

21-23

内河运输, 船舶, 阻力, 计算

1992年

和 航 运 工 程

第 5 期

内河运输船舶的阻力计算公式

江苏省船研所

汤通生 韩海林

11675.58

在分析长江中下游地区驳船、拖船、客船、货船共八条船的试验资料的基础上, 提出内河运输船舶普遍实用的计算公式, 精度较高。

一、现状

内河运输船舶在我国数量很大, 仅江苏省就有 70 多万条。由于航道条件的限制, L/B 、 B/T 以及线型与海船差异较大。经过几百年的优胜劣汰, 在性能和实用性方面都已达到较好的水平, 大概集中范围如表 1。

表 1

| 项 目 | 驳船 | 拖船 | 货船 | 客船 |
|-------|---------|---------|---------|---------|
| L/B | 3.8~4.8 | 3.8~4.8 | 4~5.8 | 3.5~5.6 |
| B/T | 3~4.5 | 2.8~3.5 | 3.1~4.5 | 2.8~4.9 |

如果我们借用海船阻力的计算方法, 那误差是很大的。例如一条 100t 货船 $\frac{L}{B} = 5.7$, $\frac{B}{T} = 3.5$, 用三种方法计算其阻力值如表 2。

表 2

| 航 速 (km/h) | | 13 | 15 | 17 | 18 |
|------------|---------|------|------|-------|-------|
| 阻力 (kN) | 兹万科夫法 | 6.49 | 9.60 | 14.19 | 17.23 |
| | 泰勒-盖脱勒法 | 4.59 | 6.74 | 10.29 | 14.31 |
| | 爱尔法 | 4.28 | 7.09 | 11.92 | 14.99 |

这条货船的尺度比和线型已经接近海船了, 从表中看到海船阻力计算方法与兹万科夫法(与实际值比较接近)相差太大。

到目前为止, 内河小船的阻力计算公式有兹氏公式:

$$R_{11} = C_F \cdot S \cdot v^{1.83} + C_R \cdot C_B \cdot A_M \cdot v^{1.7+0.18v} \quad (\text{驳船})$$

$$R_{12} = C_F \cdot S \cdot v^{1.83} + C_R \cdot C_B \cdot A_M \cdot v^{1.7+0.4v} \quad (\text{机动船})$$

$$\text{和 } R_2 = C_F \cdot S \cdot v^{1.83} + C_R \cdot C_B \cdot A_M \cdot v^{1.7+0.03v} \quad (\text{驳船})$$

$$\text{和 } R_3 = \left(1 + \frac{1}{v}\right) \cdot \Delta \cdot 1.084 e^{2.278 F_A} \quad (\text{驳船})^{[1]}$$

但是这些公式都只适用于一个船类, 而且误差也比较大, 见表 3 (试验值为 100%)。

由于内河运输船几乎多为低速船, 兴波阻力分量 $R_w = \left[A + B \cos \frac{2\pi WL}{\lambda}\right] v^8$ 比较小, 兹氏公式注意到这种现实, 作了一个物理意义比较模糊的处理, 用它来计算内河客船、货船的阻力是比较成功的, 但用它计算驳船阻力过大, 达 2.5 倍之多, 而用它算拖船又太小, 只有 1/3 左右, 因此对于驳船和拖船, 兹氏法不能运用。而 R_2 、 R_3 式误差也较大, 同时也仅限于驳船。

二、修正兹万科夫公式

我们根据资料采取修正的办法, 用一条 $R = f(C_B)$ 的曲线去影响它。在物理意义上讲就是 C_B 对阻力的影响是比较复杂的, 原式中的系数应作适当的更改而变为:

$$R = (0.842 C_B^{0.01} + 0.229) \cdot S \cdot v^{1.83} + (35.568 C_B^{0.49} + 23.770 C_B^{3.5}) \times \frac{A_M}{\left(\frac{L}{6B}\right)^3 + 2} \cdot v^{(1.7+0.18v)} \quad (\text{N})$$

仍用上述三类六条船比较见表 4。

表 3

| 船 类 | 阻力 (kN) 比试验值 (%) | 速度 (km/h) | | | | | | | |
|------------------------|---------------------------|-----------------|--|-------|--|------|--|------|--|
| | | 项目 | | 7.5 | | 10.5 | | 12.5 | |
| 60t 驳船 ^[1] | | 船 模 | | 0.911 | | 2.18 | | 3.70 | |
| | | R ₁₁ | | 2.16 | | 4.58 | | 7.07 | |
| | | R ₂ | | 1.62 | | 3.00 | | 4.16 | |
| | | R ₃ | | 1.01 | | 2.40 | | 4.33 | |
| 100t 驳船 ^[2] | | 船 模 | | 1.15 | | 2.76 | | 4.19 | |
| | | R ₁₁ | | 2.98 | | 6.28 | | 9.70 | |
| | | R ₂ | | 2.21 | | 4.10 | | 5.69 | |
| | | R ₃ | | 1.33 | | 2.98 | | 5.15 | |
| 60t 货船 | | 实 船 | | 1.31 | | 2.78 | | 4.31 | |
| | | R ₁₂ | | 1.26 | | 2.71 | | 4.28 | |
| 100t(载货110t) 货 船 | | 实 船 | | 1.69 | | 3.88 | | 5.88 | |
| | | R ₁₂ | | 1.73 | | 3.66 | | 5.72 | |
| 20m 拖船 ^[3] | | 实 船 | | 1.55 | | 3.17 | | 5.00 | |
| | | R ₁₂ | | 0.617 | | 1.26 | | 1.91 | |
| 19m 拖船 | | 速 度 (km/h) | | 12 | | 13.5 | | 14.5 | |
| | | 实 船 | | 4.24 | | 6.10 | | 7.50 | |
| | | R ₁₂ | | 1.53 | | 2.06 | | 2.51 | |

表 4

| 船 类 | 阻 力 (kN) | 速 度 (km/h) | | | | | | | | | 备 注 |
|--------------------|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|
| | | | 5.5 | 7 | 7.5 | 9 | 10.5 | 11 | 12.5 | 13.5 | |
| 60t 驳船 | | 船 模 | 0.492 | 0.783 | 0.911 | 1.43 | 2.18 | 2.49 | 3.70 | | 试验值为100% (下同) |
| | | 计 算 值 | 0.487 | 0.821 | 0.983 | 1.51 | 2.30 | 2.64 | 3.94 | | |
| | | 相差百分数 | -1.06 | +4.89 | +5.66 | +5.44 | +5.84 | +8.17 | +6.3 | | |
| 100t 驳船 | | 船 模 | 0.606 | 0.997 | 1.15 | 1.79 | 2.78 | 3.23 | 4.91 | | |
| | | 计 算 值 | 0.612 | 1.03 | 1.20 | 1.88 | 2.81 | 3.21 | 4.75 | | |
| | | 相差百分数 | +1.05 | +2.96 | +4.62 | +3.87 | +1.64 | -0.7 | -3.22 | | |
| 60t 货船 | | 实 船 | 0.691 | 1.15 | 1.31 | 1.92 | 2.78 | 3.11 | 4.31 | 5.24 | 未拆桨、舵 |
| | | 计 算 值 | 0.710 | 1.15 | 1.33 | 1.98 | 2.85 | 3.21 | 4.51 | 5.64 | |
| | | 相差百分数 | +2.15 | +0.61 | +1.60 | +3.44 | +2.81 | +3.22 | +4.64 | +7.6 | |
| 100t(装110t) 货 船 | | 实 船 | | | 1.69 | 2.55 | 3.88 | 4.13 | 5.88 | 7.05 | 靠把墩和假尾 浸没水中 |
| | | 计 算 值 | | | 1.67 | 2.48 | 3.54 | 3.97 | 5.54 | 8.70 | |
| | | 相差百分数 | | | -0.98 | -2.82 | -3.61 | -3.76 | -2.58 | -4.96 | |
| 20m 拖船 | | 实 船 | 0.890 | 1.35 | 1.55 | 2.30 | 3.17 | 3.57 | 5.00 | | 拆桨未拆舵 |
| | | 计 算 值 | 0.891 | 1.42 | 1.62 | 2.37 | 3.32 | 3.70 | 5.05 | | |
| | | 相差百分数 | +0.01 | +5.41 | +4.71 | +3.17 | +4.83 | +3.59 | +1.00 | | |
| 19m 拖船 | | 速 度 (km/h) | 11.83 | 13.13 | 14.27 | 14.85 | | | | | 拆桨未拆舵 |
| | | 实 船 | 4.07 | 5.73 | 7.01 | 8.09 | | | | | |
| | | 计 算 值 | 4.40 | 5.78 | 7.23 | 8.13 | | | | | |
| | | 相差百分数 | +8.19 | +0.73 | +3.22 | +0.05 | | | | | |

其中两条是在浅水做的试验, 我们已用兰韦伯法将它的速度修正成深水速度, 表中可以看出计算值与试验值是相当吻合的, 这六种型号的船占江苏钢质运输船的 2/3, 航运速度驳船队

为 6~8km/h, 货船为 8~12km/h, 因此覆盖面相当大。再用二条浅吃水客船来检验。东林号 $L/B=5.2$, $B/T=7.1$, 湖光号 $L/B=4.9$ $B/T=7$,

表 5

| 船 类 | 阻力 (kN) 比试验值 | 速 度 (km/h) | | | 14.20 | | 15.46 | |
|-------|--------------------|---------------|------|--|-------|------|-------|------|
| | 项目 | | | | | | | |
| 东 林 号 | 实 船 | | | | 5.72 | | 6.88 | |
| | 计 算 值 | | | | 5.78 | 101% | 7.07 | 103% |
| 湖 光 号 | 速 度 (km/h) | 10.5 | | | 14 | | 15 | |
| | 船 模 | 2.64 | | | 5.15 | | 6.34 | |
| | 计 算 值 | 2.80 | 106% | | 5.57 | 108% | 6.73 | 106% |

看来这类船型还是比较吻合的。

三、试验资料分析

所列资料中,船模试验值比实船稍大,而实船试验都是拖曳阻力,虽然拖索达3倍船长在狭河道不免仍受拖船尾流冲刷。试验时皆为2~3.2m/s斜风,都没有拆舵由操舵来减少摆动,我们没有进行修正,这样试验测出值就偏大了一些,可比性降低了,但没有风,不打舵的船舶航行是不存在的,所以实践意义反而要好一点。

其中100t货船装了110t化肥在B级航区航行,它的舷侧方形靠把墩和叠箕状的假尾没入水中,增加很多阻力,因此表4中的计算值都比实测值小一些,我们也没有将实验值修正,将它的原始数据列上,以增加它的可读性。

所以应该说公式还是保守的,计算值仍偏大。由于资料所限(仅以长江中下游内河船为例),其适用范围到底多大还待验证。

四、结 论

1. 分析长江中下游有代表性的60t、100t驳船,60t、100t货船,19m、20m拖船,31m、33m客船的阻力试验资料,在常用速度范围内与现有公式进行了比较,提出了系数为 C_D 的函数的兹氏公式。

2. 这个公式将该地区驳船、货船、客船、拖船(皆指单桨船)阻力计算统一了起来,误差在0~10%范围内。

3. 对于特殊线型如隧道尾和B/T很大而 C_D 很小的浅吃水船并不适用。

4. 浅水速度修正借用了兰韦伯法。

参 考 文 献

- 1 朱珉虎.西漳船型的阻力计算公式.船舶工程,1987(5)
- 2 朱文博.西漳型驳船的船型分析.武汉水运工程学院学报,1984(1)
- 3 许云飞.渐变螺旋桨的认识与实践.江苏船舶,1987(1)

(上接第25页)

学分析室各一间、船舷两侧还设有绳长500米电动水文绞车配400千克水文吊杆一台和绳长500米电动水文绞车配200千克水文吊杆二台。

3. 艇甲板后部配5.5米球生兼工作艇一艘,15人气胀式救生筏,甲、乙式各一只;前部是船员主要居住区,其内除设一盥洗室外,共设有二人室二间,四人室一间,一人室二间。

4. 驾驶甲板尾部设报务室、海图室,前部是驾驶室,其内设置操舵、操桨和雷达等一套完整的保航设备。

本船稳性满足1986年ZC海船稳性规范对Ⅱ类海区钢质海船的要求,干舷符合根据1966年国际载重线公约及我国政府有关规定制定的1975颁布的ZC规范对B型船的要求。消防、救生设施符合ZC1986年海规范要求。