

# 船舶舱底水系统分析与应用探讨

□广西南宁船舶检验处 阮晓宁

**摘要:** 本文着重分析不同国籍或船级社颁布的海、河船规范所规定的同一舱底水系统计算式的含义,并对应用进行分析。

**关键词:** 舱底水系统 计算式 分析

查阅我国的《钢质海船入级与建造规范》(以下简称“海规”)、《钢质内河船舶入级与建造规范》(以下简称“河规”),包括历年来颁布的海、河船舶规范,乃至所了解的国外海、河船舶规范,对船舶舱底水系统的有关计算式完全一致,且几十年未曾作过修订。如我国海规与河规、美国《内河和沿海岸水道钢船建造和入级规范》均规定:舱底水总管的内径  $d_1$  应按下式计算,实际值接近标尺寸选取:

$$d_1 = 25 + 1.68 \sqrt{L(B+D)} \quad \text{mm}$$

而法国《内河船舶入级与建造规范》、德国《内河钢船入级和建造规范》则规定,舱底水总管内径  $d_1$  应按下式计算:

$$d_1 = 25 + 1.5 \sqrt{L(B+D)} \quad \text{mm}$$

式中:  $L$  —— 船长,  $m$ ;

$B$  —— 船宽,  $m$ ;

$D$  —— 型深,  $m$ 。

为了说明舱底水系统的重要性,本文从以下几个方面分析:

## 一、舱底水系统的作用

舱底水系统的作用在于将舱底积水排至舷外。即用于排除货舱、机舱和轴隧等处的积水,以避免货物损失,并保证机、电设备正常运转,确保船舶航行安全。要求在船舶横倾  $5^\circ$  时能抽干任一舱的舱底水。在船舶发生海损大量进水时,可利用舱底水系统作应急排水用。该系统由舱底泵、吸入和排出总管、支管、分配阀箱、阀件及吸入口等组成。

## 二、船体浸水面积含义和舱底水管径估算

为了分析舱底水总管或支管内径计算式的含义,引入船体浸水面积。所谓船体浸水面积是指船舶浮于静水中,船体表面与水接触的面积。其中包括船底外

板、舷侧外板、首、尾柱(或首、尾封板)与水接触的面积。在计算船舶航行时的摩擦阻力、船壳水下部分的油漆量及静水力曲线计算、估算船壳排水量时,均需用到船体浸水面积。世界各造船、航运业发达国家船舶规范对锚设备舾装数  $N$  和舱底水系统的总管、支管内径  $d_1$ 、 $d_2$  计算中,亦采用船体浸水面积  $\Omega$ ,因船体浸水面积与船舶水线面所包围的内部容积等于船舶排水体积。

在舱底水总管内径  $d_1$  计算中,将水线面与浸水面积包围的内部容积作为需要排除的舱底水总容积,这对船舶遭受海损大量进水后,急需迅速排水而挽救危船是非常重要的安全措施。

船体表面是一个光滑而又复杂的曲面,不能将其精确展开,故计算浸水面积,通常用近似法进行计算,尤其是计算舱底水管内径、船舶舾装数  $N$  等,数据计算值与管径选用实际值、锚重配备实际值还依管径与锚重标准,按计算值近标选取,一味追求其计算值的准确性是没有必要的,故其船体浸水面积  $\Omega$  计算可尽量按经验公式。

根据《船舶设计手册》,船舶浸水面积  $\Omega$  可近似按下式计算:

$$\Omega = L(C_1 d + C_2 B)$$

式中:  $L$  —— 船舶浸水长度,  $m$ ;

$d$  —— 船舶吃水,  $m$ ;

$B$  —— 船舶水线面宽度,  $m$ ;

$C_1$  —— 系数,取  $C_1 = 2.0$ ;

$C_2$  —— 系数,取  $C_2 = C_b$ (方型系数);

$$\therefore \Omega = L(2d + C_b B)$$

对海船,海规规定:  $B/D \leq$ , 取  $B/D = 2.25$ ;

《国际船舶载重线公约》规定:计算吃水  $d$  取最小型深的  $0.85$  倍,即  $d = 0.85D$ 。

为安全可靠,方型系数按大、中型货船考虑,即取  $C_b = 0.85$

$$\therefore \Omega = L(2 \times 0.85D + 0.85B)$$

将  $B/D = 2.25$  代入作辅助计算并整理后得:

$$\Omega=1.112L(D+B)$$

如前所述,舱底水总管截面积 $\frac{\pi}{4}d_1^2$ 的大小取决于应急排除舱底水量的多少( $\Omega$ 与水线面包围的舱底水量),为保证有效排除舱内进水量,取总管截面通过水量为 $\Omega$ 与水线面内水量的2倍,即:

$$\frac{\pi}{4}d_1^2=2\Omega=2\times 1.112L(B+D)$$

$$\therefore d_1^2=2\times 1.112L(B+D)\cdot\frac{4}{\pi}=2.832L(B+D)$$

$$d_1=1.68\sqrt{L(B+D)} \quad \text{mm}$$

为了补偿呈曲折布置的舱底水管系统的压头损失,根据航海实践经验并留有一定安全裕度,对舱底水总管内径 $d_1$ 的选取是在按上式计算值的基础上增大25mm,即:

$$d_1=25+1.68\sqrt{L(B+D)} \quad \text{mm}$$

上式即为我国河规、海规及世界各船级社所颁布的海规对舱底水总管内径 $d_1$ 的计算式。

舱底水支管内径 $d_2$ 的计算,与其总管 $d_1$ 的计算方法一致,并取其中最大舱(货舱或机舱)舱长 $l\leq\frac{1}{3}L$ ,该舱处船舯前后,其方型系数 $C_{bl}$ 应大于船体水线以下方型系数,取 $C_{bl}=0.95$ ,同理,为保证有效地排除最大舱内的进水量,取其支管截面应通过的水流量为 $\Omega_2$ 与水线面所包围水量的3倍,即:

$$\frac{\pi}{4}d_2^2=3\Omega_2=3l(2\times 0.85D+0.95B)$$

将 $B/D=2.25$ 代入作辅助计算,得:

$$\frac{\pi}{4}d_2^2=3\times 1.81(D+B)l$$

$$\therefore d_2^2=2\times 3.543\times l(B+D)\cdot\frac{4}{\pi}=4.511l(B+D)$$

$$d_2=2.124\sqrt{l(B+D)}$$

计入压头损失补偿值后近似有

$$d_2=25+2.15\sqrt{l(B+D)} \quad \text{mm}$$

式中: $l$ ——排水分舱的长度,m;

$B$ ——船舶水线面宽度,m;

$D$ ——型深,m;

上式即为各国船级社所颁布的“船舶建造规范”对舱底水支管内径 $d_2$ 的计算式。

### 三、舱底泵的排量分析

船舶规范要求所有的动力舱底泵均应为自吸式或带自吸装置的泵。每一动力舱底泵应能使流经的舱底水总管的水流速度不小于2m/s,则每一舱底泵的排量 $Q$ 应不小于按下式计算所得之值:

$$Q=\frac{\pi}{4}d_1^2\cdot v=1.571d_1^2\times 10^{-6}\text{m}^3/\text{s}=5.66d_1^2\times 10^{-3}\text{m}^3/\text{h}$$

### 四、海、河船舶舱底水差异分析

同样,河船舱底水系统与船舶浸水面积成正比,浸水面积 $\Omega$ 仍可按下式计算:

$$\Omega=L(C_1d+C_2B)$$

取: $C_1=1.7$  (设计手册)

$$C_2=0.82$$

$$d=0.7D$$

$$\therefore B/D\leq 4.5, \text{取 } B/D=4.5,$$

$$\therefore \Omega=1.7\times 0.7D+0.82B=0.887L(B+D)$$

$$\therefore d_1^2=2.259L(B+D) \quad d_1=1.503\sqrt{L(B+D)}$$

计入舱底水系管路压头损失后,取:

$$d_1=25\times 1.5\sqrt{L(B+D)} \quad \text{mm}$$

上式即为德国船级社(GL),法国船级社(BV)等所颁布的《钢质内河船舶入级与建造规范》对舱底水总管内径 $d_1$ 规定的计算式。

对我国内河船舶来说,因其航道尚未渠化,水文、气象变化异常,船员驾驶技艺差异较大,碰撞、触礁现象时有发生,为提高局部破损后的排水功能,对舱底泵的排量、舱底水管内径适度加大,并取与海船要求一致是合理的。尤其是漓江旅游客船和广泛使用的长大舱口货船来说,应急排水更为突出,是避免因进水造成自由液面影响的有效安全措施。

### 五、几个实际问题

#### 1. 改建船舶应重视舱底水系统的改建工程

多年来,广西内河船舶为了增加营运经济效益,扩大船舶主尺度的船舶改建工程项目曾一度风行,直至目前为止,还有部分内河船舶正在改建中。而这些改建船舶的改建工程仅局限于扩大船舶主尺度或对船体结构强度作局部加强方面,仍然采用原有的舱底泵、舱底水总管、支管,可以说是一大隐患。万一因碰撞、触礁或其它意外因素造成货舱进水,其应急排水功能是难以达到保障安全的目的。为此,建议对扩大船舶主尺度的改建船舶,应相应增大舱底泵的排量和舱底水总管、支管的内径。对已完成改建并投入营运的船舶,建议有计划地安排舱底水系统的增容工程。

#### 2. 将货舱舱底水流入机舱后再排出舷外问题

部分小型船舶为了减少舱底水管,将货舱舱底水通过普通管道流入机舱后再通过舱底水系统排出舷外。这种排除舱底水的方法对少量舱底积水的排除尚属可行,但对舱壁破损情况下的应急排水就行不通了。因货舱与机舱间的疏水管仅靠液位差的水头进行流动,其流速远小于通过舱底泵而产生的流速。为此,将货舱舱底水流入机舱后再排出舷外的做法是不可取的。■