

# Design of Rudder Equipment for 4500DWT Coastal Cargo Ship

Tao Yang

Jiangnan Shipbuilding Group Co., Ltd., Shanghai, 200000, China

## Abstract

This paper is to design the rudder equipment of a 4500DWT coastal multi-purpose ship. The design and selection of anchor equipment and rudder equipment are mainly based on the CCS2006 Code for Construction of Domestic Navigational Vessels. The rudder device is an important device to ensure the maneuverability of the ship. As one of the important performances of the ship, the maneuverability includes two interrelated performances, namely heading stability and slewability. The reliability of the rudder device directly affects the safety of the ship.

## Keywords

rudder equipment design; plan; composition

# 4500DWT 沿海货船舵设备设计

杨涛

江南造船集团有限责任公司, 中国·上海 200000

## 摘要

论文是对4500DWT沿海多用途船的舵设备进行设计, 主要依据CCS2006版《国内航行海船建造规范》进行锚设备和舵设备的设计和选配。舵装置是保证船舶操纵性的重要装置, 作为船舶重要性能之一的操纵性包含两个相互有关的性能, 即航向稳定和回转性, 舵装置的可靠性直接影响到船舶的安全性。

## 关键词

舵设备设计; 方案; 组成

## 1 引言

2008年的金融危机引发国际航运市场动荡, 面对充满变数的航运市场, 多用途船具有能适应多种航线, 尽可能高效率地载运各种货物, 使用简便, 造价低廉的特点, 成为船东们较为理想的运营船型之一。

## 2 集散两用沿海货船简介

集散两用船即多用途船。多用途货船是既能载运普通件杂货, 也能载运散货、大件货和一部分集装箱以及冷藏货的货船。通常为双甲板、尾机型和大舱口, 并配有大起重量。

舵是实现船舶操纵的主要设备, 转动舵时, 舵上产生的水动力在垂直于船体中心线方向上的分力相对于船体剖面形成转船力矩, 起回转船舶的作用, 置于零舵位时起稳定航向的作用。性能优良的舵设备能满足船舶对操纵性的要求, 能使舵装置与操舵装置的重量轻、成本低、功率消耗小, 工作安全可靠, 便于制造和维修。作为船舶重要性能之一的

操纵性包含两个相互有关的性能, 即航向稳定和回转性。而良好的操纵性必须依靠舵设备来保证。

## 3 舵设备的组成

舵设备中除了舵以外, 为了在规定时间内, 将舵转到所需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。其中, 包括操舵器、舵角指示器、传动装置、转舵机构、舵。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<sup>[1]</sup>。

### 3.1 舵的作用

①船舶操纵性是船舶保持或改变航向的能力: 小舵角下的航向保持性; 中等舵角的航向改变性; 大舵角的船舶回转性。

②舵位于船体和螺旋桨的后方, 受到船体伴流和螺旋桨尾流的影响, 舵的存在及舵角变化也影响船体及桨的受力情况。船体—桨—舵是相互影响、关系密切的有机整体。把舵置于桨的尾流内, 不仅可吸收旋转尾流的能量, 还可充填根涡区, 减少涡能损失, 从而提高了推进效率。因此, 从快速性角度有时把舵和桨合在一起作为推进系统的一部分。

【作者简介】杨涛(1991-), 男, 土家族, 中国湖北巴东人, 本科, 助理工程师, 从事船舶工程研究。

③舵作为附体,产生阻力,当船舶回转时,舵产生回转阻尼力矩。若舵角为零,舵与呆木一样,起固定式尾鳍的作用,对直线稳定性有利;当操了一定的舵角,船舶进行回转运动时,随着水流的偏转,舵的有效攻角小于实际舵角,减少了舵力和转船力矩,这部分差额相当于被舵的回转阻尼力矩抵消,该回转阻尼作用是舵阻尼,也可称为舵的鳍效应。舵的鳍效应改善了船舶直线稳定性,也提高了操舵后船舶进入新航向的跟从性。

### 3.2 舵设备的作用原理

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  $v$  运动,并且有一定舵角时,在舵上会产生舵压力,舵压力产生转船力矩,在转船力矩和横向力的作用下,船首向转舵方向转动。

### 3.3 舵设备的分类

按安装位置分:中舵、边舵、水平舵等。

按舵面积在轴前后分:平衡舵、半平衡舵、不平衡舵。

按支撑方法分:悬挂舵、半悬挂舵、支撑舵(单/双/多支撑)。

特种舵:襟翼舵、主动舵、组合舵、反应舵、转柱舵等。

按舵叶的剖面形状分:单板舵、复板舵(亦称流线型舵),目前常用的多为流线型平衡舵<sup>[2]</sup>。

### 3.4 舵设备的设计方法与思路

#### 3.4.1 舵装置的传统设计有两种方法

一是按照船舶建造规范的有关规定计算式进行计算;

二是按照强度理论计算决定。

一般来说除了决定舵杆直径可用强度理论计算外,其他零件主要按照规范规定进行计算确定。验船部门审核舵装置零件计算上的主要依据是船舶建造规范和强度理论。

#### 3.4.2 舵的设计思路

舵的设计思路如图1所示。

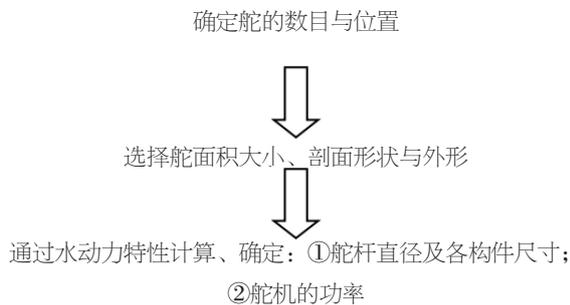


图1 舵的设计思路

### 3.5 舵设备的方案、布置设计

舵的布置需考虑以下原则:

①为了使舵上的流体动力对船舶产生一个尽可能大的转船力矩,舵应布置在远离船舶重心G处,以便增加力臂值,

改善回转性,所以舵常布置在船尾部。对有特殊需要的船也有布置在船首的,因为需对开,无首尾之分;

②注意使舵得到突出的尾型的保护;

③为了获得螺旋桨尾流以提高舵效,舵一般布置在螺旋桨的后方。试验资料表明,螺旋桨尾流要经一段距离后,其尾流速度才达到最大值。所以,原则上应将舵布置在尾流速度大处工作,对提高舵效有利。

### 3.6 舵面积的确定

舵面积指舵的外形轮廓所包围的面积,舵面积大小对船舶操纵性有较大的影响。舵型一旦确定以后,舵面积的选择将直接影响船舶的操纵性<sup>[3]</sup>。操纵性是考核船舶性能的重要指标。考虑到本船尾部线型,应尽量增大舵面积,以减小大舵角时的回转直径,提高船舶的机动性。

按船级社规范确定舵面积:

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

式中,  $L$  为船长(m),本船为89.9m;  $T$  为吃水(m),本船为5.6m;  $B$  为船宽(m),本船为14.6m;  $C_b$  为方形系数,本船为0.82。计算得,  $A=9.50\text{m}^2$ 。

考虑本船尾部线型和吃水,实取舵高  $h=3.80\text{m}$ ,舵宽  $b=2.50\text{m}$ 。舵叶采用矩形。

### 3.7 舵叶翼型及剖面参数

流线型舵的剖面常为对称机翼形。为使其能产生较大的升力和具有较小的阻力,前缘为圆形,而后缘较尖。剖面厚度比过大或过小对最大升力系数都不利,一般认为在0.10~0.20范围较为合适。由于NACA剖面的升力较大,阻力较小,适宜于正对螺旋桨尾流的舵叶。故本船舵叶选取NACA0015对称机翼剖面,即型厚比为0.15,最大厚度  $t=0.375\text{m}$ 。

### 3.8 舵平衡比

根据统计资料,该类型货船的舵平衡比  $k$  宜在0.25~0.28之间,本船为矩形舵,参考母型船,实取舵杆中心线至导边的距离为  $a=0.65\text{m}$ ,则舵平衡比  $k=a/b=0.65\text{m}/2.50\text{m}=0.26$ ,在规定范围之内。

### 3.9 舵叶结构设计

舵叶结构尺寸计算按《2006国内航行海船建造规范》

3.1.6.2,舵叶板(含旁板、顶板和底板)厚度应不小于:

$$t_s = 5.5s \beta \sqrt{d + \frac{F}{A} \times 10^{-4}} + 2.5$$

式中:  $d$  为吃水,  $m$ ;  $F$  为舵力,  $N$ ;  $A$  为舵叶面积,  $\text{m}^2$ 。

(下转第71页)

了明确后,重新梳理修订了小组立托盘划分规则,在小组立托盘划分规则中对小组立托盘重新做了界定,优化了《船体建造分道原则》《先行工程物流通用托盘设置规则》。

#### 4.2.2 实现了分道工位的合理配置

根据船舶建造的工序特点,对各作业区的业务分工进行分析后,充分考虑影响因素,优化专业结构,完善工序人员分级配置,实现了不同作业区人员配置的标准化比例。

#### 4.2.3 实现了定置管理

课题组根据各工序、工种的相关性,以生产任务包形式按区域、阶段、类型组织生产方式,对按区域定置在施作业场所内进行相同族性的批量“产品”作业进行了科学界定,并制定了“相同族性”定置管理,使作业规范趋于科学,在不做人员总量大幅增长及当地扩展的同时,劳动效率大幅提升。

(上接第64页)

$$t_s = 5.5s = 5.5 \times \beta \sqrt{d + \frac{F}{A} \times 10^{-4}} + 2.55 \times 1 \sqrt{5.6 + \frac{121387.2}{9.5} \times 10^{-4}} + 2.5 = 14.4\text{mm}$$

实取 15mm。

舵叶的导缘通常用钢板弯制,按《2006 国内航行海船建造规范》3.1.6.4 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 22mm,所以取 20mm。

舵叶的尾缘(随缘)形式较多,最简单的方式是将两侧的舵叶旁板搭接,但这种方式比较容易产生裂纹,因此通常的方法是加设型材,如扁钢、圆钢、半圆钢或按舵叶的尾端线型加工的专用钢材。

根据《2006 国内航行海船建造规范》3.1.6.3 舵叶内应设置垂直隔板和水平隔板,其厚度应不小于 0.7 倍的舵旁板

## 5 结语

船舶制造是一个十分复杂的工作,每一项具体工作都有可能造成对整体性能的危害。船体分道制作工作对于船舶制造具有重要作用,在很多场合中都有应用,因此需要严格根据相关的规程进行工作,这样才能够发挥出更好的效果。

### 参考文献

- [1] 徐斐,顾晓波.造船WBS编制方法在生产设计中的应用研究[J].中国水运(下半月),2019(10):38-39.
- [2] 邢燕飞.为精益造船服务的加工物流系统浅析[J].物流工程与管理,2018(7):23.
- [3] 张波.工程项目管理中WBS分解及实现的探讨[J].中国西部科技,2014(6):67.

厚度,且不小于 8mm,所以取 11mm。

## 4 结语

论文通过对 4500DWT 沿海货船舵设备设计应按确定舵的数目与位置→选择舵面积大小、剖面形状与外形→通过水动力特性计算确定舵杆直径及各构件尺寸和舵机功率三步走思路进行舵设计,为以后工作提供建议或思路。

### 参考文献

- [1] 叶金铭,陈钰刚,于安斌,等.基于面元法的扭曲舵片空泡数值预报研究[J].海军工程大学学报,2019(2):3.
- [2] 张广,于开平,邹望,等.基于CFD方法的超空泡航行体弹道特性研究[J].应用力学学报,2019(2):45.
- [3] 黄国富,常煜,张海民.基于CFD的船用离心泵流体动力振动噪声源分析[J].水泵技术,2018(3):78.