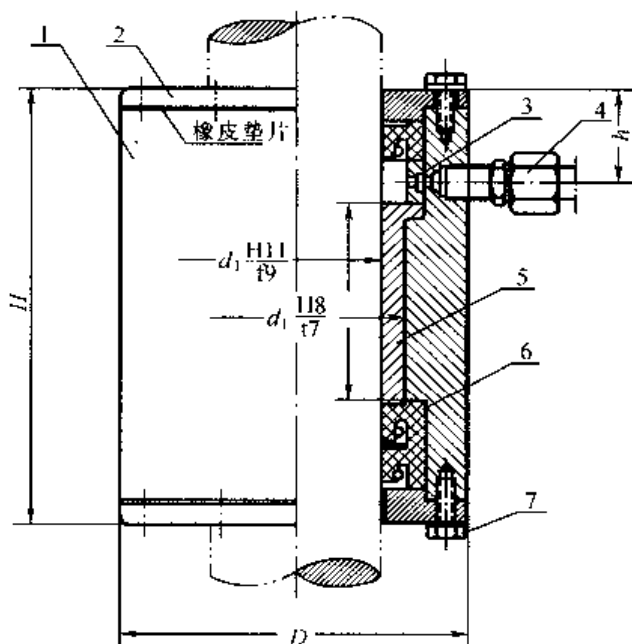


图 1-31 滑动水密下舵承

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

表 1-8 轴承许用表面压力

轴承衬套材料	$[P]$ $N \cdot mm^{-2}$
铁梨木	2.5
白合金、油润滑	5.5
肖氏硬度 ^① 在 60 至 70 之间的合成材料	5.5
钢 ^② 、青铜及热压青铜—石墨材料	7

注:①压痕硬度试验应在 23 ℃及具有 50% 湿度情况下,按公认的标准进行,合成材料应是认可型的。

②指不锈钢和耐磨钢,并以认可方式同舵杆衬套组合。

(2) 支撑面的长度和直径之比不大于 1.2。

(3) 金属轴承的径向间隙 δ (mm) 应不小于按下式计算所得之值:

$$\delta = \frac{d}{1000} + 1 \quad (1-95)$$

式中 d ——支撑面的直径(mm)。

如采用非金属轴承,轴承的径向间隙应考虑材料的膨胀和热膨胀特性予以专门确定,无论如何该间隙应小于 1.5 mm。

2. 舵轴承采用滚动轴承时的安全系数

(1) 支撑轴承的安全系数 n_0 按下式计算:

$$n_0 = \frac{Q_c}{P_i} \quad (1-96)$$

式中 Q_c ——滚动轴承的允许静负荷;

P_i ——轴承上的径向负荷等于舵杆在该支点的支反力。

对普通舵和辛浦莱舵: $n_0 = 2 \sim 3$;

对半悬挂舵: $n_0 = 3 \sim 4$;

对悬挂舵和转动导流管: $n_0 = 4 \sim 5$ 。



(2) 支撑——推力轴承的安全系数 n_y , 按下式计算:

$$n_y = \frac{Q_c}{Q_p} \quad (1-97)$$

式中 Q_c ——滚动轴承的允许静负荷(kN);

Q_p ——换算工作负荷(kN), 按下式计算:

$$Q_p = 1.3[P_i + m(P_r + P_s)] \quad (1-98)$$

式中 P_i ——轴承上的径向负荷, 等于舵杆在该支点的反力(kN);

$(P_r + P_s)$ ——舵叶和舵杆的质量组成的轴向负荷(kN);

m ——换算系数(按轴承标准选择)。

八、止跳装置

船舶在航行时, 舵叶因受到波浪冲击和其他因素的影响, 可能会发生垂直移动。为防止舵被抬升, 应配有适当的防止舵上抬的止跳装置。

止跳装置根据舵的结构形式可以采取不同的方式。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 1-32 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。

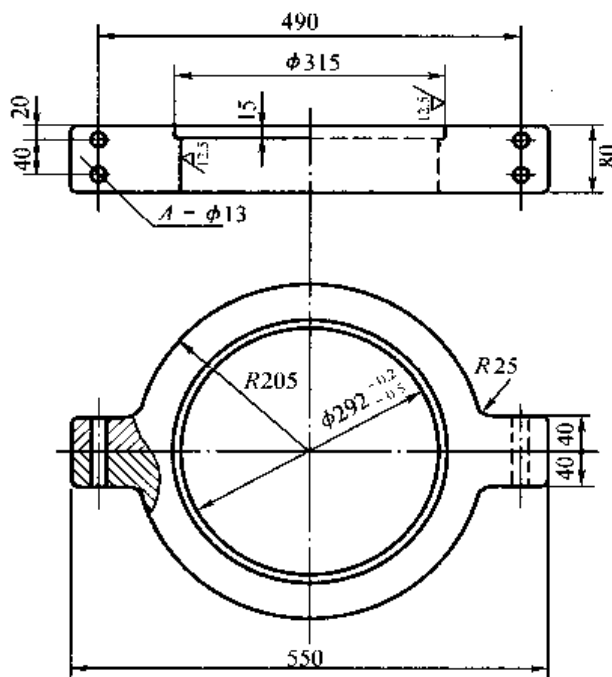


图 1-32 止跳环

九、舵角机械止动装置

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, 还应设置机械止动装置, 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机械止动装置, 因此不必另行设置机械止动装置。电动舵机常在舵扇两侧设置机械止动装置。舵角机械止动装置设置于舵柄两侧, 止动装置应有坚固的结构, 并同船体结构牢固地连接。

第七节 操舵装置

一、操舵装置的基本要求

1. 操舵装置的基本类型

操舵装置按其使用要求可分为主操舵装置和辅助操舵装置。

主操舵装置系指在正常航行情况下, 为驾驶船舶而使舵产生动作所需的机械、转舵机构、舵机装置动力设备及其附属设备和向舵杆施加转矩的部件(如舵柄及舵扇)。主操舵装置能在船舶最大航海吃水和最大营运前进航速时进行操舵使舵自任一舷的 35° 转至另一舷



的 35° , 并且于相同条件下自一舷的 35° 转至另一舷的 30° 的时间不超过 28 s 。为此, 舵柄处的舵杆直径(不包括冰区航行加强)大于 120 mm 时, 主操舵装置应为动力操作。同时, 主操舵装置和舵杆应设计成在船舶最大后退速度时不致损坏。

辅助操舵装置系指在主操舵装置失效时, 为驾驶船舶所必需的设备。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。辅助操舵装置应具有足够的强度和足以在可驾驶的航速下操纵船舶, 并能在应急情况下迅速投入工作。具体来说, 应能在船舶最大航海吃水和最大营运前进航速的一半但不小于 7 kn 时进行操舵, 舵自一舷的 15° 转至另一舷的 15° , 且所需时间不超过 60 s 。为此, 在任何情况下当舵柄处的舵杆直径(不包括航行冰区的加强)大于 230 mm 时, 辅助操舵装置应为动力操作。

人力操舵装置只需当其操作力在正常情况下不超过 160 N , 且确保其结构不致对操舵手轮产生破坏性的反冲作用时, 方允许装船使用。

2. 海船操舵装置的配置。

每艘船舶均应配置一套主操舵装置和一套辅助操舵装置。主操舵和辅助操舵装置应满足当其中一套发生故障时不致引起另一套也失效。

当船舶配备的主操舵装置具有两台或几台相同的动力设备时, 可不设置辅助操舵装置。但是对客船来说, 任一台动力设备不工作时, 主操舵装置仍能按规定进行操舵; 对货船来说, 则在所有动力设备都工作时, 主操舵装置能按规定进行操舵。

$10\,000$ 总吨及以上的油船、化学品船、液化气体运输船和 $70\,000$ 总吨及以上的其他船舶, 其主操舵装置应设有两台或几台相同的动力设备, 并能达到上述操舵要求。

3. 操舵控制系统

主操舵装置应在驾驶室和舵机舱两处都设有控制器(操舵器)。当主操舵装置设有两台或几台相同的动力设备时, 应设置两套独立的控制系统, 且每套系统均应在驾驶室控制。但这并不要求设双套操舵手轮或手柄。若控制系统由液压遥控传动装置组成时, 除 $10\,000$ 总吨及以上的油船、化学品船、液化气体运输船外, 不必设置第二套独立控制系统。

$10\,000$ 总吨及以上的每艘油船、化学品船、液化气运输船的主操舵装置应包括两个相同的动力转舵系统在正常运行中同时工作能满足正常操舵的要求。当一个动力转舵系统的任何部分(但除舵柄、舵扇或为同样目的服务的部件因转舵机构卡住外)发生单项故障以致丧失操舵能力时, 应在 45 s 内能够重新获得操舵能力。

辅助操舵装置应在舵机舱进行控制, 若辅助操舵装置是用动力操纵, 则也应能在驾驶室实行控制, 并应独立于主操舵装置的控制系统。

二、船用舵机的类型及扭矩确定

舵机按其动力源可分为: 液压舵机、电动舵机及人力舵机。液压舵机又可分为: 手动、机动及电-液驱动。现代船舶上广泛使用电-液驱动的液压舵机。人力舵机仅在小艇、非自航驳船及小型船舶上使用, 电动舵机已逐渐被液压舵机取代。

操舵装置的选择实质上是舵机的选择, 以及对舵机型式及其扭矩的确定。在确定舵机扭矩时除了舵上的水动力造成的舵杆扭矩外, 还应计及舵系统各支撑处的摩擦力矩, 而其中最主要的是舵杆轴承的摩擦力矩。

操舵装置总的计算扭矩 $T_c(\text{N}\cdot\text{m})$ 可按下式计算:

$$T_c = T + \sum T_f \quad (1-99)$$



$$\sum T_f = 0.5\mu \sum d_i P_i \quad (1-100)$$

式(1-99)及式(1-100)中:

T ——作用于舵上的水动力引起的舵杆扭矩($N \cdot m$),本章第六节二、(二)所述计算;

$\sum T_f$ ——诸舵承处摩擦力矩之和($N \cdot m$);

μ ——舵承处摩擦系数(见表 1-9);

d_i ——舵轴承处舵杆直径(m);

P_i ——舵轴承处的支撑反力(N),应按作用舵上的水动力直接计算。

表 1-9 舵承处摩擦系数

滑动轴承摩擦系数		滚动轴承摩擦	
钢对青铜	0.06 ~ 0.10	滚动球轴承	0.15
青铜对青铜	0.04 ~ 0.14	滚柱轴承	0.03
压层胶布对青铜	0.12 ~ 0.14 润滑油		
	0.15 海水润滑		

在设计初始阶段,舵的总的摩擦力矩 T_f 可按水动力引起的舵杆扭矩 T 估算:

$$T_f = (0.10 \sim 0.15) T \quad (1-101)$$

$$T_f = (0.15 \sim 0.20) T \quad (1-102)$$

$$T_f = (0.20 \sim 0.30) T \quad (1-103)$$

三、人力操舵装置

人力操舵装置的主要形式有:舵索传动的操舵装置、刚性传动的操舵装置以及手动液压操舵装置。

舵索传动的操舵装置如图 1-33 所示,使用舵柄的缺点是传动时两侧舵索的收放长度有所不同,影响操舵稳定性,因此尽可能采用舵扇。操舵索通常应采用链条,但直径小于 15 mm 的舵链可用破断负荷相当的柔韧镀锌钢丝绳代替。系统中的部分操舵链可用拉杆代替,拉杆的直径应为操舵链直径的 1.2 倍。导向滚轮(链轮)的节圆直径应不小于舵链直径的 12 倍。在每一侧的舵链中应装设弹簧缓冲器。

刚性传动的操舵装置较操舵索(链)传动更为可靠,适用于小型船舶及非自航驳船。图 1-34 所示的人力操舵轴系传动装置采用小轴(或管状轴)传动,其长度约 3 ~ 4 m。轴与轴之间采用万向接头连接,并设置补偿船体变形产生的轴向位移,其补偿值约 ± 35 mm。中间轴承可采用滑动轴承或滚动轴承。其间距约 70 ~ 80 倍轴径。

四、电动操舵装置

电动操舵装置由电动舵机及其控制系统、舵角限制器和应急操舵装置组成,其电源为直流或交流,通常用于中等尺度的船舶上。电动舵机的转舵力矩通常在 6.3 ~ 160 $N \cdot m$ 的范围内,过人的转舵力矩将使电动舵机显得过分庞大和笨重。

电动舵机通常由电动机(交流或直流)、减速箱、制动装置、舵扇及缓冲弹簧组成,舵扇空

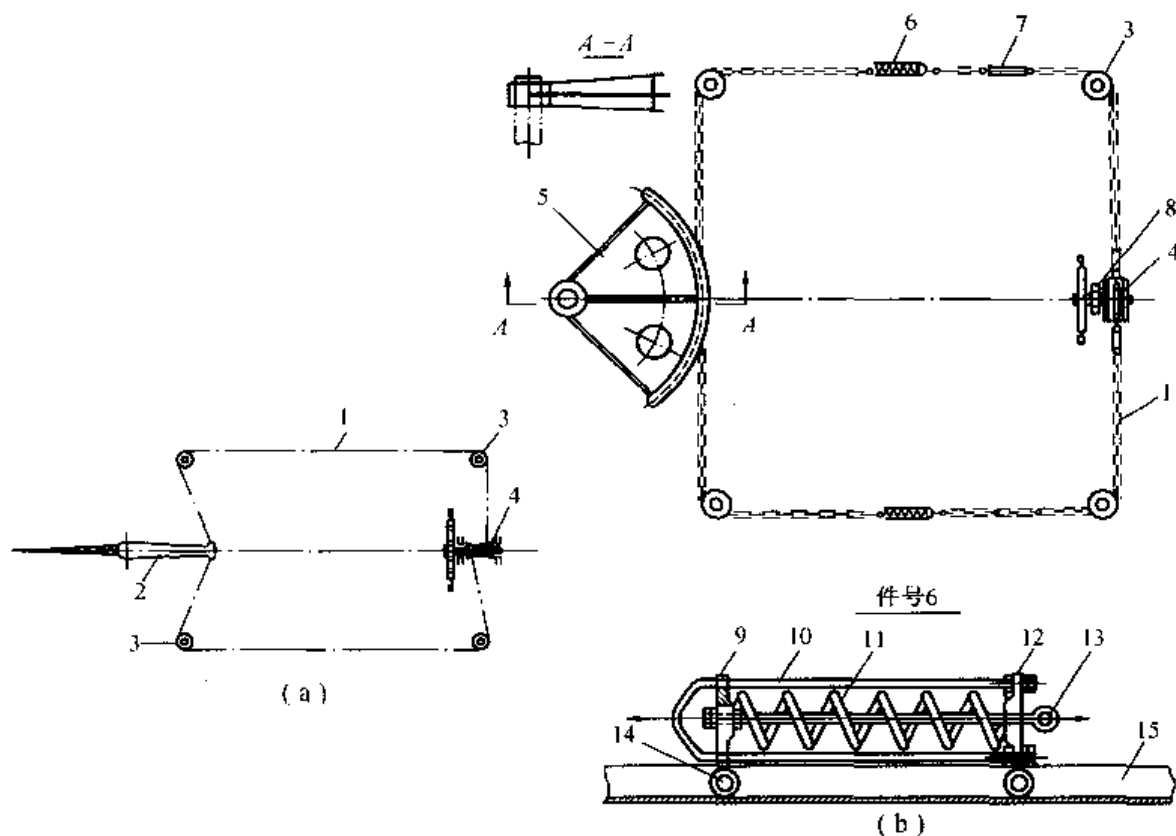


图 1-33 舵索传动的人力操舵装置

(a)舵柄式;(b)舵扇式

1—操舵索(链);2—舵柄;3—导向滚轮;4—手操舵滚筒(或链轮);5—舵扇;6—缓冲器;7—松紧螺旋扣;8—减速装置;9,12—调整板;10,13—拉杆;11—弹簧;14—滚轮;15—导轨

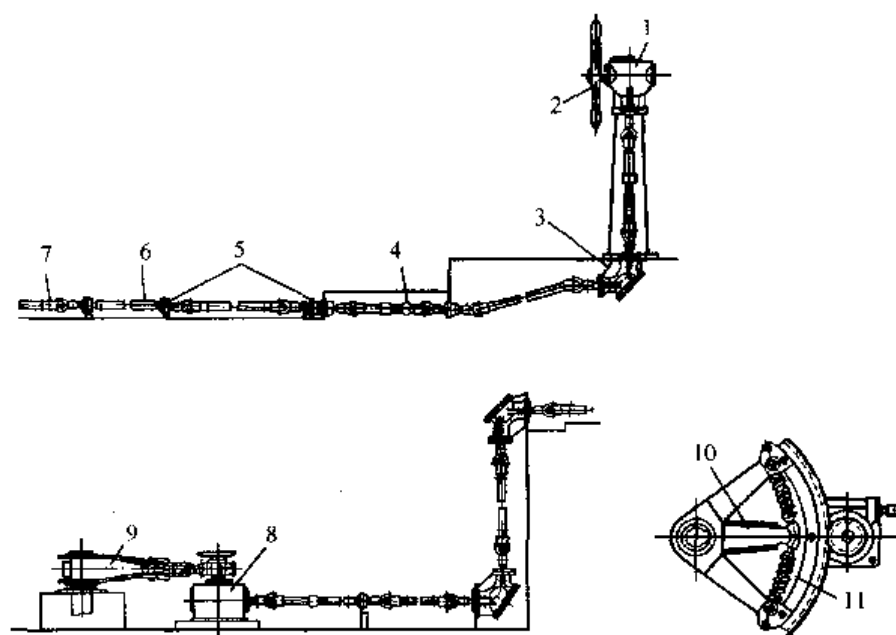


图 1-34 刚性传动的人力操舵轴系传动装置

1—手动舵机;2—舵轮;3—转角传动齿轮;4—补偿联轴器;5—轴承;6—小轴;7—万向接头;8—蜗杆传动装置;9—舵扇;10—舵柄;11—缓冲弹簧;



套在舵杆上,舵柄与舵杆连接,舵扇与舵柄之间设置缓冲弹簧。因此其传动方式为:电动通过减速箱驱动舵扇,再通过缓冲装置带动舵柄使舵转动,缓冲弹簧的作用是减少传动装置承受的冲击负荷。

电动舵机的减速装置主要有两种形式,一种为电动机经蜗杆、蜗轮及行星齿轮减速;另一种为电动机经蜗杆、蜗轮及正齿轮减速。图 1-35 所示为蜗杆、蜗轮及行星齿轮减速的电动舵机。

电动舵机由于其结构复杂,制造精度要求高,体积庞大和质量大等原因,目前已几乎不再采用,而由各种形式的电液驱动的液压舵机代替。

五、电液驱动操舵装置

液压操舵装置是利用液体的不可压缩性及流量、流向和压力而制造的具有可控性的操舵机构。其主要部分为:油泵、推舵机构及控制阀件等。通过控制系统把舵机操纵台发出的操舵信号传递给舵机,以使其按照驾驶人员的意图及时准确地转舵,并在舵叶转到给定舵角时停止。从而保证实际角与指令舵角的一致性。

电动液压舵机是目前使用最为广泛的动力操纵的操舵装置,通常设置专用的油泵电动机组(或称动力柜)作为动力源,此时还应配有储备油箱,用以补充动力柜的油箱。

电动液压舵机的推舵机构按其动作方式基本上分为两类,一类为往复式,目前常用的有采用柱塞式油缸的拨叉式推舵机构。另一类为回转式,可分为转叶式转舵机构和圆弧形撞杆式转舵机构。

柱塞式电动液压舵机按泵的形式可分为变量泵式和定向泵式。变量泵式的控制系统普遍采用辅助泵驱动的伺服机构(浮动式杠杆追随机构)控制主油泵的流向与流量,也有采用力矩马达控制油泵改变油的流向和流量,因此又称为泵控式液压舵机,一般用于转舵力矩较大,也就是所需功率较大的液压舵机。定向泵式则用换向阀(电磁阀、电液阀、液控阀等)改变油流方向,故而又称阀控式液压舵机,适用于中小功率的液压舵机。

摆缸式电动液压舵机通常设置双作用活塞式油缸,按照缸体转动轴的位置可分为端铰式(见图 1-36)和中铰式。

摆缸式推舵机构的主要优点是质量小,布置灵活,但转矩特性不够理想,其转舵力矩随着舵角的增大而减小。工艺上对油缸和活塞杆加工精度及密封要求均较高,而且为适应缸体的摆动必须采用口径较大的高压软管。此外铰接点的磨损也较大,机构工作时会出现撞击现象。因此摆缸式转舵机构一般用于功率不大的液压舵机。国产的摆缸式电动液压舵机规格为 6.3~160 kN·m。

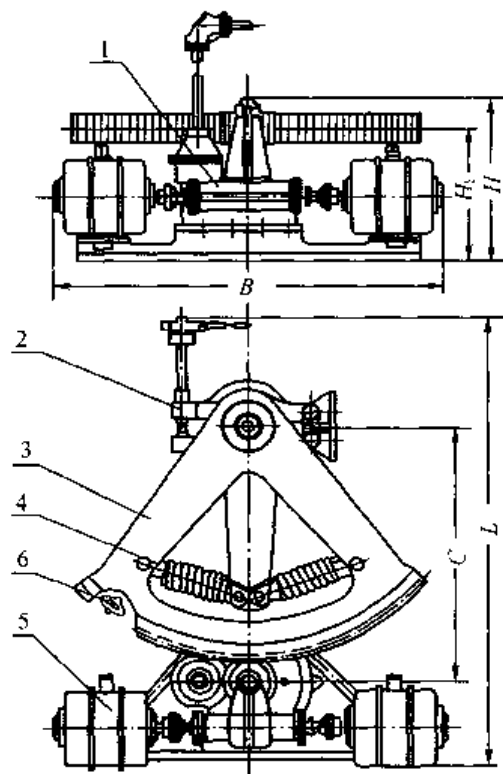


图 1-35 蜗轮-蜗杆-行星齿轮减速的电动舵机

1—减速箱;2—制动装置;3—舵扇;4—缓冲装置;
5—电动机;6—舵扇托轮

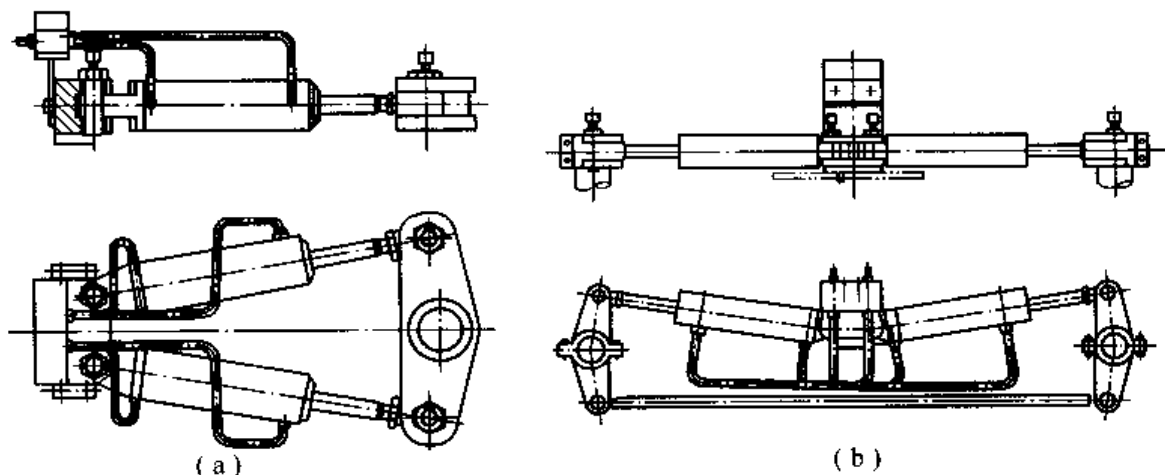


图 1-36 端铰摆缸式推舵机构

(a)单舵;(b)双舵

拨叉式和摆缸式电动液压舵机除了采用电控换向阀或变量泵控制外,对于较小转矩的舵机(30 kN·m 以下)还可采用直控式操舵,也即其油泵用电动机驱动,油泵及推舵机构的进出油管均通到驾驶室同舵机操纵台的手动换向阀连接,操舵时由操舵台控制换向阀改变油流方向,从而改变转舵方向。此外,所有拨叉式及摆缸式液压舵机均可配置应急操舵装置,通常该装置设在舵机舱内进行操作。

转叶式电动-液压机是由转叶直接带动的。由于从油缸到舵杆无需任何传动机构,同时又使舵杆仅随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、质量轻、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 1-37 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在改变。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。

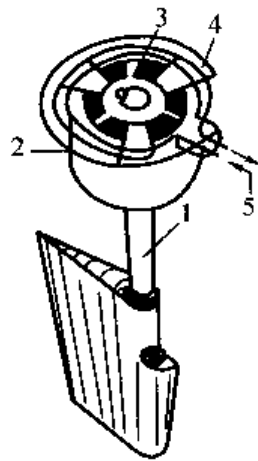


图 1-37 三转叶式液压舵机转舵示意图

1—舵杆;2—缸体;3—转叶;4—定叶;5—油管

第八节 特种舵及其他操纵装置

除了常规舵以外,为了提高舵的效能和螺旋桨的效率,还有很多形式各异的特种舵。反应舵,舵叶的导缘以螺旋桨轴为界,由上下向左右扭曲。其扭曲的偏度以在螺旋桨轴



线处最大,然后向上下减少,其扭曲的偏度到一定位置后,舵叶剖面仍为对称的机翼剖面。其扭曲的方向以螺旋桨轴线为界,右旋螺旋桨,舵导缘上部向左舷扭转,下部向舷扭转,左旋螺旋桨后的舵其扭曲方向则刚好相反,如图 1-38 所示。

整流帽舵是在单螺旋桨船舶上,顺着螺旋桨轴线,在舵上设置整流帽,其形状为对称机翼剖面的旋转体,或近似于椭圆体,如图 1-39 所示。由于整流帽填充了通常是涡流低压区的空间,从而使得螺旋桨桨毂区的尾流得到改善,不仅提高了螺旋桨的推力和效率,消除螺旋桨帽后的腐蚀现象,还能改善船尾的振动情况。

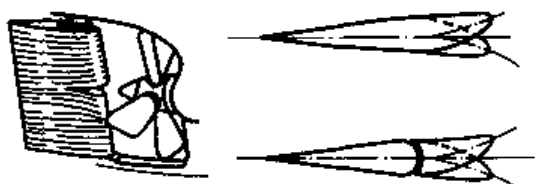


图 1-38 反应舵

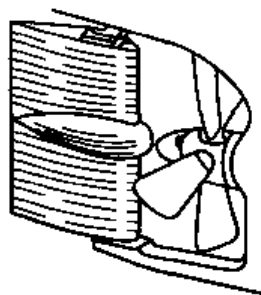


图 1-39 整流帽舵

差动舵是由三个或三个以上的舵组成的舵组。转舵时,各舵的舵角各有差异。图 1-40 是差动舵传动示意图。

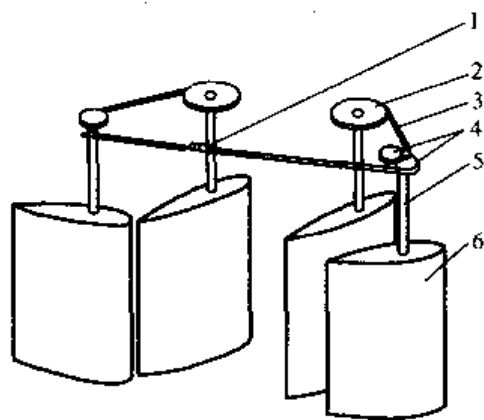


图 1-40 差动舵传动示意图

1—弹簧;2—绳轮;3—钢丝绳;4—偏心轮;5—舵杆;6—舵

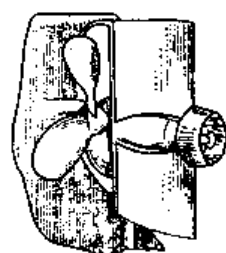


图 1-41 主动舵

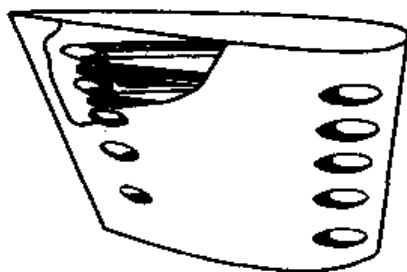


图 1-42 麦鲁舵

主动舵是将普通舵同小型导管螺旋桨组合为一体,转舵时处于舵叶中部后缘的螺旋桨



一起转动,在舵剖面中心线方向产生推力,见图1-41。由于主动舵的最大舵角达到 $70^{\circ} \sim 90^{\circ}$,故而所产生的转船力矩远远大于普通舵所产生的转船力矩。从而提高了低速、停主机极低速、惯性淌流、倒航和在风浪中的操纵性。适用于推船、拖船、测量船、电缆敷设船、捕鲸船等操纵性要求很高的船舶。但是主动舵结构很复杂,而且它的这些特性在许多情况下都可用侧向推进器代替,因此目前已使用得越来越少。

麦鲁舵的结构见图1-42。它是在普通流线型舵叶的内部焊有许多平行的钢管,管的进出口与舵的叶面焊平封闭,进口安设在舵叶左舷的,出口安在舵叶的右舷;反之,进口在右舷的,则出口在左舷。相邻两要钢管进出口交叉排列。船航行时,水流可从两侧经内流过。这种舵的优点是在满足船舶操纵性能的要求下,能提高航速,相应地就可以节约主机功率和燃料。这种舵的制造工艺不复杂,不需要增加其他辅助设施。

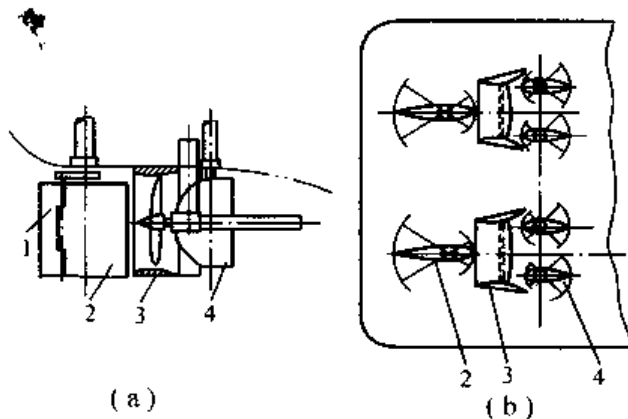


图1-43 倒车舵组合系统

1—襟翼舵;2—主舵;3—导流管;4—倒车舵

随着船队大型化的发展,为了解决船队在任何航速下都能在狭窄湾急航道行驶,现已在推拖船上应用了倒车舵组合系统,见图1-43。

转柱舵是由普通流线型舵同转柱组合而成的舵。利用转柱旋转时所产生的环流与来流叠加而产生升力的原理工作。装有转柱舵的船舶在低速航行时具有很好的机动性,转柱停止旋转即作为普通舵使用。

对于某些操纵性要求更高的船舶,例如拖船、推船、火车渡船、航标船、物控船、消防船、海洋补给船等,配置可调螺距旋桨、侧向推进器或Z形推进器等装置,可以更有效地提高船舶的操纵性能。

下面介绍襟翼舵、鱼尾船、制流板和转动导流管设计。

一、襟翼舵

襟翼舵是在普通流线型舵的后缘加一流线型尾,形成一个主舵与襟翼的组合物。当主舵转舵时,襟翼随同主舵转动,同时通过随从操纵机构使襟翼相应于主舵转动一个舵角,相当增加了全舵剖面的拱度,使水流产生更大的折射,从而提高舵效。当主舵处于正中位置时,襟翼起着尾鳍的作用。

襟翼舵按其支撑方式可分为:悬挂舵及双支点平衡舵(见图1-44)。

按尾翼的传动机构可分为齿轮式襟翼舵、滑块式襟翼舵、导杆式襟翼舵及摇臂式襟翼舵等。

(一) 襟翼舵的基本参数

1. 舵面积 A

确定舵面积一般有两种方法,其一是利用从实践中积累起来的资料,参照母型船设计,

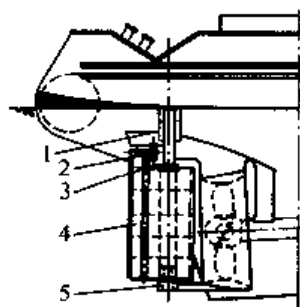


图1-44 双支点式襟翼舵

1—下舵承;2—传动机构;
3—舵杆;4—舵叶;5—下舵托



其二是用解析船舶运动方程式予以确定。在缺乏母型船资料的情况下,可采用统计资料,表 1-10 列举了几种襟翼舵面积的统计资料,其中舵面积比为 $x = A/(LT)$ (A ——包括尾翼在内的舵面积, L ——船长, T ——吃水)。

2. 展弦比 λ

展弦舵的展弦比对其传动机构尺寸的大小有较大影响。在相同舵面积时,展弦比 λ 较小的舵叶的弦长 b 增大,使传动机构的尺寸相应增大,而舵的升力系数减小,转舵力矩增加。常用展弦比列于表 1-11。

表 1-10 几种襟翼舵的 x 值

船舶类型	$x/\%$
海峡渡船	3.80
5 000 t 江海油船	3.58
1 000 t 海盐驳	2.94

表 1-11 襟翼舵常用展弦比

船舶类型	λ
双桨沿海船舶悬挂舵	1.0~2.0
双桨双舵客船	1.2~1.8
双桨双舵推船	1.3~1.8
油船	1.4~2.0

3. 舵叶的剖面型式及厚度比

由于襟翼舵的升力系数比一般流线型舵增大约 1.5 倍,水动压力中心的位置明显向后移动以及襟翼舵传动机构附加力矩的影响,导致舵杆直径增加,舵的平衡系数也较普通流线型舵大。普通流线型舵剖面的最大厚度约在离舵的导缘 $(0.3 \sim 0.40)b$ 处,此后逐渐变瘦。但襟翼舵为了使舵杆与舵叶能够更好地连接,舵叶必须有足够的厚度,因此舵叶有较大的厚度比。通常,单桨单舵并设下舵托时,最大厚度比为 $\bar{t} = t/b \leq 0.18$ (t 为舵叶剖面的最大厚度),双桨双悬挂舵可取 $\bar{t} = 0.21$ 以上。为了舵杆与舵叶的安装,最好将舵叶剖面的最大厚度定于 $0.45b$ 左右的位置。

舵叶剖面选择的原则是在具有良好的水动力特性的同时,还应满足舵设备在结构上的要求,并具有良好的工艺性。因此推荐采用 NACA66 及 NACA67 两种翼形剖面(见表 1-12),这两种剖面能较好地解决舵杆与舵叶的连接以及舵叶主体与尾翼铰接等问题。

表 1-12 舵叶剖面型值表

站号 ^①	舵叶相对而言厚度之半(以弦长 $b\%$ 计)			
	NACA66 ₂ - 0015	NACA66 ₃ - 0018	NACA66 ₄ - 0021	NACA67 ₁ - 0015
0	0	0	0	0
0.50	1.122	1.323	1.525	1.167
0.75	1.343	1.571	1.808	1.394
1.25	1.675	1.952	2.240	1.764
2.5	2.235	2.646	3.045	2.395
5.0	3.100	3.690	4.269	3.245



表 1-12(续)

站号 ^①	舵叶相对而言厚度之半(以弦长 $b\%$ 计)			
	NACA66 ₂ ^② - 0015	NACA66 ₃ - 0018	NACA66 ₄ - 0021	NACA67 ₁ - 0015
7.5	3.781	4.513	5.233	3.900
10.0	4.358	5.210	6.052	4.433
15.0	5.286	6.333	7.569	5.283
20.0	5.995	7.188	8.376	5.940
25.0	6.543	7.848	9.153	6.454
30.0	6.956	8.346	9.738	6.854
35.0	7.250	8.701	10.154	7.155
40.0	7.430	8.918	10.407	7.359
45.0	7.495	8.998	10.500	7.475
50.0	7.450	8.942	10.437	7.497
55.0	7.283	8.733	10.186	7.421
60.0	6.9594	8.323	9.692	7.231
65.0	6.372	7.580	8.793	6.905
70.0	5.576	6.594	7.610	6.402
75.0	4.632	5.451	6.251	5.621
80.0	3.598	4.206	4.796	4.540
85.0	2.530	2.934	3.324	3.327
90.0	1.489	1.714	1.924	2.020
95.0	0.566	0.646	0.717	0.788
100.0	0	0	0	0

①站号从舵叶剖面导缘计算起。

②66.67 为试验结果年度,下标点为型号,0.015 为 $\bar{t} = 0.15$ 。

根据表 1-12 画出舵叶剖面的型线之后,按尾弦比确定主体与尾翼的铰接中心,然后作出与舵叶剖面线型相切的圆,该圆直径 D 为主体和尾翼的铰接轴(又称副舵杆)的轴套外径(见图 1-45)。

4. 尾弦比 \bar{b}_s

尾翼弦长 \bar{b}_s 同舵叶弦长 b 之比 \bar{b}_s/b 为尾弦比。

襟翼舵的性能主要取决于尾弦比 \bar{b}_s ,即使有一个很小的尾翼($\bar{b}_s = 0.10$),也会导致其升力系数比普通流线型舵有极为明显的增大。

目前使用的襟翼舵,其常用的尾弦比 \bar{b}_s 为 0.20 和 0.25。因为这不仅使舵效处于最佳的范围内,而且对于传动机构的设计亦比较有利。只有在旧船改造时,因受船尾结构和布置

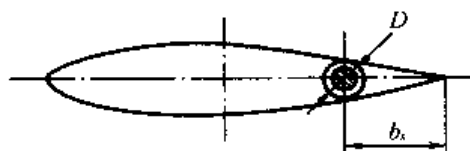


图 1-45 主体同尾翼铰接处的剖面形式



的限制而不得不采用 $b_s < 0.20$, 但最好不低于 0.15。

5. 转角比 ϵ

襟翼舵叶主体和尾翼之间的相对转角 θ 和主体转角(舵角) α 之比 $\epsilon = \theta/\alpha$ 称为转角比。

尾翼的绝对转角 $\phi = \alpha + \theta$ 。

转角的变化规律由襟翼传动机构的形式所决定, 可分为变转角比和定转角比两类。

(1) 变转角比

ϵ 值随舵角 α 的变化而变化, 称为变转角比, 如滑块式传动机构(见图 1-46)。

$$\tan \theta = \frac{l \sin \alpha}{f + l(1 - \cos \alpha)} \quad (1-104)$$

式中 l ——舵杆到定位轴的距离(m);

f ——定位轴到铰接轴的距离(m)。

定位轴(件3)焊固于船尾底部壳板上, 滑块(件7)套装其上, 并可作旋转运动。

(2) 定转角比

齿轮式机构可实现定转角比传动, ϵ 的先择与展弦比 λ 有关, 当 λ 约为 0.80 时, 最大舵角 $\alpha_{\max} = 45^\circ$ 为最佳, 此时 $\epsilon \leq 1.0$; 当 $\lambda = 1.0 \sim 1.2$ 时, $\alpha_{\max} = 35^\circ$ 为佳, 则 ϵ 约为 1.5; 当 $\lambda \geq 1.3$ 时, $\alpha_{\max} = 30^\circ$ 为佳, 则 $\epsilon = 2.0$ 。

上述选择方法仅是为了获得最佳横向力, 而确定的原则是 $\phi_{\max} \leq 90^\circ$ 。但横向力并非是唯一影响船舶操纵性的因素, 与此有关的还有襟翼舵的制动作用, 为了提高襟翼舵的制动作用, 更有效地缩小船舶回转直径, 国外在一些新船设计中采用的转角比均大于上述各个值, 确定值的原则是, 尾翼随主体转到极限位置时与船体纵中剖面之间的夹角为 120° , 此时, 舵有倒航作用。

6. 舵的平衡系数 β

舵的平衡系数 β 值的选取, 不仅要考虑舵的扭矩特性, 而且要考虑对尾翼传动机构的影响。 β 值选小会使传动机构变大, 附体阻力增加。因此, 有时为了使传动机构紧凑而取较大的 β 值, 以至使舵杆产生一定的负扭矩。 β 值选取同尾弦比 b_s 及转角比 ϵ 有关, 其范围如下:

当 $b_s = 0.2 \sim 0.3$ 时,

$\epsilon = 1.0$, β 取 $0.24 \sim 0.46$;

$\epsilon = 1.5$, β 取 $0.46 \sim 0.50$;

$\epsilon = 2.0$, β 取 $0.49 \sim 0.52$;

变转角比的襟翼舵则以 $\theta_{\max}/\alpha_{\max}$ 时的 ϵ 值为依据, 参照上述范围选择 β 值。

襟翼舵的设计要求舵处于中位时翼形剖面是对称的, 当舵向两舷转动时舵叶的翼形对称逐渐变为非对称形状直至所要求的拱度。因此在舵叶主体和尾翼之间需要一个可靠而又耐用的传动机构, 目前常用的传动机构形式有齿轮式、滑块式、导杆式和摇臂式等。

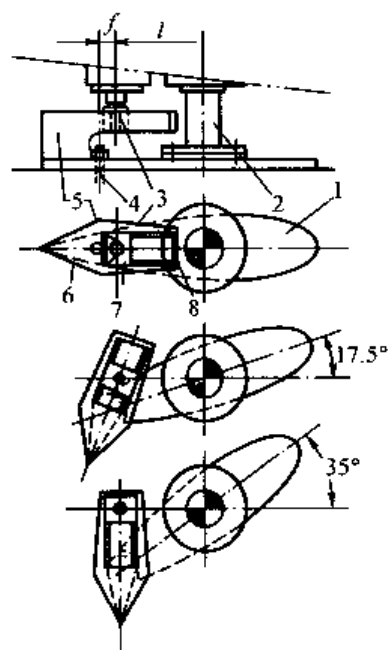


图 1-46 滑块式传动
机构原理图

1—舵叶主体; 2—舵杆; 3—定位轴; 4—铰接轴; 5—拨叉; 6—尾翼; 7—滑块



二、鱼尾舵和制流板舵

(一) 鱼尾舵

鱼尾舵是在普通流线型舵或平板舵的后缘加焊三角形的整流尾而成的。鱼尾舵不仅能使全部舵角范围内的升力提高,而且由于压力中心后移,能消除小舵角时的过平衡状态。

鱼尾舵亦称蒂姆舵,1962年在原联邦德国造船技术协会的刊物上,蒂姆(H. Thieme)发表了试验报告。他在平板、NACA及JFS剖面的边的两侧加装楔形板,尾端加封板(见图1-47)进行试验发现加装这种楔形整流尾后舵效明显提高,由于剖面形状如同鱼尾,因而人们称为鱼尾舵。

蒂姆的试验得出的结论为:

1. 无论什么样的剖面的舵,整流尾都能不同程度地提高舵效。
2. 整流尾的宽度 b_r 与舵剖面弦长 b 之比以 0.07 为最佳, b_r/b 大于 0.05 后,升力的增加率渐趋平缓。
3. 展弦比小的舵,加装整流尾的作用更为显著。
4. 剖面性能较好的舵加装整流尾后的效果,不如剖面性能差的舵加装整流尾的效果显著。具体地讲,在 JFS58TR15 剖面的舵上加装整流尾不如在 NACA0015 剖面上的舵上加装同样的整流尾取得的效果好但前者的舵效和升力系数还是高于后者。

对于这一现象可以这样解释,对于不同剖面形状的单舵而言,在同一攻角下,升力或法向力系数的数值越大的舵,其舵效越好。实际上可以把各种舵在零舵角时的升力系数曲线的斜率 $C_{m\alpha}$ 或法向力系数曲线的斜率 $C_{n\alpha}$ 作为舵效的标志,当舵一经偏转即产生攻角时,迎流压力面和背流吸力面两侧的流线不对称,形成拱度和速度环量,产生升力。鱼尾舵能增大流线的拱度和速度环量,所以与不加整流尾而具有相同展弦比的 NACA 剖面的舵相比,舵效可增大 20% 左右。虽然整流尾(或鱼尾)会使舵的阻力有所增大,压力中心略向随边方向移动,尤其在后退时,鱼尾变成平头导边,使后退时舵效降低,但是只要选择合适的剖面形状和合理的鱼尾结构,仍可获得高的升阻比(升力与阻力之比值),并尽可能保持足够的后退时的舵效。

(二) 制流板

制流板舵是流线型舵叶上下加装制流板构成的,如图1-48。

这种端部平板也即制流板可装在一端,也可装在两端,其作用是抑制端部横向绕流,增大纵向绕流的速度环量,相当于增大了舵的有效展弦比,其效果与制流板面积(扣除舵剖面面积后的有效制流板面积)和制流板形状有关。

理论上,当舵叶两端的制流板面积无限大时,舵的展弦比也趋向无限大,成为二因次舵。而当一端的制流板面积无限大时,按镜面效应,舵的现有展弦比为原有展弦比的两倍。但制流板面积越大,增加的水阻力也越大。因此除了应使制流板与来流速度平行外(减少分离阻力),还需控制制流板面积。

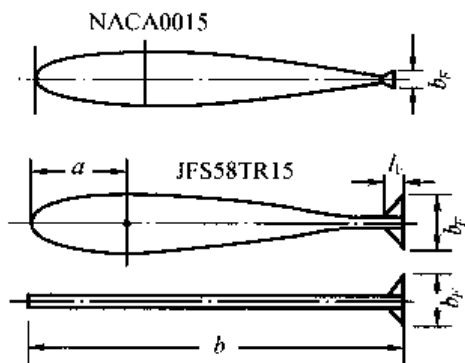


图1-47 鱼尾舵

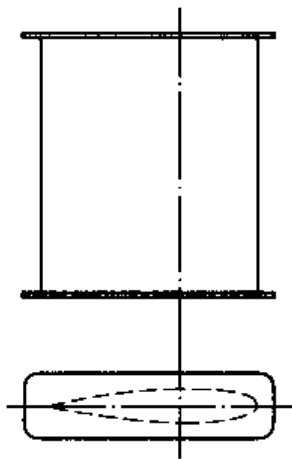


图1-48 制流板舵



常用的制流板都是有圆角的矩形板,或是在随边削去两角,并在左、右有向下折边的矩形板。

一般船用舵的展舷比在 1 至 2 的范围内。按升力线理论,舵上的升力线一般在压力中心附近或舵剖面的最大厚度处附近。因此,在最大厚度附近的制流板面积是起主要作用的部分。这种对称机翼形的制流板,在模型风筒试验和实船试验中都已证明提高了舵效,改善了小舵角时的航向致变性(避让)和航向保持性(把定)。

西林舵(Universal Schilling Rudder,缩写 USR)起源于德国,其剖面前部接近于 JFS 剖面,舵杆离前缘为 $0.4b$ (b ——剖面弦长),中部为细腰,后部呈锥形,但向尾端逐渐变厚(见图 1-49)。角尾长 $l_f = 0.2b$,角尾宽度 $b_f = 0.0862b$,上下两端设矩形制流板,其下端制流板有向下的折边,制流板宽度为 $B = 0.376b$,制流板长度 $L = b$ 。

据国外资料报道,西林舵最大舵角可达 75° ,从而使螺旋桨尾流偏转达 90° 以上,使船舶获得侧推力,大大提高了船舶的回转性能和横移能力。目前,国外已将西林舵使用于各种大小吨位的船舶上。

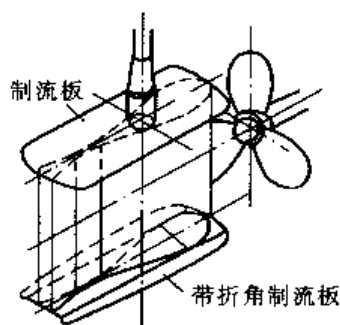


图 1-49 西林舵及其制流板

三、转动导流管

(一)转动导流管的形式及基本参数

在拖船以及限制吃水的船舶上,常使用导流管,以提高推进效率。当采用转动导流管时,能改变螺旋桨尾流的方向,同普通舵相比,提高了船舶的操纵性,特别是低速航行时的机动能力。

转动导流管是具有特定剖面形状的管状体,同螺旋桨安装在同一轴线上,螺旋桨位于导流管最小截面处。导流管的转动轴线通过螺旋桨圆盘面,桨叶边缘部分同该处导流管内壁之间的间隙应尽可能地小,通常不超过螺旋桨直径的 0.5% 或 1 cm。

导流管的稳向叶乃是平板或流线型的翼,垂直设置于导流管尾端后面(见图 1-50),处于舵杆轴线平面内。设置稳向叶的导流管具有明显的优点,诸如可提高推进效率及降低舵杆力矩等。因此除了小艇采用不带稳向叶的导流管外,大多数导流管均配有稳向叶。

转动导流管的基本参数(见图 1-51)如下:

L_n ——导流管长度;

b_n ——导流管剖面弦长;

D_p ——导流管内的螺旋桨直径;

Δ ——桨叶梢端同管壁之间的间隙;

$D_n = D_p + 2\Delta$ ——螺旋桨处导流管内径;

$\bar{L}_n = \frac{L_n}{D_p}$ ——导流管长度比;

$A_n = \frac{\pi}{4} (D_p + 2\Delta)^2$ ——螺旋桨圆盘处的导流管截面积;

L_{ni} ——导流管入口段的长度;

$\bar{L}_{ni} = \frac{L_{ni}}{D_p}$ ——导流管入口段的长度比;



D_{ni} ——导流管入口处的直径;

$A_{ni} = \frac{D_{ni}^2}{4}$ ——导流管入口处的面积;

L_{no} ——导流管出口段的长度;

$\bar{L}_{no} = \frac{L_{no}}{D_p}$ ——导流管出口段的长度比;

D_{no} ——导流管出口处的直径;

$A_{no} = \frac{\pi D_{no}^2}{4}$ ——导流管出口处的面积;

x_e ——导流管剖面最大厚度处距导缘的距离;

e ——导流管剖面最大厚度;

$\theta_1 = \frac{A_{ni}}{A_n}$ ——导流管收缩比;

$\theta_2 = \frac{A_{no}}{A_n}$ ——导流管扩张比;

$\kappa = \frac{L_{ni}}{L_n}$ ——导流管平衡系数;

b_r ——导流管稳向叶宽度(弦长);

h_r ——导流管稳向叶高度;

A_r ——导流管稳向叶面积。

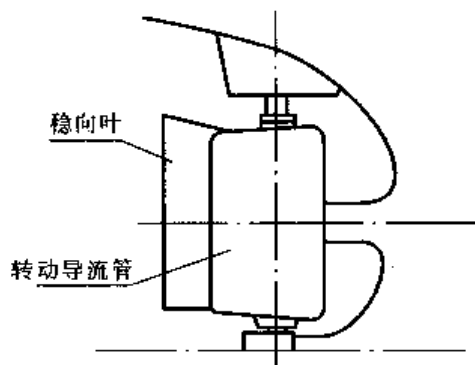


图 1-50 带有稳向叶的导流管

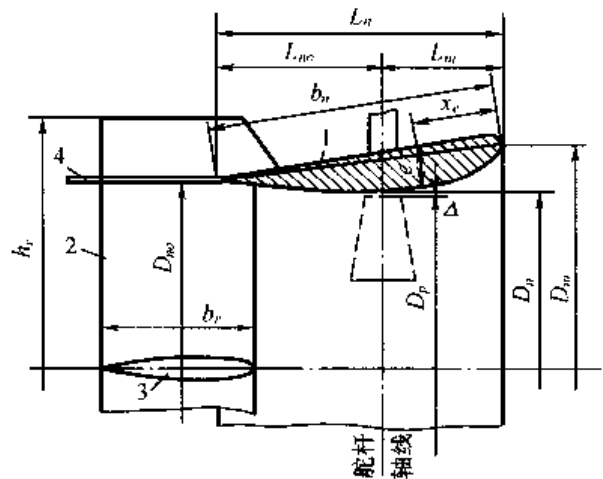


图 1-51 转动导流管的几何参数

1—导流管;2—稳向叶;3—稳向叶剖面;4—稳向叶制流板

(二)转动导流管的剖面形式

转动导流管的剖面可采用改进的 NACA 非对称剖面,或是尾部加厚的专用剖面,以改进倒车时的导流管性能。

当导流管直径不大时($D_p \leq 1.0 \sim 1.5 \text{ m}$),通常设置平板稳向叶;当 $D_p > 1.5 \text{ m}$ 时,设置流线型剖面的稳向叶可能更为合理。稳向叶剖面的厚度比不超过其弦长的 15%,其后边缘



应该足够地尖,以保证后退且导流管转动角度很小时水流从稳向叶处分离,使得舵杆力矩减小。

(三)带有稳向叶的导流管的水动力特性

无稳向叶的导流管,在船舶依靠惯性运动及低速航行时,作为操纵工具效果很差。增加了稳向叶以后能够大大改善船舶的回转性能和航向稳定性,从而保证了船舶的操纵性。同时稳向叶将降低船舶前进时的舵杆力矩以及提高螺旋桨的推进效率。

无稳向叶的导流管几乎只用在小艇上(如救生艇和工作艇等),代替舵作为小艇的操纵工具。

带有稳向叶的导流管在进行水动力计算时可将导流管与稳向叶分开处理。此时,导流管的水动力取决于其几何参数及螺旋桨的工作状态。

导流管的水动力特性

$$C_{yn} = \frac{Y_n}{\frac{1}{2} \rho v_p^2 A_c} \quad (1-106)$$

$$C_{nm} = \frac{M_n}{\frac{1}{2} \rho v_p^2 A L_n} \quad (1-107)$$

式中 A_c ——导流管特征面积,见式(1-125);

v_p ——螺旋桨+导流管组合体范围内的流速, $v_p = v(1-\psi)$, ψ 为伴流系数, v 为航速。

在缺乏模型试验资料的情况下, C_{yn} 和 C_{nm} 均可按彼尔西茨的经验公式计算,即:

$$C_{yn} = \left[\frac{dC_{ym}}{d\alpha} \right] \alpha \quad (1-106)$$

式中 α ——单位为弧度(rad)。

升力梯度值:

$$\left[\frac{dC_{ym}}{d\alpha} \right]_{\alpha=0} = \frac{[1 + 0.25(1 + \sqrt{1 + \sigma_p})^2][10.55 - 0.35\bar{L}_n]}{2\bar{L}_n} + \frac{\sigma_p}{4\bar{L}_n} \quad (1-109)$$

式中 $\sigma_p = \frac{0.025P}{D_p^2 v_n^2}$ ——螺旋桨推力负荷系数;

$v_n = v(1-\psi_n)$ ——导管内螺旋桨处实际来流速度。

正车时:

$$\psi_n = 0.165(C_R) Z_R \sqrt{\frac{\gamma V}{D_p}} - \Delta W \quad (1-110)$$

式中 C_R ——船舶方形系数;

Z_R ——螺旋桨数目;

V ——船舶排水体积;

D_p ——导流管内螺旋桨直径;

$\Delta W = 0.1(F_n - 0.2) \geq 0$ ——当 $F_n = \frac{v}{\sqrt{gL}} > 0.2$ 时的修正值。

压力中心计算式为:



$$C_p = C_{p0}(a + bk)[(-0.37 + 1.78\alpha) + (1.64 - 2.12\alpha)\bar{L}_n] \quad (1-111)$$

式中 C_{p0} ——导流管压力中心系数(见图 1-52);

a 和 b ——按图 1-53 和图 1-54 确定的经验系数。

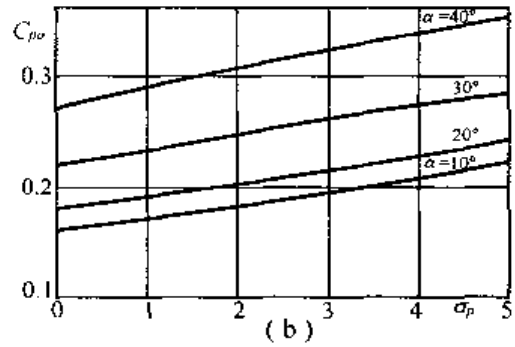
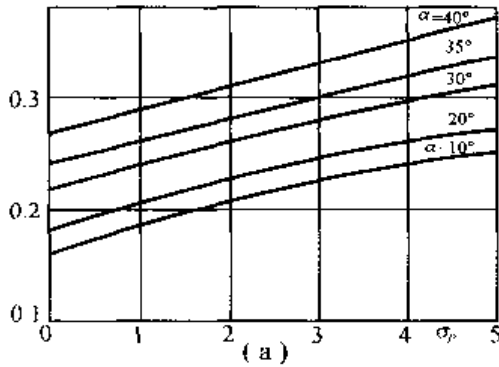


图 1-52 压力中心系数 C_{p0}

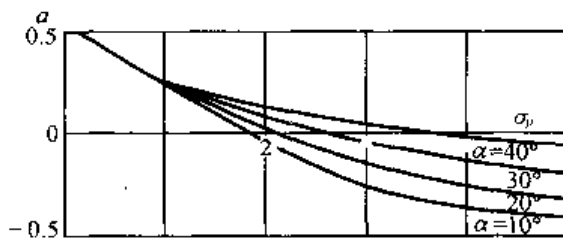


图 1-53 系数 a

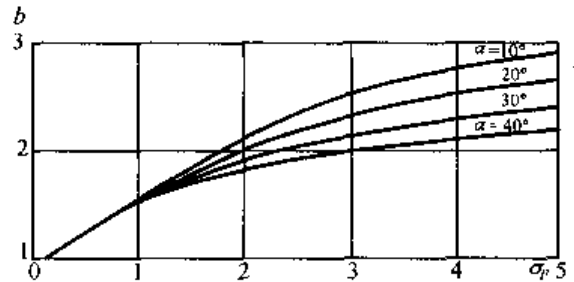


图 1-54 系数 b

导流管的舵杆力矩系数为:

$$C_{mn} = C_y(C_p - k) \quad (1-112)$$

设

$$A_c = \pi D_n L_n \quad (1-113)$$

式中 D_n ——螺旋桨圆盘面处导流管内径。

导流管升力 Y_n 和舵杆力矩 M_n 为:

$$Y_n = C_m \frac{\rho v_p^2}{2} \pi D_n L_n \quad (1-114)$$

$$M_n = C_{mn} \frac{\rho v_p^2}{2} \pi D_n L_n^2 \quad (1-115)$$

由于导流管通常采用的平衡系数 $k = 0.35 \sim 0.5$, 因此在转动时, 导流管上压力分布所形成的舵杆力矩总是要使角度增大, 使得导流管上的力引起的舵杆力矩始终是负值。稳向叶的水动力特性是设置稳向叶后在正车时, 稳向叶上的水动力合力的法向分力 N_r 相对舵杆轴造成的力矩 M_r , 同导流管上合力的法向分量 N_n 造成的力矩 M_n 刚好相反[见图 1-55 (a)]。因此, 稳向叶减小了导流管正车时的舵杆水动力矩, 使其总的舵杆力矩值 M_f 为:

$$|M_f| = |M_r| = |M_n| \quad (1-116)$$

倒车时, 相对于舵杆轴线, 由导流管和稳向叶上的力造成的力矩始终是负值[见图

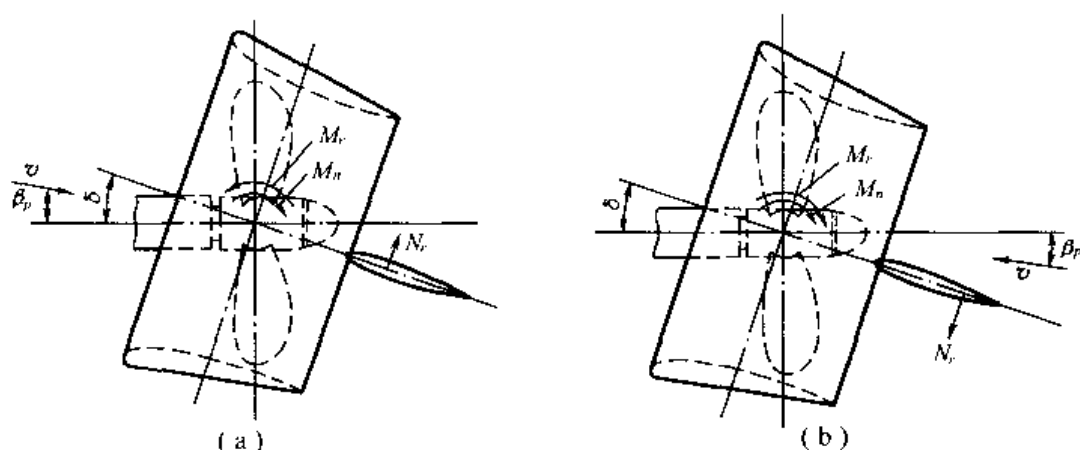


图 1-55 回转时,导流管和稳向叶上的力
(a)正车;(b)倒车

1-55(b)],所以倒车时,带有稳向叶的导流管的舵杆力矩 M_s 为:

$$M_s = M_r + M_n \quad (1-117)$$

为了保证最小舵杆力矩,稳向叶的尺寸最好如下确定:

$$M_f = M_s \quad (1-118)$$

但是由于稳向叶对操纵性有着重要的影响,因此实际上稳向叶尺寸的选择,总是使得 $M_s > M_f$ 。

因此,由于导流管+稳向叶组合造成的升力为:

$$Y_c = Y_n + Y_r \quad (1-119)$$

其升力值的大小取决于螺旋桨工作情况,在全速时, $Y_n > Y_r$ 。当螺旋桨转速低时,比值 Y_r/Y_n 将增大。在低速时,特别是在惯性运动时 Y_n 大大地减小,此时 Y_r 具有重要意义。

导流管转动时,稳向叶的有效攻角可按彼尔西茨经验公式计算:

$$\alpha_{re} = (0.1\alpha_n + 0.143\alpha_n^2)(4.5 - 3.5L_n) \quad (1-120)$$

式中 α_n ——导流管攻角(rad)。

处于螺旋桨尾流中的稳向叶上的流速为:

$$v_r = v_p \sqrt{1 + \sigma_p}$$

式中 v_p ——螺旋桨+导流管组合体范围内的流速,见式(1-107)说明;

σ_p ——螺旋桨推力负荷系数,见式(1-109)说明。

由于导流管处于任意转角时,稳向叶的攻角并不大,因而稳向叶的升力系数可按线性关系处理:

$$C_{yr} = \frac{dC_{yn}}{d\alpha} \alpha_{re}$$

当稳向叶不设置制流板时,按白拉恩德列公式为:

$$\frac{dC_{yn}}{d\alpha} = \frac{2\pi}{1 + \frac{2}{\lambda_r}}$$

设置制流板时,



$$\frac{dC_y}{d\alpha} = \alpha_x \approx 5.7 \text{ (rad)}$$

而处于螺旋桨尾流之外的部分稳向叶的升力梯度值为:

$$\left(\frac{dC_y}{d\alpha} \right)_H = \frac{2\pi}{1 + \frac{b_r}{h_H}}$$

式中 b_r ——稳向叶宽度(弦长);

h_H ——指部分稳向叶高度。

因而,处于螺旋桨尾流之中的部分稳向叶的升力为:

$$Y_{rB} = \left(\frac{dC_y}{d\alpha} \right)_B \alpha_n \frac{\rho v_r^2}{2} A_B \quad (1-121)$$

处于螺旋桨尾流以外的部分稳向叶的升力为:

$$Y_{rH} = \left(\frac{dC_y}{d\alpha} \right)_H \alpha_n \frac{\rho v_k^2}{2} A_H \quad (1-122)$$

式(1-121)及式(1-122)中:

α_n ——导流管攻角(rad);

v_k ——稳向叶上的流速(如同舵的计算);

A_B ——处于螺旋桨尾流中的部分稳向叶面积;

A_H ——处于螺旋桨尾流之外的部分稳向叶面积;

稳向叶全部升力为:

$$Y_r = Y_{rB} + Y_{rH} \quad (1-123)$$

稳向叶引起的导流管的舵杆力矩为:

$$M_r = N_r L_r \approx Y_r L_r \quad (1-124)$$

式中 L_r 为稳向叶上升力作用点至舵杆轴线的距离,正车时可近似地认为:

$$L_r = L_{rw} + \frac{1}{4} b_r \quad (1-125)$$



第二章 锚 设 备

锚泊又称抛锚系留,乃是船舶的一种停泊方式。

根据船舶使用要求,锚设备主要有3种,即:临时锚泊设备、定位锚泊设备及深海系留锚泊设备。

临时锚泊设备通常称为航行锚泊设备,供船舶在锚地、港内或遮蔽水域内等待泊位或潮水时临时停泊之用,而并非设计成供船舶在恶劣天气中处于完全开敞的远离海岸的水域中、或在行进或漂移中系住船舶之用。因为在后者情况下,锚泊设备所承受的巨大负荷,特别是大型船舶,会使设备的某些部件造成损坏甚至失落。临时锚泊设备通常按船级社规范配置。

定位锚泊设备是在作业时需要控制船位,或在有限范围内改变船位的船舶所配置的锚泊设备。通常以船舶本身为中心,向四周抛出若干个锚及锚索系住船舶。因此,又称为多点锚泊设备系统或辐射状锚泊系统。这种锚泊设备通常用于起重船、打捞船、潜水作业船、各种非自航挖泥船、钻探船等等需要定位作业的船舶。定位锚泊设备根据作业水域的水深及作业要求的环境条件配置。如果定位锚泊设备中有两套满足临时锚泊设备的要求,则此定位锚泊设备可以代替规范要求的临时锚泊设备。

深水锚泊设备系指某些需要在深水进行系留作业的船舶,诸如海洋调查船、海洋测量船等,根据作业水域的水深和环境条件配备的专用的锚泊设备。

第一节 锚设备的组成与布置

一、锚设备的组成

锚设备的组成如图2-1所示。

锚设备由下列主要部分组成:锚、锚索、锚链筒、掣锚器、掣链器、导链滚轮、导索(链)器、起锚机械、锚链管、锚链舱和弃链器。

锚——啮入水底泥土产生抓力,平衡船舶所受的外力。

锚索(链)——连接锚与船体的绳索(或链条),用于系锚并传递锚的抓力。

锚链筒——从舷外引导锚链至甲板,收锚后贮存锚杆及部分锚链。

掣锚器——当起锚后掣锚链条或链钩可借松紧螺旋扣使锚紧贴船体。

掣链器——止住锚链并将力传递给船体,使锚机不处于受力状态。

导链滚轮、导索(链)器——导引锚链,减少锚链与锚链筒之间的摩擦,防止锚链翻滚。

起锚机械——抛锚与收锚用的动力机械。

锚链管——引导锚链进出锚链舱。

锚链舱——贮存锚链。

弃锚器——平时固结锚链的末端链环,紧急时打开以抛出锚和锚链。

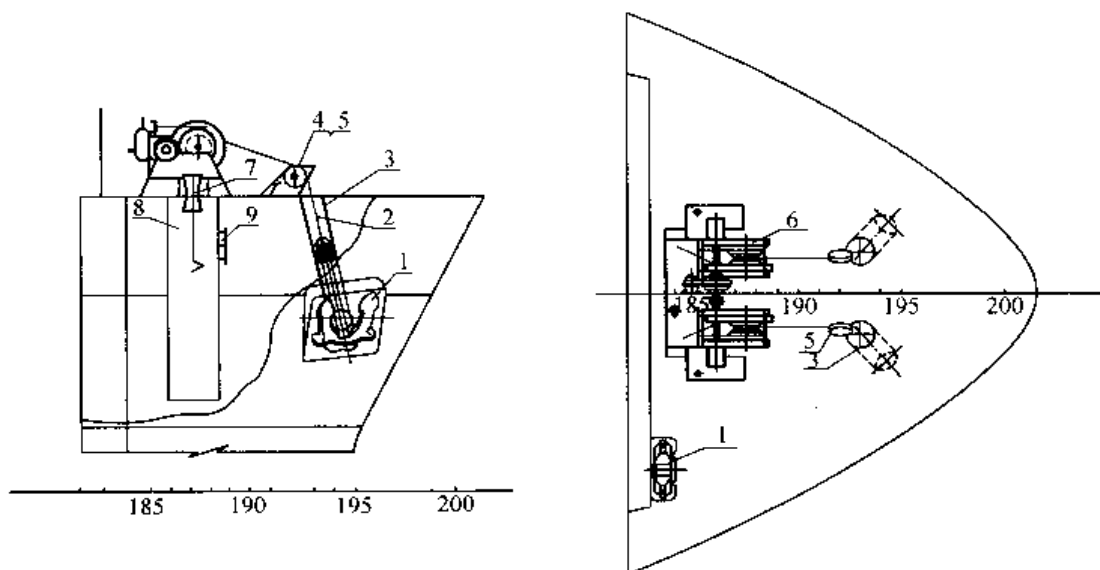


图 2-1 锚设备的组成

1—锚;2—锚链;3—锚链筒;4—导链滚轮;5—掣链器;6—锚机;7—锚链管;8—锚链舱;9—弃锚器

二、艏部锚设备

艏部锚设备系指航行锚设备,通常采用无杆转爪锚和电焊有挡锚链。锚的质量和数量以及锚链的规格和长度均按照船级社规范确定。中小型船舶一般设置双链轮卧式锚机;大型船舶,尤其是艏部甲板宽度较大的船舶配置单侧式(单链轮)卧式锚机较为合适。运输船舶很少使用立式起锚绞盘,但是,某些船舶由于能用于布置锚设备的甲板面积很小,或是由于其他原因不适合采用卧式锚机时,可使用立式绞盘。

布置艏部锚设备很重要的一点是正确地确定锚链筒的位置。锚链筒或导链滚轮与卧式锚机的链轮轴式锚绞盘轴线之间应有足够的距离,以设置掣链器和掣锚器,但距离不应太大。锚链围绕锚机的链轮应有足够的包角($110^{\circ} \sim 130^{\circ}$)。当不设置导链滚轮时,锚链在锚链筒的甲板锚眼圈处不应有强烈的弯折。甲板锚眼圈与掣链器之间应有足够的距离,使得抛锚时锚链有舒展的余地;收锚时转环不应通过导链滚轮(有导链滚轮时),也不得落在掣链器上(无导链滚轮时)。

图 2-1 所示为一艘中型货船典型的设置双链轮卧式锚机的锚设备的布置图。它的优点是布置较紧凑,缺点是锚机占据甲板中央位置、两个锚链筒的角度不易调整,且导链滚轮也要调整到一个合适的角度,给设计和施工带来一定的困难。

三、艉部锚设备

海洋民用船舶极少设置艉部锚设备,尤其是运输船舶一般不设艉部锚设备,需要设置艉部锚设备的船舶通常有下列几种情况:

1. 由于停泊场所狭窄,不允许船舶在抛锚系留时绕锚泊点回转。因此,抛艉、艉锚以限制船舶的位置。如江海直达船舶、通过圣劳伦斯运河的船舶等。

2. 某些作业船舶由于作业需要,同时抛艉、艉锚使船舶相对稳定。如救生船。潜水作业



船、航道测量船等。

3. 登陆舰艇抛艇锚供绞滩使用。艇部锚设备可同艏部锚设备一样配置,采用无杆转爪锚和锚链,设置锚链筒、掣链器、锚机和锚链舱等,如图 2-2 所示。但也有些船舶采用钢丝绳代替锚链,配置锚绞车或用绞盘收放锚。还有的船甚至不设锚链筒,仅配置导缆器和锚吊杆,不用时将锚吊起放在甲板上。

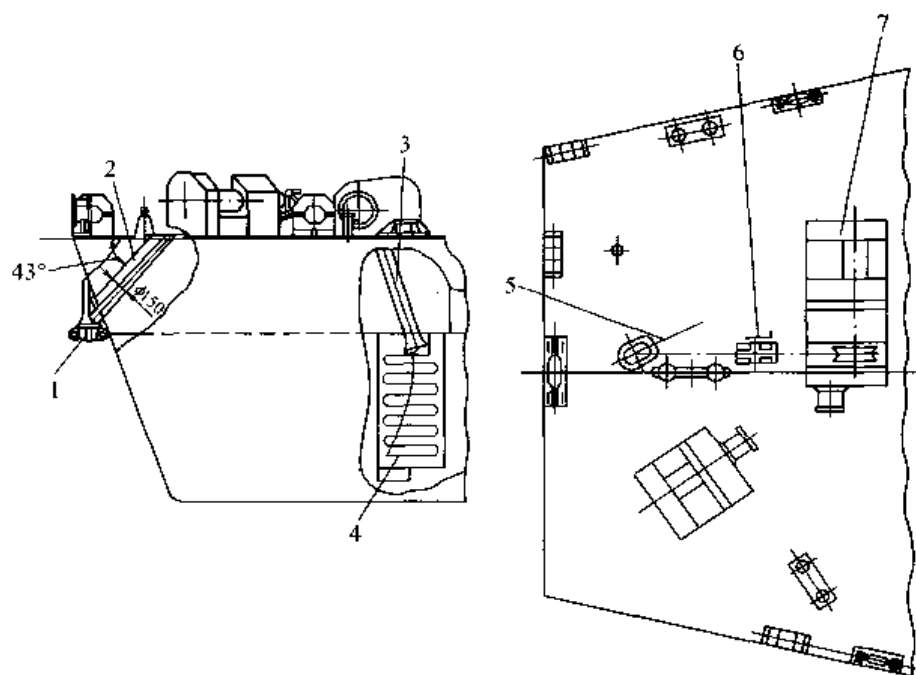


图 2-2 配置锚链的艏部锚设备

1—锚;2—锚链筒;3—锚链管;4—锚链;5—掣链器;6—螺旋掣链器;7—起锚系统组合锚机

四、辐射状锚泊系统

辐射状锚泊系统又称为多点锚泊系统,是海洋工程作业船舶常用的定位设施。锚泊的数目及设备的配置主要取决于船型、环境条件及作业要求。图 2-3 所示为常用的几种辐射状锚泊布置示意图。

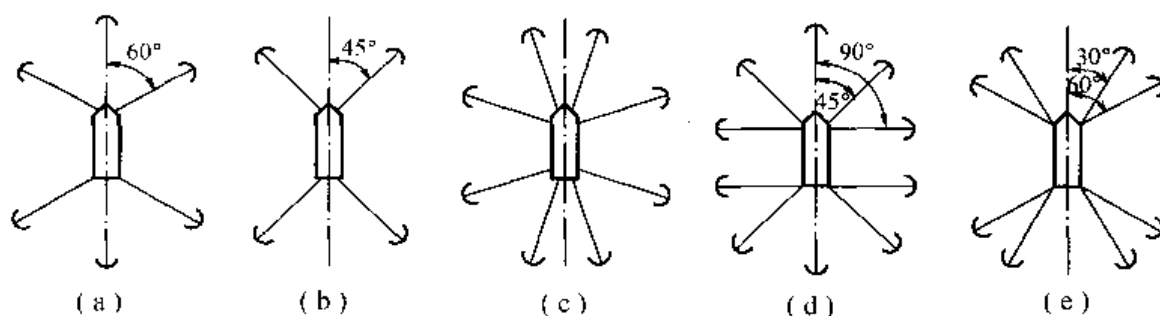


图 2-3 常用的辐射状锚泊布置示意图

(a)对称的 6 根锚索;(b)对称的 4 根锚索;(c)对称的 8 根锚索;(d)45°,10 根锚索;(e)30°~60°,8 根锚索

一般说来,任何一艘特定的船舶,都能按两种要求布设锚位。一种是“全向迎浪”的形



式,即锚点布设考虑能够承受从任一方向来的最大环境力;另一种是“单向迎浪”形式,也即考虑锚点的布设对于承受有一个方向环境力较其他方向强时更为有利。因此,将船首方向对准来风方向,以减小外力对其影响。迎风方向锚索面对这一方向的夹角也较小一些,以期能有较多的锚索承受环境力的作用。因此,合理的锚布置方式是降低锚索负荷和保持水平偏移较小的重要因素。

船舶在作业过程中受到环境力的作用,引起船舶的偏移。同时,锚泊系统产生了抵抗这一环境力的反作用力,这种反作用力竭力要使船舶恢复原位,这就是通常所说的“复原力”。复原力随偏移量的增大而增大;反之,复原力越大说明锚泊系统抵抗环境力的能力越大,复原力显示了锚泊系统承受环境力作用的能力。

第二节 抛锚时作用于船舶的环境力

船舶在锚泊时受到风、海流及波浪等环境力的作用。这些力按其不同的作用方向组合构成作用于船舶的外力,由锚泊系统承受。

一、风力

风力作用于船舶水线以上部分,风力的大小可通过风筒试验获取,也可用代替风筒试验的下式计算:

$$F_w = 0.613 \sum (C_s C_h A_i) V_w^2 \quad (2-1)$$

式中 F_w ——风力, N;

C_s ——形状系数,按所计算的构件的形状查表 2-1;

C_h ——高度系数,按所计算的构件中心至设计水线的垂直距离 h 查表 2-2;

A_i ——受风构件的正投影面积(m^2);

V_w ——有效风速(m/s),按式(2-2)计算。

表 2-1 风力系数 C_s

构件形状	C_s
圆柱形	0.5
船体(水线以上表面)、甲板室	1.0
甲板室群	1.1
孤立的结构(起重机、角钢、槽钢、梁等)	1.5
甲板下光滑表面	1.0
甲板下有裸露的梁及桁材等表面	1.3
桁架结构(起重机吊臂、桅杆等)	1.25

表 2-2 风力高度系数 C_h

高度/m		C_h
大于	不大于	
0	15.3	1.00
15.3	30.5	1.10
30.5	46.0	1.20
46.0	61.0	1.30
61.0	71.0	1.37

在计算受风面积时应遵循下列原则:

(1) 可以用甲板室总的投影面积取代对于每个甲板室面积的计算,但形状系数 C_s 取为



1.1;

(2)孤立的结构,如起重机应单独计算;

(3)桅杆起重吊臂等开式桁架结构,可近似地取一侧投影面积的60%。

有效风速 V_w (m/s)应考虑平均持续风速和突风,按下式计算:

$$V_w = 0.6V_{10} + 0.4V_1 \quad (2-2)$$

式中 V_{10} ——10 min 平均风速(m/s),可按蒲福氏风级表查取,通常可取该风级的中值; V_1 ——1 min 平均风速(m/s),在缺乏资料的情况下可取为 $1.2V_{10}$ 。

二、海流力

海流力作用于船体水下部分,海流力的大小可通过模型拖曳试验获取,试验的模型应包括推进器、舳龙骨、轴支架及其他附属体。

船舶的海流力可采用计算方法确定,目前这类计算方法很多,这里介绍几种方法。

1.《美国石油协会浮式钻井装置辐射状锚泊系统分析》(API RP2P)推荐的公式计算船首或船尾朝向海流的海流力 F_x (N)按下式计算:

$$F_x = 2.89SV_c^2 \quad (2-3)$$

舷侧朝向海流的海流力 F_y (N)按下式计算:

$$F_y = 72.37SV_c^2 \quad (2-4)$$

式(2-3)及式(2-4)中:

 S ——包括附属体在内的船体湿表面积(m^2); V_c ——设计流速(m/s)。

2.按经验公式计算海流力

(1)艏向海流力 R_f (N)

$$R_f = (\eta\xi_f + \xi_R + \xi_r) \frac{\rho V_c^2}{2} S + \Delta R_D \quad (2-5)$$

式中 ξ_f ——摩擦阻力系数,按式(2-6)计算; η ——系数,按表2-3查取;

ξ_R ——突出体阻力系数,对于单螺旋桨船可取 $(0.1 \sim 0.3) \times 10^{-3}$,对于双螺旋桨船可取 $(0.2 \sim 0.6) \times 10^{-3}$;

ξ_r ——船外板粗糙度系数,对于新油漆的船可取 $(0.2 \sim 0.3) \times 10^{-3}$;对于坞修后6~8个月,船外板已有锈蚀的船可取 $(0.5 \sim 0.6) \times 10^{-3}$;

 ρ ——水的密度,淡水为 1000 kg/m^3 ; V_c ——设计流速(m/s); S ——船体湿面积(m^2); ΔR_D ——螺旋桨阻力(N),按式(2-7)计算。摩擦阻力系数 ξ_f 可按柏兰特-许立汀公式计算:

$$\xi_f = 0.455(\lg Re)^{-2.58} \quad (2-6)$$

表 2-3 系数 η

L/B	η
6.0	1.04
8.0	1.03
10.0	1.02
12.0	1.01

注: L 为船长; B 为船宽。



式中 $Re = \frac{V_c L}{\nu}$ ——雷诺数。

螺旋桨阻力按下式计算：

$$\Delta R_D = 490 \theta D^2 V_c \quad (2-7)$$

式中 θ ——螺旋桨盘面比；

D ——螺旋桨直径(m)；

V_c ——设计流速(m/s)。

(2)侧向海流力 R_B (N)

$$R_B = \frac{1}{2} C_v \rho V_c^2 A \quad (2-8)$$

式中 C_v ——侧向海流力系数,可取 0.6 ~ 0.8；

ρ ——海水密度(kg/m³), 见式(2-5)；

$A = LT$ ——船体水下部分侧投影面积(m²)。 L 为船舶设计流水线长(m), T 为吃水(m)。

(3)湿表面积 S (m²)的计算

按谢米克(B. H. Cemek)公式：

$$S = LT \left[2 + 1.37 (C_B - 0.274) \frac{B}{T} \right] \quad (2-9)$$

按穆勒根(C. П. Мухоморов)公式：

$$S = LT \left[1.36 + 1.13 C_B \frac{B}{T} \right] \quad (2-10)$$

式(2-9)及式(2-10)中：

L ——设计水线长(m)；

T ——吃水(m)；

B ——船宽(m)；

C_B ——方形系数。

(4)海流速度 V_c 的确定

海流速度 V_c (m/s)应为潮汐流及风生流之和,虽然海流速度随着水深的增加而减小,但对于水面船舶可不计水深的影响。

$$V_c = V_w + V_T \quad (2-11)$$

式中 V_w ——海面上的风生海流的流速(m/s),按式(2-12)计算；

V_T ——海面上的潮生海流的流速(m/s)。

对于敞开海面,在缺乏统计资料的情况下,静水面的风生海流的流速 V_w (m/s)可按式确定：

$$V_w = 0.01 V_{10} \quad (2-12)$$

式中 V_{10} ——10 min 平均速度(m/s), 见式(2-2)。

三、波浪力

船舶在波浪作用下引起一个平均偏移,并在平均偏移的范围内作摆动运动包括:纵荡、横荡及摇艏等。使得船舶产生平均偏移的波浪力即为波浪平均漂移力,可视作定常环境力,



按 API RP2P 推荐的方法确定。

由艏向或艉向波浪引起的平均漂移力 F_{mdx} (N)按下式计算:

$$F_{mdx} = 0.13 C_{mdh} B^2 L H_s^2 \quad (2-13)$$

由侧向波浪引起的平均漂移力 F_{mdy} (N)按下式计算:

$$F_{mdy} = C_{mdh} B^2 L H_s^2 \quad (2-14)$$

式(2-13)及式(2-14)中:

C_{mdh} ——平均波浪漂移力系数(N/m⁵);

B ——船宽(m);

L ——船舶水线长(m);

H_s ——设计波高(m)。

C_{mdh} 值可按 T_s 及 T_h 值查图 2-4 取得,该图中:

T_s ——有义波浪周期(s)。当 T_s 值无法从海洋统计资料中取得时,可由图 2-5 确定。

T_h ——表征波浪周期(s)。

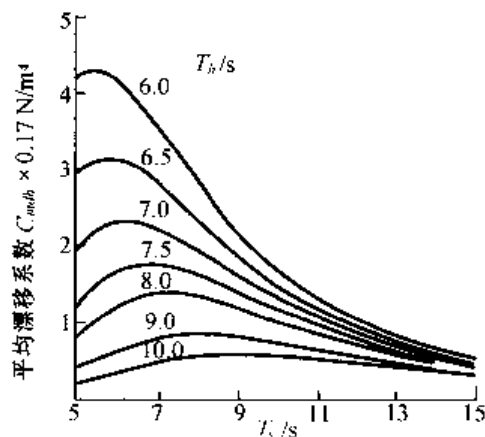


图 2-4 船体波浪漂移力系数

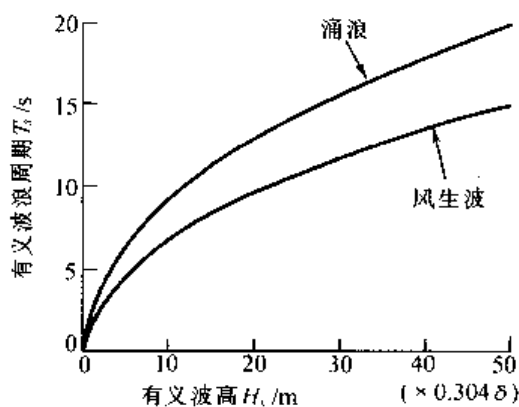


图 2-5 波高与波浪周期曲线

对于艏向或艉向波浪:

$$T_h = 0.33 \sqrt{L/0.3048} \quad (2-15)$$

对于侧向波浪:

$$T_h = 0.64 \sqrt{(B + 2D_h)/0.3048} \quad (2-16)$$

式(2-15)及式(2-16)中:

L ——设计水线(m);

B ——船宽(m);

D_h ——船舶吃水(m)。

第三节 锚索悬链状态特性分析

船舶在抛锚系留时,锚索呈悬链状态。无论是锚链还是钢丝绳都有良好的柔性和均匀的质量,因此采用单一的锚链或钢丝绳的锚索可视作简单悬链线,如图 2-6 所示。



作用于船舶的环境力合力 H 为水平方向, 该力通过锚索作用于锚。在不发生走锚时, 锚的水平抓力 H_0 于环境力 H 平衡, 即 $H_0 = H$ 。

根据简单悬链线方程的推导可得出下列方程式。

锚点 O 处的垂向力 V_0 及锚索张力 T_0 为:

$$V_0 = H_0 \tan \theta_0 = H \tan \theta_0 \quad (2-17)$$

$$T_0 = \sqrt{H_0^2 + V_0^2} = H \sec \theta_0 \quad (2-18)$$

且可得出下列一组方程式:

$$\frac{w}{H}s = \tan \theta - \tan \theta_0 \quad (2-19)$$

$$\frac{w}{H}y = \sec \theta - \sec \theta_0 \quad (2-20)$$

$$\frac{w}{H}x = \ln \left(\frac{\sec \theta + \tan \theta}{\sec \theta_0 + \tan \theta_0} \right) \quad (2-21)$$

或

$$\frac{w}{H}x = \ln \left(\frac{\sec \theta_0 - \tan \theta_0}{\sec \theta - \tan \theta} \right) \quad (2-22)$$

式(2-19)~(2-22)中:

w ——锚索在海水中的单位长度质量负荷, 锚链为其空气中质量负荷的 0.87, 钢丝绳为其空气中质量负荷的 0.83;

$s, y, x, \theta_0, \theta$ ——见图 2-6。

锚链筒出口处 A 点的锚索张力 T 及其垂向分力 V 为:

$$T = \sqrt{H^2 + V^2} = H \sec \theta = H \left(\sec \theta_0 + \frac{wy}{H} \right) \quad (2-23)$$

$$V = T \sin \theta \quad (2-24)$$

一般情况下, 锚索应有足够的长度, 使得悬链线在锚点处与海底相切 ($\theta_0 = 0$)。在这种情况下, 锚仅仅受到水平力 H_0 的作用 ($V_0 = 0$)。由此, 上述式(2-19)~(2-22)可简化为:

$$\frac{w}{H}s = \tan \theta \quad (2-25)$$

$$\frac{w}{H}y = \sec \theta - 1 \quad (2-26)$$

$$\frac{w}{H}x = \ln(\sec \theta + \tan \theta) = \ln \left[1 + \frac{w}{H}(s + y) \right] \quad (2-27)$$

或

$$\frac{w}{H}x = \ln \left(\frac{1}{\sec \theta - \tan \theta} \right) = \ln \left[\frac{1}{1 + \frac{w}{H}(y - s)} \right] \quad (2-28)$$

由式(2-27)和式(2-28)可得:

$$e^{\frac{wx}{H}} = \sec \theta + \tan \theta = 1 + \frac{w}{H}(y + s) \quad (2-29)$$

$$e^{-\frac{wx}{H}} = \sec \theta - \tan \theta = 1 + \frac{w}{H}(y - s) \quad (2-30)$$

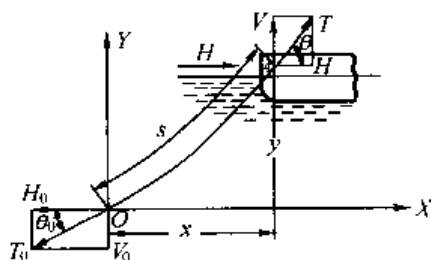


图 2-6 锚索悬链状态受力图



由此可得:

$$\frac{w}{H}y = \frac{e^{\frac{wx}{H}} + e^{-\frac{wx}{H}}}{2} - 1 \quad (2-31)$$

或以习惯的方式表示:

$$\frac{w}{H}y = \cosh \frac{wx}{H} - 1 \quad (2-32)$$

$$\frac{w}{H}s = \sinh \frac{wx}{H} \quad (2-33)$$

由于 $\sec^2 \theta = 1 + \tan^2 \theta$, 则可得到:

$$\left(\frac{w}{H}y + 1 \right)^2 = 1 + \left(\frac{ws}{H} \right)^2 \quad (2-34)$$

$$s = \sqrt{y^2 + 2 \frac{Hy}{w}} \quad (2-35)$$

锚链筒出口处 A 点的锚索张力 T 为:

$$T = \sqrt{H^2 + V^2} = H + wy \quad (2-36)$$

第四节 按船级社规范配置锚设备

锚泊设备中, 艏锚通常采用无杆锚, 艏锚锚链采用有挡链条, 锚的质量和数量及锚链的规格和长度通常按照船级社规范确定。目前, 各国船级社的规范统一采用 IACS 提出的艏装数计算方法及艏锚和艏锚链的配置要求。这些要求适用于无限航区船舶。对于有限航区船舶, 各国船级社的规定不尽相同。

1. 艏装数计算

IACS 提出的并为各国船级社采用的海船艏装数 N 按下式计算:

$$N = \Delta^{2/3} + 2Bh + \frac{A}{10} \quad (2-37)$$

式中 Δ ——夏季载重水线下的型排水量(t);

B ——型宽(m);

h ——从夏季载重水线到最上层舱室顶部的有效高度(m), 按式(2-38)计算;

A ——船长 L 的范围内夏季载重水线以上船体部分和上层建筑以及各层宽度大于 $B/4$ 的甲板室侧投影面积的总和(m^2)。

$$h = a + \sum h_i \quad (2-38)$$

式中 a ——从船中夏季载重水线至上甲板的距离(m);

h_i ——各层甲板宽度大于 $B/4$ 的舱室, 在其中心线处量取的高度(见图 2-7)(m)。

在计算 h 和 A 时, 不必计及舷弧和纵倾, 凡是超过 1.5 m 高度的挡风板和舷墙, 均应视为上层建筑和甲板室的一部分。图 2-8 所示的面积 A_i 应计入 A 中, 舱口围板及诸如集装箱等甲板货物高度, 在确定 h 和 A 时可不计入。

船长 L 为垂线间长, 但不应小于夏季水线最大长度(量自水线前端)的 96%, 也不必大于 97%。

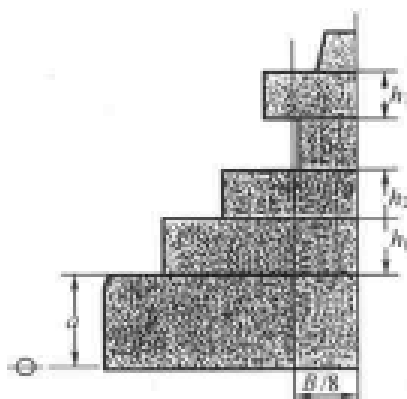


图 2-7 高度 h 的计算图

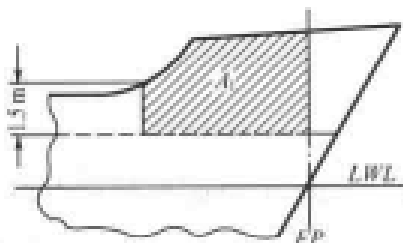


图 2-8 超过 1.5 m 高度的舷墙计入图

CCS《海船规范》规定,海洋拖船的舾装数 N 按下式计算:

$$N = \Delta^{2/3} + 2(aB + \sum b_i h_i) + \frac{A}{10} \quad (2-39)$$

式中 a, B, h_i 以及 A 的计算方法与含义同上所述;

b_i ——上层建筑宽度或各层宽度超过 $B/4$ 的甲板室的宽度(m)。

需要指出的是,作为上述舾装数公式的基础是:假定水流速度为 2.5 m/s,风速为 25 m/s。相应抛出的锚链长度与水深之比为 6~10 倍的范围,而且假定在正常情况下锚泊时仅用一只船锚及锚链。所配置的锚泊设备能使船舶在良好的锚地底质上系留而防止走锚现象。在不良的锚地底质上锚的抓力将会明显降低。

2. 锚及锚链的配备

(1)CCS《海船规范》规定,海船应根据以上舾装公式计算所得的数值,并根据船舶种类及航行水域按表 2-4 及表 2-5 配置船锚及船锚链。

表 2-4 各类船舶按舾装数 N 选取锚泊及系泊设备的说明

船 型	要 求 配 置 的 设 备
货船、散装货船、油船、耙吸式挖泥船、渡船等	按 N 选取
拖船	按 N 选取,拖索应足以承受最大系柱拉力,其安全系数 ≥ 2.0
近海供应船	按 N 选取,但锚链按 N 增大 2 挡选取,船锚可配 2 只
有人驳船	按 N 选取,但船锚可仅配 2 只,拖索可免配
无人驳船	按 N 选取,但船锚可仅配 1 只,锚链可仅配一半长度,系船索可配 2 根
起重船	按 N 选取,但起重机的侧投影面积应计入 N ,船锚可配 2 只。若起重船作业用锚中有 2 只满足本表的要求,可代替船锚。若用钢索代替锚链时,其破断负荷和长度应不小于 1.5 倍相应锚链值,锚与钢索间应有适当锚链段,在索链的衔接处应加转环



表 2-5 海船的锚泊和系泊设备

序号	舾装数 N		锚 锚		有挡锚链链				拖 索		系 船 索		
	超过	不超 过	数量	每个 质量 /kg	总长 度/m	直径/mm			长度 /m	破断 负荷 /kN	数量	每根 长度 /m	破断 负荷 /kN
AM1	AM2	AM3											
1	50	70	2	180	220	14	12.5		180	98.1	3	80	34.3
2	70	90	2	240	220	16	14		180	98.1	3	100	36.8
3	90	110	2	300	247.5	17.5	16		180	98.1	3	110	39.2
4	110	130	2	360	247.5	19	17.5		180	98.1	3	110	44.1
5	130	150	2	420	275	20.5	17.5		180	98.1	3	120	49.0
6	150	175	2	480	275	22	19		180	98.1	3	120	54.0
7	175	205	2	570	302.5	24	20.5		180	111.8	3	120	58.8
8	205	240	3	660	302.5	26	22	20.5	180	129.4	4	120	63.7
9	240	280	3	780	330	28	24	22	180	150	4	120	68.6
10	280	320	3	900	357.5	30	26	24	180	173.6	4	140	73.6
11	320	360	3	1 020	357.5	32	28	24	180	206.9	4	140	78.5
12	360	400	3	1 140	385	34	30	26	180	223.6	4	140	88.3
13	400	450	3	1 290	385	36	32	28	180	250.1	4	140	98.1
14	450	500	3	1 440	412.5	38	34	30	180	276.5	4	140	107.9
15	500	550	3	1 590	412.5	40	34	30	190	306.0	4	160	122.6
16	550	600	3	1 740	440	42	36	32	190	338.3	4	160	132.4
17	600	660	3	1 920	440	44	38	34	190	370.7	4	160	147.1
18	660	720	3	2 100	440	46	40	36	190	406.0	4	160	156.9
19	720	780	3	2 280	467.5	48	42	36	190	441.3	4	170	171.6
20	780	840	3	2 460	467.5	50	44	38	190	480.0	4	170	186.3
21	840	910	3	2 640	467.5	52	46	40	190	517.8	4	170	201.0
22	910	980	3	2 850	495	54	48	42	190	559.0	4	170	215.7
23	980	1 060	3	3 060	495	56	50	44	200	603.1	4	180	230.5
24	1 060	1 140	3	3 300	495	58	50	46	200	647.2	4	180	250.1
25	1 140	1 220	3	3 540	522.5	60	52	46	200	691.4	4	180	269.7
26	1 220	1 300	3	3 780	522.5	62	54	48	200	738.4	4	180	284.4
27	1 300	1 390	3	4 050	522.5	64	56	50	200	785.5	4	180	308.9
28	1 390	1 480	3	4 320	550	66	58	50	200	835.5	4	180	323.6



表 2-5(续)

序号	艏装数 N		船 锚		有挡船锚链			拖 索		系 船 索			
	超过	不超 过	数量	每个 质量 /kg	总长 度/m	直径/mm			长度 /m	破断 负荷 /kN	数量	每根 长度 /m	破断 负荷 /kN
						AM1	AM2	AM3					
29	1 480	1 570	3	4 590	550	68	60	52	220	888.5	5	190	323.6
30	1 570	1 670	3	4 890	550	70	62	54	220	941.4	5	190	333.4
31	1 670	1 790	3	5 250	577.5	73	64	56	220	1 002	5	190	353.0
32	1 790	1 930	3	5 610	577.5	76	66	58	220	1 109	5	190	377.6
33	1 930	2 080	3	6 000	577.5	78	68	60	220	1 168	5	190	402.1
34	2 080	2 230	3	6 450	605	81	70	62	240	1 259	5	200	421.7
35	2 230	2 380	3	6 900	605	84	73	64	240	1 356	5	200	451.1
36	2 380	2 530	3	7 350	605	87	76	66	240	1 453	5	200	480.5
37	2 530	2 700	3	7 800	632.5	90	78	68	260	1 471	6	200	480.5
38	2 700	2 870	3	8 300	632.5	92	81	70	260	1 471	6	200	490.3
39	2 870	3 040	3	8 700	632.5	95	84	73	260	1 471	6	200	500.1
40	3 040	3 210	3	9 300	660	97	84	76	280	1 471	6	200	519.8
41	3 210	3 400	3	9 900	660	100	87	78	280	1 471	6	200	554.1
42	3 400	3 600	3	10 500	660	102	90	78	280	1 471	6	200	588.4
43	3 600	3 800	3	11 100	687.5	105	92	81	300	1 471	6	200	617.8
44	3 800	4 000	3	11 700	687.5	107	95	84	300	1 471	6	200	647.2
45	4 000	4 200	3	12 300	687.5	111	97	87	300	1 471	7	200	647.2
46	4 200	4 400	3	12 900	715	114	110	87	300	1 471	7	200	657.1
47	4 400	4 600	3	13 500	715	117	112	90	300	1 471	7	200	666.9
48	4 600	4 800	3	14 100	715	120	105	92	300	1 471	7	200	676.7
49	4 800	5 000	3	14 700	742.5	122	107	95	300	1 471	7	200	686.5
50	5 000	5 200	3	15 400	742.5	124	111	97	300	1 471	8	200	686.5
51	5 200	5 500	3	16 100	742.5	127	111	97	300	1 471	8	200	696.3
52	5 500	5 800	3	16 900	742.5	130	114	100	300	1 471	8	200	706.1
53	5 800	6 100	3	17 800	742.5	132	117	102	300	1 471	9	200	706.1
54	6 100	6 500	3	18 800	742.5		120	107			9	200	715.9
55	6 500	6 900	3	20 000	770		124	111			9	200	725.7
56	6 900	7 400	3	21 500	770		127	114			10	200	725.7



表 2-5(续)

序号	舢装数 N		舢 锚		有挡舢锚链			拖 索		系 船 索			
	超过	不超 过	数量	每个 质量 /kg	总长 度/m	直径/mm			长度 /m	破断 负荷 /kN	数量	每根 长度 /m	破断 负荷 /kN
						AM1	AM2	AM3					
57	7 400	7 900	3	23 000	770		132	117			11	200	725.7
58	7 900	8 400	3	24 500	770		137	122			11	200	735.5
59	8 400	8 900	3	26 000	770		144	127			12	200	735.5
60	8 900	9 400	3	27 500	770		147	132			13	200	735.5
61	9 400	10 000	3	29000	770		152	132			14	200	735.5
62	10 000	10 700	3	31 000	770			137			15	200	735.5
63	10 700	11 500	3	33 000	770			142			16	200	735.5
64	11 500	12 400	3	35 500	770			147			17	200	735.5
65	12 400	13 400	3	38 500	770			152			18	200	735.5
66	13 400	14 600	3	42 000	770			157			19	200	735.5
67	14 600	16 000	3	46 000	770			162			21	200	735.5

注:1.舢装数不超过 50 时,用外补法。

2.表列第 3 个舢锚为备用。

(2) 关于舢锚的若干规定

①每个舢锚的质量可以与表 2-5 中所列锚质量相差 $\pm 7\%$,但舢锚的质量应不小于表列锚质量的总和。

②普通无杆锚的锚头质量,包括销子与转轴在内,应不小于该锚总质量的 60%。

③可以采用有杆锚的舢锚,但其质量(不包括横杆)应不小于本节表 2-5 中所规定的无杆锚质量的 80%。

④当采用大抓力锚作为舢锚时,每只锚的质量可以为本节表 2-5 中规定的普通无杆舢锚质量的 75%。

(3) 对锚链的有关规定

①本节表 2-5 中所列锚链直径小于等于 17 mm 时,可用试验负荷相等的无挡锚链或破断负荷相等的钢丝绳或纤维绳代替。

②锚链在连接锚的一端应装设一个转环。

③锚链的内端应系固在船体结构上,并能在锚链舱外易于到达的地方迅速解脱。

④船上应至少储备 1 个锚卸扣(系指锚链末端的卸扣)和 4 个连接卸扣或连接链环(肯特卸扣)。

⑤拉伸应力小于 400 N/mm 的 CCS AM1 级锚链不能用于大抓力锚。CCS AM3 级锚链仅适用于链径 20.5 mm 或以上的锚链。

除此之外,应指出的是表 2-5 中规定的锚链总长均为 27.5 m 的整倍数。因此,当该数值为偶数时,左右锚链长度应相等;而当该数值为奇数时,右锚链应比左锚链长 1 节。

3. 有限航区船舶锚及锚链配备



CCS《海船规范》规定,有限航区航行的船舶的锚设备,可按上述无限航区航行的船舶要求进行减免配备,规定如下:

(1)在沿海航区内航行的起重船和耙吸式挖泥船,其锚泊设备可按舾装数 N 降低 2 挡选取。艏锚仅配两只;

(2)除(1)条规定之外,在沿海航区内航行的船舶,其锚泊设备可按舾装数 N 降低 1 挡选取。船长小于 30 m 的交通艇或专线渡船,艏锚可仅配 1 只,锚链可配一半长度;

(3)在遮蔽航区内航行的船舶,锚泊设备可按舾装数 N 降低 2 挡选取。船长小于 30 m 的交通艇或专线渡船,艏锚可仅配 1 只,锚链可配一半的长度;

(4)在具有防波堤的港口水域作业的船舶,其锚泊设备可按舾装数 N 的一半选取,锚链可配一半的长度。

第五节 船用锚

一、船用锚的基本要求

船用锚是系住船舶的主要装置,它的性能直接影响到船舶能否可靠地系留,因此对其性能提出了很高的要求。

1. 抓力大

这是最基本的性能要求,衡量船用锚抓持性能的表征值通常称为抓力系数。锚的抓力系数等于锚在底土中产生的抓力除以锚在空气中的质量。尽管按常理锚的质量越大,其抓力也越大,但是大多数锚随着质量的增加,其抓力系数呈下降的趋势,因此在确定锚抓力时应充分注意这一特点。

2. 能适应各种不同的底质

一般船舶由于航行区域广阔,底质情况变化很大,因此所配置的锚型要求能适应多种底质。

3. 结构坚固

船舶在抛起锚及系留过程中可能承受各种复杂的载荷,因此锚的结构应足够坚固以保证其安全使用。

4. 稳定性好,入土容易

船舶在抛锚系留过程中,由于风向和流向的变化使船舶绕抛锚点回转,不均匀的底质使锚爪受力不均,导致锚翻身并被拔出底土。因此良好的稳定性对锚来说十分重要,通常带横杆的锚稳定性较好,但也造成锚的收藏不便。在某些情况下,如船舶转向或负荷突然增加,锚仍有可能从底土中拉出来,因此要求锚具有再次啮入底土的特性。

5. 入土距离短

锚被抛入水中后,在锚索的牵动下锚爪逐步啮入底土,从开始到全部啮入底土发挥出最大抓力的这段距离越短越好。

6. 拔锚力小

起锚时,将锚从底土中拔出来的力越小越好,有利于减轻锚机的负担。

7. 自洁性好

锚在起锚离开底土时,不应带有很多泥土,否则会增加锚机的负担。同时锚在水中收起的过程中,所带的泥土应基本清除干净。



8. 收藏方便

一般船舶锚收藏在锚链筒内,通常无杆转爪锚比较容易被收进锚链筒内,有杆锚及固定爪锚收存在锚架上。

二、船用锚的型式及基本性能

船用锚的型式繁多,通常按其结构特征可分为转爪锚、固定爪锚和特种爪锚。转爪锚及固定爪锚又可分为无杆锚和有杆锚,特种锚的结构型式各不相同。

1. 无杆转爪锚

无杆转爪锚的型式最多,船舶的艏锚绝大多数采用无杆转爪锚。

无杆转爪锚主要由锚头(锚爪)、锚柄、锚卸扣以及连接锚头和锚柄的小轴和横销等零件组成。目前常用的无杆转爪锚型式如下:

(1) 霍尔锚

霍尔锚通常用作艏锚,这种锚对于各种泥、砂底质均有较好的适应能力,且收藏方便。常用的霍尔锚如图 2-9 所示,锚柄截面为矩形或圆形,折角(锚爪与锚柄之间的最大夹角)为 42° 。此外,另有一种短杆霍尔锚,其锚柄长度较短,折角为 38° 。我国造船行业已制订了霍尔锚标准。

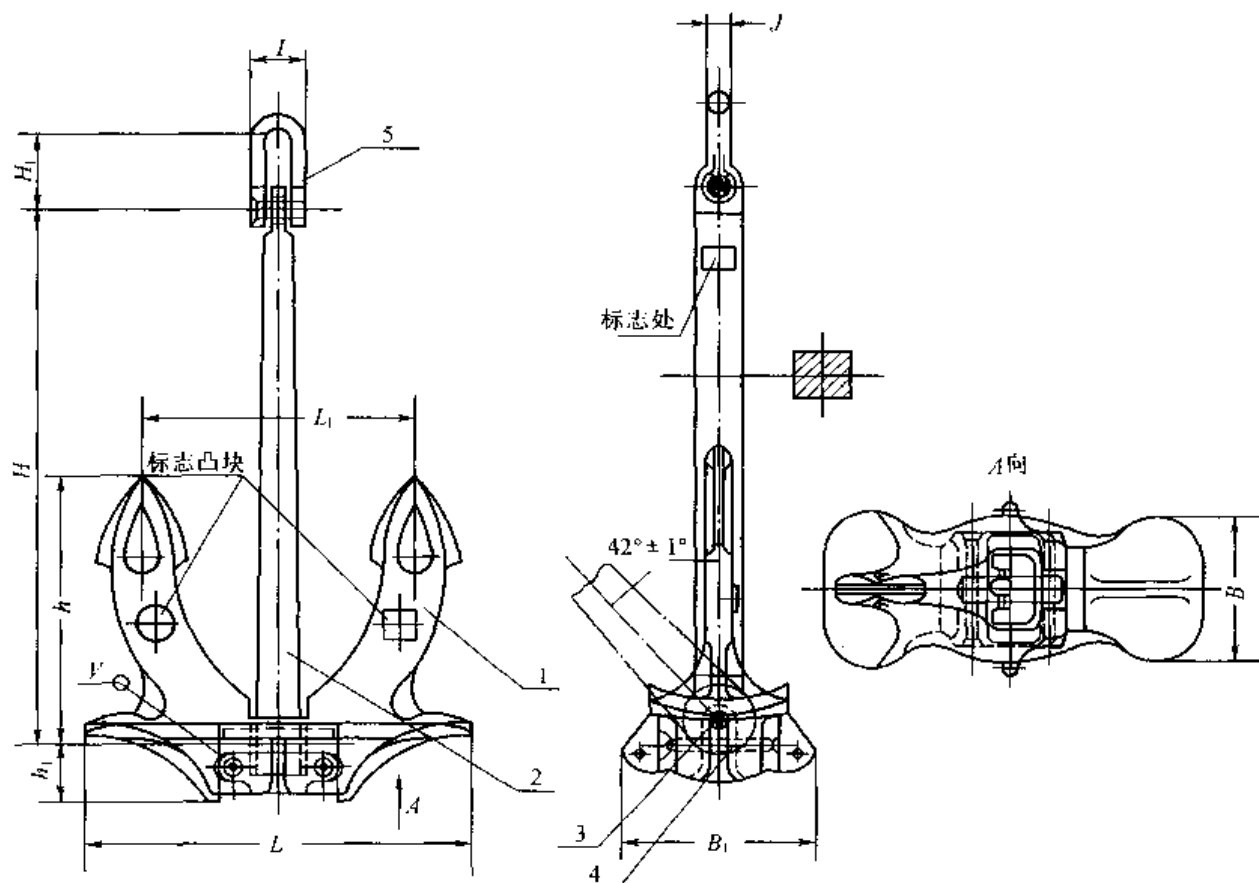


图 2-9 霍尔锚

1—锚爪;2—锚柄;3—小轴;4—横销;5—a 型锚卸扣

霍尔锚的锚爪(锚头)及锚柄为铸钢件,锚卸扣、小轴及横销为锻钢件。



(2) 斯贝克锚

斯贝克锚通常用作艏锚,如图2-10所示,折角为 40° 。它的基本性能同霍尔锚相似,但斯贝克锚的最大特点是锚头重心略低于转轴(小轴),因此,锚吊起时,锚爪竖直与锚柄在同一平面上,特别适用于艏部线型较肥大的船舶,尤其适用于带球艏的船舶。我国造船行业已制订斯贝克锚标准。

斯贝克锚的锚头(锚爪)及锚柄为铸钢件,锚卸扣、小轴及横销为锻钢件。

(3) AC-14 锚

AC-14 锚是大抓力锚(见图2-11),折角为 35° ,通常用作艏锚。它的性能十分优良,抓力大,能适应各种泥、砂底质,稳定性好,收藏方便。在国内外各种大型运输船舶和舰船上得到广泛使用。

AC-14 锚的锚头和锚柄为铸钢件,锚卸扣为铸钢件,小轴、横销和封头为锻钢件。

(4) 波尔(POOL)锚

波尔锚是大抓力锚(见图2-12),折角为 42° ,通常用作艏锚,也常用作工程作业船舶的工作锚。这种锚对于各种泥、砂底质均有较好的适应性,收藏也较方便。我国造船行业已制订波尔锚标准。

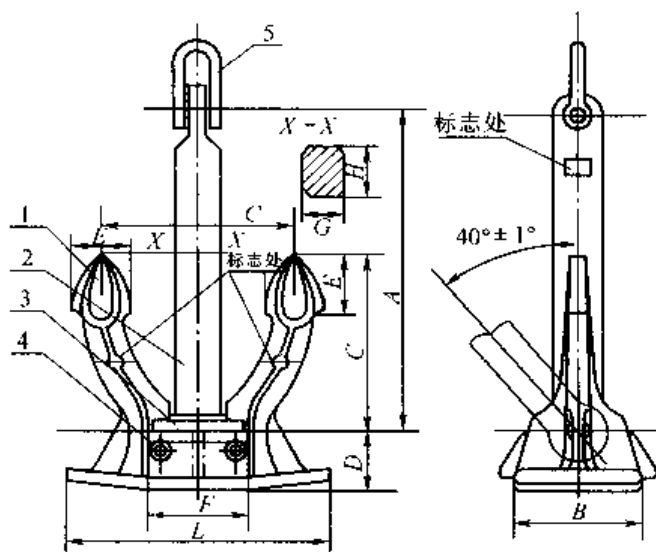


图2-10 斯贝克锚

1—锚头;2—锚柄;3—小轴;4—横销;5—α型锚卸扣

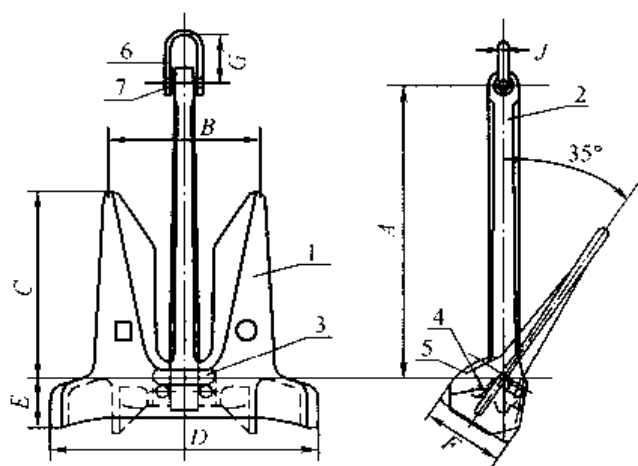


图2-11 AC-14 锚

1—锚头;2—锚柄;3—小轴;4—横销;5—封头;
6—锚卸扣本体;7—锚卸扣横销

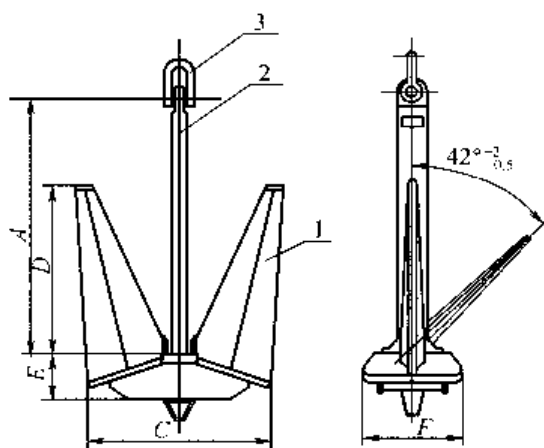


图2-12 波尔锚

1—锚爪;2—锚柄;3—锚卸扣

波尔锚的锚爪为钢板焊接结构,锚柄为铸钢件,锚卸扣及小轴等零件为锻钢件。

2. 有杆转爪锚

有杆转爪锚主要由锚头(锚爪)、锚柄、锚横杆、锚卸扣以及其他连接零件组成。有杆转



爪锚通常锚爪较长且面积较大,折角较小($30^{\circ} \sim 34^{\circ}$),因此在砂及硬泥中抓力较大,在淤泥中抓力较小,为了解决这一问题,某些有杆转爪锚采用改变折角的方法,在遇到淤泥的情况下将折角加大到 50° ,以提高抓力。

目前国内外常用的有杆转爪锚有下列几种:

(1) 轻量型锚(LWT 锚)

轻量型锚是大抓力锚,锚头处带有锚横杆以保持锚的稳定。图 2-13(a)所示为折角 30° 的轻量型锚,适用于砂及硬泥底质,在淤泥中抓力较小。图 2-13(b)所示的轻量型锚,其锚柄端部带有可拆楔块,拆去楔块后可将折角改变为 50° ,适用于淤泥底质。轻量型锚的锚爪很尖,容易啮入底土,收起后通常存放在锚架上。

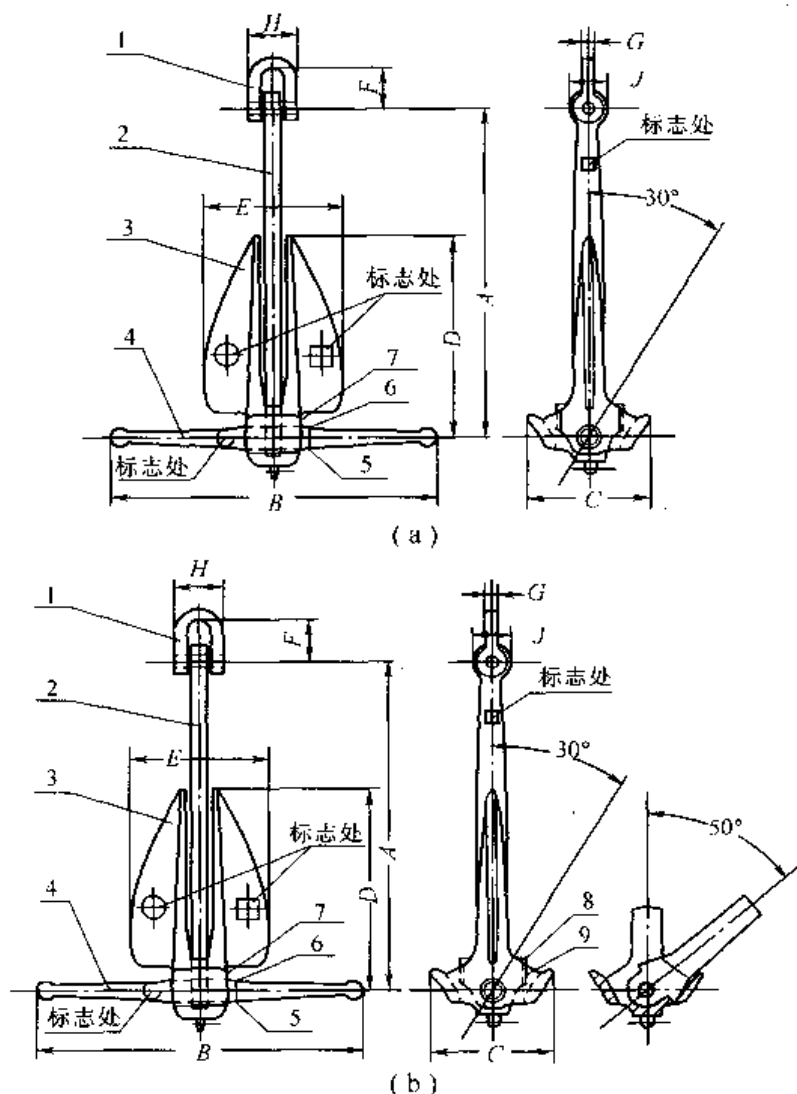


图 2-13 轻量型锚

(a) 折角不变的轻量型锚; (b) 折角可变的轻量型锚

1—锚卸扣; 2—锚柄; 3—锚爪; 4—锚横杆; 5—垫圈; 6—插销;
7—小链; 8—楔块; 9—螺栓

轻量型锚的锚爪、锚柄、及锚横杆均为铸钢件,锚卸扣可为铸钢件或锻钢件,其余零件均为锻钢件。



(2) 其他有杆转爪锚

图 2-14 所示为目前国内外常用的几种有杆转爪锚。

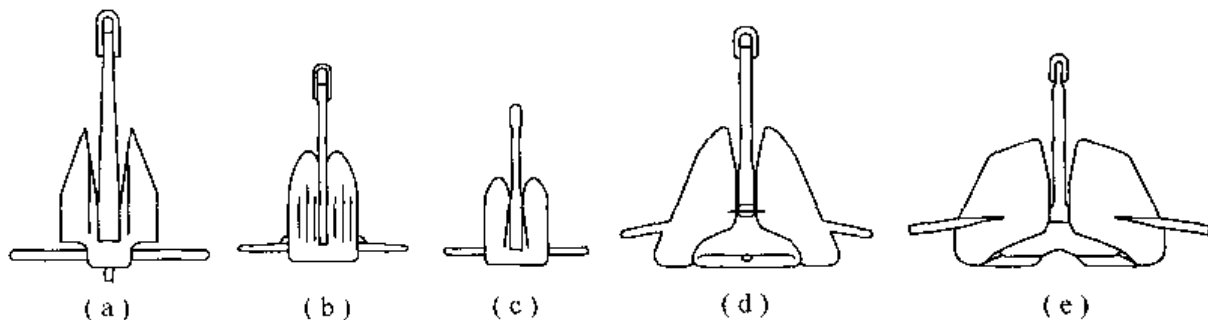


图 2-14 常用有杆转爪锚

(a) 丹福斯锚; (b) 斯达托锚; (c) 穆尔法斯特锚; (d) 斯蒂汶锚; (e) 斯蒂夫莫特锚

丹福斯锚(Danforth Anchor)是铸钢大抓力锚,锚头处设锚横杆,折角为 30° ,其性能与轻量型锚相似。

斯达托锚(Stato Anchor)是铸钢锚,锚头处设锚横杆,折角可改变为 34° 或 50° ,以适应不同的底质。

穆尔法斯特锚(Moorfast Anchor)是铸钢锚,锚头处设锚横杆,折角可改变为 $34^\circ \sim 50^\circ$,以适应不同的底质。

斯蒂汶锚(Stevin Anchor)是大抓力锚,锚头为钢板焊接结构,横杆焊在锚爪上连成一体,折角为 32° 或 50° ,以适应不同的底质。

斯蒂夫莫特锚(Stevmud Anchor)是大抓力锚,锚头为钢板焊接结构,横杆焊在锚爪上,折角为 50° ,由于其锚爪面积很大,特别适用于淤泥底质。

3. 固定爪锚

固定爪锚的锚爪和锚柄制成一体,称为锚体,目前常见的固定爪锚有下列几种。

海军锚(见图 2-15)是有杆锚,其横杆设在靠近锚卸扣处同锚爪成交叉状。锚落下之后,一旦受力,依靠横杆的支撑可使锚爪啮入底土。海军锚的锚体和横杆均为铸钢件。我国造船行业已制订海军锚标准。

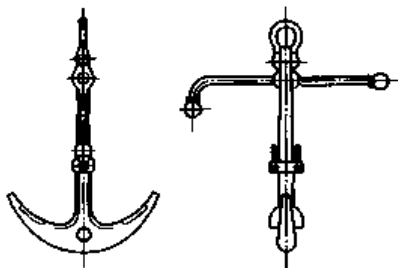


图 2-15 海军锚

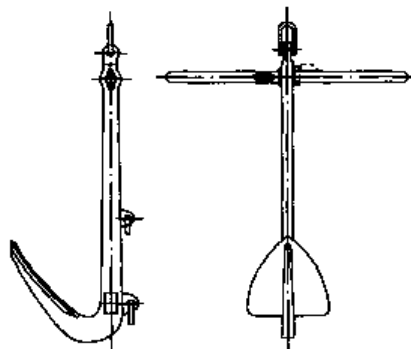


图 2-16 单爪锚

海军锚特别适用于砂、硬泥及砾石等底质,也可用于礁石底质。其缺点是始终有一个锚爪露出在底质外,容易造成锚索的纠缠,甚至危及在其上通过的船舶,造成船底破损,且收放



很不方便。因此除非特别需要,目前已很少采用海军锚。

单爪锚(见图 2-16),其形状如同切去一只锚爪的海军锚,性能亦同海军锚相似,锚体和横杆均为铸钢件。单爪锚抛锚时,必须吊住锚头,使锚爪向下,缓慢地放到水底。

四爪锚(见图 2-17)是没有横杆的小船用锚,一般质量较小。锚体为锻钢件。这种锚特别适用于砂、硬泥、砾石以及礁石等底质。

布鲁斯(Bruce)铸钢锚(见图 2-18)。这种锚的锚爪有三个齿,不设横杆,锚体为合金铸钢件。能适应砂、硬泥及淤泥等各种底质。据介绍其抓力可达 40 倍锚重,且不随锚重的增加而有所降低。

4. 特种锚

特种锚是一些形状及结构较为特殊的锚,如:菌形锚、半球型水泥锚、蛙式锚、火箭埋式锚等,其制作材料有铸钢、锻钢、混凝土等,主要用于系留物永久性固停之用。

近年来新出现的吸力锚又称负压锚作为永久性系留用锚发展很快。

5. 船用锚的抓持特性

船用锚由于型式不同因此他们的抓持特性也不尽相同,表 2-6 列出了各类锚的抓持特性可供选择时参考。

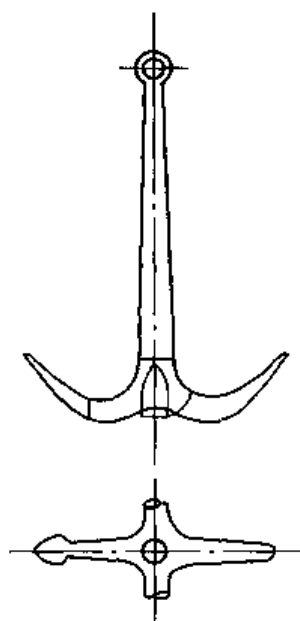


图 2-17 四爪锚



图 2-18 布鲁斯铸钢锚

表 2-6 各类锚的抓持特性

序号	锚型	抓重比		适用底质
		砂、黏土	淤泥	
1	海军锚	6~8	6~8	各种底质
2	标准无杆锚	3~4	3~4	各种底质
3	轻量型锚	10~12	10~12	折角 30°用于砂及黏土,折角 50°用于淤泥
4	波尔锚	6	6	各种底质
5	丹福斯锚	10~12	5	砂及黏土
6	AC-14 锚	8~10	8~10	各种底质
7	史蒂汶锚	28(砂) 17~32(硬泥)	18	各种底质
8	史蒂夫莫特锚	1	35	淤泥
9	斯达托锚	13	13	折角 34°适用于砂及黏土、折角 50°适用于淤泥
10	穆尔夫斯特锚	13	13	淤泥
11	德尔泰锚	25	15	各种底质
12	布鲁斯锚	40	40	各种底质



事实上,各种不同的锚型,适应的底质性能不尽相同,多数锚型在砂及硬泥中抓力较大,而在淤泥中抓力明显减小。但是,几乎大多数转爪锚都不适用于礁石底质,只有海军锚和四爪锚对于这类底质有较好的适应能力。

抛锚延续时间的长短也影响锚的抓力,抛锚时间越长意味着锚上的土堆积越多,锚的埋入也较深,因此抓力就大。从这个意义上讲,挖一个坑,把一个重物埋入土中,就是一个很好的锚。因此某些特种锚,如菌形锚正是利用了这个特点。此外,某些需要在海上长期系留作业的船舶。采用打桩(桩锚)栓住船舶也是十分可靠的。

6. 大抓力锚

“大抓力锚”是一个具有特定含义的概念,根据 LACS 所提出的并为各国船级社所接受的要求,凡新设计的锚申请认可作为大抓力锚,应在海上进行试验,以证实该锚的抓力为是其质量相同的无杆锚抓力的两倍以上。试验应在软泥或淤泥、砂子或砾石、坚实的黏土或类似坚实的底质中进行。

目前国际上获得认可的大抓力锚主要有:AC-14 锚、波尔锚、斯蒂汶锚、丹福斯锚、穆尔法斯特锚、轻量型锚、布鲁斯铸钢锚、布鲁斯 TS 锚及德尔泰锚等。

三、船用锚的材料和试验

(一)船用锚的材料

船用锚的所有零件应采用镇静钢制作,但可以采用不同的制造方法。因此锚的零件可分为:铸钢件、锻钢件和钢板焊接件,它们的质量应符合各船级社规定要求。

1. 铸钢件

锚的铸钢零件通常采用船体结构用铸钢件,其抽样化学成分为: $C \leq 0.23\%$; $Si \leq 0.60\%$; $Mn \leq 1.60\%$ (应不小于实际含碳量的 3 倍); $P \leq 0.04\%$; $S \leq 0.04\%$; 残余元素(Ni, Cr, Mo, Cu) $\leq 0.08\%$ 。试样的力学性能为:抗拉强度 σ_b 不小于 400 N/mm^2 ; 屈服强度 σ_s 不小于 200 N/mm^2 ; 伸长率 δ_5 不小于 25% ; 断面收缩率 ψ 不小于 40% 。

此外,ABS 船级社还规定,铸钢件应作弯曲试验,应至少取一个标准弯曲试样,作弯心半径为 25 mm ,弯曲角度为 120° 的冷弯试验,试样不得有任何断裂现象发生。

2. 锻钢件

锚的锻钢零件通常采用船体结构用锻钢件,其抽样化学成分应符合表 2-7 的规定。

表 2-7 船体结构用锻钢件的化学成分

连接方式	化 学 成 分 / %								
	C	Si	Mn	S	P	残余元素			
						Cu	Mo	Cr	Ni
焊接 ^①	≤0.32 ^②	≤0.45	0.30 ~ 1.70 ^③	≤0.040	≤0.40				
非焊接	≤0.40	≤0.45	0.30 ~ 1.50	≤0.040	≤0.040	≤0.30	≤0.15	≤0.30	≤0.40

①残余元素总含量应不超过 0.80%

②从锻钢件上取样时,含碳量不超过 0.26%

③焊后进行热处理时,其含锰量应不小于实际含碳量的 3 倍



锻钢件的力学性能为:抗拉强度 σ_b 不小于 430 N/mm^2 ; 屈服强度 σ_s 不小于 215 N/mm^2 ; 伸张率 δ_5 不小于 24% (纵向) 和 18% (横向)。

3. 铸钢件和锻钢件的热处理

锚的铸钢零件全部进行热处理, 锻钢零件质量超过 3 t 时应作热处理。热处理按下述方法之一进行: 完全退火 (加热至临界点以上, 然后缓慢冷却); 或正火加回火 (回火温度不低于 550°C)。

4. 钢板焊接件

锚的零件采用钢板焊接结构时, 钢板材料可采用 B 级或 A32 级船体结构用钢板, 而且应在拉力试验后, 对焊缝作磁粉探伤。

(二) 船用锚的试验

船用锚制造完成后应进行试验, 各国船级社对锚的试验要求不尽相同, 现引述如下。

1. 坠落试验和锤击试验

ABS 及 NK 等船级社对于锚的铸钢零件要求在验证之前作坠落试验和锤击试验, 其方法如下。

(1) 坠落试验

每个铸钢零件应提升到规定高度 (ABS 规定为 3.7 m, NK 规定为 4 m), 并投落到设在硬水泥地上的厚钢板上 (钢板厚度不小于 100 mm), 而无任何裂纹和其他缺陷。

对于转爪和锚柄铸成一体的海军锚, 应先将锚体提升到规定高度, 使锚爪和锚柄处于水平位置, 投落到厚钢板上。然后, 再次将锚体提升到规定高度, 使锚冠朝下, 投落到钢板上的两个钢块上。钢块的布置应使锚在两爪中点受到冲击, 而锚冠不接触钢板。试验后应无裂纹、变形和其他缺陷。如钢板撞破, 应在更换后再作试验。

(2) 锤击试验

在坠落试验后, 将锚吊离地面, 用 3 ~ 7 kg 的钢锤遍击, 应无裂纹或其他缺陷。

2. 拉力试验

拉力试验又称验证试验, 所有质量 (包括横杆在内) 75 kg 及以上的锚 (大抓力锚为 56 kg 及以上) 均应作为拉力试验。

对于拉力试验的负荷、试验方法以及试验后的检验, 各国船级社均作了明确规定, 而且内容基本一致。拉力作用点, 一端在锚卸扣处, 另一端在距锚爪尖 $L/3$ 处, 对海军锚 L 为锚冠顶点至锚爪尖的距离, 对转爪锚为轴心至锚爪尖的距离。试验前每个锚应在锚卸扣处的锚杆上及锚爪牙每一尖端处, 各作一标志, 作试验时测量距离用。霍尔锚、斯贝克锚等转爪锚应把锚爪转到一边, 做同样的试验。然后把锚爪转到另一边, 同时拉其两爪进行试验。拉力试验负荷按标准由锚质量确定。霍尔锚、斯贝克锚以锚的总质量计算。海军锚不包括横杆的锚的质量。锚的质量为中值时, 其拉力试验负荷由内插法决定。霍尔锚、斯贝克锚进行接力试验时, 应先承受等于试验负荷 50% 的拉力, 需 5 分钟, 将拉力降到试验负荷的 10% 时, 测量两标志间的距离, 两标志间距离的增加不得超过 0.5%。

拉力试验后应检查锚爪转动至最大角度的灵活性, 如锚爪转动不灵活或不能转至最大角度时, 则应消除缺陷, 并重作拉力试验, 如仍不合格, 则该锚应作为废品。

海军锚应将每一锚爪依次作拉力试验, 试验前测量两标志间距离, 试验时逐渐施加拉力至试验负荷, 保持 5 分钟, 除去负荷后, 再测量两标志间的距离。如发现有永久变形, 则该锚应作为废品。



第六节 锚 索

一、锚链

船用锚链按其类型可分为:有挡锚链和无挡短环锚链(简称无挡锚链)。按链环的制造方法又可分为电焊锚链、铸造锚链和锻造锚链。

在现代造船中,使用得最多的是电焊锚链,而铸造锚链已很少使用,锻造锚链几乎已经绝迹。本书着重介绍电焊锚链的规格及技术要求,以及锚链的配套方式。

1. 电焊锚链的类型及等级

CCS《材料与焊接规范》规定有挡锚链根据抗拉强度分为:CCS AM1, CCS AM2 和 CCS AM3 等 3 个等级。

我国目前造船行业使用的标准电焊锚链分为两种型式:A 型——有挡锚链;B 型——无挡锚链。3 种级别的材料为:M1 级、M2 级及 M3 级分别为一级、二级、三级锚链钢。表 2-8 所列为标准锚链等级及相应各国船级社的锚链等级。锚链直径系列见表 2-5。

表 2-8 锚链等级表

锚链名称	等级	各国船级社相应锚链等级						
		CCS	LR	ABS	DnV	GL	BV	NK
一级有挡电焊锚链	AM1	CCS AM1	U1	Grade1	NVK1	GL-K1	BV-Q1	Grade1
二级有挡电焊锚链	AM2	CCS AM2	U2	Grade2	NVK2	GL-K2	BV-Q2a	Grade2
三级有挡电焊锚链	AM3	CCS AM3	U3	Grade3	NVK3	GL-K3	BV-Q3a	Grade3
一级无挡电焊锚链	BM1							Grade1
二级无挡电焊锚链	BM2							

2. 电焊锚链的链环及附件的型式

组成锚链的链环及附件的种类及其代号为:有挡普通链环——C;加大链环——EL;末端链环——E;连接卸扣——JS;肯特卸扣——KS;末端卸扣——AS;转环——SW;无挡普通链环——L。上述零件的型式和尺寸见图 2-19。

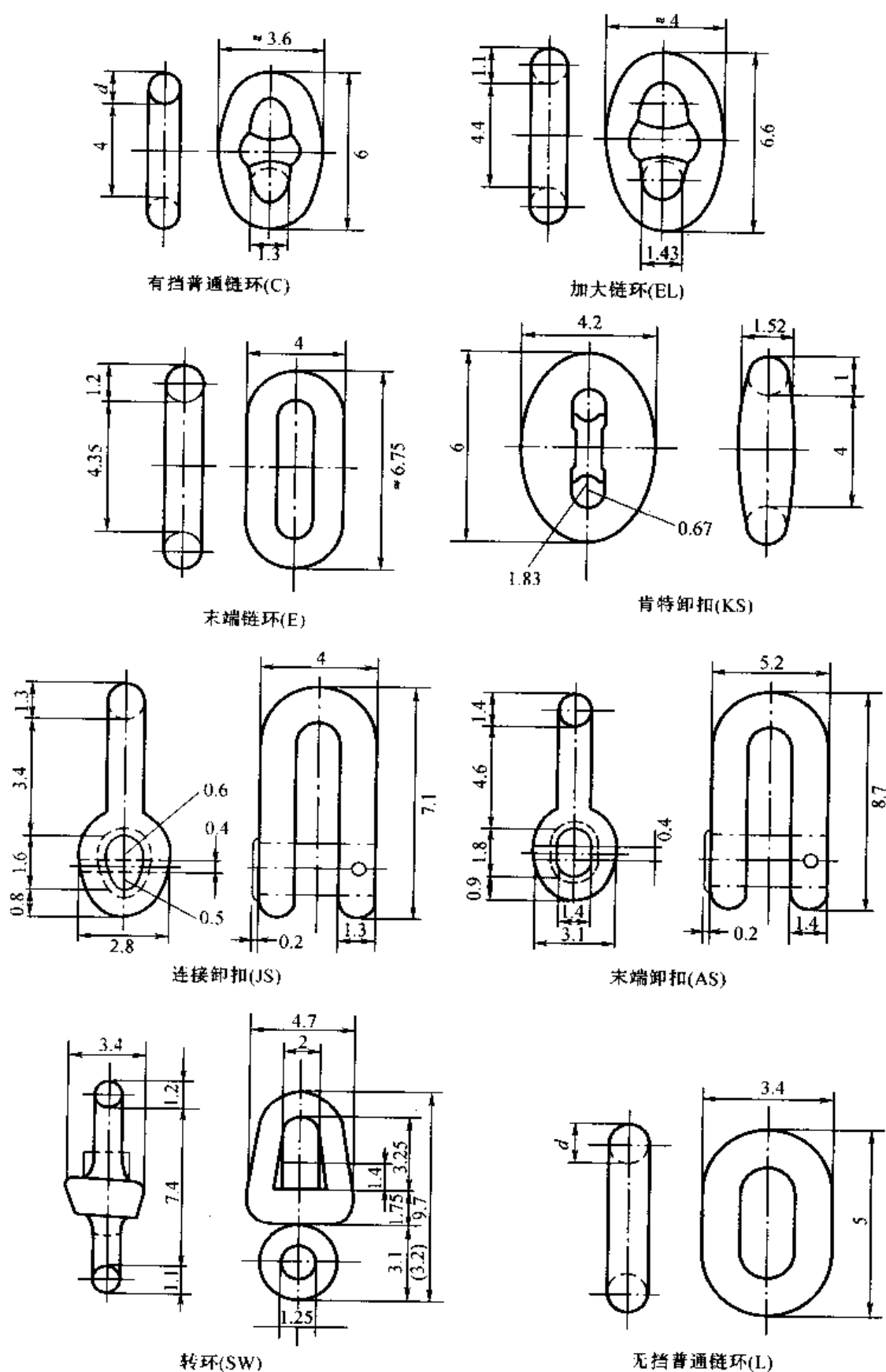


图 2-19 链环及附件的型式和尺寸

注:图中所有数字均表示普通链环公称直径 d 的倍数。



在锚和锚链的配套中,现在常采用一种新型的连接附件即转环卸扣。它有两种型式,其一为 A 型转环卸扣[见图 2-20(a)],它可直接取代锚卸扣,在锚的制造中配置。其二为 B 型转环卸扣[见图 2-20(b)],配置于锚端链节端部、同锚卸扣连接。设置转环卸扣后,锚端链节中可不必再设置转环及末端卸扣。

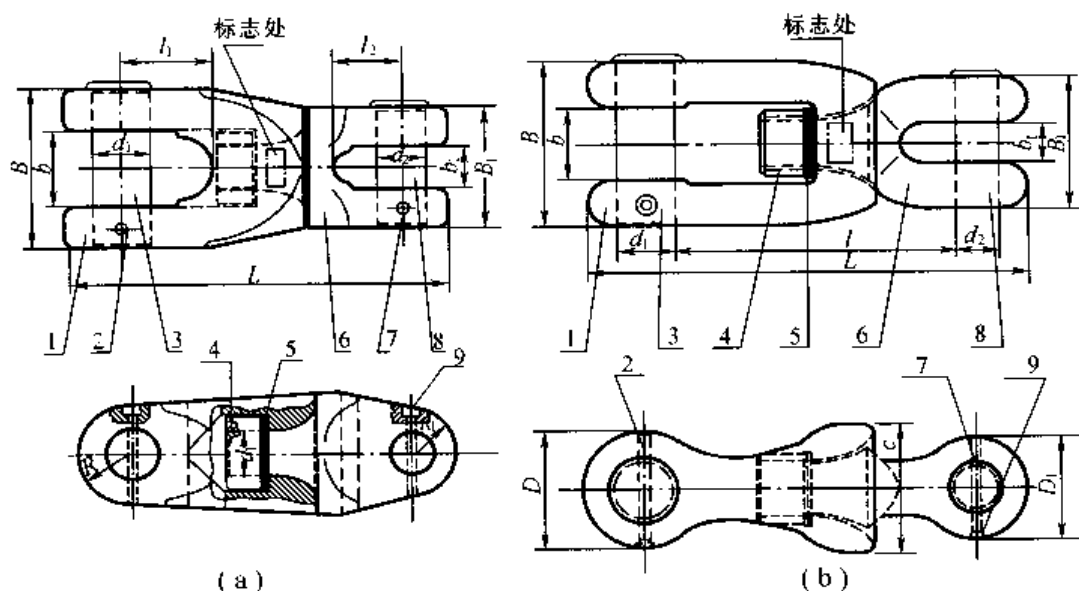


图 2-20 转环卸扣

(a) A 型转环卸扣; (b) B 型转环卸扣

1—锚端转床; 2—圆锥销; 3—横销; 4—螺母; 5—垫圈; 6—转环;
7—销; 8—转环横销; 9—填料

3. 电焊锚链的材料

电焊锚链的链环及附件可采用焊接、锻造或铸造等方法制造。但所采用的材料均应为镇静钢。

链环的环体应采用轧制圆钢制作,其化学成分应符合表 2-9 的规定。有挡锚链的链环应尽量采用闪光对接焊制造,直径 ≤ 26 mm 的无挡锚链的链环,根据要求可采用电阻对接焊。

表 2-9 锚链圆钢的脱氧方法和抽样化学成分

锚链等级	锚链圆钢等级	脱氧方法	化 学 成 分 / %					
			C	Si	Mn	P	S	Al ^②
CCS AM1	一级锚链钢	镇静	≤ 0.20	0.15 ~ 0.35	≥ 0.40	≤ 0.040	≤ 0.040	-
CCS AM2 ^①	二级锚链钢	镇静细晶处理	≤ 0.24	0.15 ~ 0.55	≤ 1.60	≤ 0.035	≤ 0.035	≥ 0.015
CCS AM3	三级锚链钢	镇静细晶处理	应符合 CCS 认可的标准					

注:①经 CCS 同意,可添加合金元素。

②系指酸溶铝含量,如果要测定铝的总含量,则总的含量应不小于 0.020%; Al 可部分由其他细晶粒元素代替。



有挡锚链的链挡(横挡),应采用相当于锚链钢的材料制成,如轧制钢、铸钢或锻钢。其含碳量不应超过 0.23%,力学性能的试验可省略。

卸扣、转环和转环卸扣等锚链附件,应至少采用不低于 CCSAM2 级锚链所用的钢材,用锻造的方法制成。

所有制造链环和附件的轧制圆钢、锻钢件及铸钢件的制造质量和试验要求应符合船级社规范的规定。这些材料经热处理后的力学性能应符合表 2-10 的规定。

表 2-10 链环和附件材料的力学性能

锚链或附件等级	锚链材料等级或种类	屈服点 σ_s /N·mm ² , 不小于	抗拉强度 σ_b /N·mm ²	伸长率 δ_5 不小于, %	断面收缩率 ψ 不小于, %	夏比 V 型缺口冲击试验	
						试验温度 /℃	平均冲击功/J
CCSAM1	一级锚链钢	—	≤ 490 ^①	25	—	—	—
CCSAM2	二级锚链钢 锻钢	295	490 ~ 690	22	—	0	≥ 27 ^②
CCSAM3	三级锚链钢 锻钢 铸钢	410	≥ 690	17	40	0(-20)	$\geq 60(35)$ ^③

注:①当 $305 < \sigma_b \leq 400$ 时, δ_5 应大于 30。

②若 CCSAM2 级锚链或附件以热处理状态交货,其冲击试验可予免除。

③CCS 可根据情况,选择 CCSAM3 级锚链用材的冲击试验温度为 -20℃。

4. 锚链的配套及试验

一根完整的锚链通常分为若干节,其中一端是同锚连接的锚端链节,另一端是固定在锚链舱内的末端链节,两者之间则是若干中间链节。链节与链节之间用肯特卸扣或连接卸扣连接。采用肯特卸扣连接的锚链在通过锚链筒、掣链器及链轮时阻力较小,而用连接卸扣连接的锚链则相应阻力较大,但后者比前者在使用上更加可靠。

由于现代船舶按船级社规范配置的锚链长度均为 27.5 m 的整数倍,因此,在锚链配套时,除中间链节长度(包括肯特卸扣或连接卸扣在内)通常为 27.5 m,外锚端链节和末端链节的长度最好也是 27.5 m。

通常情况下,锚端链节有转环,其典型的配套方式如图 2-21 和图 2-22 所示。其中图 2-21(a)所示的配套方式,在肯特卸扣的后面连接一段普通链环,构成整个锚端链节。图 2-22(a)所示的配套方式,在连接卸扣后配末端链环、加大链节及若干普通链环,同样构成整个锚端链节。锚端链节在 27.5 m 的长度内不包括末端卸扣。

中间链节在整个长度范围内除了同其他链节连接处设置肯特卸扣或连接卸扣外,其余均为普通链环,如图 2-21(b)和图 2-22(b)所示。中间链节的普通链环数目为单数,27.5 m 的长度中包括一个肯特卸扣或一个连接卸扣。

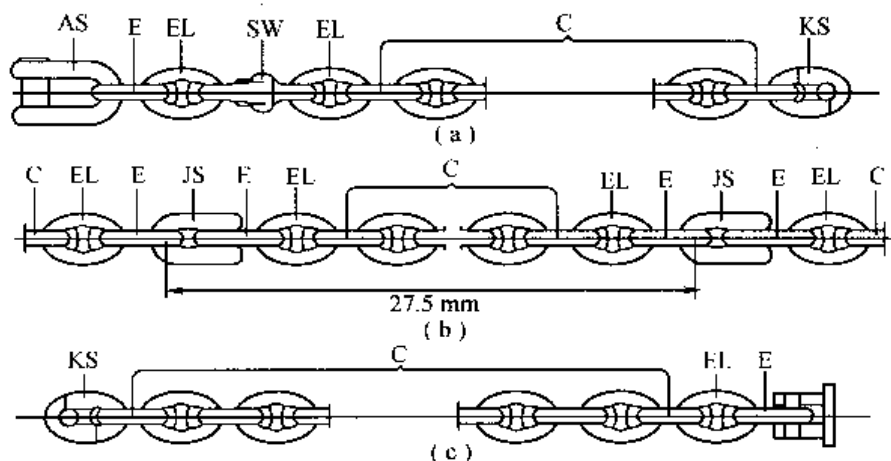


图 2-21 肯特卸扣连接链节配套方式

(a)锚端链节;(b)中间链节;(c)末端链节

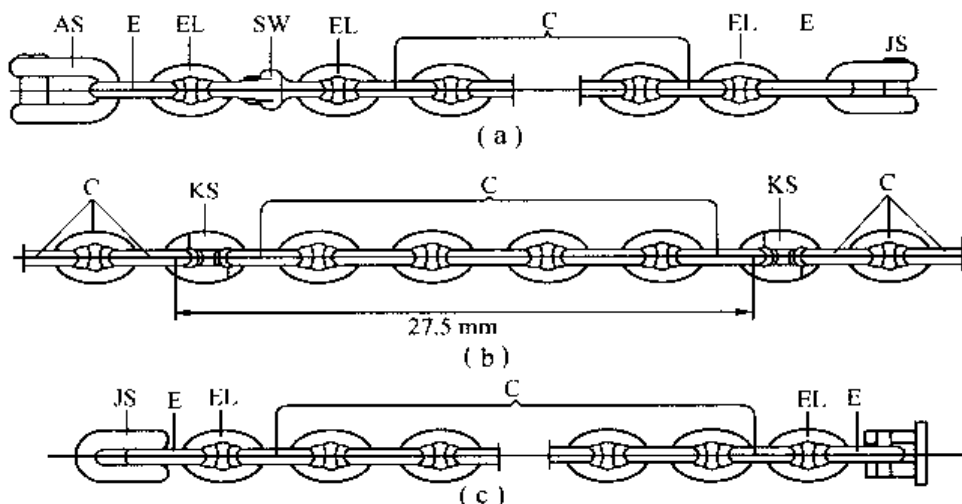


图 2-22 连接卸扣连接链节配套方式

(a)锚端链节;(b)中间链节;(c)末端链节

一般情况下末端链节不配置转环,其典型配置方式如图 2-21(c)和图 2-22(c)所示。这几种型式的末端链节都同锚链舱内的弃锚器连接。若是需要同眼板连接,可加装连接卸扣。

无挡锚链的配套方式与上述有挡锚链相同,但无挡锚链的链节之间通常采用连接卸扣连接。

电焊锚链及锚链附件经拉断试验合格后方可作拉力试验。每根链节均应作拉断试验。同一材料、同一生产工艺及链径相同的各种附件,可以单个或几个串联在一起,也可同链节一起作拉力试验。

二、钢丝绳

在工程作业船舶(如起重船、打捞船、非自航挖泥船)上,定位锚泊设备中经常采用钢丝绳作为锚索。如果仅仅在作业时使用,则钢丝绳应根据作业要求配置。但若是兼作临时锚泊设备使用,则应符合船级社规范的规定。



CCS《海船规范》规定:若起重船作业用锚中,有两只满足按舾装数选定的舾锚的要求,则可代替舾锚。若用钢丝绳代替锚链时,其破断负荷和长度应不小于 1.5 倍相应锚链值。锚与钢丝绳之间应有适当的锚链段,且在钢丝绳与锚链衔接处应加转环。

DNV《海船规范》规定:如果钢丝绳被接受代替有挡锚链,则至少应具有锚链同样的破断力。在锚与钢丝绳之间应配一段锚链,其长度为 12.5 m,或锚收藏位置到绞车之间的距离,两者取较小的值。锚的质量应比按舾装数确定的质量增加 25%,钢丝绳应比按舾装数确定的锚链长度增加 50%。

用作锚索的钢丝绳应采用 6 股镀锌钢丝绳,股芯为钢丝,绳芯为纤维或 7×7 钢丝(即金属绳芯)。当设置锚绞车时,建议采用金属绳芯钢丝绳,钢丝抗拉强度不小于 $1\,370\text{ N/mm}^2$ 。钢丝绳同锚连接端可配置索节或钢索套环。

第七节 掣链器和掣锚器

一、掣链器

掣链器是船舶在航行或抛锚时夹住锚链的装置。按 CCS 规范要求,掣链器应能承受相当于锚链的实验负荷,且其应力应不大于其材料屈服强度值的 90%。GL, LR 及 DNV 等船级社的规范要求,掣链器应能承受所通过锚链的最小破断负荷的 80%,在此情况下其受力构件应不产生永久变形。

常用的掣链器有:闸刀掣链器、螺旋掣链器、滚轮闸刀掣链器和导轨滚轮舌形掣链器等。

闸刀掣链器是利用闸刀卡住通过导槽的垂直链环止住锚链,构造简单、使用方便。我国造船行业目前使用的闸刀掣链器适用于直径为 12.5 ~ 68 mm 的锚链,其型式如图 2-23 所示。

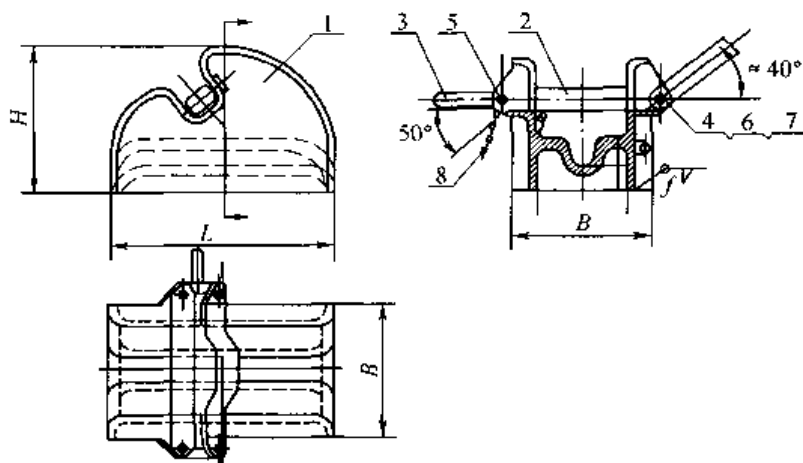


图 2-23 闸刀式掣链器

1—本体;2—闸刀;3—把手;4—轴;5—销子;6—垫圈;7—开口销;8—小链条

注:图示为右开闸刀掣链器,左开与之对称

螺旋掣链器设有一对夹紧锚链用的夹块,并配有操纵螺杆,可使夹块同时收紧或放开,结构较复杂,但使用可靠。目前我国造船行业中常用的螺旋掣链器有两种型式。图 2-24 所示为普通(A型),适用于链径为 22 ~ 66 mm 的一级或二级锚链。

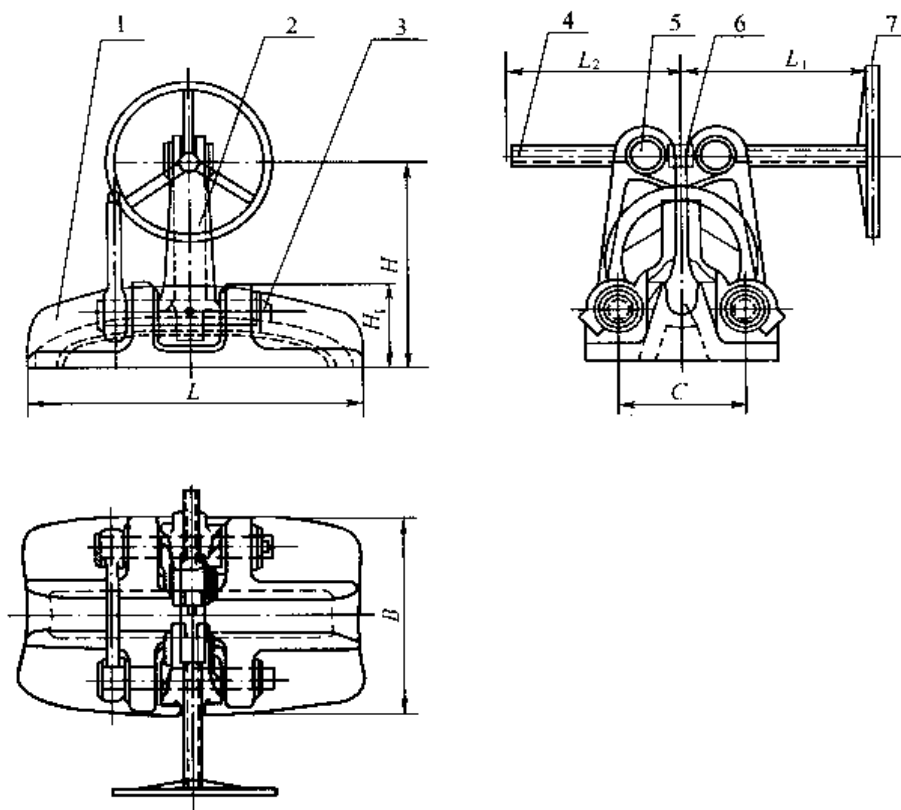


图 2-24 A 型螺旋掣链器

1—底座;2—夹块;3—销;4—螺杆;5—销轴;6—挡环;7—手轮

注:图示为右掣链器,左掣链器与之对称

二、掣锚器

掣锚器为船舶航行时紧固锚的装置。我国造船行业目前常用的掣锚器有三种型式。即掣锚索、掣锚链条和掣链钩。

掣锚索如图 2-25 所示,使用时钢丝绳穿过链环栓在系绳柱上,然后收紧螺旋扣将锚拴住。适用锚重为 500~12 300 kg。

掣锚链条使用时链条从锚卸扣或末端链环处穿过,同脱钩连接然后收紧索具螺旋扣将锚拴住。适用锚重为 100~2 850 kg。

掣链钩如图 2-36 所示。使用时叉钩扣住锚链,然后收紧索具螺旋扣将锚拴住。适用的锚链直径为 13~67 mm。

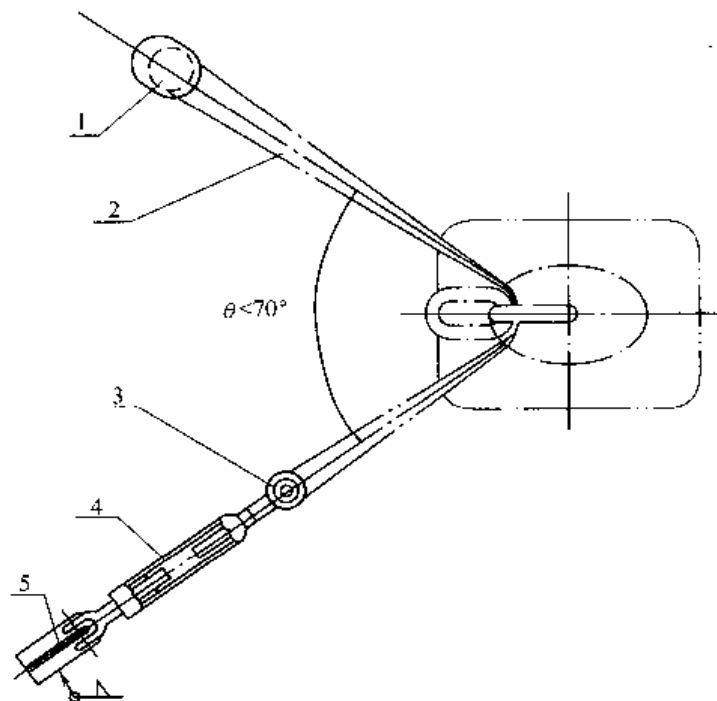


图 2-25 掣锚索

1—系绳柱;2—钢丝绳;3—小滚轮;4—开式索具螺旋扣;5—眼板

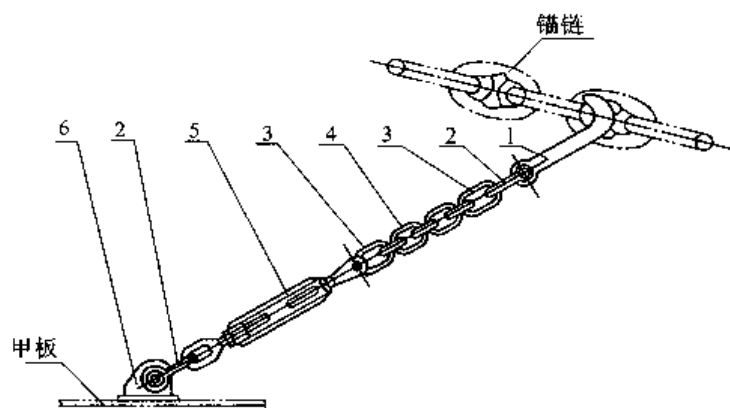


图 2-26 掣链钩

1—叉钩;2—卸扣;3—末端链环;4—普通链环;5—开式索具螺旋扣;6—眼板

第八节 锚 链 舱

锚链舱是存放锚链的舱室,艏部锚链舱应尽可能设在防撞舱壁之前,但也可设置在防撞舱壁之后。艉部锚链舱应设在艉尖舱隔壁之后。设置在艏、艉尖舱以外的锚链舱应为封闭式的水密结构。由于锚链的质量很大,会影响到船的中心高度,因此应尽可能将锚链舱设在较低的位置,这一点对于中小型船舶尤为重要。锚链舱的容积应足以存放收入舱内的全部锚链,并依靠自重自行堆放,不需要由人工整理锚链。

锚链舱的形式很多,基本上可分为圆形、矩形(包括正方形)、梯形和组合形。通常圆形锚链舱为独立结构,梯形锚链舱按船体艏部形状由船体外板、舱壁及底部结构构成,矩形和组合形锚链舱或为独立结构,或是依托舱壁设置。图 2-27 所示为一个面依托舱壁设置的锚链舱。

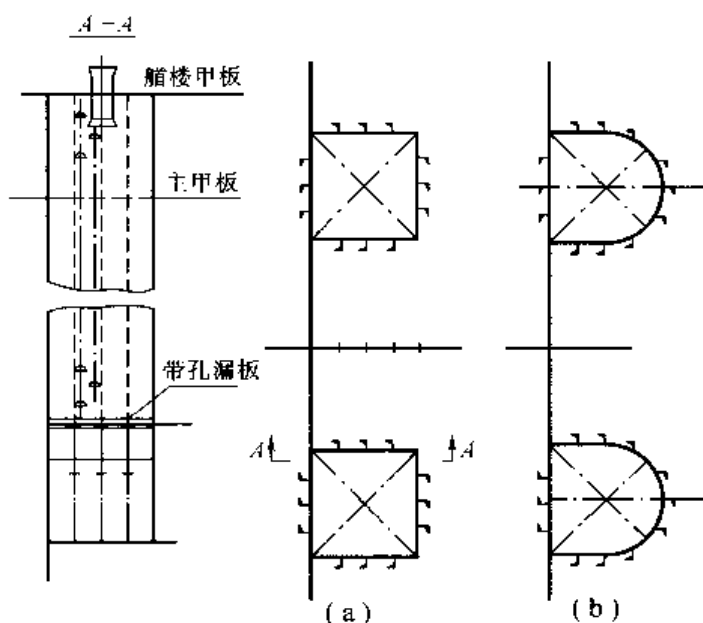


图 2-27 依托舱壁结构的锚链舱

(a) 方形锚链舱; (b) 组合形锚链舱

一、圆形锚链舱

圆形锚链舱通常为封闭式的水密结构,舱壁的构架设于锚链舱外。舱壁的厚度应考虑严重的腐蚀,但舱壁的内面不必铺设木材。舱的下部应设有钢格栅,底部设有污水井供舱底水管抽污水用。锚链舱应在锚链堆放高度以上的位置开设人孔并加设水密盖。人孔下部的



舱壁设置为踏步的切口,如图 2-28 所示。

圆形锚链舱的内径 D_c 建议取为 $(30 \sim 35)d$ (d 为锚链直径)。对于较小的小型船舶,锚链舱的直径可适当放大,但不应超过 $40d$ 。

圆形锚链舱的高度 H_c (m) (见图 2-29) 可按式确定:

$$H_c = 1.27 \frac{V}{D_c^2} + h_1 + h_2 \quad (2-40)$$

式中 V ——除锥形堆放部分外,锚链舱必须的容积(m^3),按式(2-41)计算;

D_c ——锚链舱内径(m);

$h_1 = (0.5 \sim 0.6) D_c$ ——锚链自动堆放时,在上部形成的锥形部分高度(m);

$h_2 \geq 2.5l$ ——锚链舱储备高度(m), l 为普通链环的长度(m)。

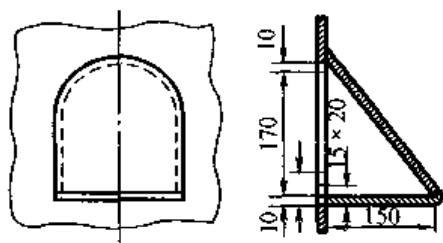


图 2-28 锚链舱踏步

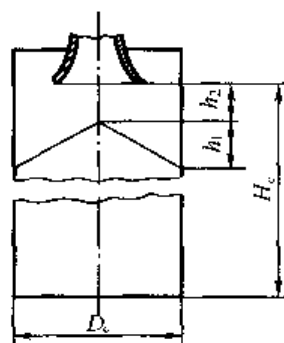


图 2-29 圆形锚链舱示意图

圆形锚链舱的面积 $V(m^3)$ 按下式计算:

$$V = 0.0009d^2 \left(\frac{l_n - l_k}{100} \right) \quad (2-41)$$

式中 d ——锚链公称直径(mm);

l_n ——收存在锚链舱内的锚链长度(m);

l_k ——形成锥形部分的锚链长度(m),按式(2-42)计算。

$$l_k = \frac{1.6 \times 10^4 D_c^3}{d^2} \quad (2-42)$$

二、矩形锚链舱

矩形、方形或组合形锚链舱的基本要求同圆形锚链舱相同。开敞式的矩形锚链舱只能设在防撞舱壁之前,锚链舱壁可不伸到上部甲板,或在锚链舱壁上部设置进入锚链舱的开口。设置双链轮卧式锚机时,两个锚链舱可并联,中间用不伸到顶的隔壁分隔,且在该隔壁上设置脚踏孔。

矩形锚链舱的有效容积 $V(m^3)$ 可按式计算:

$$V = k_1 \frac{l_n d^2}{100} \quad (2-43)$$

式中 k_1 ——系数,取为 $0.00085 \sim 0.001$,其下限用于锚链舱下部容积较小的情况;

l_n ——收存在锚链舱内的锚链长度(m);



d ——锚链直径(mm)。

锚链舱的容积 $V(\text{m}^3)$ 也可按下式计算:

$$V = k_2 l_n q \quad (2-44)$$

式中 k_2 ——系数,对于堆放时需整理的锚链取为 $0.40 \sim 0.43 \text{ m}^3/\text{t}$,对于堆放时不需要整理的锚链取为 $0.45 \text{ m}^3/\text{t}$;

l_n ——同式(2-43);

q ——每米锚链质量(t/m)。

按上述计算得到的所需锚链舱容积值确定锚链堆放高度,并在其上方留有一定的空间,对于大中型船舶,该空间高度应至少为 1.2 m 。

三、梯形锚链舱

艏部尖削的中小型船舶,由于空间的限制,在不可能设置圆形或矩形锚链舱时,只能按具体情况利用船体结构的外板、舱壁及底部结构构成梯形锚链舱,左、右锚链舱之间设置半高的隔壁。构成锚链舱的船壳板及舱壁均应加厚 $1 \sim 2 \text{ mm}$ 。当构架在舱内时(如肋骨)应设置木板保护,底部应敷水泥,并在其上设置钢或木格栅。

梯形锚链舱所需要有效容积 $V(\text{m}^3)$ 可按式(2-43)或式(2-44)计算,并据此确定锚链堆放高度,再在该高度以上留有一定的空间。

第九节 锚索导向装置

一、锚链管

锚链管是锚链出入锚链舱的通道。其上端伸出甲板与锚机的链轮衔接,下端从锚链舱顶部中间伸进锚链舱内,中间部分为钢板焊接的管状结构,根据具体位置可布置成垂直或略有倾斜的形式。

设置卧式锚机时,锚链管伸出甲板的上端部与锚机的导链口套接,见图 2-30(a)。伸进锚链舱的下端部设有铸钢或钢板焊接的喇叭口,见图 2-30(b)。

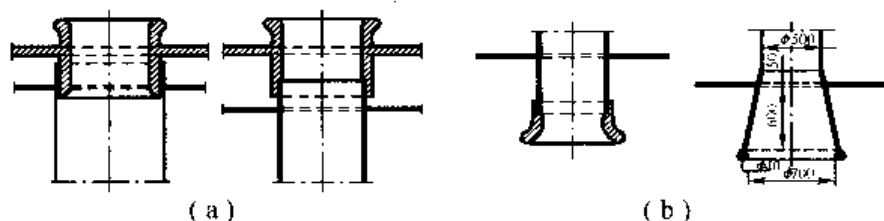


图 2-30 与卧式锚机配合的锚链管端部结构

(a)锚链管与锚机导链口套接;(b)伸进锚链舱内的锚链管下端

设置起锚绞盘时,通常配置锚链导槽同锚链管衔接,锚链管主体由伸出甲板的弯状导链口及伸进锚链舱内的直管和端部喇叭口组成。导链口端设有防浪盖,锚链管伸出甲板部分用肘板加固。

带有铸钢导链口的锚链管如图 2-31 所示,其直管部分用钢管或钢板制作,喇叭口用钢



板制作,并在口端加设防磨圆钢。这种锚链管适用于各种直径的锚链。对于直径较小的锚链管,其导链口可同直管连成一体,采用钢管或钢板制作

锚链管的主要参数可按锚链直径(d)确定,锚链管的内径 $D = (7 \sim 8)d$; 锚链管的壁厚 t_1 应小于 $0.4d$, t_2 约为 $0.3d$ 。倾斜的锚链管的管壁与锚链摩擦较多的半圆部分应适当加厚。

二、导链滚轮

导链滚轮设置于锚链筒甲板出口处,用于限制锚链的运动方向,使得锚链在同链轮轴线垂直的情况下通过链轮。导链滚轮的安装应使锚链通过锚链筒时不会同伸出甲板的锚链筒口发生摩擦。图 2-32 所示为我国造船行业常用的导链滚轮,适用的锚链直径为 $12.5 \sim 68 \text{ mm}$ 。

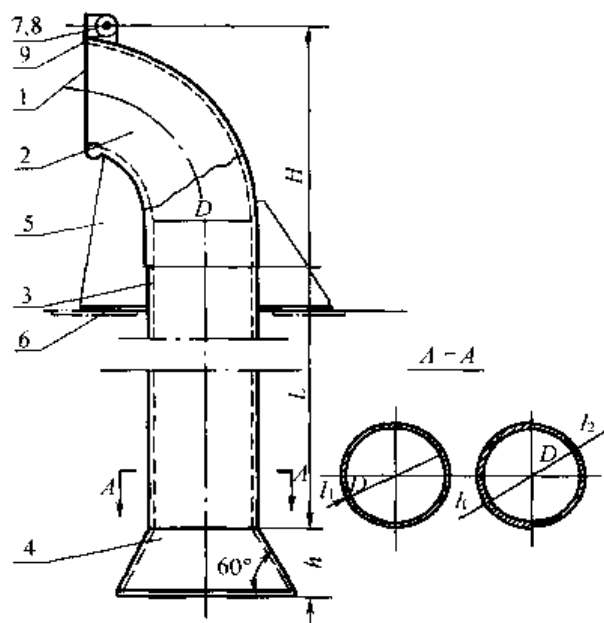


图 2-31 带有铸钢导链口的锚链管

1—盖板;2—铸钢导链口;3—锚链管本体(直管部分);
4—喇叭口;5—肘板;6—垫板;7—销轴;8—开口销;9—眼板

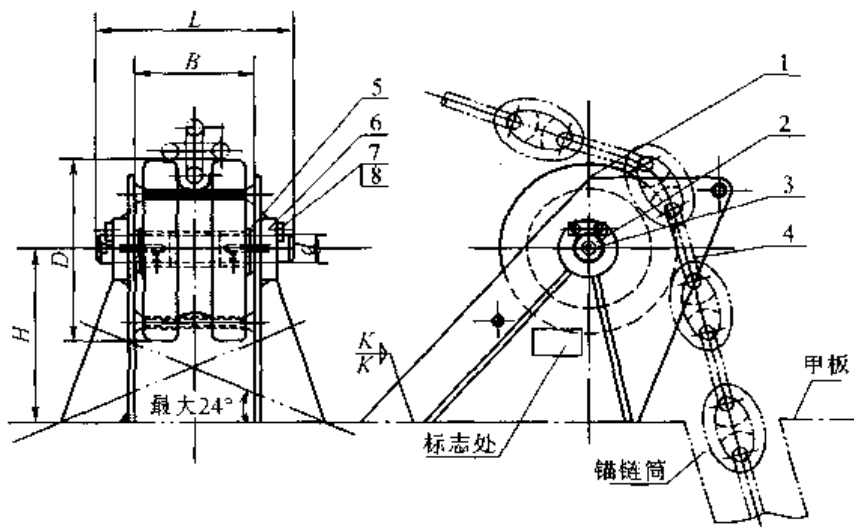


图 2-32 导链滚轮

1—滚轮;2—销轴;3—直通式油杯;4—支架;5—衬套;6—制动板;7—螺钉;8—弹簧垫圈

三、转动导索器

设置多点锚泊定位系统的海洋工程作业船舶如起重船、打捞船、挖泥船等,其锚索的导向装置已越来越多地采用转动导索器。它的特点是导向滑轮直径大,通常用于钢丝绳锚索的导向滑轮直径约为钢丝绳直径的 $16 \sim 20$ 倍。导向滑轮可随锚索方向的变化而摆动,从而提高了锚索的使用寿命。转动导索器的形式根据锚索的配置方式可分为:导链器、导缆器及



组合锚索(钢丝绳——锚链)导索器等,如图 2-33 所示。

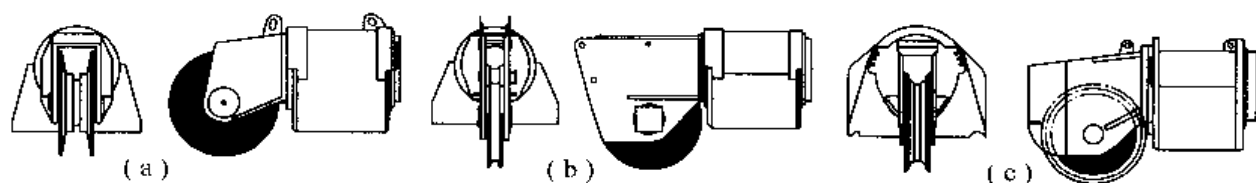


图 2-33 转动导索器

(a)水平安装的导链器;(b)水平安装的导链器;(c)水平安装的组合锚索导索器

第十节 锚的收存

一、锚链筒

锚链筒在船舶起、抛锚时作为锚链的通道,而在船舶航行时用于收存锚。通常只有无杆转爪锚(霍尔锚、斯贝克锚等)才能收存于锚链筒中。

在一般船舶上,艏锚的锚链筒设于船舶艏部的两舷。其上端出口位于主甲板或艏楼甲板上,下端出口位于船外板上,成倾斜状态,因而称之为倾斜式锚链筒。船舶设有艉锚时,其锚链筒通常设在艉部船体中心线处,形式同艏部锚链筒相似。

锚链筒的结构形式同船型、船舶用途以及配置的锚机形式有密切的关系,但所有锚链筒按其对于水面倾斜的程度基本上可分为陡削式和平斜式两种。

陡削式锚链筒适用于舷较大或有艏楼的航速不高的民用船舶,锚链筒轴线同垂线的夹角为 $30^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 。陡削式锚链筒在收锚时能顺利地将锚拉进锚链筒,因此使用广泛。

对于无艏楼的干舷较小且航速较高的船舶,由于航行时船舶掀起的波浪以及船舶纵摇等原因,舷侧的锚如果位于较低处,则很可能没入水中,从而导致船舶阻力的增加。为了避免这种情况,不得不把锚链筒在外板处的出口位置提高,使得锚链筒轴线与垂线间的夹角加大,形成了平斜式锚链筒。它同陡削式锚链筒比较,锚链筒的内径应适当加大,尤其是在舷侧出口处锚唇的型线应与特殊考虑。

客船、油船、港口船、拖船、供应船以及渔船等,由于工作性质经常用艏部靠其他船舶或码头,突出在船外的

锚容易造成其他船舶或码头的损坏。因此这类船舶设置锚穴,使锚不突出在船外板外。锚穴的形式有明式和暗式,前者可看到整个锚爪,如图 2-34 所示。后者只能看到锚头的端面,如图 2-35 所示。

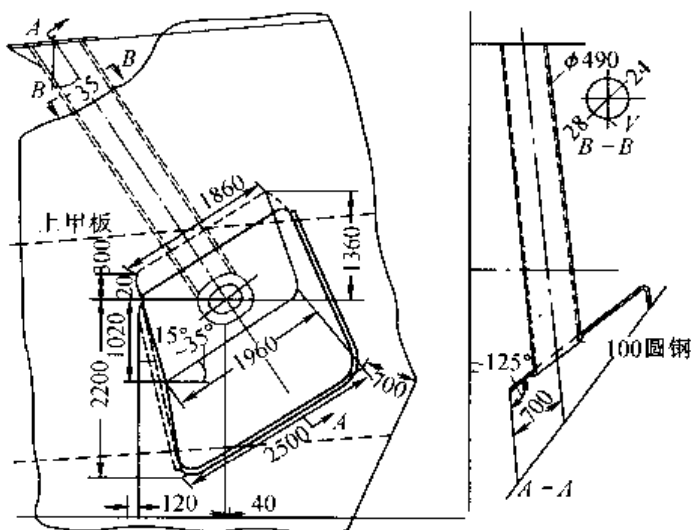


图 2-34 明式锚穴

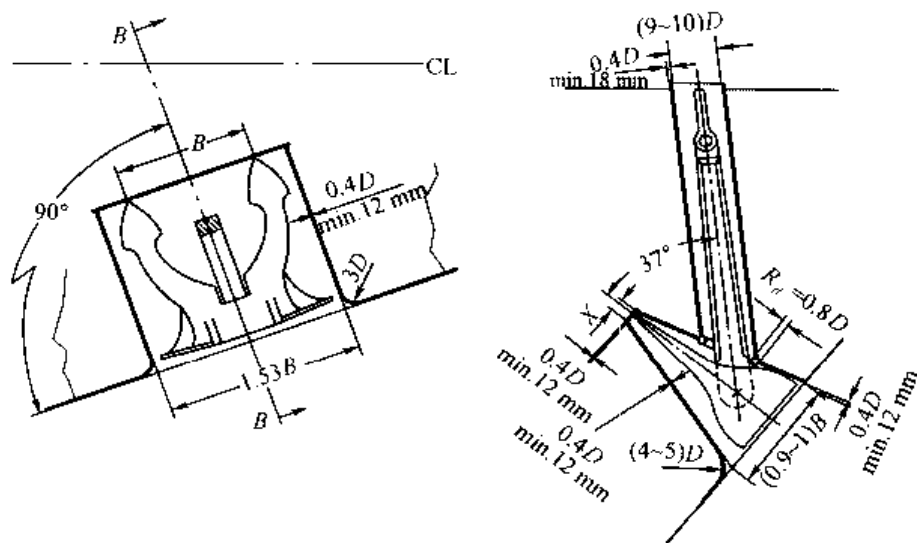


图 2-35 暗式锚穴

D —锚链直径; B —锚爪尖的距离; X —锚重为 210 ~ 1 740 kg 尺寸是 150 mm, 大于 1 920 kg 的锚按锚结构尺寸确定

球艏船舶为了防止起抛锚时与球艏碰撞,在舷侧锚链筒出口处加装凸台,把锚链筒出口外移,如图 2-1 所示。

1. 锚链筒的基本要求

任何形式的锚链筒应符合下述要求:

- (1) 船舶向任何一舷倾斜 5° 时,任何一个艏锚在收起时不应卡住艏柱和船底;
- (2) 不论锚爪处于何种状态,锚应能被拉进锚链筒,且其锚爪应贴紧船外板(或锚穴后板),锚冠贴紧锚唇;
- (3) 被拖进锚链筒的锚,在航行时不会没入水中或掀起浪花,以至增加船舶阻力;
- (4) 锚应只需依靠其自重即能无阻碍地从锚链筒中抛出;
- (5) 锚链筒的筒身长度应能足以安置锚柄;
- (6) 舷侧和甲板的锚唇(如有)在锚链通过部分有足够大的圆弧,使得链环受的弯折为最小;
- (7) 在多层甲板船上,锚链筒在舷侧处出口中心的位置应使得锚链筒的筒身不穿过下层甲板。

2. 锚链筒的位置

在设置双链轮卧式锚机时,两根锚链导出的方向的水平投影与船体中心线平行,锚链筒的布置如图 2-36 所示。

从船体中心线到锚链筒轴线同甲板交点之间的距离 a 按下式确定:

$$\begin{aligned} \alpha_0 = 15^\circ \quad a &= 0.5c \\ \alpha_0 = 15^\circ \quad a &= 0.5c - (1.0 \sim 2.0)d \end{aligned} \quad (2-45)$$

式中 α_0 ——通过锚链筒轴线的垂直平面同船体中心线之间的夹角;

c ——卧式锚机两链轮之间的距离;

d ——锚链公称直径。



从船舶艏端到锚链筒轴线同甲板交点之间的距离 b 按下式确定:

对于艏部型线丰满的船舶

$$b = (80 \sim 90) d$$

对于艏部型线一般的船舶

$$b = (90 \sim 110) d$$

(2-46)

设置单侧式(单链轮)卧式锚机或起锚绞盘时,锚链筒的位置应使其轴线尽可能垂直于通过其舷侧出口处的水线。这样可大大简化锚链筒的设计,特别是在设置锚穴时。

设置双链轮卧式锚机,角 α_0 不应小于 30° , 否则在起锚时锚链容易形成麻花状。无论设置何种形式的锚机或绞盘,在通过锚链筒轴线的垂直平面上,锚链筒的倾角 β_0 应在 $30^\circ \sim 60^\circ$ 的范围内,接近 60° 时为陡削式锚链筒,接近 30° 时则为平斜式锚链筒。为了保证锚依靠其自身重量从锚链筒中抛出, β_0 应不小于 30° , β_0 如果小于 30° , 则锚链筒直径应予加大。

3. 锚链筒的主要尺寸

锚链筒的内径 $D(\text{mm})$ 应按式(2-47)或式(2-48)确定:

$$D = 33 \sqrt[3]{G} \quad (2-47)$$

$$D = (0.85 \sim 10.5) d \quad (2-48)$$

式中 G ——锚重(kg);

d ——锚链公称直径(mm)。

使用式(2-48)较为方便,但该式中小的数值用于大直径锚链。

在初次确定锚链筒身长度 $L(\text{mm})$ 时,可按式计算:

$$L = 185 \sqrt[3]{G} \quad (2-49)$$

式中 G ——锚重(kg)。

当设置导链滚轮时,锚链筒的长度应使锚在拉进锚链筒后,锚链转环位于导链滚轮之前。

4. 锚链筒及锚穴的构造

普通的锚链筒通常由筒身、甲板锚链筒口及舷侧锚链筒口组成。图 2-37 所示为典型的倾斜式锚链筒结构。

直径较小的锚链筒,其筒身可采用钢管;直径较大的锚链筒,其筒身通常由两个壁厚不同的半圆筒体合成。筒身的壁厚由下式确定:

$$\text{筒身下半体壁厚} \quad t_1 \geq 0.4d$$

$$\text{筒身上半体壁厚} \quad t_2 \geq 0.65t_1$$

式中 d ——锚链直径。

甲板锚链筒口与舷侧锚链筒口通常有两种形式,一种是将锚唇与部分筒身合为一体,采

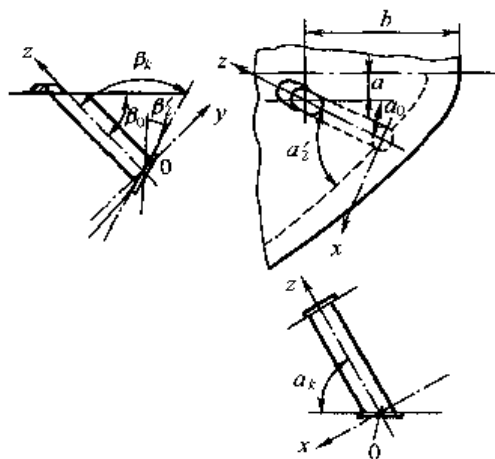


图 2-36 设置双链轮卧式锚机的锚链筒位置

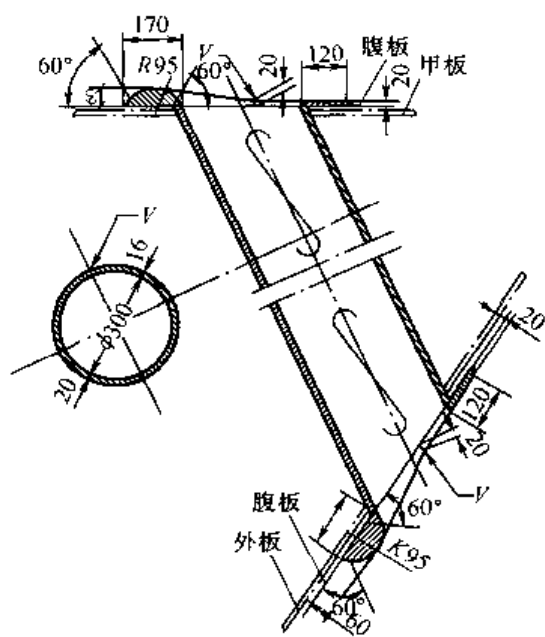


图 2-37 普通焊接锚链筒



用铸钢件(见图 2-39),锚链通过处的锚唇圆弧半径 R 为:

$$R = (8 \sim 10) d \quad (2-50)$$

式中 d ——锚链直径。

另一种锚链筒口的形式为筒身伸到甲板及外板处,围绕筒口设置锚唇。锚唇可为铸钢件,也可采用半圆钢弯制。锚链通过处的锚唇圆弧半径应不小于 3 倍锚链公称直径。

锚链筒设置锚穴时,应使得被拉入的锚的对称平面位于锚链筒轴线同船外板之间的夹角为 θ 的平面内,如图 2-38 所示。在锚处于初始位置 I 时,锚爪对称平面(见图 2-38 中 R 的方向)同船外板法线 N 之间的夹角 ξ 应不小于摩擦角 ρ ,相应的锚柄与船外板间的夹角 β_0 应为:

$$\beta_0 \geq 90^\circ - x_{\max} - \rho \quad (2-51)$$

式中 x_{\max} ——锚爪最大折角;

ρ ——摩擦角。

若以霍尔锚为例, $x_{\max} = 45^\circ$, 取 $\rho = 15^\circ$, 则 $\beta_0 \leq 30^\circ$ 时拉锚最为有利。随着锚的提升,锚爪将绕其旋转轴心向外转动,当 $\beta_0 > 30^\circ$ 时,锚爪将不能转动。随着锚的提升,锚爪尖端贴着船外板滑动直到锚处于位置 II,一旦锚爪尖越过 A 点

时,锚爪向外翻转,锚冠连同锚柄的一端下落并撞在锚穴的下缘处,使锚处于位置 III。锚链筒筒身下缘与锚穴下缘之间的垂直距离 C 越大,则撞击的力越小。当 C 值很小时,锚处于位置 II 的情况下,锚卸扣可以顶住锚链筒。锚进入锚穴后,这了使其顺利滑行,锚穴下部板与锚穴后板之间应用足够大的圆弧半径 r 连接。锚处在位置 IV 时,锚爪尖端同锚穴后板接触点 B 的法线 N 同锚爪对称平面(图中 R 方向)的夹角 ξ 应大于摩擦角 ρ 锚穴后板同锚链筒轴线之间的夹角 θ_H 应不大于 64° (这个角度仅适用于折角为 45° 的霍尔锚),以保证锚爪及锚冠贴紧锚穴后板。

5. 锚链筒的附件

海船的锚链筒为防止航行时海浪通过锚链筒冲到甲板上,在锚链筒甲板出口处应设置防浪盖。

锚及锚链起锚出土时带有泥砂等污物,因此在锚链筒内应设有同消防水管连接的喷嘴,

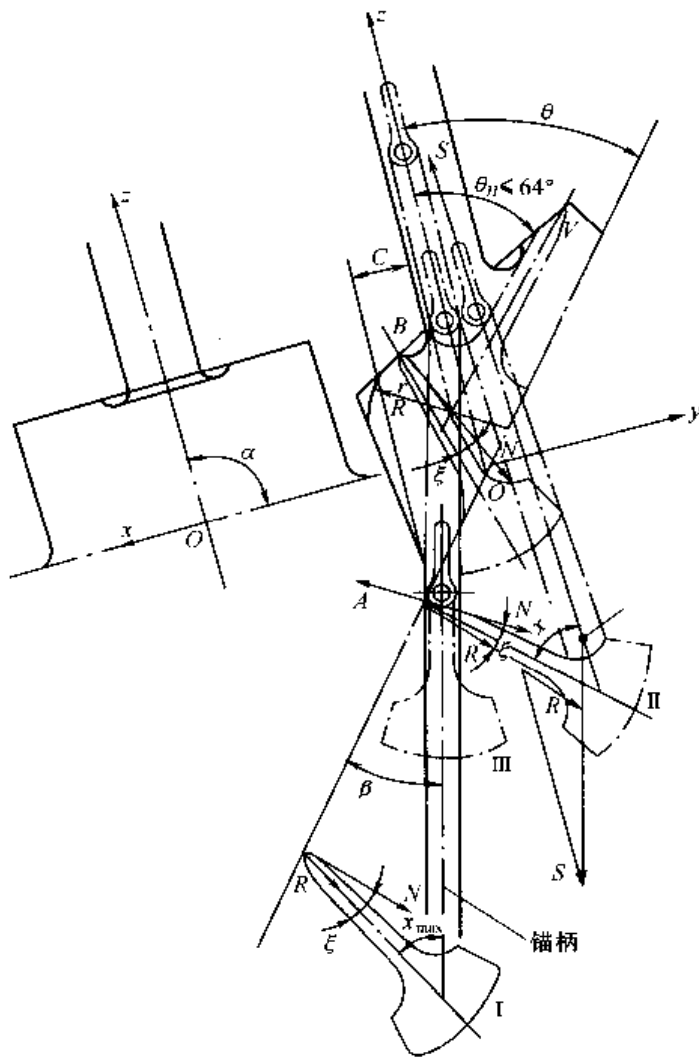


图 2-38 锚拉进锚链筒及锚穴示意图



用于起锚时清洗锚和锚链。

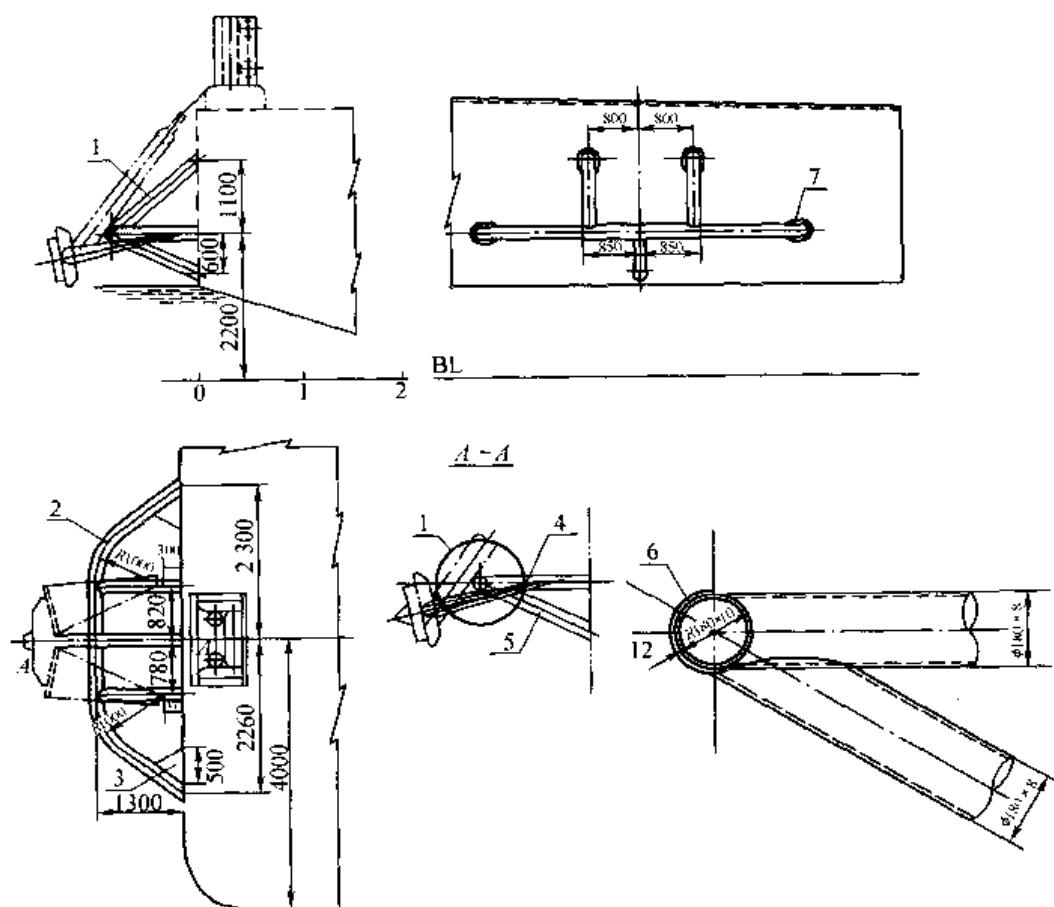


图 2-39 单锚锚架结构图

1—上斜撐;2—橫擋;3—肘板;4—水平撐;5—下斜撐;6—防磨腹板;7—墊板

由于船舶的艏部型线较复杂,依靠作图方法很难设计出合乎理想的锚链筒,因此除了某些型线简单的船舶(如起重船)可直接用作图法设计锚链筒外,大多数情况下,应通过制作模型及进行拉锚试验以确定锚链筒的正确位置,并由此确定锚链筒上下出口部分的详细结构尺寸。设置锚穴时,更是如此。

二、锚架

锚架也是存放锚的装置,在工程作业船舶上用得较多,尤其是带有横杆的锚不适合用锚链筒收存,钢丝绳锚索在通过锚链筒时磨损严重,因此采用锚架。

锚架的结构应符合以下要求:

1. 锚架应突出船体以外必需的宽度,使得起锚时锚爪不会钩住船底;
2. 锚架应该离开水面有足够的高度,使得收存的锚在航行(或拖航)时,不会接触水面,增加船舶阻力;
3. 锚架的形状应能保证,起锚时处于任何位置的锚索,均能顺着锚架移动到将锚拉起后存放于规定的位置;
4. 通过锚索并卡住锚柄和锚爪的锚架横挡应有足够的直径,以保锚索(锚链或钢丝绳)



通过时不会产生严重的弯折,收存的锚保持稳定;

5. 锚架应有足够的强度,能承受起锚时及锚拉紧后作用在锚架上的负荷。

锚架结构(见图 2-39)的主要构件为一个水平的钢管架,其向两侧的延伸宽度足以保证通过导缆器的锚索在起锚时能自动顺着弓形边缘移动到锚架中间,弓形锚架的中间部分设置耐磨腹板,弓形锚架上下设钢管斜撑。

第十一节 锚链根部的固定和弃锚装置

收存在锚链舱内的锚链,其根部应系固在船体结构上,并能在锚链舱外易于到达的处所予以迅速解脱。通常设置专用的弃锚器(或称弃链器),可以方便地在锚链舱外将锚链解脱,如图 2-40 所示。

我国造船行业目前常用的弃锚器有三种,即简易弃锚器、螺旋弃锚器和插门式弃锚器。

简易弃锚器如图 2-41 所示,安装在锚链舱壁上,锚链根部的末端链环套入弃锚器的横门中,使用时打开横门,锚链脱出。这种弃锚器结构简单,适用于直径较小的锚链(17 ~ 37 mm)。

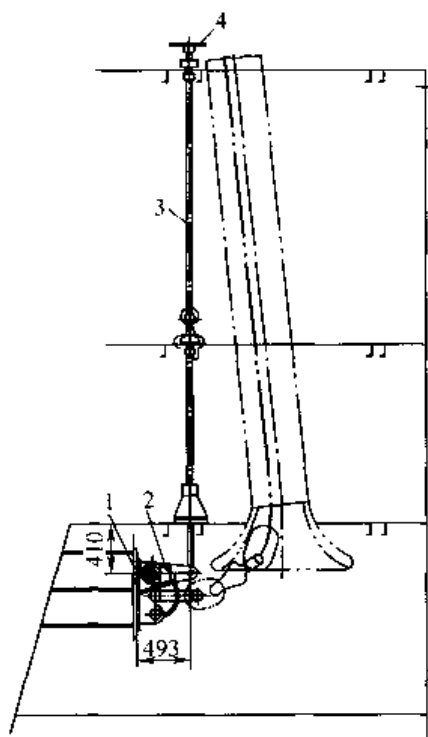


图 2-40 遥控操纵的弃锚装置

1—弃锚器底座;2—弃锚器;3—传动杆;4—操纵手轮

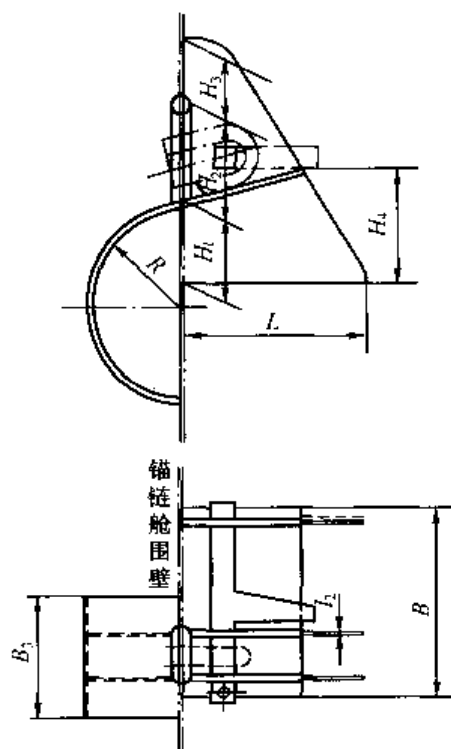


图 2-41 简易弃锚器

螺旋弃锚器如图 2-42 所示,通过手轮操纵螺杆,使制动卡绕销轴旋转,锁住(系固锚链)或打开(解脱锚链)滑钩。如果需要实施远距离操纵,可将手轮操纵改为小轴传动装置遥控操纵。螺旋弃锚器可垂直安装在舱壁上,也可水平安装在甲板上,性能可靠,操纵方便,适用的锚链直径范围大(25 ~ 122 mm)。

插门式弃锚器如图 2-43 所示。锚链的末端链环套在插门内,弃锚时打开插门将锚链

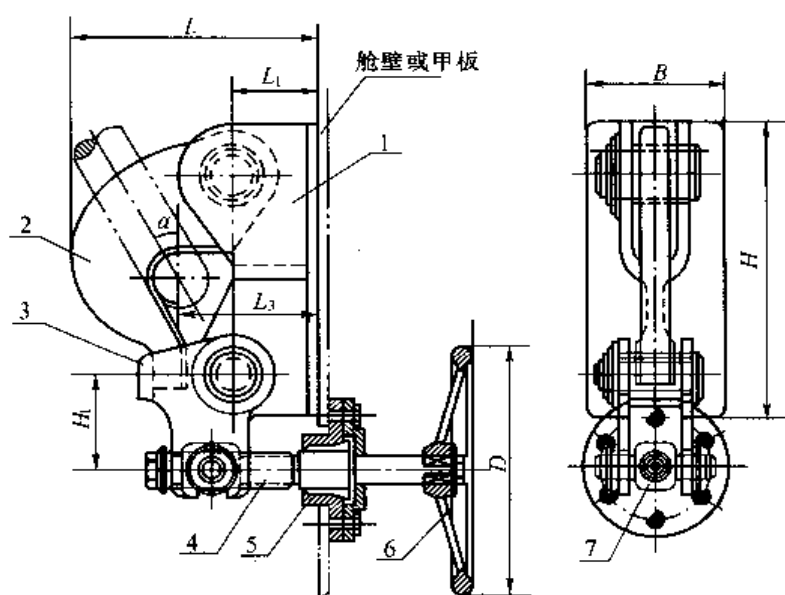


图 2-42 螺旋弃锚器

1—底座;2—滑钩;3—制动卡;4—螺杆;5—法兰;6—手轮;7—滑块

弃出。这种插门式弃锚器为水密结构,使用可靠,操纵方便,适用于较大直径(52~120 mm)的锚链。

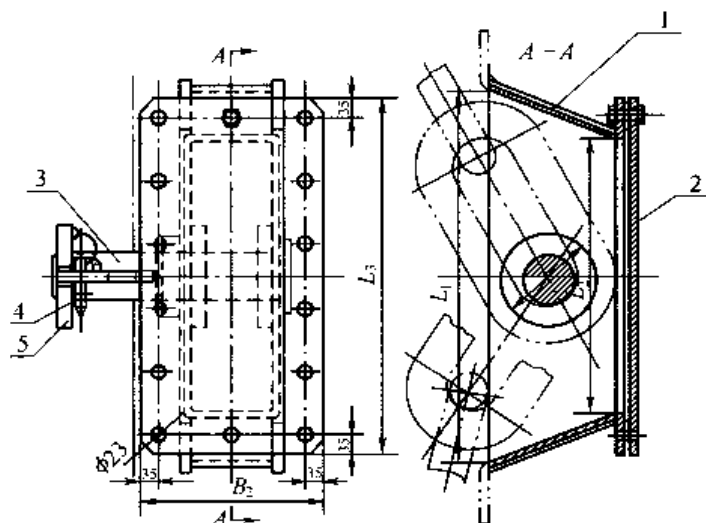


图 2-43 插门式弃锚器

1 座架;2 盖板;3 插门;4 插销;5 支架板

第十二节 锚 机

一、锚机的类型及基本要求

锚机是放出或收进锚索(锚链或钢丝绳)以及锚的甲板机械,同时也是抛锚时系住船舶



的装置。

(一)锚机的基本类型

锚机按其主轴(安装链轮或滚轮的轴)的方向可分为两大类,即卧式锚机和立式锚机,后者又称为起锚(系统)绞盘。

卧式锚机通常是指配置链轮的锚机,又可分为双链轮和单链轮锚机,后者又称为单侧式锚机。卧式锚机可配置系统绞筒(又称绞缆筒或辅卷筒)供系船索使用。将起锚机械同系泊绞车组合成一体锚机称为起锚-系泊组合机,或称多用途锚机。

用于钢丝绳锚索的卧式锚机通常称为锚绞车,钢丝绳贮存在滚筒上,也可配置供系船索使用的系统卷筒。

抛起锚用的绞盘通常设有链轮和系船索用的绞盘头,因而称为起锚系统绞盘。

锚机按其驱动方式可分为:手动(人力)锚机、蒸汽锚机、机动(柴油机)锚机、电动锚机及液压锚机,目前最常用的是电动和液压锚机。

(二)锚机的基本要求

锚机是保证船舶起锚作业安全的装置,因此各国船级社的规范对于锚机的结构均提出了要求,这些要求大体一致,但也有某些不同之处。

1. 锚机的一般要求

各国船级社规范对于锚机工作负载、过载拉力和起锚速度的规定基本相同。这里引述CCS《海船规范》的规定如下。

(1)起锚机应由独立的原动机或电动机驱动。对于液压锚机,其液压管路如果和其他甲板机械管路相连接时,应保持起锚机的正常工作不受影响。

锚质量不超过 250 kg 的船舶,也可以配置手动起锚机,手动起锚机应有防止手柄打伤人的措施。

(2)所有动力操纵的起锚机都应能倒转。

(3)在船上试验时,起锚机应有能力以平均速度不小于 9 m/min,将 1 只锚从水深 82.5 m 处拉起至水深 27.5 m 处。当试验区域水深不能满足时,对采用等效模拟的替代条件要予以考虑。

(4)起锚机应具有足够的功率,且应能连续工作,其工作负荷和过载拉力应满足下列要求。

①在满足(3)规定的平均速度时,起锚机应有连续工作 30 min 的能力,其工作负荷为:

A1 级有挡锚链 $37.5d^2$ (N);

A2 级有挡锚链 $42.5d^2$ (N);

A3 级有挡锚链 $47.5d^2$ (N)。

其中 d 为锚链直径(mm)。

②起锚机应能在过载拉力作用下(不要求速度)连续工作 2 min,过载拉力应不小于工作负荷的 1.5 倍。

2. 锚机制动装置的要求

锚机的传动轴与链轮(或滚筒)之间用离合器连接。船舶在抛锚系留时离合器脱开,由制动装置(刹车)刹住链轮(或滚筒)。因此作用在链轮或滚筒上的支持负荷通过制动装置传递给锚机的其他零部件。在通常情况下,卧式锚机或起锚系统绞盘与锚链筒之间设有掣链器,船舶抛锚系留时,外力(支持负荷)由掣链器承受,如果不设掣链器则外力由锚机直接承



受。锚绞车通常不设掣索装置,直接承受外力。因此,锚机的支持负荷应根据系留时的情况确定。综合 CCS、LR、GL、DNV 以及 ABS 等船级社规范的规定,锚机制动装置应符合下列要求。

(1)锚机制动器应能在抛锚时足以安全地掣住锚。

(2)锚机与掣链器同时使用时,锚机制动器刹紧后应能承受的静拉力为所通过锚链的最小断裂负荷的 45%。在这种情况下,锚机的受力构件不应产生永久变形,刹车不发生打滑。相应的掣链器的设计负荷为锚链断裂负荷的 80%。

(3)不设置掣链器的锚机的制动器,在刹紧后应能承受的静拉力为所通过的锚链(或钢丝绳)最小断裂负荷的 80%。在这种情况下,锚机的受力构件不应产生永久变形,刹车不发生打滑。

(三)锚机在船上的布置

船舶设置卧式锚机时,从锚链筒在甲板出口处的中心到锚机链轮轴线之间的距离应不小于 12~18 倍链环长度(或 48~72 倍锚链直径)。锚链通过链轮时的包角(锚链围绕链轮的弧长所对应的圆心角)应不小于 115° 。通常在确定锚机位置时,从链轮引出的锚链方向与水平面的夹角(向下)不小于 15° 。

在设置起锚系缆绞盘时,甲板锚链筒出口中心到绞盘轴线之间的距离应不大 12~16 倍链环长度(或 48~72 倍锚链直径)。

锚绞车不设置排绳装置时,绞车滚筒轴线到导缆器之间的距离应不小于 10 倍的滚筒长度。

二、手动锚机

手动锚机是依靠人力收放锚链及与之连接的锚的锚机,又称为人力起锚机。这种锚机通常用于内河小型船舶以及无动力的驳船上,在海船上很少使用。手动起锚机可分为:单链轮和双链轮手动锚机。由于海船规范规定,锚重不超过 250 kg 时,才允许使用手动锚机,相应的有挡锚链直径应不大于 16 mm(AM1 级)或无挡锚链直径不大于 17.5 mm(BM1 级)。

图 2-44 所示为锚链直径 $\phi 15/17/19$ mm 的双链轮手动起锚机,其允许的最大锚重为 250 kg,额定起锚负荷为 12.5 kN,系缆筒负荷为 10 kN,工作人数 2 人,每人出力 240 kN。

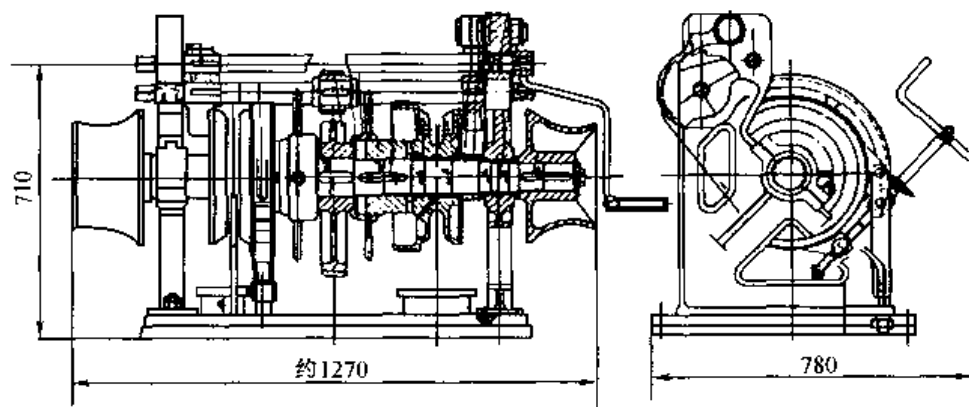


图 2-44 $\phi 15/17/19$ mm 手动起锚机



三、电动卧式锚机

电动卧式锚机是船舶使用最为广泛的锚机。其传动方式为电动机通过减速装置驱动链轮轴,链轮与传动轴之间设有离合器,抛锚时脱离离合器,用刹车控制链轮。设置系缆滚筒时,也设有单独的刹车和离合器。图2-45所示为配置弧形蜗杆减速箱的电动卧式锚机。

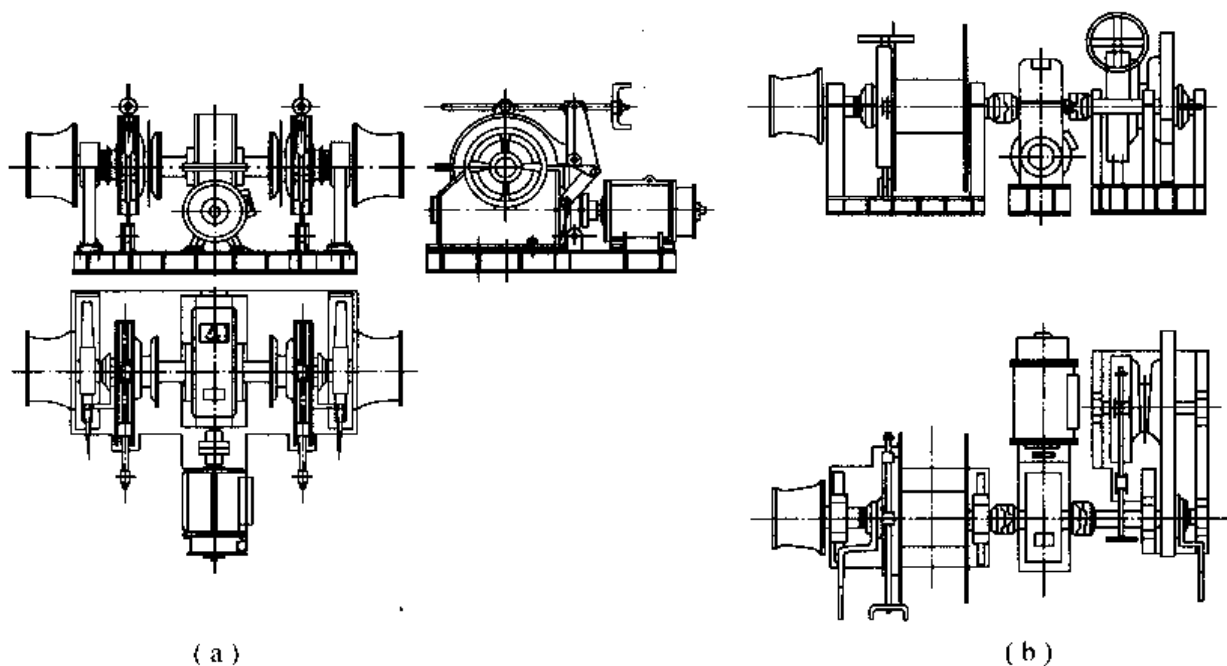


图2-45 配置弧形蜗杆减速箱的电动卧式锚机

(a)双链轮卧式锚机;(b)单侧式起锚系泊组合机

电动锚机按电流可分为直流和交流,前者可实施无级调速,后者为分级调速。目前由于大多数船舶设置交流电站,因此交流锚机用得很多。小型锚机(如锚链直径26 mm以下)通常采用双速电动机,在过载时自动由高速挡转换到低速挡。较大功率的锚机均采用三速电动机,其速成比为1:2:4,以中速挡为额定级(负荷及起锚速度)。通常起锚时,一开始使用高速挡,当负荷增加达到过载时,自动地由高速挡转换到中速挡,锚出土后可转换到高速挡,锚离开水面收进锚链筒时,采用低速挡。

电动锚机的优点是安装简单,使用方便。但是大功率的电动锚机启动时,对于电网影响较大。因此设置电动锚机时,应考虑电站容量。必要时,使用锚机时限制其他设备的使用。

四、液压卧式锚机

液压卧式锚机的传动方式为液压马达通过开式齿轮驱动链轮轴,其他机械部件与电动卧式锚机相似。液压锚机需设置液压泵站,它可独立使用,也可与其他甲板机械如起货绞车、系泊绞车、货舱盖开闭机构等设备兼用。图2-46所示为典型的液压单侧式起锚系泊组合机。

液压锚机由于省去了电动机和减速箱,因此机械部分体积小,质量轻。液压锚机启动平稳,调速方便,可实现无级调速。由于采用控制阀直接操纵液压马达,因此特别适合于油船、



液化气船等有防爆要求的船舶使用。

五、起锚系统绞盘

起锚系统绞盘按其动力源可分为人力、电动和液压绞盘。其最大的优点是直接用于起抛锚和系缆作业的链轮、绞盘头及刹车装置安装在甲板上,其余驱动机械及传动机构均安装在甲板以下。所以在甲板上占用的面积小,特别适用于舰艇和某些甲板布置较困难的船舶。

图 2-47 所示为倒挂式电动起锚系统绞盘,用于中小型电动绞盘。

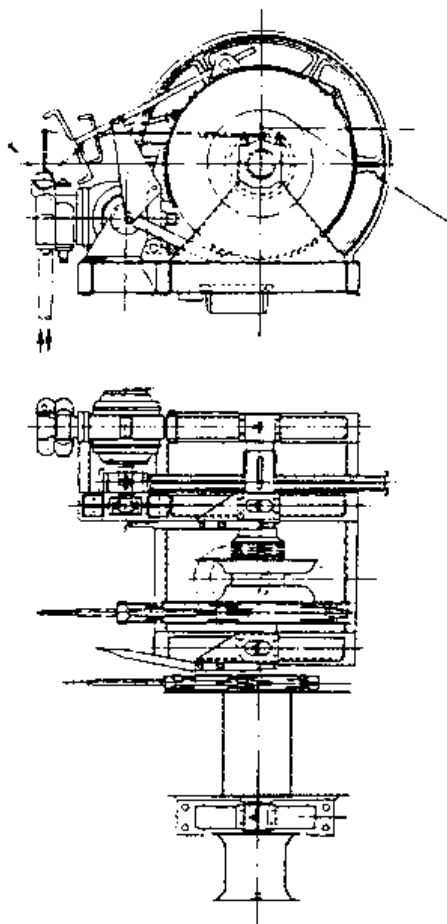


图 2-46 液压单侧式起锚系泊组合机

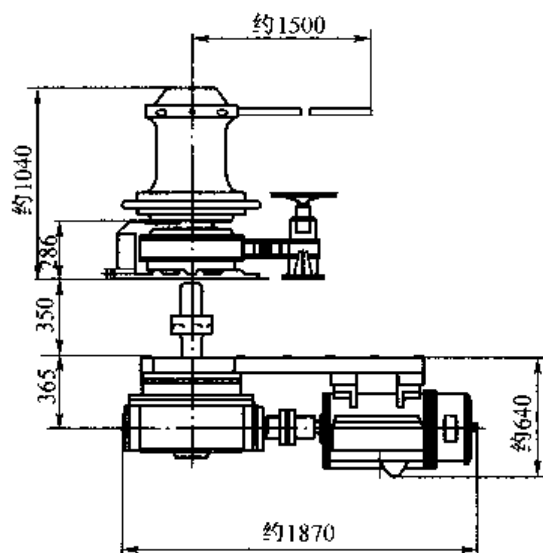


图 2-47 倒挂式电动起锚系统绞盘
(锚链直径 24 ~ 26 mm)



第三章 系泊设备

船舶停泊除用抛锚方式外,凡停靠码头、船坞、系留浮筒均需用缆绳将船系住。凡保证船舶能安全可靠地进行系泊作业所有装置和机械,统称为系泊设备。

系泊有多种方式,最普通的方式是码头系泊,而其他类型的系泊包括连接到相邻船旁的旁靠系泊(Ship to Ship,缩写为 STS),连接到单浮筒或者结构架上的单点系泊(Single Point Moorings,缩写为 SPM)以及连接到多个浮筒上的浮筒系泊(Multi-Buoy Moorings,缩写为 MBM)。

第一节 系泊索配置

一、系泊索

系泊索是指系泊时使用的柔韧绳索。系泊索可以是钢索、植物纤维素或合成纤维素。

1. 钢索系泊索

(1)材料 推荐采用镀锌冷拔钢丝绳,最小抗拉强度为 $1\ 370\ \text{N/mm}^2$ ($140\ \text{kg/mm}^2$)。在大型船舶上,为了减轻重量,最小抗拉强度可为 $1\ 770\ \text{N/mm}^2$ ($180\ \text{kg/mm}^2$)。

(2)结构(图 3-1) 当破断负荷小于或等于 $500\ \text{kN}$ 时,推荐采用 6×24 和 7 根纤维芯;对于破断负荷大于 $500\ \text{kN}$ 推荐采用 6×37 和 1 根纤维芯。对于储存在系泊绞车卷筒上的钢丝绳可采用金属丝绳芯的钢丝绳。如西鲁(Seale)式 $6 \times (19) + 7 \times 7$ 、瓦林吞-西鲁(Warrington-Seale)式 $6 \times W(36) + 7 \times 7$ 等。在大型船舶上现在都推荐采用钢丝绳式绳芯(IWRC)结构,不主张采用纤维绳芯,因为前者有较大的抗压能力,且能在一定的弯曲比下保持较高的强度性能。

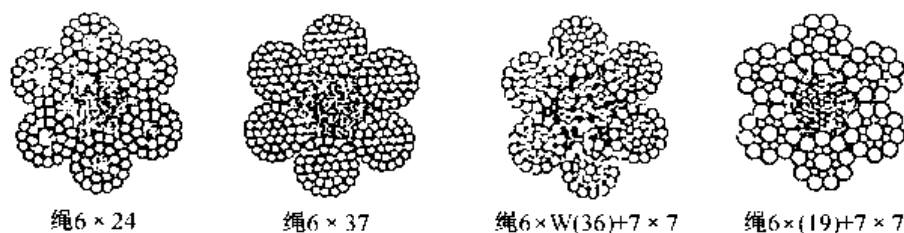


图 3-1 钢丝绳结构

(3)弯曲半径 钢索的弯曲半径过小时,其强度会受到很大损失,因此在设计和选用绞车卷筒和导缆器等设备时,必须有适当的直径或表面弯曲半径。钢索建议的最小弯曲半径比为 12,但目前常用的一些标准采用 $6 \sim 6.5$ 。

2. 纤维系泊索

(1)材料 目前,实际使用的纤维系泊索都是合成纤维素,最常用的材料是聚酯、尼龙、聚丙烯和聚乙烯。有些缆索则采用这些材料的混合物。例如 Jetkore 索是由尼龙、聚酯和聚



丙烯组合的6股结构合成纤维索;Atlas Perlon 索是单丝和多丝两种结构组成的6股结构;Karat 索是由聚酯和聚丙烯熔化的纤维组成的缆索,它能漂浮于海面上。由于聚丙烯能浮于水面,且价格便宜,目前仍广泛用作系泊索。表3-1列举了合成纤维索的特性,表3-2列出了合成纤维索的使用要求和建议。

表3-1 合成纤维索的特性

材料	构造	特点	缺点	备注
聚酯 ("Dacron") ("Terylene")	3股 8股 双层编织	高的干态和湿态强度 中等价格 中等伸长率		
尼龙 (聚 烯)	3股 8股 双层编织	高的干态强度 中等价格 中等伸长率	低的湿态强度 低的疲劳寿命	湿态强度约为干态 强度的80%
聚丙烯	3股 8股	质量轻 价格低 中等伸长率	低强度 低熔点 蠕变	有特殊的中等强度的 聚丙烯类索
聚乙烯	3股 8股	质量轻 价格低 中等伸长率	低强度 低熔点 蠕变	有特殊的中等强度的 聚乙烯类索
芳族聚胺 ("Kevlar") ("Twarlon")	多种 特殊 构造	强度很高 伸长率很低	价格很高 低耐磨性 插接困难	应用经验少
尼龙/聚酯 /聚丙烯 ("Jelkore")	6股	高干态强度 耐磨性好 中等伸长率	低湿态强度 低疲劳寿命	
聚酯/聚丙烯 纤维混合物 ("Deltaflex")	6股 8股	高干态和湿态强度 中等价格 中等伸长率		
聚酯/聚丙烯 熔融混合物 ("Karat")	3股 8股	中高的干态和湿态强度 中等价格 中等伸长率		



表 3-2 合成纤维索的使用要求和建议

用途	负荷大致范围 ^① /kN	其他要求	建议缆索
卷于绞车上的系泊索	200 ~ 700	中等伸长率 耐磨	聚 酯 8 股 组合索 6 股
辅助系泊索	200 ~ 500	中等伸长率 耐磨	聚 酯 8 股
钢索端部的缆尾索	200 ~ 700	高伸长率	尼 龙 双层编织 组合索 6 股
撇缆索	0.5	质量轻 易于输送	聚 酯 8 股 芳族聚胺 各类
引 索	20	质量轻 易于输送(浮于水面)	聚 酯 8 股 聚丙烯 8 股
拣索绳	20	质量轻 低伸长率 耐磨	聚 酯 8 股
止索绳子和掣链索	50	易于操纵 耐磨	聚 酯 8 股 (短纤维)
提长索	50	低伸长率	聚 酯 8 股

注:①负荷为近似的工作或作用负荷,当选购缆索时,必须考虑适当的安全系数

(2)合成纤维索常用的结构形式有 3 股、6 股、8 股和双编型结构。3 股索是绞制索中最常见的形式,适于承担某些作业,但易于产生扭结致使其强度明显降低,不利于作为系泊索。

6 股索是类似于普通钢索的绞制索,它不像 3 股索那样产生扭结,因此有时被用作系泊索。

8 股索,又称四扭编组索,是由成对扭合的股绳构成,基本上与同样规格的 3 股索强度相同。它不会产生扭结,并且要比绞制索耐用,这种索常用作系泊索和船上其他用途的缆索。

双层多股编织索即双编索,内部由许多小股编织的股绳组成,外层同样由许多小股编织成的包覆结构构成。由于结构细密,这种索的强度一般要高于同样直径的其他缆索,它一般用于钢索上的缆尾索。

(3)弯曲半径。合成纤维索由于弯曲所造成的强度损失显然不像钢索那样严重。一般对固定表面的弯曲半径比取 8,对滚动表面的弯曲半径比取 4。

3. 系泊索的选型

任何一个系泊系统的设计,首先必须确定系泊索的材料、数量和尺寸,为此系泊索选择可归纳为如下几点。

(1)根据强度、弹性、耐用性和操作特性选择最合适的材料。缆索的材料类型会影响到系泊绞车卷筒的尺寸、导缆器的形式、导缆器弯曲半径及需占用的甲板空间等要素。建议在大型船舶上采用钢索,而在中小型船舶上优先采用合成纤维索。



(2) 选用船上和码头操作人员都能安全操作直径适当的缆索。一般认为钢索的最大直径是 48 mm, 而合成纤维索适合实际使用的最大的直径为 80 mm。

(3) 全部系泊索尽可能选用相同的尺寸和材料, 但某些船上采用钢索倒缆和合成纤维索横缆的系统, 它将减少船舶的前后漂移, 有效地限制了刚性输油臂或输油软管相对于船的移动。

4. 缆尾索的应用

为了获得附加的弹性, 一些大型油船的系泊钢缆在靠岸的一端配置了一段合成纤维索, 称作缆尾索。这一附加的弹性使船舶能对风浪等的联合作用作出更迅速的反应, 从而降低了系泊钢索的动力负荷。在同样的作业情况下, 缆尾索使得系泊索中的负荷更均匀。同时由于缆尾索提供的系泊索伸长也降低了因潮差和吃水变化而带来的潜在危险。

如果设置缆尾索, 应优先采用尼龙索(不采用 3 股结构索), 总长约 11 m, 其破断强度至少比与其连接的钢索高 25%。

二、按船级社规范配置系泊索

各国船级社规范除了按舭装数[见式(2-37)]配置锚和锚链外, 对系泊索的数量、长度和破断强度也提出了要求或建议。

CCS 对系泊索的要求见第二章第四节及表 2-4 和表 2-5, 其补充规定如下: 如果船舶的 A/N 大于 0.9 (A 为侧投影面积, N 为舭装数)。表 2-5 中系船索的数量建议按下列要求增加:

A/N 的比值	系船索增加数
$0.9 < A/N \leq 1.1$	1
$1.1 < A/N \leq 1.2$	2
$1.2 < A/N$	3

第二节 系泊属具

一、带缆桩

带缆桩有双柱带缆桩和单柱带缆桩, 我国带缆桩标准 GB/T554-1995 中的 A 型与 ISO3913 相当, 其型式见图 3-2。

在带缆桩标准中一般都标明了按系泊索的强度选用带缆桩。但必须注意的是在 ISO 标准和 GB 标准中, 带缆桩的缆索最大许用负荷设计成两种工况(见表 3-3), 即按缆桩上可承受表列负荷值的 2 根缆索以 8 字形系于靠近底座处, 或将单根缆索的索环套于底座上方 $1.2D$ (D 为带缆桩公称直径)处, 后者的最大许用负荷值为前者的两倍。ISO3913 的公称参数用于 8 字形缆索。

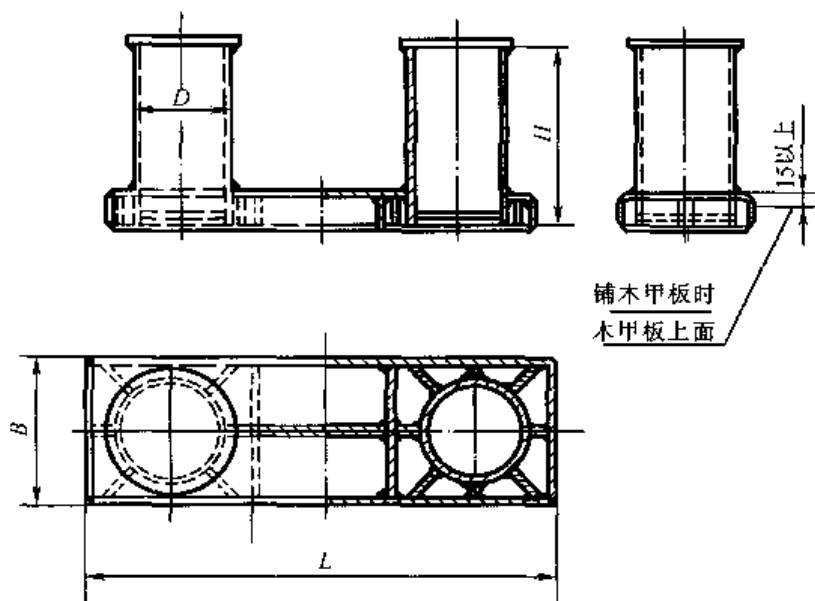


图 3-2 A 型带缆桩

表 3-3 带缆桩的缆索最大许用负荷

带缆桩公称直径/mm	缆索最大总负荷/kN (当负荷作用于底座上方 1.2D 处或小于 1.2D 时)	
	8 字形系统	带眼环索系统
100	29	58
125	39	78
160	49	98
200	78	156
250	118	236
315	196	392
355	255	510
400	314	628
450	382	764
500	451	902
560	549	1 098
630	686	1 372
720	804	1 608
800	981	1 962

注:1.带缆桩结构按 ISO3913。

2. 8 字形值系对应于 ISO3913 的“单根缆索最大负荷”,也是推荐作为标记于属具上的 SWL 数值。

二、导缆孔

导缆孔按其安装位置分为舷墙式和甲板式;按材料分为铸钢和铸铁;按类型又分为普通型(见图 3-3)和巴拿马型(见图 3-4)。

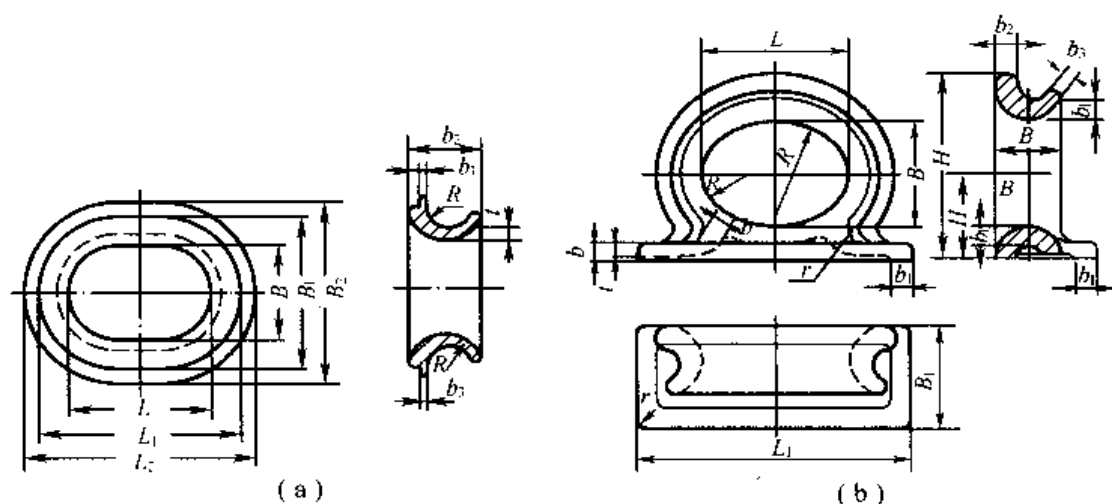


图 3-3 普通导缆孔
(a)舷墙式普通导缆孔;(b)甲板式普通导缆孔

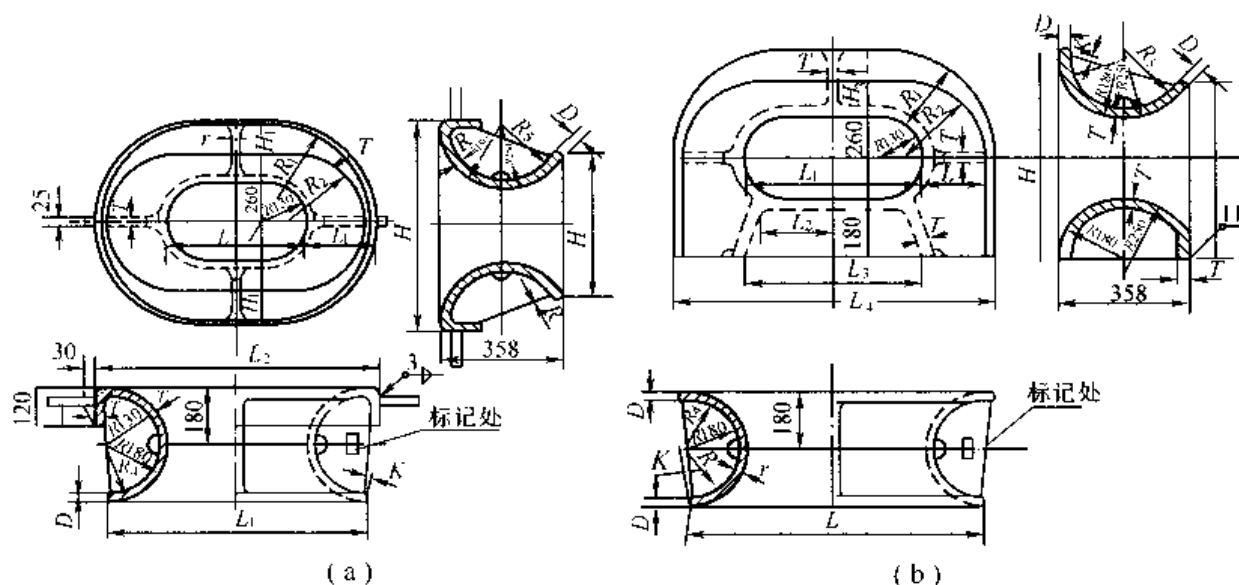


图 3-4 巴拿马导缆孔
(a)舷墙式巴拿马导缆孔;(b)甲板式巴拿马导缆孔

三、导缆器

滚轮导缆器可安装于甲板舷边用于系船索导向,如双滚轮、三滚轮导缆器,也有安装于甲板任何地方的单滚轮导缆器,以便将缆索导向绞车卷筒或绞盘。

滚柱导缆器是由若干个圆柱形滚柱组成,或者是由几个带曲面表面的滚柱组成。滚柱导缆器安装在倾斜的舷墙旁时,必须注意避免缆索与舷边结构上缘产生摩擦。

选择滚柱导缆器时应考虑以下几点。

1. 滚柱直径



滚柱直径过小会降低缆索的强度。采用钢索时,滚柱直径应至少为 10 倍的缆索直径。但目前实际应用的标准一般为 6~6.5 倍的钢索直径。

2. 开口尺寸

最小尺寸取决于缆索的眼环和末端附件(如引索所需的附件)通过导缆器所需的空間。如果滚柱直径为 12 倍钢索直径或 4 倍合成纤维索直径,则推荐下列开口尺寸:

$$\text{宽度} = 1.00 \times \text{滚柱直径}$$

$$\text{高度} = 0.65 \times \text{滚柱直径}$$

3. 滚柱导缆器与闭式导缆孔比较

滚柱导缆器由于它与缆索之间的摩擦较小,因此缆索磨损较少,同时也增加了绞车牵引力。但是另一方面滚柱导缆器尺寸大,造成维护工作量大。因此,在船员日益减少的情况下,即使使用合成纤维索,也往往优先采用闭式导缆孔。

航行于圣劳伦斯航道的船舶专用的圣劳伦斯导缆器的型式见图 3-5。

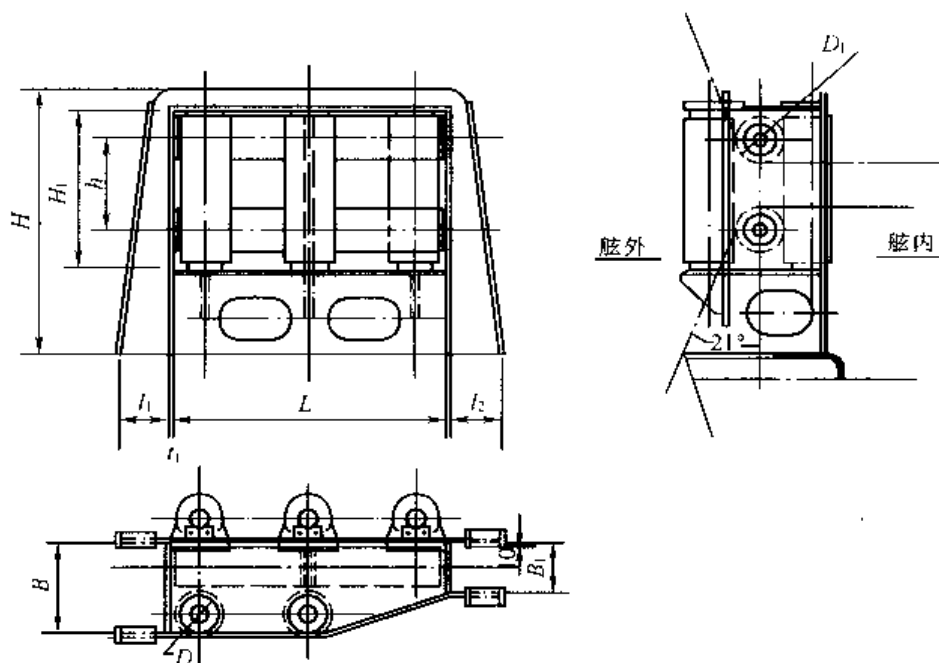


图 3-5 圣劳伦斯导缆器

四、系泊机械

系泊机械用于收放(有的还兼储存)系泊索,分为系缆绞车和绞盘。绞盘使用较少,尤其是大型船舶基本上都使用绞车。

系泊绞车具有多种功能:将系泊索的一端固定在船上;调整系泊索长度以适应每个港口的系泊模式并补偿吃水和潮水的变化;储存系泊索。同时还起到安全装置作用,一旦缆索上的力接近破断负荷时,可控制绞车释放缆索上的负荷。

绞车根据其控制方式(自动或手动),驱动类型(蒸汽、液压或电动),与每个驱动装置相连的卷筒数(单卷筒、双卷筒或三卷筒),卷筒的类型(分隔式、整体式)以及刹车类型和制动作用方式(带式、盘式、机械螺旋、弹簧作用)进行分类。

绞车卷筒可分为分隔式和整体式。分隔式卷筒由牵引部分和缆索储存部分组成,



ISO3730 建议处于拉伸状态的合成缆索在卷筒上不应超过一层,以免降低使用寿命,因此宜用分隔式卷筒。由于系泊索由卷筒的第一层拉出,因此能保持恒定的收缆力和刹车制动力,钢索卷筒也往往采用分隔式。

对任何一种卷筒,其直径应不小于钢索直径的 16 倍。分隔式卷筒的工作部分应允许卷绕 10 圈缆索。

手动绞车由人工操纵其收缆和放缆。自动张力绞车则应设计成当缆索松弛到预先设定值以下时能自动收缆,当缆索上张力超过预先设定值时又能自动放缆。

自动张力绞车用于与船中心线成 90° 设置的横缆较理想,除此之外并不推荐使用自动张力绞车。例如,倒缆不应采用自动张力绞车,应用这种绞车会引起船只沿码头滑移。这是因为前后倒缆上的力互相抵消,仅剩下绞车收缆和放缆间力的差值来抵御纵向外界力。鉴于这个原因,许多码头不允许使用自动状态而要求绞车置于手动刹车状态。

第三节 系泊设备布置

一个系泊系统是否有效、合理,对船舶、船员、码头和环境的安全是很重要的。如何以最佳系泊方式去抵抗各种力,这是系泊设备布置中要解决的问题。

一、系泊模式

“系泊模式”这一术语是指船与码头间系泊缆索的几何布置方式。一般应用的系泊模式即系泊索的布置应能抵抗从任何方向来的外力。由于这些外力最终可以分解成纵向和横向分力,因此把系泊索的布置归结为纵向(倒缆)和横向(横缆)两类。这就是通常所说的一个有效的系泊模式的指导原则。

倒缆和横缆的功能各有不同。倒缆在两个方向约束船舶(船向前和向后);横缆仅在一个方向约束船舶(船离开码头),对着码头方向的约束是依靠碰垫和防撞桩。在一个推离码头的外力作用下,所有横缆将受力。按外力的方向,向后或向前的倒缆只有单向受力。如果诸倒缆中有预拉力,则只有前后倒缆所受力的差用于约束船只的纵向运动。

在某些系泊模式中,除了横缆和倒缆外还有艏艉缆,其典型模式如图 3-6 所示。其中

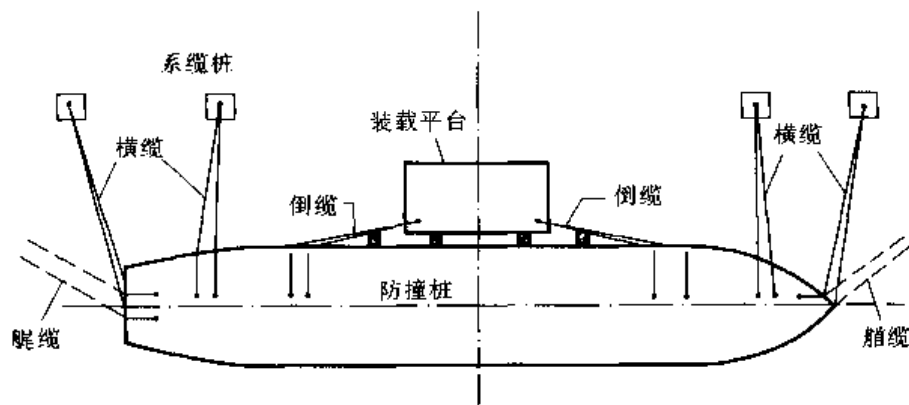


图 3-6 典型系泊模式



艏艉缆抵抗纵向力的作用像倒缆,抵抗横向力的作用像横缆。艏艉缆在张紧状态下,其纵向分力方向相反,且互相抵消,因此对船舶纵向约束所起的作用不大。

艏艉缆的布置方式对船舶的约束能力产生的影响如图 3-7 所示。该图所示的系泊模式中艏艉缆的允许工作负荷为 A ,倒缆的允许工作负荷为 B 。图 3-7(a)所示模式中,艏艉缆按正横向布置,对船舶的约束能力为:横向约束能力 $= 2A$;纵向约束能力 $= 1B$ 。图 3-7(b)所示模式中,艏艉缆按斜向布置,在仅有纵向力时对船舶的约束能力为:

$$\text{横向约束能力} = 2A \sin 30^\circ \cos 30^\circ = 0.87A$$

$$\text{纵向约束能力} = 1B \cos 30^\circ + 1A \cos 30^\circ \cos 30^\circ = 0.87B + 0.75A$$

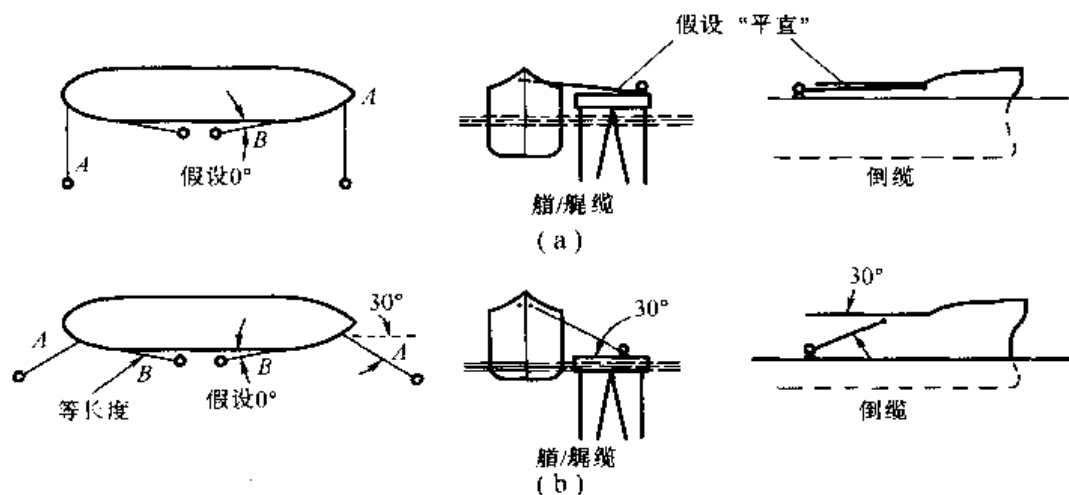


图 3-7 布缆方向对约束能力的影响

(a) 艏艉缆正横向布置模式; (b) 艏艉缆斜向布置模式

在图 3-7(b)所示模式中如果存在横向力,艏艉缆将产生抵抗力,使得纵向约束能力进一步下降。

如果采用艏艉缆和横缆混合布置的系泊模式,则由于艏艉缆比横缆长,艏艉缆因其弹性伸长而导致横向约束作用进一步降低。

一般来说,系泊模式应能够抵抗来自任何方向来的外力,并把这些力分解为纵向和横向分力,然后考虑如何最有效地承受这些力。但是码头上实际的系缆装置不可能完全符合各种受力情况的要求,致使系泊效果降低。图 3-8 所示为一艘 25000DWT 船舶的系泊模式,系船用钢缆直径 42 mm(最大断裂负荷 1 127 kN)。其中,图 3-8(a)所示模式为状态 1(理想的全部钢缆系泊)和状态 2(理想的钢缆和聚丙烯索混合系泊),图 3-8(b)所示模式为状态 3

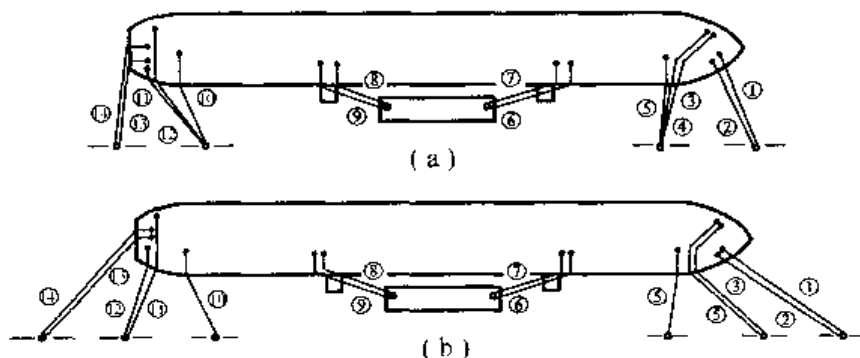


图 3-8 系泊模式分析

(a) 理想模式; (b) 不理想模式



(不理想的全部钢缆系泊)。各种状态的系泊索受力情况见表 3-4、表 3-5 及表 3-6。从表中可看出,不同的系泊模式将导致各根系泊索负荷分配发生严重变化,而且如果风向改变,原来无负荷的系泊索将承担若干负荷。

表 3-4 状态 1:理想的全部钢缆系泊布置

缆索号 负荷/kN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
风速 60 kn 船向风	84.28	110.7	0	0	0	0	0	382.2	387.1	0	0	0	0	0
风速 60 kn 偏离 船向 45°风	555.7	559.6	338.1	342	382.2	57.82	57.82	106.8	110.7	253.8	248.9	333.2	244	231.3
风速 60 kn 模向风	555.7	555.7	387.1	391	440	129.4	129.4	61.7	61.7	132.3	417.5	559.6	501.8	466.5

表 3-5 状态 2:理想的混合系泊布置

缆索号 负荷/kN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
风速 60 kn 船向风	155.8	49	0	40.2	0	0	0	386.1	386.1	0	352.8	0	26.5	0
风速 60 kn 偏离 船向 45°风	897.7	66.6	533.1	57.8	613.5	75.5	71.5	142.1	147	268.5	53	492.9	53	329.3
风速 60 kn 模向风	893.8	66.6	599.8	57.8	684	168.6	164.6	93.1	93.1	657.6	57.8	862.4	61.7	715.4

注:仅 2、4、11 及 13 为聚丙烯索

表 3-6 状态 3:不理想的全部钢缆系泊布置

缆索号 负荷/kN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
风速 60 kn 船向风	101.9	115.6	53	80.4	0	0	0	280.3	280.3	8.8	0	0	0	0
风速 60 kn 偏离 船向 45°风	515.5	489	475.3	426.3	822.2	191.1	186.2	49	49	359.7	297.9	399.8	244	235.2
风速 60 kn 模向风	550.8	529.2	519.4	471.4	866.3	173.5	168.6	115.6	119.6	688.9	489	688.9	453.7	448.8

船舶系泊设备必须能抵御诸多外力因素,如风、水流、潮汐、波浪和吃水变化等。通常,如果系泊设备的布置能承受最大的风力和水流力时,其储备强度也足够抵抗可能出现的其他较为缓和的力。而船舶由于潮汐涨落或装卸货引起的与码头相对高度的变化所产生的系



泊力,可采取调整缆索的长度加以补偿。

二、系泊设备布置的一般要求

本节所述主要是对船舶在直码头和岛式码头系泊时的要求。

1. 系泊索

(1)系泊索尽可能对称于船舳布置,这样能更可靠地保证负荷的良好分配。倒缆和横缆的数量一般是偶数,如果使用的横缆数不是偶数,多余的缆索一般用在艉部,这是因为艉部的受力比艏部受力约高10%。

(2)横缆尽量垂直于船体中心线,并尽可能靠近船首和船尾。

(3)缆索尽可能直接从绞车卷筒引向舷侧导缆器,尽量避免使用中间导向滚轮,即使采用导向滚轮,也应使缆索方向的改变保持最小,以降低导向滚轮上的负荷。当甲板空间受到限制时,采用绞车斜放或横放也能获得较好的布置。

(4)所有缆索应尽可能允许从任一舷引出,并将导向滚轮的数量减少到最低限度。

(5)倒缆尽可能平行于船体中心线,其引出点应尽量靠近船首和船尾。但是为了避免缆索在外板上摩擦,引出点又必须在平行中体部分的甲板上。

(6)应急状态时系泊能力的增强

①当环境状态超过设计环境条件时,应增强系泊系统,使船舶获得补充的约束力。有两种可行的办法:其一为提供岸缆;其二为提供岸上滑轮,使船上缆索绕过它引回并固定到船上。两种情形都要求配置舷边导缆器和缆桩。

②防火钢索悬挂在船的离岸一舷,当船只起火时,拖轮可用此钢索把船拖离码头。一般提供两根钢索,一根靠近船首,一根靠近船尾。

2. 导缆器

(1)从绞车副卷筒直接引向导缆器时,缆索的方向与卷筒轴垂线之间的夹角向外偏角为零,向内偏角 $\leq 6^\circ$ 。缆索在副卷筒上的位置为离副卷筒内边等于 $1/3$ 的副卷筒宽度。

(2)从绞车卷筒直接引向导缆器时,卷筒上系缆索的放出角应小于 4° 。所谓放出角系指卷筒轴的垂线和缆索之间的夹角。即使在最恶劣的场合下,也要使放出角小于 7° 。

(3)对于钢缆系泊索,导缆器的滚轮净间距应大于(或等于)7倍钢索直径;对于合成纤维系泊索,滚轮净间距大于4倍纤维索直径。

(4)符合巴拿马运河通航规则的船舶,需配置一定数量的滚柱导缆器。

3. 带缆桩

供拖索用的带缆桩在船首和船尾各配置两个,带缆桩的方向与缆索曳引方向应一致。带缆桩和舷侧导缆孔或导缆器之间须保持一定的距离,在大船上应不小于带缆桩直径的6倍,小船则不小于10倍,一般应在1.5~2.5 m的范围内。带缆桩周围1 m以内不得有任何障碍,带缆桩的外边缘与舷边的距离应不小于带缆桩直径1.5倍。如果带缆桩和导缆孔中间有舷墙肘板,则带缆桩位置应考虑到缆索不会擦着肘板。

三、系泊设备布置示例

图3-9所示22 000 m³ LPG船的系泊布置图。

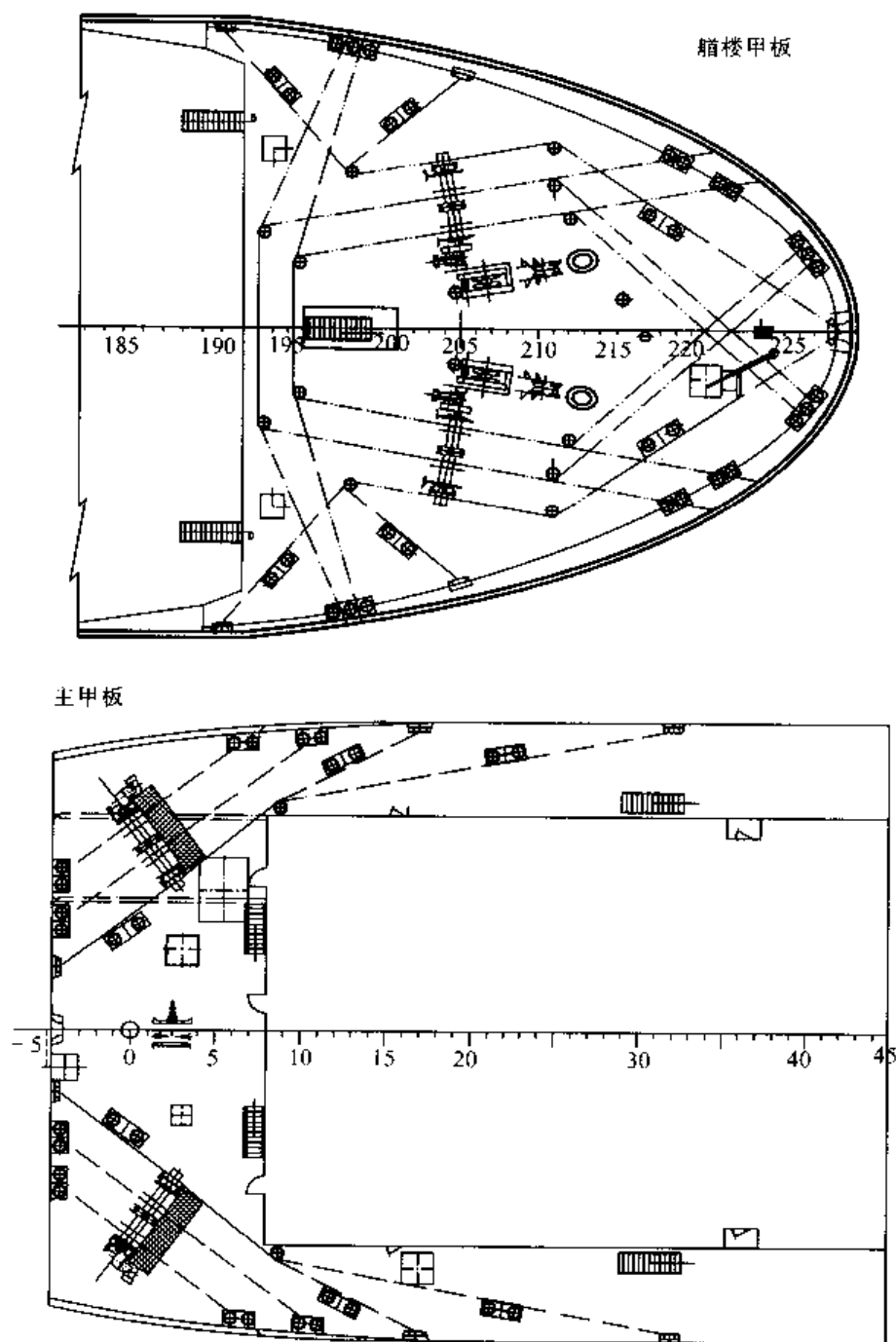


图 3-9 22 000 m³ LPG 船系泊设备布置



第四章 拖曳设备

船舶拖带作业按航行区域可分为:海上拖带、锚地拖带、港口拖带和内河拖带。按拖带方式可分为:吊拖、首拖、绑拖(傍拖)和顶推等。

吊拖又称尾拖,其形式为拖船在前,被拖船舶在后,两者相隔较大的距离,通过拖缆牵引被拖船舶。在拖缆长度大于7倍拖船长度的情况下,吊拖船组较绑拖船组具有更小的航行阻力。在海上拖带时,拖缆长度不小于200 m。被拖船舶越大,拖航速度越高,拖缆应越长。天气越坏,拖缆也应越长。吊拖能充分发挥拖船的牵引力,适用于海上长距离拖带作业,是海上拖航的主要方式。

首拖是全回转导管螺旋桨港作拖轮的主要作业方式,用于协助大型船舶离开码头的作业。

绑拖为船靠船拖带,拖船系绑在被拖的船艏后部的舷边进行拖带。其优点是船队长度短,操纵驾驶较灵活,适合于港内和江河狭窄航道中的拖带,以及协助驳船靠离码头等作业,因此在港口和锚地中也经常使用这种拖带方式。

顶推是将拖船的船头用缆索或顶推装置系固于驳船的船尾,推动驳船队前进。其优点是操纵性好,船队的阻力较吊拖小,推轮能发挥更高的推进效率,因此在内河运输中推广使用。顶推的方式也常用于协助巨型船舶在港内掉头。

本章主要介绍海上拖航的拖曳设备及其配置要求。

当前,由于海洋工程的发展,海上拖带作业十分频繁,诸如:各种非自航海洋工程作业船舶、挖泥船、浮船坞及海洋平台的调遣,海洋工程装置的运送以及大型海洋油船的应急拖曳等等。由此而引起各国政府和船级社的重视,制订了一系列的规范和规则,对从事海上拖带作业的拖船、被拖船舶、被拖移动式平台及其他被拖海上设施的结构、性能、设备等提出了严格的要求,并对拖曳设备做了详细规定。本章根据ZC1999年《海上拖航法定检验技术规则》(以下简称《海上拖航法规》)以及CCS1997年《海上拖航指南》的规定,对于除大型油船及液化气体船的应急拖曳装置以外的拖曳设备作出叙述。

海上拖曳设备可分为固定拖曳设备和活动拖曳设备。

固定拖曳设备包括:拖缆机(拖索绞车)、拖钩、拖索拱架(承梁)、拖缆滚筒(导缆器)、拖力眼板、拖桩、拖缆孔等。

活动拖曳设备又称拖索具,包括:主拖缆、备用拖缆、应急拖缆、短缆、过桥缆、龙须缆(链)、三角板、卸扣、拖曳环及回收缆等。

第一节 拖曳设备的配置

一、非专业拖船拖曳设备的配置

非专业拖船系指除专业拖船以外的自航船舶。由于船舶在营运过程中可能会遇到需要拖带其他船舶或被其他船舶拖带的情况,因此,一般来说,自航船舶均应配置适当的拖曳设



备。通常在船舶的艏、艉部各设置 1~2 对双柱拖缆桩(或加强的带缆桩),并在船舶艏柱正上方的舷墙上设置圆形拖索孔(或导缆孔)。在艉部则利用系泊用导缆孔或设置带有滚轮和挡板的启闭式拖索孔。

非专业拖船的拖索,根据船级社规范按舭装数选取(表 2-4 和表 2-5)。然而,按舭装数确定的拖索长度对于在波浪中拖带显得不够,因此常常把拖索同被拖舰艇的锚链连接起来进行拖带。图 4-1 所示为采用锚链和拖索连接的拖带示意图。

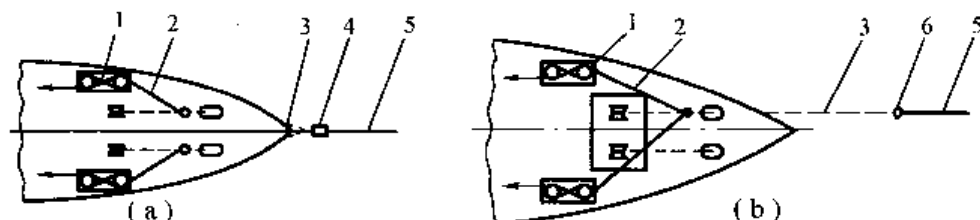


图 4-1 锚链同拖索连接的拖带作业

(a) 双锚链; (b) 单锚链

1—拖缆桩; 2—牵索; 3—锚链; 4—三角板; 5—拖缆; 6—连接卸扣

二、专业拖船拖曳设备的配备

专业拖船拖曳设备应能保证各种拖带方式,包括:采用短拖索或长拖索的拖带、傍拖、正拖和倒拖。对于绑拖和某些拖带作业来说还常常利用船上的系泊设备如带缆桩等。

专业拖船的拖曳设备通常包括:拖缆、拖缆机(绞车)、拖钩装置、拖索承梁、拖索限位装置和拖索导缆孔,用于倒拖、傍拖和拖出搁浅船舶所需的艏部拖桩、舷侧拖桩、艉部拖桩和艉部拖索孔(或导缆器)等。大型海洋拖船还配有龙须链。

拖船的拖曳设备应根据拖船和航区及其执行的拖带方式确定。海上拖航应使用拖缆机,一般不应使用拖钩装置。但在沿海和遮蔽航区内短距离航行时,允许使用拖钩装置。因此许多拖船既设有普通拖索车或自动拖缆作为主拖带装置,又设有拖钩装置和拖桩作为备用拖带装置。港内拖船则以拖钩为主拖带装置,拖桩作为备用拖带装置。

图 4-2 所示为一艘功率为 2 200 kW 的海洋拖船的拖曳设备布置图,拖船同时设有自动拖缆机和拖钩装置。

拖钩或拖缆机通常应位于船长中点后方 5%~10% 的船长范围内,但在各种装载状态下,其位置均不应在拖船重心纵向位置之前,并应置于尽可能低的位置,以使拖船在正常工作时的横倾力矩减少到最小。

拖缆机在制动、拖曳与回收拖缆操作时,应在任何情况下(包括正常动力源发生故障时)能从驾驶室应急释放拖缆。

拖钩释放装置的操纵位置应设置在拖钩旁,遥控释放装置应设置在驾驶室内。

三、非自航船舶拖曳设备的配置

非自航船舶类型很多,诸如载货驳船、各种非自航挖泥船、浮船坞、起重船、海洋移动式平台以及其他非自航工程作业船舶等。所有这些船舶本身无推进设备,或是虽有推进设备也仅能在短距离时使用,长距离调遣仍须依靠拖航。所有被拖船舶在拖航时应保持适当艏

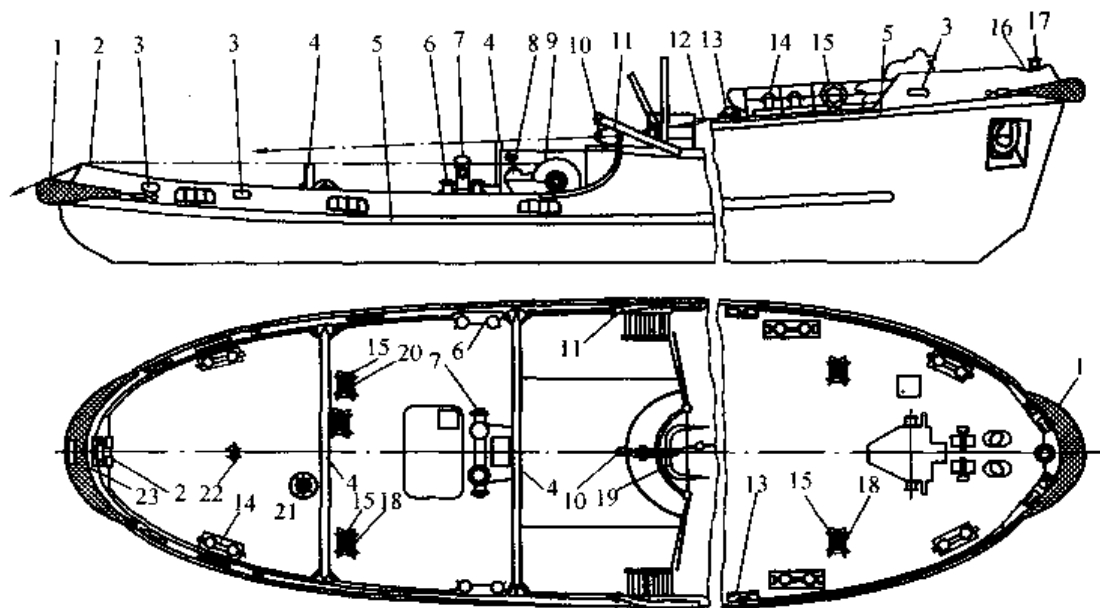


图 4-2 2 200 kW 海洋拖船拖曳设备布置图

1—艏艉软碰垫;2—带有可倒垂直滚柱的拖索导缆器;3—拖曳—系泊导缆孔;4—拖索承梁;5—护舷材;6—舷侧拖缆桩;7—挡缆柱;8—自动拖缆机;9—拖缆;10—拖钩;11—拖索限位器;12—拖缆远距离释放器;13—带有挡板和双滚轮的导缆器;14—拖曳—系泊带缆桩;15—卷车;16—双滚轮导缆器;17—艏部拖桩;18—拖曳—系泊索;19—拖钩弓架;20—电缆卷车;21—绞盘;22—眼板;23—防磨板

倾。

运输驳船以及宽度较小且艏艉有线型的非自航船舶,通常在艏艉部设置拖桩、加强的兼拖曳用带缆桩、拖索孔等供拖航时拴系拖索使用。这些船舶的拖索直径和长度根据船级社的规范按艏装数选取。

在海上拖曳大中型非自航工程作业船舶和海洋移动式平台时使用的拖索具除了主拖索外还配有龙须缆(链),为此在被拖船舶上通常设有主拖力点和备用(应急)拖力点。目前,作为主拖力点作用得最多的是快解脱型拖力眼板,作为备用拖力点既可使用拖力眼板,也可使用带缆桩。除此之外,还应配置供龙须缆(链)使用的导缆孔以及拖缆回收装置等设备。

ZC《海上拖航法规》对于被拖船舶拖力点的要求如下:

(1)被拖船至少应有两个合适的拖力点(拖力眼板)及能穿过拖链的合适的导缆孔,被拖船上合适的缆桩或锚机装置也可作为拖力点,导缆装置的形状应能防止拖链的链环超过其所以承受的弯曲应力;

(2)拖力点或拖力眼板或系缆桩应至少能经受 13 倍拖缆或拖链的破断拉力;

(3)按照 IMO MSC35(63)决议案《油船应急拖带装置指南》的要求而设置的油船应急拖带装置,也可作为拖航的拖力点;

(4)应急拖力点的强度至少应超过主拖缆的破断强度;

(5)备用拖曳设备的所有要求应不低于相应主拖曳设备的要求;

(6)拖力眼板应布置于横舱壁和纵舱壁交叉处的甲板上,或甲板下方有足够强度的节点处。其型式应为可迅速解开式或征得 CCS 认可的其他型式;

(7)拖力点或拖力眼板与船边导缆钳或导缆孔之间应有适当距离以便于操作;



(8)被拖物上应有备用拖力眼板或拖桩一对。

被拖船舶固定拖曳设备的配置应根据船型确定。通常中型海洋工程船舶至少配备拖力眼板一对及拖缆桩一对,两者具有同样的强度要求,并配置相应的供用于龙须缆(链)使用的导缆孔。大型海洋工程船舶可配置两对拖力眼板,再设置一对应急拖缆桩以及相应的导缆孔。此外,被拖船舶还应配有拖缆的回收缆使用的导向和收放装置,回收缆的收放可设置专用绞车或者利用锚机、系泊绞车或绞盘等设备。某些被拖船舶若是要求艏艉端均能拖航时,上述拖曳设备应在被拖船舶的艏艉端均予设置。

一般说来,被拖船舶解拖时,主拖缆由拖船回收,其余拖索具均由被拖船舶回收。在某些大型工程船舶及海洋移动式平台上,回收的拖索具不予解开,而是由回收缆通过悬挂在直升机平台甲板下或专用结构下滑车将拖索具吊起来,等待下次拖航时再放下使用,操作极为方便。在这种情况下最好设置专用的回收缆绞车。

第二节 拖索具

一、拖索具的配置

拖索具是海上拖带中使用的活动拖曳设备。包括:主拖缆、备用主拖缆、应急尼龙拖缆、短缆、三角板、龙须缆(链)、卸扣、连接环、回收缆等。

CCS《拖航指南》要求,拖索具的数量应不少于表4-1的规定。需要注意的是,该表中拖索具的数量应包括拖船及被拖船舶各自配套的拖索具之和。在实际配置中,主拖缆及备用主拖缆一般由拖船提供,其余拖索具由被拖船舶配置。此外,被拖船舶按规范配置的拖索也作为备用拖索。

表 4-1 海上拖带拖索具的数量

拖索具 航区	主拖缆	备用拖缆	短缆	三角缆	龙须链或 龙须缆	卸扣	连接环 或卸扣	套环
无限航区	1	1	2	2	2套	7×2		配套外 另备1套
近海航区	1	1	1	1	2套	7×2		配套外 另备1套
沿海航区 遮蔽航区	1				1套	1	1套	

除按表4-1配备拖索具外,如无备用主拖缆,则应配备应急尼龙拖缆1条,其尺寸应与拖船主机功率相匹配,长度不小于200m。如已配置备用主拖缆,则尼龙拖缆为建议配备。备用拖索具的尺寸应与主用拖索具的尺寸相同。

一套完整的拖索具通常应由:主拖缆、短缆、三角缆、连接卸扣、龙须缆(链)及回收缆组成。由于主拖力点通常采用拖力眼板,因此主用拖索具中经常配置龙须链(见图4-3)或带有防擦链的龙须缆。备用拖力点若是采用拖力眼板,则备用拖索具应同主拖索具相同。但



若备用拖力点为拖缆桩,则备用拖索具的龙须缆同拖缆桩的连接端应制成绳圈,以便套在桩柱上。主拖索具在船上的典型系结方式如图4-4所示。

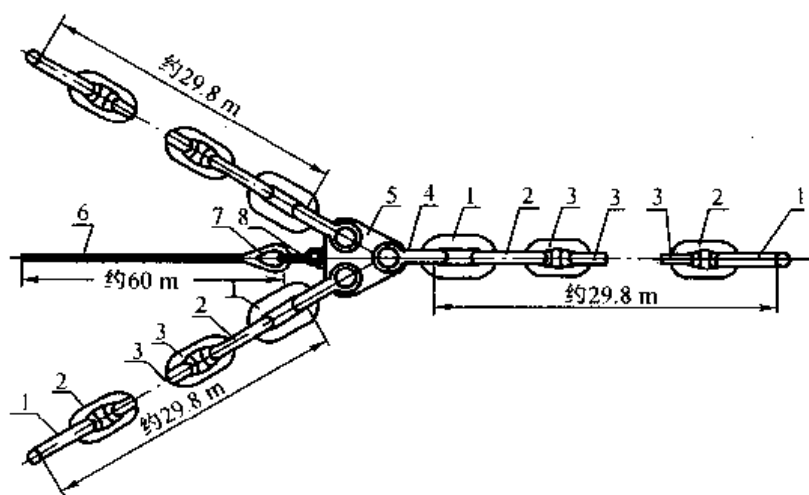


图4-3 配置 $\phi 70$ 龙须链的拖索具

1—末端链环;2—加大链环;3—普通链环;4—连接卸扣;5—三角板;6—回收缆($\phi 4.5$ 镀锌钢丝绳);7—钢索套环;8—卸扣

对于无船员的被拖船舶,为使其能与拖船可靠而又迅速地接拖,应急拖缆的一端应同备用龙须缆(链)连接,备用龙须缆(链)则与应急拖力点连接,应急拖缆的另一端连接在具有足够长度和强度的引缆上,引缆的端头应连接一个具有相当浮力的鲜红色的浮具,引缆通常采用可浮的合成纤维缆,其长度不小于150m,破断负荷不小于294kN。应急拖缆和引缆应挂于舷墙外,并按适当的间隔与舷墙或栏杆绑扎,从被拖物端部至浮标的距离应不小于50m,应急拖缆应能迅速拉开。

上述应急拖缆的长度应不小于75m,其破断强度应同主拖缆相当。应急拖缆及其引缆的固定方式,如图4-4所示。

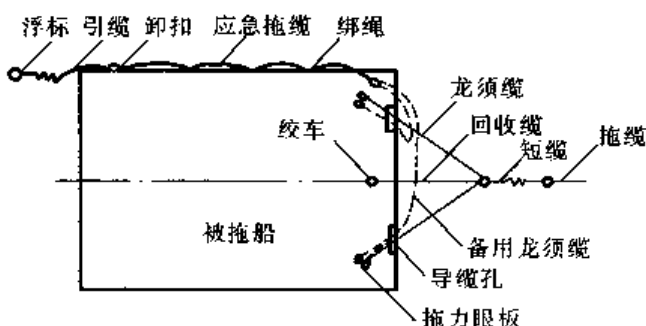


图4-4 主拖索具及应急拖索具的系结方式

二、拖缆及回收缆

在一套拖索具中,拖缆实际上由三部分组成,即:主拖缆、短缆及龙须缆(链)。在沿海航区和遮蔽航区拖缆时,可以不配短缆(见表4-1)。

1. 主拖缆及备用主拖缆

主拖缆和备用主拖缆,通常采用镀锌钢丝绳,其缆芯为硬质钢芯或麻芯,表面涂黄油以保持良好的润滑和防锈。主拖缆和备用拖缆的最小破断负荷按拖船系柱拖力 F_t 确定(见表4-2),其长度按拖船功率确定(见表4-3)。



表 4-2 主拖缆和备用主拖缆的破断负荷

拖船系柱拖力 F_t /kN	主拖缆最小破断负荷/kN
< 392	$3F_t$
$392 \sim 883$	$(3.8 - F_t/491) F_t$
> 883	$2F_t$

表 4-3 主拖缆及备用主拖缆的长度

拖船功率/kW	主拖缆最小长度/m
14 700 及以上	1 500
7 350 及以上	1 000
2 205 及以上	700
1 470 及以上	600
1 470 及以下	500

拖缆同其他拖索具(短缆或龙须缆)的连接端不应使用人工插接嵌入法,应使用包锌固定形式或其他机械接合的琵琶头如图 4-5 所示,并在琵琶头中设置硬压锻制材料的缆端嵌环或等效措施。

无限航区或近海航区的拖船,其主拖缆和备用主拖缆应尽可能卷绕在各自独立的滚筒上,如不能做到时,应将备用主拖缆存放在能确保安全、有效、快捷、容易地转移至主拖滚筒的位置。对于航程超过 3 周的拖航,建议额外配备 1 根备用拖缆,存放在绞车的第 2 个滚筒上或第 1 根备用拖缆的滚筒上,而不应该损伤拖缆。如有两个被拖物,拖缆应分别连接(主拖缆和备用拖缆)。建议再配备 1 根额外备用缆,存放要求同上。

2. 短缆

短缆是连接主拖缆和龙须缆(链)之间的一段缆索,俗称过桥缆。在无限各航区或近海航区拖航作业时,拖船与被拖船舶在接拖操作时,技术上需要使用短缆,其长度不小于 30m,短缆可用锚链、钢丝绳或尼龙缆,通常采用钢丝绳。

锚链或钢丝绳短缆的破断强度应与主拖缆的破断强度相当。用钢丝绳作短缆时,其缆芯及两端嵌入套环的琵琶头的制作方法同主拖缆相同,因此在实际使用时,短缆同主拖缆均采用同一规格的钢丝绳。

如短缆采用合成纤维缆时,其破断强度应满足以下要求:

- (1)拖船系柱拖力小于 490.5 kN 时,应为拖缆破断负荷的 2 倍;
- (2)拖船系柱拖力大于 981 kN 时,应为拖缆破断负荷的 1.5 倍;
- (3)拖船系柱拖力在 490.5 ~ 981 kN 之间时,按内插法决定。

3. 龙须缆或龙须链

龙须缆或龙须链是为保持被拖物的航向稳定性,从布置于船首两侧的拖力点连接至三角板的拖索具。

龙须链(见图 4-3)由两根有挡锚链组成,每根锚链的两端均配末端链环,一端直接或加设一个连接卸扣同拖力眼板连接,另一端用卸扣同三角连接。每根龙须链的破断强度应不小于主拖缆的破断强度,建议采用 2 级或 3 级锚链钢。

带有防擦链的龙须缆是最常用的龙缆,每根龙须缆由一段有挡锚缆同一段钢丝绳组成,

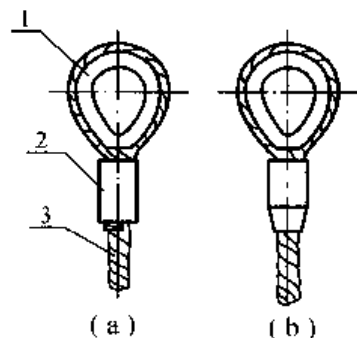


图 4-5 钢丝绳末端固接方式

(a)圆柱型接头;(b)圆锥型接头

1—普通套环(重型套环或船用套环);

2—套管;3—钢丝绳



两者的破断强度均应不小于主拖缆的破断强度。有挡锚链的两端配置末端链环,其长度应从拖力眼板延伸至导缆孔之外至少 3 m。钢丝绳的缆芯及两端嵌入套环琵琶头的制作方法主拖缆相同,钢丝绳与防擦链之间采用卸扣连接。

拖力点为带缆桩时所使用的龙须缆由两根钢丝绳组成,每根龙须缆的破断强度应不小于主拖缆的破断强度。龙须缆钢丝绳的缆芯应为硬质钢芯或麻芯,钢丝绳的一端制作成绳圈,其直径约为带缆桩桩柱直径的 1.5~2 倍,另一端配置钢索套环,琵琶头的制作方法主拖缆相同。

每根龙须链或龙须缆的长度可取为两拖力点之间的距离,但至少应使得两龙须缆(链)之间的夹角不大于 90° 。

4. 回收缆

回收缆用于被拖船舶解拖时回收龙须缆(链)或全部拖索具。回收缆一端应用卸扣连接至三角板的专用环上(见图 4-3),另一端固定在回收机械上(见图 4-4)。回收缆通常采用钢丝绳,其破断负荷应不小于龙须链(缆)自重的 3 倍,但在任何情况下均不小于 196 kN。

三、拖缆的连接件

常用的拖缆连接件主要有三角板和连接卸扣,但在使用单根龙须缆(链)时,可采用连接环或卸扣同主拖缆连接。

1. 三角板

三角板的形状是角端为圆弧形的等腰三角形,其大小应足以安装三个连接卸扣。三角板用碳钢或合金钢制作,图 4-6 所示为安全工作负荷为 714 kN 的三角板,其本体为锻钢件,材料为 35(调)钢。

2. 连接卸扣

连接卸扣系指拖索具中用于主拖缆、短缆、三角板、龙须缆(链)及防擦链之间连接的卸扣,这些连接卸扣均应为螺栓式并带有螺母及开口销。

卸扣采用碳钢或合金钢制作。图 4-7 所示为安全工作负荷 860 kN 的连接卸扣,其本体和横销均为合金钢锻件。

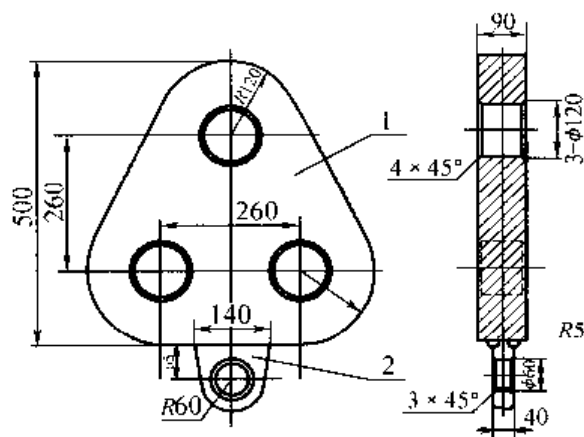


图 4-6 拖曳三角板

1—本体;2—回收缆眼板

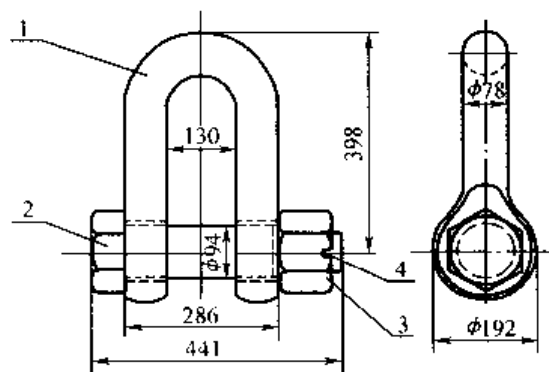


图 4-7 连接卸扣

1—本体;2—横销;3—螺母;4—开口销



所有的卸扣、连接环、三角板等连接设备的极限负荷能力,应不小于其使用的最大拖缆破断负荷的 1.5 倍。

拖钩、卸扣、连接环、三角板等连接件应以两倍的计算工作负荷进行验证试验,且不应有永久变形。计算工作负荷按以下规定确定:

系柱拖力 $BP < 392 \text{ kN}$ 时, $SWL = 10BP(\text{kN})$;

系柱拖力 $BP \geq 392 \text{ kN}$ 时, $SWL = 0.5BP + 196(\text{kN})$ 。

第三节 固定拖曳设备

一、拖钩装置

拖钩用于系拴和解脱拖缆。拖钩装置主要由:拖钩、拖钩弓架及拖钩托架组成(见图 4-2)。拖钩装置的构造应使拖钩从一舷到另一舷的转动角度尽可能的大,对于港口拖轮来说,这一角度不小于 180° ,而且在这一转动范围内,拖钩是不应弯曲的,且不得触及或紧靠任何其他结构。

1. 拖钩

拖钩按其结构特点可分为下述类型:

(1) 开式和闭式拖钩,前者钩子部分不设防止拖缆跳出的装置,后者则有防止拖缆跳出的装置;

(2) 折叠式和不可折叠式拖钩,前者钩子部分同钩板用水平轴连接并设有制动装置,解拖时操纵制动杆,打开制动装置,钩子绕水平轴向下旋转使拖缆解脱,后者则无此种功能;

(3) 带缓冲装置和不带缓冲装置的拖钩,缓冲装置通常为弹簧,因此带有缓冲装置的拖钩又称弹簧拖钩;

(4) 带有液控或气控闭锁装置的拖钩,折叠型拖钩中,钩子部分设有闭锁装置以控制钩子的打开和复位;

(5) 滚子拖钩和无滚子拖钩,前者在安装时应配拖钩弓架,拖钩随滚子沿弓架作水平移动,后者安装在拖船坚固的结构上,同销轴固定,拖钩绕销轴作水平摆动。

实际使用的拖钩往往是上述各种型式的组合。

图 4-8 中列举了几种型式的滚子拖钩,其中:

I——不带缓冲装置不可折叠的开式拖钩,这种拖钩在波浪中工作时,拖缆很容易从拖钩中跳出来,因此不适宜于在海上拖航时使用,通常用于内河小型拖船;

II——带有缓冲装置的折叠型闭式拖钩,适用于港口和内河拖船;

III——带有手动闭锁器和缓冲装置的折叠型开式拖钩,这种拖钩适用于拖缆很长且穿过尾部拖索孔的海洋拖船;

IV——带有液压闭锁器和缓冲装置的折叠型开式拖钩,这种拖钩的闭锁器可遥控,适用于港口拖船。

图 4-9 所示为国内造船行业中的折叠型闭式弹簧拖钩,采用销轴固定。这种拖钩适合于在海上拖航使用。

按照 CCS《海船规范》的规定:拖钩应设有可靠的释放装置,不论拖船的横倾角和拖索方向如何,都能方便地随时解脱拖索,同时又能避免意外地解脱拖索。拖钩的破断强度一般应

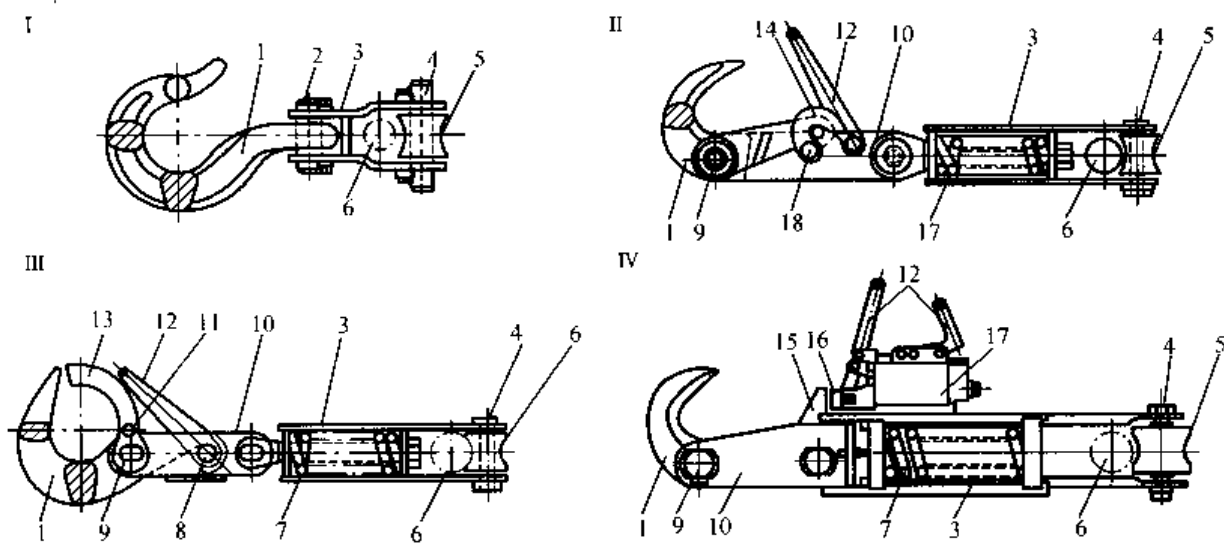


图 4-8 滚子拖钩的类型

1—钩子;2,4—销轴;3—框架;5—滚子;6—拖钩弓架;7—弹簧缓冲装置;8—销子;9—水平轴;10—钩板;11—制动器;12—制动杆;13—控制臂;14—止钩板;15—闭锁器;16—活塞;17—液压闭锁器壳体

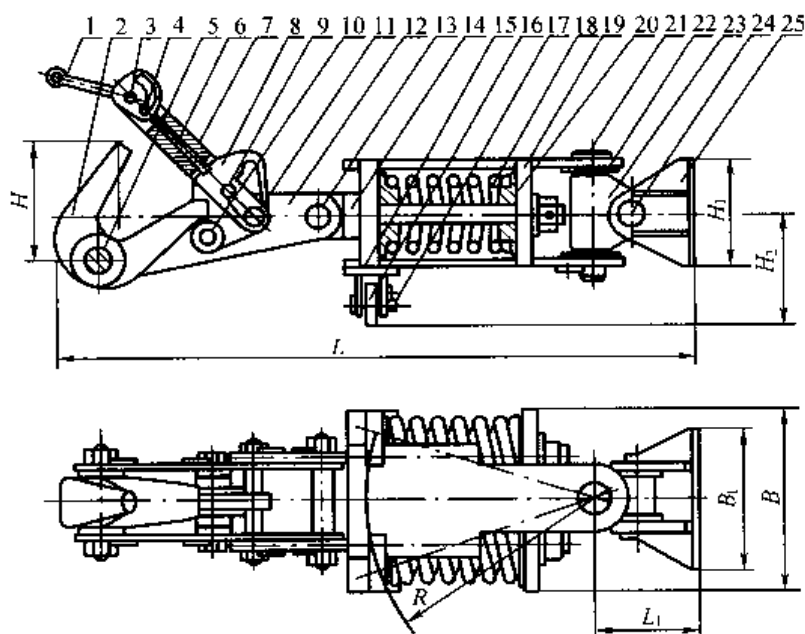


图 4-9 弹簧拖钩

1—手柄;2—钩子;3—手柄销轴;4—闸板销轴;5—钩子销轴;6—闸板;7—闸框;8—止钩板;9—止动销轴;10—止钩板销轴;11—闸框销轴;12—夹板;13—夹板销轴;14—弹簧芯轴;15—滚轮支架;16—滚轮;17—滚轮销轴;18—弹簧;19—弹簧压板;20—弹簧座;21—弹簧架销轴;22—弹簧架;23—十字接头;24—十字接头销轴;25—眼板

为拖索破断强度的 1.5 倍。

2. 拖钩弓架

拖钩弓架是钢质锻造的圆形或椭圆形截面的曲线梁,其轴线可以是半个圆弧,也可以是由一个大半径的圆弧同两个小半径的圆弧连接起来组成。弓架同船体的连接可采用焊接、



螺栓连接或是销子连接(见图 4-10)。

拖钩弓架截面相对于与弓架平面垂直的轴线的剖面模数 $W(\text{cm}^3)$, 应不小于按下式计算之值:

$$W = 132 \frac{R_b l}{\sigma_s} \quad (4-1)$$

式中 R_b ——拖索破断负荷(kN);

l ——弓架两支点间的距离(m);

σ_s ——弓架材料屈服点(N/mm^2)。

按式(4-1)计算的弓架截面的应力在拖缆破断时应不超过 $0.95\sigma_s$ 。

3. 拖钩托架

通常拖钩配有支撑滚轮, 搁在水平托架上。拖钩工作时, 滚轮沿托架移动。托架用钢板或型钢焊成, 其形状同滚轮的轨迹相符, 托架下面设有支撑(见图 4-11)。

托架承受的负荷一般为拖钩重力的一部分和拖缆重力的一部分。但是当采用短拖索拖带时, 被拖船舶上的拖索固定点低于拖钩时, 托架就会受到拖索垂向分力的作用, 此时拖钩轴线同拖索方向之间的夹角一般不超过 10° 。因此托架承受的垂向分力约为拖索张力的 10%。拖架的强度按照拖索断裂时托架构件的应力不超过 $0.9\sigma_s$ (材料屈服点) 进行校核。

二、拖桩

拖桩按其用途可分为: 拖桩和兼作拖曳用的带缆桩, 按其位置可分为: 艏部拖桩、舷侧拖桩和艉部拖桩(见图 4-12)。

艏部拖桩有单柱式和双柱式, 图 4-12(a) 所示为单柱式拖桩, 它同艏部的舷墙折角肘板刚性连接, 离开艏柱前缘约 2~3 倍桩柱直径。为防止拖缆的磨损, 桩柱附近的舷墙折角用管子包边。艏部拖桩还经常采用双柱式并设有水平横挡, 位于船体中心线处, 根据使用要求按船舶的纵向或横向设置。

舷侧拖桩通常为双柱式, 安装在拖船两舷离开舷边约 1.5~2 倍的桩柱直径处并同舷墙固定如图 4-12(b) 所示, 为防止拖缆滑出, 桩柱上设有凸缘或横挡。

艉部拖桩通常为双柱式, 设有横挡如图 4-12(c) 所示。在许多拖船上, 艉部拖桩按船的横向设置。在非专业拖船上, 艉部拖桩设于船体中心线处, 且沿船的纵向设置。

大型的被拖船舶如海洋工程船舶, 在两舷端部处设置双柱式拖曳用带缆桩作为龙须缆的拖力点。

拖曳用带缆桩的桩柱直径应不小于所配用的拖缆直径的 10 倍, 拖桩应能承受主拖缆破断负荷的 1.3 倍。因此在作拖桩强度校核时, 在上述负荷的作用下, 拖桩的应力应不超过材料的屈服点 σ_s (通常取 $0.95\sigma_s$)。单柱拖桩可作为承受集中载荷的悬臂梁作计算, 而双柱拖

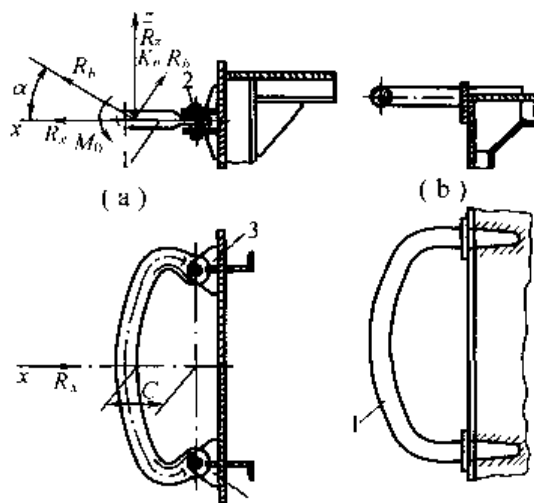


图 4-10 拖钩弓架的类型

(a) 销轴固定; (b) 焊接固定

1—拖钩弓架; 2—销轴; 3—销轴眼板

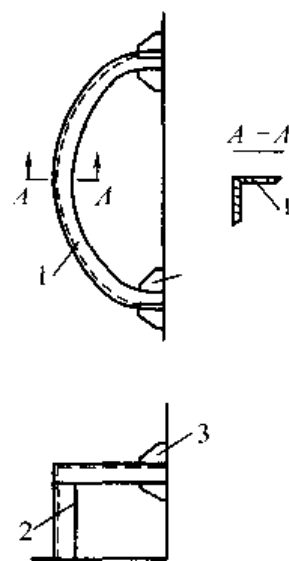


图 4-11 拖钩托架

1—托架; 2—支柱; 3—肘板

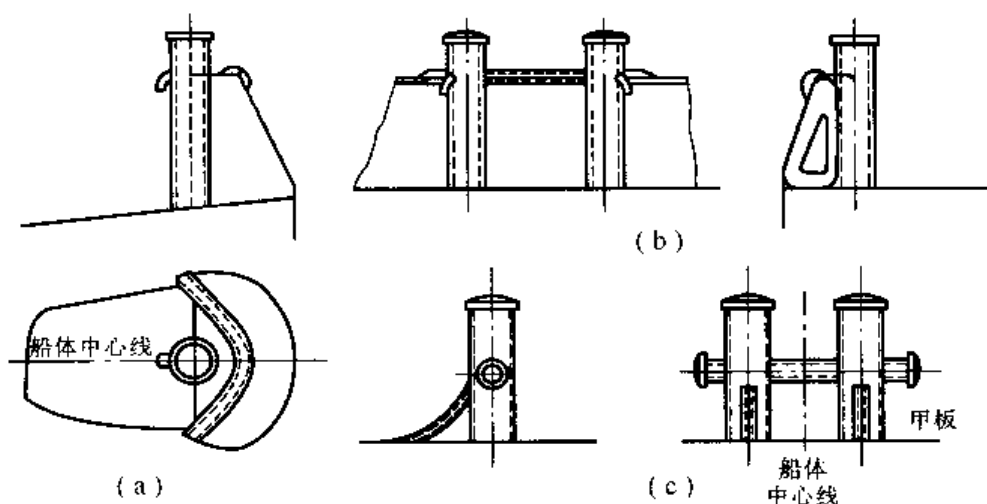


图 4-12 典型的拖桩

(a) 艏部拖桩; (b) 舷侧拖桩; (c) 艉部拖桩

桩的计算同带缆桩的计算相似。

三、拖力眼板

在被拖船舶上广泛采用的快速解脱型拖力眼板如图 4-13 所示。横轴的截面通常采用圆形或椭圆形,其大小应保证龙须链的末端链环或连接卸扣套入。

拖力眼板应至少能承受主拖缆破断负荷的 1.3 倍,此时,拖力眼板各零部件的应力应不

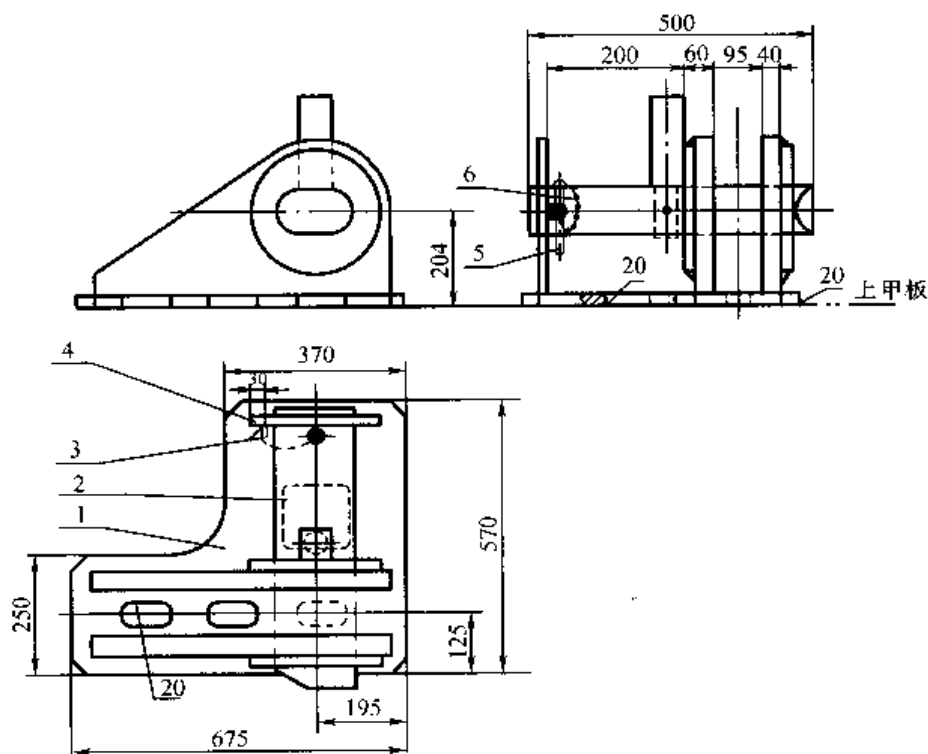


图 4-13 安全负荷为 860 kN 的拖力眼板

1—座架; 2—横轴; 3—眼环; 4—挡板; 5—插销; 6—小链



大于材料的屈服点 σ_s (通常取 $0.95\sigma_s$)。

拖力眼板座架材料应采用 A 级或 B 级船体结构钢,横轴为锻钢件。

四、拖缆承梁

拖缆承梁设于拖船尾部并高出船舶艉部的所有设备,使得拖缆张紧时能平稳不受阻碍地从一舷滑向另一舷。

拖缆承梁可分为固定式(见图 4-14(a))和局部活动式(见图 4-14(b))。普通的拖缆承梁外形近似于抛物线,但其中间部分约 $1/3$ 船宽的范围为水平的。其高度可以由船体中心线处,通过拖索固定点(拖钩或拖索绞车)和船尾舷墙顶部的直线确定。又高又宽的拖缆承梁应在船体中心线处或其两侧设置支撑。

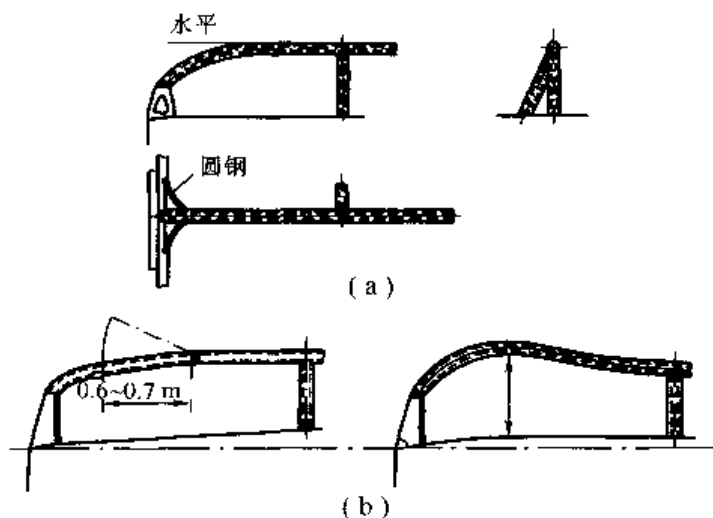


图 4-14 典型的拖缆承梁
(a)固定式;(b)局部活动式;(c)马鞍形

拖缆承梁及其支撑采用钢管制成,拖缆承梁的剖面模数 $W(\text{cm}^3)$ 应不小于按下式计算所得之值:

$$W = 0.034 \frac{d^2 s l}{\sigma_s} \quad (4-2)$$

式中 d ——拖缆直径(mm);

l ——支撑材之间或是支撑材同舷墙之间的距离(m);

s ——拖缆长度,不小于 300 mm;

σ_s ——承梁材料的屈服点或抗拉强度的 0.7,两者中取较小的值(N/mm^2)。

每一根支撑材料的横截面面积 $F(\text{cm}^2)$ 应不小于按下式计算所得之值:

$$F = 0.0295 \frac{d^2 s}{\sigma_s} \quad (4-3)$$

式中 d, s, σ_s ——与式(4-2)相同。

局部活动承梁的可动部分可制成垂直方向或水平方向回转。对于连接部分应予特别的注意,使其保持光滑,不应有任何足以损坏拖缆的突出部分。

马鞍形承梁的曲线应光滑,不应使拖缆在横向滑动时有任何阻碍。

高度较小的承梁,在人员通过处,建议在承梁的下部设橡胶板,以减轻人员通过时可能发生的碰撞伤害,橡胶板用埋头螺栓固定。

五、拖索限位装置

拖索限位装置是限定拖索在拖船上移动范围的设施,包括挡缆柱、限位器、拖索导缆孔及尾部拖索孔等。

1. 挡缆柱



挡缆柱设于拖缆机的后部,正对着拖缆滚筒处,通常为双十字形,两垂直挡柱之间的净开口尺寸不大于拖缆机滚筒的长度,以使拖缆在任何情况下都处于拖缆滚筒长度的范围内,从而保证拖缆机安全地收放拖缆,图4-2中的零件7为挡缆柱。

2. 限位器

限位器设在拖船的两舷或接近两舷处,位于拖钩或拖缆机的后面。当拖船转向时,拖缆从拖船的艉部滑向舷边,到限位器处受到阻挡(见图4-2中的零件11),从而使拖船获得一个使其按相反方向转动的力矩。

3. 拖索导缆孔

拖索导缆孔安装于设有拖缆机的拖船上,拖索通过导缆孔引向被拖物,并同被拖物连接。由于其位置在拖缆机的后面,因此当拖船转向时,拖索对拖船的作用力可使拖船获得按其相反方向转动的力矩。

龙须链(缆)的导缆孔为铸钢件,其形状类似巴拿马运河导缆孔。导缆孔开口的大小应足以使龙须链(缆)及其连接卸扣顺利通过,孔表面的曲率半径应避免龙须链或防擦链产生不利的弯曲。

图4-15所示为固定式拖索导缆孔,其上部是一个导缆孔,下部是一个坚固的座架,在甲板上焊接固定。它的位置在拖缆机后方,距离足以使通过导缆孔的拖索能在拖缆机滚筒上排列整齐。

4. 艉部拖索孔

专业或非专业的拖船上配置的艉部拖索导缆孔有多种形式,为了便于作业,通常设有启闭门。图4-16所示为简易启闭式拖索孔,安装在拖船尾部的舷墙上,本体为半圆钢,启闭门与舷墙顶板齐平,不影响拖索的使用,这种拖索孔适用于直径为 $\phi 22.5$ mm的钢索拖缆。

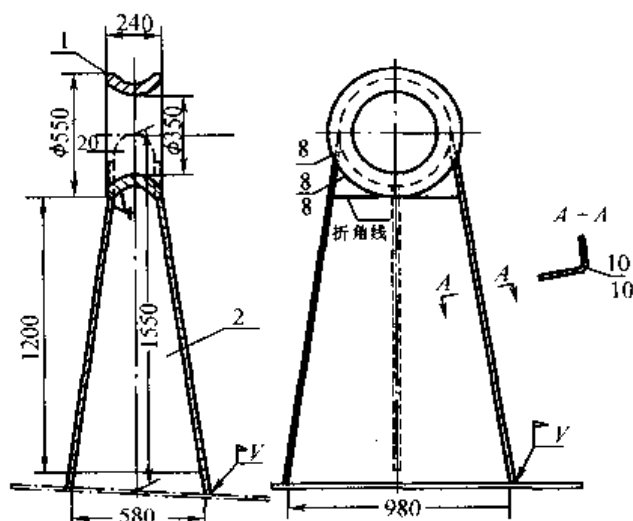


图4-15 拖索导缆孔

1—缆孔;2—座架

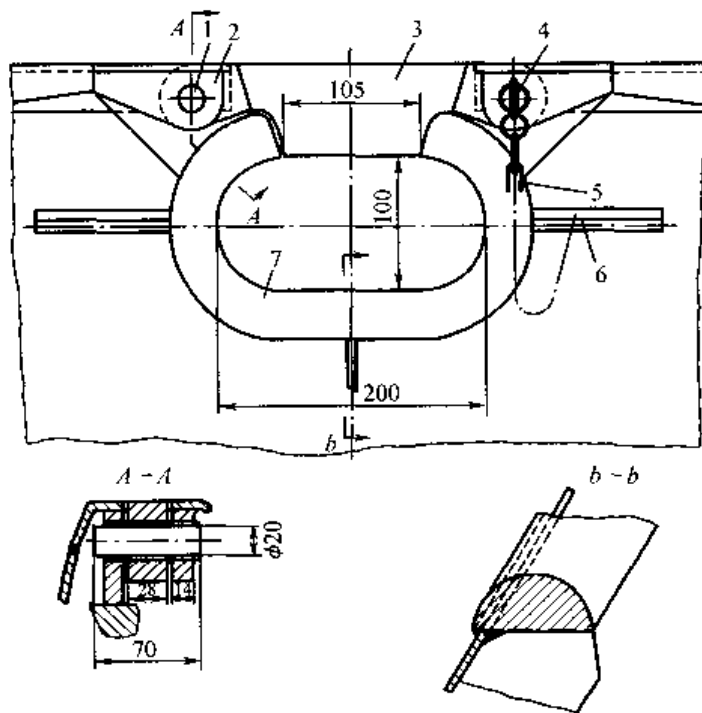


图4-16 简易启闭式拖索孔

1—轴;2—眼板;3—启闭门;4—插销;5—小链;6—加强筋;7—半圆钢

安装在拖船尾部的舷墙上,本体为半圆钢,启闭门与舷墙顶板齐平,不影响拖索的使用,这种拖索孔适用于直径为 $\phi 22.5$ mm的钢索拖缆。



六、拖缆机械

拖船设置拖缆绞车(拖缆机)的好处是能在拖带过程中,根据航区的海况可方便地调整拖缆的长度。

拖缆的绞车按其功能可分为:普通拖缆绞车和自动拖缆机。按驱动方式可分为:电动、液压或柴油机直接驱动。按绞车的卷筒可分为:单滚筒、双滚筒和三滚筒绞车。

拖缆机的制动装置应具有相应于其配用的最大拖缆的破断负荷的 1.1 倍的静态握持力。拖缆机在制动、拖曳与回收等操作时,应能从驾驶室应急释放拖缆,即使在正常动力源发生故障时也能应急释放拖缆。拖缆机应配有排绳装置。建议在无限航区拖船上为拖缆机设置测量拖缆负荷的装置,该设置应能记录最大拉力和平均拉力,同时设有超负荷报警器和拖缆放出长度指示器,并在驾驶室内显示上述数据。

普通拖缆绞车的刹车上配有缓冲装置,当拖缆突然拉紧时,绞车卷筒可以有稍许转动,以达到缓冲的目的。图 4-17 所示为一台制动负荷为 350 kN 的气动控制的电动单滚筒普通拖缆绞车。

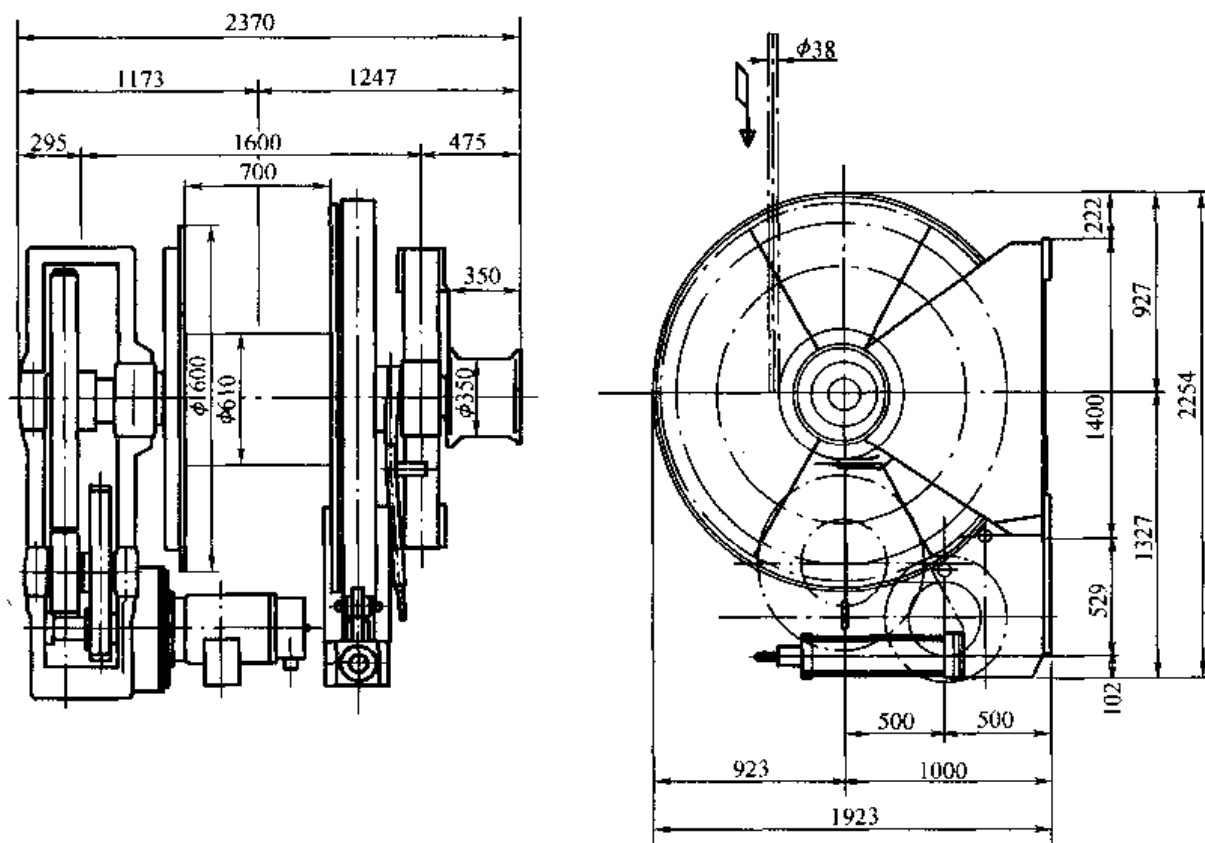


图 4-17 制动负荷为 350 kN 的电动普通拖缆绞车

自动拖缆机用于海洋拖船,由于波浪的影响,在拖带时,拖缆经常受到冲击负荷的作用。自动拖缆机的特点是,当拖缆张力超过允许值时,滚筒自动放出拖缆,当拖缆松弛时,滚筒收缆的断裂。自动拖缆机的这一功能是通过恒张力系统予以实现的。



第五章 救生设备

救生设备是指在船舶遇险时,使船上人员安全迅速撤离船舶并在水上维持生命的专用设备总称。它包括救生载具、个人救生设备、视觉信号、存放、登、乘、降落与回收设备、抛绳设备、无线电救生设备及通用应急报警系统与有线广播系统。

第一节 救生载具

救生载具指救生艇、救生筏、救助艇及救生浮具等。

一、救生艇

救生艇为从弃船时起能维持遇险人员生命的艇,是船舶的主要救生载具。

救生艇的内部座位下装有自然浮力材料,当艇全部灌满水时具有不会沉没的功能,全封闭救生艇还具有倾覆后自扶正至浮态的功能。艇内备有一定数量的粮食、饮用水、桨、篙等属具。救生艇具有良好的浮性、稳性和航海性能,较其他的救生工具有更大的安全性,但它的重量较大,且所占甲板面积与空间较大。

1. 救生艇的分类

(1)按艇体材质可分为:木质救生艇、金属(钢或铝)救生艇和玻璃钢救生艇。

木质救生艇使用历史最长,修理方便,浮力较大,不易沉没,但保持水密性差,易着火和破损,耗用木材,制造工艺复杂,目前已不使用。

钢质救生艇耐火性能好,但易锈蚀。油船上曾使用过钢质开敞式救生艇,现今的规范规定油船必须采用全封闭耐火救生艇。目前钢质艇也很少采用。

玻璃钢救生艇重量轻,强度高,耐腐蚀,表面光滑,制造与维修工艺较简单,保养方便,经久耐用,目前已被国内外广泛采用。

(2)按推进方式可分为:机动救生艇和非机动救生艇(一般也称划桨救生艇)。机动救生艇以柴油机为动力,既可满载乘员较快地撤离险船,又可以拖带非机动艇和救生筏。非机动救生艇主要依靠划桨,或设有手摇、脚踏等人力推进装置,或利用风帆推进。《SOLAS 公约》对新造船舶已不提非机动救生艇,即全部救生艇均要求为机动救生艇。因此,目前非机动救生艇只能用于国内海船和内河船舶。

国际航行船舶及国内航行的客船和油船所配备的机动救生艇,当载足全部乘员和属具,并且由发动机驱动的辅助装置均在运转时,在静水中的航速应不小于 6 kn,当拖带 1 只载足全部乘员和属具的 25 人救生筏时,航速应不小于 2 kn。国内航行的除客船和油船以外的其他船舶配备的机动救生艇,在静水中的航速应不小于 4 kn。

(3)按结构型式可分为:开敞式救生艇(乘员定在 60 人以上者应为机动救生艇)、部分封闭救生艇及全封闭救生艇 3 类。全封闭救生艇按设备和功能的不同又可分为普通型救生艇(《LSA 规则》称全封闭救生艇)、耐火救生艇、具有空气维持系统的救生艇及自由降落救生艇等 4 种。所有救生艇的乘员定额均不得超过 150 人。



(4)全封闭救生艇按乘员进入艇内的位置可分为:侧开门、尾开门及侧尾开门三种形式,自由降落式救生艇全是尾开门形式。

侧开门形式的救生艇,门布置在艇的两侧或一侧(船舶右舷救生艇的门在艇的左侧,船舶左舷救生艇的门在艇的右侧),这种艇的艏艉部线型均为尖形。艉开门形式的救生艇为方尾型,门布置在艇的艉部。侧艉开门形式的救生艇,一般是在艉开门艇的基础上,再增加一个侧开门。

上述各种全封闭救生艇自由降落式除外,如果同时满足《ISA 规则》规定的救助艇的要求可以兼作救助艇,称为全封闭救生艇兼救助艇。同样部分封闭救生艇或开敞式救生艇满足规定的救助艇的要求,也可以兼作救助艇。

2. 各种型式救生艇的特点

(1)全封闭救生艇

全封闭救生艇为机动艇,设有完全罩住救生艇的钢性水密封闭盖,可保护乘员不受恶劣环境条件的伤害,并具有倾覆后自行扶正的能力,是一种较理想的救生艇,如图 5-1 所示为普通型全封闭救生艇。

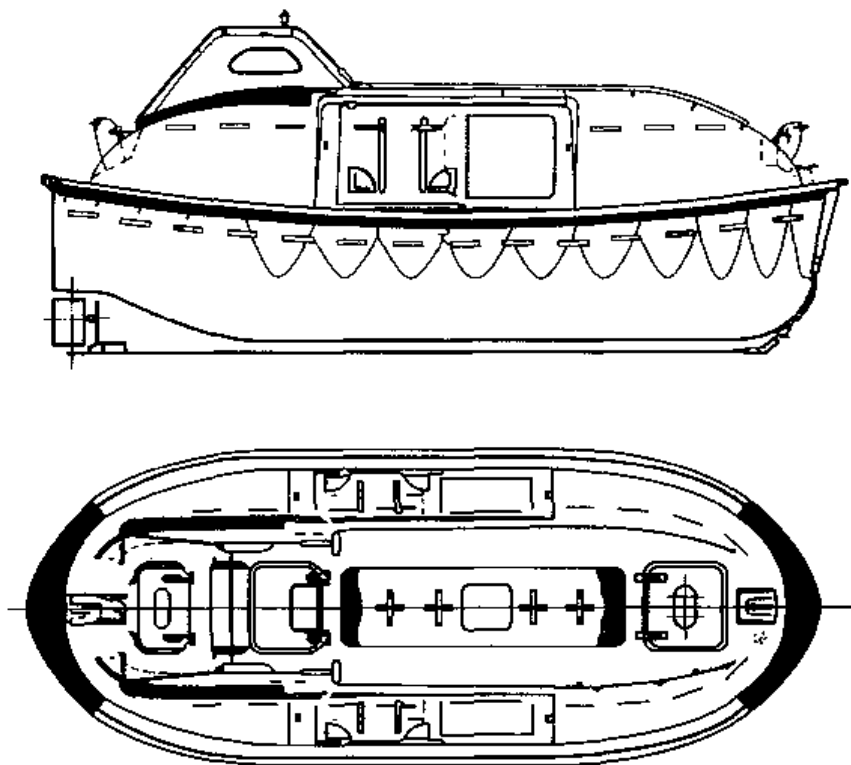


图 5-1 普通型全封闭救生艇

(2)具有空气维持系统的救生艇

具有空气维持系统的救生艇(或称自供空气救生艇)也是一种全封闭救生艇,它与普通型全封闭救生艇的区别是多了一套压缩空气与供气系统装置。它主要用于运载散发有毒蒸汽或毒气的货物的化学品液体货船和气体运输船。

(3)耐火救生艇

耐火救生艇也是全封闭救生艇(见图 5-2),它除备有空气维持系统外,还装有喷水防火系统。耐火救生艇与空气维持系统的救生艇的区别是增加了喷水防火系统装置。它主要



用于运载闪点不超过 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (闭杯试验) 的油船、化学品液体货船和气体运输船。

(4) 自由降落救生艇

自由降落救生艇 (见图 5-3) 也是全封闭救生艇。平时存放在船舶艏部倾斜的滑架上, 使用时, 人员进入救生艇后安全装置将人员牢固地缚在座位上, 然后操纵释放机构, 救生艇依靠重力在倾斜架上滑行后自由降落至水中, 再漂浮于水面。这种机动救生艇用于货船、油船等, 但不允许用于客船。

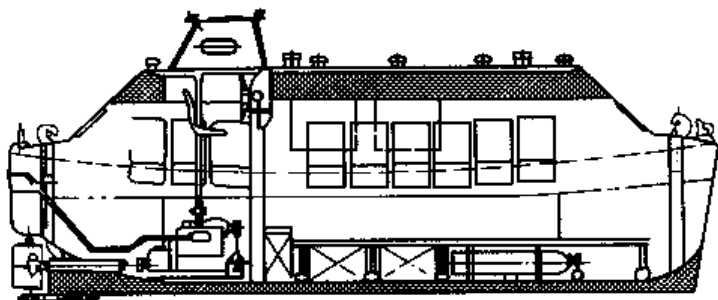


图 5-2 耐火救生艇

自由降落救生艇具有降艇迅速的优点, 解决了船舶在 5kn 航速放艇的难题。不足之处是艇存放高度较高, 占用过大的艏部空间, 不能兼作救助艇, 制造费用昂贵等。

(5) 部分封闭救生艇

部分封闭救生艇 (见图 5-4) 是机动艇。这种救生艇的艏艉端各有一段固定装设的刚性顶盖, 艏艉刚性顶盖之间设有固定附连的可拆式顶篷, 该顶篷在人进入救生艇后可方便地撑起, 从而形成一个能挡风雨的遮蔽, 以保护救生艇乘员免受风吹雨打和烈日暴晒的伤害。艇的两端和每一侧均应有进口, 以方便万一救生艇翻覆时, 供乘员逃出。

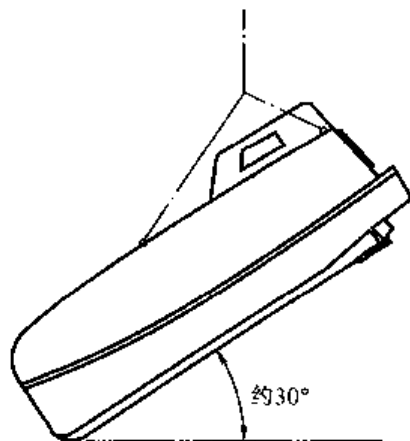


图 5-3 自由降落救生艇

部分封闭救生艇仅用于国际航行客船, 与全封闭救

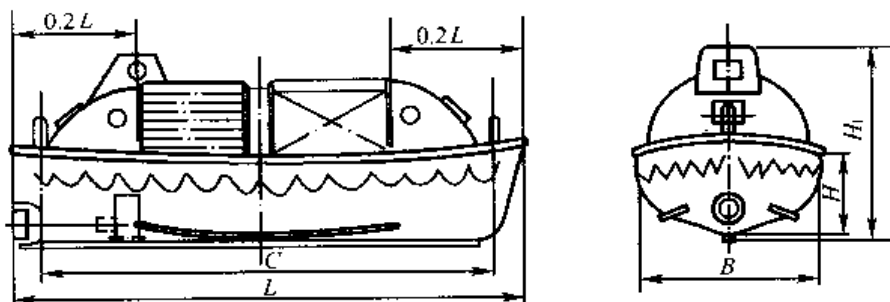


图 5-4 部分封闭救生艇

生艇相比, 它易于登乘, 但稳性较差, 低温保护性能也较差。

(6) 开敞式救生艇

开敞式救生艇 (见图 5-5) 有机动及划桨两种, 若乘员定额在 60 人以上者则应为机动艇。开敞式救生艇在海上倾覆时, 可利用艇底扶手及扶正索将艇扶正。

开敞式救生艇结构简单, 登乘方便, 但因低温保护性能差, 乘客易受海浪、大风袭击或烈日暴晒的伤害, 不宜在国际航行船舶上使用。《SOLAS 公约》中已不提开敞式救生艇, 我国《ZS 法规》允许国内航行的船舶上使用。



开敞式救生艇有划桨救生艇、一级机动救生艇(航速不低于 6 kn)及二级机动救生艇(航速不低于 4 kn)。

二、救助艇

救助艇用于救助遇险人员及集结救生艇、筏。通常为开敞式方尾机动艇,设有拖带装置以及桨等必要的属具。救助艇的类型及特点如下:

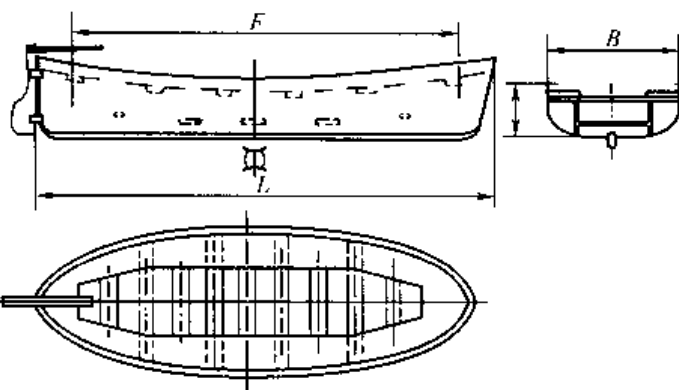


图 5-5 开敞式救生艇

(1)按结构形式可分为:刚性救助

艇、充气救助艇和混合结构救助艇。刚性救助艇其艇体材料一般为玻璃钢,也有铝质。充气救助艇艇体材料一般为橡胶,通常保持充气备用状态。刚性与充气混合结构救助艇艇体由上述两种材料混合构成。

(2)按功能可分为:专用救助艇和兼有救生艇功能的救助艇。前者一般为开敞式,额定乘员 6~8 人,艇长不得超过 8.5 m,后者一般为全封闭救生艇兼作救助艇。

(3)按航速可分为:一般救助艇及快速救助艇。一般救助艇(简称救助艇)按《SOLAS 公约》规定航速应不小于 6 kn。快速救助艇满载航速要求不小于 8 kn。在有 3 个艇员的轻载状态下,航速不小于 20 kn,并在此状态下保持此航速至少 4 h。快速救助艇是客船上必须配置的救助艇。

(4)按艇的发动机型式可分为:座机型及舷外挂机型。座机型的发动机设置在艇体内,舷外挂机型的发动机连带螺旋桨设置在艇体尾部外。高速救助艇很多设置喷水推进装置。

(5)按艇吊钩设置形式可分为:双吊钩式及单吊钩式。双吊钩式为艇艏艉各设置一个吊钩(与一般救生艇相同)。单吊钩式为艇体上设 3 个或 4 个吊点,用钢索连接成一个吊点,用单臂式吊艇架吊放。

一般的刚性舷外挂机型救助艇外形,如图 5-6 所示。

三、救生艇和救助艇的选择和布置

(一)救生艇及救助艇的选择

各类船舶应根据不同航区与不同船型,按《SOLAS 公约》或《ZS 法规》的要求,并考虑船东的特殊要求选择救生艇和救助艇。下列各点供参考:

1. 货船

船舶设置两艘全封闭救生艇时,通常将右舷的一艘救生艇兼作救助艇,这样可省去一艘救助艇的配备。

全封闭救生艇选用侧开门还是后开门要根据船舶围壁布置情况决定。

如果货船采用自由降落救生艇,由于该型艇不能兼作救助艇,因此必须另行配备一艘救助艇,且一舷的救生筏必须采用可吊式筏,而不能采用抛投式筏。所以从总体上说,配置自由降落救生艇比配置两艘吊架降落救生艇在经济上更为昂贵。

2. 客船

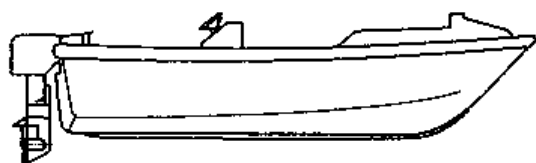


图 5-6 刚性舷外挂机型救助艇



全封闭救生艇价格较贵,因此客船一般选用部分封闭救生艇。但客船不允许选用自由降落救生艇。客船所选用的部分封闭或全封闭救生艇如同时符合救助艇要求时可兼作救助艇。客船的救助艇中,至少有一艘为快速救助艇。

(二)救生艇的存放与布置

对于救生艇筏的存放、集合与登乘布置、降落与回收装置,《SOLAS 公约》和《ZS 法规》均有详尽而具体的要求,这里择要叙述如下。

1. 救生艇筏的存放、集合与登乘布置

救生艇筏应存放在尽可能靠近起居和服务处所的地方。救生艇筏的降落站位置应尽可能使救生艇筏从船舷平直部分下水。如降落站设于船的前部,则应设置在防撞舱壁后有遮蔽的地方。

船侧降落的救生艇应存放布置距推进器尽量远的地方。在船长为 80 m 及以上但小于 120 m 的货船上,救生艇应存放在距推进器之前不小于救生艇长度的地方。在船长为 120 m 及以上的货船与 80 m 及以上的客船上,救生艇应存放在距推进器之前不小于 1.5 倍救生艇长度的地方。

在安全和可行的情况下,救生艇筏应存放在尽可能靠近水面处且不能突出船舶的舷外的地方。而且艇筏(需抛出船外降落的救生艇除外)应处于这样的位置:在登乘位置上的救生艇筏,当满载船舶在纵倾 10° 和向任何一舷横倾 20° 和横倾到船舶露天甲板的边缘浸入水中的角度(以两者中较小角度为准)时,应离水线不小于 2 m;集合与登乘地点两者应紧靠在一起,且设在容易从起居和工作处所到达的地方,其布置应能使担架病人抬进艇筏。每个集合地点应有足够的场所,以容纳指定在该地点集合的所有人员,每人的甲板面积至少为 0.35 m^2 。

2. 救生艇筏降落与回收装置

通常情况下,所有救生艇筏及救助艇应配备重力式储存机械动力式降落装置,但是具有下列情况之一者可予免除:

(1)从最轻航行水线以上小于 4.5 m 高度的甲板上登乘的救生艇筏,且质量不大于 185 kg;

(2)从最轻载航行水线以上小于 4.5 m 的高度的甲板上登乘的救生艇筏,且存放在处于不利纵倾达 10° 和向任何一舷横倾达 20° 时可直接从存放地点降落下水;

(3)超过按船上的总人数 200% 所配备的救生艇筏范围的救生艇筏,且质量不大于 185 kg;

(4)超过按船上总人数 200% 所配备的救生艇筏范围的救生艇筏,且存放在处于不利纵倾达 10° 和向任何一舷横倾达 20° 时可直接从存放地点降落下水;

(5)配备有连同符合海上撤离系统一起使用的救生艇筏,且存放在处于不利纵倾 10° 和任何一舷横倾达 20° 时可直接从存放地点降落下水。

救生艇筏降落与回收装置应使该设备的操作人员在救生艇筏降落期间以及在救生艇回收期间,能随时在船上观察到救生艇筏。

每艘救生艇应配有 1 台能降落和收回该艇的设备。吊艇索应有足够的长度,当船舶最轻载航行时,在不利纵倾至 10° 及任何一舷横倾至 20° 时,使救生艇能到达海面。如配备部分封闭救生艇(或开敞式救生艇),应装设吊艇架横张索,在其上设置不少于 2 根救生索,每当船舶最轻载航行时,在不利纵倾至 10° 及向任何一舷横倾至 20° 时,使救生索的长度足以随艇



到达海面。

3. 客船救生艇筏存放、集合与登乘布置附加要求

(1) 吊架降落的救生艇筏处在登乘位置时,吊架顶部至最轻载航行水线之间的高度应尽可能不超过 15 m;

(2) 救生艇登乘布置的设计应适于从存放处,或者从登乘甲板直接登乘并降落;

(3) 乘客集合地点应设在登乘站附近(或者两者在同一处所),使乘容易于到达。要有集结和指挥乘客用的宽敞场地,每位乘客的面积至少为 0.35 m^2 。

4. 货船救生艇筏存放、登乘与降落布置附加要求

(1) 救生艇筏登乘布置应设计为救生艇可以从存放处直接登乘并降落;

(2) 20 000 总吨及以上的货船,静水中以 5 kn 的速度前进时救生艇能安全降落,必要时可利用艇首缆。

(三) 救助艇的存放与布置

对于救助艇的存放、集合与登乘布置、降落与回收装置的主要要求如下所述。

(1) 救助艇应存放在适宜降落并收回的位置,并处于 5 min 内降落下水的备用状态。如救助艇兼作救生艇,应符合救生艇的存放要求。

(2) 如救助艇是船舶救生艇筏中 1 艘者,其登乘布置与降落站应符合救生艇的集合、登乘布置与降落的要求。

(3) 客船与货船配备的一切救助艇,当船舶在静水中前进航速达到 5 kn 时,应能降落下水,必要时可利用艇首缆。

(4) 救助艇载足全部乘员及属具在中等海况下回收的时间应不超过 5 min。如救助艇兼作救生艇,应能迅速回收载足救生艇属具及至少 6 个定额乘员的救助艇。

客船除了满足上述要求外,其救助艇的布置还应使艇可在指定船员载足的情况下存放处直接登乘并降落。如救助艇兼作救生艇,且其他救生艇均从登乘甲板登乘并降落,此时救助艇布置为也能从登乘甲板登乘并降落。

四、救生筏

救生筏系指从弃船时起能维持遇险人员生命的筏。

救生筏在遇难船舶救生方面起着重要作用,它的重要性仅次于救生艇。在某些突发情况下,如船舶突然沉没时救生筏能快速自动充气,自动浮起。此外还具有质量轻,储存体积小,维修保养简便,经济性好等优点。

(一) 救生筏的类型、构造及使用

1. 救生筏的类型

救生筏按结构型式分为气胀式救生筏与刚性救生筏。按下水方式分为抛投式与吊架降落式(即可吊式)。

除上述分类外,按航区要求气胀救生筏可分为 A 型(甲型)与 B 型(乙型)。按用途又有高速船使用的开敞式两面可用气胀式救生筏、渔具用气胀救生筏、客滚船用的自行扶正救生筏或带顶篷的可逆转救生筏等。

2. 救生筏构造特征、规格及一般使用方法

(1) 气胀救生筏

气胀救生筏(见图 5-7 和图 5-8)由橡胶尼龙布制成。平时筏体不充气,折叠后存放在



玻璃钢筒内,玻璃钢筒存放在甲板舷边筏架上。

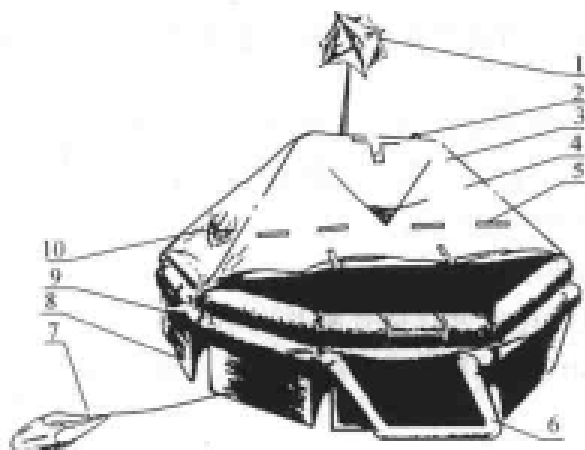


图 5-7 气胀救生筏外形

1—雷达反射器;2—示位灯;3—篷帐;4—雨水沟;5—
通向反光带;6—登筏平台;7—海锚;8—平衡水袋;9—
充气钢瓶;10—瞭望窗

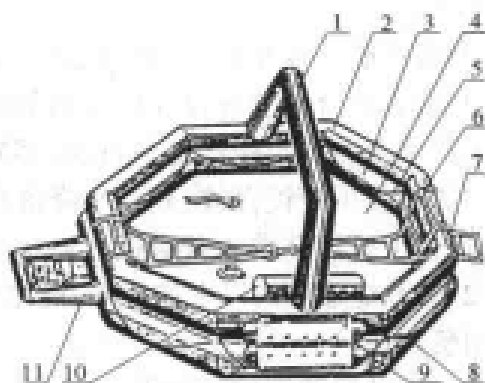


图 5-8 气胀救生筏内部

1—篷柱;2—上浮胎;3—下浮胎;4—筏底;5—
内扶手索;6—登筏拉梯;7—登筏软梯;8—外
扶手索;9—充气钢瓶;10—备品包;11—登筏
平台

气胀救生筏在筏首、尾处一般各有一个进出口,筏首处设有登筏软梯和拖曳设备,筏尾处设有登筏平台(B型无登筏平台,只设有软梯),登筏平台和软梯供落水者登筏用。筏体外围及内侧设有环状的扶手索,供落水人员攀附用。

抛投式气胀救生筏,这种筏平时收放在玻璃钢筒形容器内,并安装在救生筏专用座架(通常为设在甲板舷边的倾斜滑架)上。使用时只要拉动抛投开启装置,救生筏即利用重力自由降下水。入水后利用充气绳开启筏体内的二氧化碳气瓶,在 60 s 内即可使筏自动充气膨胀成型,然后人员沿船舷边的登乘(软梯)或其他设施(如撤离滑梯)登入救生筏内。

人员登筏后,应立即取出安全小刀割断与即将沉没的船舶连接的绳索,取出划桨迅速划离遇难船舶,以免遇难船舶下沉时将筏拖入水中。万一船舶紧急沉没船员来不及抛投筏,则在船舶沉没入水离水面不超过 4 m 时,救生筏架上的静水压力释放器可使筏自动脱离存放座架而浮出水面,在水面上自动充气膨胀成型。

救生筏配备维持人员生命各种属具与用品,如海、划桨、哨笛、火箭降落伞火焰信号、雷达反射器或雷达应答器、食品、饮用水、保温用具等。

A 型(甲型)抛投式气胀救生筏应符合《LSA 规则》的规定,适用于国际航行海船。

B 型(乙型)抛投式气胀救生筏应符合《ZC 法规》的规定,适用于非国际航行船舶包括近海、沿海、遮蔽航区、内河航行船舶及渔具。B 型救生筏的抛投方法、膨胀结构型式与 A 型救生筏相同。

A 型与 B 型救生筏在主要区别在于:A 型设置有空气间隙的顶篷 B 型设置无空气间隙的顶篷;乘员定额计算系数 A 型较大,B 型较小;属具配备定额不同,A 型在品种与数量上多于 B 型;充气试验时投放下水的高度 A 型为 18 m,B 型为 12 m。

可吊式气胀救生筏配置专用的降落装置,并使用钢索将筏吊降入水。使用时,先用设在船舷边的降落装置将筏转出舷外,再拉动筏的充气绳使其在舷边充气膨胀成型。当撤离人员从甲板边缘登筏后将筏吊至水面。如果一部降落装置需吊多只救生筏(客船上最多可吊



5只筏),在吊最后一只筏时,操作降落装置的船员也登入筏内,用遥控细钢索操作筏应用遥控放艇装置,使救生筏吊放至水面。

可吊式气胀救生筏的构造与抛投式气胀救生筏基本相同,前者增加了一个吊点。可吊式气胀救生筏同时具备抛投式气胀救生筏的全部技术与使用性能。在应急情况下或降落装置失灵时,也可用抛投方法将筏抛入水面,或在船舶沉没时,利用静水压力释放器使筏自动脱离并自动充胀成型。

由于可吊式气胀救生筏为乘员“干脚登筏”(乘员不接触海水)适用于客船。因为客船上妇女、儿童、老人等旅客不适用软梯进入抛投式救生筏。

可吊式气胀救生筏也分为A型(甲型)与B型(乙型),A型适用于国际航行海船,B型适用于非国际航行海船。A型可吊式气胀救生筏见图5-9。

开敞式两面可用气胀救生筏,采用尼龙胶布制成,正反(即上、下)面均可登乘使用。平时折叠包装在存放筒内,并存放在救生筏架上。使用方法与抛投式气胀救生筏相同。也可通过静水压力释放器自动释放。救生筏抛下水后,任何一面向上均可供应急救生登乘使用。此救生筏根据《国际高速船安全规则》(HSC规则)的要求设计,适用于具有遮蔽特性的航区以及营运区域的气候条件经主管机关认可的国际间航线的高速船舶。开敞式两面可用气胀救生筏见图5-10。

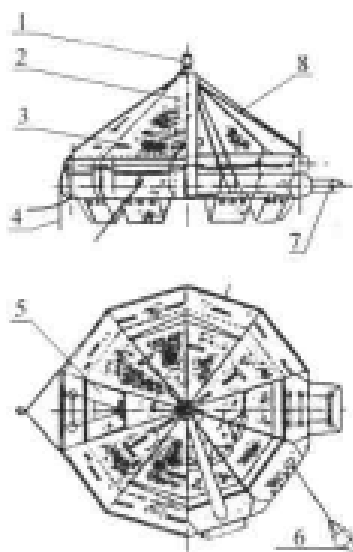


图 5-9 A 型可吊式气胀救生筏

1—钩扣;2—篷柱;3—逆光反射带;
4—登筏软梯;5—出入口;6—海锚;
7—登筏平台;8—吊带

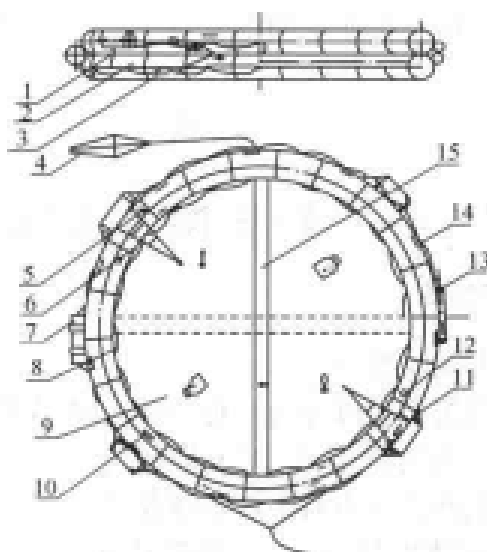


图 5-10 开敞式两面可用气胀救生筏

1—上浮胎;2—下浮胎;3—外扶手索;4—海锚;5 示
位灯;6—进筏拉梯;7—备品包;8—内扶手索;9—筏
底;10—安全小刀;11—登筏踏板;12—拯救环;13—
气瓶;14—反光带;15—充气横管

渔船用气胀救生筏,此种救生筏是B型抛投式救生筏的一种,适用于近海渔船。这种筏的抛投方法,膨胀结构形式等与A型抛投式气胀救生筏相同。目前国内有10人与12人小型渔船救生筏。

自行扶正救生筏和顶篷可逆转救生筏,这两种筏是《SOLAS公约》规定的客滚船应配备的救生筏,可任选一种。这两种筏漂浮在海上时,不论哪边朝上都能安全操作。自行扶正救生筏与海上撤离系统(如气胀式撤离斜滑梯)配套使用,带顶篷的可逆转救生筏与可吊式救



生筏降落装置配套使用。

(2) 刚性救生筏

刚性救生筏(见图 5-11)由刚性浮体及筏底组成,其结构上下左右对称,无论上下哪一面均可使用。刚性救生筏也有抛投式及吊架降落式,由于刚性救生筏存放体积较大,使用不理想,目前已很少采用。

(二) 救生筏存放与布置

救生筏的存放、集合、登乘布置、降落与回收装置的基本要求与救生艇相同。此外还应满足下述要求。

救生筏的存放应能做到当筏从系固装置上解脱时,能用人工释放。每只救生筏(除货船船首或船尾附加救生筏外)或救生筏组的存放,应设有一符合要求的自由漂浮装置,以使每只救生筏能自由漂浮,且若为气胀式,在船舶下沉时能自动充气。为此救生筏存放处的上方不应有甲板遮蔽,以避免沉船时影响救生筏的自由漂浮。

除非设有某些转移设施,吊筏架降落的救生筏应存放在吊筏钩可到达的范围内,且布置应使全部乘员能迅速登筏。

用于抛出舷外降落的救生筏的存放,应能容易地转移到船舶的任何一舷降落,否则应按规定增加每舷可供使用的总容量。

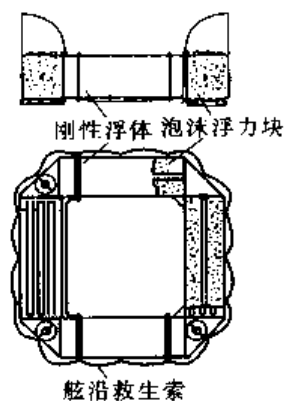


图 5-11 刚性救生筏

第二节 个人救生设备

个人救生设备指救生圈、救生衣、救生服、抗暴露服及保温用具等。

一、救生圈

1. 救生圈的类型

救生圈按型式可分为有包布救生圈(A型)和不包布救生圈(B型)如图 5-12 所示。

船舶配置的救生圈,除了带任何属具的救生圈外还应有带自亮灯和带自发烟雾的救生圈,其质量通常不小于 4 kg,其他救生圈的质量通常不小于 2.5 kg。

救生圈架是存放救生圈的坐架,有三脚式(见图 5-13)与整体式。材料为钢质或铝质,常用钢质。三脚式救生圈架固定在船舶围壁或舷墙上,整体式救生圈架固定在船舶栏杆上。

钢质救生圈架采用电焊固定,铝质救生圈架采用铆钉固定。

2. 救生圈的存放

救生圈应存放在船舶两舷容易拿到之处,在可能范围内,存放在所有延伸到船舷露天甲板上,至少有 1 个应放在船尾附近。

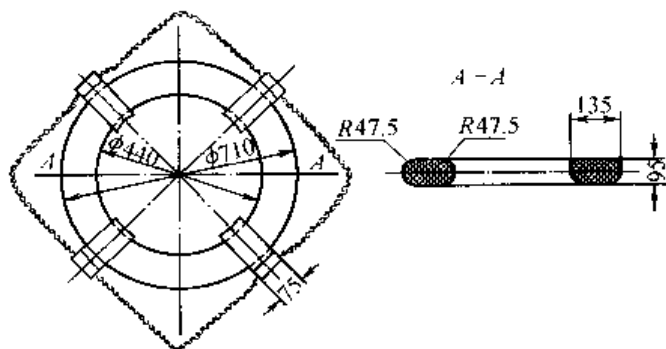


图 5-12 救生圈



国际航行的海船其不少于总数一半的救生圈应设有自亮灯(不应同时装有救生索)。这些设有自亮灯的救生圈中至少有2个应设有自发烟雾信号,并能自驾驶室迅速抛投。设有自亮灯和设有自亮灯及自发烟雾信号的救生圈,应等量地分布在船舶两舷。

船舶每舷至少有1个救生圈应装有可浮救生索,其长度不少于其存放在最轻载航行水线以上高度的两倍或30 m,取较大者。

二、救生衣

1. 救生衣的类型

救生衣在水中能提供浮力以承托身体的特制背心,使落水者背部托出水面不低于120 mm,身体向后倾斜与垂向夹角不小于 20° ,以待援救。

救生衣按使用人员可分为成人救生衣(简称救生衣)及儿童救生衣,后者为按儿童身材特制救生衣。按提供者浮力的方式则可分为气胀式救生衣及非气胀式救生衣。

气胀式救生衣用橡胶布制成气胎充气室,穿着时使充气室充气膨胀产生浮力。这种救生衣应同时具有3种充气方法即:手拉气瓶充气、用口吹充气以及在水中数秒内自动充气。

非气胀式救生衣常用的浮力材料为闭孔型泡沫塑料或木棉,外包以帆布,如图5-14所示的背心式救生衣。

救生衣应符合《LSA 规则》或《ZC 法规》的要求。不符合要求的救生衣,如某些供船员工作时穿着的工作救生衣不能取代船用救生衣,也不能计入救生设备的定额。

每件救生衣应备有用细索系牢的哨笛。国际航行的海船,每件救生衣还应配备1盏救生衣灯。

2. 救生衣的存放和布置

救生衣通常存放在船员和乘客的居住和休息的处所,也可相对集中存放在容易到达的处所,值班人员使用的救生衣应存放在驾驶室、机舱、控制室及其他有人值班的处所,存放位置应有明显的标志。

客船上特等舱乘客的救生衣如果存放在特等舱内,则按规定这些乘客的附加救生衣应存放在公共处所、集合地点、或这两者之间的脱险通道上。这些救生衣应存放得使其分布和穿着不妨碍有秩序地向集合地点和救生艇筏登乘站移动。

三、救生服

根据国际上大量沉船遇难事故的调查统计,死亡人员中有 $2/3$ 是冻死的。因为落水会造成体热散失,当体温散失至 35°C 以下时会导致低温昏迷;如降到 31°C 以下,人就会失去知觉;在 $20^{\circ}\text{C} \sim 23^{\circ}\text{C}$ 以下的水中,水所吸收的人体热量大于人体产生的热量,当人的体温

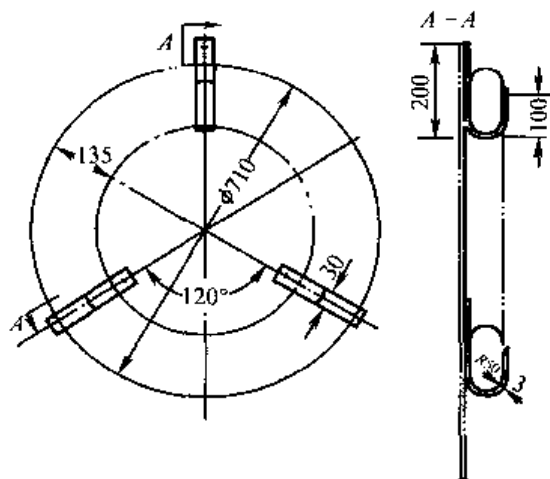


图 5-13 三脚式救生圈架

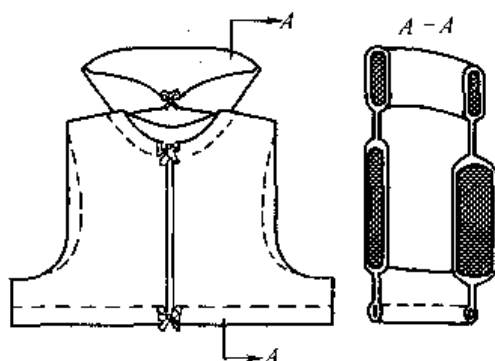


图 5-14 背心式救生衣



下降到 24℃ 时,就会失去生命。因此在水中生存的时间除本身体质外,主要取决于水的温度(见表 5-6)以及使人与水隔绝的保护措施的有效程度。由于普通的救生衣不保温,不能满足人在低温水中长期浸泡的情况下仍能维持生命的要求,故而早在 20 世纪 60 年代国外开始研究保温救生服,从而产生了救生服、抗暴露服和保温用具。

表 5-6 水温与人存活时间关系表

水温/℃	0	2.5	5	10	25
人存活时间/h	1/4	1/2	1	3	24

救生服又称浸水保温服,是防水连衣裤,可使穿着该服的人员在水中减少体人热量损失。通常为救生艇员和海上撤离系统工作人员在睡眠、扶正气胀救生筏和协助遇难人员登乘时使用。此外,在寒冷海域航行的船舶还应按规定配置救生服。

救生服应符合《LSA 规则》的规定,且在满足该规则对于救生衣的要求情况下可以兼作救生衣。目前国产救生服虽则大多为自然保温材料制成,但是一般达不到救生衣的浮力和稳性等要求,尚须在救生服外面加穿救生衣。

救生服按使用者裸露情况可分为开式和闭式两种。开式为身体和四肢(包括手和足)被包裹,仅脸部裸露在外。闭式除了身体、四肢被包裹外,脸部还设有面罩。开式救生服的外形如图 5-15 所示。

采用非自然保温材料制成的救生服(非绝热型)使用时,穿着者必须连同保暖衣服一起穿着,并且要求在加穿救生衣的情况下,在 4.5 m 高度处跳入水中后,救生服仍能继续提供足够的热保护,以确保穿着者在温度为 5℃ 的平静流水中历时 1 h,体温降低不超过 2℃。

采用自然保温材料制成的救生服(绝热型),在穿着者单独穿着救生服时,或必须加穿救生衣的情况下,从 4.5 m 高度处跳入水中 1 次,仍能继续提供足够的热保护,以确保穿着者在温度为 0℃~2℃ 的平静流水中历时 6 h,体温降低不超过 2℃。常用的自然保温材料为可发泡氯丁橡胶或是以聚乙烯高发泡片为主体的材料,前者弹性好并有一定的强度与水密性,但由于工艺上的原因,目前国内多数采用后者。



图 5-15 开式救生服

四、抗暴露服

抗暴露服系专供救助艇员和海上撤离系统人员使用的保护罩,其用途与救生服相似。但是对于绝热性能的要求则低于救生服。抗暴露服采用防水材料制成,具有一定的浮力和稳性,允许脸部和双手裸露,并配有救生衣灯和哨笛。

抗暴露服应符合《LSA 规则》的规定,且在满足该规则对于救生衣的要求的情况下可以兼作救生衣。

抗暴露服若是采用非自然保温材料制成,穿着者在使用时必须连同保暖衣服一起穿着。



抗暴露服连同必须采用的保暖衣服穿好后,应在跳入水中且全部浸入水中后提供足够的热保护,保证在温度为 5°C 的平静流水中,穿着者的体温在第1个 0.5h 之内降温率不大于 1.5°C/h 。

五、保温用具

保温用具系采用低导热率的防水材料制成的袋子或衣服,使穿着者保持体温,延长生存时间,以增加获救机会。保温用具对雷达波具有较好的反射能力,便于海上搜救。保温用具具有良好的热反射性能,如在炎热的夏季与热带航区遇险,可作为防晒的遮蔽物。

保温用具是救生艇、救生筏和救助艇内必须配备的属具之一。此外,在寒冷海域航行的船舶还应按规定配备保温用具。

保温用具应符合《LSA 规则》的规定。

保温用具按形状可分为保温袋和保温衣。

保温袋尺寸为 $200\text{mm}\times 960\text{mm}$ 的袋状体。拉链式袋口保温袋(见图5-16)的优点是袋内成为一个封闭体,头部可露在外面,亦可缩进袋内仅露出口鼻,使头部保温,即提高了保温效果,且穿着与抛弃均十分方便。



图 5-16 保温袋

保温衣为连衣裤式,由颈上部分、袖管与手套部分、躯干和下肢部分等组成。颈上部分的穿入和脱卸口装有拉链,以便封闭衣口和必要时解开弃衣。保温衣规格有大号和小号两种,穿着者根据身高选用。保温衣避免了保温袋将人禁锢致使腿脚不能行走,手臂不能伸展等缺点。

第三节 艇降落装置

艇降落装置乃是将救生艇或救助艇从存放位置安全地转移到水面上的设施。艇降落装置主要由吊艇架与艇绞车组成。

吊艇架种类很多,总的可分为重力式吊艇架、储存机械动力吊艇架及人力操纵吊艇架等三大类。

重力式吊艇架是依靠艇的重力作用放艇的吊艇架。即在船上没有任何动力与电源的情况下,也能用重力式吊艇架安全、迅速放艇,是目前国内外使用最普遍的吊艇架。

重力式吊艇架可分为吊架降落式(简称吊降式)及自由降落式两类。吊降式吊艇架采用钢丝绳放艇,它是除自由降落式救生艇降落装置以外的所有重力式吊艇架的总称,一般布置在船舶两舷。自由降落式救生艇降落装置大多数布置在船尾,也有少数布置在舷侧。



吊降式吊艇架中如倒臂式、滑轨式、跨步式等均设有活动吊艇臂。固定吊臂式吊艇架又有舷内型和舷外型之分。舷内型设置滑橇架与艇连接在一起通过坐架的滑轨逐步移出舷外,将艇下降入水。此种艇架能在船舶内横倾 30° 及纵倾 10° 的恶劣情况下顺利放艇,但制造精度要求较高。舷外型固定吊臂式吊艇架的救生艇存在船舶舷外,结构简单,放艇方便,在海洋平台上用得较多,一般不适合航行船舶使用。

各种吊艇架主要根据其工作负荷划分规格。吊艇架工作负荷系指吊艇架允许使用的最大满载艇的质量负荷。考虑到空载艇的制造误差,在确定吊艇架工作负荷时尽可能按救生艇出厂时船检部门核定的空载艇实际质量为准或留有余量。此外当船舶向内横倾 20° 及纵倾 10° 的恶劣情况下,空载艇质量过小也会造成吊艇臂倒出舷外,不能完成正常放艇操作。

一、艇降落装置的基本要求

救生艇及救助艇的降落装置,对于国际航行海船应符合《LSA 规则》的要求,对于国内航行海船应符合《ZC 国际航行海船法定检验技术规则》的要求。

1. 国际航行海船

(1)除了自由降落救生艇的次要降落设备以外,每具降落设备的布置应能在纵倾达到 10° 并向任何一舷横倾达到 20° 的不利情况及下列条件下安全降落它所配备的装备齐全的救生艇筏或救助艇。

(2)降落设备不得依靠除重力或不依赖船舶动力的任何储存机械动力以外的任何方式来降落其所配属的处于满载状态、轻载状态和装备齐全状态(即空载状态)的救生艇筏或救助艇。

(3)降落设备及其附属设备的强度,除绞车制动器外,应足以经受不小于 2.2 倍最大工作负荷的静负荷试验。

(4)构件和一切滑车、吊艇索、眼板、链环、紧固件和其他一切用作连接降落设备的配件设计时,应有一个安全系数。该安全系数根据规定的最大工作负荷和结构所选用材料的极限强度来决定。所有构件的最小安全系数取 4.5,吊艇索、吊艇链、链环和滑车的最小安全系数应为 6。

(5)降落设备应在结冰的情况下保持有效。

(6)艇降落设备应能收回载有艇员的救生艇。

(7)救助艇降落设备应能以不小于 0.3 m/s 的速度从水面升起载足全部乘员和属具的救助艇。

(8)对于使用吊艇索和绞车的降落设备,降落机械装置(绞车)的布置应可由一个人从船舶甲板上某一位置,或自救生艇或救助艇内某一位置操纵;在甲板上操作降落机械装置的人员应能看到救生艇筏。吊艇索应是防旋转及耐腐蚀的钢丝绳。

(9)凡使用动力回收吊艇架吊臂者,应装设安全装置,在艇架吊臂回到原位限制器之前要自动地切断动力,以防止吊艇索或吊艇架受到过度应力,除非电动设计为能防止此过度应力。

(10)满载救生艇筏或救助艇降落下水的速度,应不小于由下列公式得出的速度,但应不大于 1.3 m/s 。

$$S = 0.4 + 0.02H$$

式中 S ——下降速度 m/s ;



H ——吊艇臂倒出舷外后,从吊艇架顶部至最轻载航行水线的距离 m 。

配备全部属具但不载人员的救生艇筏的降落速度不小于上述要求对 70%。

2. 国内航航行海船

国内航行海船的每艘救生艇应配有 1 台能降落和回收该救生艇的设备。该设备除了应满足上述第 1 条(1)、(3)、(4)及(9)款的要求外尚应满足以下要求:

(1)艇的降落装置一般应采用重力式,如艇在倒出状态下的质量小于 2 300 kg,也可采用摇出式。

(2)救生艇的降落装置应保证艇的安全降落速度为 $0.6 \sim 1.0 \text{ m/s}$ 。

(3)救助艇的登乘与降落装置应在尽可能短的时间内,使人员登入并把救助艇降落,并能迅速回收载有乘员和属具的救助艇。

二、重力倒臂式吊艇架

重力倒臂式吊艇架是一种转动型艇架。放艇时,吊艇臂绕着艇架下端稍轴转动,使吊艇臂向外倾倒,将艇吊出舷外,因此又称单支点吊艇架。这种吊艇架在吊艇臂倒出舷外过程中,支点受力简单,无外移运动。当船舶处于内横倾 20° 及纵倾 10° 的恶劣工况时,吊艇臂也不会造成卡轧现象。由于一副艇架只有两个支点支撑,即使在船舶受损甲板变形的情况下,吊艇臂仍能容易转出舷外,不易造成卡轧现象,且放艇速度也较快,对放艇安全性提供了可靠的保证。

重力倒臂式吊艇架结构简单,制造方便,操作简便,工作可靠,因而得到广泛应用,但吊艇臂的高度和艇的存放高度均较高。

封闭式救生艇使用的重力倒臂式吊艇架以吊艇臂形状可分为:S 型(吊艇臂呈 S 形)与 L 型两种。前者适用于艏艉尖削的全封闭救生艇,后者则适用于开后门方尾型全封闭救生艇。

这类吊艇架使用时,首先解开所有的系固装置,然后将救生艇绞车的刹车重锤抬起(直接或间接利用舷边和艇内遥控放艇装置)使刹车松闸,此时依靠艇的重力拖带艇绞车卷筒反转放索,吊艇臂即连动救生艇缓缓转出船舶舷外,直至吊艇臂放倒。然后吊艇链浮出滑车顶部的 T 形钩从吊艇臂头部自动脱出,救生艇继续下降直至水面。回收艇时需启动艇绞车电机,使船上升,当浮动滑车 T 形钩进入吊艇臂头部顶推挡板时,开始推动吊艇臂向内转动,直至回到原存放位置。此时吊艇臂已推动限位开关,将绞车电源切断,以保护吊艇架座不受冲击。

S 型重力倒臂式封闭救生艇吊艇架按吊艇臂长度分为普通型与长臂型两种。

普通型(SA 型)吊艇架如图 5-17 所示。其吊艇臂较短(吊艇链长约 1 m),因而总高较小,便于船舶存放位置,但舷外跨距相对较小。

L 型重力倒臂式封闭救生艇吊艇架的放艇原理及结构形式与 S 型基本相同,是 S 型吊艇架的演变与发展。其特点是人员可在艇存放位置下面行走,减少了救生艇装置占用的甲板面积。常用的 L 型吊艇架主要有 LH 型与 LI 型。

开敞式救生艇或部分封闭救生艇用的吊艇架,在两根吊艇臂头部之间应设置钢丝绳横张索,并设置不小于 2 根足够长度的救生索,能于船舶最轻载航行在不利纵倾 10° 的情况下及船舶向任何一舷横倾 20° 时随救生艇到达海面。

救生索通常采用白棕绳或麻索,直径为 $20 \sim 24 \text{ mm}$,每隔 1.83 m 打一反手结,便于下滑人员中途停顿。每根救生索设置一根拉索,直径一般为 12 mm 。它的一端系在登艇甲板吊

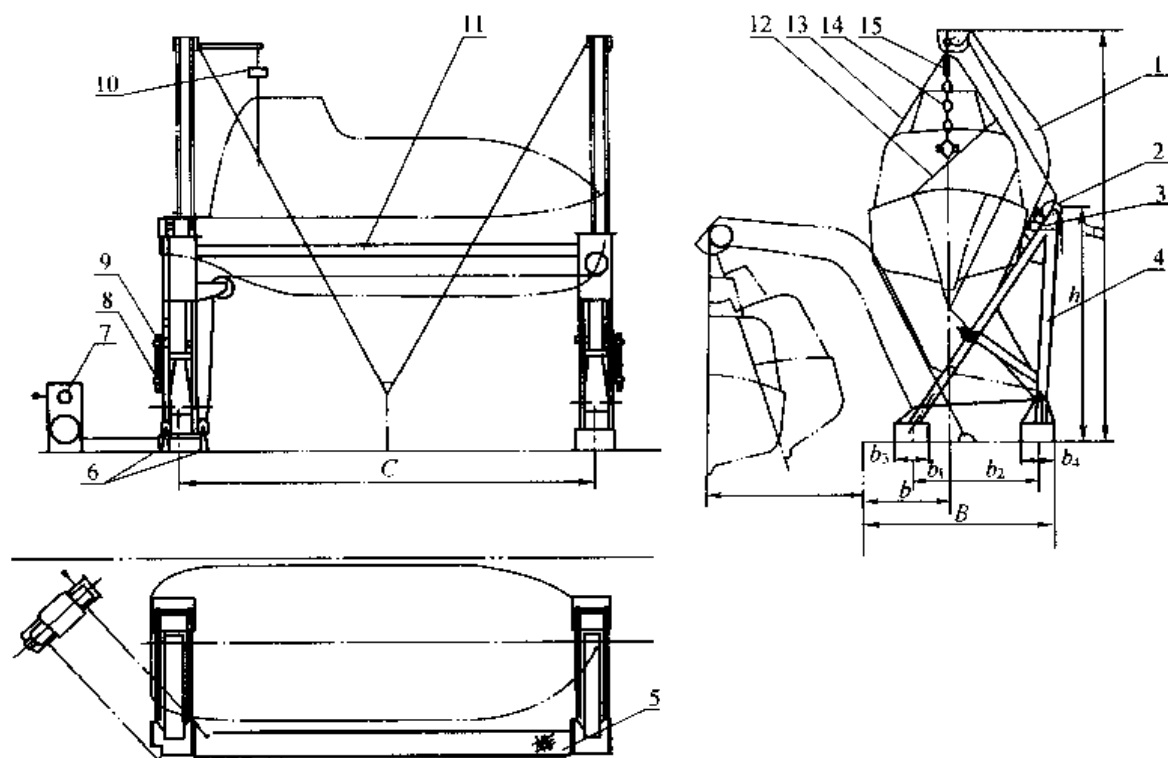


图 5-17 普通型(SA型)重力倒臂式封闭救生艇吊艇架

1—吊艇臂;2—转向滑轮;3—限位开关装置;4—吊艇架座;5—登艇路台;6—甲板垂直转向滑轮;7—艇绞车;
8—转动轴装置;9—止动装置;10—艇内遥控放艇装置;11—支撑横杆;12—系艇装置;13—固艇装置;14—吊
艇链装置;15—浮动滑车

艇架座架上,另一端同救生索相连。那些没有随艇一起离船的待撤离人员可利用这根拉索将救生索拉向舷边,抓住后下滑至已放到海面上的救生艇上。

三、重力滑轨式及跨步式吊艇架

重力滑轨式吊艇架是一种滚动型吊艇架。常见的吊艇臂呈S形,每根吊艇臂有前后两个支点,每一个支点在臂的两侧个设置一个滚轮。放艇时前后两对滚轮沿座架的导轨(一般为槽钢)向外滚动,使吊艇臂连同艇一起外移并倾倒,将艇吊出舷外。这种吊艇架存放高度较低,对于上层建筑或甲板室较高的中小型船舶比较合适。这种吊艇架的制造精度要求较高,如制造质量欠佳,当船舶内横倾 20° 及纵倾 10° 时易影响吊艇臂外移及倒出舷外。尤其当船舶纵倾时,吊艇臂在其自重产生的侧向分力的作用下向一侧移动,使一侧的滚轮在槽钢内产生较大的轴向摩擦力,导致吊艇臂两侧滚轮前进速度不一而产生扭转,易造成卡轨现象。

目前常用的重力滑轨式封闭救生艇吊艇架有SR型与SH型两种。

SR型吊艇架是重力滑轨式中较早出现的。这种艇架的优点是存放高度较低,但布置吊艇架后面须留有足够的通道。

SH型吊艇架是SR型吊艇架的改进型如图5-18所示。其座架的前后支撑高度差足以使得人员在座架下面通过,适合于甲板不伸到舷边的船舶。

重力跨步式吊艇架如图5-19所示,其吊艇臂的下端均自由支撑在甲板的支座上,吊艇架存放高度也较低。放艇时吊艇臂下端脱离支座做圆弧轨迹运动,依次绕过后支点及前支



点倾倒,使艇吊出舷外。但在船舶纵倾较大时放艇,易造成吊艇臂的双支点同时脱离座架而造成致命危险,所以不宜在海船上使用。

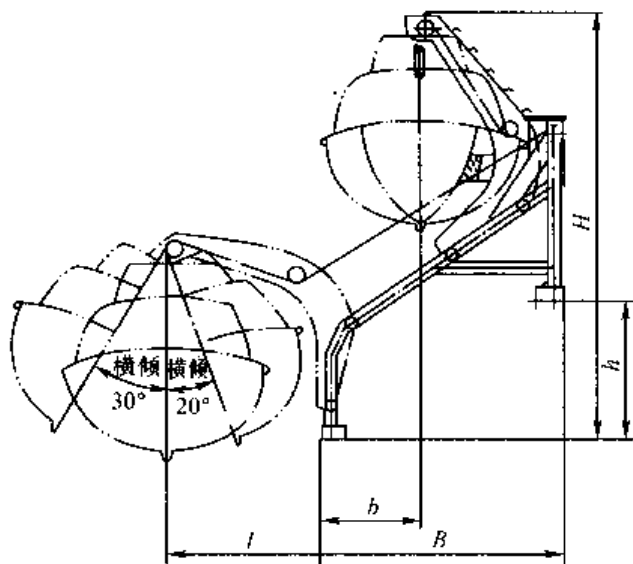


图 5-18 SH 型重力滑轨式吊艇架

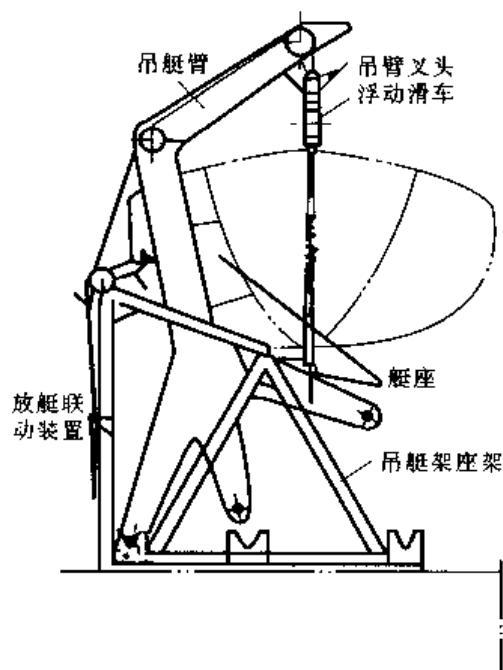


图 5-19 重力跨步式吊艇架

四、自由降落救生艇装置

自由降落式救生艇装置是一种无拘束的重力式降落装置,通常用于艏机型货船,在客船上不允许使用。这种降落装置除了以重力自由降落为主要方式放艇外,还应提供次要方式即用吊艇索落艇。且当船舶沉没时,艇能自由漂浮下水。回收艇则需使用绞车。

自由降落式救生艇降落装置在船上布置时,应使安装在其上的救生艇最低点超过最轻载航行水面距离,不超过救生艇自由降落的核准高度。

目前常用的自由降落救生艇降落装置按其其在船上的位置,可分为艏抛式和侧抛式。

艏抛式自由降落装置设在船舶艏部,救生艇存放在降落装置的滑道上。滑道一般向船尾倾斜 $30^\circ \sim 35^\circ$ 左右,救生艇首部朝向船尾,艇内人员的座位全部面向艇尾方向(即船首方向),以使艇内人员能承受自由降落入水时加速度的冲击。救生艇被释放后,即依靠重力沿着滑道自由滑行,脱离轨道后按抛物线轨迹在空中滑行,然后以 $50^\circ \sim 60^\circ$ 左右的人水角进入水中,在水下滑行一段距离后即漂浮到水面上。这种降落装置放艇迅速,有利于船舶 5 kn 航速时放艇,不存在一般吊艇架前后两根吊艇索必须在风浪中同步脱钩的困难。

艏抛式自由降落装置按驱动方式分为电动及电液驱动。

电动自由降落装置如图 5-20 所示,由滑道、门字型吊艇臂、吊艇座架及电动绞车等组成。放艇主要方式是依靠艇的重力自由降落,次要方式则是采用吊艇索借助电动绞车放艇。回收艇则用电动绞车将艇从水面提起,用门字型吊艇臂吊通过滑道回收到艇存放位置。

电液驱动自由降落装置有滑道、门字型吊艇臂、顶推油缸、液压绞车及其系统等组成。存放状态的救生艇搁置在两根设有滚柱的倾斜滑道上,艇尾被释放钩钩住,在救生艇中部和



尾部处的压艇装置用来防止救生艇滑出轨道。放艇时,乘员全部进入艇内后打开释放钩,艇依靠其自身重力(即按主要方式)自由降落。次要方式是利用油缸顶推吊着艇的门字型吊艇臂转出舷外,然后驱动液压绞车降艇。不论用何种方式降艇,回收艇均由液压绞车将艇从水面上提起,然后用油缸把吊着艇的门字型吊艇臂转回到艇存放位置。一旦船舶遇难沉没来不及放艇,此时压艇装置在静水压力的作用下自动释放救生艇,由其依靠自身浮力漂浮出水。

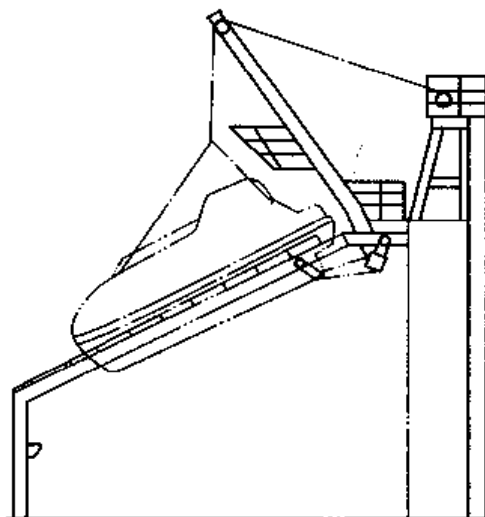


图 5-20 电动自由降落救生艇装置



第六章 起货设备

起货设备的形式和装卸方式随船舶用途及货物的种类而定。例如,矿砂船和运煤、盐、谷物等散装货物的散货船,就常利用港口的传送带进行装卸;运送液体货的油船,则依靠装设于货泵间的货油泵和相应的货油装卸系统与扫舱系统进行装卸;而专业用于运输车辆、集装箱以及某些成组货物和特重件等货载的滚装船,则在船尾、船首或舷侧开门,并用跳板将船与码头连接,以使货载能够经跳板直接开上、开下(或滚上、滚下),从而大大提高装卸速度,实现不经中转即可将货物直接拖运到户的所谓“门对门”式的运输等;但对大多数运送成箱扎捆、袋装或打包等成件货物的一般干货船来说,则主要还是依靠各种货机和与之相配的其他起货设备来进行装卸。

船舶常用的起货设备主要有两类,即吊杆起货设备和起重机。

吊杆起货设备曾经是除矿砂船等以外的大多数干货船使用的主要起货设备,其主要优点是设备构造简单、初投资低。但是随着近代海运事业的发展,尤其是集装箱船的出现,回转式起重机得到越来越广泛的应用,以至发展到如今,新建的货船几乎都是采用起重机作为主要的装卸设备。但是在某些船舶上如渔船及其他一些中、小型船舶,仍然可以看到吊杆起货设备的使用。

一般船舶的起货作业均在港口内进行,但某些船舶要求在海洋上进行起重作业,如渔船在风浪中要进行起重作业。对于这类船舶,在起重作业时的船舶稳性要进行慎重的考虑并进行必要的计算。

设计装备巨大起重装备能力的船舶时,应注意船体主要尺度能否保证足够的稳性。一般在吊重货时,最大横倾角约为 $12^{\circ} \sim 8^{\circ}$, 不宜过大。也可利用压载减小吊重货时的横倾角。通常起重量达 100 t 以上的船舶均装有压载设备。一般可利用左、右双层底压载舱,有些船舶在两舷设置深水舱。

第一节 吊杆起重设备的形式

一、轻型吊杆装置的形式

轻型吊杆通常指起重量不超过 10 t 的吊杆。其吊货钩的形式为单钩。

典型的轻型吊杆起重装置如图 6-1 所示。起重量较小时千斤索为单根钢索[见图 6-1(a)];起重量较大时(单杆 5 t 以上),千斤索设置滑车组[见图 6-1(b)]。在吊货时为保持吊杆的吊举角不变,千斤索同吊杆定位链连接,或设置千斤索绞车。该绞车利用起货绞车的系统卷筒带动。吊货索采用单根钢索或设置起货滑车组,由配置的起货绞车拉力决定。

轻型吊杆装置在单杆操作时,吊杆的回转可由人工操作吊杆牵索实现,也可采用吊杆牵索绞车来实现。双操作时,一根吊杆位于货舱口上部另一根吊杆位于舷外,两根吊杆除了各自配有舷边固定的吊杆牵索外,在两根吊杆之间还设有吊杆间牵索。通常货物质量超过 3 t 时,一般不采用双杆操作。图 6-2 所示为双杆联合操作。

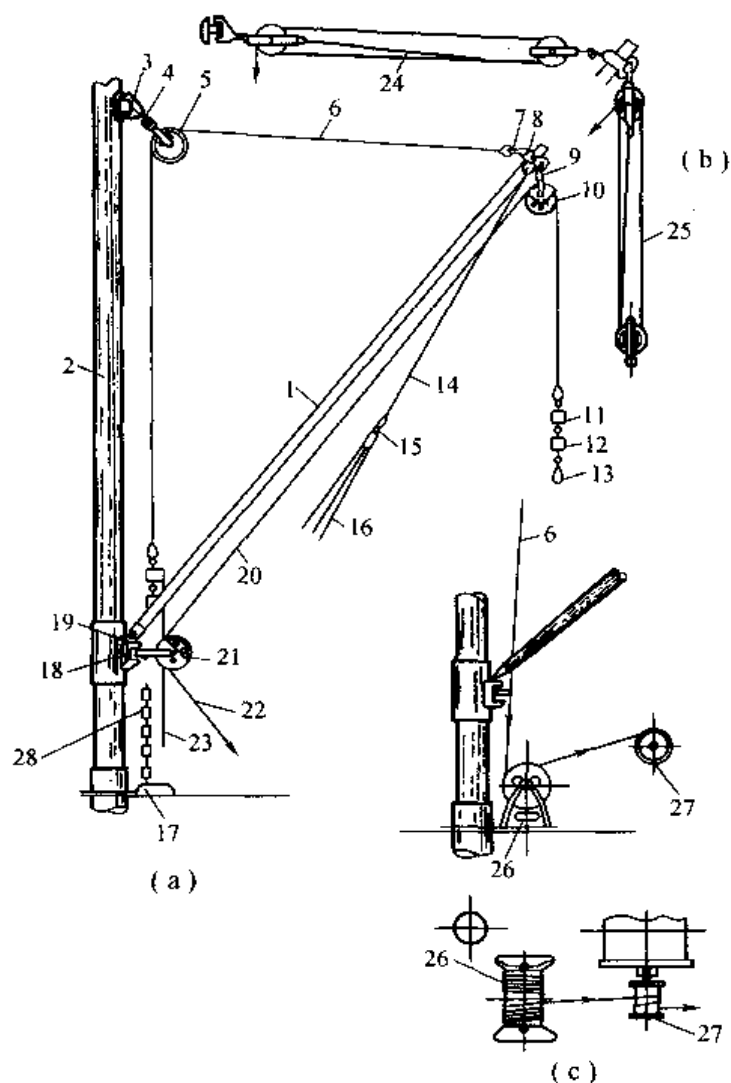


图 6-1 典型的轻型吊杆起重装置

(a)带有单根吊货索和单根千斤索的吊货杆；(b)带有起货滑车组和千斤索滑车组的吊货杆；(c)带有千斤索绞车的吊货杆

1—吊杆；2—桅杆；3—千斤索眼板；4, 7, 9, 15—索具卸扣；5—千斤索滑车；6—千斤索；8—吊货眼板；10—起货滑车；11—平衡锤；12—转环；13—吊货钩；14—吊杆牵索；16—吊杆牵索滑车组；17—千斤索甲板眼板；18—吊杆座；19—支撑转轴；20—吊货索；21—导向滑车；22—通向绞车的绳端；23—通向开口的滑车的绳端；24—千斤索滑车组；25—起货索滑车组；26—千斤索定位绞车；27—绞车的系绳滚筒；28—吊杆定位链

二、重型吊杆装置的形式

重型吊杆系指起重量超过 10 t 的吊杆。采用单吊杆回转摆动的作业方式,作业时吊杆可变幅。图 6-3 所示为典型的重型吊杆装置图。

重型吊杆下部的支撑端大多固定安装于甲板或平台上的带有转轴的基座上,其吊货索从吊杆端部的导索滑轮处引出后通过装于起重柱上方的导向滑车,再引导至绞车上,这样可



减小吊杆的轴向压力。

重型吊杆头部装置有多种形式,如图 6-4 所示。其中(a)为嵌入滑轮,是常用的形式。(b)和(c)用于当吊杆端部安装嵌入滑轮有困难时,采用的悬挂导索滑车和外侧导索滑车,这两种形式的缺点是会使吊杆受到偏心载荷。

某些船舶为了提高重型吊杆的利用率,设计成可将重型吊杆从一个舱口搬到另一个舱口使用,但是,这样搬费时又费力。为了解决这一问题,创造了多种形式的可供两舱使用的重型吊杆装置。

设有 V 形起重柱的双千斤索翻转吊杆是一种起重量可达到 300 t 的重型吊杆装置,可供两舱使用。图 6-5 所示的 V 形起重柱重型吊杆装置其重型吊杆的起重量有

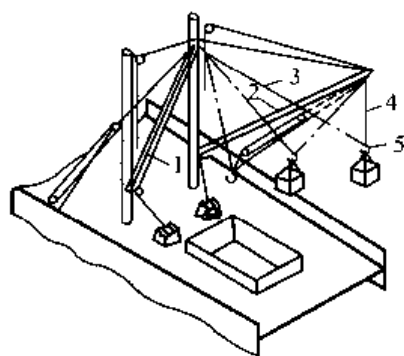


图 6-2 双杆联合操作

1—舷内吊杆;2—舷外吊杆;
3、4—吊货索;5—吊货钩

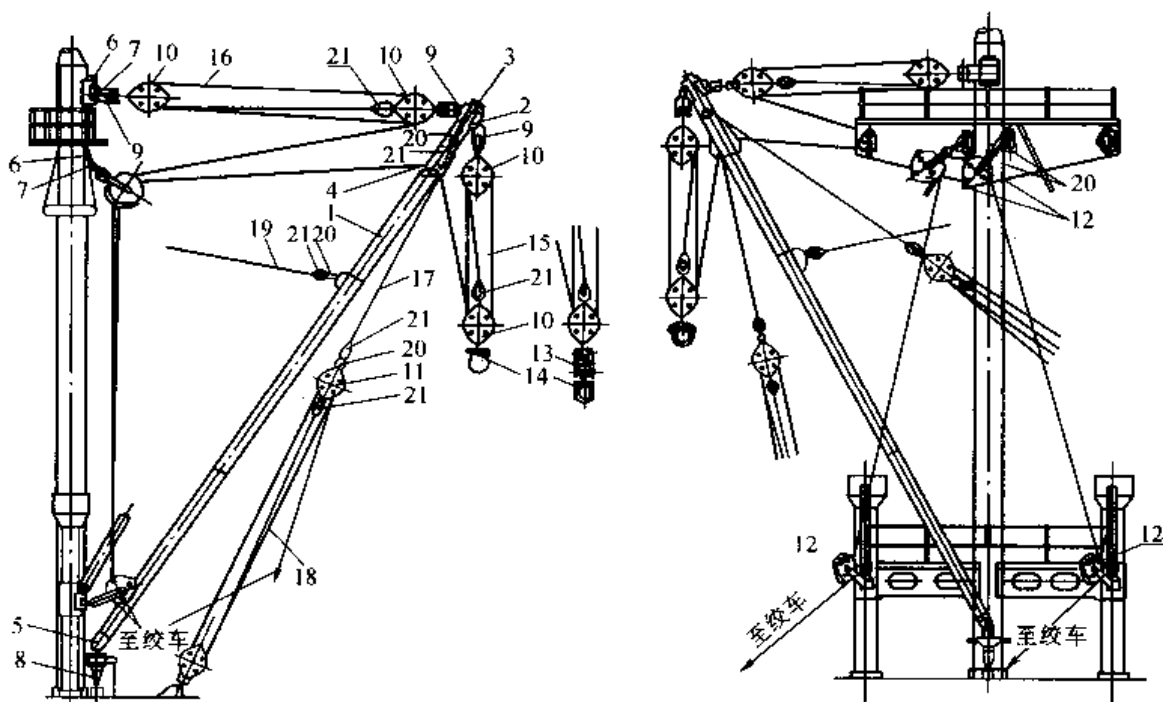


图 6-3 重型吊杆装置

1—重型吊杆;2—吊货眼板;3—牵索眼板(有些重型吊杆不采用吊货眼板和牵索眼板,而采用重型吊杆头的装置,见图 6-4);4—吊杆嵌入滑轮;5—吊杆叉头;6—千斤索吊环座;7—千斤索吊环;8—吊杆座;9—滑车叉头;10—无转环的复式滑车;11—带转环的复式滑车;12—导向滑车;13—转环吊架;14—圆形卸扣;15—起货索;16—千斤索;17,18—吊杆牵索钢索;19—调整钢索;20—索具卸扣;21—索具套环

120 t、300 t、500 t,并设有 4 根轻型吊杆。

三、自回转变幅吊杆装置的形式

1. 双顶牵索(千斤索)吊杆装置

这种形式用于单杆操作的吊杆装置。单根吊杆配置了两根顶牵索。顶索与吊杆端部连接,经过设置在桅肩上的导向滑车,通向两台顶牵导索车,其装置如图 6-6 所示。为了使吊

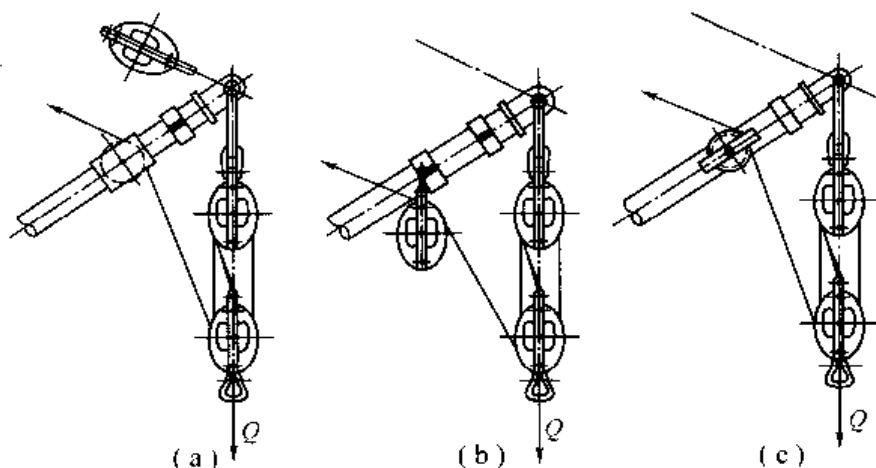


图 6-4 重型吊杆头部装置的形式

(a)吊杆端部嵌入滑轮;(b)悬挂导索滑车;(c)外侧导索滑轮

杆能最大限度地转向舷外,顶牵索导向滑车应当尽可能安装在远离船体中心线处。现有的该形式吊杆装置,已能实现吊杆从一舷转向另一舷的回转角度超过 160° 。在桅杆上设置的支架的作用是当吊杆完全转出舷外时,能够保证顶牵索与吊杆之间有足够的角度,以便吊杆能反向转回到船舶的货舱口位置。

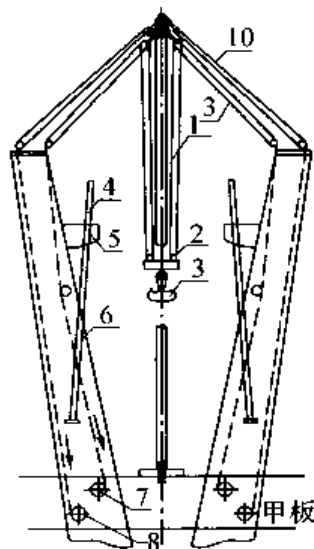


图 6-5 双摆式 V 形重吊

1—重型吊杆;2—连接横杠;3—山字吊货钩;4—轻型吊杆;5—控制台;6—起重柱;7—重型起货绞车;8—重型顶牵索绞车;9—吊货索滑车组;10—顶牵索滑车组

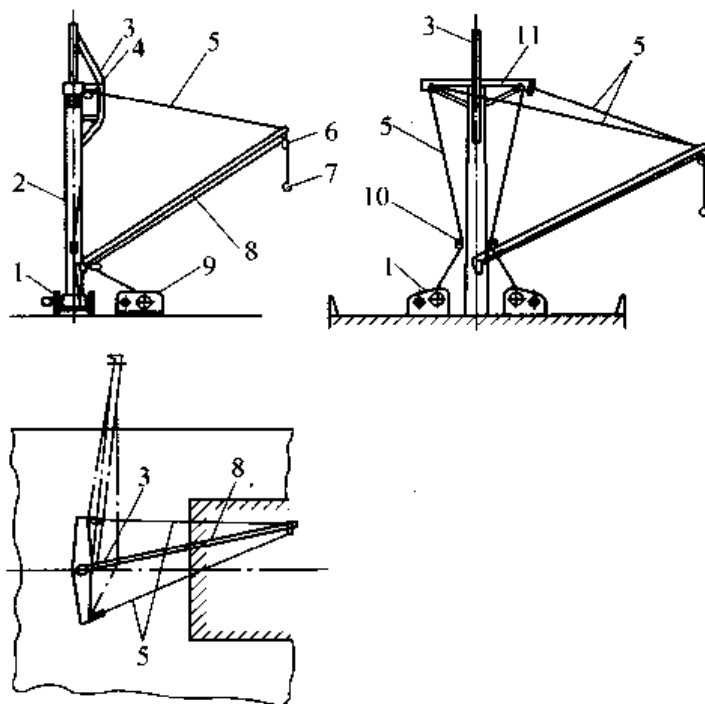


图 6-6 双顶牵索吊杆装置

1—顶牵索绞车;2—桅杆;3—支架;4—顶牵索上导向滑车;5—顶牵索;6—起货滑车;7—吊货钩;8—吊杆;9—起货绞车;10—顶牵索下导向滑车;11—桅肩



在这一对顶牵索绞车同时而又均衡地旋转的情况下,吊杆将会升高或降低,当绞车的滚筒不是均衡地旋转或是按不同的方向旋转时,吊杆在升高或降低的同时就向着需要的方向回转。

为了货物的起吊和下放,配置了第三台绞车起货绞车。所有3台绞车都可采用一般的起货绞车。但是为了使顶牵绞索车同步工作,必须设置双联控制器。

2. 两套双顶牵索吊杆装置

在这种形式中,采用两套双顶牵系,顶牵系通过横担同吊杆端部连接。其装置如图6-7所示。吊杆的动作由3台绞车操纵,其中一台是普通的起货绞车,用于装卸货物;两台顶牵索绞车同起货绞车的不同之处在于前者是双滚筒绞车,顶牵索的动端正是绕在这一对滚筒上,每一根顶牵索有两个动端。其中一台顶牵索用于吊杆升起和下降,把右面的和左面的顶牵索动端之一按相同的方向绕到这台绞车的一对滚筒上。另一台顶牵索绞车用于吊杆在水平面上的回转,为此,右面的和左面的顶牵索另一动端按相反的方向绕到绞车的一对滚筒上。横担在顶牵系的牵制下可以在吊杆的整个回转范围内,甚至当船舶倾斜时都可保持平衡状态。

电动顶牵系绞车同步工作是由专用的双联控制器保证的,这种控制器由一个人就可以操作吊杆的全部动作。

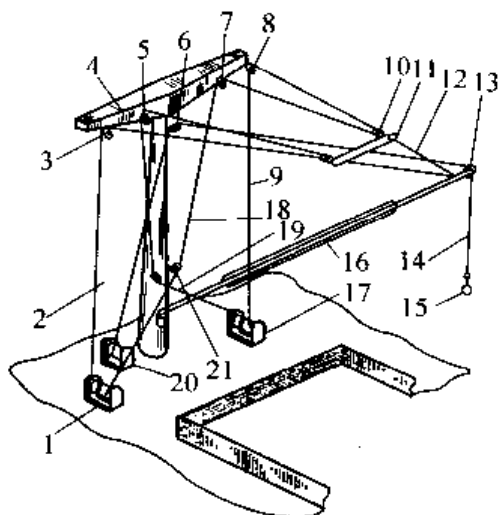


图6-7 两套双顶牵索吊杆装置

1、17—顶牵索绞车;2、9、18、19—顶牵索动端;
3、5、7、8—顶牵索上导向滑车;4—桅肩;6—吊
货索导向滑车;10—顶牵索横担滑车;11—横
担;12—横担牵索;13—嵌入式起货滑轮;14—
吊货索;15—吊货钩;16—吊杆;20—起货绞
车;21—顶牵索下导向滑车

第二节 吊杆装置几何参数的确定

任何形式的吊货杆除了规定其起重量外,还应确定其各项几何参数,包括吊杆长度、吊杆支撑固定处离开船舶甲板的高度和千斤索眼板悬挂点高度。

一、单杆操作吊货杆长度的确定

单杆操作时吊货杆的长度应保证能通过相应的舱口对货舱内的货物进行装卸以及向港口码头或船只进行货物装卸。

轻型吊杆在吊举角不变的情况下进行单杆操作时,吊杆在转动时,其在平面上的投影长度保持不变。因而吊杆长度的确定主要取决于:吊举角、船宽、货舱口长度、起重柱到舱口围板的距离、吊杆必须的舷外跨距、吊杆自船体中心线量起的花转角以及吊杆支撑点离开舷墙顶部的高度等。

吊举角可按下述方法确定:

(1)端部在货舱口平面的投影位置,离开最近起重柱的货舱口围板的距离,应不小于 $2/3$ 舱口长度;

(2)吊杆端部的高度,如果运送货物的尺寸没有特殊的要求,则从舱口围板(或舷墙)上



缘量起不小于 5~6 m。

起重柱到货舱口围板的距离,取决于起货绞车的大小以及工作走道的尺寸,通常为 3.5~4 m。

吊杆的舷外跨距应从最大船宽处的舷边量起,而且应保证能伸到码头上的装卸货物(为了货物的安全,离开码头边缘应有足够的距离)。通常对于轻型吊杆(吊举角为 45° 时)最小跨距为 2.0~2.5 m;一般情况下为 3~5 m。对于重型吊杆(吊举角为 $30^\circ \sim 45^\circ$ 时),最小跨距为 4~5 m;一般情况下为 5.5~6 m。

吊杆舷外极限回转角。当吊杆安装在无支索的起重柱上时,其回转角为 $45^\circ \sim 60^\circ$,此时吊杆牵索(或千斤索)的极限位置应能保证吊杆从舷侧转到货舱口上部位置。当吊杆安装在有支索的起重柱上时,支索的分布限制了吊杆的回转角。

吊杆支撑固定点离开船舷的距离取决于起货设备配置的结构特点。单柱桅的桅肩长度和安装吊杆座的横挡长度不超过 4.5~5.0 m 门型桅杆,两起重柱之间的距离可达 6~8 m。

二、双杆操作吊货杆长度的确定

按 ZC1999 年《起重设定法定检验技术规则》(以下简称 ZC《起重设备法规》)的规定,双杆操作时,舷内、外吊货杆处于同一实际工作中的最小仰角下,吊货杆的工作范围和长度满足以下要求,如图 6-8 所示。

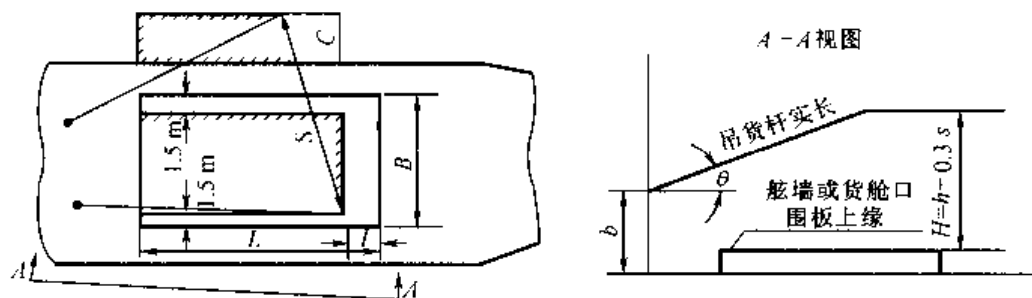


图 6-8 吊货杆的工作范围和长度

θ —吊杆仰角,双杆相等; L —货舱口长(m); B —货舱口宽(m); C —舷外跨距(m); S —吊货杆头水平投影距离(m); b —吊货杆承座至甲板的高度(m); l —参见(2); h —参见(3)

(1)舷外吊货杆的舷外跨距 C 应不小于中部船宽以外 3.5 m,或船舶所有人要求的舷外跨距。

(2)舷内吊杆头部在货舱口内的投影位置应位于:

- ①货舱口配有一对吊杆时,离货舱口对边距离 l 不大于 $L/5$ (L 为货舱口长度);
- ②货舱口配有两对吊杆时,离货舱口对边距离 l 不大于 $L/3$;
- ③离货舱口边的距离为 1.5 m。

(3)在起货索夹角为 120° 时,其连接点(三角眼板)距舷墙或货舱口围板上缘的高度 h 应不少于:

当 $SWL \leq 19.6 \text{ kN}$, $h = 5 \text{ m}$;

当 $SWL > 19.6 \text{ kN}$, $h = 6 \text{ m}$ 。

SWL 为双杆操作安全工作负荷。

在某种情况下,如上述高度 h 尚不能适应使用情况时应适当的增加。



三、吊杆支座离开甲板的高度

轻型吊杆的吊杆支座一般直接装在桅杆、起重柱或桅杆横挡上。吊杆支座离开设置起货绞车的甲板安装高度应当保证吊杆索能正确的缠绕到绞车滚筒上去,而且在吊杆回转时不至妨碍操作人员的工作。

轻型吊杆支座安装高度,对杂货船上通常为 $2.25 \sim 2.5 \text{ m}$;运木船上通常为 $3.0 \sim 3.5 \text{ m}$ 。

重型吊杆的支座在大多数情况下设置于桅杆根部处,离开甲板只有很小的高度,约 $0.7 \sim 1.0 \text{ m}$ 。

四、千斤索眼板的高度

千斤索眼板的高度(h)同吊杆长度(l)的比值 h/l ,是起货设备零件受力分配的基本参数。数值 h 根据桅杆或起重柱的高度予以确定或选择。

比值 h/l 的范围很大:

当轻型吊杆安装在桅杆上时, $h/l = 0.8 \sim 1.2$;

当轻型吊杆安装在起重柱上时, $h/l = 0.4 \sim 0.8$;

当设置重型吊杆时, $h/l = 0.9 \sim 1.2$ 。

减小比值 h/l ,从缩减桅杆和起重柱结构尺寸的观点来看是合理的。因为弯矩同高度 h 无关。但是当比值 h/l 减小时,吊杆的压力和千斤索张力都会增加。

第三节 吊杆装置的受力计算

一、吊杆装置的计算工况和计算负荷

ZC《起重设备法规》对于吊杆装置的计算工况和计算负荷要求如下。

1. 吊杆仰角

(1)确定吊杆装置受力时,所取吊杆与水平的仰角,对轻型吊杆为 15° ,对重型吊杆为 25° ,如吊杆不可能在此仰角下工作,则吊杆仰角可取为实际工作的最小仰角,但任何情况下,对轻型吊杆不得超过 30° ,对重型吊杆不得超过 45° 。

(2)确定起货滑车和嵌入货轮(如设有时)受力时,吊杆仰角应取实际工作中的最大仰角,一般不小于 70° 。

2. 船舶倾斜

(1)横倾 5° 、纵倾 2° 为假定吊杆装置工作时的船舶基本状态。

(2)轻型摆动吊杆和双杆系统可忽略(1)所述船舶倾斜状态的影响。

(3)重型吊杆和吊杆式起重机应计及(1)所述船舶倾斜状态的影响。如实际工作生产的船舶倾斜大于横倾 5° 、纵倾 2° 时,则应计及实际角度产生的影响。

3. 吊杆装置的基本负荷

(1)算摆动吊杆和吊杆式起重机的基本负荷为安全工作负荷及吊货杆和吊钩及以上有关属具的自重。

(2)双杆系统的基本负荷为安全工作负荷。



4. 摩擦系数

钢索通过滑车或滑轮,应考虑滑轮的摩擦系数和钢索的僵性损失,此数值对滑轮轴承取 5%,对滚动轴承取 2%。此要求也适用于其他所有起重设备。

5. 绳索安全系数

相对于钢索和纤维索破断负荷的安全系数 n ,应不小于下列规定。

动索:

吊杆索、千斤索、摆动稳索

$$n = \frac{10^4}{0.9 \times \text{SWL} + 1\,910}$$

式中 SWL 为吊杆装置的安全工作负荷(kN),但不大于 5 也不小于 3。

静索:

桅支索 n 与动索同,但不大于

3.5;

保险稳索 $n = 4$ 。

6. 摆动稳索的工作负荷

摆动稳索的工作负荷按表 6-1 计算。

表 6-1 摆动稳索工作负荷

吊杆安全工作负荷/kN	摆动稳索工作负荷/kN
$\text{SWL} \leq 49$	$0.5\text{SWL} + 4.9$
$49 < \text{SWL} \leq 147$	$0.1\text{SWL} + 24.5$
$157 < \text{SWL} \leq 588$	0.25SWL
$\text{SWL} \geq 735$	0.2SWL

二、起货滑车组受力计算

1. 滑车组

如图 6-9 所示,受力关系可按下述计算。

(1)情况 I 如图 6-9(a)所示,钢索从定滑轮离开:

当起货时

$$\left. \begin{aligned} S &= Q \frac{k^n(k-1)}{k^n-1} \\ T &= Q \frac{k^{n+1}-1}{k^n-1} \end{aligned} \right\} \quad (6-1)$$

当降货时

$$\left. \begin{aligned} S' &= Q \frac{k-1}{k(k^n-1)} \\ T &= Q \frac{k^{n+1}-1}{k(k^n-1)} \end{aligned} \right\} \quad (6-2)$$

(2)情况 II 如图 6-9(b)所示,钢索从动轮滑轮离开:

当起货时

$$\left. \begin{aligned} S &= Q \frac{k^n(k-1)}{k^{n+1}-1} \\ T &= Q \frac{k^n-1}{k^{n+1}-1} \end{aligned} \right\} \quad (6-3)$$

当降货时

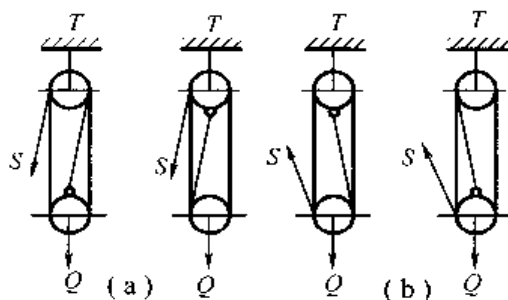


图 6-9 滑车组型式

(a)情况 I;(b)情况 II



$$\left. \begin{aligned} S' &= Q \frac{k-1}{k^{n+1}-1} \\ T' &= Q \frac{k(k^n-1)}{k^{n+1}-1} \end{aligned} \right\} \quad (6-4)$$

式(6-1)~(6-4)中:

n ——滑轮并数;

$k = 1 + \mu$ ——系数;

μ ——钢索绕过滑轮时的摩擦系数,约为3%~10%。

在起货设备计算中,对于钢索滑车采用滑动轴承时,可取 $\mu = 0.05$;采用滚动轴承时,可取 $\mu = 0.02 \sim 0.03$ 。对于植物纤维索滑车,可取 $\mu = 0.01$ 。

2. 导向滑车

钢索经过 n 个导向滑轮时:

当起货时

$$S = Q \times k^n \quad (6-5)$$

当降货时

$$S = Q/k^n \quad (6-6)$$

三、单杆操作受力计算

单杆操作时,整个装置的受力是简单的平面汇交力系,所有的力都作用在吊杆和千斤索组成的垂直平面内,为简化起见,可近似认为这些力分别汇交于吊杆的头部、根部及千斤索眼板三处。

图6-10为单杆操作图解法进行受力计算的受力图解。

作用在吊杆头部的力有:包括吊具在内的载荷 Q (通常取为吊杆安全工作负荷的1.02倍)、千斤索张力 T 、吊杆轴向力 R 、起货索张力 S 。由于假定吊杆自重 G 的一半由千斤索支持,另一半通过吊杆座作用在桅上,故吊杆头部还受到一个大小为 $G/2$,垂直向下的作用力。通过起货滑车后的起货索张力 S 可按滑车公式算得,方向与吊杆轴线平行。平衡时,作用力吊杆头部的多边形封闭。

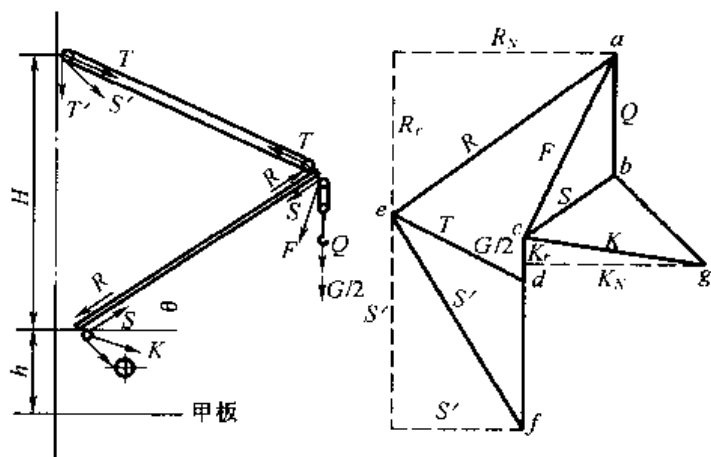


图6-10 单杆操作受力图

具体作图步骤如图6-10所示。

以15°仰角作平行于吊杆轴线的直线,按适当的比例在吊杆上端作垂直矢量 $ab = Q$,自 b 点作矢量 $bc = S$,平行于吊杆轴线,再作垂直矢量 $cd = G/2$,最后自 d 点作千斤索平行线与吊杆轴线交于 e 点,则矢量 ae 即为吊杆轴向压力 R ,矢量 ed 即为千斤索张力 T 。

各滑车及连接卸扣受力也可用图解法求得。图中矢量 ac 为起货滑车及其连接卸扣受的力,即为载荷 Q 与起货索张力 S 的合力。其他各导向滑车及千斤索导向滑车固定端所受



的力均可在图 6-10 中找出。

吊杆操作时,桅受到千斤索滑车、起货索下滑车以及吊杆作用力。为便于桅的强度计算,通常在将作用力图解的同时,将上述各力分别分解为垂直分力和水平分力,如图 6-10 中虚线所示的 S_V 、 S_H 、 K_V 、 K_H 、 R_V 和 R_H 。

四、定位双杆操作受力计算

单杆操作时,除稳索外,各力都作用在同一平面内,稳索的布置几乎不影响其他索具所受的力。吊杆在吊运货物的过程中受力的大小和方向也是不变的。双杆操作则是空间力系的平衡问题。当两杆联合操作时,负载 Q 由两杆共同承受,在货物移动过程中,起货索及吊杆的受力都不在千斤索与吊杆所组成的垂直平面内,由起货索引起的作用于吊杆头的水平分力必须由稳索承受。因此,稳索的布置不仅影响稳索索具的受力,同时还会影响吊杆及千斤索的受力。

双杆操作中各力通常也用图解法求取。这是因为图解法比较简便,不容易出错,选用合适的比例可获得足够的精确度,图 6-11 为定位双杆操作受力图解。

空间汇交力系处于平衡状态时,这个力系在任意平面内和任意方向上的分力也是平衡的,所作出的力的多边形都是封闭的。用图解法确定定位双杆操作时吊杆装置的受力,就是基于这个原理。将作用在吊杆头部的空间汇交力系,通过向水平面和各垂直面的分解,最后转化到吊杆与千斤索所组成的垂直平面,依次求出各个未知力。

根据给定的尺寸可以用适当的几何比例画出定位双杆操作布置图,两起货索、稳索和吊杆所在的各垂直平面内的吊杆索具的位置可应用投影变换的规律,按相关尺寸一一画出。

以舷外吊杆为例,定位双杆操作图解步骤如下:

(1) 根据吊杆布置图作出两起货索所在的垂直平面,即图 6-11 中的 A-A 剖面。当两吊杆头部位置确定后,使两起货索间夹角成 120° , φ_1 、 φ_2 角可以任意定,一般取 $\varphi_1 = \varphi_2 = 60^\circ$,将负载 Q 以适当比例向两起货索方向分解,得起货索张力 P_1 、 P_2 。图中①为舷外吊杆,②为舷内吊杆。 P_1 和 P_2 各自分解为垂直分力 P_{1V} 、 P_{2V} 和水平分力 P_{1H} 、 P_{2H} 。垂直分力作用在吊杆垂直平面内,方向向下,水平分力则不在吊杆垂直平面内。

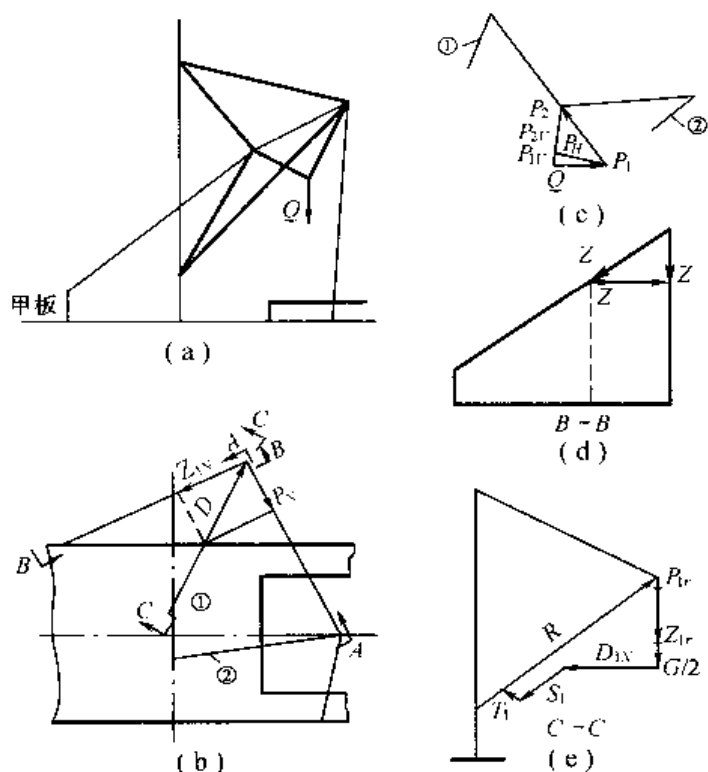


图 6-11 定位双杆操作受力图解

(a)侧视图;(b)俯视图;(c)两起货索所在垂直平面;(d)稳索 1 所在垂直平面;(e)吊杆 1 所在垂直平面



(2)在图 6-11(b)中,吊货索作用在吊杆①头部的水平分力 P_{1H} 大小已由(1)中求出,方向在俯视图中应与两吊杆头的连线一致。该力应由稳索和吊杆的水平分力平衡。自 P_{1H} 的矢端作稳索的平行线与吊杆轴线相交,即可得到作用在稳索垂直平面内的水平分力 Z_{1H} ,及作用在吊杆垂直平面内的水平分力 D_{1H} 。

(3)作出稳索所在垂直平面布置图,即在图 6-11 中的 B-B 剖面。

(4)作出舷外吊杆在垂直平面布置图,即在图 6-11 中的 C-C 剖面。从吊杆头开始,按已知的大小和方向,依次作出作用在吊杆平面内,汇交于吊杆头部的各个分力: P_{1V} 、 Z_{1V} 、 D_{1H} 、 S_1 ($S_1 = kP_1$)、 $G/2$,根据平衡时力多边形封闭的原理,自最后一个力矢的末端作千斤索的平行线与吊杆相交,求得吊杆轴向压力 R_1 和千斤索张力 T_1 。

舷内吊杆受力图解方法相同。

第四节 船用起重机

一、概述

船用起重机,俗称克令吊。船上起重设备在很长一段时期使用吊杆装置,但在 20 世纪 40 年代已开始在一些船上采用起重机,二次大战后才逐步推广使用。到 60 年代初期,随着船舶大型化和高速化,更迫切希望缩短船舶停港时间和加快装卸速度,从而出现了结构紧凑、操作简便可靠和起重能力大的起重机,使起重机在船上得到广泛应用。

起重机作为船舶货物装卸设备的优点,主要是有以下几点。

(1)装卸效率高。由于定位能力好,减少货物在货舱内的搬运,也不必像吊杆装置那样要时常调整吊杆位置而中途停顿装卸作业。同时起重机可兼顾前后两舱的作业。

(2)操作简便。几乎没有使用前的准备工作。操作人员在位置较高的驾驶室内操作,视野宽广,有利操作。

(3)甲板上布置比较简洁,占用甲板面积小。

(4)对重大件货物的吊装特别合适。集装箱船只要使用起重设备必是起重机。

起重机作为船舶货物装卸设备的缺点主要是:

(1)自重大、重心高和体积大对船舶稳性和船舶驾驶视线有一定影响;

(2)价格较贵,初投资高;

(3)功率大,对船舶电站要求高;

(4)起重机机械化和自动化程度高,对检修工作技术性要求高。

二、船用起重机的类型

船用起重机的类型很多,主要的型式如图 6-12 所示。

起重机根据装卸货物的特征,可配置抓斗、集装箱吊具等。对于采用普通抓斗、动力抓斗和动力集装箱吊具的起重机,要增设支撑索绞车、电缆绞车等。

船用起重机虽因结构类型、驱动方式和制造厂商的不同而品种繁多,但无论何种型式的起重机,都必须满足如下一些基本要求:

(1)能以额定起吊速度吊起额定负荷;

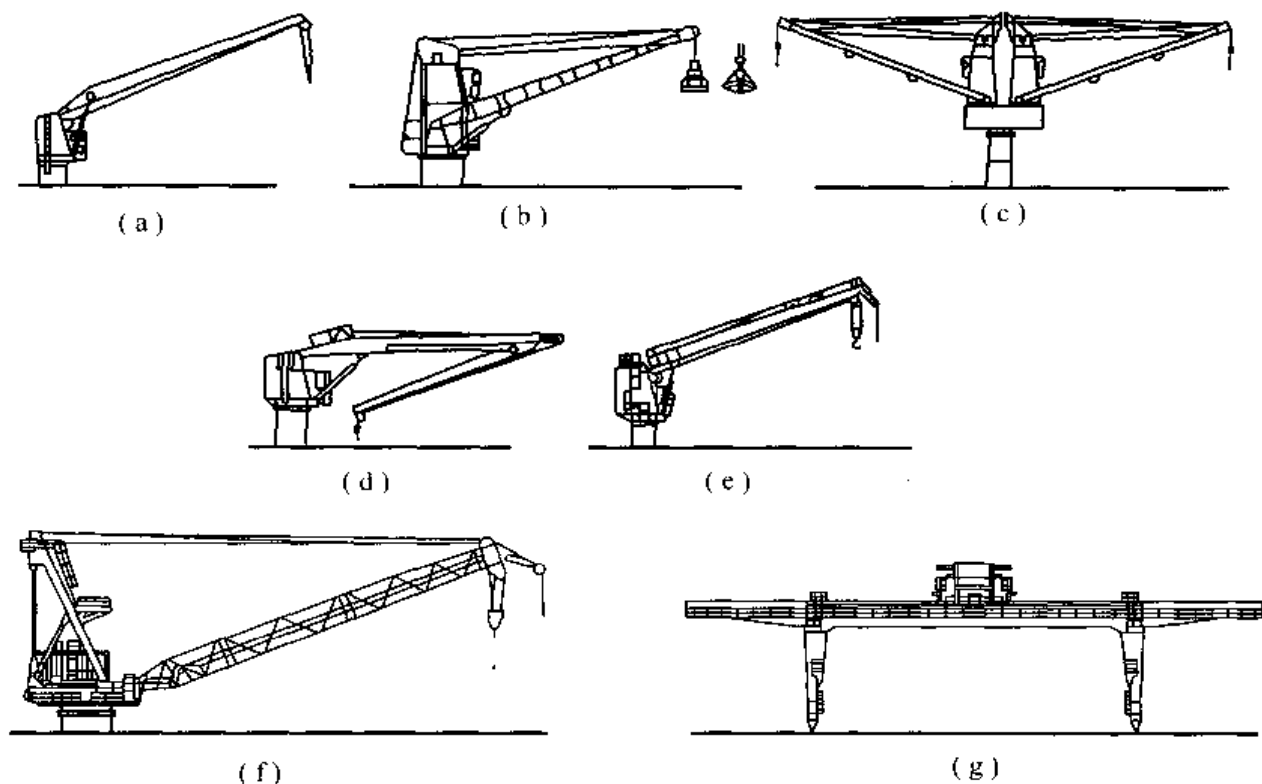


图 6-12 船用起重机

(2)能按操作者的要求,方便灵活地装卸货物;
 (3)能按起吊轻货、重货、空钩以及货物着地等不同情况,在较广的范围内调节其速度,且具有良好的加速和减速的特性;

(4)在起货或卸货的过程中,能根据需要可随时停止,且能握住货物。

1. 以结构方式分类

回转起重机是船用起重机中最常用的类型,其机构形式有两种。

(1)在吊臂上端有变幅及起货钢索通向起重机塔身上部,并且具有水平变幅的性能,即吊臂变幅时,吊钩位置基本保持水平运动,如图 6-13 所示。此种起重机使用较广。

(2)吊臂转动端在塔身顶部,借助变幅油缸改变工作半径,这种结构形式,一般无水平变幅性能,如图 6-14 所示。这种起重机主要用于中、小型船舶及航道高度受限制的场合。

2. 以驱动方式分类

起重机按驱动方式分为电动和电液驱动两种。

(1)电动起重机的效率高、调速正确、操作简便、维护保养少和易于遥控。

电动起重机常用的有发电机—电动机系统和可控硅控制系统两种。前者采用三输出方式,分别向起升、变幅和回转电机供电,具有电机台数少、体积小和装机容量小的优点,保留了直流电机启动、调速性能好的特点;后者在操纵性、效率和尺度等方面较为优越,此种形式的大起重量电动起重机正逐步用在大型船舶上。其起重量系列为 5~40 t,最大工作半径为 12~36 m。

(2)电液驱动起重机的操作平稳、重量轻、体积小、无级调速、具有恒功率、空钩高速和重载慢速的特性,由于液压技术的不断提高,同时采用了电子控制,又保持了电动起重机的优



点,因此电液驱动起重机已得到广泛的采用。

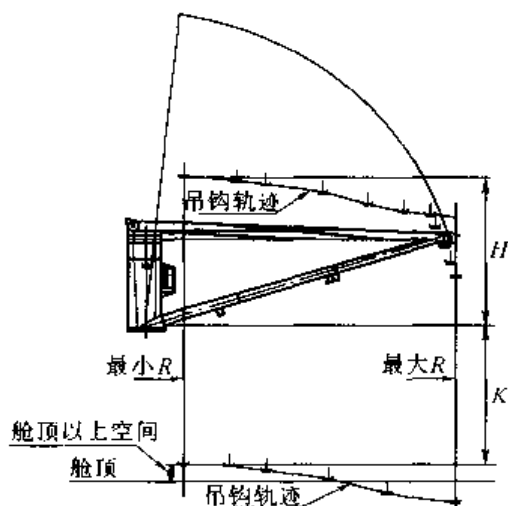


图 6-13 钢索变幅起重机

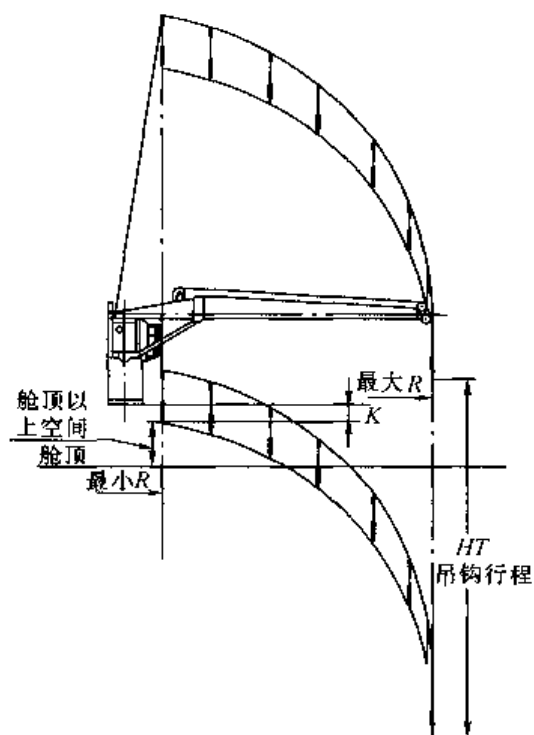


图 6-14 油缸变幅起重机

在起重机塔身内的电动机—液压泵组是采用一台电动机带动 3 台液压泵,分别驱动起升、变幅和回转机构的液压马达或液压缸。高压型电液驱动起重机通常是采用轴向柱塞式液压泵和液压马达。绞车的传动机构为行星齿轮传动,并与液压马达一起装在绞车卷筒内部,结构紧凑。变幅机构有用液压缸和变幅绞车两种类型。中压型电液驱动起重机常采用叶片泵和液压马达或大扭矩低速液压马达。

电液驱动起重机的起重量系列为 5 ~ 50 t,最大工作半径 32 m,满载起升速度一般为 12 m/min 左右,高速型可超过 20 m/min,空钩速度通常为满载的一倍;回转速度一般为 1 r/min 左右,且随船舶浮态不同而改变;从最大工作半径至最小工作半径的变幅时间约为 1 min。

三、船用起重机的选择

船用起重机的选择有以下是一些原则。

- (1) 驱动动力的形式,往往取决船东的选择。
- (2) 起吊能力的大小,主要取决装卸货物的种类(集装箱船通常选用 36 ~ 40 t),同时也应考虑造价的因素。
- (3) 跨度的大小,通常舷外跨距应不小于 6 m 左右,同时也要满足舱内装卸的要求。此外还要考虑吊臂搁置的位置。
- (4) 起重机的回转、变幅和起货速度等这些参数在各厂商的产品样本上均已标明。设计者可根据船东的要求选择。

四、船用起重机的布置

船用起重机通常布置在两货舱间的船体中心线上,如图 6-15 所示。可兼顾前、后两舱



的货物装卸作业,这种布置的前、后两台起重机可以联吊,装卸重货。

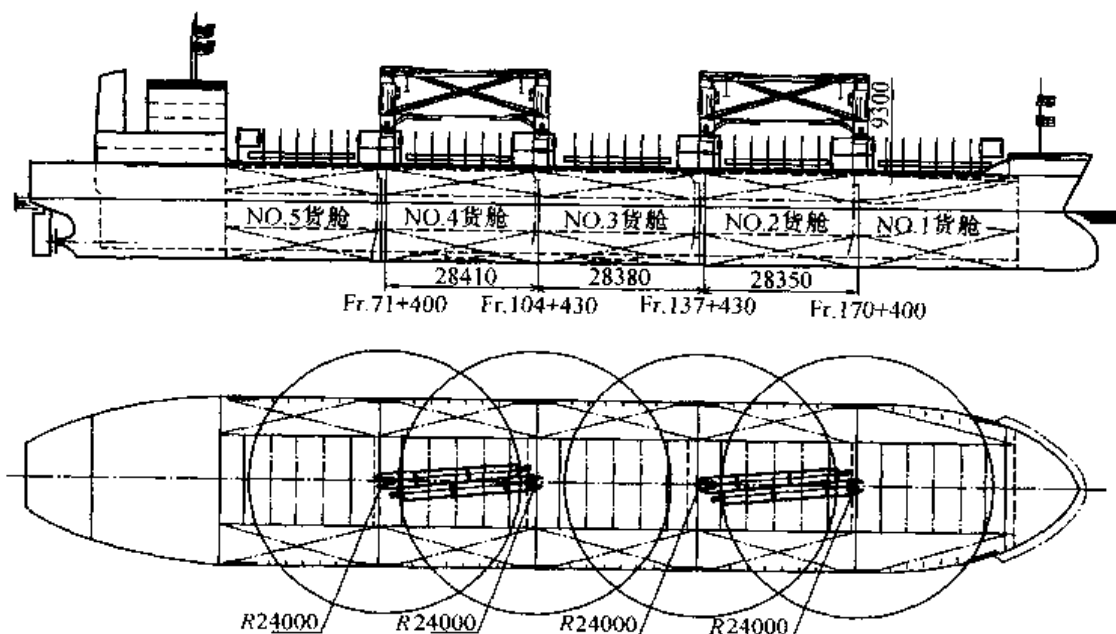


图 6-15 运木船起重机布置

对集装箱船而言,上述布置不理想。因为起重机会影响集装箱的堆装,故开发了细长型起重机,它仅占一个箱位,且该种起重机的最小工作半径只有 2.4 m,连起重机旁的集装箱堆也可吊装。因此,目前的集装箱船大多选用细长型起重机,且布置在船舷处,如图 6-16 所示。此种布置可以增加船舶装箱数,提高经济效益。但是,对过小的船舶采用这种布置时应特别注意船舶横向平衡问题。

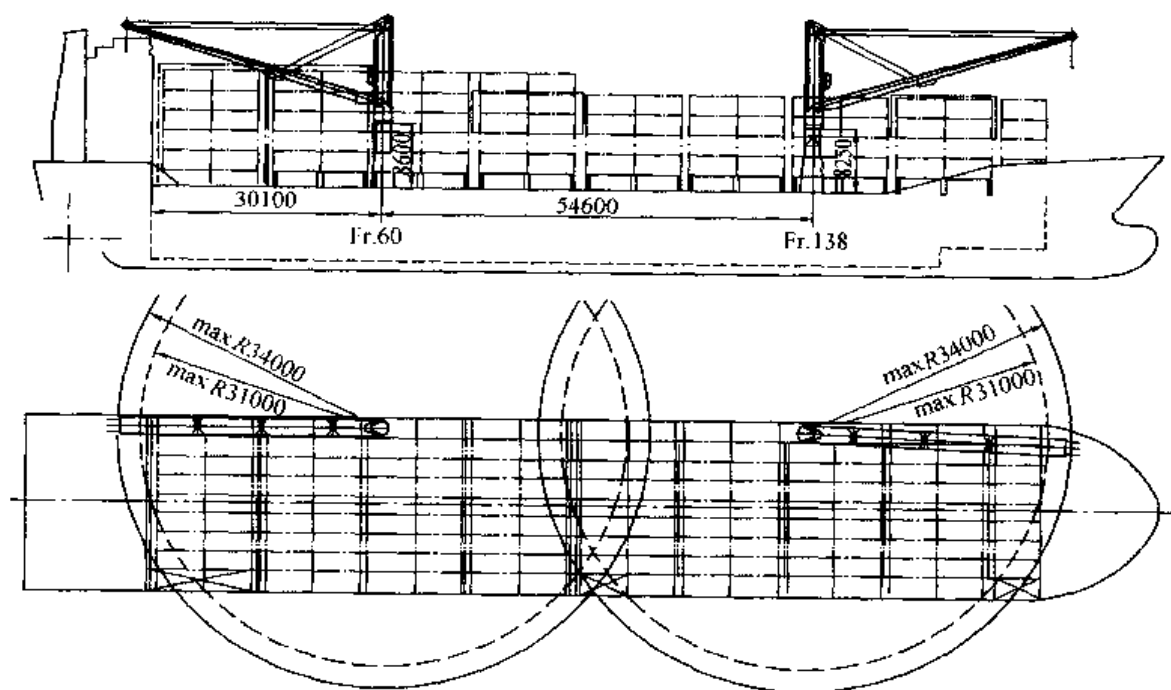


图 6-16 集装箱船舷边起重机布置



第七章 舱口盖和滚装设备

第一节 舱口盖的结构形式

货舱舱口盖是船上货舱区域甲板开口的关闭装置,属于货物垂向卸用的通道设备。现代钢质海船上,传统的盖帆布的木质舱口盖几近绝迹,绝大多数采用钢质舱口盖。

舱口盖基本组成部分:盖板结构、密封装置、压紧装置、支撑装置、限位装置。多块盖板组成的机械传动舱口盖,还没有连接装置、滚动装置及驱动装置等。

露天甲板舱口盖为风雨密舱口盖,货舱兼作压载水舱时,楼天甲板舱口盖仍为风雨密,中间甲板舱口盖一般为非密性舱口盖。

舱口盖除了作为关闭装置之外,还能载运各种甲板货物,诸如杂货、木材、集装箱等货物。中间甲板舱口盖还有时可以用作谷物舱分隔。

除吊离式舱口盖外,钢质机械舱口盖式还有单拉式、铰翻式、折叠式、直拉式、滚移式、背载式、伸缩式、卷收式、滑移式等,以及多种形式组合舱口盖(见表7-1)。近代钢质货船中常用的为吊离式、单拉式、折叠式、侧移式和背载式等5种(见表7-2),其中单拉式舱口盖使用已日趋减少。

舱口盖操作方式主要有钢索操作与电动/液压操作两种。钢索操作主要借助于起货设备;电动/液压操作通过油缸、液压马达或开舱机进行驱动。

表 7-1 舱口盖发展史上主要形式分类

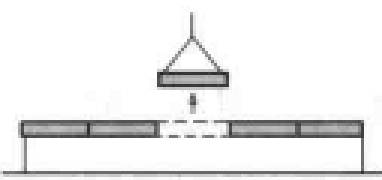
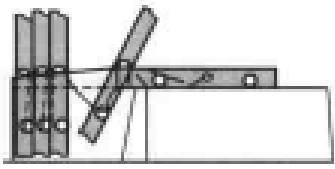
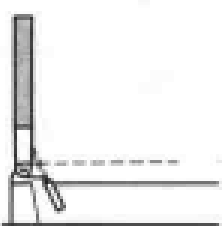
形式	简 图	操作方式		适用甲板	
		钢索	电动/液压	露天甲板	中间甲板
吊离式		适用	不用	适用	适用
单拉式		适用	适用	适用	不用
铰翻式		适用	适用	适用	适用



表 7-1(续)

形式	简 图	操作方式		适用甲板	
		钢索	电动/液压	露天甲板	中间甲板
折叠式 { 单对 多对		适用	适用	适用	适用
直拉式		适用	不用	适用	不用
滚移式 { 侧移 端移		适用	适用	适用	不用
背载式 { 单对 多对		不用	适用	适用	适用
伸缩式		适用	适用	适用	不用
卷收式		不用	适用	适用	不用
滑移式		不用	适用	适用	不用
组合式 { 单拉式 + 吊离式 + 单拉式 多块折叠式 + 吊离式 + 多块折叠式 多块折叠式 + 滚移盖板 + 多块折叠式		适用 适用 适用	适用 适用 适用	适用 适用 适用	不用 适用 适用



表 7-2 常用的 5 种形式舱口盖

舱口盖形式	收藏位置	舱口位置	优选船型
吊离式	可堆放在船上或码头上	露天甲板或中间甲板	中小型杂货船、多用途船、木材 输船、大型集装箱船
单拉式	低于藏于舱口端部	露天甲板	小型杂货船、散货船、多用途船
折叠式	高收藏于舱口端部	露天甲板或中间甲板	杂货船、多用途船、冷藏船、35 000 t 以下散货船、木材运输船
侧移式	低于藏于舱口侧部	露天甲板	40 000 ~ 150 000 t 大型散货船、矿油两用船或矿谷油三用船
背载式	可收藏于净开口内外	露天甲板或中间甲板	杂货船、多用途船

一、盖板结构

1. 结构形式

顶部由顶尖、折角顶及平顶组成。顶尖、折角可减轻结构质量,平顶适用于盖板上装载甲板货的各种舱口盖。结构有开式、闭式及局部闭式(即主梁为箱形梁)。闭式结构主要用于装载谷物、压载水及液货的舱口。闭式结构盖板因刚性大、温差变形明显、与船体匹配性能差等因素,在露天甲板大型舱口盖中采用已日趋减少。

2. 组成

开式结构盖板一般由梁及板组成。主要构件为顶板、端板、侧板、纵梁、横梁及扶强材等构件。闭式结构又顶板、端板、侧板、纵向和横向桁材及扶强材等组成板架。

3. 主梁腹板

为满足规范对强度和刚度要求,并减小盖板结构质量,通常主梁中部腹板高度取跨距的 5.0% ~ 5.5%;对于收藏位置受限制,且负荷不能过大的舱口盖,例如单拉式,横梁腹板高度最少可取跨度的 4%;对于盖板型深不受限制,且负荷重,所需剖面模数值大的主梁,中部腹板高度可取跨度的 6% 左右,使中和轴接近中心位置而减轻质量。

4. 变截面梁

设计变截面梁可减轻盖板结构质量。通常用改变顶板厚度、面板厚度、面板宽度、腹板高度及腹板厚度等方法予以实现。

5. 侧部及端部

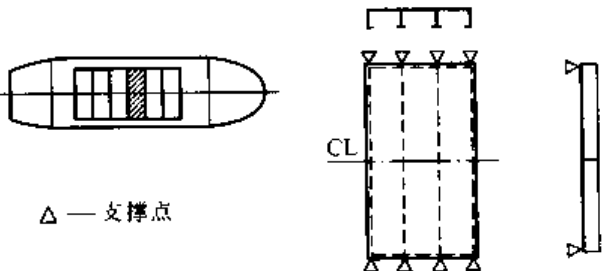
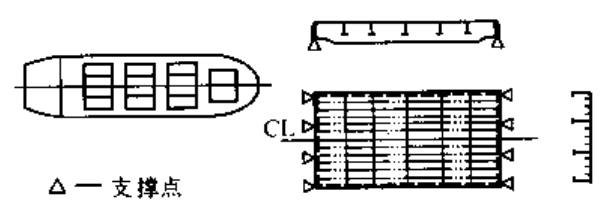
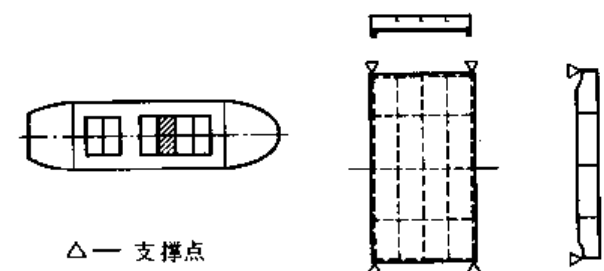
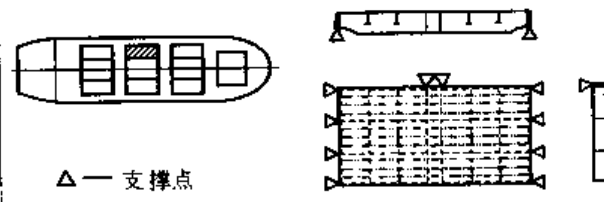
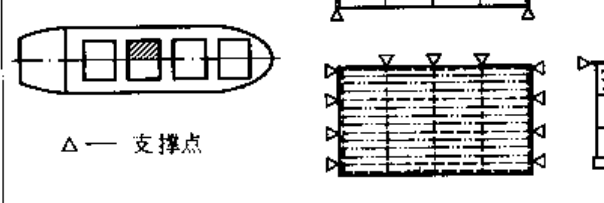
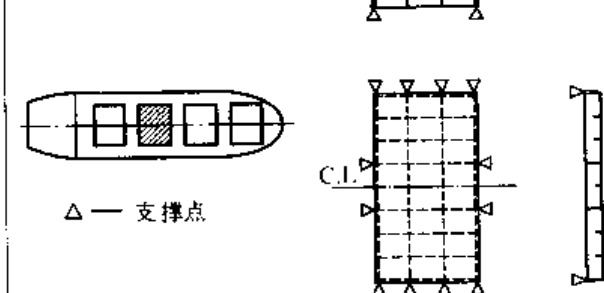
减低侧部或端部高度,可减小质量以及降低盖板上所承运的集装箱重心高度,甚至对某些舱口盖,例如折叠式舱盖启闭运动有利。但会导致梁部腹板有过大切应力,为此,需增加端部腹板厚度。

6. 常用结构布置

适用于各种形式舱口盖的典型盖板结构布置,见表 7-3。



表 7-3 典型盖板结构布置

形式		边界条件	使用舱口盖
横骨架式	 <p>△ — 支撑点</p>	<p>盖板两侧搁在舱口围板的面板上</p> <p>支撑点位于横梁端部</p> <p>适用于承受均部负荷</p>	通常用于单拉式、吊离式舱口盖的中间盖板
纵骨架式	 <p>△ — 支撑点</p>	<p>盖板两侧搁在舱口围板的面板上</p> <p>支撑点位于横梁端部</p> <p>适用于承受集装箱负荷</p>	通常用于集装箱船吊离式舱口盖的中间盖板
混合骨架式 (一)	 <p>△ — 支撑点</p>	<p>盖板两侧搁在舱口围板的面板上</p> <p>支撑点位于横梁端部</p> <p>适用于承受均部负荷及集装箱负荷</p>	通常用于单拉式、折叠式、吊离式、背载式中间盖板
混合骨架式 (二)	 <p>△ — 支撑点</p>	<p>盖板艏艉两端及一侧搁在舱口围板面板上</p> <p>支撑点位于纵梁两端及横梁一端</p> <p>适用于承受集装箱负荷</p>	通常用于集装箱船吊离式舱口盖左右两块盖板
混合骨架式 (三)	 <p>△ — 支撑点</p>	<p>盖板艏艉两端及一侧搁在舱口围板面板上</p> <p>支撑点位于纵梁两端及横梁一端</p>	通常用于大型散货船侧移式舱口盖左右两块盖板
混合骨架式 (四)	 <p>△ — 支撑点</p>	<p>盖板四周搁在舱口围板的面板上</p> <p>支撑点位于纵梁端部及横梁端部</p>	<p>一个舱口仅一块盖板</p> <p>通常用于吊离式、断移式、背载式</p>



第二节 舱口盖

一、吊离式舱口盖

1. 简介

吊离式舱口盖(见图7-1)的各块盖板之间既无连接装置也无传动装置,盖板上装有起吊眼或集装箱起吊底座,有船上、岸上起货设备或集装箱吊架直接将盖板吊离。盖板可堆放于相邻的舱口盖顶板上,也可堆放于码头上。这种舱口盖既适用于露天甲板,也适用于中间甲板,如露天甲板上的钢质舱盖板仍以传统使用的木楔子、压紧扁钢、绳索及帆布遮盖,达到风雨密的吊离式舱口盖,某些规范中也称其为箱形舱口盖。

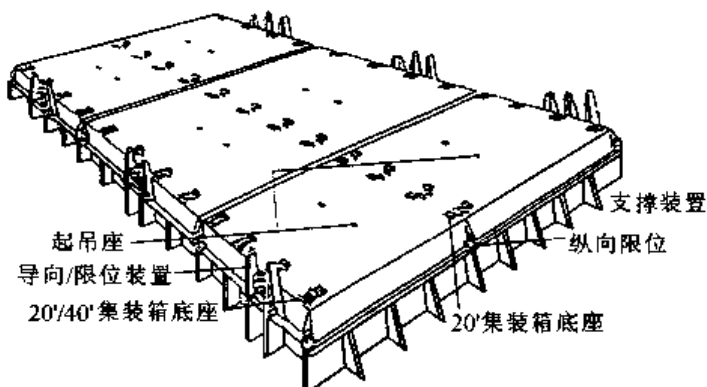


图7-1 吊离式舱口盖

2. 操作

通常有3种操作方法:

- (1)通过钢索、卸扣、眼板,用船上或岸上起货设备吊离盖板;
- (2)用码头上集装箱专用吊架(20'或40'吊架)系住盖板上集装箱起吊座吊离盖板;
- (3)通过4只扭锁式集装箱起吊座、钢索及吊环组成集装箱吊具,系住盖板上集装箱起吊座,由船上或岸上起货设备吊离盖板。

3. 特点与应用

吊离式舱口盖简单可靠,无需配置驱动装置,故造价便宜,维修保养方便。因盖板块数不受限制,适合于各种长度的舱口,也适合于各层甲板舱口。较多应用于全集装箱船露天甲板、多用途船中间甲板及长舱口舱口盖。也常常与单拉式或折叠式组合在一起,作为长舱口的组合舱口盖。该舱口盖不适合于无起货设备的散货船。在全集装箱船中,尽管无起货设备,但可用码头上集装箱专用吊架吊放盖板,吊离一块盖板如同吊离一只集装箱,十分方便。

二、单拉式舱口盖

1. 简介

单拉式舱口盖(见图7-2)由艏端盖板、艉端盖板及多块中间盖板组成。在盖板两侧装有偏心轮(或滚轮)、平衡轮、衔接器及顶升眼板。各盖板的平衡轮之间有链条连接。启闭舱口盖的钢索或传动链系于艏端盖板。开舱时,拉动艏端盖板,就会带动

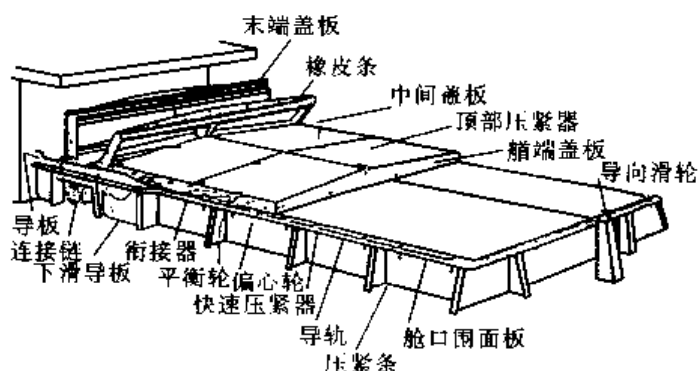


图7-2 单拉式舱口盖



所有盖板运动。盖板先借助滚轮在舱口围板的面板上滚行,而后平衡轮沿导板上升,偏心轮沿引导板下滑,盖板自行翻转,继续滚行,直至所有盖板收藏于舱口端部。

2. 操作

(1) 钢索操作 启闭索系在艏端顶板部中央。借助起货吊钩或钢索绞车,拉动单根钢索便可开启舱口盖,见图 7-3。

(2) 长链传动 循环链系在艏端盖板两侧。由液压马达或开舱机驱动链轮,拉动长链开启舱口盖,见图 7-4。

(3) 固定链传动 链条固定于两侧的舱口围面板

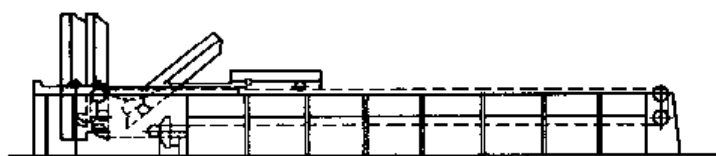


图 7-4 长链传动

口盖,开启省力;操作方式多种多样;盖板分块可多可少,布置上适应性较强;通常收藏地位高度,盖板可以藏于桅房的前后端,起货平台下方,收藏地位经济,故曾广泛应用在舱口宽度小、甲板货物载荷小的中、小型干货船上,例如杂货船、散货船、木材运输船、多用途船等。

单拉式盖板分块长度受到舱口围高度约束,盖板厚度受到收藏长度约束;为了满足强度及刚度要求,舱口不宜过宽(标准型舱口盖开口通常 11 m 以下)。盖板上不宜装载太多集装箱(通常最多两层)。

现代钢质货船向专用化及多用途化发展,舱口越来越大,甲板货越来越重,甲板上布置越来越紧凑,故单拉式舱口盖使用日趋减少。

三、折叠式舱口盖

1. 简介

折叠式舱口盖(见图 7-6),一般由两块盖板组成,称单对折叠式。盖板之间用铰链连接,近舱口端部两侧设置滚轮。开启过程中,主动盖板绕端铰链轴旋转,并将从动盖板的滚轮拉上轨道,直到两块盖板相互折叠在一起,收藏于舱口端部之外,舱口围板的面板上。

由两对或两对以上的盖板组成的折叠式称为多对折叠式舱口盖。各种盖板之间用拖曳眼板连接。开启时,逐对依次折叠。

2. 特点及应用

(1) 折叠式盖板强度好,不易损坏,适宜装载各种甲板货;横接缝无需设压紧器,滚轮无

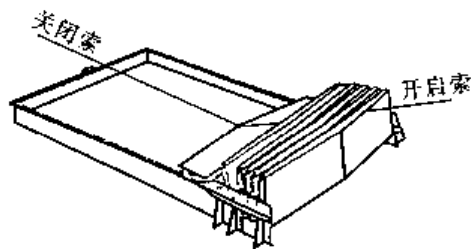


图 7-3 钢索操作

上。电动开舱机安装在首端盖板内部,通过传动装置驱动两侧链轮在固定链上滚行,从而开启舱口盖,见图 7-5。

3. 特点及应用

普通型单拉式属于低收藏舱

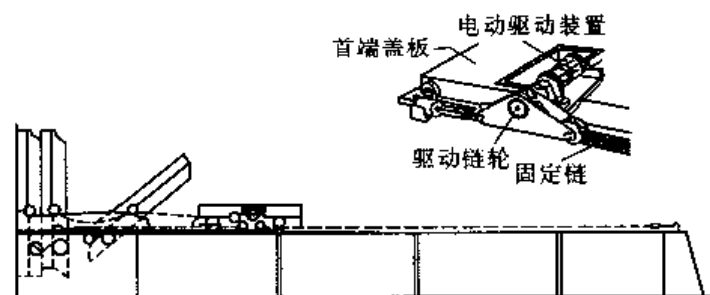


图 7-5 固定链传动



需设顶升装置,启闭操作简单可靠;收藏长度及高度适应性大,既适用于露天甲板,也适用于中间甲板,故广泛应用于普通干货船、多用途船、冷藏船、木材运输船及中小型散货船。

根据舱口长度和收藏地位进行盖板分块,确定盖板对数及收藏方向。优先采用单对折叠式,对于仅在一端有足够收藏地位的舱口,或较长舱口,盖板块数多,可采用多对折叠式。

(2)多对折叠式结构复杂,可靠性不如单对折叠式,加之维修保养不方便,所以,通常钢索操作折叠式向一端收藏不宜超过两对;油缸驱动折叠式向一端收藏不宜超过三对。露天甲板三对折叠式极少采用。

(3)向两端开启的舱盖,如无局部开启的装载要求,分离缝一般设在舱口长度中间,盖板艏艉对称布置。

(4)多用途船舱口上下均装载集装箱时,为满足局部开启要求,分离缝位置根据舱口盖上下集装箱位置来确定。对于纵向布置3排20'集装箱(或1排20'、1排40'集装箱)的货舱口(净开口长度约19.2 m),舱口盖分离缝不设在舱口长度中间,而是设在20'与40'集装箱之间。

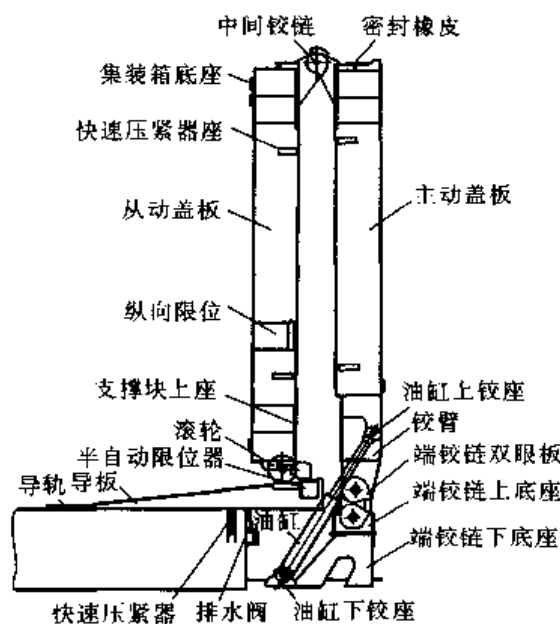


图 7-6 折叠式舱口盖

四、侧移式舱口盖

1. 简介

侧移式舱口盖(见图7-7)通常由一块或两块盖板组成,舱口盖上设有滚行装置、顶升装置、密封装置、连接装置、限位装置及驱动装置。盖板水平滚移,收藏于舱口侧部外导架处。两块盖板组成的侧移式,盖板间接缝纵向设置,左右盖板分别向两侧开启。

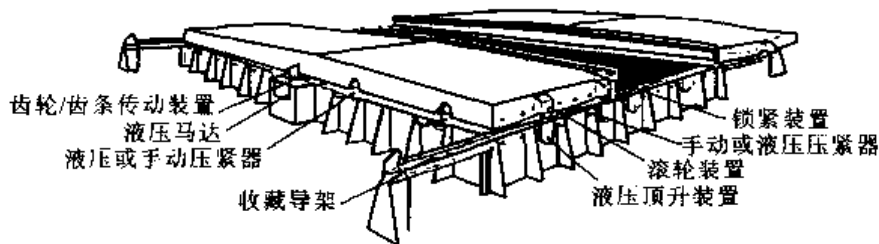


图 7-7 侧移式舱口盖

2. 特点及应用

侧移式舱口盖属于低收藏舱口盖,开启省力,适合于较大、较重的盖板;舱口旁边需要有足够储存盖板的地位,故广泛应用于舱口宽度50%以下的40 000~150 000 t级大型散货船,矿谷两用船及矿谷油三用船。该舱口盖优点为盖板块数少,结构简单,启闭可靠,操作方便,保养容易。



3. 驱动方式

(1) 钢索传动 借助眼板、卸扣、钢丝绳等组成的索具,通过导向滑车传动,由船上绞车或起重机驱动。为了避免船舶横倾影响,舱口盖启闭过程中需设置制动索。两块盖板可设置同步索,以简化操作,见图 7-8。

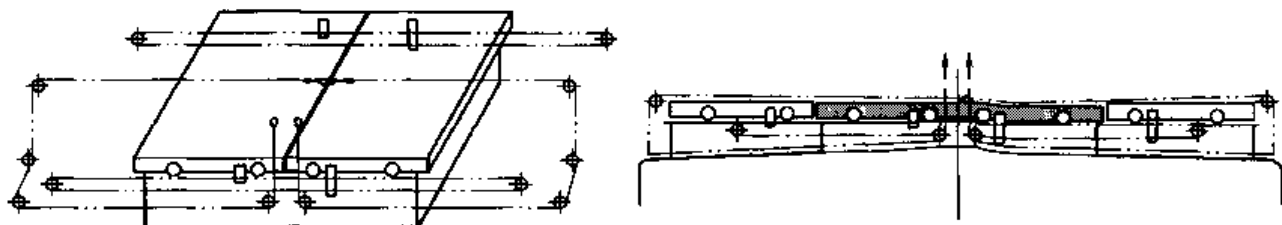


图 7-8 钢索传动

(2) 长链传动 由循环长链传动,低速大扭矩液压马达驱动,其与长链传动的单拉式舱口盖相似。液压马达设置于舱口一侧,轴端装有双头导向链轮,可以分别驱动安装于舱口两端的循环链,拉动盖板时,左右盖板能同时等速运动,如图 7-9 所示。

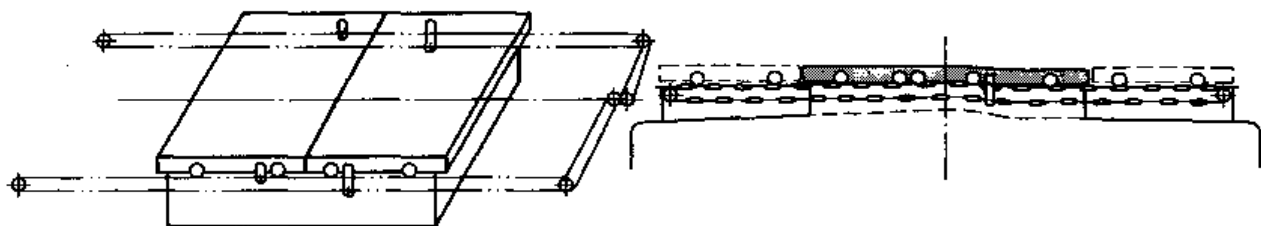


图 7-9 长链传动

(3) 齿轮、齿条驱动 设置在舱口侧部的低速大扭矩液压马达,通过小齿轮传动,驱动设置在盖板底部的齿条,启闭舱口盖。比钢索操作或链条传动方式先进可靠,操作简便,安装容易,保养方便。在大型散货船,矿油两用船或矿谷油三用船上广泛应用。齿轮、齿条驱动装置,通常有两种布置形式,一种为齿条布置在舱口盖底部中央,其优点为布置简单,启闭过程中盖板受力均匀,但侧部齿条处密封节点应作特殊设计。另一种为齿条布置在舱口端板之外,其优点为齿条与货物分离,整根齿条不用分两段,舱口盖侧部密封简单可靠;但启闭过程中,盖板仅一端受力,为了使盖板滚移时不偏转,必须设置滑块或水平导向滚轮。齿轮、齿条驱动装置如图 7-10 所示。

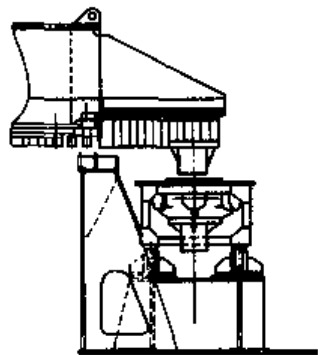


图 7-10 齿轮、齿条驱动

五、背载式舱口盖

1. 简介

背载式舱口盖(见图 7-11),又称提升—滚移式舱口盖,是从滚移式舱口盖发展演变而成的一种形式。盖板成对滚移,其中一块为动力盖板,外侧装有滚轮,滚轮下均设低顶升油缸,滚轮顶起后,可在轨道上滚行;另一块无动力盖板的外侧装有伸举臂,四只竖立的高顶升



油缸装在外伸臂下方的舱口围旁。当无动力盖板被油缸升起足够高度时,动力盖板滚移到它下方,然后放低无动力盖板,动力盖板便可背载无动力盖板,两块一起滚移至收藏位置。

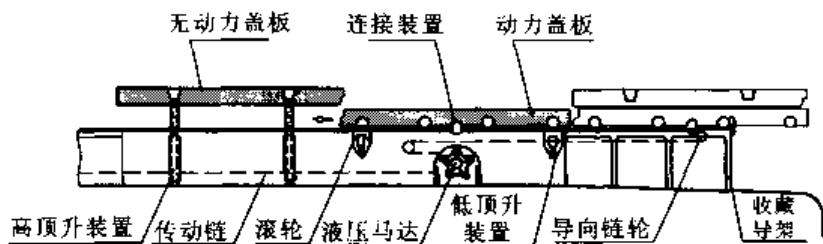


图 7-11 背载式舱口盖

2. 驱动方式

动力盖板常用以下 4 种方式驱动。

(1)长链传动 由循环长链传动,低速大扭矩液压马达驱动,舱口盖两侧均设置驱动链,这与单拉式及侧移式舱口盖相同。也可仅在舱口一侧设置长链。

(2)固定链传动 微型电动绞车装于盖板内,一只主动链轮及两只从动链轮组成的牵引装置,沿着铺设在舱口围面板上的固定链行走驱动盖板;电动绞车左右对称,成对设置。

(3)内置驱动装置 盖板内装电动机及减速齿轮箱,直接驱动滚轮。每块动力盖板内设有两套或四套驱动装置,可用于常重的盖板,如图 7-12 所示。

(4)齿轮、齿条驱动 驱动机构与侧移式舱口盖相同。

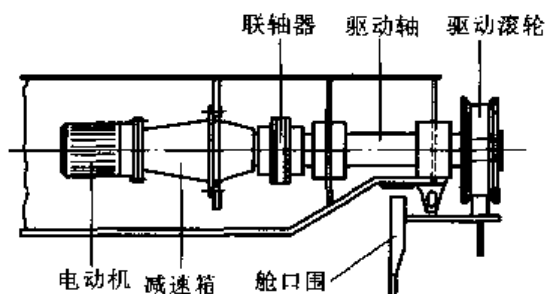


图 7-12 内置驱动装置

3. 特点及应用

(1)背载式特点之一为盖板水平滚移,每次仅驱动一块或二块盖板。开启力小,故盖板可设计得很大;特点之二为盖板能在货船开口内外滚移,根据使用要求布置,既可堆放在舱口范围之内,也可堆放于舱口之外的侧部或端部,甚至可滚移至相邻舱口的上方。

(2)适用舱口宽度达船宽 85% ~ 90% 的货船。每个舱口仅一块盖板,相邻舱口组成一对背载式舱口盖,或每个舱两块盖板,在开口范围内左右滚移,实现半个舱开启;这种盖板大而重,两块盖板最重可达百吨以上,故通常动力盖板采用内置驱动装置。

(3)适用于特长舱口的多用途船。有 10 块以上盖板组成的背载式舱口盖,动力盖板与无动力盖板间隔设置,能够实现各个位置的局部开启,以装卸舱内某一排集装箱,也可开启半个舱或整个舱。当开启整个舱时,盖板可堆放于舱口船端或艏端的收藏处,这种情况下通常采用长链传动,由液压马达驱动。

(4)适用于大型散货船。当每舱设置两块盖板,开舱后需要收藏于舱口同一侧(端),侧(端)移式无法实现,只能采用背载式。此时,动力盖板端部设置齿轮、齿条传动或通过长链传动,由液压马达驱动。也可由固定链传动,通过盖板内微型绞车驱动,后者使用较少。

(5)适用于无收藏地位的中间甲板。一个舱口仅有一块动力盖板,开舱时动力盖板推动无动力盖板至舱口内一端收藏。收藏处设置堆置装置及顶升油缸,逐一起升盖板,相互叠



置。关舱时,将盖板逐一拉回。动力盖板也可背载全部盖板滚移至舱口另一端收藏。为此也称为叠置式盖板。通常由长链传动,液压马达驱动。适合舱口不大的中小型杂货船、冷藏船及多用途船。

第三节 盖板结构强度

舱口盖的盖板结构强度应按各国船级社及 IACS 的规定进行计算。现将 CCS 中对舱口盖负荷、许用应力、许用挠度及支撑构件有效带板宽度的要求摘编如下。

1. 负荷(见表 7-4)

表 7-4 负荷要求(CCS)

位 置			计算压头 h/m	说 明
露天甲板	风雨载荷	位置 1	$0.014L_1 + 1.07$	$L_1 = L$, 其中 L 为垂线间长(m); $L_1 < 24$ m 时, 仍取 $L_1 = 24$ m; $L_1 > 100$ m 时, 仍取 $L_1 = 100$ m; $P =$ 货物负荷(t/m^2)
		位置 2	$0.01L_1 + 0.8$	
	均布货物负荷		$1.39P$	
	居住舱内		1.8	
下甲板	均布货物负荷		h	h 为舱口盖顶至上层舱口盖扶强材下缘的垂直距离(m)

注:1. 上述计算压头用于按规范进行强度计算。

2. 如进行直接计算,计算压头按下式换算成相当均部负荷

$$P = 0.27h \quad (t/m^2)$$

3. 位置 1——在敞开的干舷甲板和舷升高甲板以及在距艏垂线 $L/4$ 之前的露天上层建筑甲板上;

位置 2——在距首垂线 $L/4$ 之后的露天上层建筑甲板上。

2. 许用应力及许用强度(见表 7-5)

表 7-5 许用应力及许用挠度(CCS)

位置	负荷种类及密封形式		许用弯曲应力 [σ]/($N \cdot mm^{-2}$)	许用切应力 [τ]/($N \cdot mm^{-2}$)	许用挠度 /m
露天甲板	风雨 载荷	普通盖板(橡皮密封)	$0.235\sigma_b$	$0.292\sigma_s$	$0.0028L_0$
		箱形盖板(帆布密封)	$0.2\sigma_b$		$0.0022L_0$
	均布货物负荷		$0.235\sigma_b$		$0.0028L_0$
	集装箱负荷		$0.5\sigma_s$	$0.292\sigma_s$	$0.0028L_0$
下甲板	均布货物负荷或集装箱负荷		$0.5\sigma_s$	$0.292\sigma_s$	$0.0035L_0$

注: σ_b ——材料抗拉强度(N/mm^2);

σ_s ——材料屈服强度(N/mm^2);

L_0 ——扶强材的跨距(m)。



二、密封装置

1. 一般要求

- (1) 露天甲板和液舱上的钢质舱口盖应采用通用的密封装置,以满足船级社的要求。
- (2) 对微小渗漏造成的湿气特别敏感的货物,其舱口盖密封填料和排水设施可作特殊考虑,并须经船级社认可。

2. 设计要求

- (1) 口盖本体及其承载的负荷,均由钢结构承受,并传递到舱口围上,而不是由密封填料传递。

(2) 应采用受压后能满足风雨密封要求的质地较软的弹性材料制成密封填料来密封,与密封填料相接触的压紧条应呈圆弧状,并用抗腐蚀材料制成。

(3) 由于船体变形使舱口盖和船体结构之间或相邻盖板之间有较大相对位移的船舶,密封填料及紧固装置应作特殊考虑。

(4) 密封填料的材质、形式及压缩量,应与舱口盖形式、紧固装置形式及舱口盖与船体结构之间预估的相对挠度、位移一并考虑。

(5) 为了保证紧固装置之间整个距离范围内有足够的密封压力,舱口盖边缘构件的惯性矩距离应按船级社规定进行校核。并按规范要求在安装以后作密封性试验。

3. 常用密封橡皮

常用密封橡皮见表 7-6。

表 7-6 常用密封橡皮

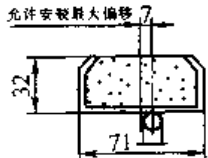
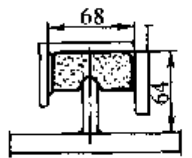
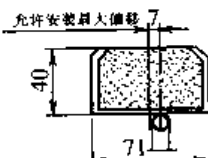
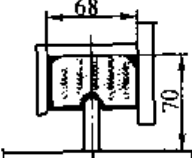
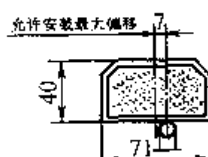
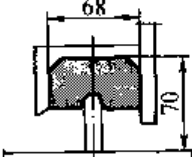
类型	结构特点	标准压缩量/mm	平均线压力 $/(N \cdot m^{-1})$	允许横移 量/mm	质量 $/(kg \cdot m^{-1})$	截面尺寸 /mm	安装尺寸 /mm
71×32 风雨密 橡皮	泡沫芯, 三面包 皮	8 ± 2	在 20℃, 标准压缩量为 2 200	$\leq \pm 12$	1.8		
71×40 风雨密 橡皮	泡沫芯, 三面包 皮	10 ± 3	在 20℃, 标准压缩量为 2 900	$\leq \pm 12$	2.1		
71×40 油密橡 皮	泡沫芯, 四面包 皮	10 ± 3	在 20℃, 标准压缩量为 7 000	$\leq \pm 12$	2.7		



表 7-6(续)

类型	结构特点	标准压缩量/mm	平均线压力/(N·m ⁻¹)	允许横移量/mm	质量/(kg·m ⁻¹)	截面尺寸/mm	安装尺寸/mm
93×50 风雨密橡皮	泡沫芯, 三面包皮	13±3	在 20℃, 标准压缩量为 3 750	≤ ± 22	3.5		
93×50 油密橡皮	泡沫芯, 四面包皮	13±3	在 20℃, 标准压缩量为 9 000	≤ ± 22	4.2		
60×65 屏式橡皮	挤制空心状	15±5	在 20℃, 标准压缩量为 3 700(软) 4 150(中) 8 600(硬)	无限(40 内扭动)	2.45(软) 2.7(中) 2.8(硬)		
70×67 滑移橡皮	挤制空心状	10±5	在 20℃, 标准压缩量为 3 600	无限	3.5		
95×65 滑移橡皮	挤制空心状	15±3	在 20℃, 标准压缩量为 12 500	无限	5.0		
72×67 滑移橡皮	挤制空心状	12±8	在 20℃, 标准压缩量为 4 400	无限	3.5		
150×74 滑移橡皮	挤制空心状	12±5	在 20℃, 标准压缩量为 3 500	无限	5.8		
110/70 ×32 双道绝缘橡皮	挤制空心状	8±5	在 20℃, 标准压缩量为 5 250	无限	0.5		



4. 无程序操作舱口盖的密封形式

当吊离式舱口盖上载运集装箱时,如需实现局部开启舱口盖,必须采用适当无程序操作的密封装置。通常有如下几种形式。

(1) 压入式密封装置

采用空心状滑移橡皮,靠盖板自重压入,使橡皮压紧,达到密封要求,如图 7-13 所示。因橡皮反作用力所产生的摩擦阻力导致启闭力增加,故不适合过轻盖板,以及 3 块或 3 块以上盖板组成的舱口板。

(2) 抽气密封装置

采用特殊空心橡皮,由便携式电动液压真空泵抽气,使橡皮压紧或松开,在正常大气压力状态下工作。如图 7-14 所示。真空泵最大真空度为 2 kPa,最大工作压力为 0.05 MPa,排量为 10 m³/h,功率为 0.75 kW。

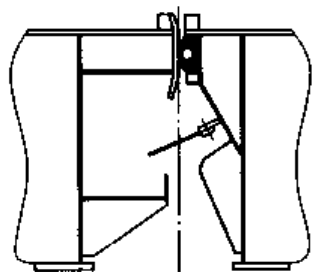


图 7-13 压入式密封装置

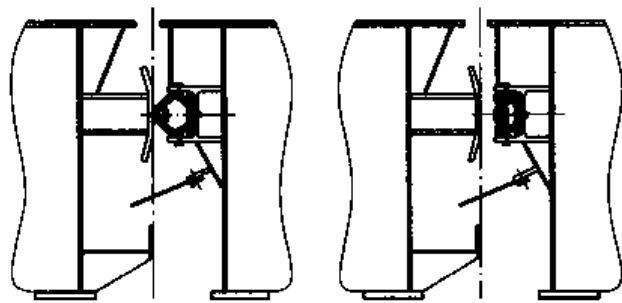


图 7-14 抽气密封装置

(3) Ω 形充气密封装置

采用 Ω 形的双层橡皮,压紧状态为正常大气压力,芯部为双内胎,充气后橡皮条脱离压紧条。可利用船上机舱压缩空气作动力,需布置管系通向每个舱口盖,将系统压力、流量降低,如图 7-15 所示。

(4) 旋转密封装置

采用泡沫橡皮,通过装在盖板内的油缸驱动可旋转的密封装置,达到密封要求,动力由液压泵提供,借助快速接头、软管与盖板连接。多用途船的长舱口采用背载式舱口盖时,这种密封装置较合适,如图 7-16 所示。

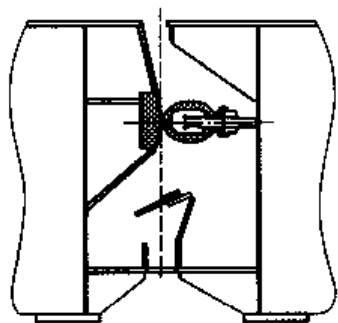


图 7-15 Ω 形充气式密封装置

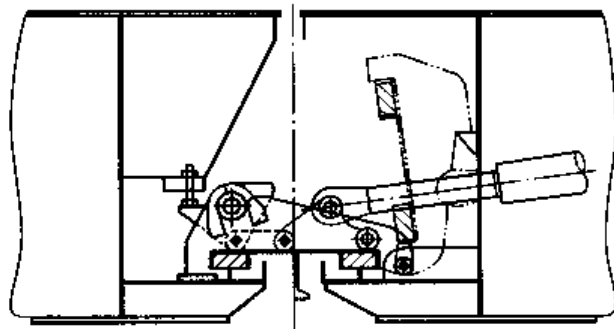


图 7-16 旋转密封装置



(5)双道平板橡皮

采用双道平板橡皮,挡住大多数的水流入舱内。使用于对少量泄漏造成的湿气不敏感的货物舱盖,须经船级社认可。通常用于全集装箱船,如图7-17所示。

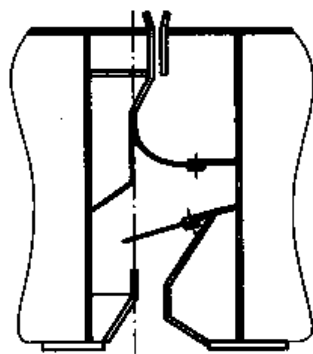


图7-17 双道平板橡皮

三、压紧装置

压紧装置设置于舱口盖四周及相邻盖板之间接缝处。主要作用是将舱口盖与舱口周围锁紧或将相邻盖板相互锁紧,同时也能保证舱口盖密封装置有效。

当舱口盖上载运货物时,盖板之间接缝处设置压紧器,能传递载荷,保证相邻盖板强梁变形相同。

1.压紧装置形式

通常的压紧装置可按表7-7所列几种特性分类。

2.基本要求

LACS 及各国船级社规范对于货露天甲板风雨密舱口盖的压紧装置均有规定,通常有如下一些基本要求。

(1)舱口盖四周(即舱口围板的面积处)及相邻盖板之间,通常以适当的间距布置合适的压紧装置(螺栓形、楔形或等效装置)来加以紧固。压紧装置的布置和间距应根据舱口盖大小型式、盖板边缘的刚性及密性有效性来确定。

表7-7 压紧装置分类

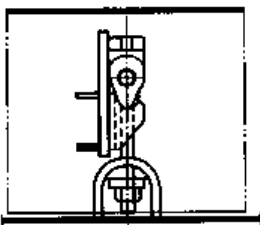
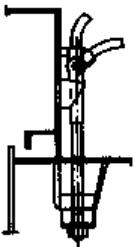
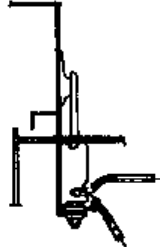
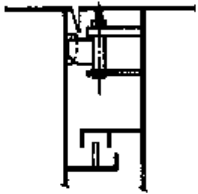
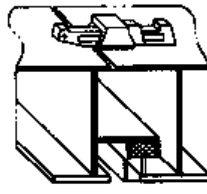
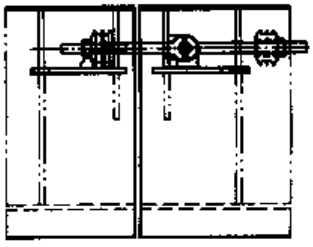
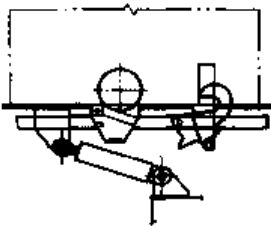
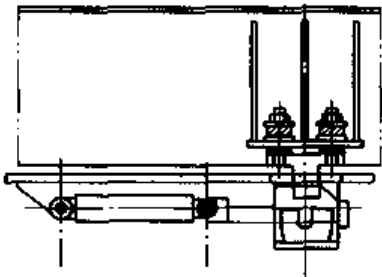
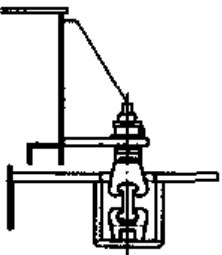
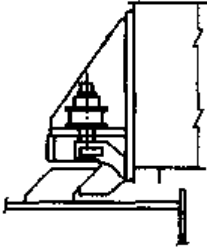
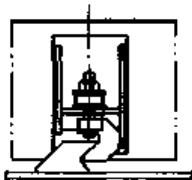
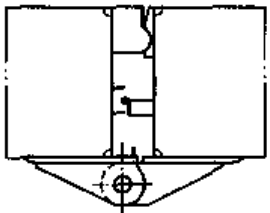
1	以压紧机构分类	螺杆式、连杆式、旋转式	
2	以操作方式分类	手动快速压紧器、液压压紧器、自动压紧器	
3	以受力大小分类	普通轻型压紧器、重型压紧器	
4	以布置方式分类	上置式、下置式(又可分上开式/下开式)、平置式	
手 动	上置式	下置式	
		上开式	下开式
			
	平置式	顶部压紧器	接缝压紧器
			



表 7-7(续)

液 压			
	端部	侧部	接缝
自 动			

(2)压紧装置有效净面积(cm^2)不小于按下式计算所得值:

$$A = \frac{1.4a}{K_s}$$

式中 a ——压紧装置的间距(m);

$K_s = (\sigma_s/235)^e$ ——材料换算系数;

σ_s ——材料最小屈服强度,取值应不大于 $0.7\sigma_b$ 或 450 N/mm^2 ,取其小者,其中 σ_b 是材料的抗拉强度(N/mm^2);

$e = 0.75$, 对于 $\sigma_s > 235 \text{ N/mm}^2$;

$e = 1.0$, 对于 $\sigma_s \leq 235 \text{ N/mm}^2$ 。

对于开口面积超过 5 m^2 的舱口,压紧装置断面净面积不小于 2.8 cm^2 ,或螺栓直径不小于 19 mm 。

(3)紧固装置可能承受密封橡皮的线压力,当线压力超过 5 N/mm 时,压紧装置有效净面积要成比例增加。

(4)盖板边缘刚度要足以承受两个压紧装置之间密封橡皮线压力,为此,盖板边缘的惯性矩 $I(\text{cm}^4)$ 不得小于按下式计算所得之值:

$$I = 6Pa^4$$

式中 P ——橡皮的线压力,最小取 5 N/mm ;

a ——压紧装置间距(m)。

(5)压紧装置的结构必须可靠,并能牢固地安装在舱口围板的面板及盖板上;每块盖板上各个压紧装置刚度应接近。

(6)当安装杆形压紧器时,压紧器必须配有弹性垫圈或缓冲衬垫。

(7)当采用液压压紧器时,必须配置机械锁紧装置,即使液压系统失效,机械装置也能锁定关闭状态的盖板。



3. 液压装置布置要求

- (1) 对于干货舱、压载舱及液货舱的压紧器间距,应根据规范的要求或通过直接计算确定。
- (2) 每块盖板的侧部至少要设置两个压紧器,当每块盖板之间设置了有效连接,可减少一只压紧器。

(3) 舱口四角的压紧器布置应靠近舱口角隅处。

(4) 通常舱口盖专业公司标准压紧器型式及材料均经船级社认可,材料屈服强度约在 $300 \sim 700 \text{ N/mm}^2$ 范围,抗拉强度约在 $490 \sim 900 \text{ N/mm}^2$ 范围。一般风雨密舱口盖四周轻型压紧器($\phi 22 \text{ mm}$)间距不超过 2 m ,重型压紧器($\phi 30 \text{ mm} \sim \phi 33 \text{ mm}$)间距不超过 6 m 。相邻盖板之间接缝处,四周轻型压紧器(直径 $\phi 22 \text{ mm}$ 或截面净面积 2.8 cm^2)间距不超过 1.5 m 。

(5) 如船级社没有明确规定时,对于装载甲板货的舱口盖。舱内装压载水或液货的舱口盖,结构设计成板架型式且多于两边支撑的舱口盖以及承受热变形明显的大型闭式结构盖板,压紧器的材料、截面尺寸、数量、间距应与计算所得的压紧器拉力相适应。

(6) 由于船体变形使舱口盖和船体结构之间或舱口盖相邻盖板之间有较大相对位移的船舶,压紧器结构及布置必须能适应这种较大的相对位移。

4. 承载集装箱的舱口盖压紧装置拉力计算

对于船级社没有明确规定,可采用如下估算公式来求得压紧器的拉力。

受力情况如图 7-18 所示,

$$FL_F = QL_Q - WL_W$$

式中 F ——压紧器向下拉力;

W ——盖板质量负荷;

Q ——盖板上负荷。

注意应用上述拉力对压紧器进行强度计算时,许用应力不得超过材料屈服强度的 80% 。为了防止盖板对舱口围面板作水平方向移动,舱口盖必须设置限制装置,以免压紧器承受水平力。

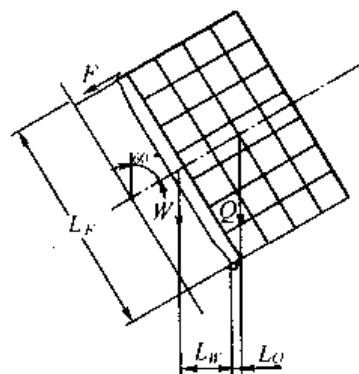


图 7-18 承载集装箱的舱口盖压紧装置受力图

四、支撑装置

舱口盖本体及其盖板上载运的货物所产生的垂向力,由支撑块传递给舱口围。支撑块设置在横梁或纵梁等主要受力构件端部下方。舱口盖侧板及端板直接搁在舱口围面板上的支撑型式已很少采用。

支撑装置设计应考虑舱口盖与舱口围之间的水平移动。为确保支撑装置使用年限,应减小支撑表面压力。GL、LR 对表面许用压力都有具体规定。

对于负荷大,且支撑表面有较大位移的支撑装置,建议采用防腐蚀、耐磨损或低摩擦系数的材料。如经船级社认可,也可采用非金属支撑材料。

上下支撑衬垫采用不同硬度材料时,耐磨硬质材料衬垫应比易磨损的软质材料衬垫略大。为修补和更换磨损材料,可采用可拆式的支撑装置。

1. 支撑装置型式

目前应用于船上的支撑装置型式见表 7-8。



表 7-8 支撑装置型式

形 式	特 点	应 用	简 图
低碳钢/低碳钢	上下衬垫硬度相同, 易磨损	用于货舱开口不大, 舱口围变形不大, 舱口盖上负荷不大的货船	
硬质材料/高强度钢 (HARDOX 500/AH36)	上衬垫为硬质淬硬钢, 下衬垫为高强度钢 AH36		
硬质材料/软质材料 (HARDOX 400/ WELDOX 700)	上下衬垫为不同硬度淬硬钢, 软质材料磨损后可更换	用于货舱开口较大, 舱口围变形较明显货舱口盖上负荷较大的各种货船	
弹性垫块/不锈钢板	弹性橡胶垫块, 内嵌钢片加强筋, 位移量小时仅作水平摆动, 大时能滑动		
含油衬垫/不锈钢板	含润滑剂, 摩擦力小		
聚四氟乙烯衬垫/不锈钢板	非金属低摩擦系数材料	用于舱口开口大, 舱口围变形大, 舱口盖上负荷大的大型全集装箱船	

2. 支撑衬垫表面许用压力

支撑衬垫上下支撑接触表面许用压力按各国船级社规范要求, 如规范无明确规定, 建议按如下要求。

(1) 名义许用压力 P_n



上下支撑面均为普通结构钢: $P_n = 25 \text{ N/mm}^2$ 。

上下支撑面采用不同硬度的淬硬钢: $P_n = 35 \text{ N/mm}^2$ 。

(2)最大许用压力: $P_{n\max} (\text{N/mm}^2)$

上下支撑表面无相对移动的支撑衬垫:

$$P_{n\max} = 3P_n$$

上下支撑表面有相对移动的支撑衬垫:

$$P_{n\max} = dP_n$$

式中 $d = 3.75 \sim 0.015L_{pp}$, 且 $1 \leq d \leq 3$, 对于部分装载, d 不小于 2;

L_{pp} ——船舶垂线间长(m)。

3. 支撑衬垫的水平摩擦力

支撑衬垫的水平摩擦力 $P_h (\text{N})$ 按下式计算:

$$P_h = \mu P_v \sqrt{d}$$

式中 μ ——摩擦系数, 通常钢对钢取 0.5;

P_v ——已经计及垂向加速度的垂向力(N);

d ——对于部分装载, d 不小于 2。

4. 支撑衬垫的位移

支撑衬垫的位移值, 应根据限位装置的位置、船体翘曲变形及舱口围板弯曲挠度的预计值来确定。

五、限位装置

装载货物的舱口盖在航行中由于船舶横摇和纵摇所产生的横向力和纵向力由横向限位装置及纵向限位装置传递给舱口围板。限位装置应根据舱口盖型式及货物负荷的大小合理布置以减小作用力, 并且应尽可能减少限位装置数量。

限位装置的水平力大小应进行计算, 提供给船体作结构加强, 限位装置水平接触面的压力应进行校核。

1. 设计要点

(1)限位装置的设置, 既要使舱口盖与舱口围板的面板牢固连接, 以防舱口盖纵向和横向位移, 又要允许舱口盖与舱口围板的面板之间相对移动。

(2)船体中垂、中拱及翘曲变形对舱口盖板位移影响程度与水平限位装置布置有关, 盖板接缝两侧的限位装置间距对接缝处密封条水平压缩量有明显影响。采用抽气式或充气密封装置的接缝, 相邻盖板上的位移装置一般不超过 8 m。

(3)一般横向限位块设置在左舷。因通常克令吊位于左舷, 左舷船体结构较右舷强。

(4)对于双排舱口, 甲板船体中心线处较弱, 故横向限位块建议设置在近舷侧的舱口围面板上。

(5)应尽可能地减少限位块的数量。在舱口盖操作区域许可的条件下, 可采用纵向及横向的双向限位块。

(6)单向或双向限位块的布置应根据舱口盖型式、盖板分块、舱口盖上负荷的形式来定。限位装置尽量设置在水平力作用线附近, 以减少或消除水平弯矩。

(7)无论船舶怎样摇摆, 应使每块盖板至少受两个力或一个力与一个力偶的约束。互相

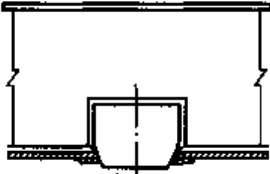
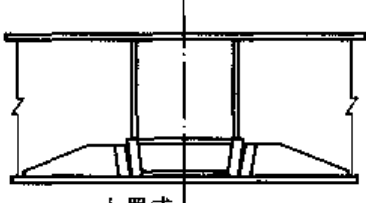
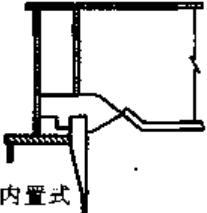
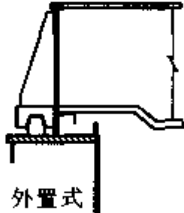


之间有效连接的盖板,应以整体受力计算。

2. 典型水平限位型式

典型水平限位装置型式见表 7-9。

表 7-9 典型水平限位装置

型式	位 置
纵向限位装置	 
横向限位装置	 

3. 舱口盖上的水平力

装载在舱口盖上的货物因船舶运动加速度所产生的水平力,应按各国船级社规定要求计算,如果规范中没有明确规定,建议参照德国船级社(LG 1997)要求计算。

总的纵向力 $P(\text{kN})$

$$P = 0.2gM$$

总的横向力 $P(\text{kN})$

$$P = 0.5gM$$

式中 M ——舱口盖上的货物质量(t);

g ——重力加速度,取 9.81 m/s^2 。

4. 水平力作用下接触面的许用压力

在水平力作用下限位装置接触面的许用压力应按各国船级社规定确定,如规范无明确规定,建议参照 7-10 选取。

表 7-10 水平力作用下接触面的许用压力

两个接触面材料	名义许用压力/($\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$)	最大许用压力/($\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$)	
		上下支撑有相对移动	上下支撑无相对移动
均为船体结构钢	40	$40d$	120
不同硬度淬硬钢	50	$50d$	150

表中 $d = 3.75 - 0.015l_{pp}$, 且 $1 \leq d \leq 3$, 对于部分装载 d 小于 2;

l_{pp} ——船舶垂线间长(m)。



5. 水平限位装置典型布置

(1) 纵向各板块的限位装置典型布置

货舱开口及变形较小的装载集装箱的单位式、背载式舱口盖盖板的水平限位装置布置如图7-19所示。

(2) 横向多板块的限位块装置典型布置

通常集装箱船吊离式舱口盖的限位布置如图7-20所示。

(3) 相互连接的盖板

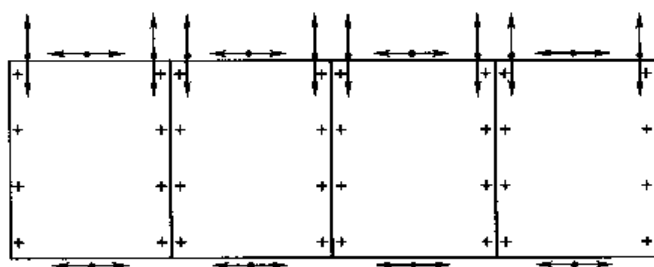


图7-19 单拉式、背载式舱口盖限位装置布置图

双向限位装置 纵向限位装置 横向限位装置

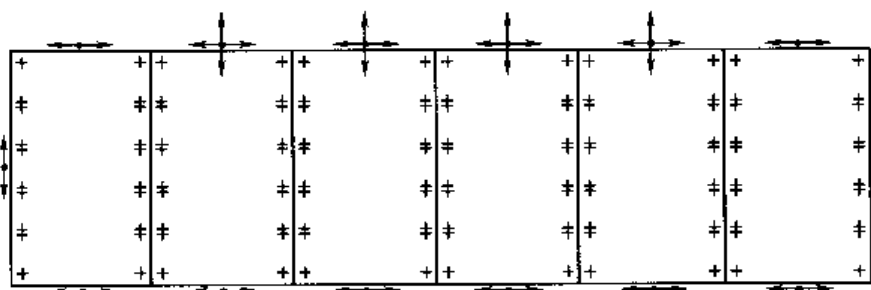


图7-20 吊离式舱口盖限位装置布置图

双向限位装置 纵向限位装置 横向限位装置

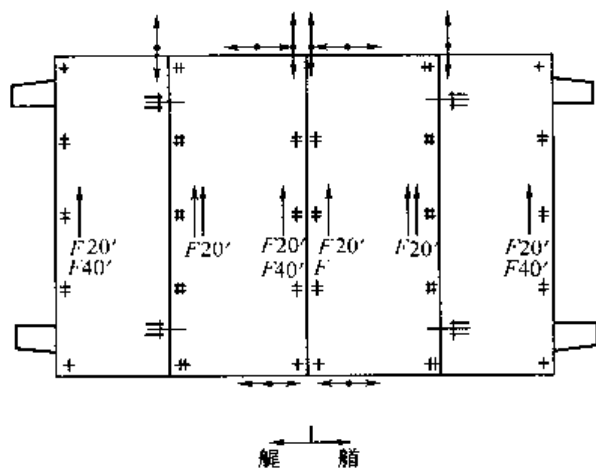


图7-21 两页盖板的限位装置布置图

双向限位装置 纵向限位装置 横向限位装置

多用途货船的折叠式舱口盖上装置集装箱时的限位装置典型布置如图7-21所示。

六、滚轮装置

1. 概述

除吊离式舱口盖以外,几乎所有机械传动的舱口盖上都安装滚轮装置。当采用非标准滚轮时,应按下述设计方法进行设计。此方法也适用于滚柱及导向滚轮。

2. 设计要求

舱口盖两侧装有滚轮装置,其中一侧滚轮必须有导向(限位)措施,既能稳住舱口盖在启闭过程中滚行方向,又能适应舱口围板制作不规则及因装载货物引起的舱口围板变形。

因一般起重机设置在左舷,左舷船体作了加强,故通常左舷的滚轮采用导向(限位)措施。侧移式舱口盖导向(限位)一般用于艏部滚轮。设计中常用的4种导向(限位)形式如下



(见图 7-22)。

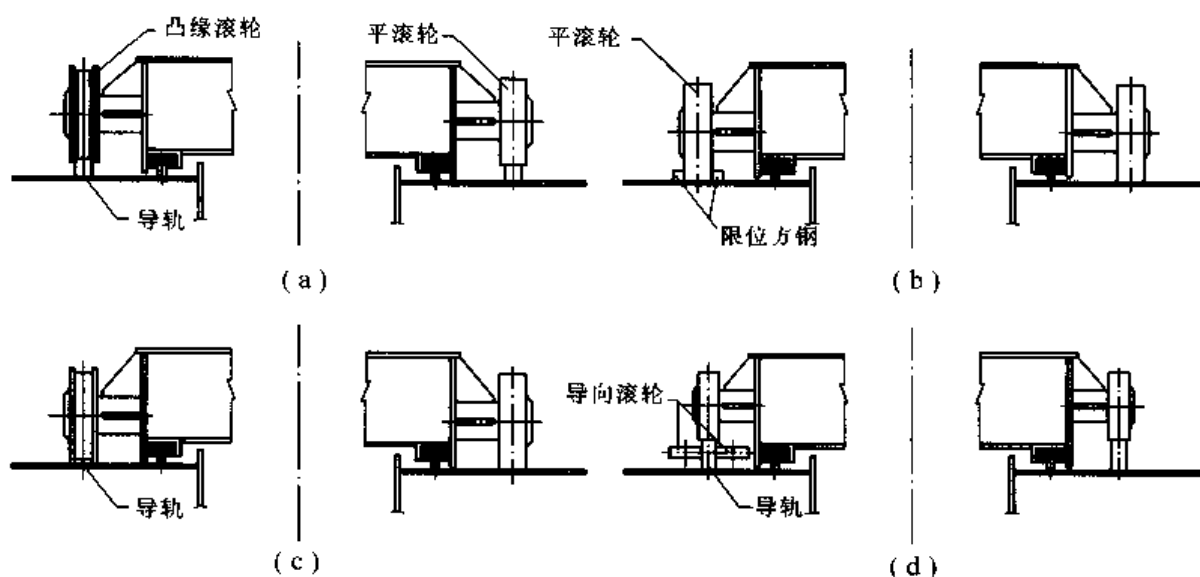


图 7-22 滚轮常用导向(限位)形式

(1)舱口盖一侧为带双凸缘的双凸缘在导轨上,另一侧为平滚轮在导轨上,见图 7-22 (a)。这是最基本形式,可普遍使用。露天甲板舱口盖均采用这种形式。

(2)舱口盖两侧均为平滚轮。其中一侧滚轮两边有限位圆钢或方钢起导向作用,常用于上甲板单位拉式舱口盖及围陷较浅不易设置导轨的中间甲板舱口盖,见图 7-22(b)。

(3)舱口盖一侧为双凸缘滚轮,凸缘边在舱口围面板上滚行,导轨仅起导向作用,上表面与轮子不接触;舱口盖另一侧为平滚轮,直接舱口围面板上滚行。为避免轮子边缘压力过高,建议采用双曲面滚轮,见图 7-22(c)。

(4)舱口盖两侧均为平滚轮在导轨上滚行,但其中一侧另外设两只独立水平导向滚轮分别作用于导轨两侧,起导向作用,见图 7-22 (d)。这种形式适用于机构会产生很大侧向的舱口盖,例如传动机构设置于侧部的侧移式舱口盖。

3. 滚轮上径向力与轴向力计算

(1)径向力应根据滚轮位置及盖板重心位置求得每只轮子上受的最大径向力,假设盖板总重为 Q 。滚轮布置如图 7-23 所示。

滚轮径向力 P_r 按下式计算:

$$P_{r1} = \frac{L_2(L - L_1)Q}{L_3L} \quad (7-1)$$

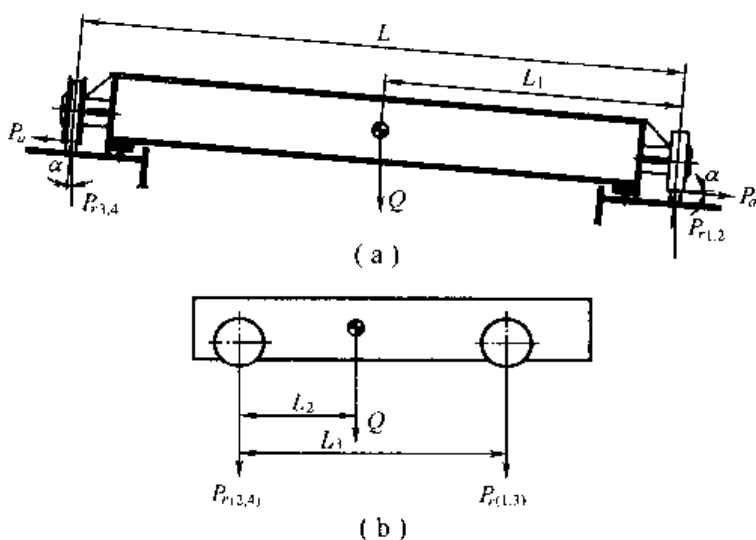


图 7-23 滚轮受力图

(a) 舱盖两侧滚轮; (b) 舱盖前后滚轮



$$P_{r2} = \frac{(L_3 - L_2)(L - L_1)Q}{L_3 L} \quad (7-2)$$

$$P_{r3} = \frac{L_2 L_1 Q}{L_3 L} \quad (7-3)$$

$$P_{r4} = \frac{(L_2 - L_2)L_1 Q}{L_3 L} \quad (7-4)$$

(2) 轴向力

应考虑船体倾斜产生的水平力分力及附加摩擦力, 滚轮轴向力按下式计算。

无限位平滚轮的轴向力:

$$P_a = \mu P_{r1,2} \quad (7-5)$$

凸缘滚轮的轴向力:

$$P_a = (P_{r3,4} + P_{r1,2}) \sin \alpha + \mu P_{r1,2} \cos \alpha \quad (7-6)$$

式中 α ——最大船体倾斜角, 通常取最大值 $\alpha_{\max} = 5^\circ$;

μ ——滚轮与导轨之间摩擦系数, 取 0.3。

4. 接触应力计算

普通滚轮在平导轨或舱口围面板上滚行, 即圆柱体与平面接触。

接触应力 $[\sigma_c]$ ($\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$) 按下式计算:

$$\sigma_c = 0.591 \sqrt{\frac{P_r E}{DB_2}} \quad (7-7)$$

式中 P_r ——径向力(N);

D ——滚轮工作直径(mm);

B_2 ——接触宽度, 导轨或滚轮厚度中取小者(mm);

$E = 0.26 \times 10^5$ ——材料弹性模数(N/mm^2)。

5. 滚轮及导轨常用材料

(1) 选用材料时必须遵循滚轮比导轨硬的这一原则。

(2) 推荐两种导轨材料如表 7-11 所列。

表 7-11 导轨材料

材 料	许用接触应力 $[\sigma]$ ($\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$)	硬度/HB
船用低碳钢 A, B 级	600	130
船用高强度钢 AH32 ~ DH36	750	150 ~ 180

(3) 简易的 D, B_2, P_r 图(见图 7-24)

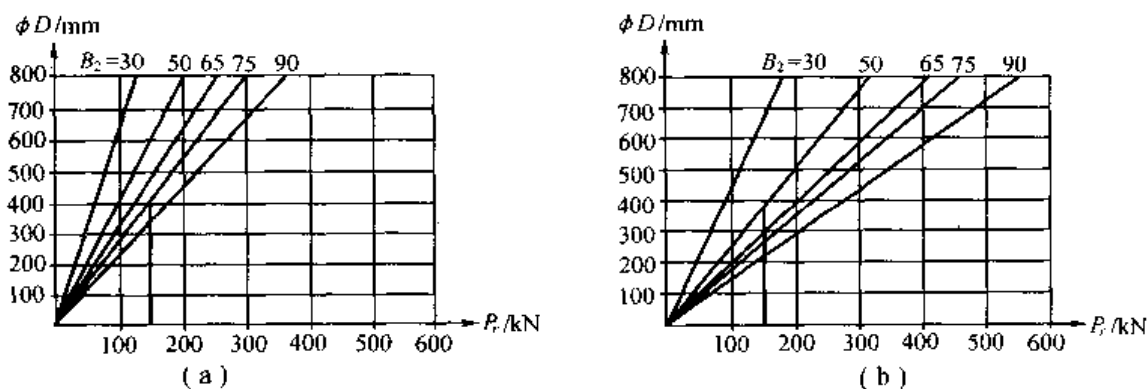
以许用接触应力为 $[\sigma_c] = 600 \text{ N}/\text{mm}^2$ 及 $[\sigma_c] = 750 \text{ N}/\text{mm}^2$ 两种材料作导轨时, 可按滚轮工作直径 D 及径向力 P_r 确定导轨厚度。也可先确定导轨厚度, 再查滚轮工作直径。

6. 滚轮装置摩擦系数

(1) 无润滑平滚轮、滑动轴承摩擦系数计算公式:

$$\mu = \frac{2f}{D} + \frac{\mu_1 D_1}{D} + K \quad (7-8)$$

(2) 有润滑平滚轮、滑动轴承摩擦系数计算公式:

图 7-24 D, B_2, P_r 图(a) $[\sigma_c] = 600 \text{ N/mm}^2$; (b) $[\sigma_c] = 750 \text{ N/mm}^2$

$$\mu = \frac{2f}{D} + \frac{\mu_2 D_1}{D} + K \quad (7-9)$$

(3) 无润滑带法兰滚轮、滑动轴承摩擦系数计算公式:

$$\mu = \frac{2f}{D} + \frac{\mu_1 D_1}{D} + \mu_4 \sin \alpha + K \quad (7-10)$$

(4) 有润滑带法兰滚轮、滑动轴承摩擦系数计算公式:

$$\mu = \frac{2f}{D} + \frac{\mu_2 D_1}{D} + \mu_4 \sin \alpha + K \quad (7-11)$$

(5) 平滚轮、滚动轴承摩擦系数计算公式:

$$\mu = \frac{2f}{D} + \frac{\mu_3 D_1}{D} + K \quad (7-12)$$

(6) 带法兰滚轮、滚动轴承摩擦系数计算公式:

$$\mu = \frac{2f}{D} + \frac{\mu_3 D_1}{D} + \mu_4 \sin \alpha + K \quad (7-13)$$

式(7-6)~(7-13)中:

 D ——滚轮工作直径(mm); D_1 ——轮轴直径(mm); $f = 1.5$ ——轮印长度(mm); $\mu_1 = 0.3$ ——滑动轴承摩擦系数(无润滑); $\mu_2 = 0.15$ ——滑动轴承摩擦系数(有润滑); $\mu_3 = 0.03$ ——滚动轴承摩擦系数; $\mu_4 = 0.3$ ——滚轮法兰边缘摩擦系数; $\alpha_{\max} = 5^\circ$ ——船体纵倾或横倾角; $K = 0.005 \sim 0.01$ ——轮子、导轨安装附加系数,预估时取 0.008。

7. 舱口盖滚轮摩擦系数推荐值

在舱口盖启闭力估算中,对于舱口盖一侧为双法兰滚轮,另一侧为平滚轮的盖板总的摩擦系数推荐值如表 7-12 所列。





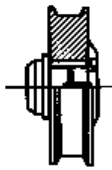

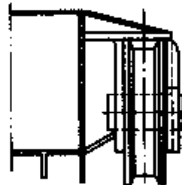
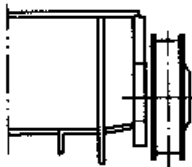
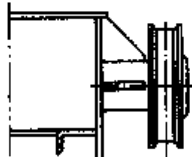
表 7-12 舱口盖滚轮摩擦系数推荐值

滚轮种类	滑动轴承		滚动轴承
	有润滑	无润滑	
一侧为双法兰滚轮另一侧为平滚轮	0.07	0.1	0.03

8. 滚轮装置形式及特点

滚轮装置形式及特点见表 7-13。

表 7-13 滚轮装置形式

部件	形式	简图	特点
轮子	平滚轮		外形尺寸比凸圆轮小,适用于舱口变形
	凸缘轮		有导向作用,稳定舱口盖运动方向
轴承	滑动轴承		简单,可靠,摩擦力大,成本低
	滚动轴承		润滑性能好,摩擦力小,可减小舱盖驱动力
轮架	双座板		轮轴可拆卸,轴力小,维修方便,采用滚动轴承较困难
	单座板		轮轴插入座板焊牢,外伸尺寸小,适用舱口围较窄的面板
	无座板		轮轴直接焊接于盖板上,轮轴长,受力大需用肘板加强



第四节 滚装设备

滚装设备是滚装船上的专用通道设备。滚装船的货物装卸是使用带轮的装载设备,通过设在船上的滚装通道开进开出或称滚进滚出来完成。故此,滚装装卸方式属于水平装卸方式。滚装设备使滚装船能形成畅通的水平装卸通道,它不依赖码头的起重设备,单靠车辆开上开下,获得非常高的装载效率,减少装卸环节,将陆路与水路运输连接起来,实现“门对门”运输。

滚装设备按其用途可分为如下四大类:

- (1) 滚装船与码头的连接设备——跳板;
- (2) 各甲板间的交通连接设备——升降平台与活动内坡道;
- (3) 为提高装载效率而调节货舱高度的设备——活动汽车甲板;
- (4) 滚装通道的安全关闭设备——大型滚装门。

一、跳板

跳板是滚装船上最主要的不可缺少的设备,他是船与码头连接的桥梁。滚装货物的装卸需通过跳板进出船舱,所以跳板的选型及设计的好坏,会直接影响船舶的使用。

1. 跳板的类型

跳板按其在船上的位置,可分为艏跳板、舷侧跳板和艉跳板 3 大类。按其形式又可分为直跳板、斜跳板、旋转跳板和半旋转跳板 4 种。不论何种跳板,其外端常铰接一段翼板。当船横摇带动跳板扭转时,翼板都能服帖于码头平面。翼板的底部是封闭的,使负荷能均匀分布作用于码头上。为了简化机构和降低成本,常将跳板设计成兼作水密门。

跳板的车辆通道焊有长度约一米的截面尺寸为 8~12 mm 方钢作为防滑条。防滑条成鱼骨状布置,与车辆行使成 75° 夹角。

(1) 直跳板 跳板的中心线与船体的中心线平行重合或垂直的跳板称作直跳板,它是跳板中最简单、最经济的一种,可设于艏部、舷侧和艉部,分别称之为艏直跳板(见图 7-25)舷侧跳板(见图 7-26)和艉跳板(见图 7-27),当船没有艏艉直跳板时,车辆可在舱内与码头

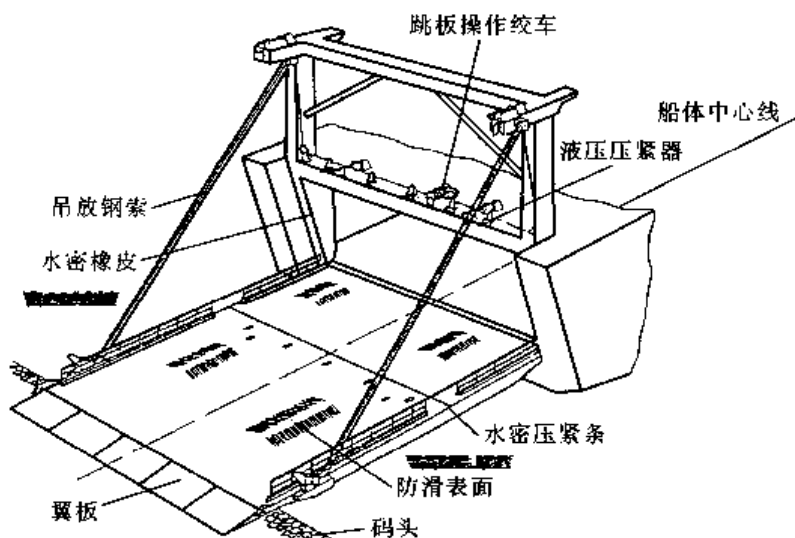


图 7-25 艏直跳板/兼门



之间直来直往,无需拐弯。但它对码头形状有特别的要求,只能停靠L形码头或浮码头。舷侧跳板设于船中部附近的舷侧,根据装卸线路的需要可靠前或靠后布置,但一般是布置在船的平行中体段内,用作轻型车辆通道。

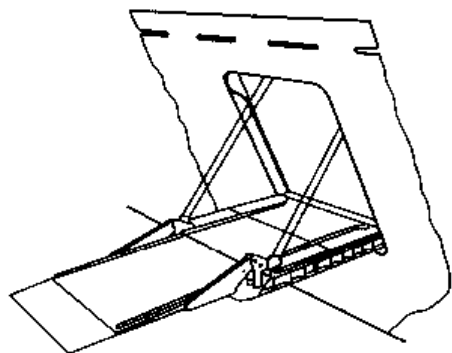


图 7-26 舷侧跳板/兼门

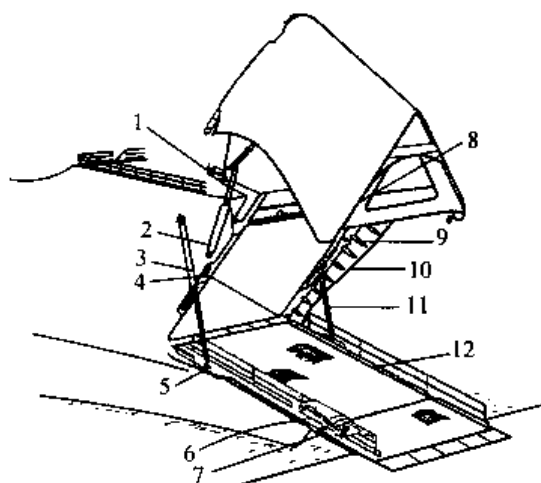


图 7-27 舱门与舷跳板

1—液压锁;2—舱门操作油缸;3,11—跳板操作油缸;4—液压压紧油缸;5,8—压紧条;6—液压连杆装置;7—铰链;9—破冰油缸;10—水密橡皮;12—车道护栏

艏直跳板与舷侧跳板为一节跳板,艏跳板因受收藏高度的限制,多数作成两节跳板。大多数滚装船都设置艏直跳板。在方案设计时,直跳板的质量可取估算值约 400 kg/m^2 。

(2)斜跳板 跳板中心线与船体中心线成一定角度($30^\circ \sim 45^\circ$)的跳板称为斜跳板,见图 7-28。它通常设于船尾,可向左舷布置,但向右舷布置较多。它比直跳板灵活,可以停靠在一般码头上进行装卸,缺点是只能在一侧靠码头,例如跳板是向右舷倾斜,靠码头的只能是右舷,不管顺水逆水都是如此。

由于跳板是横向搁置于码头上,因此它的长度较大,为便于收藏,常做成3节。跳板的第1节,即主板,与船体车辆甲板铰接处做成喇叭口形状。宽度达 $12 \sim 14 \text{ m}$,便于车辆转弯回旋。跳板的第1节最长,在整个跳板搁于码头时,第1节跳板已有一只角进入码头平面。第2节跳板与第3节跳板再加上翼板其总长度应小于第1节跳板的长度,以便在跳板收藏时,第2节与第3节跳板及翼板能折叠于第1节跳板后面,可以用固紧器把它们固定在一起。通常总长度小于 20 m 的斜跳板可以不折叠,直接竖立收藏。在方案设计时,斜跳板的质量可取估算值约 600 kg/m^2 。

(3)旋转跳板 旋转跳板(见图 7-29)是指能从船体中心线向两舷旋转的跳板。它设置在船尾,能使滚装船停靠码头有较大的灵活性。当停靠L型码头或浮码头时,它作为艏直跳板使用。当停靠普通码头时,船都能适应水流方向,无论哪一舷均可靠码头,这时它兼有左舷码头和右舷码头的作用。由于它要从船体中心线向两舷转动 $30^\circ \sim 40^\circ$,与船尾连接处是个半圆行转盘,不能做成喇叭口形状,只能与跳板一样宽,这样会影响装卸车辆的回转,降低了装卸效率。

旋转跳板的收藏位置在船体中心线处,如把它作为斜跳板使用时,必须先把它放到一定

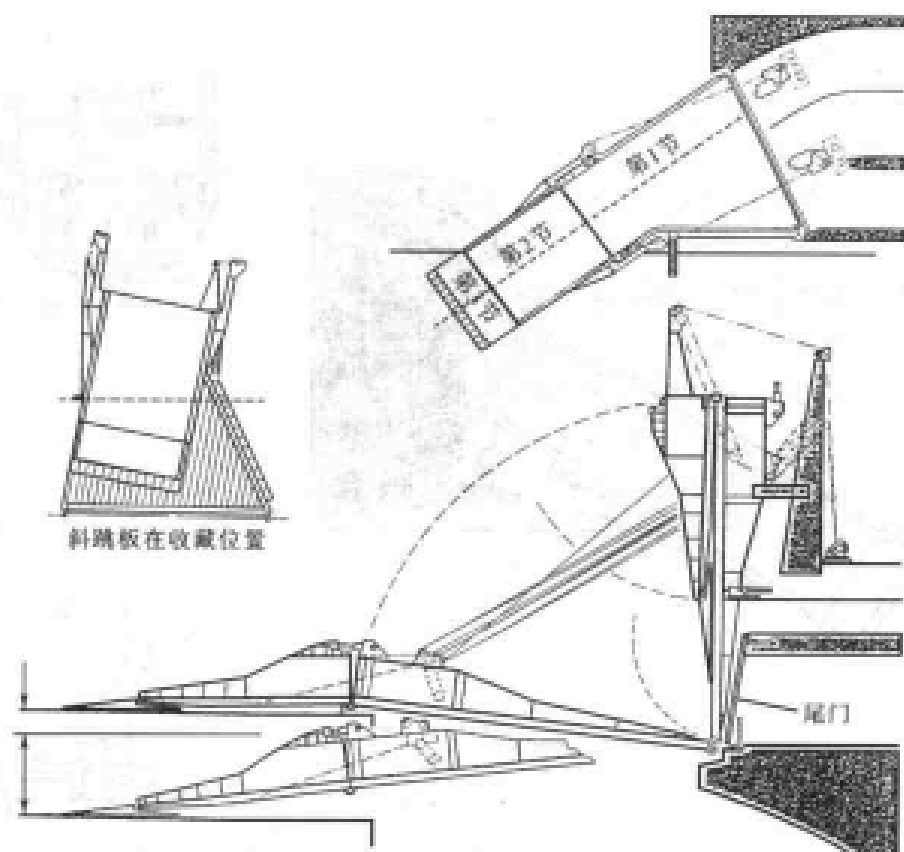


图 7-28 斜跳板

角度,然后才能向某舷旋转。跳板的旋转是由操纵收放的两台绞车来兼顾完成。

(4)半旋转跳板 半旋转跳板是指从平行于船体中心线位置只能向一侧旋转的跳板,其安装位置与斜跳板相似,向某一舷侧(一般为右舷)倾斜。当船停靠L形码头时,它可作为直跳板使用;停靠普通码头时,它一舷旋转成为斜跳板。它在使用上比直跳板灵活,而机构上比旋转板简单。图示为某船上比较特别的一种半旋转跳板,当放下后,它作为斜跳板,待旋转一定角度后是直跳板。旋转跳板由两节跳板组成:第1节跳板是个带圆弧的宽大的平台,这等于扩大了甲板入口处车辆的回转面积,使旋转跳板有更好的装卸效率,该节跳板只能上下转动,在收藏位置,它可兼作水密尾门;第2节跳板连接着一个转动底盘,底盘置于第1节跳板之下,通过旋转油缸的作用推动底盘及第2节跳板旋转。半旋转跳板收藏时一般不折叠,竖立与船舶的艏部。

2. 跳板的选型

跳板的选型,要根据船型、航线、码头以及经济性等多方面综合考虑。一般说来,定期专线航班的车客渡船,在艏部及船部都设置直跳板;近海货物滚装船常选用艏直跳板,或斜跳板,或半旋转跳板;远洋货物滚装船大多选用斜跳板或旋转跳板;载车滚装船常设有斜跳板再加上一个舷侧跳板。在选择跳板形式时,往往还要考虑投资费用,日后维修保养等诸方面。表 7-15 列出各种跳板的综合性能比较,供选用时参考。

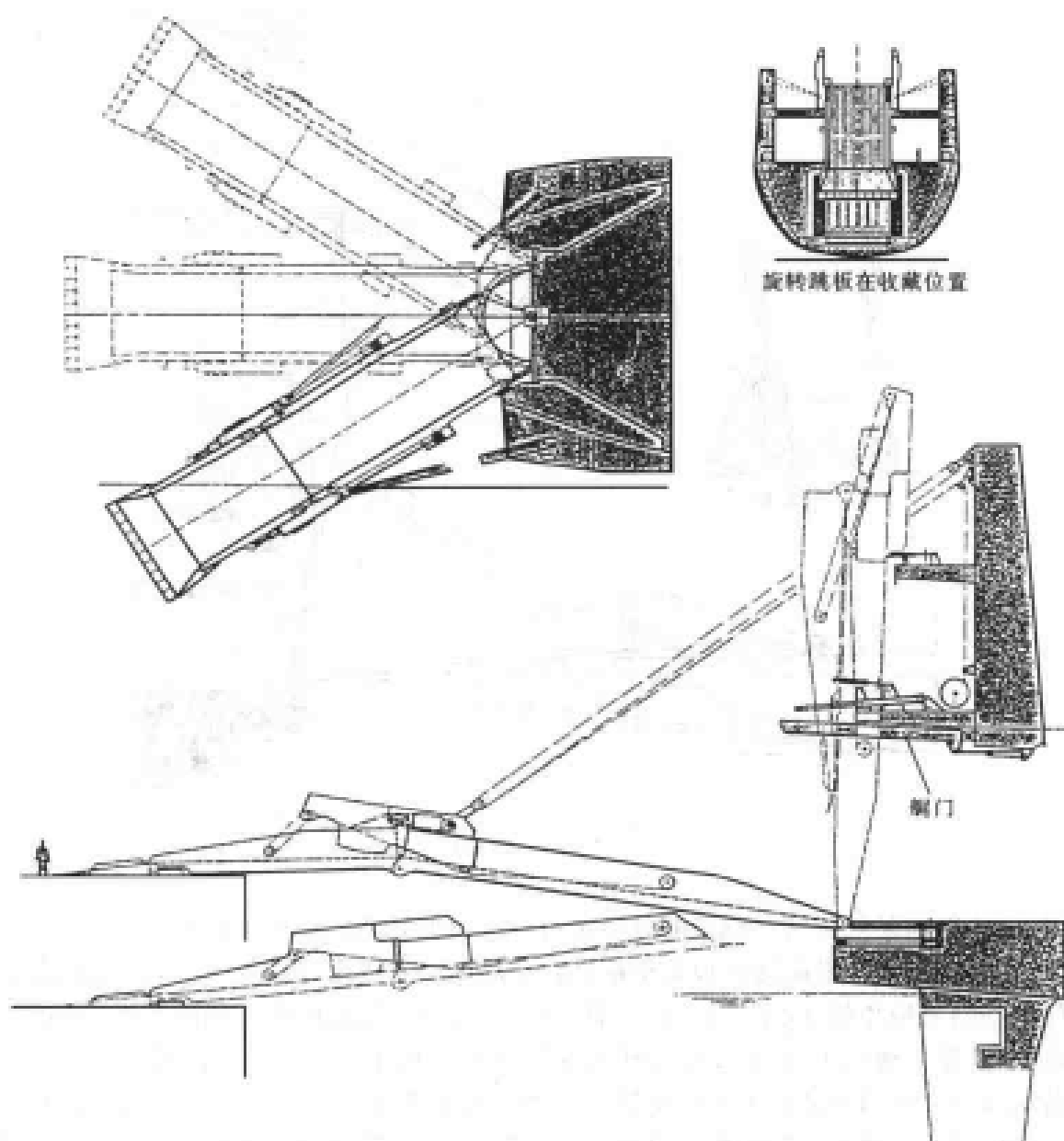


图 7-29 旋转跳板

表 7-15 各种跳板的综合性能比较

项 目	直跳板	斜跳板	半旋转跳板	旋转跳板
造价	1.0	3.0	4.0	6.5
维修保养费	1.0	2.0	1.5	2.5
结构	简单	较复杂	复杂	最复杂
码头适应性	易	较好	好	最好
制造	易	较难	难	最难
维修保养	易	较难	难	最难

从比较表可以看出,由于旋转跳板和半旋转跳板的造价高、结构复杂、维修保养麻烦等



原因,实际上已很少选用。

艏直跳板可以做成比较宽的双车或三车道,或者根据进仓车辆驶向不同层次的甲板而做成并列的双跳板或三跳板,车辆能直进直出,装卸速度最快,但要有 L 型码头或浮码头配合才能使用。在潮差较大,又为上述码头设施的港口,不如斜跳板。但斜跳板是向一侧倾斜,车辆上下跳板时,较重的跳板自重加上车辆装货质量会使船产生横倾,故一般认为载重量在 6 000 t 以下的船不宜设置斜跳板。

3. 跳板的尺度

一般货车及集装箱拖车单车道宽度为 3.5~4.0 m,在双车道为 7 m。用叉车运载 20' 集装箱,宽度至少为 7 m,一辆叉车装运 20' 集装箱,另一辆叉车空车返回的双车道宽 12 m,三车道宽 18 m。

对于艏跳板来说。因艏部开口受到线形的限制,一般只考虑单车道,故艏跳板约为 3.5~5 m,长度单节约 7 m,双节约 10~15 m。斜跳板结构最小宽度一般比车道宽度加约 20%,其他跳板增加约 10%。如果要在车道旁另辟一条人行通道,则另外加约 0.6 m 的单独通道。

跳板的长度由如下几个方面的因素来决定:码头标高,港口的设计高度水位和低水位,车辆甲板与跳板连接处分别在船舶满载和空载时;离水线的高度,跳板的要求工作坡度,船舶纵倾情况等。这些因素确定后,跳板的长度其实是求三角形斜边的长度。不过,在作图时,还要注意结构厚度、铰链位置等。

对于斜跳板和旋转跳板来说,上述所求出的长度,只是第 1 节跳板的长度,作为过渡作用的第 2 节,其在码头端的两只角全部进入码头平面,此时该节共有二角角都在码头平面以内。至于第 3 节及翼板,已全部与码头平面接触,即求出第 3 节及翼板的总长度。翼板端部以圆钢($\phi = 300$ mm)或半圆钢($\phi = 60$ mm)封口。

为保证车辆尤其是拖车和叉车的安全性驾驶,跳板的工作坡度应在 1:7 以内,新设计的跳板应满足船级社的要求,正常工作坡度为 1:10。跳板搁于码头的接触面积,应按一般码头的载荷 2 t/m^2 来校核。

4. 跳板的传动方式

跳板的收放传动方式有 3 种(见图 7-30):①油缸直接拉伸;②油缸滑轮组带动钢索传动;③液压绞车带动钢索传动。对于面积小于 $200 \sim 250 \text{ m}^2$ 的跳板,可选用前两种方式。而第一种方式应是首选方式,也是最经济和最可靠的方式。但油缸安装有困难,可选用第二种方式,把油缸滑轮组置于两舷或顶甲板的下方。对于跳板面积大于 250 m^2 的跳板,选用第三种传动方式。

二、活动汽车甲板

活动汽车甲板(见图 7-31)是指滚装船内,部分或某些层可以改变其高度位置的汽车甲板。某些滚装船,尤其是载车船或车客渡船,根据营业需要,或装集装箱车辆,或装两层集装箱,或装各种大小型号的车辆,由于其高度差别很大,为了满足不同的高度要求,并能充分利用甲板面积,以达到提高舱容利用率的目的,最好的办法就是将某层的甲板设计成整体或局部可以升降的活动甲板,以满足不同的高度装载要求。

1. 形式

活动汽车甲板的形式,按活动方式分为铰链翻转式、吊升式和顶升式。按收藏方式分为侧部收藏式(如铰链翻转式)和顶部收藏式(如吊升式和顶升式)。

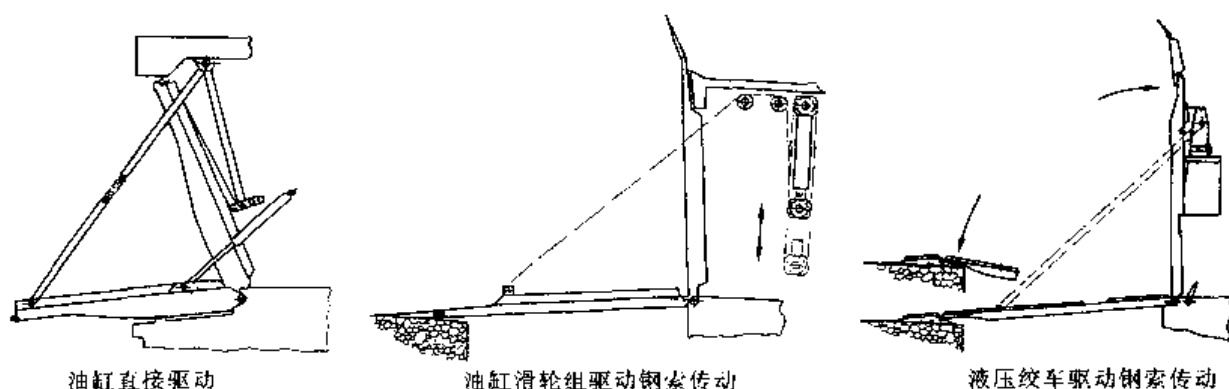


图 7-30 跳板的传动方式

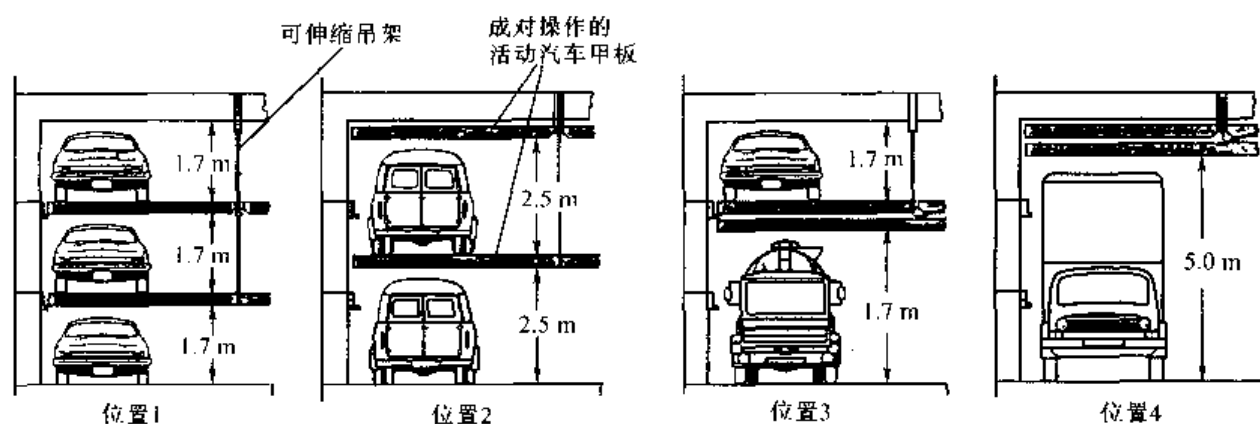


图 7-31 活动汽车甲板能满足不同高度的装载要求

翻转式活动汽车甲板一边铰接在舷侧,通过舷侧液压油缸直接拉推铰链臂,把活动汽车甲板板块放平或翻转。板块另一边用钢索或可折叠拉杆机构悬吊。

吊升式活动汽车甲板,用油缸滑轮组带动钢索牵引板块升降。油缸滑轮组可设于船体某处如舷侧等。

顶升式活动汽车甲板每块板块均无升降动力装置,它们的升降全凭一辆专用升降车来完成。升降车是一辆带有剪刀式液压升降平台的柴油机车,每层活动甲板只需一辆。若要升降某块活动甲板,车子停在该块板下面,先伸出四只液压支脚,把整个车身撑起来,让车轮离地,接着剪刀式液压平台逐渐升高并托起该块板,把它升高或降低到某一高度,随后让板块的四个角搁在设于立柱上的专用活动支撑座上。

2. 选型原则

翻转式活动汽车甲板,一般在小型定期专线航班的车、客渡船上使用。较大型的滚装船普遍使用吊升式,纯车辆运载船一般使用顶升式。吊升式与顶升式在升降速度与价格上有很大的差异。对初始投资和维修来说,吊升式比顶升式要贵。从使用的角度来说,吊升式比顶升式升速度快、操作方便,大型滚装船主要考虑升降速度和操作方便,所以较多的采用吊升式。而大型车辆运输船,往往是洲际远洋运输,活动汽车甲板的升降调整速度没有特别要求,所以采用顶升式,这样可以省去复杂的传动装置,使仓内简洁清爽,维修方便,造价比吊



升式节省 2/3。

3. 结构特点与布置要求

活动汽车甲板是一种轻型柔性钢结构,顶板及组合梁腹板为 6~7 mm 薄钢板,其自重约为 90~120 kg/m²,设计初值时,一般取 100 kg/m²。为了减小质量,甚至有的结构采用钢质框架,再在其上铺上层压板。活动汽车甲板的结构高度通常为 300 mm 至 400 mm,在负荷作用下的挠度变形控制在 30~55 mm 范围内。

活动汽车甲板板块的大小要根据设备的起重能力来划分,板块过大或过小都有可能提高造价。通常每块板块之间、板块与支柱之间、与舷侧结构或设备之间,要留有 25~30 mm 的间隙。

对于车、客渡船,活动汽车甲板层间净高要求为 1.9 m,以保证小汽车及人员的进出。对于纯车辆运载船,最小层间净高要求为 1.7 m,好让小汽车通行,但驾驶人员进出就不方便了。

三、升降平台

升降平台是用于把滚装货物、集装箱及车辆从一层甲板升降至另一层甲板大型通道设备。升降平台的承载能力常有 40~80 t。运载带 20' 集装箱拖车的平台长度为 13 m 左右,运载带 40' 集装箱平台的长度为 19 m 左右。平台宽度为 3.0~3.5 m。平台的升降速度一般为 5 m/min。升降平台可分为 U 形、L 形和剪式 3 种。

1. U 形升降平台

U 形升降平台又称四点吊举式升降平台(见图 7-32),平台的四个角处或靠舷侧的两个角处设有升降导轨,以防止平台晃动。平台的四个角均用钢索或链条悬吊着,通过装于船体上或平台底下的油缸滑轮组收放链索,故对车辆进入平台有妨碍,使车辆不能从任意方向进入,这是其最大的缺点。其优点是机构简单,造价便宜,尤其是四点导轨式。两点导轨式的造价约比四点导轨式增加 20%。

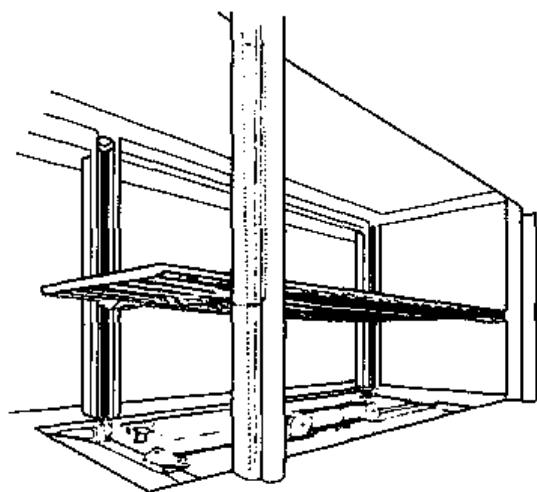


图 7-32 四点吊举式升降平台

2. L 形升降平台

L 形升降平台(见图 7-33)。其举吊机构及导轨均在靠船舷的一侧,常用行程较长的一只或两只油缸直接拉放,当然也可以用油缸顶升,但因考虑到油缸的稳定性,势必加大油缸直径,故这种传动方式在外力较大时不宜采用。平台的结构为 L 形,外侧没有吊索或导轨等阻碍,货物装卸比较方便,但其悬臂梁的结构决定了它不能载运重物。此外,由于吊臂很长,故其设置一定要利用上层建筑的围壁,否则会浪费很大的空间。L 形升降平台的造价最贵,约比四点导轨 U 形升降平台造价增加 80%。

3. X 形升降平台

X 形升降平台(见图 7-34),其升降装置像把剪刀,设于平台下面,用油缸推拉交叉梁运动,带动平台升降。平台上没有任何阻碍物,车辆可从任何方向进入平台。由于升降装置的收藏占据一定高度,它必须安装在一个凹槽内,故而呈剪式。升降平台只设于双层底的凹槽

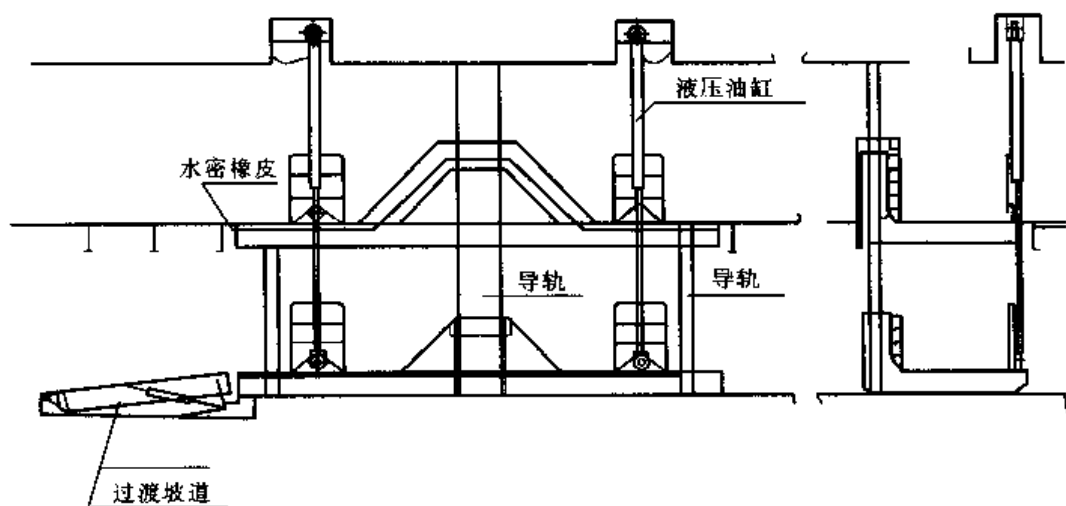


图 7-33 L形升降平台

处。在收藏状态,平台表面与该层甲板齐平。凹槽的深度约在0.8~1.0 m之间。剪式升降平台的造价较高,约比U形四点导轨升降平台增加50%。

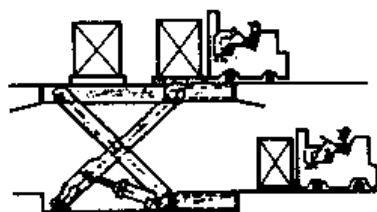


图 7-34 X形升降式平台

四、活动内坡道

1. 概述

内坡道是供车辆从一层甲板驶往另一层甲板的通道(图7-35)。滚装船内的坡道有固定式和活动式两种。固定式内坡道因为要占据一部分货物装载的空间,一般用于大型船。为了减少装货容积的损失,船内车辆坡道常常做成活动的,称作活动坡道。活动坡道一端与甲板铰接,另一端由布置在两旁的倒吊油缸直接拉伸,使其升降。或成斜面坡道,作为连接两层甲板的车辆通道;或与甲板齐平,其上其下都可装载车辆。这样既可满足上下甲板间通行的目的,又不影响货物装载空间,也可作为甲板开口处的水密盖。活动内坡道也可设计成载货升降,不过这样一来,整个装置的造价会提高。

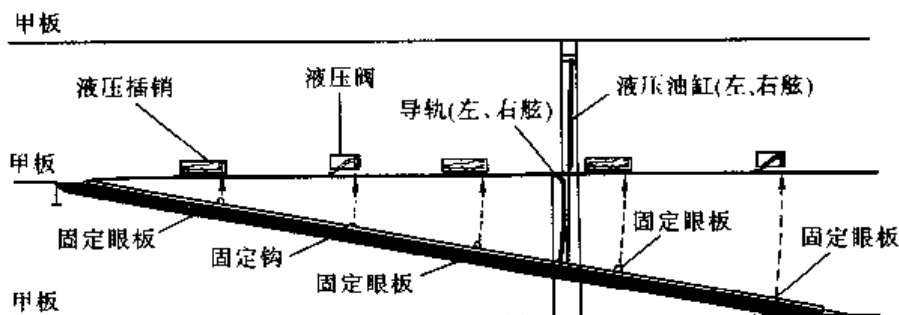


图 7-35 活动内坡道

2. 选用原则

活动内坡道与升降平台同是甲板层间的交通连接设备,选用时应考虑两者的综合性能作以比较。两种交通连接设备比较见表7-16。



表 7-16 两种交通连接设备比较表

项目	占空间	装卸速度	构造	维修保养	造价
活动内坡道	大	快	简单	易	低
升降平台	小	慢	复杂	难	高

从比较可见,如果船上地位宽裕可采用活动内坡道,如果舱容狭小,就非用升降平台不可。故在中小型船上广泛采用升降平台,而在大型远洋滚装船上动坡道得以广泛应用。



第八章 人孔盖和小舱口盖

人孔盖和小舱口盖是两种在船舶上广泛使用的舱室出入口启闭装置。

船舶上一般都设有众多的液舱(如燃油舱、滑油舱、淡水舱、压载水舱等),以及某些因船体结构或管系检修的需要而平时人员不需出入的舱室(如艏尖舱、艉尖舱、隔离空舱等),这些舱室有的在干舷甲板或中间平台下,有的在双层底内,通常在围蔽这些舱室的甲板、平台、内底板或舱壁上开一些人孔,并设置人孔盖,供施工和检修人员出入用,一旦作业完成人员离开之后,即将人孔盖予以关闭。

船舶的货舱、储藏舱、某些不设固定值班人员的设备舱室(入舵机舱、侧推装置舱等)处所的甲板或平台出入口应设置小舱口盖,既可供人员出入,也可供体积较小的设备或物品出入。船舶内部应急脱险通道在露天甲板出入口处,应设置两面均可启闭的小舱口盖。

第一节 人 孔 盖

船用人孔盖按其形状可分为长圆形和圆形,其中长圆形人孔盖使用较为广泛。按其密性可分为油密和水密,两者的区别在于密封垫圈的材料,油密应采用耐油橡胶,水密则应采用耐海(淡)水橡胶。

一、人孔盖的类型

人孔盖按其安装后是否高出开孔表面可分为突出式和埋入式。

1. 突出式人孔盖

我国造船行业目前常用的突出式人孔盖按其结构分为3种,即A型、B型和C型。

A型为长圆形突出式人孔盖,结构如图8-1所示。其围板和座圈为焊接结构,高出开孔平面100 mm。常用的规格按通孔尺寸($L \times B$)为450×350,500×400,600×400及600×450(单位均为mm)。围板厚度(S_1)为4~14 mm,座圈及盖板厚度(S)应较围板厚度大2 mm。

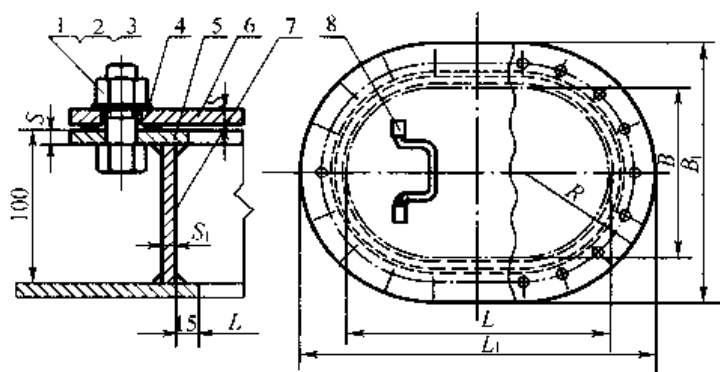


图8-1 A型人孔盖结构

1—螺栓;2—螺母;3—垫圈;4—橡胶垫圈;5—座圈;6—盖板;7—围板;8—拉手

A型人孔盖的围板较高,当盖板打开时,可以防止污水或垃圾进入舱内。因此通常用于机舱、锅炉舱及其他容易积水的处所。此处,A型人孔盖还可以安装在表面为弧形的处所,如圆柱形起重机筒体基座或球形结构的表面。

B形人孔盖为长圆形突出式人孔盖,结构如图8-2所示。座圈厚度为20 mm。常用的



规格及盖板厚度与 A 型人孔盖相同。

B 型人孔盖广泛使用于甲板、内底板、平台和舱壁等部位的人孔开口。在用于货舱底时,应在人孔盖周围加装钢镶框,加钢盖板或木盖板,使其逐渐过渡和木铺板齐平。

C 型人孔盖为圆形突出式人孔盖。座圈厚度为 20 mm。常用的规格按通孔尺寸(D)为 $\phi 450$ mm 和 $\phi 600$ mm。盖板厚度(S)为 4~14 mm。C 型人孔盖可用于甲板、内底板、平台及箱柜等部位。

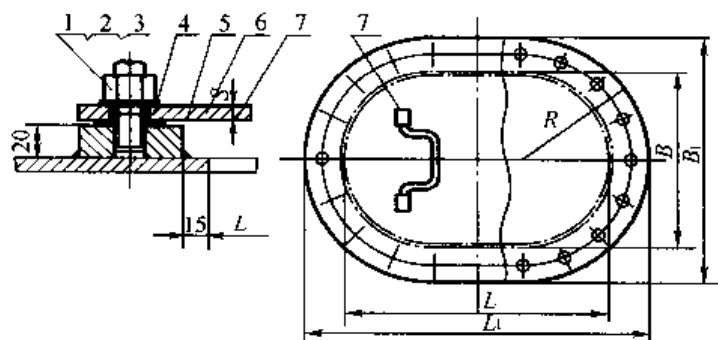


图 8-2 B 型人孔盖结构

1—螺柱;2—螺母;3—垫圈;4—橡胶垫圈;5—座圈;6—盖板;7—拉手

2. 埋入式人孔盖

我国造船行业目前常用的埋入式人孔盖按其结构分为两种,即 D 型及 E 型。这两种人孔盖均为长圆形,其构造如图 8-3 及图 8-4 所示。D 型人孔盖带有上盖板,常用的规格按通孔尺寸($L \times B$)为: 530×430 、 630×430 及 630×480 (单位均为 mm),盖板厚度(S)为 10 mm、12 mm;E 型人孔盖规格与 D 型相同,其盖板厚度(S)为 14 mm、18 mm。

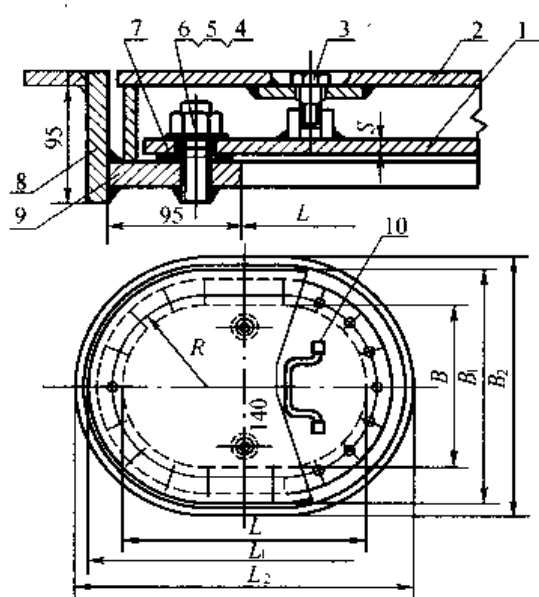


图 8-3 D 型人孔盖结构

1—盖板;2—上盖板;3—螺栓;4—螺柱;5—螺母;6—垫圈;7—橡胶垫圈;8—围板;9—座圈;10—拉手

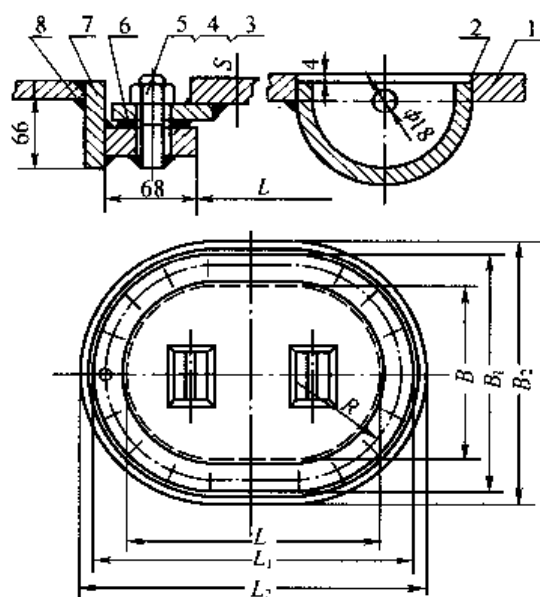


图 8-4 E 型人孔盖结构

1—盖板;2—拉手;3—螺栓;4—螺母;5—垫圈;6—橡胶垫圈;7—围板;8—座圈

D 型及 E 型人孔盖均可用于要求平坦的货舱底部和甲板通道等处所及便于货物装卸和人员行走的处所。

3. 人孔盖的材料

人孔盖的盖板、围板和座圈通常采用热轧碳素钢或用与安装人孔盖处的船体结构相



同的材料制造,垫圈和拉手采用普通碳素钢,密封垫圈采用阻燃型耐油或耐海(淡)水橡胶,螺栓或螺柱采用不锈钢或碳素钢,螺母采用碳素钢或不锈钢、或黄铜等材料。碳素钢制作的螺栓、螺柱、螺母及垫圈均应镀锌。

二、人孔盖的选择及布置要求

选择及布置人孔盖时,除了必须符合有关公约、规则和规范的规定外,还应考虑强度、用途和使用方便性。

人孔盖的强度主要体现在盖板的厚度及紧固螺栓的数量上。一般说来,盖板的厚度应不小于安装处的船体结构钢板(甲板、平台、内底板和舱壁)的厚度。由于盖板比其周围的船体结构钢板更容易腐蚀,因此当人孔盖安装处的船体结构钢板厚度小于10 mm时,盖板的厚度应比该处的船体结构钢板厚度大1 mm。如果人孔盖安装处所的甲板或舱壁是由强度计算决定时,则该处人孔盖盖板厚度应能承受同样的水压力条件。

人孔盖应根据舱室密性要求及安装处所的情况选择合适的结构形式。淡水舱、压载水舱及艏、艉尖舱等处所应选用耐海(淡)水橡胶作垫圈的水密人孔盖;燃油舱、滑油舱、污油舱等处所应选用耐油橡胶作垫圈的油密人孔盖。在机炉舱等易积水、积油处所的内底板上和饮用水舱顶部,应选用有围板的A型人孔盖;通道及生活、工作舱室内影响人员活动的区域必须设置人孔盖时,应选择埋入式人孔盖。喷气燃料油舱的人孔盖盖板必须采用黄铜制成,以避免撞击产生火花。当人孔盖可能长期处在潮湿环境时,其螺栓或螺柱应采用不锈钢制作,而螺母则采用不锈钢或黄铜,或钢质镀锌制作。

从人孔盖的使用来说,通孔尺寸大有利于人员出入,但由于船体结构、机械设备及管路布置等因素,人孔盖的尺寸受到一定的限制。通常在平面位置(甲板、平台、内底板)上安装通孔尺寸为500 mm×400 mm的人孔盖是较合适的,除非布置确实有困难,尽可能不要选用通孔尺寸450 mm×350 mm的人孔盖。在舱壁或其他垂直部位上宜布置600 mm×450 mm的人孔盖,而且其长轴应沿垂直方向布置,通孔的下缘离开人员站立处地面的高度应不小于500 mm,便于人员跨越人孔。

在甲板上布置人孔盖时,一般应靠近下面的舱壁,并且将人孔盖的长轴平行于舱壁,便于在人孔下方安装直梯。为便于人员出入和通风,较大的液舱和空舱,至少设置两个互相远离的人孔盖。双层底内较大的舱室应在其两端设置人孔盖,必要时还应在其长度中间处加设一个人孔盖。设在内底板上的人孔盖,应至少离开主舱壁800~1 000 mm,以免削弱主舱壁附近的内底板强度。

无论是在甲板、平台、内底板或舱壁上设置人孔盖,应尽量不切断该处的船体构架。如果布置确有困难,非切断船体构架不可时,则应作适当加强。在一些保证船体结构强度的重要区域内,如甲板边板、舱口角隅及应力集中区的部位,不得设置人孔盖。

当同时在上下两层甲板或平台上设置人孔盖时,它们的位置应错开。如上一层甲板或平台有小舱口盖时,下一层甲板或平台上的人孔盖应设置在小舱口盖投影范围之外。

三、人孔盖的密性试验

(1)安装在干舷甲板上及其以下的甲板、平台、内底板、舱壁各个部位的人孔盖应与该部位的船体结构一起作水压试验或充气试验。

(2)安装于液体箱、柜上的人孔盖,也应与该箱柜一起作水压试验或充气试验。



(3) 安装在干舷甲板以上各处的人孔盖,除液体箱柜以外,应作充水试验。

在做人孔盖的密性试验时,保证密性的焊缝区域不得涂刷油漆、水泥和敷设隔热材料等。若外界气温低于 0°C 时,则应采取适当的防冻措施。

供试验使用的喷嘴直径不小于 16 mm ,喷嘴出口处水压力至少为 0.2 MPa ,喷嘴离被试部位的距离为 1.5 m ,试验时间不超过 3 min 。

试验后,焊缝和密封处等被试验部位应无任何渗漏水(气)现象。

第二节 小 舱 口 盖

小舱口盖是指开孔尺寸不大,用人力就能容易启闭的舱口盖。常用的小舱口盖主要有两种,一种是风雨密舱口盖,通常安装在干舷甲板以上的各层露天甲板和半封闭的上层建筑或甲板室内部的甲板上;另一种是非风雨密舱口盖,只能用于船舶内部的甲板或平台上。除此之外,还有一些专用的舱口盖,如货油舱的油舱盖、通气舱口盖等,应根据船舶的要求设置。

除非特殊设计,一般的小舱口盖不能用于液舱顶部。风雨密舱口盖只能承受外来风浪的袭击,不能承受来自舱内的强大水压力,因此对于船舶破舱以后需要保持水密的甲板或平台,不应设置小舱口盖。

一、小舱口盖的形式

船用小舱口盖按其形状可分为方形、矩形、圆形和长圆形。按其密性可分为风雨密、非风雨密和油密。按其安装后是否高出开孔表面可分为突出式和埋入式。

小舱口盖主要由围板、盖板、铰链、夹紧装置、制动器、锁扣、把手和密封件等组成。较大的小舱口盖为了减轻盖板的开启力,还设有平衡块或弹簧铰链。围板和盖板的材料为 A 级船体结构用碳素钢,铰链板、制动器、锁扣和拉手等材料为普通碳钢,铰链和夹紧装置中有些零件,如夹扣螺栓、带舌插销、销轴等材料为不锈钢或碳素钢,异形螺母、衬套和滑轮材料为黄铜,双扭簧材料为弹簧钢,密封件材料一般为耐老化橡胶,油密的密封件材料应用耐油橡胶。

(一) 风雨密小舱口盖

1. A 型小舱口盖

A 型小舱口盖为方形或矩形突出式舱口盖(见图 8-5),盖板由翼形螺母夹扣与围板紧固,只能从外面启闭。较大的 A 型小舱口盖设有平衡块。

2. B 型小舱口盖

B 型小舱口盖为方形或矩形突出式舱口盖(见图 8-6),盖板由楔形把手夹扣与围板紧固,因此可以两面启闭。

B 型小舱口盖用于储物舱和干货舱在露天甲板或非封闭上层建筑内的甲板上的出入口。也可用于内部通道在露天甲板的出入口。

3. C 型小舱口盖

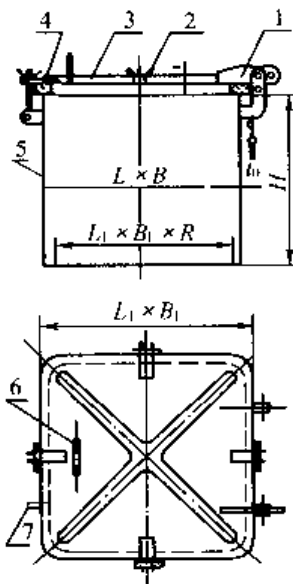


图 8-5 A 型小舱口盖
结构形式

1—铰链;2—夹扣;3—盖板;
4—密封件;5—围板;6—拉
手;7—锁扣



C型小舱口盖为方形或圆形突出式舱口盖(见图8-7),盖板由中心旋转把手夹扣与围板紧固,可以从两面快速启闭。由于装有弹簧铰链,故舱盖的开启力较小。

C型小舱口盖常用于机舱及其他处所,应急脱险通道在露天甲板上的出入口。

4. D型小舱口盖

D型小舱口盖为方形或矩形埋入式舱口盖(8-8),由可倒楔形把手夹扣与围板紧固,可以两面启闭。

(二)非风雨密小舱口盖

1. E型小舱口盖

E型小舱口盖为方形或矩形突出式舱口盖,盖板仅由一个翼形螺母夹扣与围板紧扣,单面启闭。

E型小舱口盖用于封闭的上层建筑或无风雨密要求部位的舱口开孔。

2. F型小舱口盖

F型小舱口盖为方形或矩形突出式舱口盖,盖板仅由一个楔形把手夹扣与围板紧扣,可以两面启闭。

F型小舱口盖用于密闭的上层建筑内或无风雨密要求部位

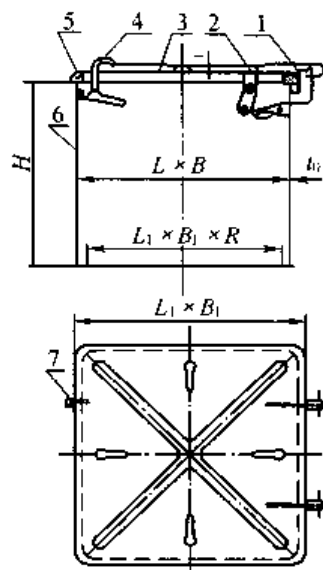


图8-6 B型小舱口盖
结构形式

1—铰链;2—制动器;3—盖板;4—楔形把手夹扣;5—密封件;6—围板;7—锁扣

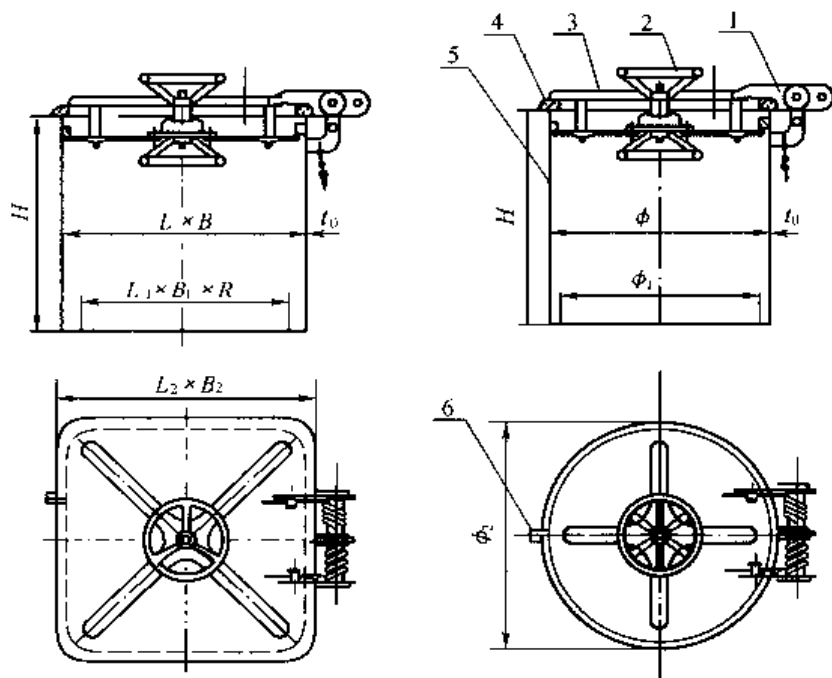


图8-7 C型小舱口盖结构形式

1—弹簧铰链;2—中心旋转把手夹扣;3—盖板;4—密封件;5—围板;6—锁扣

的舱口开孔。

(三)货油舱盖

货油舱盖有两种,一种为A型圆形转动式油舱盖,如图8-9所示;另一种为B型长圆形转动式油舱盖。

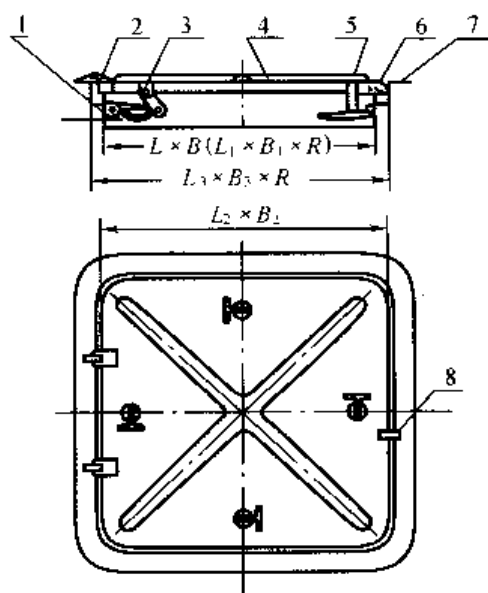


图 8-8 D 型小舱口盖结构形式

1—同板;2—铰链;3—制动器;4—盖板;5—可倒楔形把手;6—密封件;7—围槛;8—锁扣

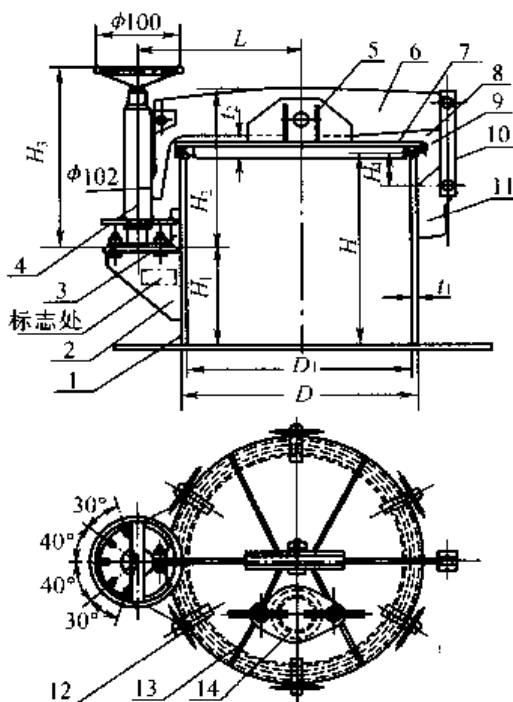


图 8-9 A 型油舱盖结构形式

1—围板;2—支座;3—导向板;4—开闭装置;5—连接板;6—连杆;7—盖板;8—密封圈;9—压圈;10—锁扣;11—耳板;12—翼形夹扣;13—加强筋;14—观察孔盖

二、小舱口盖的选择及布置

选择及布置小舱口盖时,必须符合有关公约、规则和规范的规定,另外还应考虑其合理的结构形式和合适的安装部位。

通常干货舱或储物舱可以设置带有螺旋夹扣或楔形把手的小舱口盖,并配置挂锁,油舱应设置专用的油舱盖。安装于内部应急脱险通道在露天甲板上的出入口处的小舱口盖,应采用两面可启闭的小舱口盖。并以设置有中心旋转把手夹扣和弹簧铰链的快速启闭的小舱口盖为宜。

设置在上层建筑或甲板室前面的露天甲板上的小舱口盖,起盖板应该向艏方向启闭;设置在靠近舱壁(或围壁)处的小舱口盖,与舱壁(或围壁)或扶强材和绝缘之间应留有足够的空间,以保证盖板完全开启的同时,螺旋夹扣的翼形螺母和或节螺栓能顺利地放倒而不会碰到舱壁。

小舱口盖下面需设置斜梯时,舱口的开孔大小应保证人员上下斜梯时有足够的空间。小舱口盖下面需设置直梯时,如果仅作为人员出入口,则舱口开孔位置应使直梯能在通孔范围内。

当上下两层甲板或平台均设置供人员出入用的小舱口盖时,则这两个小舱口盖位置应错开,否则既不安全,又会影响直梯的安装和舱口盖的启闭。若是专供物品出入,需要在上下两层甲板或平台同一位置上设置小舱口盖,则不应设置直梯。

小舱口盖的大小应考虑到船体结构,不得因设置小舱口盖而切断强力构件,如必须切断非强力构件(纵骨或横梁)时,则应对该处结构作加强处理。



第九章 船用梯

船用梯是船舶的通道设施,可分为船内梯和船外梯两大类。

船内梯是设置在船上各层甲板、平台或双层底内以及桅柱等处,便于人员上下的固定的通道设施,如斜梯、直梯、踏步等。

在现代船舶内部的梯道与脱险通道的设置有着密切的联系,对此有关公约、规则和规范均有明确、严格的规定。船舶内部的梯道必须采用钢质或经验船部门批准使用的其他等效材料制造。

船外梯是与外界接通的可移(动)的通道设施,如舷梯、登船跳板、舷墙梯、引航员梯等。

第一节 船外梯

一、舷梯

舷梯是船舶与外界之间的通道设施。客船应设置舷梯,其他各类大、中型船舶也应设置舷梯,小船一般不设置舷梯。

舷梯一般布置在船舶两舷不被船体外板封闭的最低一层舷侧通道的甲板边缘处。根据船舶的尺度和使用需要,通常每舷设置一部舷梯。大型客船每舷应考虑设置两部舷梯。船舶每舷设置一部舷梯时,应设在船的艏部之后,或上层建筑附近,以便于人员上下舷梯。梯口可向艏,也可向艉,但舷梯使用时的仰角为 $(45^{\circ} \sim 55^{\circ})$,在这个角度到水平的范围内,可保持正常使用。

舷梯组成部分主要有:梯节(为梯架及踏步构成)、上平台、下平台、翻梯装置、吊架、栏杆以及绞车。梯节为钢质的称为钢质舷梯,梯节为铝质的称为铝质舷梯。

根据舷梯在甲板上的出入口离水面的高度及舷梯最大仰角的限制,可采用单节舷梯或多节舷梯。单节舷梯的上平台与下平台之间只有一个梯节,多节舷梯的上平台与下平台之间设有两个或两个以上的梯节,梯节之间设有中间过渡平台。

舷梯按其踏步形式可分为两种。一种是活动踏步,其踏步与梯架铰接,踏步下方中间有一根传动杆将上下平台和所有的踏步连在一起,当舷梯与水平面的夹角发生变化时,在传动杆的带动下,踏步和下平台始终保持水平状态。另一种为固定踏步舷梯,其踏步为弧形曲面型材与梯架焊接固定。

舷梯的上平台有旋转式和固定式,目前常用的为旋转式平台。舷梯可在水平方向略有转动。

舷梯使用时,下平台能达到离开水面的高度通常不小于 700 mm。船舶航行时,舷梯应收起并在甲板舷侧处系紧固定。

常用舷梯的高度为 600 mm,踏步间距是指踏步突出部分沿斜梯之间的距离,均为 300 mm。舷梯栏杆扶手顶高不小 1 m,中间栏索设置在栏杆柱的半高处。

1. 活动踏步钢质舷梯



活动踏步钢质舷梯的形式如图 9-1 所示。这种舷梯的主要部件包括:梯架、踏步、上平台、下平台、斜撑杆、传动杆、栏杆柱和扶手等,均为钢质结构,使用的最大仰角不超过 55° 。

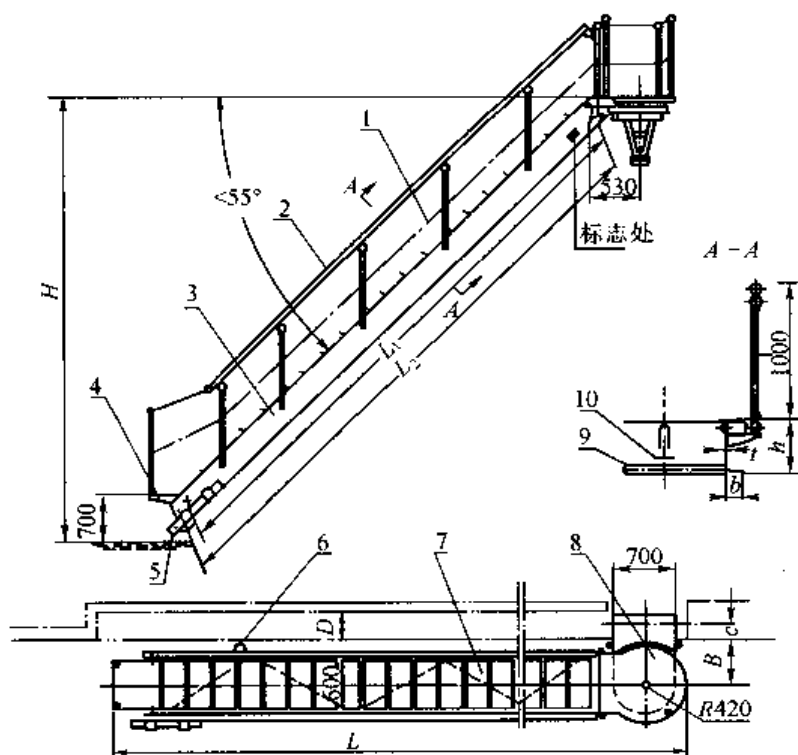


图 9-1 活动踏步钢质舷梯

1—缆索;2—扶手;3—梯架;4—下平台;5—护木;6—侧向渡轮;7—踏步;
8—上平台;9—斜撑杆(仅 26 级以上舷梯设置);10—传动杆

2. 固定弧形踏步铝质舷梯

固定弧形踏步铝质舷梯通常为旋转平台式单节舷梯,最大的仰角不超过 55° 。这种舷梯的梯架、弧形踏步、扶手及栏杆柱为铝质构件,上平台、下平台及滚轮等均为钢质构件。

3. 潜水员舷梯

潜水员舷梯是专供各类救助打捞船用作运载潜水员上下水面的升降装置。与前述的钢制舷梯和铝制舷梯不同之处在于潜水员舷梯下端伸到水面以下,使潜水平台即通常舷梯的下平台在水面以下 1.8 m,以保证潜水员从潜水平台上进入水中或登上潜水平台出水。

潜水员舷梯有两种类型:A 型带有可翻倒伸出船外的辅助平台,B 型则在舷边设置登梯平台,两者舷梯部分不论是 A 型或 B 型,最大干舷的选择条件均为潜水平台下 1.8 m 水深,梯架高出甲板 220 mm,最大倾角为 60° 。

二、登乘绳梯

登乘绳梯是救生艇筏的登乘装置,在船舶发生海难事故弃船时挂在舷外,供人员登乘救生艇筏使用。

登乘绳梯的形式如图 9-2 所示,踏板级数为 10~60 级,梯长(L)为 3.1~18.5 m。踏板可为铝制或木制,但绳梯最下端的 4 级均应采用橡胶踏板。边索直径为 22 mm (周长 69 mm),应采用白棕绳或剑麻绳,不得采用合成纤维绳制作。



三、登船跳板

登船跳板是船舶停靠码头时的对外通道设施,尤其是小型船舶,因其干舷小,不宜设置舷梯,通常设置登船跳板供人员上下使用。

登船跳板按其主要结构的材料可分为:木制、钢制和铝制跳板,也可采用钢制构架铺木板的结构。

钢制带滚轮的跳板如图9-3所示,目前常用的规格为长度(L)4 m和6 m两种。这种跳板结构坚固,设有栏杆,但不宜制作得太长,否则由于质量大,搬移很不方便,以至必须借助起重机才能搬移。

铝制登船跳板的优点是重量轻,耐腐蚀。常用的铝制跳板有整体式和可拆式,后者梯架可从中间拆分为两节,便于收藏。铝制跳板的长度为8~15 m。

四、舷墙梯

舷墙梯也是船舶对外通道设施。当船舶靠码头后,舷墙梯的支撑架同舷墙顶板或栏杆扶手连接固定,从而与登船跳板配合使用,供人员上下。舷墙梯也可同引航员软梯配合使用,作为引航员登、离船舶的安全通道。

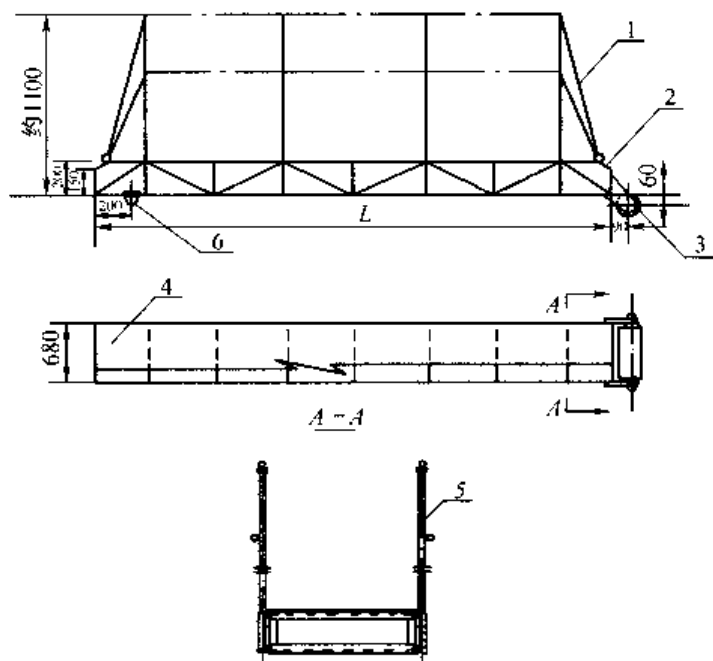


图9-3 钢质带滚轮跳板

1—缆绳;2—梯架;3—滚轮;4—钢板网;5—栏杆;6—搁板

引航员软梯的主要结构同登乘软梯相似,两者的主要区别在于引航员软梯设有防扭板(止扭踏板),并配有将软梯系固于船舶上用的辅助索。常用的引航员软梯踏步级数为6~30级(级距31 mm),梯长(L)为1.86~9.3 m。防扭板的长度不小于1.8 m,它应安置在一定的间隔处,最低的防扭板应装在从梯底倒数第5块踏板上,两条防扭板的间隔不超过9块踏

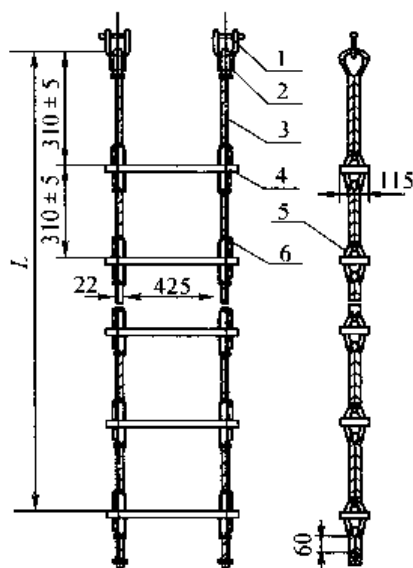


图9-2 登乘绳梯

1—卸扣;2—套环;3—边索;4—踏板;

5—嵌环;6—扎索

舷墙梯按其材料可分为钢制和铝制,结构形式大同小异。如图9-4所示为铝制舷墙梯,适应的舷墙或栏杆高度(H)为1.1 m或1.2 m,相应的梯长(L)为1.34 m和1.47 m。

五、引航员梯

引航员梯是专供引航员从引航船上安全登、离被引航船舶的通道设施。登船口距水面的高度不小于1.5 m,不超过9 m时,仅需设置引航员软梯。当登船口距水面的高度超过9 m时,除设置引航员软梯外,还应设置引航员舷梯或引航员升降器。

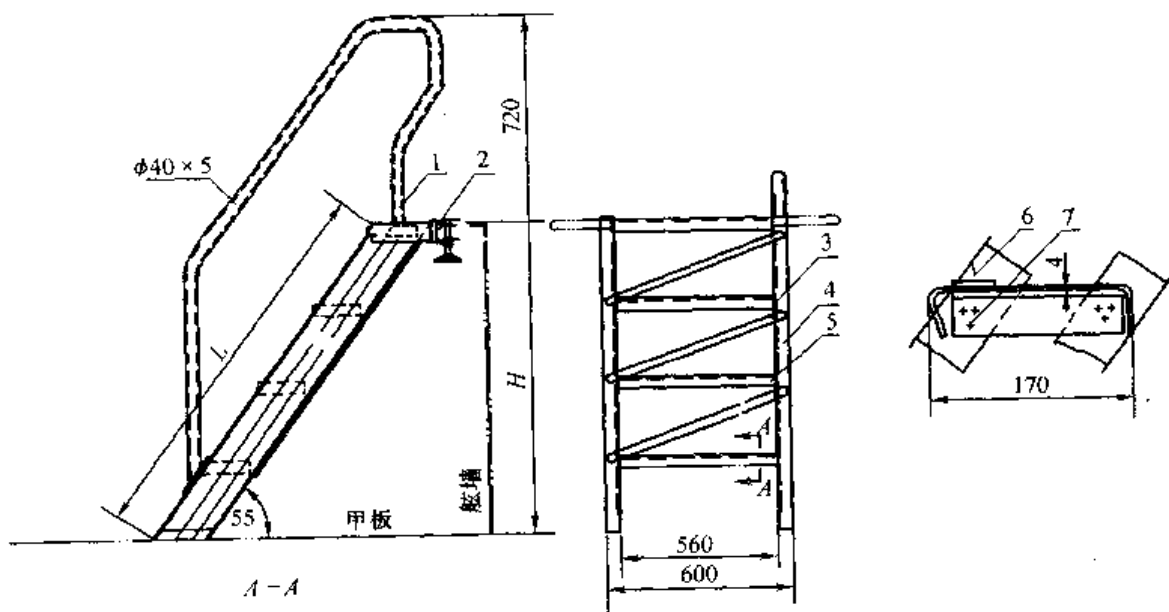


图 9-4 铝质舷墙梯

1—扶手;2—支撑架;3—连接板;4—梯架;5—踏步;6—螺钉;7—铆钉

板。如果设有两条以上的防扭板时,则最上面的一条防扭板通常设于从上向下第 3 个踏板处。

引航员舷梯的构造同普通舷梯相似,但使用时的倾斜角度保持不变(不超过 55°),舷梯的下平台在使用时应处于水平状态,舷梯及平台两边均应装设支柱和坚固的扶手或扶手索。

第二节 船 内 梯

一、斜梯

斜梯是船舶内各层甲板间最常用的垂向通道设施。斜梯按其制造材料可分为钢质斜梯和铝质斜梯,民用船舶通常应使用钢质斜梯;按其使用处所又可分为普通钢质斜梯、货舱斜梯和机舱斜梯等。

1. 普通钢质斜梯

普通钢质斜梯通常用于露天甲板及除居住处所以外的舱室内部各层甲板。标准的普通钢质斜梯按其梯架类型分为 A 型(见图 9-5)和 B 型。A 型的梯架为角钢组合结构,B 型的梯架为球扁钢,踏步板采用花纹钢板,并设置防滑条。普通钢质斜梯的斜度为: 45° , 50° , 55° , 60° , 65° 和 70° 。在人员经常上下的处所使用的斜梯,其斜度应不大于 55° , 65° 和 70° 的斜度仅用在人员很少的处所。

2. 货舱斜梯

货舱斜梯为货舱专用的钢质斜梯,斜度为 60° 和 65° 。货舱斜梯为钢质结构,通常在梯子的一侧设置活动扶手或固定扶手,踏步由数根角端向上的方钢组成,梯高为 2.5 ~ 6.7 m。

3. 机舱斜梯

机舱斜梯适用于机器处所,常用的机舱斜梯,其斜度为 $55^\circ \sim 60^\circ$,梯宽为 450 mm 和

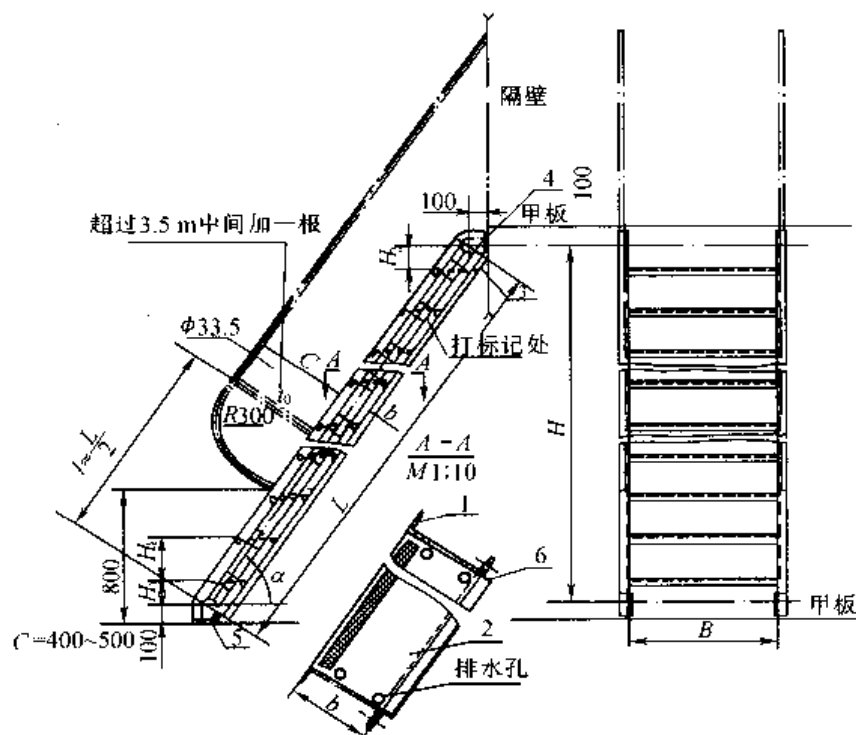


图9-5 A型普通钢质斜梯

1—梯架;2—踏步板;3—宽踏步板;4—上耳板;5—下耳板;6—防尘板

600 mm。扁钢梯架适用于梯高为750~2 850 mm的斜梯;折边的梯架强度较高,适用于梯高3 000~4 050 mm的斜梯。机舱斜梯的踏步采用花钢板或钢板网制作,有一定的防滑性能。

二、直梯

直梯是船舶内部另一种常用的垂向通道设施,通常用于液体舱、空舱以及某些人员不经常出入的处所。直梯按其制造材料可分为钢质直梯和铝质直梯,民用船舶使用钢质直梯。按其使用处所又可分为普通钢质直梯及货、油直梯等。

普通钢质直梯通常用于海(淡)水舱、空舱、桅杆、吊杆柱,人员不经常上下或出入的甲板室顶部及舱室等处所。

普通钢质直梯的踏步间距为300 mm,其中A型及B型直梯梯架为扁钢,C型直梯的梯架为钢管结构。图9-6为A型普通钢质直梯。直梯安装时离开该出的壁板的距离应不小于150 mm,梯长大于2 500 mm,梯架中部应加固定眼板。

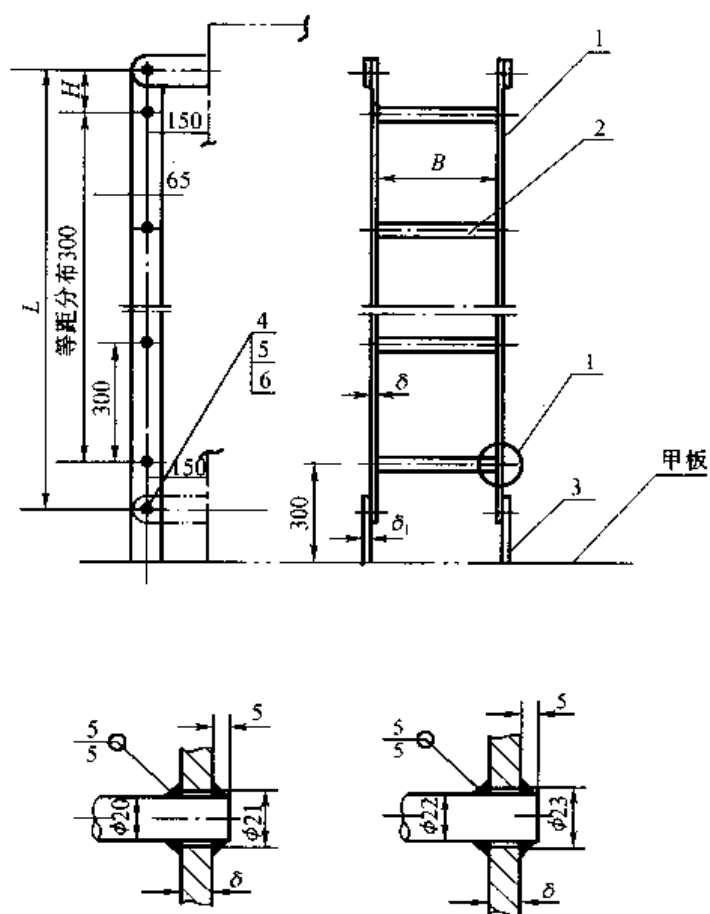


图 9-6 A 型普通钢质直梯

1—扁钢梯架;2—圆钢踏步;3—固定眼板;4—螺栓;5—螺母;6—垫圈



第十章 船舶舱室内部环境设计

船舶长年航行于海上,变化多端的海洋气候和海况对船舶内部环境的影响极大,船舶本身的特点也对营造适宜的内部环境带来很大影响。与陆上建筑相比较,船舶的工作和居住环境是比较差的。因此,改善船舶的适居性,提高船上的工作和生活条件,消除航行中的不良影响是一个重要的任务。

船舶舱室内部环境设计在总布置设计阶段进行,它是船舶建筑内部设计中最具有艺术成分的内容,也是与人关系最密切的造型设计。环境设计涉及建筑材料、建筑工艺、色彩、灯光、空调及防火等。

船舶舱室是船舶建筑的内部空间。在这种内部的空间里,人们通过不同的感官,将看到、听到和感觉到由色彩、光线、声音、材料质地所构成的物质环境。这种环境不仅要满足人们的物质功能的要求,还要满足人们的精神文明的要求。这种环境将是船舶形成人体感受美与视觉美的组成部分。

对船舶舱室内部环境的要求与舱室的类别、舱室所体现的主题思想有很大的关系。因此在进行船舶舱室的内部设计以前,必须先明确船舶舱室的分类及其所要体现的主题思想。

船舶舱室按其使用功能可分为:船舱(机舱、锅炉舱、燃料舱、货舱等)、工作舱(驾驶室、海图室、报务室、理货室、广播室、雷达室、电罗经室、应急发电机室等)、居住舱(船员舱、旅客舱等)、公共舱(卫生处所、饮食处所、娱乐处所等)、战斗舱(指挥中心、弹药库等)。本章重点介绍如何对居住舱和公共舱内部进行设计,以达到完美、紧凑、提高工作效率的目的。

就其整体而言,船舶的各类舱室应与全船的外形协调、统一,从内部布置上要体现朴实大方。但在整体风格协调的同时,又有其个性和各自不同的特点,这就是舱室内部环境设计的明确主题。

如会议室应该力求庄重、质朴和大方;餐厅却要求宽敞、明亮、轻快、整洁;俱乐部或其他娱乐场所必须健康、轻松、热烈、活泼、愉快;居住舱则应讲究安静、舒适、亲切;阅览室、休息室要求安静和素雅。总之,在舱室的总体设计中,无论是家具布置、色彩运用、灯火照明、装饰工艺等各方面,都应围绕不同舱室的不同主题思想综合考虑、妥善布置。

船舶舱室内部环境设计内容包括:室内空间处理,即空间尺度的控制、形体分隔等;家具的选材、配色、配置和布置;室内的装饰、装潢、艺术处理等。

第一节 舱室空间设计

一、空间概念

造型空间是指某一特定的活动区域。船舶建筑的空间由甲板、舱壁、顶棚、家具和设备组成。构成空间的必要条件是具有顶界如天棚、天花板,有底界如甲板、地板,有侧界如围壁、栏杆这样的三个界面。



二、空间类型

具有三界面的空间为内部空间;有一个或两个界面的空间为外部空间。如舱室为内部空间,外走道、露天甲板为外部空间。

一般船舶的舱室面积和层高,均以技术规范和人机设计基准为依据。造型设计中视为不可更改的数值。这里所指的空间设计实际是通过各种造型手段变幻空间的视觉形象、分割形式,家具设施的再设计与巧布置,以达到扩大视觉空间、影响乘员的心理和生理感觉、用以满足和弥补实际空间的压抑和狭窄感。由于实体空间的局限性,室内不宜选用过高的家具。配色时,勿将室内变成调色板,最多采用两种主调色,并且充分利用色彩的视觉效应去改变狭窄感。忌在墙面安装钩、架和在顶上吊装物品。

三、影响空间感的因素及改变方法

所谓空间感是指人通过视觉,将自身尺度与实际空间尺度进行比较而产生的舱室空间的大小感。船舱为实体空间,由于总布置条件、甲板层高所限,客观上存在以下几个特点:

- (1)缺乏水平的地平基线,甲板的各向都由曲线构成;
- (2)船体内部到处都是不规则墙面,并有许多倾斜面;
- (3)甲板和天花板面积较大,显得舱壁特别矮,因此,有较强的封闭感和压抑感。

除了上述客观条件之外,空间感的大小还受到下面一些因素的影响。

1. 空间类型的影响及改变方法

三个界面的实体空间,包括(机舱、集控室、厨房以及一些低等级的居住舱室等)不如三界面明确的虚空间(大面积窗户的驾驶室、观景室等)。由于六面围壁挡住了视线,视野范围局限于本来就不宽阔的实体空间内部,阻碍了人与自然保持接触的本能欲望,心理上产生的空间感是狭小压抑。这类舱室作为工作舱室,可对船员产生不良的心理影响,使船员不能保持愉快、稳定的心理状态,易于疲劳、厌倦。

造型处理上,主要通过色彩设计,调整尺度和设备布局来改善。如利用顶、壁、地面的色调,以加大心理上的空间感;利用金属或油漆表面光滑的反光效果来提高舱室内的亮度也可以适当扩大视觉感。色彩及装饰处理时,注意避免横向分割,避免降低视觉高度增加压抑感。高大设备尽可能不要居中放置,以消除空间的再次分割,以免造成高度对比而增加压抑感。各种舱室应该尽可能不取封闭形式,可借助玻璃窗、漏窗甚至装饰图使视线向实际的或虚幻的外界延伸,以增大空间感。结构上,尽量保证内走廊和舱室围壁处于纵桁下,主通风管装在走道内或者从舱室的两侧纵向贯通,支通风管则夹在横梁之间,最大限度地屏蔽在视线之外。

2. 人的视觉经验对空间感的影响

人类大部分长期生活、居住于陆地上,习惯于陆地建筑内部的空间尺度,往往将自己所熟悉的环境尺度与船舱室尺度进行比较,结果产生了狭小低矮的空间感。在设计中,要尽量使室内环境符合人们的正常生活习惯。具体做法上,可以采取室内陈设和布置的家庭化、生活化设计;运用对比手法,在规范允许的范围内,采用适当小尺度的家具和器物,与整体空间形成对比,以小巧的家具衬托“宽阔”的室内空间。另外,突出视觉焦点,吸引注意力。比如在较大面积的墙面上装饰精巧、醒目的灯具和装饰画等(图 10-1),渲染气氛,转移视线,减少人们对空间具体尺度的注意力和比较。



3. 内部环境条件的影响

内部环境条件指舱室内部分割和陈设方式,以及家具的尺度、灯光、色彩配置等客观条件。

利用隔断,进行合理的分割,可以调整空间尺度比例,改变空间形式,改善空间感。船上大面积场所,如俱乐部、餐厅、会议室、观景室等,由于甲板间高度的限制,空间显得低矮,产生压抑感。采用虚拟空间的分割创造,比如改变局部地界高度,舞厅、歌厅抬高,或降低舞台、舞池,将原有的空间分割成几部分,以产生对比,可以使局部空间感加大。

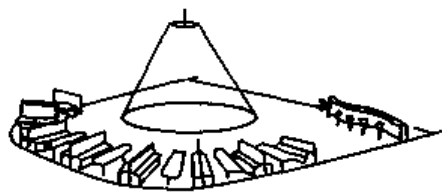


图 10-2 对空间的改变

另外,改变照明方式也有一定效果。图 10-2 通过顶光照射中心区,使其亮度大大高于周边,形成一块独立的虚拟空间,加上四周的单元式家具布置,形成一个个小的虚空间,改变了竖直和水平方向的尺度比,使空间感加大。

利用错视和色彩分割,可改变视觉。由于错视,虽然实际尺寸相同,但人们感觉垂直线段长度比水平线段长度要长。因此,在装饰舱壁时,色条分割、窗帘布的纹路均以竖向线为宜,甚至可将垂线延伸至天花板,以增加视觉高度,如图 10-3(a)、(b)所示;墙壁图案的花纹太大如图 10-3(c),由于对比效果使视觉空间缩小,小花纹则反之[图 10-3(d)]。镜面效应也能扩大视觉空间感,大幅玻璃镜,大面积壁画和装饰物等均能改善空间感。

国际国内客船、旅游船设计将客舱是否设置专用阳台作为现代高水平设计的一项指标。分析其主要原因,一是通过阳台沟通人与自然的直接联系,满足人们向往自然的欲望;二是营造居家氛围,创造独特的个性特点;三是通过空间变化延伸视觉空间。相比这下,全封闭玻璃围幕设计就显得不足。

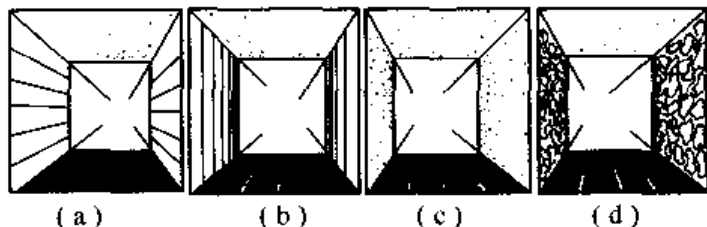


图 10-3 利用错视进行分割

利用家具对空间进行隔断,分成虚拟子空间。图 10-4 为几种隔断的实例:空透式隔断(玻璃、博古架);移动式隔断(顶屏风、帐幕);半壁式隔断(半墙、盆景)。

第二节 环境布置设计

一、居住舱室布置

舱室布置与家具陈设是舱室建筑平面构成的基本内容,是影响室内空间感和造型效果的关键。居住舱室布置应参考有关规范的要求和建议,结合船舶性能,综合设计。

船舶起居舱室中,主要舱室设备经常重复出现。其中设备的长宽高可根据需要进行组合。为了避免因剧烈横摇引起的不适,海床床铺最好纵向布置。此外,除少数豪华客船外,

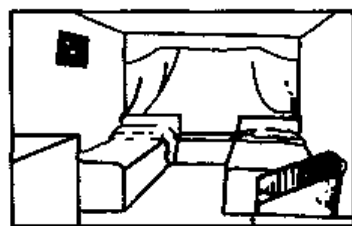


图 10-1 焦点作用

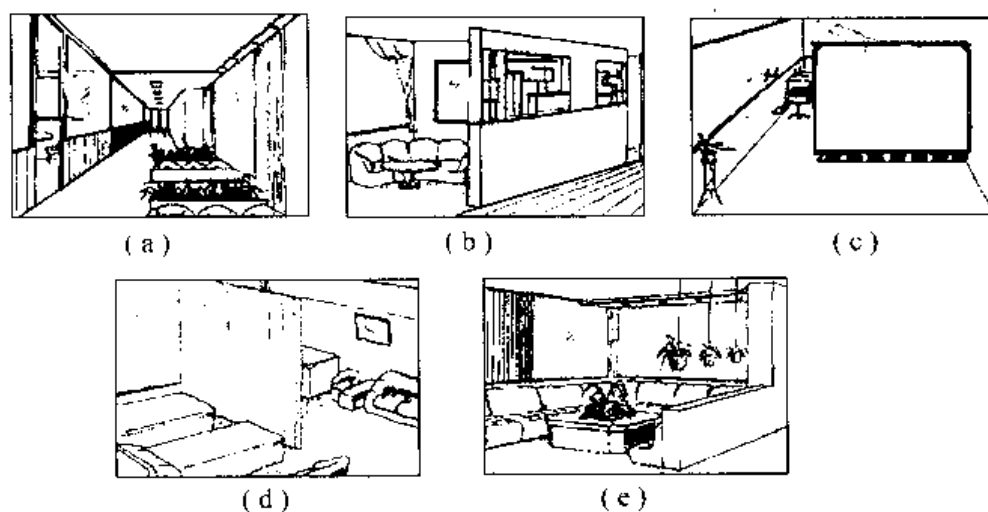


图 10-4 隔断的实例

铺位均应靠壁布置。其他家具也应尺度协调,排列有序,并考虑人们活动路线,以保证尽量大的活动面积。部分家具(尤其是公共场所的家具)可在一定条件下根据舱室要求不同进行组合、编排,以获得满意的视觉效果和与使用目的相协调的气氛。

二、驾驶室布置

驾驶室内主要布置各种操纵、控制和通讯仪器仪表。布置形式根据船舶大小及功能要求预定。最常见的布置形式是“一”字布置和凹形布置。“一”字布置的特点是操作方便,视野开阔;凹形布置主要适应小船,特点是结构紧凑。

三、通道及狭窄空间的造型处理

船舶建筑的尺度限制比较严格。由于通道狭长,部分封闭,为保证人流畅通且使人心理感觉比较正常,在满足规范的前提下,应精心造型设计,充分运用装饰技巧,以改善心理感受。

四、公共活动舱室环境布置

这是对建筑艺术性要求很高且很能吸引人的一个文化娱乐中心。它要在有限空间内,尽量来满足旅客的精神需要,丰富、充实航行生活。公共活动舱室环境布置的要求是布局生动、流向明确而有变化。

静区(如休息厅、会议室、阅览室等)宜布置在次要人流线路上。空间形式和家具、饰材等的布置应自然协调,根据功能不同可考虑整体布局或分割布局。装饰要简洁、清爽,以素雅、柔和为主调。各方面细部应统一于稳、静、朴素与平和。

闹区(如娱乐厅、舞厅、健身厅、儿童游艺室等)在建筑形式上可以采用变化丰富的结构形式,构成适度的刺激,家具布置灵活多样,但切忌杂乱无章。色彩与装饰可以效仿自然,使人产生切合实际的联想,以丰富生活。在光线处理上,宜用较低的亮度,不干扰航行。

服务舱室环境设计应与功能要求相适应。橱窗应简洁、整齐,组合应有规律,人员流动



应通畅,色彩要协调合理。

第三节 舱室色彩环境设计

舱室内是色彩十分集中的地方,因而舱内色彩的协调将成为室内环境设计的重要组成部分。

一、室内色彩的构成

在舱室环境中,空间内部的所有陈设包含了各种类型与颜色的物品和构件(合称物件)。从色彩设计的角度来看,可将组成室内色彩的物件归结为以下四类:

- (1)室内建筑构件,包括地板、天棚、墙壁、柱列、屏罩、门窗、楼梯、走廊等;
- (2)室内设备,包括各类家具、机具、设备设施、管(线)路系统等;
- (3)室内陈列品,包括各类工艺品、灯具、琴棋书画、器皿、盆景、壁挂等;
- (4)室内纺织品,包括地毯、窗帘、帷幔、床罩、台布、靠垫、坐垫等。

这四类色彩物件各自有着不同的形体、尺度、纹饰、材料和质地。在舱室空间可形成不同空间位置、不同面积、不同状态和不同质地光泽的色彩大汇合。它们还往往相互渗透、交融成组合体。如家具与墙壁形成家具壁、画面与壁面形成壁画、纺织品与家具的一体化形成软家具、墙面与染织品的一体化成为墙纸与墙布。

那么在室内环境中,究竟哪类物件是构成色彩的主体呢?这不能简单地定论,而要由各舱室本身的功能与主题思想来决定。如居住舱室,可能由大片的家具或大面积的纺织品构成色彩的主体;而在大型公共活动舱室,建筑构件的色彩往往上升为主体;对于像机舱一类的工作舱室、机器及设备的涂饰,很有可能成为引人注目的主要色彩。除此以外,光照——日光及各类灯光、室内外环境的反射光都参与了室内色彩环境的构成。因此室内色彩的协调,不仅要考虑各类物件自身的协调,还要考虑各物件之间的总体协调。

二、室内色彩的分类

(一)背景色与物体色

在舱室内存在着各种各样的背景色和物体色以及由这两者而成的组合色。如墙壁、地板、门窗、床柜、桌椅、沙发、壁灯、壁挂、陈列品、靠垫等,它们自身所具有的色彩为物体色。

相对门窗、床、桌椅、沙发、壁灯、壁挂而言,墙壁和地板的色彩为背景色。相对靠垫、陈列品而言,沙发和陈列柜的色彩则变为背景色。背景色与物体色常呈现出多重组合,如墙壁—陈列柜—陈列品,地板—地毯—沙发—靠垫,形成多层次的复合背景。

(二)主导色、调节色和重点色

在用三色相组合色彩的设计中,室内的色彩一般可分为主导色(或称基调色),调节色或重点色。

主导色反映室内主题思想,是形成色彩协调的主要而又基本的组成部分。恰当地运用调节色或重点色,往往能产生鲜明的色彩对比,使色彩统一而又有变化,协调又不致单调。

同时,正确地调度好背景色、物体色、主导色和重点色之间的关系,将有助于突出空间的主从关系、隐显关系,也有助于表现空间的整体感、协调感、深远感、体积感、浮雕感。

天棚、墙壁、地板是室内的空间界面,通常是作为背景色的涂饰面,有时也选作主导色的



涂饰面,但不排斥为了强调某个墙面色彩而饰以重点色。当大面积的纺织品和大片的家具的物体色成为室内的色彩主体时,这些物体色也可作为主导色纳入室内色彩的设计体系。不过一定要注意,主导色要有广泛的适应性,以便于陪衬不同色调的物体色或重点色。

(三)固有色和条件色

若将室内的建筑构件、家具、设备、陈列品、纺织品等单独置于日光之下,则它们都能反映物体本身的固有色,这种色彩称之为固有色。一般说来,这些物件若放置在室内空间时,它们不仅带着本身的固有色,而且受到不同光照和光的反射作用,在各种环境色的陪衬下,还必然会呈现出复杂的条件色。也就是说,在许多制约条件下,原固有色经变化后所呈现的色彩称为条件色。

因此,室内环境色的协调,既涉及到挑选各类物件固有色的问题,又涉及到各物件的组合所带来的条件色的问题。

选择固有色时,因为室内空间尺度比起设计图纸来要大许多,必须谨慎地考虑色彩的“面积效应”。所谓色彩的“面积效应”,是指设计图上的色块一旦放大到实物上,因面积的增大会加强色彩感,看上去彩度、明度都将增强而觉得色彩更鲜艳。这是室内色彩协调中不可忽视的一个主要问题。

选择条件色时,要注意如下两点。

1. 对于色彩,具有“同时对比”与“连续对比”现象

应注意利用“同时对比”与“连续对比”的有利效果而避免不利效果,消除视觉干扰和视觉疲劳,提高视觉质量。所谓“同时对比”,是指视线同时接触相邻的不同物体色与背景色时所产生的色相上的“补色效应”。也就是说,物体色将会向背景色的补色方向变化而形成明度、彩度的增高或降低。所谓“连续对比”,是指眼睛长久注视某色块后再移向其他色块时的视觉流动而形成的色彩对比。像医务室那样,要避免使用紫色,以免病人面部蒙上一层不健康的黄绿色。

2. 注意室内光源的显色性

室内各物件的色彩由于光源照射、室内外环境反射光的作用,形成物色与光色的混合,引起色相、明度、彩度的变化。如在高压汞灯下,室内的粉红色变成紫色,蓝色变为蓝紫色。因此,在对室内光源设计时,对辨色视觉要求高的,必须选用显色指数较高的光源,避免色彩的失真。对于某些特定的室内环境,也可以有意地利用某些光源使室内色彩产生良性失真。目前,国际照明委员会(CIE)正在研究这种使物体真实颜色转变成人们喜爱的颜色的光源“喜爱指数”,并设计出各种荧光灯,照在人脸上,看起来更加红润健康,照在肉食上显得更加新鲜。不仅如此,在选择室内背景色、基调色和白昼窗帘时也应考虑它们的反光、透光作用。

三、室内色彩的选择

用色彩来装饰船舶建筑是21世纪以来逐渐形成的一种美化方法。对船舶舱室内部,设计者作不同的色彩处理,以形成不同的色彩空间环境。这些空间的色彩环境将使舱室内部的各个部分清清楚楚,极易辨认出各个舱室空间及它们之间的联系,使人们心中形成特有记忆。但舱室内部色彩的选择,不止是建筑物本身的色彩选择,还应包括室内所有设备的色彩选择。因此,整个内部空间的用色,必须根据舱室的使用功能所表达的主题思想、人们的生活习惯和整个的环境气氛等加以选择,而不宜定出统一的规格。同时,各个舱室之间的色彩还须作适当调节,色彩的选用必须与舱室内部的布置、家具造型的艺术等相互联系起来,相



互配合。总之,各部分色彩相配要做到协调、实用、美观、使人感觉舒服。

下面,将结合船舶建筑各舱室,提出一些选择色彩的方案,供读者参考。

(一)居住舱室

(1)舱室壁面以明调浅色者为多,如白色、浅黄、浅绿、浅蓝,还有蟹青和淡紫。

(2)色彩应为耐脏为主,而且比舱室壁面用色要深,以形成重心低、有稳定感的效果。一般不宜用大红或鲜红。在高级舱室内还应考虑选用深色地毯。

(3)天花板色彩一般选用比舱室壁面还要浅的颜色,常用白色,也有浅灰或浅黄。

(4)家具的色彩应特别注意与整个舱室的色调协调。沙发面的色彩不宜与地板的一致,以免显得单调呆板。

(5)窗帘的色彩应与壁面色彩协调,一般选用比壁面稍深的色泽,但不宜过深。

(二)工作舱室

(1)机舱内温度较高、噪音大、采光差,因此舱壁颜色应以清静冷色为宜,故机舱内用青色系,而机舱棚用白色较好。

(2)驾驶室壁多采用浅色调,也有用本色清漆及深褐色的。海图室一般用暖色系。

(3)无线电室宜采用青绿色系,使其有沉静之感。

(三)公共舱室

(1)俱乐部、娱乐室要求轻松愉快,热闹活跃,适于用浅暖色。

(2)阅览室、休息室要求安静雅致,常用浅色色调,浅蓝、淡黄均可。

(3)会议室要求庄重大方,宽敞,舒畅,采用中腊克壁面为好。

(4)厨房、配餐室、洗室等处,采用青色系较多。

(5)餐厅用色必须能增进食欲。建议用绿色和白色作为餐厅的主调。

(四)其他部分

甲板部分,应采用光线反射率较小的颜色,以免影响驾驶。但不可用黑色,它吸热较快,会使人不舒适,起货时还易发生事故。船舶上所有的管理和设备,根据各种不同性质的系统,可用各种不同的颜色作标志,使操作管理和维修都很方便。

第四节 光照环境的设计

人的生活离不开光。光辐射引起人的视觉,人才能看清周围的环境,获得信息。无论白天和夜间,舒适的光环境对任何人都是至关重要的。

船舶内部的天然采光是极不理想的。主船体由于有水密要求,只能设置透光面积很小而且数量有限的舷窗,白天舱内光线昏暗,不得不依靠灯光照明来补充。上层建筑则要好一些,但与陆上建筑相比,采光窗小、采光效果差,尤其是部分远离舷侧的中部舱室,没有面向外部空间的壁面,无法设窗获得天然光照。船上的人工照明,由于受到船舶电站功率的限制,无法按照陆上照明设计的标准进行。

在紧急情况下的应急弱视照明,通常由蓄电池或应急电站供电,供电量有限,光照条件也不理想。

从人的视觉特性出发,合理设计光环境,改善船内光环境条件,是改善船舶适居性提高工作效率的重要方面。

舱室内光照环境分为天然采光与人工照明两种。



一、天然采光

天然采光在室内是借助于窗来实现的。由于天然光线的照度和光谱性质,以及它与室外自然景色的联系,故可以提供人们所关心的气候状态,三维体的空间定时、定向及其他动态变化信息。因此,通过各种不同形状窗户的天然采光可以在室内创造出富于情感的气氛。而天然采光的设计,必然是窗户形状及其位置排列的设计。

窗的设置主要用来采光,有时兼作眺望、自然通风用。在大、中型船上,还要求公共舱、住舱、办公舱室等人员逗留场所的窗可兼作应急逃生口。

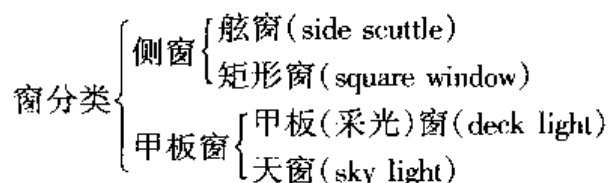
从上述功能要求看,窗面积愈大愈好。然而,窗太大,取暖空调的能耗势必增大,航行于热带或严寒地区的船,尤其应注意这点。

设在干舷甲板以下船壳上及封闭上层建筑内的舷窗还应保证水密和结构坚固的要求,规范对舷窗的大小也有规定。

这里主要从采光的角度讨论窗的设置问题。

1. 窗的类型

船上的窗按其设置部位、形式、结构、材料和功用等多种分类



舷窗有固定式和活动式,前者不能开启,后者可开启,按水密承压能力分重型、普通型、轻型。在水密区域里的窗,设有防爆盖,这样的窗在风暴天气时无法保持采光。舷窗为圆形,规格以透光玻璃直径表示,通常有 $\phi 200$ 、 $\phi 250$ 、 $\phi 300$ 、 $\phi 350$ 、 $\phi 400$ 几种,视船大小(肋距)选用,兼作逃生口必须在 $\phi 350$ 以上。从采光角度,窗数量愈多,直径愈大愈好,但往往受限制。

矩形窗用于无水密要求的上层建筑内,承压小于 5m 水柱,透光尺寸(宽 \times 高)愈大承压愈低。

甲板采光窗安装与甲板平面齐平,透光面用棱形玻璃,使甲板下的空间接受的不是直照阳光,而是均匀柔和的散射光,通常作公共舱、通道等顶部采光用。

天窗窗盖可开启,盖上圆形或矩形透光玻璃,除采光外还兼作自然通风之用,一般在机舱、炉舱、厨房或小船舱室顶上设置。

上层建筑或甲板室内设窗往往受结构强度限制。各区域舷窗设置要求,如表 10-1 所示。

窗形及其位置排列的设计必须注意以下几点。

(1) 窗户的采光面积以及窗户的数目应根据室内光照所需而定。

(2) 当窗户横向排列时,从船舶结构的功能条件出发,应尽可能少地切断横向肋骨,以免影响船舶局部强度。

(3) 不同形状的窗户给人以不同的情感气氛。必须结合总体外形及舱室主题思想给予合适地选择。譬如,水平方窗可以使人感到舒展、开阔。垂直方窗可以取得条屏挂幅式的景观和大面积的实面。圆形的水密舷窗,在海轮中给人以封闭、稳定、安全感。大型落地窗在小型的旅游客船中可以获得亲切的感觉以及从舱室向外延伸与室外紧密联系的感觉。前倾



的平行四边形窗给人一种运动感,适于在内河快速客轮和游艇上使用。透过天窗,可以看到天光云彩并提供时光信息,消除了置身于六面体盒子结构中的窒息感觉。至于在游船的公共舱室中的各种漏窗、花格窗,由于光彩交织、似透非透、虚实对比,投射到舱壁地面上的更是变化多端、生动活泼。

表 10-1 各区域舷窗设置要求

舷窗位置	设窗区域	舷窗及防爆盖			窗功用
		窗形式	窗盖形式	航行中窗关闭情况	
干舷甲板以下船壳	在载重水线以上 至 $\delta\Delta_1 = B/40$ 水线	固定式 重型窗	水密铰 链式	永久关闭	仅采光用
	在 $\delta\Delta_1 = B/40$ 水线以上 至 $\delta\Delta_2 = B/40 + 1.4 \text{ m}$ 水线	活动式 重型窗	同上	关闭,加锁 (港内可开)	同上
	在 $\delta\Delta_2 = B/40 + 1.4 \text{ m}$ 水线以上 至 $\delta\Delta_3 = B/40 + 3.7 \text{ m}$ 水线	活动式 重型窗	同上	关闭,加锁, (船长允许可开)	同上
	在 $\delta\Delta_3 = B/40 + 3.7 \text{ m}$ 水线以上 至舷甲板边线		水密可 移动盖	关闭、可开	同上
围壁、 上层建筑	前、后壁和侧壁	同上	水密有 窗盖	关闭	同上
其他 上层建筑、 甲板室	同上	活动式 轻型窗	无窗盖	可开	采光可兼 自然通风

2. 窗的配备

一般船员舱设一扇窗,高级船员起居室设二扇窗的较多。餐厅、吸烟等公用舱室视外舷壁的地位设 2~4 扇窗。若结构加强不受限制,则界线以下的人员住舱应设采光舷窗,只是数量应减到最少。

舷窗,小船一般用 $\phi 300$,最小 $\phi 250$,大中型多用 $\phi 350$ 以上。方窗,同样根据肋骨间距大小配以合适的窗,另考虑水密承压要求。透光尺寸 300×400 可承 5 m 水柱压力, 350×500 , 400×550 , 450×600 窗承压 2 m 水柱。在上层建筑内的一般舱室之窗,大规格的 (550×600 , 600×700 , 800×900) 窗用于要求视野广阔的驾驶室。

3. 窗的布置

窗的设置和布局对室内采光、舱室布置及船的外观都关系极大。

首先,窗布局应有利于室内较合理而均匀地采光。天然光照度沿室进深的分布如图 10-5 所示,近窗口处照度高,室中却已降低较多,到室进深尽头已极弱。因此,若舱室相邻两壁都是外壁时,同时在两壁上都开窗,并偏

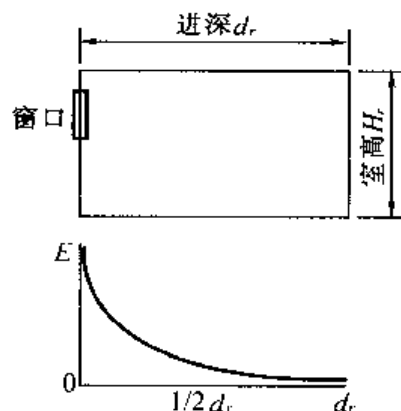


图 10-5 日光照度沿室进深分布



离于两壁交角,有利于整个室内照度的均布。实际上相对两壁开窗能使光分布较为理想,但船上除大厅室或统舱外,一般空舱或居室这样设置的可能性较小,而且相邻两壁都能开窗的室也不多。窗仅能一侧布置时,一扇窗最好在室长中部;两扇窗应可拉开,使两侧也能有一定光照。

其次应配合室内的布置。窗口附近的照度较高,一般总是把需要光照条件好的家具(如写字台)布置在靠窗处。有时室内布置难以变更时,有的也适当移动窗位置以便照顾部分采光的需要。

最后还应审视全船门窗的设置对船外观美的影响,每一层甲板的窗的大小、高低、形式要尽可能统一,窗高连线应平行于弧线,使窗的间隔分布富有韵律感。人站立时眼睛高度范围为1 300~1 700 mm。一般舱室窗的中心线高度可设在1 500 mm或1 650 mm处。

二、人工照明

舱室人工照明按功能可分为:舱室照明(分明视照明和艺术照明)和应急照明。舱室设计所关注的是舱室照明,关心在明视照明下室内照度是否充分,视感是否舒适。艺术照明在船上特别是客船上,已成为美化环境所不可忽视的手段之一。

应急照明涉及船舶遇难时人员安全逃生的问题,因此,应急照明的设计还应充分考虑逃生路线及登艇场所等。

人工照明与自然采光不同。自然光线的光谱中光色是固定的,由红、橙、黄、绿、蓝、紫等色彩组成。人工照明光的冷暖、强弱,光的色相均可以随需要而选取,随时间而变化。倘若配之以色彩的感情感征意义,则在室内可以创造出丰富多变的光照环境。然而,在船舶舱室中不可能像城市建筑那样广泛地运用人工照明的方法去创造室内的环境气氛。作为探讨,某些陆上建筑的室内光照环境的设计方法还是可以借鉴和学习的。

(一) 舱室照明

1. 电光源

人工照明采用的电光源有白炽灯、荧光灯、高压汞灯和高压钠灯等,船舶舱室照明常用的电光源为白炽灯和荧光灯。

(1) 白炽灯。白炽灯依靠灯丝加热后辐射发光。色温在2 700~2 900 K呈暖色调,显色性较好。但光效低,有效寿命短(约1 000 h)。启动迅速,直接接电源无需附件,故船上使用较多,特别是启闭频繁处及应急照明。

(2) 荧光灯。荧光灯是气体放电发光的光源。由于其光效比白炽灯高3~5倍且寿命也较长,已广泛用作舱室和通道照明。然而不足之处是,常用的普通荧光灯光色比白炽灯差,在荧光灯照亮下,物色失真,人脸呈青灰。

另外,常用的还有几种节能小型荧光灯,如H型、U型、双D型荧光灯。这类灯的特点是:光效为白炽灯的4~6倍;寿命为白炽灯的5倍,启动和镇流附件组装成一体,可像白炽灯泡那样直接插在普通灯座上使用。但目前生产的这类灯功率较小,不宜作大面积的舱室照明,但可用于台灯、床头灯、梳洗灯等局部照明。

2. 照明灯具

照明灯具是指灯与灯罩的组合。灯罩的作用除保护灯泡,遮挡光源眩光和用来装饰外,更重要的在于控制配光,提高光通利用率。






灯具类型,按安装分式分,有吊灯、吸顶灯、嵌入式灯、壁灯、落地灯、台灯等。其中,船上



受层高限制,吊灯一般不用。舱室的一般照明多用吸顶灯、嵌入式灯、台灯等。壁灯、台灯、落地灯仅作局部照明,兼装饰和调节环境气氛。嵌入式暗灯大都结合室顶结构构成艺术照明。

灯具还可按光通量分布特点分类(表 10-2),这有助于在光环境设计中可按照光需要来选择灯具。

表 10-2 各类灯具光通量分布特点

灯具类	模式图	光通分配 向上% 向下%	特 点	用 途
直接型		0 ~ 10 100 ~ 90	光照集中,照度高,光通利用率高。光方向性强。窄配光(张角 < 20°) 中配光(张角 = 20° ~ 40°) 宽配光(张角 > 40°)	(1)适宜作作业面照明 (2)舱室吸顶灯,宜用宽配光型灯具 (3)窄配光多用于投光灯
灯具类		10 ~ 40 90 ~ 60	大量光下夜间工作面上,少量光向顶面空间漫射。使环境有舒适亮度比。有益消除空间的低矮压抑感	一般舱室照明
半直接型		40 ~ 60 60 ~ 40	光通均匀向四周漫射,光通利用率低。透过半透明灯罩的漫射光柔和均匀,改善环境空间感	不宜作工作照明
半间接型		60 ~ 90 40 ~ 10	光通中大部分投向室顶后再反射向下,少量向下的散射光,光线柔和而均匀,无刺激性强光,视感舒适。即托出室顶结构、装饰,又能呈现灯具的优美	用于装饰要求高的大厅等公共场所
间接型		90 ~ 120 10 ~ 0	全部光集中向上,再由顶反射,形成散射光,光线均匀柔和,但灯具效率低。散射光不产生阴影和眩光,视感极好	用于音乐室,休息室等公共舱室

3. 照明装置

以灯与舱室内结构或家具组合的照明方式,将光源陷蔽在构件中即成为照明装置。其发出的光照度均匀、光线柔和,无眩光和带阴影的光带、光环或光面,并将光扩散到室内各



处,从而改善光环境。

船上常用的照明装置有:反光顶棚、反光柱、反光梁等反光式照明装置,以及发光带、反光槽之类的透光照明装置。

反光顶棚在船上一些公共舱室用得较多,灯隐装在四周檐槽内,光照亮整个顶棚再反射到室内,光线淡雅柔和可形成和谐平静气氛。室内大面积亮顶比如头顶天空,有自然光感,光环境效果极佳。槽光灯布置合理可以比用单个筒接灯具效率高,缺点是容易积灰。采用这种照明装置时,应注意光源的绝对隐蔽,不可被看见;提高顶棚反光系数;灯具布置要避免产生明暗不均的亮斑。灯具布置还与顶棚高与顶棚大小有关,当舱室大而室顶空间有限时,可分设二个以上面积较小的顶棚更合适。

在一些面积大的公共舱室内,往往设有很多支柱,若采用反光柱式照明,则既提高了支柱装饰性,又解决了照明装置的安装,且光环境效果也不差。

反光梁也是一种充分利用结构空间的照明方式。如锦江号的登离船门厅就是强横梁暴露,灯隐藏其中,光由顶甲板内面反射而下,一行行光影别有情趣,且增高了空间感。对有些船上由于甲板间高度较低,采用大面积发光顶棚是不适宜的。对有一定光照要求的环境可采用光带或光片式发光顶棚。如光带式顶棚用于座席客舱,顺沿着座位间走道顶上安装入光带,既重点照明了过道,又成了醒目的导向标志。光片犹如把光带切断拉开成间断布置或分散组成的图案,这对希望室内各处都散布光照的餐厅、娱乐室等处比较适用。光带或光片式发光顶棚,是将灯隐藏在天花板之内,在天花板平面上装漫射光玻璃或棱镜透光玻璃,或用格栅片(有金属的塑料的,构图有圆孔、六角孔、万孔等多种网孔状格板),灯槽内设反光材料。

此外,运用一定数量的吸顶灯,或嵌入暗灯散布在天花板上构成闪闪繁星状或形成由中心向四周辐射的光芒或光环,也可以创造良好的大厅照明氛围。

4. 明视照明

舱室明视照明的任务主要是确保室内工作面有足够的照度,以便清晰地识别对象,了解环境。工作面,对卧室、休息室、通道、梯道等处是指地面,对会议室、餐厅、办公室、乒乓室、弹子房等是指桌面。这种以照亮大面积工作面为主的照明称一般照明。局限于小范围的特殊照明称局部照明,如海图桌、书写桌、镜前、床头等处的专用照明。

明视照明包括一般照明和局部照明。明视照明和局部照明的共同的特点是都以工作面或照明对象的照度为主。有的舱室仅设一般照明,有的舱室兼备两种照明方式(称混合照明方式),视各类舱室用途的需要而定。明视照明的功用如下。

体现装饰效果:壁灯、雕塑坐地灯、蜡烛灯等灯具照明作用不大,主要在于灯具造型的装饰效果。此外,还可运用投向壁面的光斑光色、投向物体的光影造型来装饰室内空间。

突出室内视觉中心:利用投射光可突出室内的大幅壁画、艺术摆设,或利用投射光束作背景衬托展品。

改变空间感:反光顶棚或发光顶棚可使顶面明亮,给人以空间增高感受,若光色运用恰当还会形成头顶青天之感。同理,利用发光壁有扩大空间感。设置光窗会有与自然相通、引光入室之感。

组织室内虚拟空间(或小区):在一些多功能厅室里可以运用不同照明方式组合成不同功用的小区。例如:光线柔和的淡雅咖啡座;光束强烈色彩缤纷的表演台;光色和谐而迷人的酒吧等,使大厅功能多而不乱,使各小区各得其所。



渲染室内气氛、强调室内特征;利用艺术顶棚和吸顶灯的结合给大厅增添豪华感。五彩旋转灯给舞厅带来变幻、迷离、激情和富有生气的气氛。用淡雅微暖的漫射光或嵌入式暗灯或散落数处的落地座灯会给休息室增添安详、宁静和温馨的感受。

明视照明的设计 requirements 是:工作面有足够的亮度,且亮度稳定而均匀;视野范围内亮度差不宜过大,无耀眼的眩光;特殊场合,如技术台、桌球台等工作面上还要求无阴影;光色柔和,显色逼真。

图 10-6 所示为某货船甲板部办公室照明设计方案。

方案 1:装二只灯。方案 2:只装一只灯。可增台灯,补充桌面照度。

5. 艺术照明

艺术照明是利用灯具的选型、光线的强弱、光色的调配和光影的变幻使室内形成一种视觉特殊的光环境,艺术照明更丰富了室内的装饰效果,给环境增添美感和气氛。

设计艺术照明应注意:根据舱室的性质和用途考虑艺术照明结合舱室装修特点;室内(四周平面和立面,家具,织物等)用色的基调,光色与物色的协调;选一或二种照明方式为主调(避免繁杂),在具体手法上多下功夫。

(二) 应急照明

船舶发生事故时,往往主电源中断,需提供应急电源供应应急设备运转和应急照明。

应急照明包括:航行灯,信号灯,通讯等;机舱,控制站,消防装备处所的照明;通道,梯道,出入口的照明;公共场所及超过 16 人居室的照明;停放救生艇、救生筏场所,登艇甲板,舷外放艇入水处的照明。

关于应急照明,海上人命安全公约和各国规范都有规定,不再详述。

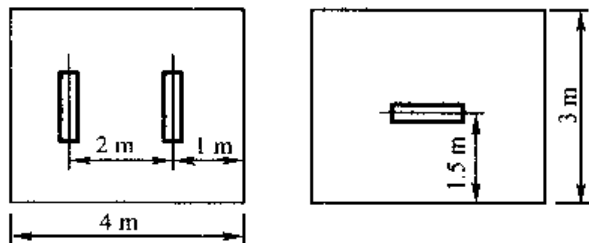


图 10-6 两方案的灯具布置

第五节 舱室陈设

室内陈设是舱室内部设计中的一项十分重要的内容。它布置得好坏,不仅直接影响人们的工作、生活,而且对舱室分隔、组织空间、美化舱室环境、创造舒适宜人的气氛也有作用。室内陈设包括家具、织物、工艺品和日用品。

一、家具

家具是一种实用工艺品,它既有使用功能也具备美学功能。

在船舶舱室内,家具的配置应遵循以下原则。

(1)家具的选择和布置一定要符合统一与变化相结合的原则。

(2)在数量上,要根据使用的要求和面积大小而定,切忌过多过大,阻塞空间。

(3)在布置家具时要讲究序列,考虑人流路线,力求有较多的活动空间与活动面积。要将室内性质相似、功能相当的家具组织在一起,形成不同的功能角落,以求统一、协调,避免杂乱无章。规则的布置有明显的对称轴线,显得严肃端庄,多用于会议室、接待室,不规则的布置无明显的轴线,显得自由、活泼、富于变化,常用于休息室、客舱、游艺室、舞厅等。



(4)在款式上,既考虑不断翻新与变化,又要讲究实惠、方便,有利于提高经济效益和工作效率。

(5)家具的造型与尺寸应适合人体的体型、生活习惯和不同环境的要求,其外形、结构和尺寸还应具备“船用”的特点。

(6)材料的选用应因地制宜。

(7)家具的造型、色彩、尺度、比例等要结合舱室的主题思想和船舶总体性格。

二、织物

室内织物包括窗帘(见图 10-7)、床上用品、沙发蒙面、台布、靠垫、地毯、挂毯等。

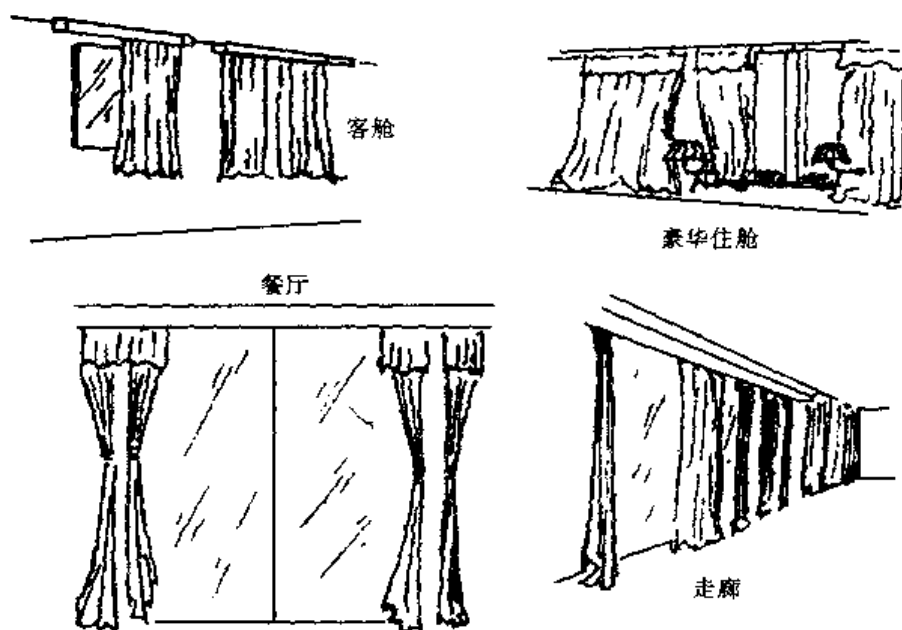


图 10-7 不同地方不同款式的窗帘

三、工艺品

工艺品无论是实用工艺品(塑料制品、艺术灯具、搪瓷制品、竹藤家具)还是装饰工艺品(壁挂、壁画、盆景、刺绣、雕塑、陶瓷)都能美化空间、陶冶精神,是船舶舱室环境设计中不可缺少的一部分。

工艺品的选材与船舶整体造型效果也很密切,如表 10-3 所列。

表 10-3 材料与造型效果

注意事项	要 点
相称	同舱室造型的整体性质相称,如大厅内家具应选用质地光滑、流畅、光洁的面料
对比	注意材料粗糙度、光亮度、透光度的对比及层次和节奏
经济	用尽可能低的费用获取尽可能好的视觉效果
新颖	满足人对新事物的追求,不断发掘和创造新的思想



船舶舱室内部环境设计是一个复杂的综合设计,考虑的因素多,与结构、性能和工艺都有密切的关系。它不单是美化外表,而是艺术、技术相结合的统一体,基本的原则是变化中求统一。

第六节 典型舱室布置实例

一、居住舱室布置

紫荆号豪华旅游客船按船东的要求,居住舱标准双人客房内设2 000 mm × 800 mm豪华席梦思床两张、电器控制台兼床头柜一个、嵌壁式组合衣柜一个、梳妆写字台和茶几各一张、单人皮沙发一对、14寸彩电一台,单元玻璃钢卫生间一套,内设低噪声坐便器、淋浴器、烘手器、梳妆台、低噪声排风器各一台,房内灯具、小五金、工艺陈设等按星级标准配置。整套客房显得豪华、典雅。舱室布置时,为使管路装配方便,单元卫生间按两间对称布置。由于实体空间所限,舱室的环境设计主要考虑家具的尺寸协调、布置形式、工艺装饰及色彩配置。布置形式有如下两种方案(透视图)。

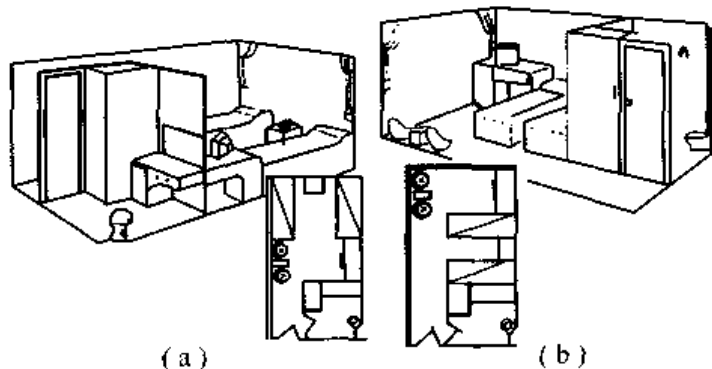


图 10-8 舱室布置方案

(a) 第一方案; (b) 第二方案

第一方案图 10-8(a),床靠窗横向布置。这样,平面布局协调性较好,室内活动空间较大,但舒适性和居家气氛不如后一方案。

第二方案图 10-8(b),利用卫生间背面空间布置床位。这种布置具有一种神秘感,居家气氛优于前者,有效地利用大面积落地玻璃窗与外界相接触,使内部和外部融为一体。本船采用了第二方案。特等客房除配备和标准客房相同的陈设外,另有办公用豪华写字台一张、小型多功能打字机一台、呼叫器一部、46L小型冰箱一部、酒水柜一个、豪华型饮具一套。

二、国内船舶舱室布置实例

国内船舶舱室布置图见图 10-9~10-11。

三、优化布置型舱室图实例

优化布置型舱室图见图 10-12。

四、国际船船员舱室图实例

高级船员舱, L 和 B 分别表示舱室长度和宽度。范围: $L=6\sim 8\text{ m}$, $B=4\sim 5\text{ m}$ 。见图 10-13。

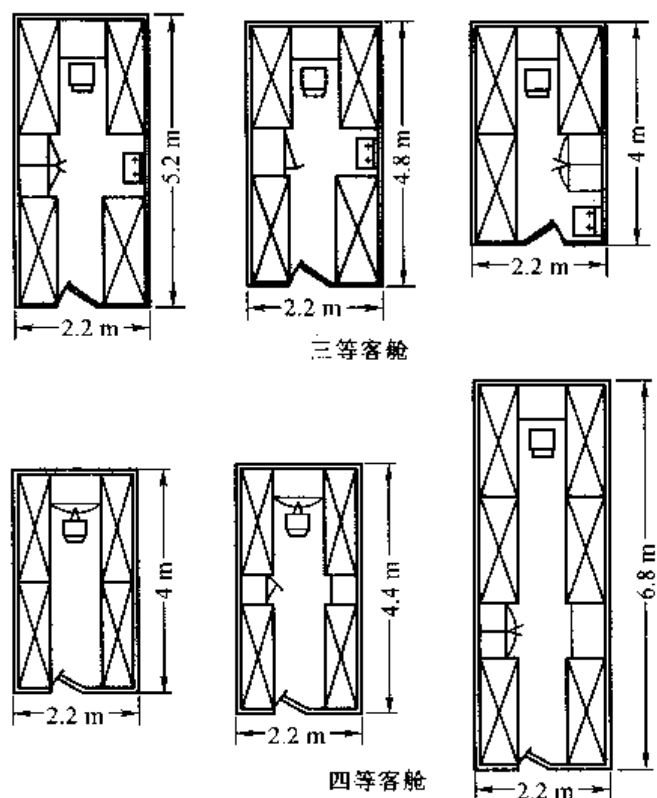


图 10-9 国内船旅客舱室图

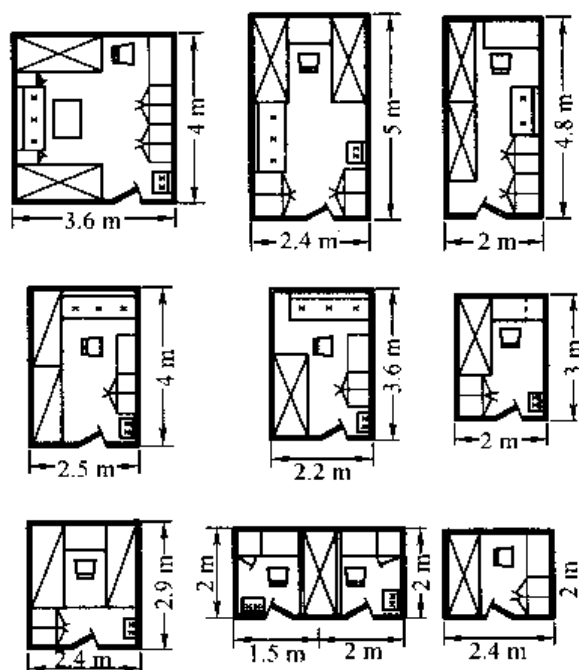


图 10-10 国内船船员舱室图

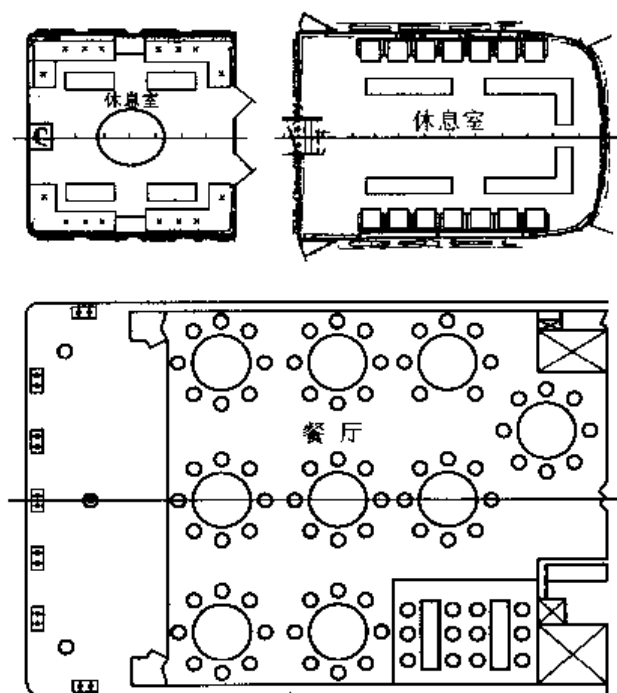


图 10-11 国内船公共舱室图

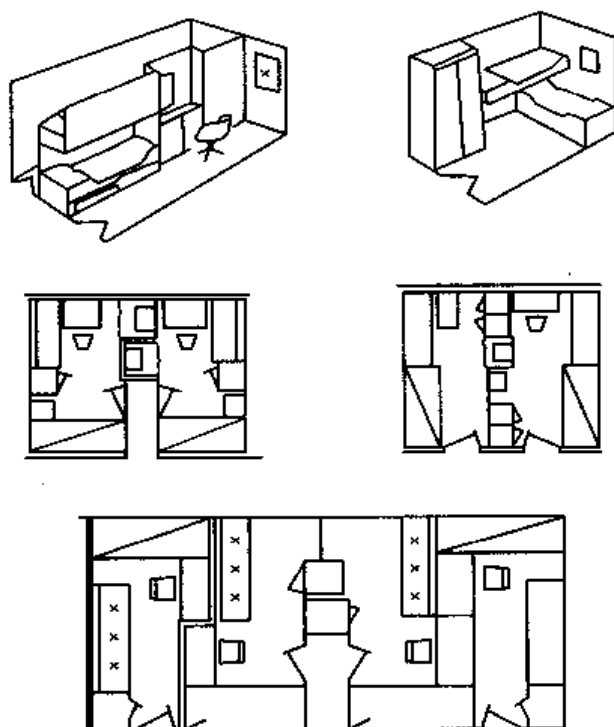


图 10-12 优化布置型舱室图

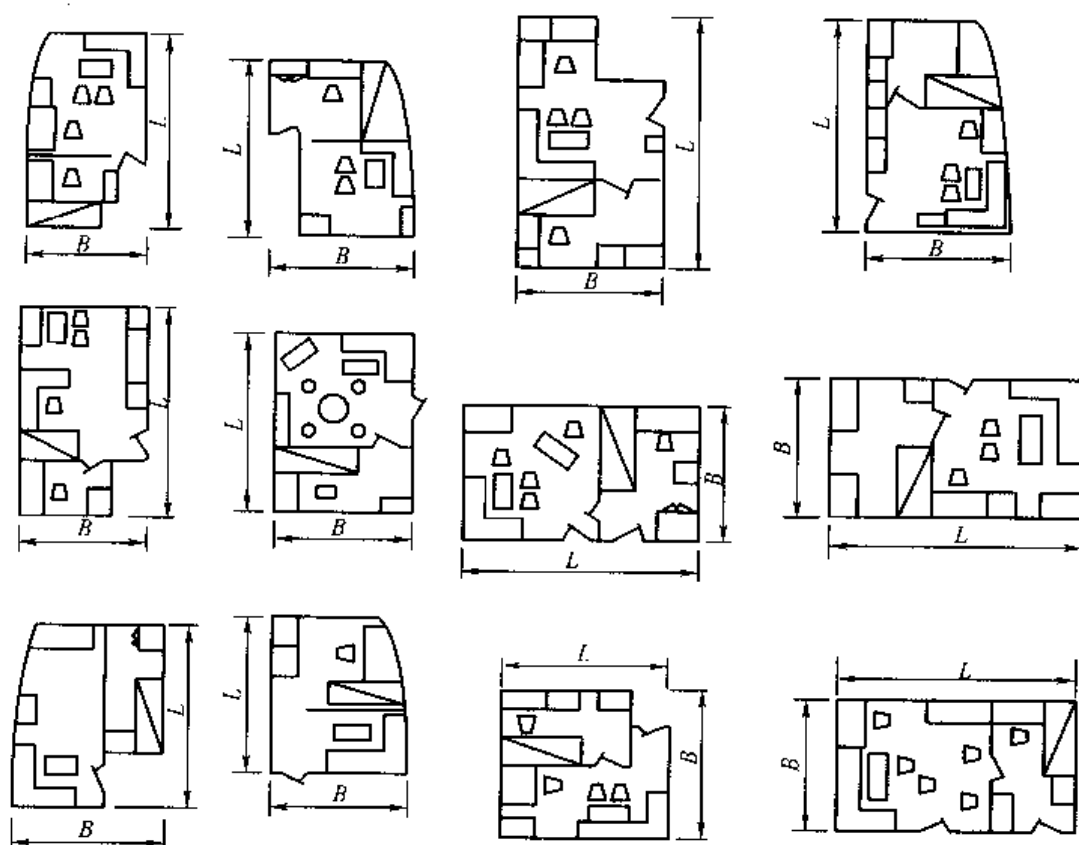


图 10-13 国际船船员舱室图



第十一章 船舶舱室门、窗设计

本章主要讲述船舶舱室门窗设计,对于一般货船来说,主要是指上层建筑内的门窗;因客船舱室所包含的范围很大,有居住舱室、公共活动舱室和工作舱室等,所以对于客船应包含上述舱室的门、窗。

第一节 舱室门

舱室门对于货船来讲是上层建筑内部的一些房舱门,但不包括主甲板外围壁上的水密门。对客船来说是指各层甲板上内部的一些舱门,也不包括甲板上外围壁上的水密门,和机舱内的水密闸门、网门等。

舱室门可分为防火门和C级门。防火门按防火等级分为A级门和B级门。A级门分为A-60、A-30、A-15、A-0级四种等级,B级防火门分为B-15和B-0级。

一、A级门

A级门是设置在A级舱壁上,且与该舱壁具有等效的耐火性能(包括阻止烟及火焰穿过的效能)的门,它还具有作为关闭设备所应具有的功能。

A级门由两类门组成,一类是防火门,一类是水密门。这两类门很难绝对地加以区分。限界以下水密舱壁(有时即为主竖区舱壁)上的门虽也能兼起防火门的作用,但由于它们设于水下部位,主要的作用是关闭后保持分隔的水密性,以维持船舶的抗沉性,因此,安全公约规定,这类门一般不要求填充隔热材料;在限界以上部位的A级门,则应首先满足公约和规范对防火性能的要求,再兼及水密性(如有水密性要求的话)。这里主要叙述防火门。

A级防火门同其他A级分隔一样,分为A-60级、A-30级、A-15级和A-0级四个耐火等级,具体选用哪一个等级的防火门应遵循“提供等效于其所在舱壁的耐火性能”这样一项原则,即与所在舱壁相同的耐火等级,设置A-60级舱壁上的门,也应为A-60级,以此类推。但是有一点例外,即对于船舶上层建筑及甲板室的外门,不作这样的要求。这类通往开敞甲板处所或外走道的门,不需要满足防火门的要求。

安全公约规定:A级防火门的门叶及门框应为钢质结构,同时还要求防火门应在舱壁的每一面均能由一人即可将其关闭。为此,在满足耐火性能的前提下,应尽可能控制门的重量,以便开闭自如。

A-60级防火门的结构主要由门框、门板(面板)、芯材(绝缘材料)、拉手、锁链、闭门器、加强板等组成。表11-1为A级防火门的基本组成。A级防火门在结构上的一个特点是:除极个别情况(一般仅指无线电报务室通向内走道的门)允许在门上设置尺寸为400 mm×500 mm可踢出的应急通孔外,不允许在门上设置其他开口(包括通风开口)。



表 11-1 A 级防火门的基本组成

耐火等级	门叶				门框	
	钢板及表面处理	面材厚度/mm	绝缘材料种类	门叶总厚度/mm	材质及表面处理	厚度/mm
A-60	复合钢板或钢板外喷漆、烘漆	0.8~1.6	硅酸钙板、陶瓷棉 硅酸钙+陶瓷棉	41~48	钢板喷漆或烘漆	≥15
A-30	复合钢板或钢板外喷漆、烘漆	0.8~1.2	硅酸钙板、陶瓷棉	~40	钢板喷漆或烘漆	≥15
A-15	复合钢板或钢板处喷漆、烘漆	0.8~1.2	硅酸钙板、陶瓷棉、岩棉	~40	钢板喷漆或烘漆	≥15
A-0	复合钢板或钢板外喷漆、烘漆	0.8~1.2	一般不填充材料,兼作隔声门时可填充玻璃棉或岩棉	37~40	钢板喷漆或烘漆	≥15

所有 A 级防火门除了要满足耐火性能的共同要求外,在不同种类的船舶上使用时,还需满足各自的特殊要求。

二、B 级门

B 级门即 B 级防火门,是设置在 B 级舱壁上,且与该舱壁具有等效的耐火性能(包括火焰穿过的效能)的门。与 A 级门相仿,B 级门应该属于 B 级舱壁耐火完整性的范畴,是在 B 级分隔上开口后对关闭装置要求的问题。

B 级门与其他 B 级分隔一样,分为 B-15 级和 B-0 级两个耐火等级,具体选用时应遵循“提供等效于其所在舱壁的耐火性能”的原则,即与所在舱壁相同的耐火等级。但对上层建筑甲板室的外门不作如此要求,这类门不需要满足防火门的要求。

B 级防火门结构主要由门框、门板、芯材(绝缘材料)、踢出口、锁链、拉手、加强材等组成。B 级防火门的组成列表 11-2。A 级门不允许设踢出口,但 B 级门不同,除了梯道环围的门上及门下不允许开设通风口外,其余用于走廊舱壁上通往起居处所等舱壁上的 B 级门上及门下可允许开设通风口。这种开口如开在门上,则只允许设在门的下部。不管这种开口是开在门上(门下部),还是门下(门框下),一个或几个这样的开口的总净面积均不得超过 0.05 m^2 。当这种开口开在门上时,则此开口应设有不燃材料制成的格栅;仅在门上开设开口时,则当门上开口的格栅处于开放状态时,开口的总净面积应不超过上述规定,而当门下也有开口时,则格栅开放式的开口净面积与门下开口面积之和应不超过上述规定。

B 级走廊舱壁上用作起居处所舱室的 B 级门,在船体因碰撞等意外原因造成结构变形时可能导致门不能正常开启,为避免人员被困在舱室内,往往在门上设有可踢出的应急孔。



表 11-2 B 级防火门的组成

耐火等级	门叶				门框	
	钢板及表面处理	面材厚度/mm	绝缘材料种类	门叶总厚度/mm	材质及表面处理	厚度/mm
B-15	复(涂)塑镀锌钢板或钢板外喷漆、烘漆	0.8~1.2	岩棉板	35~40	钢板喷漆或烘漆	≥ 15
B-0	复(涂)塑镀锌钢板或钢板外喷漆、烘漆	0.8~1.2	中空不填充隔热材料	~37	钢板喷漆或烘漆	≥ 15
B-0 兼作隔声门用	复(涂)塑镀锌钢板或钢板外喷漆、烘漆	0.8~1.2	超细玻璃棉	35~40	钢板喷漆或烘漆	≥ 15
B-0 B-0	双面复贴三聚氰氨或聚酯型塑料贴面板	0.8~1.2	硅酸钙板芯板	~34	钢板喷漆或烘漆	≥ 15

三、C 级门

C 级舱壁上设置的门叫做 C 级门。C 级门在构造和组成方面都与 B-0 级门相仿。由于它没有阻止火焰穿过的要求,因此门的加工精度(如门与门框的间隙),所使用的门锁和锁链等,都可适当放宽要求。

四、其他类型门

这些门主要指非防火门,如图 11-1 所示。

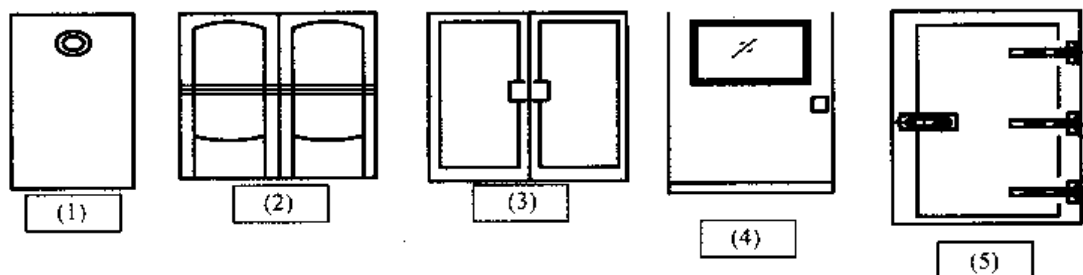


图 11-1 船舶舱室非防火门

(1)玻璃钢门;(2)木框玻璃门;(3)金属框玻璃门;(4)移门;(5)冷库门



第二节 窗与窗斗

一、窗、门窗布置图

船舶舱室有各种各样的窗,如舷窗、方窗、落地窗、防火窗等。从材质来分有钢质窗和铝质窗,从其外形来看有矩形窗和圆形窗(一般为舷窗)。有的窗是不能开闭的,如舷窗;有的是可开闭的(左右内开或左右外开)。设计窗时主要考虑类型(如铝质矩形窗且带扫雪器)、数量、中心高度、围壁开口等。窗口的数量、形式、位置参照舱室布置图。与舱室门一起,画出门窗布置图既作门窗布置图为船检的备查图纸,又作为订货依据。

二、窗斗

窗斗也叫窗盒子(Window Box),是整个窗的一个组成部分,与舱室衬板有密切联系。为模仿地上房间,从舱室里面看上去像方形的窗,为此衬板和绝缘上开了一个矩形口,窗盒子遮住了这些切口表面,并与窗联接,能起装饰等作用。窗斗特殊作用如下。

(1)修饰衬板,外围壁上开窗而该围壁又有衬板时,则位于窗口部分的衬板必须挖成一个孔,这样就暴露了衬板与外围壁之间的构架与绝缘物,从外面看来,窗、窗斗、衬板组成了完整的整体。

(2)窗斗能收集从玻璃上落下的冷凝水。

(3)能维护舱壁耐火完整性,并改善窗部位的隔热、隔声效果。



第十二章 舱室设备

船舶舱室设备是指设置在船舶起居处所、公共处所、服务处所以及某些控制站(如驾驶室)等处所的生活设备及设施,包括家具、厨房设备、卫生设备、医疗设备以及文化娱乐设施等。船舶舱室设备的配置同船舶的类型、用途、人员数量以及舱室布置情况有密切的关系。在现代船舶上,舱室设备的配置不仅应满足人们生活的基本需要,还应考虑各种文化娱乐的需要。

第一节 船用家具

一、人体工程与家具尺度的关系

人体工程学是运用现代科学的测试手段,对人体的尺寸、姿态、动作、运动能力、人体生理机能、心理效应等进行精密的测定分析,使制造的产品、生活设施及工作环境和起居条件与人体功能相适应的科学。

1. 人体工程基本要素

人体的尺度与动作域为人体功能的基本要素,与周围的环境和设施有直接的关系。

图 12-1 反映了人体在日常生活中基本动作的空间范围。

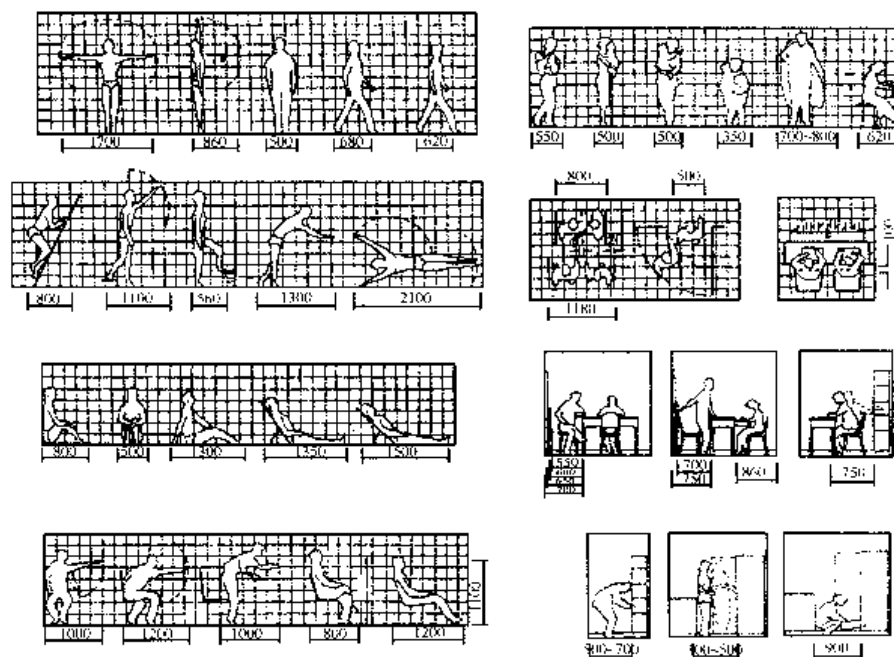


图 12-1 人体基本动作域尺度

2. 人体基本要素与家具尺度的关系

图 12-2 所示为人在日常生活中对几、桌、台以及床头柜等家具的高度的基本要求。



图 12-3 中表示人体尺度与家具搁板之间的关系,给搁板的设置与尺度的确定提供参考的依据。

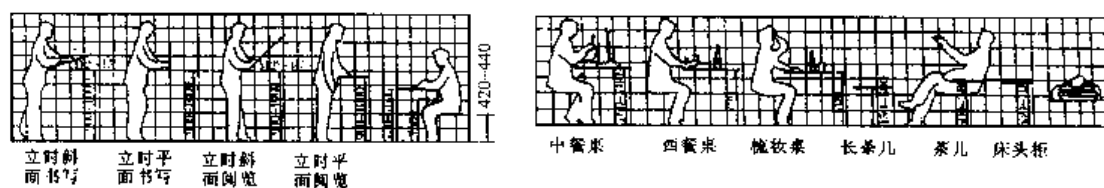


图 12-2 人体活动与几桌台面的关系

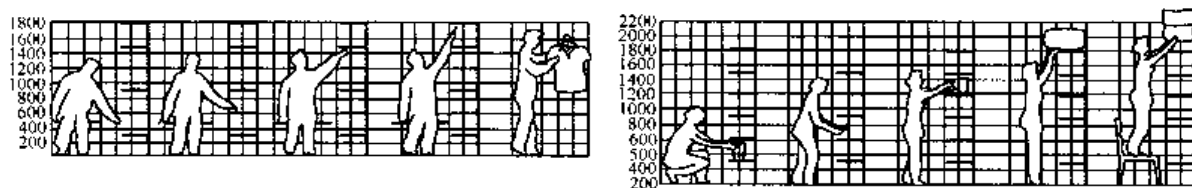


图 12-3 人体尺度与家具搁板的关系

图 12-4 表示人在写字台工作时,基本的动作域与写字台尺度之间的关系。

图 12-5 所示人在厨房进行操作时,人体尺度与厨房案台和碗柜之间的关系。

图 12-6 所示人在工作或休息时,不同的坐姿与凳、椅、沙发之间的关系。

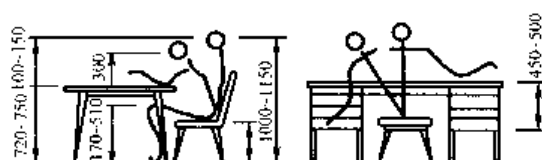


图 12-4 人体动作域与写字台的关系

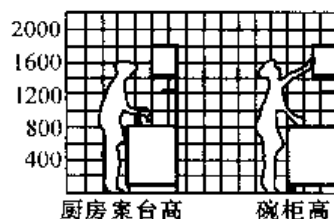


图 12-5 人体尺度与案台和碗柜的关系

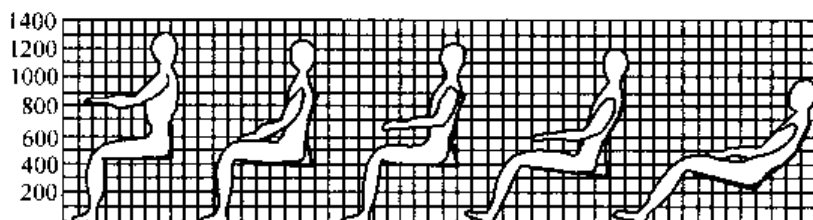


图 12-6 人体坐姿与凳、椅、沙发的关系

图 12-7 所示人体尺度对沙发、座椅尺度的要求。

二、船用家具的分类及特点

1. 船用家具的分类

船用家具可按其使用功能分为坐卧类家具,如凳、椅、沙发、床等;储存类家具,如橱、柜、

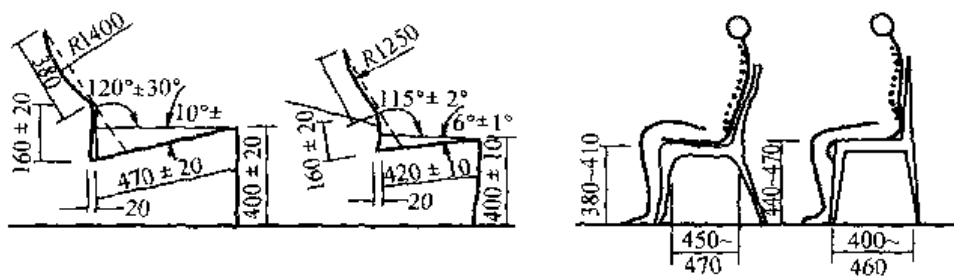


图 12-7 人体尺度对沙发、座椅尺度的要求

架等。按构造方式分为框架式家具、板式家具、可拆装式家具。按组成形式分为单体家具、组合家具、固定家具。

2. 船用家具的特点

船用家具与一般陆用家具相比,虽然使用功能大致相同,但有许多不同于陆用家具的要求,这是由船舶的特殊性所决定的。

- (1) 船用家具除特殊要求外,一般采用固定形式。
- (2) 家具靠近通道处的角一般采用圆角形,床沿设防浪挡板,椅凳下面设防浪钩。
- (3) 当家具采用管材制作时,则不可有任何开口存在,以防害虫进入。
- (4) 当设有上、下铺时,应在上铺的下方设防尘板。
- (5) 除特殊要求外,家具底脚一般采用围槛式,以防垃圾进入不易清除。
- (6) 由于一般船舶舱室面积不大,高度较低,因此应十分注意家具尺寸的选择,以使家具的构成与整体空间协调一致。
- (7) 随着船舶防火要求的不断提高,采用不燃材料制作的船用家具已经得到越来越多的使用,并将成为船用家具的发展方向。

三、船用家具的类型与规格

船用家具的规格、种类很多。下面介绍几种常用船用家具的类型与规格。

1. 床

船用床可分为单人床及双层床。

单人木床如图 12-8 所示,其长度 L 通常为 2 000 mm;其宽度 B 可按需要确定,常用的有 750, 800, 900, 1 000, 1 200, 1 400 (单位 mm) 等。双层木床如图 12-9 所示,常用的规格 ($L \times B$, 单位 mm \times mm) 为 1 950 \times 750 及 2 000 \times 800 等。

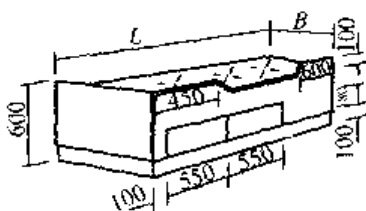


图 12-8 单人木床基本形式

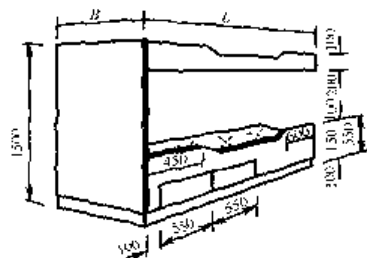


图 12-9 双层木床基本形式



普通的单人金属床的形式如图 12-10 所示,其基本尺寸 $L \times B$ (单位 mm \times mm) 为 2 000 \times 750。普通的双层金属床的形式如图 12-12 所示,其长度 L 为 2 000 mm; 宽度 B 为 750 mm, 800 mm 等。

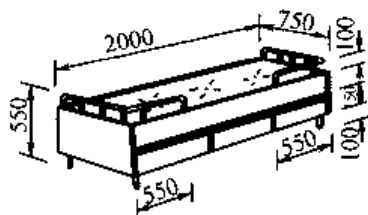


图 12-10 普通单人金属床

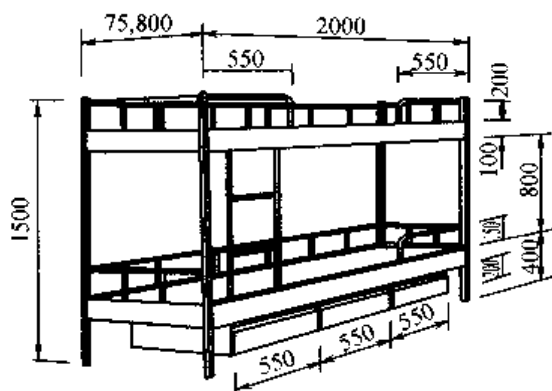


图 12-11 普通双层金属床

2. 几、桌、台

船用的茶几、餐桌、书桌和海图桌的形式很多,图 12-12 ~ 12-17 所示为典型的茶几、餐桌、书桌和海图桌。

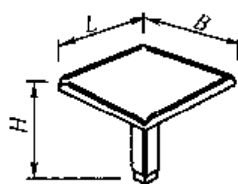


图 12-12 木质方茶几或方餐桌

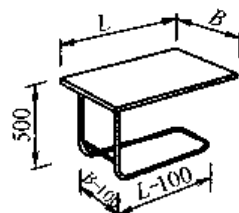


图 12-13 钢质矩形茶几

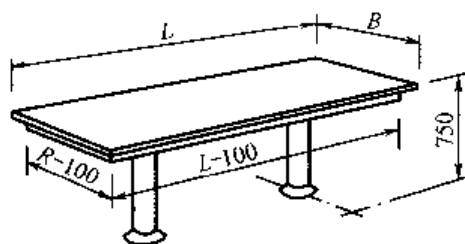


图 12-14 钢质矩形餐桌

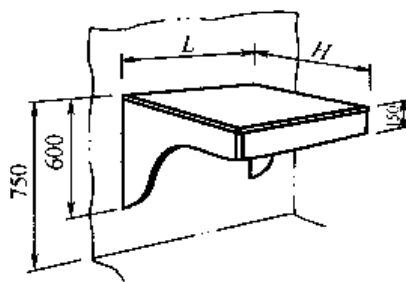


图 12-15 挂壁式书桌

3. 橱、柜、架

船用的衣橱、床头柜、物品柜、医药柜、文件柜、书架、旗箱、污衣柜等家具的形式繁多,如图 12-18 ~ 12-24 所示。

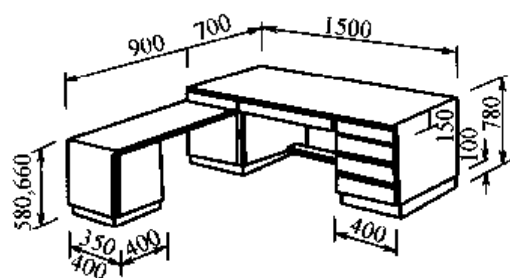


图 12-16 带边柜书桌

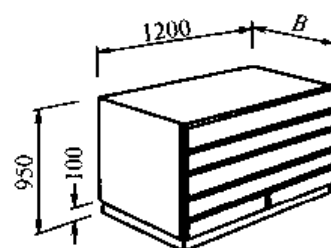


图 12-17 海图桌

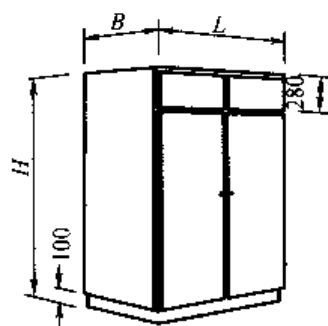


图 12-18 双门衣橱

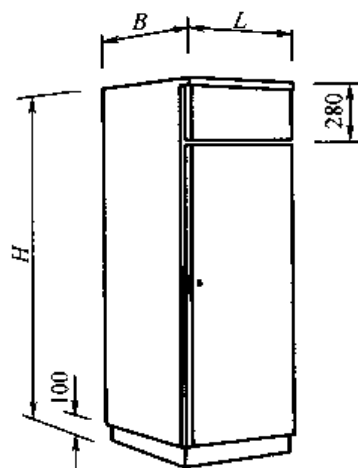


图 12-19 床头柜

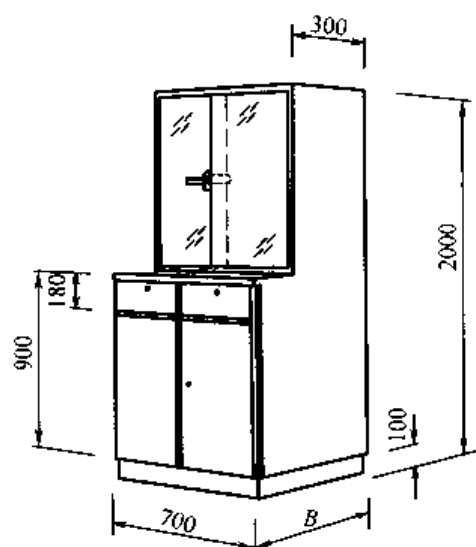


图 12-20 医药柜

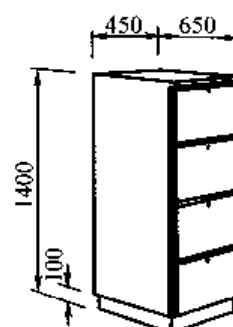


图 12-21 四格文件柜

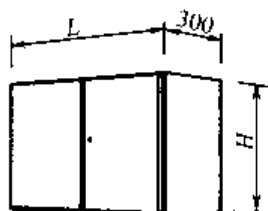


图 12-22 吊柜

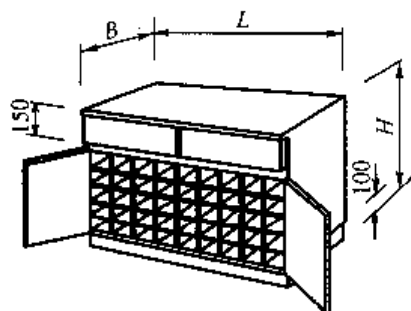


图 12-23 木质旗箱

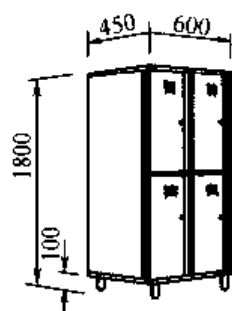


图 12-24 钢质四门污衣柜

4. 凳、椅、沙发

船用凳、椅和沙发种类很多。但是按其安装方式可分为固定式和移动式。图 12-25 ~ 12-28 为典型船用凳、椅和沙发的类型。

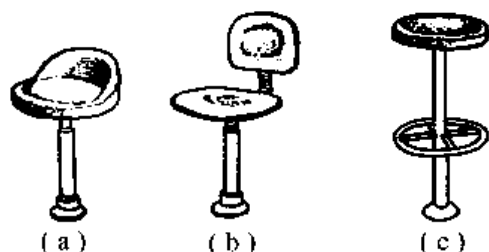


图 12-25 固定式凳、椅
(a) 转椅; (b) 靠背转椅; (c) 转凳

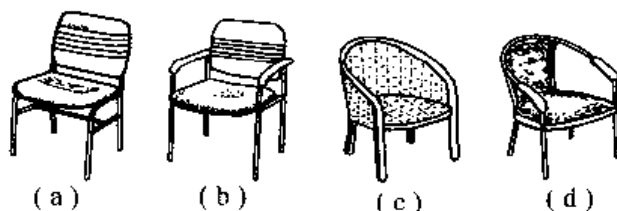


图 12-26 靠背椅
(a) 普通靠背椅; (b) 带扶手靠背椅; (c) 木质圈椅; (d) 金属圈椅

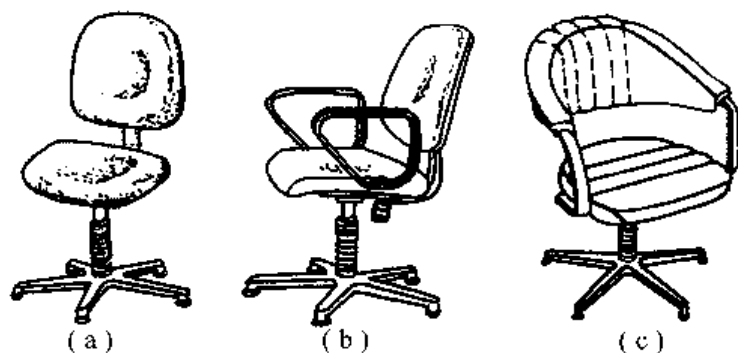


图 12-27 转椅
(a) 普能转椅; (b) 扶手转椅; (c) 圆背转椅

船上的沙发主要用于居住室、报务室、休息室、娱乐室等处所。大多数情况下采用固定沙发,其形式和尺寸依据布置情况确定。常用的有长沙发和转角沙发。一般情况下,沙发的长度应不小于 1 800 mm,宽度为 500 ~ 700 mm。图 12-28 所示为典型的靠壁转角沙发。

四、船用家具的材料

传统的船用家具材料主要以木材为主,由于船舶舱室防火要求不断提高及材料工业的发展,有不少新型材料在船舶上得到了应用。现在船舶家具主要以木材、钢材为主,根据特殊要求也使用一些铝合金材料及复合材料。

1. 木材

用于家具的木材可分为同质木材和非同质木材。



作为同质木材的木料有樟木、柚木、南柳、水曲柳等,这些木料用来制造家具具有质地好、强度高、纹理自然清晰,有较好的装饰性等特点,但价格昂贵、加工工艺复杂。

非同质木材通常指那些用一般性木材通过机械加工制成的板材,即机制板,如胶合板、刨花板、中密度板、细木工板等。这些木料用来制造家具具有成形好、变形小、制作方便、价格便宜等特点,但使用寿命短、材料表面装饰性差。

2. 金属材料

用于家具的金属材料主要有钢材和铝合金材料。根据家具造型式样的不同所采用的材料形式可分为板材和管材两种。

钢材制造家具具有防火性能好、结构强度高、不易损坏等特点,但质量大,装饰性差。

铝材用来制造家具具有质量小、耐腐蚀、防火性能好等特点,但价格昂贵,加工工艺比钢质复杂。

3. 复合材料

复合材料是指两种或两种以上不同材料通过不同的物理加工形式而复合在一起的材料。常见的复合形式有粘贴和喷涂两种形式如金属板表面贴塑及喷涂,胶合板表面粘三聚氢胺装饰板。

贴塑钢板、贴塑铝板、彩涂钢板、装饰胶合板都是船用家具常用的复合材料,其特点是提高基材的装饰性,省去了产品最后一道表面处理的工序,但加工工艺比一般材料复杂。

第二节 船用厨房和餐饮设备

船用厨房设备是指用于食品或餐具的洗涤、加工、烹饪、分配、储存、输送、消毒及废弃物处理的设备的总称。这些设备通常设在厨房内或邻近厨房的工作室内。餐饮设备是指散置于厨房以外各处所(如餐厅、休息室等)的冷、热饮水器、保温桌、制冰机等。

一、食品原料加工设备

这类设备中最常用的有搅拌机、绞肉机、多用机、和面机等,对于人员较多的船舶还可配置淘米机、切片机、蔬菜加工机以及制作面条、饺子、馒头等食品的专用设备。厨房搅拌机可用于拌面、打蛋及其他类似的加工作业。不同的原料,采用不同的搅拌器。单一的搅拌机功能有限,多用机则是在搅拌机上加设各种可拆装的附件,用于绞肉等其他用途。图 12-29 所示为国产的厨房多用机。

和面机有多种型式,图 12-30 为 HWY 系列的全封闭卧式和面机,符合食品卫生和安全操作的要求,该机能作顺、倒运转。

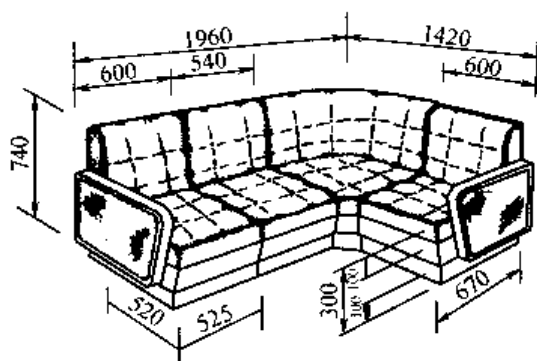


图 12-28 靠壁转角沙发

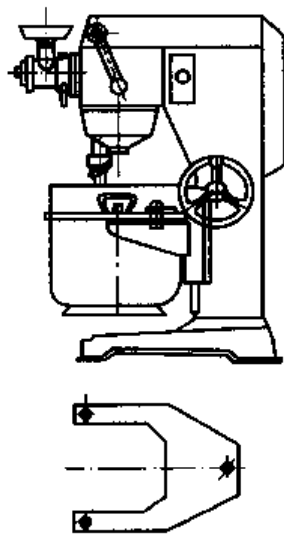


图 12-29 船用厨房多用机



二、烹饪设备

烹饪设备的种类较多,包括炉灶、炒锅、煎锅、饭锅、汤锅、蒸箱、烤箱等。

1. 炉灶

炉灶是船舶必备的烹饪设备,现代船舶上使用的炉灶按其能源主要为:燃油炉灶和电灶,此外还有液化气灶。

目前,船上使用得最多的是汽化燃油灶,燃料为轻柴油。QHZ 型汽化燃油灶如图 10-31 及表 12-6 所示。YZC 型汽化燃油灶如图 12-32。

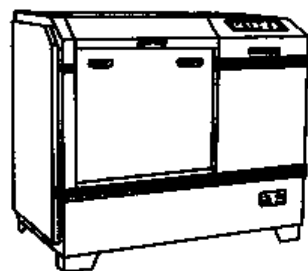


图 12-30 HWY 型全封闭卧式和面机

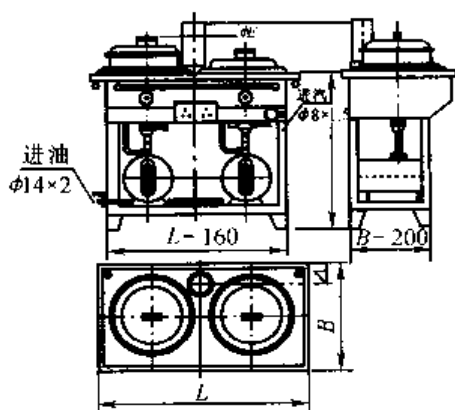


图 12-31 QHZ 型汽化燃油灶

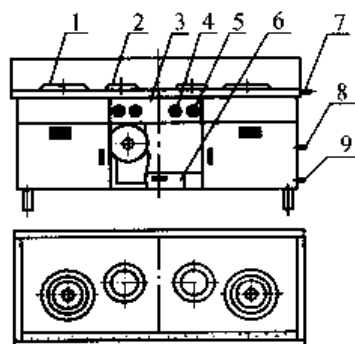


图 12-32 YZC 型汽化燃油灶

1—主眼;2—副眼;3—风机;4—风门;
5—油阀;6—油盘;7—冷水口(D15)

2. 电炒锅和电煎锅

人数较多的船舶配置专用的电炒锅、电煎锅等设备。图 12-33 所示为 RGC-9 型可倾式平底电炒锅,容量 48 L,功率 9 kW,通过操纵手轮可使锅体旋转,并任意锁定。

3. 饭锅

饭锅按热源可分为蒸汽和电加热两种,国产的 GZ 型蒸汽饭锅如图 12-51 所示,RCZ 型电-蒸汽加热两用饭锅如图 12-34 所示。

4. 蒸箱

蒸箱按热源形式分目前常用的有蒸汽加热箱,电加热箱及电-蒸汽加热两用箱。蒸汽压力通常为 0.2~0.3 MPa,蒸箱的形式按供餐人数分为 50,75,100,160,200,350 人等。

5. 电烤箱

电烤箱通常由预热箱和烤炉组成。国产的电烤箱型式不多,电源为三相交流,电压为 220 V、380 V、440 V,功率为 4.5~8 kW。

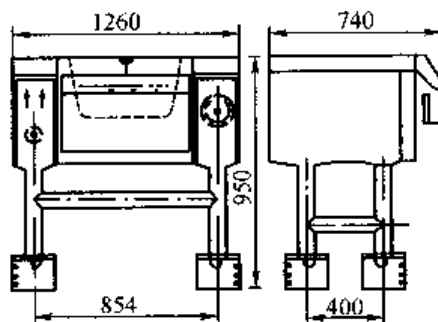


图 12-33 RGC-9 型可倾式平底电炒锅

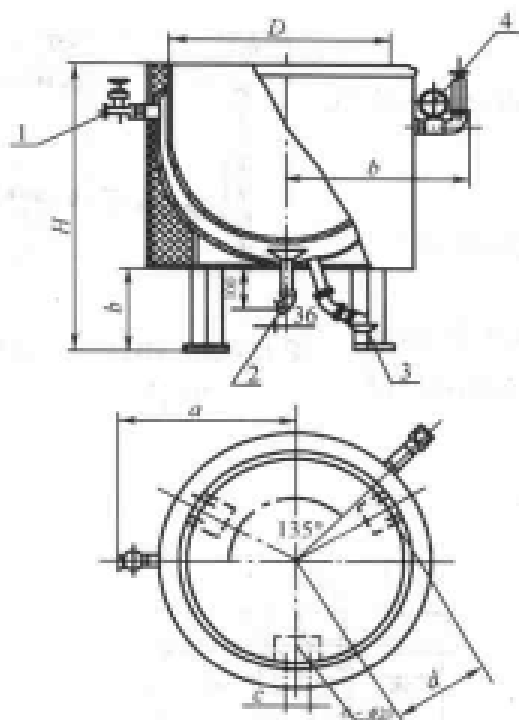


图 12-51 GZ 型蒸汽饭锅

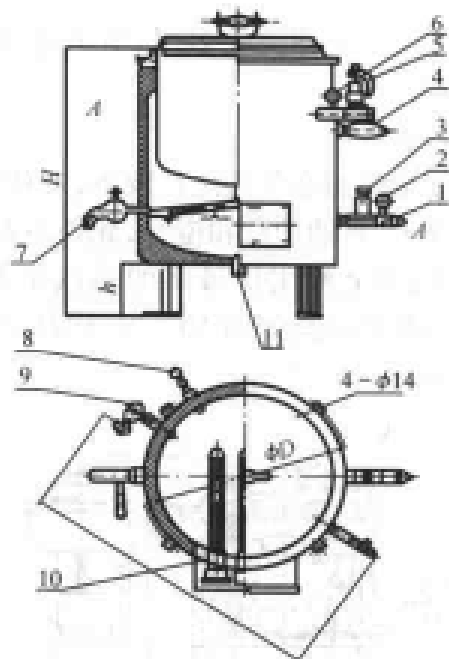


图 12-35 RGZ 型电—蒸汽加热两用饭锅

1—进气接头;2—压力表;3—截止阀;4—出气接头;5—安全阀;6—压力表;7—热水嘴;8—截止阀;9—液面指示器座;10—电加热器;11—放泄阀座

三、餐饮设备

保温桌用于存放已烧煮好的主副食品,并使其保持设定的温度,船上以自助餐方式供餐时,常在餐厅内设置保温桌,保温方式大多为电热式,介质为空气或水,保温盆的数量为 2~5 只。图 12-36 所示为保温桌,电源为交流电,单相,220 V,功率 1.8 kW,温控范围:0~100℃,外形尺寸(L×B×H)为 1 800 mm×700 mm×800 mm。船上为供应饮用热水通常在餐厅或专用的茶水房等处所设置沸水器(茶桶),其加热方式为蒸汽或电加热。目前用得较多的为全自动电热沸水器(茶桶),容量为 30~50 L,功率为 3 kW~6 kW。此外,船上还经常配置冷饮水器、电茶壶、咖啡壶、果汁机、制冰机、烤面包切片机等设备,这些设备大多为陆用设备。

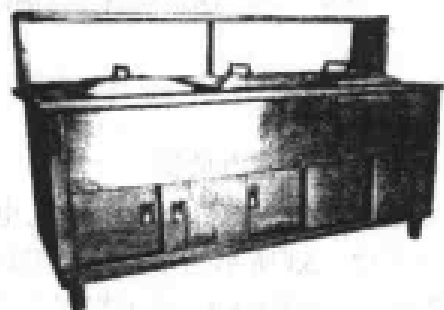


图 12-36 保温桌

四、洗涤、消毒及污物处理设备

这类设备主要有:洗碗(盆)机、消毒柜和污物粉碎机等。

五、厨房家具

厨房家具种类很多,主要有洗池、洗桌、切菜桌、工作桌、配餐桌、壁柜、杯架、碗碟架、刀架、砧墩板架及挂物架等,目前此类家具均采用不锈钢制作。



第十三章 船舶舱室绝缘

第一节 船舶结构防火的基本要求

船舶作为海上建筑物为了预防和控制火灾从防火、探火和灭火三个方面采取措施,构成完整的船舶消防体系。防火的措施很多,所谓结构防火则是根据船舶类型和所涉及的潜在的火灾危险,为有效地防止火灾发生和在一定时间内控制火灾的蔓延所采取的措施。其基本要求包括以下几个方面:

- (1)船体、上层建筑、结构舱壁、甲板以及甲板室应以钢或其他等效材料制造;
- (2)用耐火分隔将船舶划分为若干个区域,如客船划分为若干个主竖区;
- (3)用耐火分隔将起居处所与失火危险性大的处所(如机器处所、装货处所等)隔开;
- (4)在有各种开口(如门、窗)和贯穿件(如各种管系、电缆)的情况下,有效地保持耐火分隔的完整性;
- (5)限制可燃材料的使用;
- (6)保护脱险通道(包括梯道、走廊等)。

对于不同类型(客船、货船)、不同航区(国际、国内)和不同大小的船舶,结构防火的具体要求不尽相同。对此 SOLAS 公约、各国法规和船级社规范均作了详细的规定。

第二节 舱室内装材料及安装工艺

一、船用内装材料的种类

本章船用内装材料主要是指分隔舱壁、衬板及天花板,主要分类见表 13-1。

表 13-1 船用内装材料的种类

基材	天然板材	
	木质	人造板、胶合板、刨花板、中密度板
	无机质	硅酸钙板、TC 板
	复合材料	玻璃钢成型板
饰面材	涂料	油漆、树脂类涂料
	天然木切片	
	塑料饰面	三聚氰胺装饰板、聚酯饰面、聚氯乙烯(PVC)薄膜



表 13-1(续)

复合板材	复合岩棉板	聚氯乙烯薄膜贴面镀锌钢板复合岩棉板 三聚氰胺装饰板复合岩棉板
		蜂窝板

二、舱室围壁和天花板的典型结构

(一) 木质结构

木质结构舱室系统的基本形式是以木衬挡为骨架,表面封木质板材,见图 13-1。

1. 船用木质结构内装板材的类型

船用板材通常有胶合板、刨花板和中密度板,又有素板、复面板和难燃型之分。

船用胶合板按材料可分为阔叶树材和针叶树材两种,按其耐水性能可分为耐湿性和耐水性,按阻燃性能又分为阻燃和非阻燃两种。

2. 木质结构内装的基本形式

(1) 以胶合板素板作为内装板材,其常用的结构形式有板缝倒角拼接(见图 13-2)及板缝脱缝拼接(见图 13-3)等。

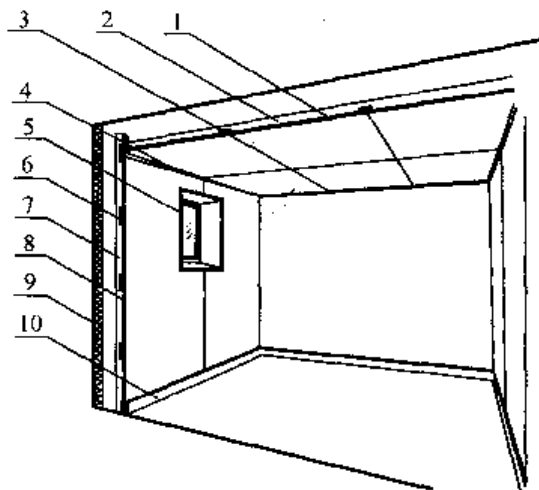


图 13-1 木质结构内装示意图

1—天花板;2—天花板垫木;3—火花板衬挡;4—顶角线;5—窗斗;6—围壁衬板横挡;7—围壁衬板直挡;8—围壁衬板;9—绝缘;10—踢脚板

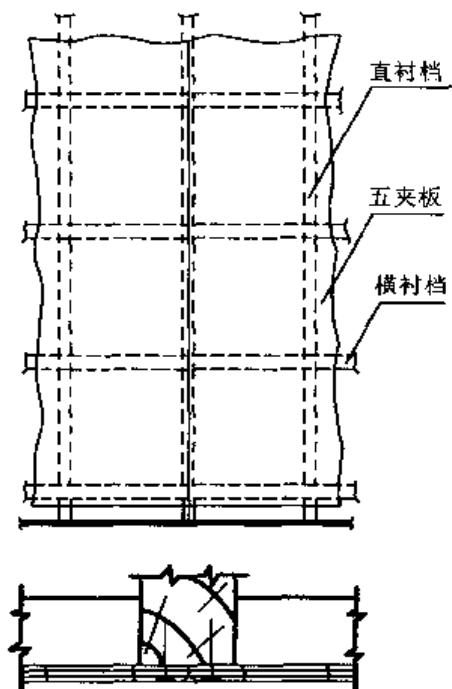


图 13-2 五夹板板缝倒角拼接

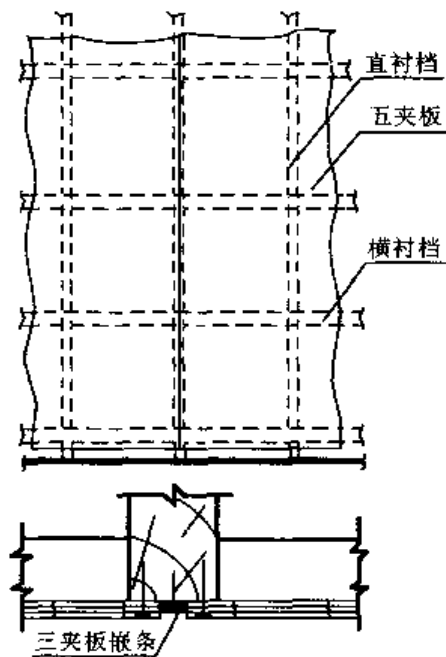


图 13-3 五夹板板缝脱缝嵌条拼接

(2) 以三聚氰胺装饰板贴面的胶合板作为内装板材常用的结构形式有铲边嵌条固定(见



图 13-4)、抽槽嵌条固定(见图 13-5) 以及用装饰条固定(见图 13-6)等形式。

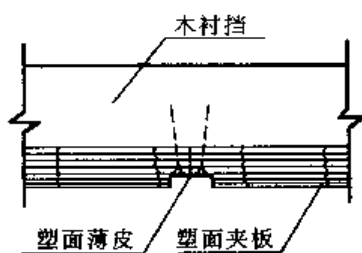


图 13-4 铲边嵌条固定

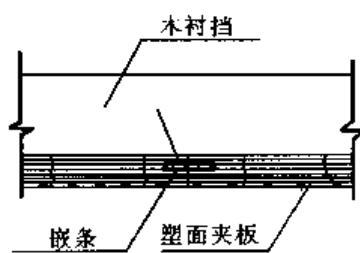


图 13-5 抽槽嵌条固定

3. 木衬挡构架形式

(1) 普通木质衬挡 普通木质衬挡形式见图 13-7。

钢围壁板与衬挡连接形式见图 13-8, 天花板安装同围壁衬板相仿。

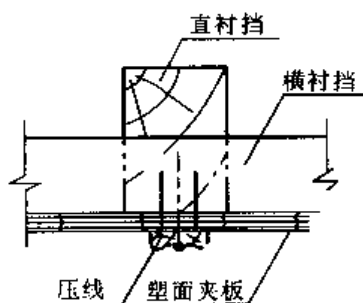


图 13-6 装饰条固定

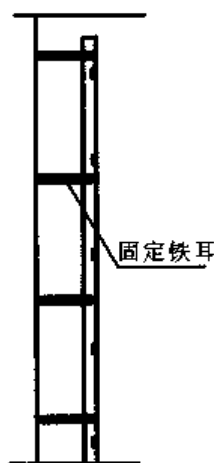


图 13-7 横直挡连接图

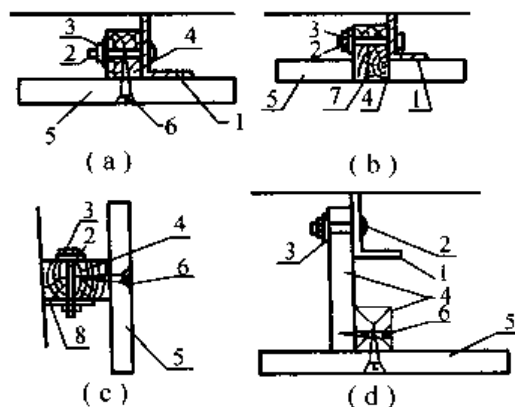


图 13-8 各种衬挡连接形式

(a), (b) 天花板及衬板内衬挡的连接; (c) 衬板内衬挡连接; (d) 天花板、衬板内吊挡连接

1—角钢; 2—螺栓; 3—垫圈; 4—垫小; 5—衬挡; 6—螺钉; 7—圆钉; 8—耳板

(2) 槽挡 槽挡的形式见图 13-9。

(二) 硅酸钙板结构

1. 硅酸钙板

船用硅酸钙板按增强材料可分为石棉型和无石棉型, 后者又可分为云母型、耐碱玻璃纤维型、有机纤维型及普通玻璃纤维型。按密度可分为超轻型、轻质型、普通型(中质型)及重质型。按使用部位可分为独立围壁板、衬板和天花板。

2. 钢质构架件

为了有效地防止火焰的燃烧和蔓延, 安装硅酸钙板的构架件及连接件均应采用钢质材料制作, 材质为 A1F 或 A3 钢。构架件和连接件表面应经酸洗镀锌或除锡喷漆, 裸露的装饰构件可采用复塑钢板冲压制成。

3. 硅酸钙板安装方式

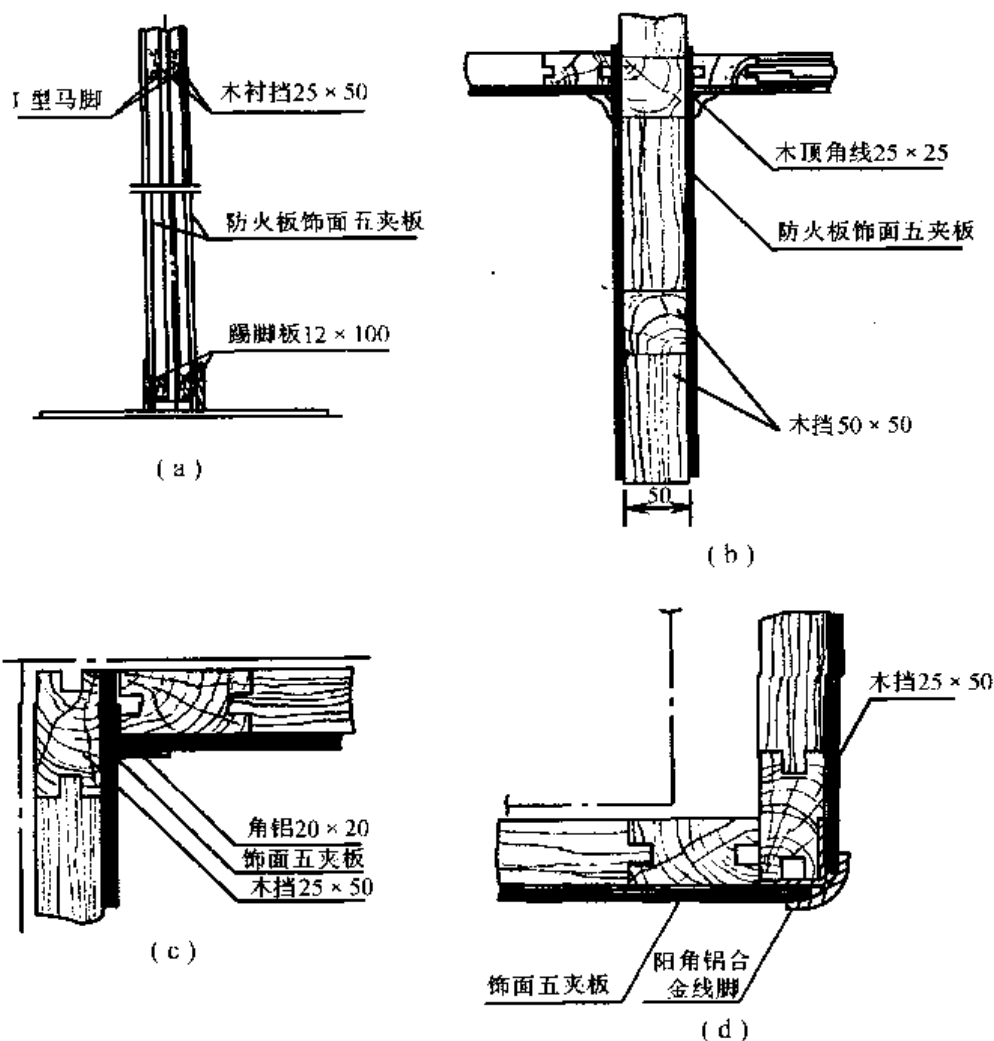


图 13-9 槽形衬挡构架节点

(a)木围壁结构;(b)分隔壁板结构;(c)木围壁阴角节点;(d)木围壁阳角节点

采用硅酸钙板的内装系统其总体形式如图 13-10 所示。通常应先安装衬板或独立围壁板,然后安装天花板。

(1)衬板及独立壁板的安装方式如图 13-11 所示

在钢围壁上安装衬板时应设置水平和垂直主衬挡,水平主衬挡至少设上下两根,上部主衬挡应高出天花板约 50 mm,可同时用于安装天花板边缘的连结衬挡。走廊衬板若是安装风暴扶手时应设置中间衬挡,其高度离走廊地板约 900 mm ~ 1 000 mm,供安装风暴扶手的支架。采用厚度较小的衬板

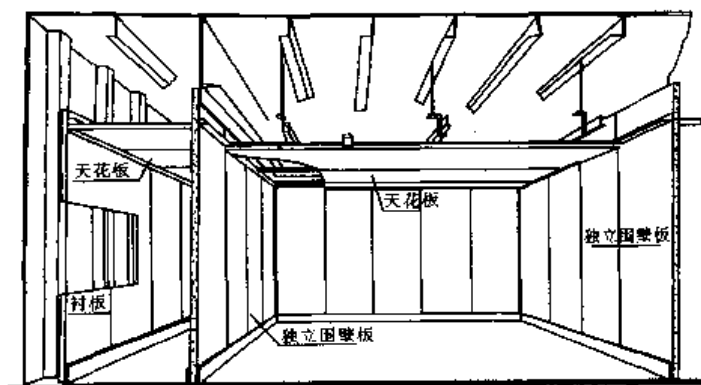


图 13-10 硅酸钙板内装系统示意图



时亦应设置中间主衬挡,此时衬板用自攻螺钉固定,或在每块衬板背面设置2~3个钩板,安装时钩板扣住中间衬挡。垂直主衬挡的间距根据衬板宽度确定,在每一板缝处设置垂直主衬挡,以使用自攻螺钉直接固定衬板或采用欧米茄接头固定衬板。

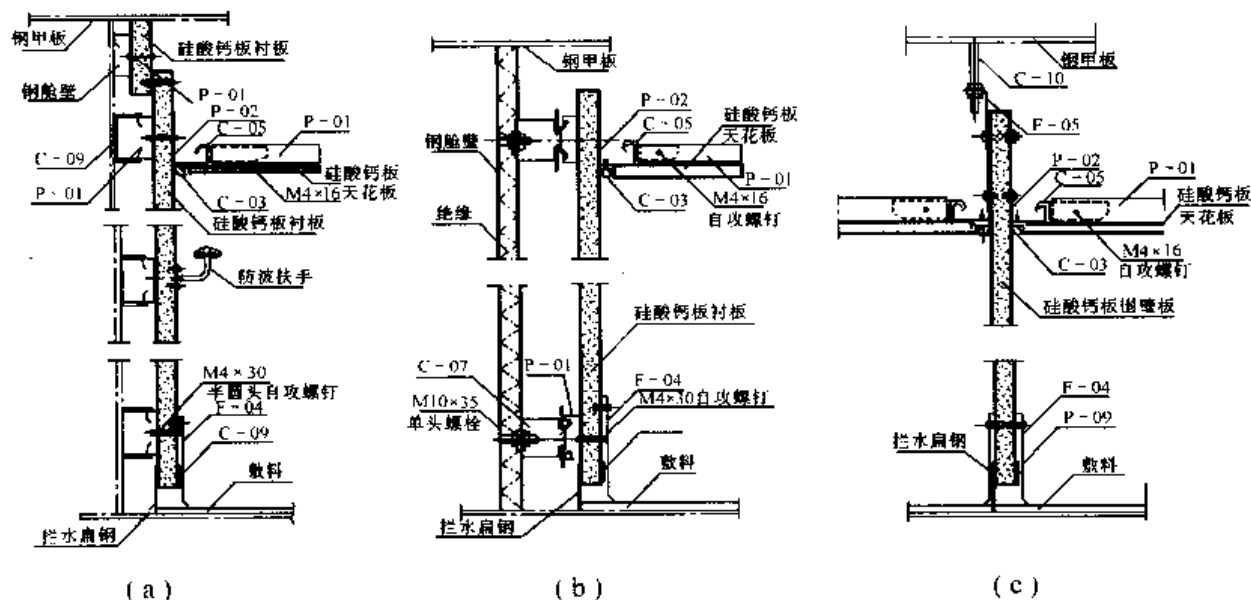


图 13-11 衬板及独立围壁板典型结构图

(a)无扶强材无绝缘钢壁的衬板安装;(b)有扶强材有绝缘钢壁的衬板安装;(c)独立围壁板安装

衬板及独立围壁板在转角处的安装方式如图 13-12 及图 13-13 所示。

(2)天花板的安装

天花板应在周边处同衬板或钢围壁连接,中间部分应根据板材尺寸设置纵向及横向主衬挡构成平面构架,除了宽度小于1300mm的走廊的天花板的主衬挡可不设吊顶件外,其余处所天花板的主衬挡均应设吊顶件与甲板连接。如图13-14所示,吊顶件的间距约800~1000mm。在灯具安装处,衬挡应根据灯具尺寸设置,以便安装灯具如图13-15所示。

(3)硅酸钙板的连接

硅酸钙板的连接方式很多,厚度8mm以下的衬板和天花板可直接用自攻螺钉固定在衬挡上,但是由于螺钉头露出板外使用较少。目前常用的方式为设置欧米茄连接件或嵌条连接。嵌条连接的形式如图13-16所示。

(4)硅酸钙板的开孔及门窗的安装

由于硅酸钙材质较脆,开孔不当容易造成裂纹,因此在硅酸钙板上开各种安装设备的孔时,在角端处应成圆角,施工时先在角端处钻直径5~10mm的圆孔,然后再切割成所需的孔。开较大的孔时,应避免在整张板的中间开孔,尽可能分于两张板之间开孔,开孔方式如图13-17所示,门的安装节点如图13-18所示。

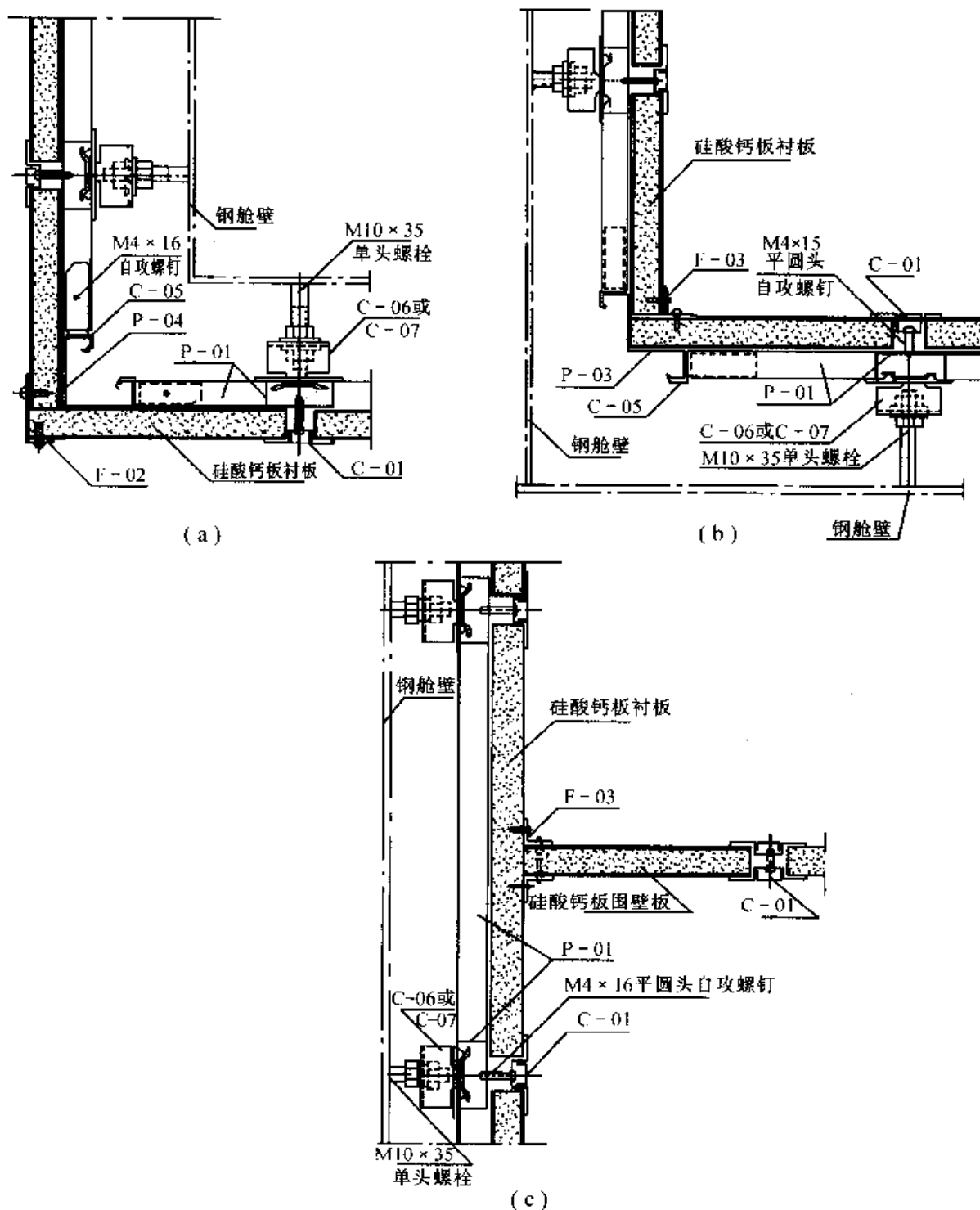


图 13-12 转角处衬板的安装方式

(a)外转角衬板安装;(b)内转角衬板安装;(c)衬板与独立围壁板交汇处的安装

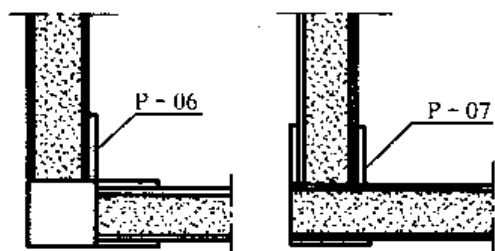


图 13-13 转角处独立围板的安装方式

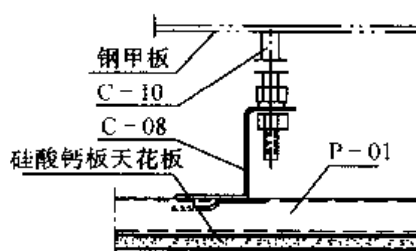


图 13-14 天花板构件吊顶节点

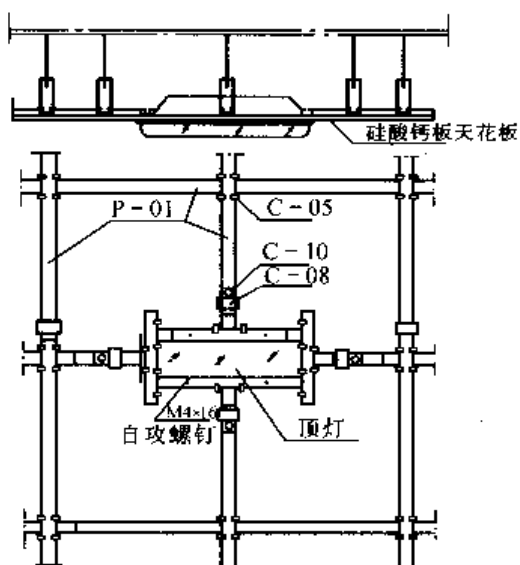


图 13-15 顶灯安装构架图

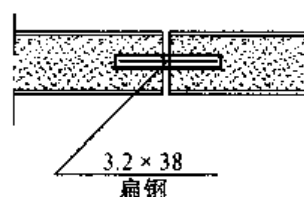


图 13-16 嵌条连接

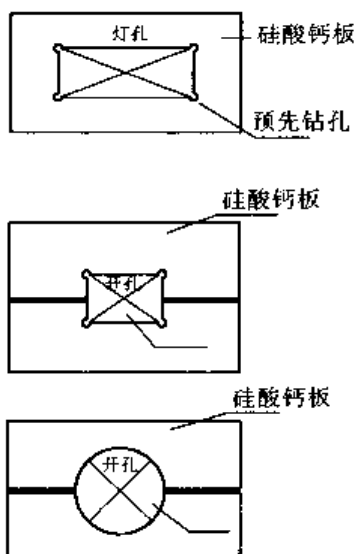


图 13-17 硅酸钙板开孔工艺

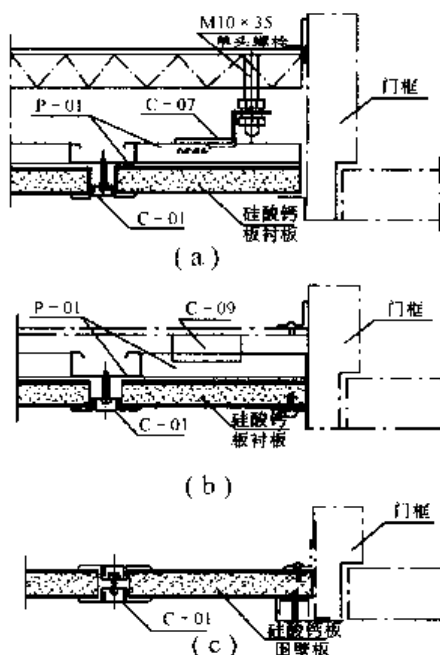


图 13-18 门安装节点图

(a)有绝缘的钢板(平面);(b)无绝缘的钢板衬板(平面);(c)围壁板(平面)



(三)复合岩棉板结构

复合岩棉板舱室系统是以复合岩棉板为主体,配套连接型材、部件以及防火门等构件组成。复合岩棉板舱室系统的特点是:

- ①满足防火要求,达到 B-0、B-15 级;
- ②满足隔声标准(隔声值 > 30 dB);
- ③尺度模数化;
- ④车间预制、现场组装,有利于缩短造船周期。

1. 复合岩棉板舱室的典型结构

作为舱室基本构件的复合岩棉板是由芯材岩棉(密度 160 kg/m^3 、 120 kg/m^3 等),面材镀锌钢板(厚度 0.7 mm)上复贴 PVC 薄膜(0.2 mm)进行胶粘加压复合而成。舱室复合岩棉板系统包括围壁板(独立围壁、衬板)系列、天花板系列、构架系列及防火门系列等。

2. 复合岩棉板的组成

复合岩棉板舱室系统是以围壁板、转角板、天花板等组成。围壁板厚度为 50 mm 、 30 mm 、 25 mm ,天花板厚度为 25 mm 。板长根据需要,国产围壁板的长度可达 4000 mm ,复合岩棉板的宽度以 50 mm 的倍数来确定,称之为模数板,模数板的宽度为 $50 \sim 550 \text{ mm}$ 。

国产复合岩棉板结构形式有 A 型 B 型、C 型等,其主要技术性能指标基本相同,见表 13-2 ~ 13-5。

表 13-2 复合岩棉板结构形式及主要技术参数

类别	名称	结构型式	厚度 /mm	标准宽度 /mm	高度 /mm	质量 /($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	适用范围
壁板类	A 型壁板		30 50	550	≤ 3000	19.01 20.86	衬板独立围壁
	双雌板		30 50	550	≤ 3000	17.38 20.20	门旁
	可拆板		30 50	550	≤ 3000	16.30 19.80	可拆处
	L 型转角板 (用于 A 型)		30 50	100×100	≤ 3000	1.91 3.68	转角处
	L 型转角板 (用于 C 型)		50	100×100	≤ 3000	3.8	转角处
	T 型转角板 (用于 A 型)		50	150×100	≤ 3000	4.7	转角处



表 13-2(续)

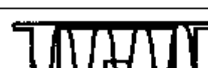
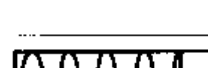
类别	名称	结构型式	厚度 /mm	标准宽度 /mm	高度 /mm	质量 /(kg·m ⁻²)	适用范围
壁板类	C 型壁板		25 30	550	≤ 3 000	15.3 16.1	衬板
	C 型壁板		50	550	≤ 3 000	19.90	独立围壁
	A 型卫生板		50	550	≤ 3 000	39.38	潮湿房间
	A 型加强板		30 50	750	≤ 3 000	24.00 27.10	固定洗面器处
	A 型电缆板		50	550	≤ 3 000	22.1	安装电器 开关处
	C 型电缆板		50	700	≤ 3 000	18.00	安装电器 开关处
天花板类	C 型加强板		50	750	≤ 3 000	29.9	固定洗 面器处
	A 型天花板		30 40	550	≤ 2 400	17.18 18.78	用于舱室顶部
	B 型天花板		30	350	≤ 2 000	11.49	用于舱室顶部
	B 型天花板		25	300	≤ 4 000	9.8	用于舱室顶部

表 13-3 A 型衬板及壁板的主要技术参数



	A 型岩棉板		A 型蜂窝板		A 型玻璃棉板	
厚度/mm	50	30	40	30	50	30
标准宽度/mm	550	550	550	550	550	550



表 13-3(续)

耐火级别		B15	B0	C	C	B15	B0
适量/(kg·m ⁻²)		20.86	19.01	6.8	6	13.4	12
导热系数 λ/(W·m ⁻¹ ·K ⁻¹)		0.040		0.098		0.030	
隔音值/dB		33	30	26	22	33	30
面材	材料	镀锌钢板贴 PVC		镀锌钢板或铝板贴 PVC			
	厚度/mm	0.7		0.7、0.5, 铝板 0.8			
芯材	材料	岩棉		纸蜂窝		超细玻璃棉	
	密度/(kg·m ⁻³)	150				80	
用 途		用于独立围或衬板					

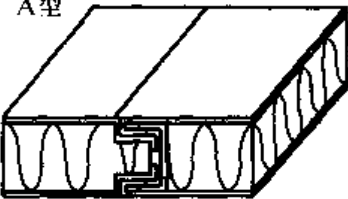
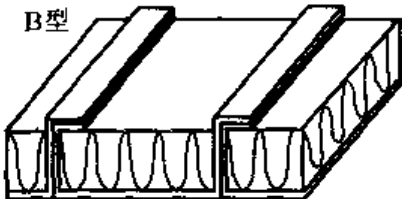
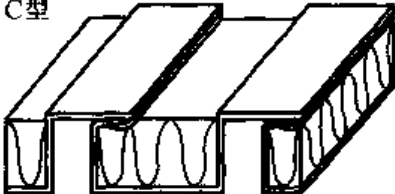
表 13-4 C 型衬板及壁板的主要技术参数



		C 型岩棉板			C 型蜂窝板			C 型玻璃棉板		
厚度/mm		50	30	25	50	40	20	50	40	20
标准宽度/mm		550			550			550		
耐火级别		B15	B0		C			C		
适量/(kg·m ⁻²)		19.9	16.1	15.3	7	6.8	5.3	6.8~11.1	6.7~10.14	6.2~7.92
导热系数 λ/(W·m ⁻¹ ·K ⁻¹)		0.040			0.098			0.030		
隔音值/dB		30	28	26	30	28	26	30	28	26
面材	材料	镀锌钢板贴 PVC			铝板贴 PVC 膜			镀锌钢板或铝板贴 PVC		
	厚度/mm	0.7			0.8			0.7 或 0.8		
芯材	材料	岩棉			纸蜂窝			超细玻璃棉		
	密度 /(kg·m ⁻³)	150						60~80		
用途/mm		用于独立围或衬板								



表 13-5 天花板主要技术参数

A型		B型		C型			
							
		A 型岩棉板		B 型蜂窝板		C 型玻璃棉板	
厚度/mm		40	30	30		25	
标准宽度/mm		550	550	350		300	
耐火级别		B15	BO	BO		BO	
质量/($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)		19.5	18	11.49		9.8	
导热系数 $\lambda/(\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})$		0.040					
隔音值/dB		32	30	30		25	
面材	材料	镀锌钢板贴 PVC 膜					
	厚度/mm	0.7				0.5	
芯材	材料	岩 棉					
	密度/($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	150				80	
用 途		用于舱室顶部装饰					

3. 复合岩棉板的安装形式

安装复合岩棉板应根据不同结构形式的板材所使用的配套的构架件,由于各国厂家的复合岩棉板自成体系,因此板材的连接形式、连接构件形式、连接构件、吊挂构件及装饰构件均有所不同。

图 13-19 所示为复合岩棉板典型的连接形式;图 13-20 所示为复合岩棉板衬板及天花板的固定形式;图 13-21 及图 12-22 所示为复合岩棉板的各种节点形式及与之相应的顶型材连接形式;图 13-23 所示为衬板及独立围壁固定形式;图 13-24 则显示复合岩棉板系统门的安装形式。

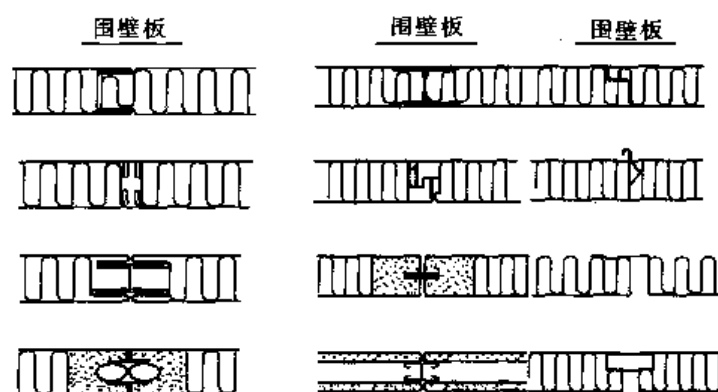


图 13-19 复合岩棉板的典型连接形式



复合岩棉板连接和固定构件为钢质镀锌构件,装饰用构件为复塑或涂塑钢质件。

(四) 蜂窝板结构

蜂窝板结构最早是为航空工业开发的一种轻型板材结构,目前这种复合材料在船舶制造上应用越来越多,无论是结构材料还是内装材料都得以广泛应用。

1. 蜂窝板结构的复合材料的特点

- (1) 重量轻、强度高;
- (2) 防火 该材料防火性能好,作为内装材料可防火焰扩散,减少发烟;
- (3) 耐久性 经久耐用、抗疲劳性、抗冲击性、耐蚀性均优越;
- (4) 装饰性 板材可以作磨光或纹理处理,可以和各种装饰材料复合。

2. 蜂窝板的典型结构

六角形的蜂窝是一种新型的结构材料,主要

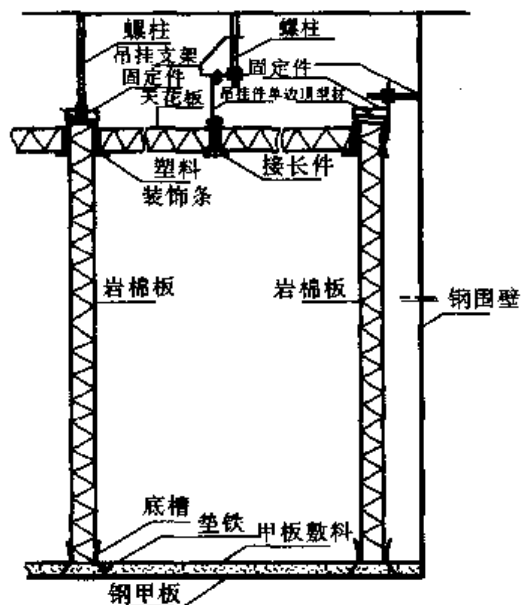


图 13-20 复合岩棉板及天花板的固定

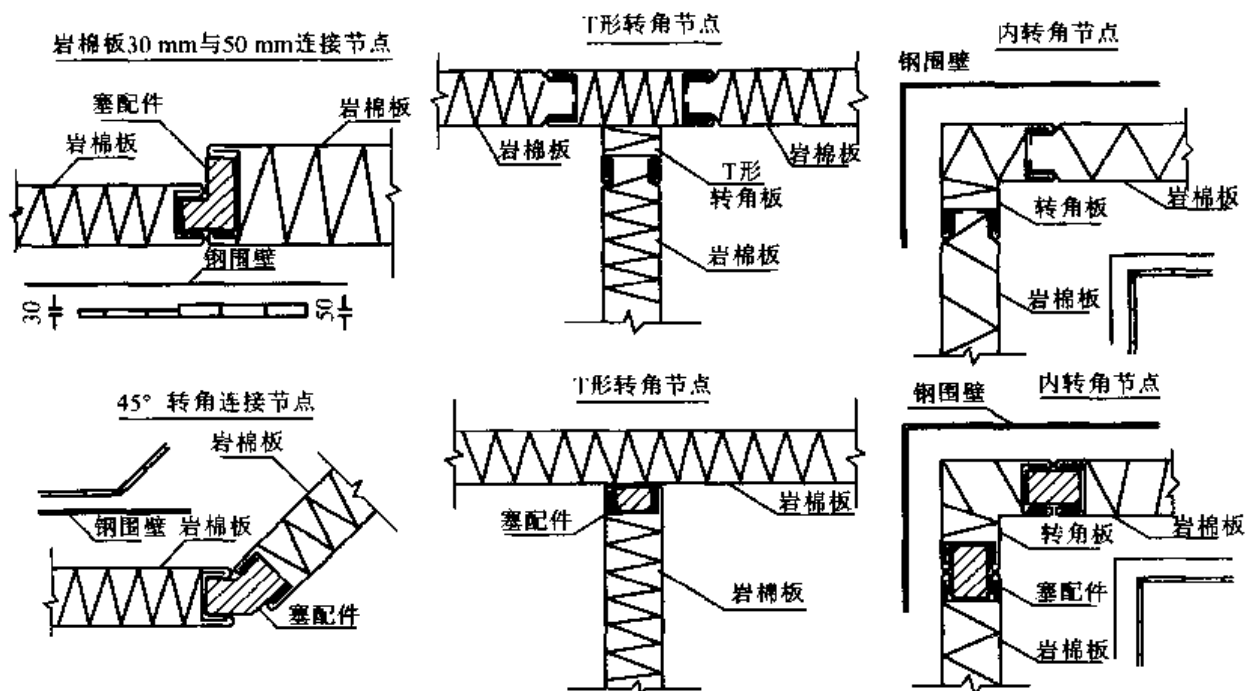


图 13-21 复合岩棉板主要节点形式

用作夹层粘结结构的芯材,可承受剪切力。蜂窝板芯材有纸质的和金属的。目前最广泛使用的是铝合金箔,成分含98%铝、1%镁、掺杂少量铁和硅,铝箔经全硬化回火处理后变形硬化。蜂窝芯材构造见图13-25。蜂窝夹层板的构造见图13-26。

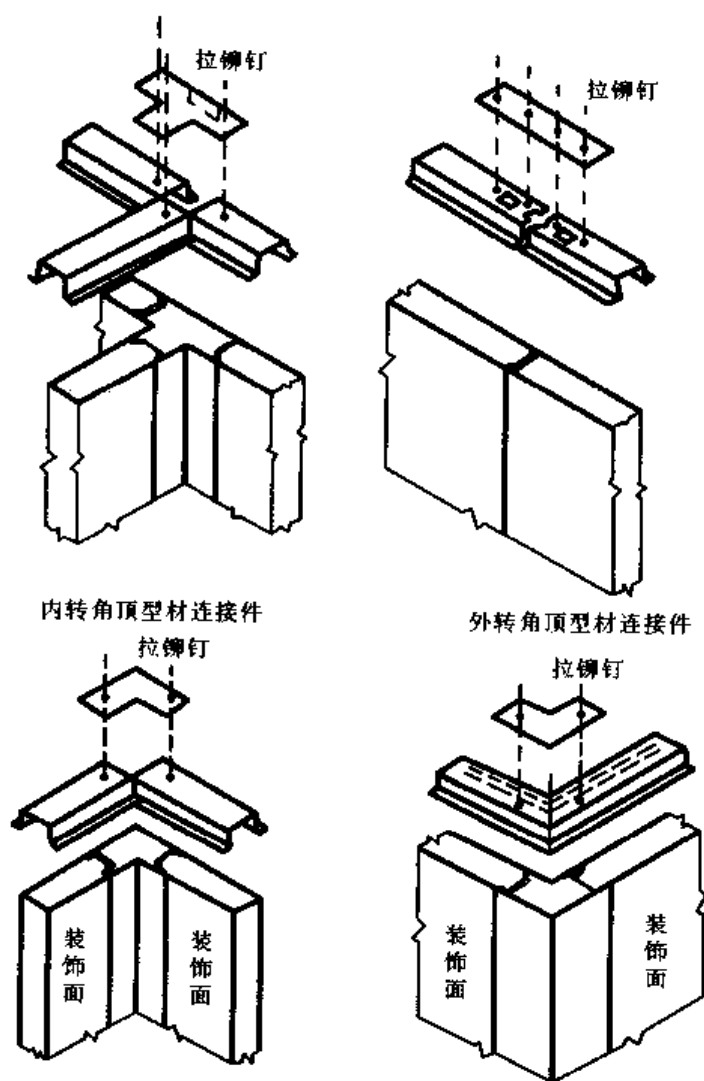


图 13-22 复合岩棉板顶型材的连接

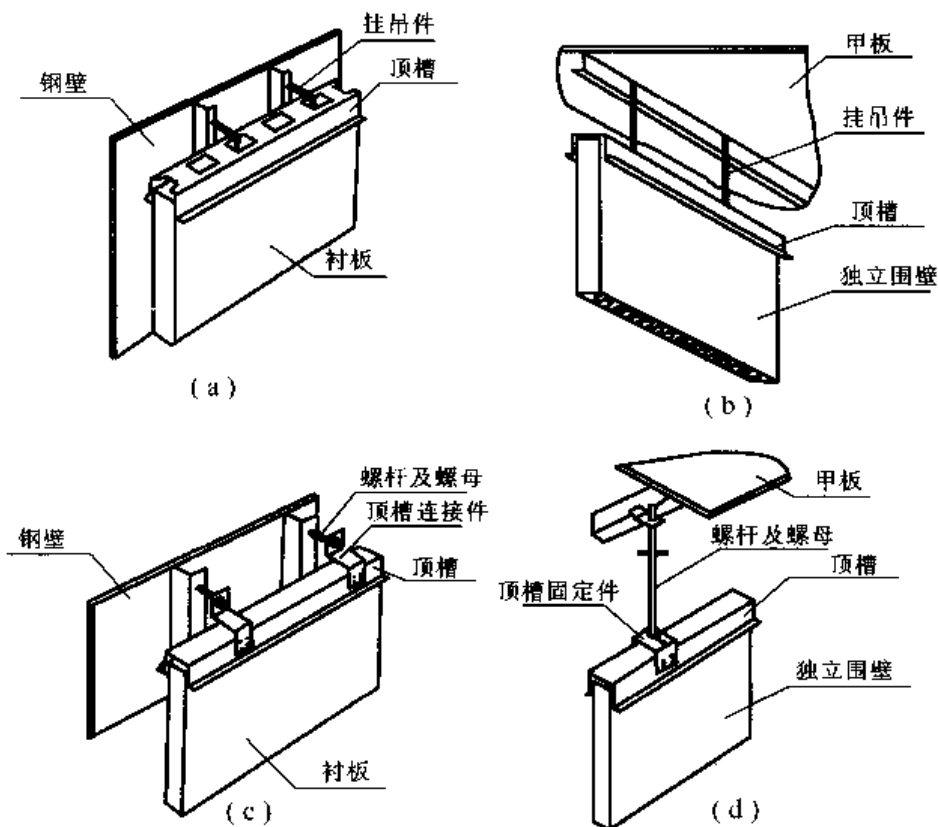


图 13-23 复合岩棉板衬及独立围壁的固定
(a)、(b)挂吊件焊接固定；(c)、(d)挂吊件为螺杆及螺母固定

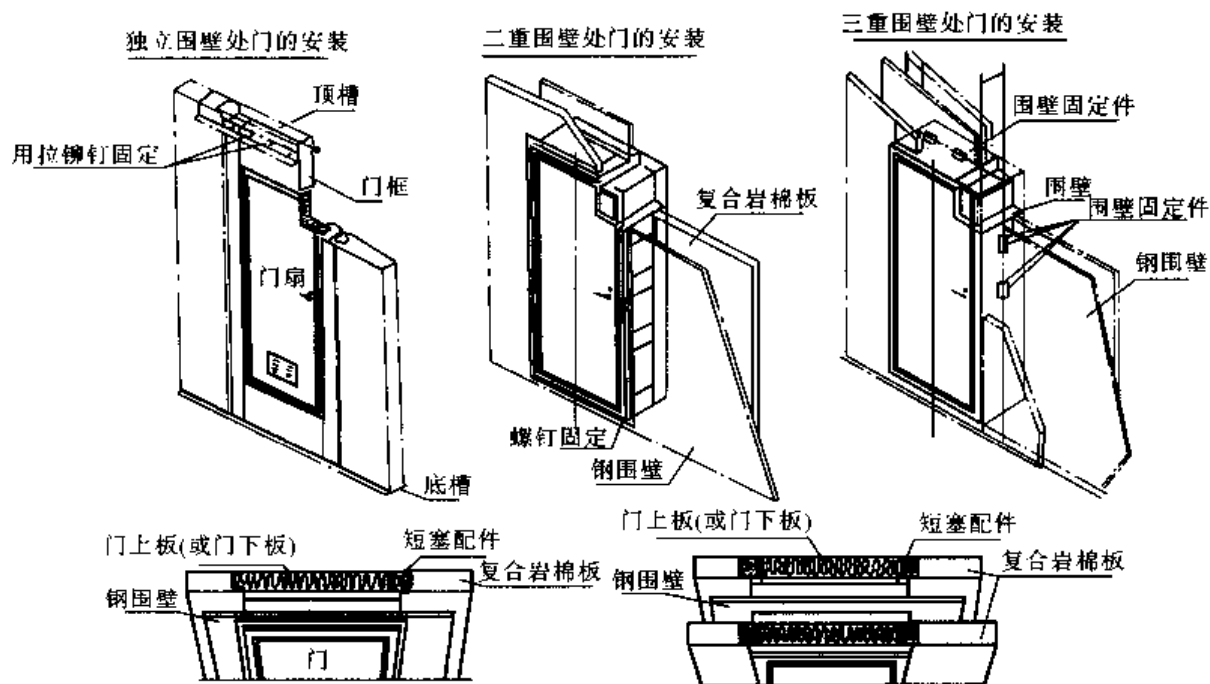


图 13-24 复合岩棉板板围壁门的安装

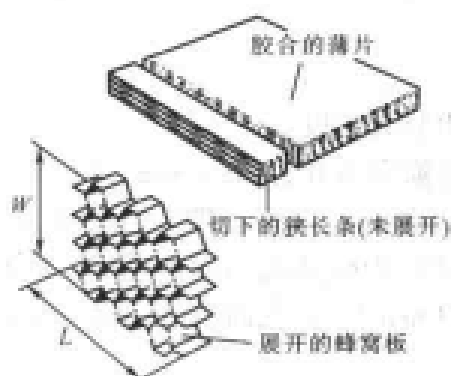


图 13-25 蜂窝芯材的构造

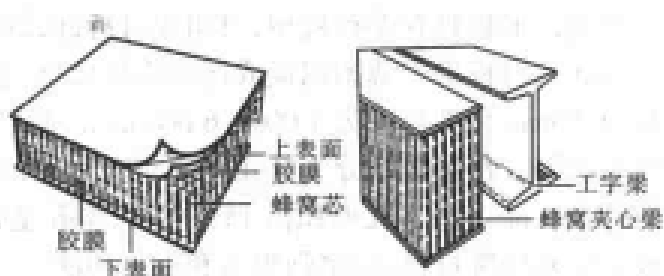


图 13-26 蜂窝夹层板的构造

面板可以是各种金属、玻璃钢、增强塑料等,这种结构形式相当于工字钢,且由于芯材分布在整个宽度上,面板就更稳定,更能抗弯曲,机械性能好,见图 13-27。

3. 施工方法

复玻璃钢面板或铝合金面板的铝箔蜂窝板的板材接合、弯角、裁剪交接、连接及封边施工方法如图 13-28 所示。

(五) TC 防火板结构

TC 防火板是新一代国内自行开发的船舶内装防

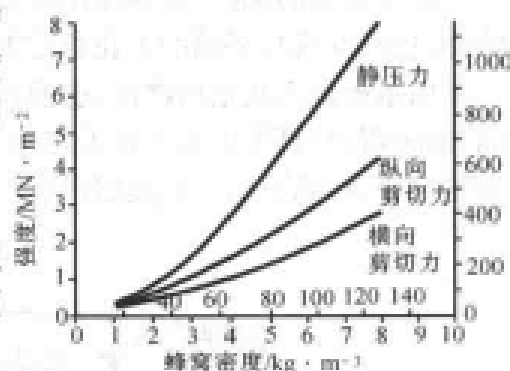


图 13-27 蜂窝板主要性能

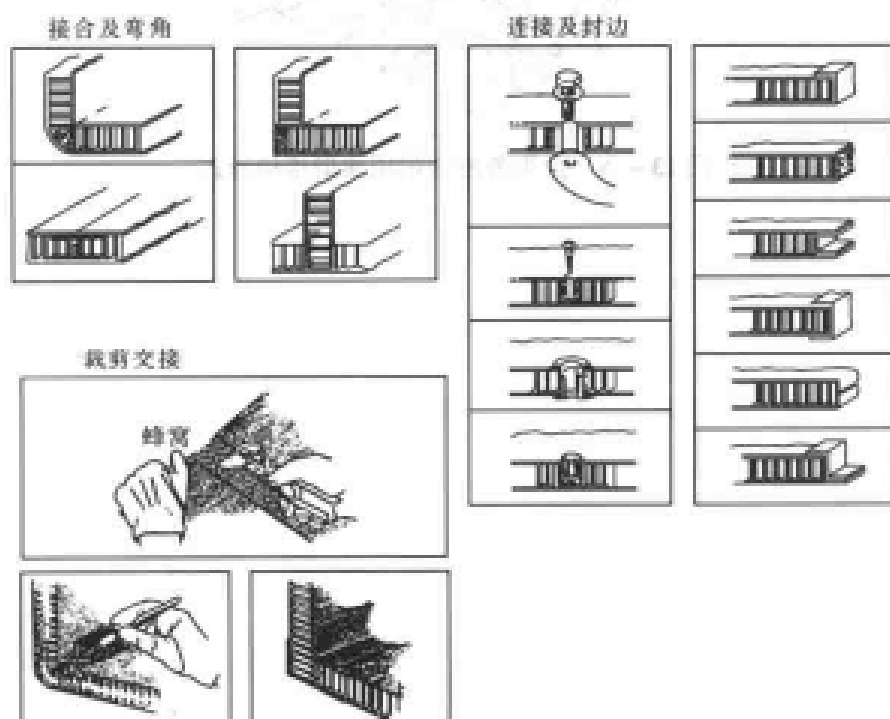


图 13-28 蜂窝板施工方法



火板材,具有不燃、无毒、防水、隔热、隔声、强度高、加工性能好等优点,其不燃性完全符合 SOLAS 公约的规定。

(六)金属条形板

金属条形板具有多种板型,可组成可拆卸式的舱室内装天花板。

金属条形板采用薄型铝板或钢板冷轧成型,铝板厚度通常为 0.5~0.6 mm,钢板厚度为 0.4~0.5 mm,标准长度为 1 000~6 000 mm,标准模数为 100 mm。表面处理分为烤漆、喷塑、阳极氧化等。每种板型分为穿孔型和非穿孔型,穿孔型又分为标准孔型和微孔型。标准孔型的孔径 2 mm 左右,孔面积占 15% 左右;微孔型孔径 1.3 mm 左右,孔面积占 22%。穿孔型条板上可复纤维材料,以增强吸音和隔热功能。

金属条型板的安装可分为开式和闭式,闭式可采用小型嵌条封闭。金属条形板可利用其柔性骨架将各种型材组合以形成除平面以外的各种复杂形状,增强立体感,在舱室造型设计中可提供更多的选择,如使用吊顶弧形板,能将舱室顶角做成弧形,遮蔽结构上的大肘板等构件,把围壁板与平面的天花板完美和谐地连接起来。

金属条形板天花结构严谨,造型新颖,防火耐湿,装拆方便,易清洁,且出风门、回风口、音响、烟感器、灯具等可装置在天花板内,使天花板的整体性极好。铝合金条形板天花板由于重量很轻,特别适用于高速船内装。金属条形板典型结构形式见图 13-29。

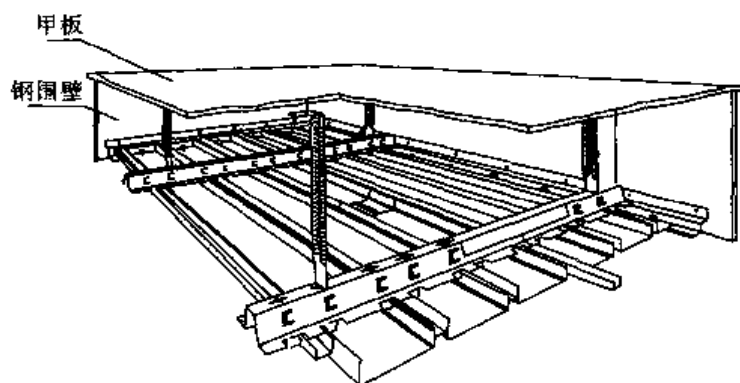


图 13-29 金属条形板吊顶典型结构形式

参考文献

- 1 葛云卿,朱国英,吴洪宝.船舶设备.第一版.哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2002
- 2 中国舰艇研究院《舰艇概论》编辑委员会.舰艇概论.第一版.北京:北京科学技术出版社,1998
- 3 中国船舶工业总公司.船舶设计手册舾装分册.第一版.北京:国防工业出版社,2002
- 4 金仲达.船舶设备.第一版.哈尔滨:哈尔滨船舶工程学院出版社,1991
- 5 孙庭秀主编.舱室设计.第一版.哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2006

