

# 船舶设计原理(Ch2)



# 第二章 船舶重量与重心

§ 2-1 概 述

§ 2-2 空船重心的分析估算

§ 2-3 载重量估算

§ 2-4 重心估算



## § 2-1 概述

### 一 重量方程式与浮性方程式

重量方程式  $\Delta = \Sigma W = LW + DW$

$$LW = W_h + W_f + W_m$$

式中, **LW**:空船重量(t)

**W<sub>h</sub>**:船体钢料重量(t)

**W<sub>f</sub>**:木作舾装重量(t)

**W<sub>m</sub>**:机电设备重量(t)

**DW**:载重量(t), 包括货物、船员及其行李、旅客及其行李、燃油、滑油及炉水、食品、淡水、备品及供应品等重量。

\*\*\*载货量**W<sub>c</sub>**\*\*\*



# § 2-1 概述

## 浮力方程式

$$\Delta = \rho \nabla = \rho kLBTc_b$$

式中,  $\rho$ : 水的密度 ( $1\text{t} / \text{m}^3$ ,  $1.025\text{t} / \text{m}^3$ )

$\nabla$ : 该装载情况下的型排水体积 ( $\text{m}^3$ )

$k$ : 附体体积系数, 通常为1.004—1.01

$L$ : 船长 (m), 通常指垂线间长, 即 $L_{pp}$

$B$ : 型宽 (m)

$T$ : 吃水 (m)

$c_b$ : 方形系数

浮性方程式  $\Delta = \Sigma W = \rho kLBTc_b$



# § 2-1 概述

## 二 民船典型载况

**空船排水量:**  $\Delta \approx LW$ 指新船竣工交船时的排水量  
其中的机电重量是湿重

**满载排水量:**  $\Delta = LW + DW$ 装载了预定的全部载重量时的排水量

满载排水量也称为**设计排水量**（如果重量估算准确）

**压载排水量:** 无货空放航行时，加载一定压载水。

民船常以满载载况作为设计状态、它是决定船舶主要要素的基础。



## § 2-1 概述

在船舶规范中对各类船舶的典型载况都有规定

对于内河货船，设计中通常取四种典型载况

**满载出港**——设计状态；

**满载到港**——这时的油水等重量、规定为设计状态时油水储备量的10%（不包括滑油）；

**空载出港**——船上不载运旅客与货物。但油水储备量为设计状态的100%；

**空载到港**——船上不装载旅客与货物，而油水等为其总储备量的10%；



## § 2-1 概述

在船舶规范中对各类船舶的典型载况都有规定

对于海船干货船，设计中通常取四种典型载况

**满载出港**——设计状态；

**满载到港**——这时的油水等重量、规定为设计状态时油水储备量的10%；

**压载出港**——船上不载运货物，有所需的压载水。但油水储备量为设计状态的100%；

**压载到港**——船上不装载货物，有所需的压载水而油水等为其总储备量的10%；



# § 2-1 概述

## 三 重量重心估算的重要性

直接影响船舶经济性和航行性能



**重量设计得过轻:**

船的实际重量值将大于计算值、重力大于浮力，实际吃水将超过设计吃水，

①必须减载航行。

②船舶干舷减小，船舶大角稳性与抗沉性难以满足。

甲板容易上浪。船舶结构强度也可能不满足要求。

**重量计算得过重:** 船舶尺度选择势必偏大。

**重心纵向位置计算误差过大:**

船将出现较大纵倾，影响船舶的浮态、快速性与耐波性；

**船舶重心高误差过大:** 影响船舶稳性与横摇性能。

# § 2-1 概述

## 四 重量重心计算的特点与方法

### 重量重心计算特点：

- 一、贯穿于整个设计过程的始终；
- 二、逐步近似。

### 重量重心计算方法：

在设计初期即主尺度及排水量确定阶段，重量重心只能依据母型或统计资料进行较为粗略的估算。

在技术设计、施工设计时，船舶的主要图纸均已具备，船舶的各主要部分均已确定，甚至实船也已造出，重量重心计算可以按图纸进行详细的分项计算，然后逐项累计。

### 在完工计算时

按实船进行详细的分项计算，然后逐项累计。



## § 2-2 空船重量的分析与估算

空船重量估算的准确度是船舶设计能否成功的**关键**

原因是空船重量占了船舶排水量的相当部分，影响因素多，不容易估算准确。

### 各类船舶的空船重量和满载排水量之比

|        |                  |        |                  |
|--------|------------------|--------|------------------|
| 拖 船    | <b>0.85~0.95</b> | 大型油船   | <b>0.20~0.35</b> |
| 渔 船    | <b>0.60~0.70</b> | 中、小型客船 | <b>0.50~0.70</b> |
| 中、小型货船 | <b>0.30~0.43</b> | 大型客船   | <b>0.45~0.60</b> |
| 大型货船   | <b>0.27~0.36</b> | 驳船     | <b>0.20~0.30</b> |
| 中、小型油船 | <b>0.35~0.50</b> |        |                  |



## § 2-2 空船重量的分析与估算

### 一 空船重量的分类

空船重量通常分为

船体钢料重量 $W_h$

木作舾装重量 $W_f$

机电设备重量 $W_m$

三大部分，各部分又细分为若干组，各组再分成若干项



# §2-2 空船重量的分析与估算

## 二 船体钢料重量 $W_h$ 的分析与估算

### 1. 影响船体钢料重量的因素

#### 1.1 船舶尺度及系数

船长，船宽，型深，吃水，方形系数

#### 1.2 布置特征

#### 1.3 船级、规范、航区

#### 1.4 其它因素



## § 2-2 空船重量的分析与估算

### 二 船体钢料重量 $W_h$ 的分析与估算

#### 1. 影响船体钢料重量的因素

##### 1.1 船舶尺度及系数

对钢料重量的影响从对**构件数量**和**强度条件**的影响两个方面来分析。

**船长 $L$** : 船体绝大多数构件(如外板、底部结构、甲板、舱壁、舷侧结构等)都与船长有关;  
船长越长, 其在水中所承受的纵向弯矩越大, 对船体结构纵向构件的尺寸要求也大  
因此船长对船体钢料重量影响**最大**。



## § 2-2 空船重量的分析与估算

### 1. 影响船体钢料重量的因素

**船宽B:** 一些横向构件(如船底与甲板横向构件、横舱壁平台、甲板等)与船宽有关; 船宽对横向强度影响较大, 但对船体纵向强度影响不大。

综合起来看、船宽对船体钢料重量影响**次于船长**。



## § 2-2 空船重量的分析与估算

### 1. 影响船体钢料重量的因素

**型深D:** 型深对舷侧板、肋骨、舱壁、支柱等构件有影响、型深增加要引起它们的重量增大；  
型深增加，船体梁的剖面模数增大，船体纵向构件断面尺寸减小，从而可减小它们的重量。  
对于大船，型深增加，其船体钢料重量**不一定增加或增加甚微，甚至会减少；**  
对于小船，型深增加要使船体钢料**重量增大。**

**吃水和方形系数:** 对 $W_h$ 影响很小



# § 2-2 空船重量的分析与估算

## 1. 影响船体钢料重量的因素

### 1.2 布置特征

船舶布置特征不同,  $W_h$ 也就不同, 如甲板层数、舱壁数、上层建筑的大小等均对 $W_h$ 有影响。

### 1.3 船级、规范、航区

设计船入什么级, 用哪国规范. 都对船体结构要求有差别, 因而对 $W_h$ 有影响。同样尺度的船舶, 如航行于冰区, 船体的某些结构要加强、显然 $W_h$ 值就会加大。

### 1.4 其它因素 (结构材料, 船体特殊性等)

船体采用普通钢、高强度合金钢, 还是铝合金、玻璃钢等, 材料不同, 显然 $W_h$ 会有很大差别。



# § 2-2 空船重量的分析与估算

## 2. $W_h$ 粗略的估算方法

### 2.1 百分数法

### 2.2 平方模数法

### 2.3 立方模数法

### 2.4 指数法

### 2.5 统计公式法



## § 2-2 空船重量的分析与估算

### 2. $W_h$ 粗略的估算方法

#### 2.1 百分数法

假定  $W_h$  正比于  $\Delta$  即  $W_h = C_h \Delta = C_h \rho k L B T C_b$

式中,  $C_h$  , 系数, 可根据母型船选取,

$$C_h = W_{h0} / \Delta_0$$

(其中,  $W_{h0}$ 、 $\Delta_{h0}$  分别为母型船的钢料重量和排水量。

估算时所参考的母型船, 应当与设计船类型、主体结构形式及船体材料相同、主尺度及船舶上层建筑丰满度相近的实船; 其  $C_h$  应尽量采用多艘实船分析比较后确定。



## § 2-2 空船重量的分析与估算

### 2. $W_h$ 粗略的估算方法

#### 2.2 平方模数法（常用于内河船舶及小型船舶）

此法假定  $W_h$  正比于船体结构的总面积。并用  $L$ 、 $D$ 、 $B$  的某种组合来表征。最常见的形式为：

$$W_h = C_h * L (B + D)$$

#### 2.3 立方模数法（适合大的丰满型船舶）

此法假定  $W_h$  正比于船舶内部总体积，并以  $LBD$  作为内部总体积的特征数，简称立方模数。最常见的形式为：

$$W_h = C_h * L * B * D$$



# § 2-2 空船重量的分析与估算

## 2. $W_h$ 粗略的估算方法

### 2.4 指数法

$$W_h = C_h * L^\alpha B^\beta D^\gamma d^\sigma C_b^\tau + W_c$$

试中指数可从下表中选择，常数项  $W_c$  与主尺度无关

船体钢料重量指数形式的回归系数



| 船型         | 指数 |          |         |          |          |        |
|------------|----|----------|---------|----------|----------|--------|
|            |    | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $\sigma$ | $\tau$ |
| 小型货船       |    | 1.25     | 0.75    | 0.75     | 0        | 0.50   |
| 散货船        |    | 1.878    | 0.695   | -0.189   | 0.158    | 0.197  |
| 油船（2万~7万吨） |    | 1.83     | 0.75    |          | 0        | 0.393  |
| 集装箱船       |    | 1.759    | 0.712   | 0.43     | 0        | 0      |
| 常规客船       |    | 1.45     | 0.945   | 0.66     | 0        | 0      |

## § 2-2 空船重量的分析与估算

### 2. $W_h$ 粗略的估算方法

#### 2.5 统计公式法

对于一些结构形式相差不大、布置特点比较稳定、有大量相近实船的船型，如大型油船、散货船、集装箱船等，在设计初始阶段用统计公式法估算  $W_h$  是十分有效的。

常见的有穆瑞公式（适于中型散货船），

$$W_h = C_h L^{1.65} (B + D + T/2) (C_b + 0.8)$$

阿德文克公式（适于大型散货船），

$$W_h = C_h L^{1.878} B^{0.695} D^{-0.189} T^{0.158} C_b^{0.197}$$

瓦待生—智尔费兰公式（适于散货船、杂货船和集装箱船等）

$$W_h = C_h E^{1.36} (1 + 0.5 (C_b' - 0.7))$$



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/687166150135010020>