

# 集装箱船主尺度分析和经济性特征

上海船舶设计研究院 钱 鸿 贾 复

## 提 要

作者在收集大量近代集装箱船资料基础上,对集装箱船的主尺度进行了分析,并总结其设计特点,提出船长、航速以及固定压载等的计算公式。同时也对其经济性特征进行了探讨。

**关键词:** 集装箱船 主尺度 经济性分析

## 1 前 言

近年来,集装箱船在运输船舶中显示了迅猛的发展势头。50年代才出现的集装箱船,在1994年世界上已拥有5400艘<sup>[1]</sup>,有关资料表明,现在世界上集装箱船约有1万余艘、0.35亿载重吨<sup>[2]</sup>。上海1995年国际海事会议的有关资料表明,我国现有500总吨以上的集装箱船401艘、总箱位25.1万标准箱TEU,集装箱吞吐量达414万TEU<sup>[3]</sup>,预测到2000年将为950万~1000万TEU<sup>[4]</sup>,世界集装箱吞吐量将达到1.63亿~1.83亿TEU<sup>[5]</sup>。在2000年后的10年里仍将有着大幅度的增加,我国沿海港口及长江沿岸港口集装箱装卸码头纷纷建立以及不断扩大,这些都显示了集装箱船有着美好的发展前景。

众所周知,集装箱船设计的准则和其它运输船舶一样,是技术上可行、经济性最佳,而经济性最佳又是建立在技术上可行的基础上。但随着集装箱船的发展,技术也就不断进步,如集装箱的堆放效率 $\eta$ (即TEU箱数/主尺度长宽深的乘积)的大幅度提高就是一例。技术上的进步必然导致经济性最佳水平的上升,因此,及时地总结近代集装箱船的设计特点尤其是尺度上的特点以及其经济性特征,就有其重要性与必要性。

集装箱船的主尺度是根据其所载集装箱的数量与布置来确定的。这不仅说明集装箱船是布置地位型船舶,即其主尺度主要取决于船体内部容积以及甲板布置所需面积的要求,同时也说明集装箱堆放效率 $\eta$ 肯定会给主尺度以及主尺度之间的关系带来影响。本文就是作者在收集一些近代集装箱船实船资料<sup>[5][6][7][8]</sup>的基础上来进行主尺度分析的,从而为提出现代集装箱船舶技术上可行方案建立基础,并以此来探讨集装箱船的经济性特征,求得经济性最

佳船型。根据本文的主尺度分析过程,能方便地编制电算程序,迅速得到可行方案,且易于进行经济论证。当然,现今亦有研究采用计算机仿真排箱并结合性能校核来决定主尺度者,应该说这也是一条途径,但亦需在实践中不断完善。按本文分析过程编制电算程序是易于建立起集装箱船CAD系统,且迅速达到实用目的,这是显而易见的。

## 2 主要尺度分析

### 2.1 堆放效率 $\eta$

集装箱船的主尺度主要取决于集装箱的数量与

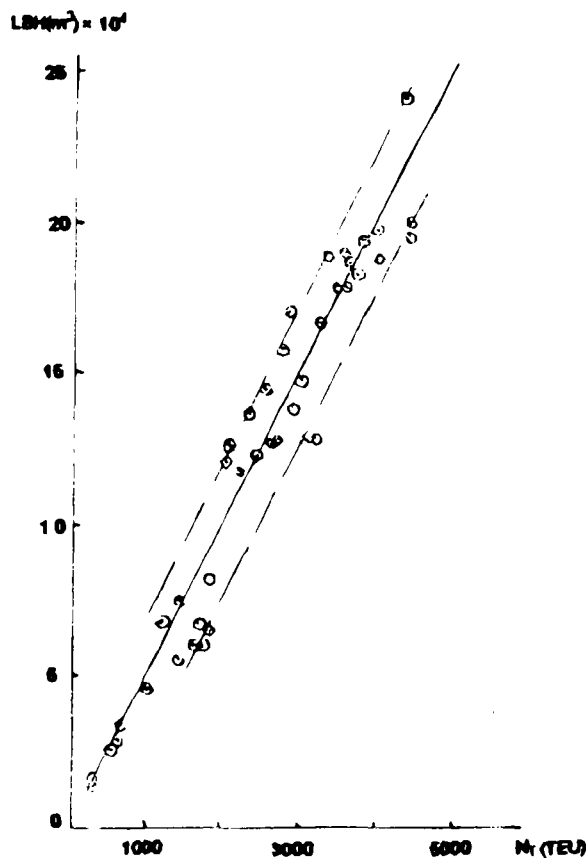


图1  $N_T$  与  $LBH$  的关系

**作者简介:** 钱鸿 上海船舶研究设计院高级工程师,工学博士。

钱鸿,贾复:集装箱船主尺度分析和经济性特征

布置,即:

$$\eta = \frac{N_T}{LBH} \quad (1)$$

式中:

$\eta$ ——集装箱堆放效率;

$LBH$ ——立方数( $L$ 为垂线间长,m; $B$ 为型宽,m; $H$ 为型深,m), $m^3$ ;

$N_T$ ——总箱数,TEU。

根据收集的实船数据以 $LBH$ 为纵坐标、TEU箱数为横坐标,绘成图1。由图1可见,近代集装箱船的TEU箱数 $N_T$ 与 $LBH$ 有着良好的线性关系,其中间直线斜率为:

$$\eta = \frac{N_T}{LBH} = 0.02, \text{即: } LHB = 50N_T$$

从图1也可看出,近代大型集装箱船的 $\eta$ 已达到0.022左右。显然, $\eta$ 在不断提高,而且将来还有提高的可能。

在初次近似时, $\eta$ 可按0.02选取;当然,亦可按照型船资料选取,或者根据所期望的并预计能实现的 $\eta$ 值来选取。

## 2.2 船长

集装箱船舶是布置地位型船舶,根据同属布置地位型的渔船,其垂线间长 $L$ 与立方数 $LBH$ 有下列关系<sup>[9]</sup>,即:

$$L = a(LBH)^{0.417} \quad (2)$$

式中:

$a$ ——系数,根据船型不同而不同。

据此,作者将近代集装箱船的 $L$ 与 $LBH$ 数据绘成图2。由图可见, $L$ - $LBH$ 存在着良好的规律性。图中曲线有公式(2)的关系,式中 $a=1.73-LBH \times 10^{-6}$ 。其左右两根曲线为式(2) $\pm 5\%$ 的包络线,可以看出,绝大部分点子均在此区域内。因此,在根据堆放效率 $\eta$ 及 $N_T$ 得出立方数 $LBH$ 基础上,用式(2)可求出初次近似的集装箱船垂线间长 $L$ 。应该看到,式(2)对通过巴拿马运河的大型集装箱船不完全适用。这是因为大型集装箱船的型宽受到限制,而又不能一味增加型深来增大载箱量,以免重心上升过多。故这类船为增加载箱量,唯一的途径就是增大船长,由于箱长为一定值,因此其船长也就颇有规律。通过巴拿马运河的大型集装箱船垂线间长 $L$ 大体为280m、273m、260m、253m、246m、231m、224m、208m、201m、193m,其值近于是集装箱长度的倍数。

集装箱行数 $X_0$ 与垂线间长 $L$ 有着密切的关系,即:

$$L = CX_0$$

式中: $C$ ——系数,据文献<sup>[7]</sup>为9.4~10.6。

实际上,随着技术的进步,上述系数已经下降到9以下,甚至接近8。增加 $X_0$ 的办法如图3所示,即在艏部深舱上部设置货舱,这在中小型集装箱船上也可实现。有的大型巴拿马型集装箱船为增加 $X_0$ ,除采取图3措施外,还在艏部机舱上方设置集装箱货舱,如图4所示。

一般说来,集装箱船的每个货舱长为29m,可装4行20英尺长的集装箱,加上间隙,每个箱位长度约为7.25m。集装箱货舱总长度与垂线间长 $L$ 的比值为:

$$\frac{\text{货舱总长度}}{L} = C_1 \quad (3)$$

即: 货舱总长度 =  $C_1 L$

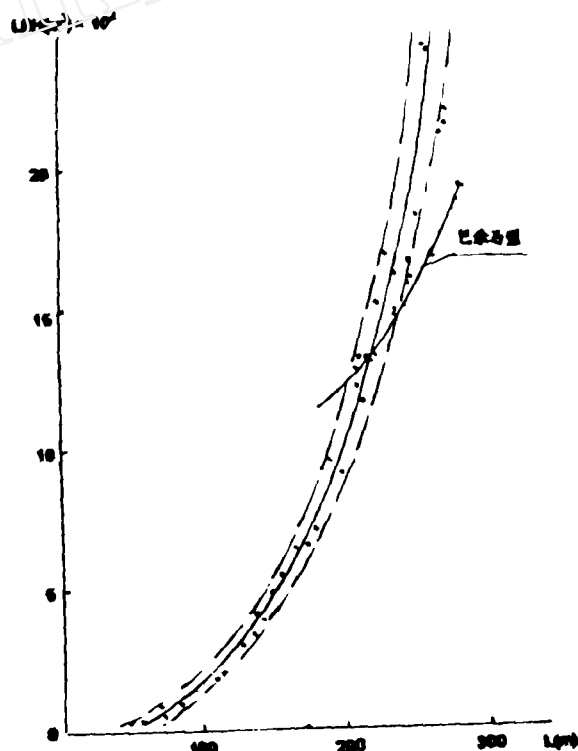


图2  $L$ 与 $LBH$ 的关系

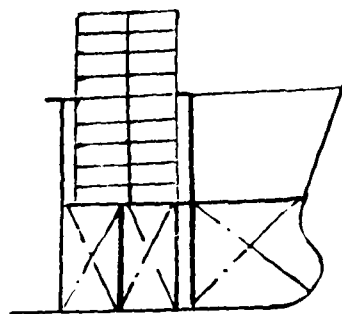


图3 艏部深舱上部的货舱

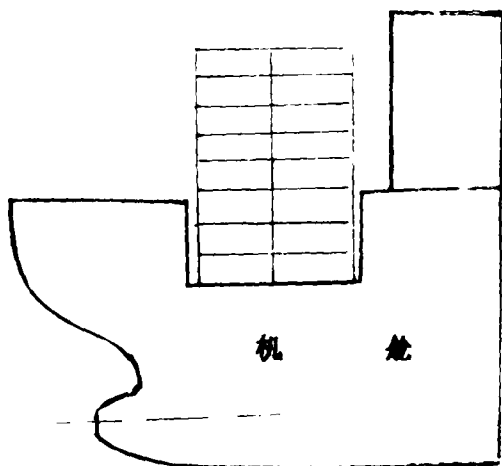


图4 机舱上部的货舱

式中  $C_1$  以往通常约为0.725,但近年来由于采取图3措施,或图3与图4措施,  $C_1$  已有所上升,初次近似可取0.8,从而在求得设计船的  $L$  后,就可按式(3)算出货舱长,并求出集装箱行数  $X_0$ ,即:

$$X_0 = \frac{C_1 L}{7.25} \quad (4)$$

应该看到,对数10m长的小型集装箱船,由于布置上的实际困难,式(3)中的  $C_1$  仍可取0.725。

甲板上集装箱(TEU)的行数  $X_0$  与垂线间长  $L$  的关系如表1所示。

表1

$L(m)$	280	273	260	246	231	216	200	170	155	140	125	115
$X_0$	35	34	32	30	28	26	24	20	18	16	14	13

甲板上集装箱行数比货舱内要多1~2行,尤以大型集装箱船为然。货舱内集装箱行数以取双数为好,以便于装载FEU集装箱。

### 2.3 型宽及宽度吃水比

由表2可以看出,用表2中的  $B$ ,甲板上可比货舱内多装载1~2列。用式(5)算出的  $B$  应与表2中数据作比较并作修正,以等于或接近表2中的  $B$  值为宜,同时亦可估算出货舱内和甲板上集装箱的装载列数  $y_0$ 。集装箱在甲板上的宽度在计及箱与箱间隙情况下可取2.476m;至于在货舱内,因要计及箱与导轨间以及箱与纵舱壁间的间隙,可取2.60m。

根据实船数据,将垂线间长  $L$  与宽度吃水比  $B/T$  的关系示于图6。由图可见,  $B/T$  值沿船长分布

根据近代集装箱船实船垂线间长  $L$  与型宽  $B$  绘成图5。由图可见,  $L$  与  $B$  呈良好的线性关系,该直线方程为:

$$B = \frac{L}{8.1} + C_2 \quad (5)$$

式中:  $C_2$ ——为6.5~8.0。

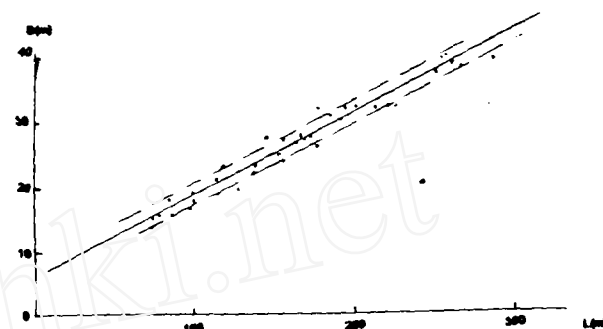


图5  $L$  与  $B$  的关系

对  $C_2$  而言,以往大多数船约为6.5,但图5中最上方的直线,多为近年来建造的集装箱船,其  $C_2$  值为8.0左右,可以看出近代集装箱船为增大堆放效率,也就是增加载箱量,采取了增大型宽  $B$  的做法。应该说,增大  $B$  是一个增加堆放效率的较好做法,一方面增加集装箱的装载列数,另一方面也可改善初稳性,实为一举两得的方法。

由图5也可看出,在船长大于180m左右并要求通过巴拿马运河者,型宽固定在32.2m左右。

应该看到,集装箱船的型宽  $B$  选择与货舱内及甲板上的集装箱的装载列数  $y_0$  密切相关。表2为集装箱在货舱内装载列数  $y_0$  与型宽  $B$  的关系,这是根据近代实船资料归纳出来的。

表2

货舱内 $y_0$	4	5	6	7	8	9	10	11	13
$B(m)$	12.6~14.5	15.4~17.2	17.8~20	20.2~22.5	23.5~25.6	27.5~28	28.8~29.8	~32.2	~39.4

是有规律的,图中曲线能较好地反映各  $B/T$  值的平均状态。该曲线方程如下,即:

$$B/T = 6.04 - L^{0.23}$$

式中:

$B$ ——型宽,m;

$T$ ——吃水,m;

$L$ ——垂线间长,m。

$B/T$  是保证具有良好初稳性的重要参数之一。

由图6还可看出,在  $L=100\sim 180m$  范围内,同一船

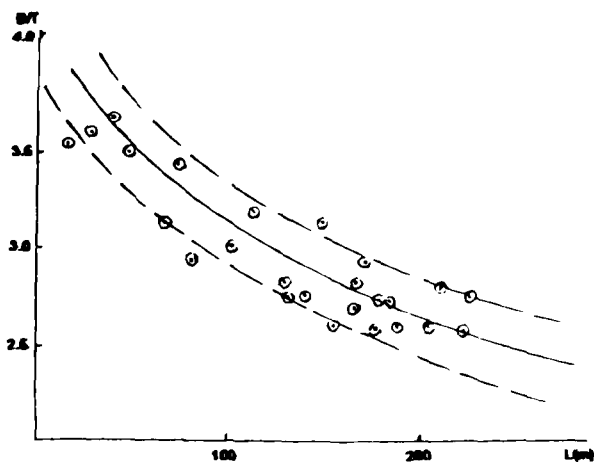


图6  $L$  与  $B/T$  的关系

长内  $B/T$  值相差约达0.3左右。应该看到,这与所选择的型宽  $B$  有关。同样的  $B/T$ ,  $B$  大者,则稳心半径就大,因为稳心半径与  $B$  存在下列关系,即:

$$\gamma \propto \left( \frac{B}{T} \right) B$$

式中:

$\gamma$ ——稳心半径;

$B$ ——型宽;

$T$ ——吃水。

反之,同一船长,  $B$  小,则  $B/T$  就必须采用较大的值。另外,同一船长,  $B/T$  相差大,这与甲板上堆放层数与采取的压载措施有关。堆放层数多或压载措施难以奏效者,则  $B/T$  就大;反之,则小。

## 2.4 型深与干舷

集装箱船的型深不仅取决于总纵强度,也取决于在货舱内的装载层数。由图7可见,实船的垂线间长  $L$  与型深  $H$  之间有着良好的线性关系。该直线方程为:

$$H = 0.091L \text{ 或 } \frac{L}{H} = 11.0 \quad (7)$$

式中:

$H$ ——型深, m;

$L$ ——垂线间长, m。

集装箱船的型深与集装箱层数  $Z$  有密切关系。根据文献<sup>[8]</sup>以及实船资料归纳后,得出如表3所示的舱内集装箱装载层数  $Z$  与型深的关系。用式(7)算得的型深可与表3中的数据作比较并作修正,使之等于或接近表3中的型深  $H$  值,但应尽可能取低值,以免影响稳性。

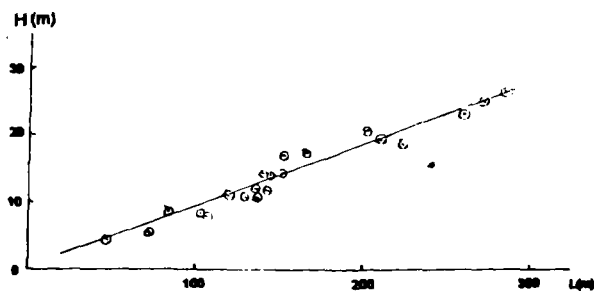


图7  $L$  与  $H$  的关系

表 3

舱内层数 $Z$	2	3	4	5	6	7	8	9
型深 $H$ (m)	5.1~5.7	7.2~8.0	11~11.8	14.3~14.6	16.4~17	18.2~19.2	21.2~21.6	24.2~24.6

注:集装箱高度取 8.5ft,即以 2.591m 计算。

在初步设计中,型深  $H$  还应按下式核算,以确保装载层数,即:

$$H = H_D + H_b + H_i + H_c - H_k \quad (8)$$

式中:

$H_D$ ——包括内底厚度在内的双层底高度, m;

$H_b$ ——集装箱高,包括箱与箱以及箱与内底板之间间隙,该高度可按  $2.6Z$  估算, m;

$H_i$ ——集装箱与舱口盖之间间隙,可取 0.15~0.3m;

$H_c$ ——舱口盖厚度,一般约为0.05倍舱口宽度, m;

$H_k$ ——从甲板边线到舱口盖上缘距离,此高

度还应保证舱口围板在甲板上不小于 600mm。

但应注意,  $L/H$  切不可大于14,且应注意有足够的干舷。

干舷是确保船舶航行安全的一个重要因素,对集装箱船而言,也是影响舱内集装箱装载层数的因素之一。为此,将干舷与垂线间长  $L$  的数据绘成图8。由图可见,干舷与  $L$  之间关系也有一定的规律性。图中曲线基本上表示了这类船舶在各船长情况下所取的最小干舷值。图中曲线 A 表示  $L$  在 80~200m 情况下所取的最大干舷值。由图还可看出,通过巴拿马运河的集装箱船,其干舷值约在 8.4~10.7m 范围内,如图中曲线 C。

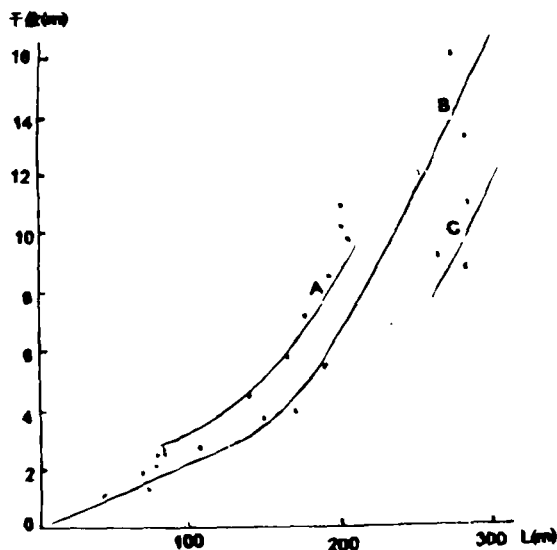


图 8 干舷与  $L$  的关系

### 3 主要要素校核

#### 3.1 立方数 $LBH$ 校核

根据规定的TEU总箱数及  $\eta$  值,算出  $LBH$ ,再根据式(2)、式(5)与表2以及式(7)与表3,分别算出  $L$ 、 $B$ 、 $H$  值。算出的  $LBH$  与要求的  $LBH$  相比,若大于所要求的,则将  $L$  减少5%或2.5%,重复式(5)、表2、式(7)、表3计算;若小于所要求的,则将  $L$  增大5%或2.5%,再重复上述计算,直至计算出的  $LBH$  与所要求的  $LBH$  相差在5%范围内。这种类似逐步近似的方法,在使用电子计算机的情况下,由于计算速度快,显然是可行的。

#### 3.2 载箱量校核

作者根据实船统计,货舱内所载TEU箱数与  $LBH$  之比值  $C_3$  在0.0097~0.0107范围内,即:

$$\frac{\text{货舱内 TEU 箱数 } N_H}{LBH} = C_3 = 0.0097 \sim 0.0107$$

$C_3$  的平均值为0.0102,进行载箱数校核时,首先可用  $C_3$  的平均值,即0.0102乘以立方数  $LBH$ ,即求得舱内载箱数  $N_H$ 。

甲板上TEU箱数  $N_D$  与舱内TEU箱数  $N_H$  之比为:

$$\frac{N_D}{N_H} = C_4$$

作者根据实船统计,  $C_4$  随着  $B/H$  增大而增加,同一  $B/H$ ,随着  $L$  的增大,  $C_4$  增大,其关系如图9所示。

根据计算船的  $B/H$  及  $L$ ,在图9中查得  $C_4$ ,则可得甲板上TEU箱数  $N_D$ ,即:

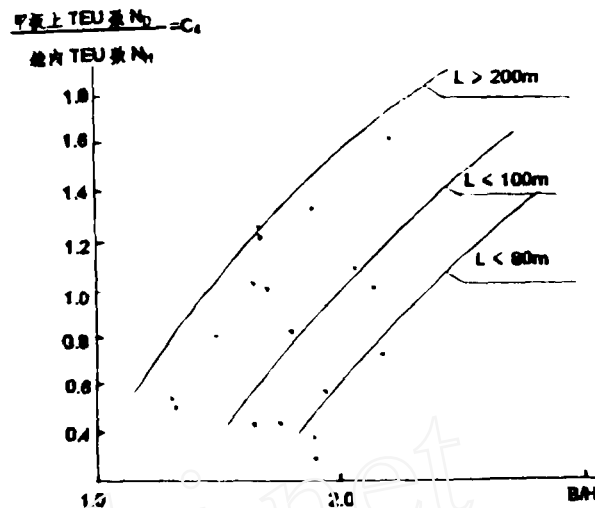


图 9  $C_4$  与  $B/H$  的关系

$$N_D = N_H \cdot C_4 \quad (9)$$

若计算出的  $N_H$  及  $N_D$  之和小于  $N_T$ ,且差额大于5%,则可调整主尺度,例如通过减少集装箱行数及增加集装箱列数等来满足。

在载箱数校核后,根据式(4)、表1、表2及表3可确定排箱方式。

#### 3.3 排水量计算

排水量是由空船重量  $L_w$  与载重量  $D_w$  组成的,即:

$$D = L_w + D_w$$

对于空船重量  $L_w$ ,作者在统计了一些集装箱船空船重量后,建议在初估时可采用如下简单形式,即:

$$L_w = KLBH$$

式中:

$LBH$ ——船体立方数,  $m^3$ ;

$K$ ——系数,为垂线间长  $L$  的函数,如表4所示,考虑到技术上的不断进步,该系数亦可按先进的型船资料取;

$L_w$ ——空船重量,  $t$ 。

至于载重量  $D_w$ ,可以分项计算,如集装箱、燃油、压载水等,但在初估时可能有困难,则可利用统计数据。作者统计了实船的  $D_w/TEU$ ,如表5所示,在初估时,极为简便。

有了  $D$ ,则可计算方形系数,即:

$$C_b = \frac{D}{1.025LBH}$$

至于吃水  $T$ ,可根据式(6)算得的  $B/T$ ,再根据  $B$  求出  $T$ 。

表 4

$L(m)$	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
$K$	0.225	0.2	0.176	0.155	0.139	0.125	0.116	0.108	0.103	0.098	0.096

表 5

TEU	100	200	500	1000	1500	2000	2500	3000	4000	5000
$D_w/TEU$	19.5	19	18.5	16.8	15.6	14.6	14	13.6	13.3	12.9

表 6

垂线间长 $L(m)$	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260
$Z_{g1}/H$	0.92	0.86	0.81	0.78	0.76	0.74	0.73	0.71	0.705	0.70	0.69

注:  $Z_{g1}/H$  为空船重心距基线高,  $H$  为型深。

### 3.4 航速校核

根据大量实船资料统计, 作者得到如下公式:  
即:

$$V_T = 1.53 \left( \frac{MHP}{D} \right)^{0.072} \sqrt{L} \quad (9)$$

式中:

$V_T$ ——满载试航速率, 若减去 0.3~0.6, 则为  
服务航速  $V_S, kn$ ;

$MHP$ ——主机功率, kW;

$D$ ——满载排水量, t;

$L$ ——垂线间长, m。

一般认为, 方形系数  $C_b$  的计算, 以爱尔公式为佳, 即:

$$C_b = 1.06 \sim 1.68Fn \quad (10)$$

根据求得之服务航速  $V_S$ , 即可算得  $Fn$ , 从而得出  $C_b$ 。该  $C_b$  可与排水量计算中得出的  $C_b$  相比较, 若有小的差距, 可用吃水值调整。

在缺乏排水量数据情况下, 航速亦可由下式粗略估出, 即:

$$V_T = 1.21 \left( \frac{MHP}{N_T} \right)^{0.072} \sqrt{L} \quad (11)$$

式中:

$N_T$ ——TEU 总箱数;

$MHP, L$ ——同式(9)

### 3.5 稳性校核

稳性对集装箱船是一个重要问题, 特别是近年来船东要求平均箱重指标不断上升, 它的重要性就更显得突出。例如船东要求平均箱重为 14t 的载箱数, 这种要求将由船的稳性来决定。

应该看到, 集装箱船为了增加载箱量, 甲板上要求多装载集装箱是顺理成章的事, 但这会引起重心上升。因此, 为了改善稳性, 降低重心就成了头等重

要的事。事实上也是这样, 即不论是改善初稳性还是改善大倾角稳性, 降低重心均为最佳方案。

集装箱船在各种状态下的压载水重量占其排水量的 15%~35%。换言之, 集装箱船总要带着一部分压载水航行。大量实践证明, 固定压载, 是一种能采用的降低重心的方法。

在稳性校核中, 首先应估算重量重心, 即估算空船重量重心、舱内集装箱重量重心以及甲板上堆放的集装箱重量重心, 即: 空船重量计算。该计算前已说明, 不再赘述。

至于空船重心, 在初估时, 可按型船资料换算。在缺乏资料情况下, 亦可按表 6 选取。

至于舱内集装箱重心高, 可按式<sup>[10]</sup>计算:

$$Z_{g2} = H_D + (H - H_D) \times [0.564 + 0.08 \times (0.6 - C_b)] \quad (12)$$

式中:

$Z_{g2}$ ——舱内集装箱重心距基线高, m;

$H_D$ ——双层底高, m;

$H$ ——型深, m;

$C_b$ ——方形系数。

甲板上堆放的集装箱的重心假定在几何形心处, 这样将偏于安全。

压载水重心按设计船布置草图核算。

关于横稳心距基线高度  $KM$  可按式计算:

$$KM = a_1 T + a_2 \frac{B^2}{T}$$

式中:

$KM$ ——横稳心距基线高, m;

$a_1, a_2$ ——系数, 可按线型相近的型船资料取;

$B$ ——型宽, m;

$T$ ——吃水, m。

纵观集装箱船的实际营运状况,核算的GM宜在0.55~0.6m为好。

## 4 经济性特性

探讨集装箱船经济性特征的目的在于了解和求得最佳船型的途径。要研究集装箱船的经济性特征,就必须把影响集装箱船经济性的诸因素均计入,也就是说要把港口集装箱集散情况(即影响船的装载箱率的因素)、港口之间距离、运价、停港天数(即表示港口装卸效率的因素)、燃油价、航速、造价、港口费用等因素组成一系统来进行分析,全面地掌握集装箱船的经济性规律,并得出贴近实际情况的结论,从而对集装箱船的经济论证、技术设计任务书的制定以及优化船型设计形成有益的指导原则。

在运价与营运费用没有大的变化条件下,作者认为主要评价指标以净现值NPV为好。这是综合性指标,体现了整个船在寿命期内的经济情况,也符合市场经济条件下表征经济效益的特点,并能与国际学术界接轨。

本文在表示NPV时,为便于比较,用百分数表达,设基本金额数为100%。

本文在探讨经济性特征过程中,是以NPV为主要评价指标,对每个TEU每海里的运价对各航线均采用一定值,这不会影响质的结论。计算公式如下:

$$NPV = (\text{年收入} - \text{年营运成本} + \text{残值}(A/Fi, n))(P/Ai, n);$$

$$\begin{aligned} \text{年营运成本} = & \text{造价}(A/Pi, n) + \text{修理费} + \text{船员} \\ & \text{工资} + \text{燃料油费} + \text{物料费} + \text{航} \\ & \text{养费} + \text{船舶港务费} + \text{货物港务} \\ & \text{费} + \text{管理费} + \text{税金} \end{aligned}$$

式中:

$(A/Fi, n)$ ——等额预付因数;

$(P/Ai, n)$ ——等额现值因数;

$(A/Pi, n)$ ——资金回收因数。

$i$ 取15%, $n$ 取15年。

年收入  $\lambda = \text{TEU 数} \times \text{年航行距离} \times \text{单位运价}$

式中:

TEU 数 = 定额 TEU  $\times$  装载率。

根据作者计算,在港口间距离  $S=550$ 海里、装箱率  $L_E=100\%$ 、运价  $G_P$ 、燃料油价  $O_P$ 、港口装卸速度  $L_V$  为定值、服务航速分别为13.5、16.5和19.5kn的情况下,各种箱位的船舶与NPV之间的关系如图10所示。由此图可见,在不同的服务航速  $V_S$  下,均有不同的最佳箱位,不同箱位有不同的最佳服务航

速  $V_S$ 。也就是说在不同的航线上,可以找出最合适的箱位与服务航速  $V_S$ ,以获得最佳经济效益,即最佳NPV。由图10还可看出,对各种服务航速  $V_S$ ,有一最佳箱位区。如以图10中  $V_S=13.5$ kn为例,700~950TEU集装箱船可获得相近的NPV,换言之,700~950TEU即为13.5kn的最佳箱位区(图中以  $A_C B_C$ 表示)。这也就是说,在缺乏资金情况下,以取最佳箱位区左端(即  $A_C$ )的箱位为好,因为箱位小的船舶,投资较少,而获得的NPV与箱位大的船舶相差不多。由图10也可看出,随着服务航速  $V_S$  的提高,最佳箱位区  $A_C B_C$  变小。

图11所示为燃料油价  $O_P$ 、装箱率  $L_E$ 、港口装卸速度  $L_V$ 、运价  $G_P$  为定值时,1000TEU集装箱船在不同航线( $S=1100$ 、2200与4400海里)上的各种服务航速  $V_S$  与NPV的关系。由图11可以看出,随着距离增加,NPV上升,这是由运费收入增加所导致的。另外,也可看出,每种航距有一最佳航速区  $A_V B_V$ ,即在此航速区域内,NPV几乎相近。这就是说,在各种不同航线上,服务航速  $V_S$  应取最佳航速区  $A_V B_V$  的左端航速,这时所取得的NPV与最佳航速区内其它

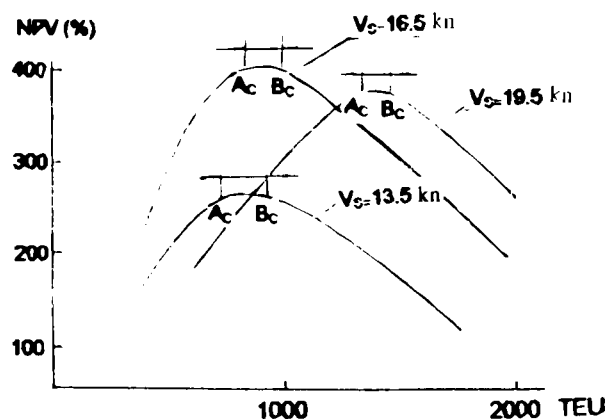


图10 NPV与TEU的关系

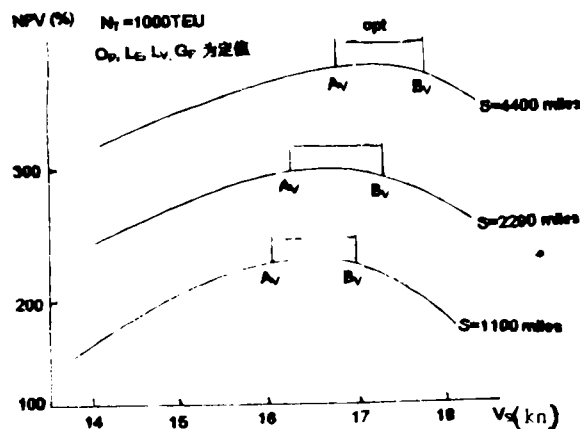


图11 NPV与  $V_S$  的关系

航速所取得的几乎相等。

图12所示为载箱数  $N_T=1000\text{TEU}$ , 其它参数  $S, O_P, L_E, L_V$  为定值的情况下, 当运价  $G_P$  上升时, 服务航速  $V_S$  与  $NPV$  的关系。由图12可见, 当运价  $G_P$  上升, 最佳航速区向航速增大方向变化。

## 5 其它因素的敏感性分析

图13为载箱数  $N_T=1000\text{TEU}$ ,  $V_S=16.5\text{kn}$  的集装箱船对各种因素的敏感性分析,  $O$  点为  $G_P, L_V, C_I, L_E, O_P$  和  $NPV$  均为标准值, 横轴左边为降低值百分数, 右边为增加值百分数, 纵轴上方  $NPV$  为增加值百分数, 下方为降低值百分数。由图13可以看出, 运价  $G_P$  极为敏感, 增加或降低百分数不大,  $NPV$  却变化很大。装载率  $L_E$  也是同样敏感的因素,  $L_E$  下降40%,  $NPV$  下降近80%。港口集装箱装卸速

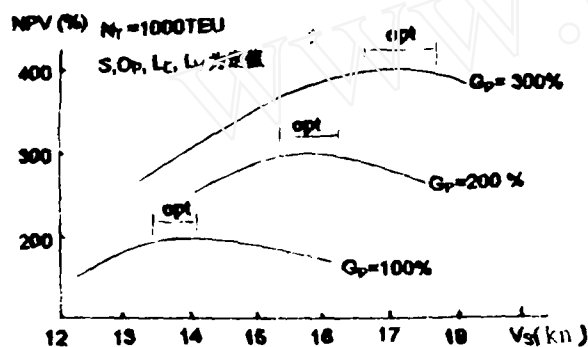


图12  $NPV$  与  $V_S$  的关系

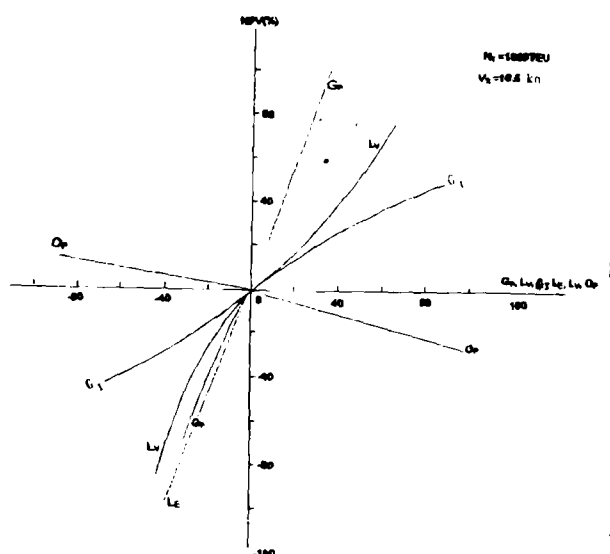


图13  $NPV$  敏感性分析

度(即表征停港天数的因素)  $L_V$  也是一个仅次于  $G_P$  与  $L_E$  的敏感因素。造价  $C_I$  与燃油油价  $O_P$  的敏感程度都不太大。

## 6 结论

(1) 集装箱船  $L-LBH$  存在着良好的规律性, 其关系如下:

$$L = (1.73 - LBH \times 10^{-6})(LHB)^{0.417}$$

(2) 增大  $B$  是一个增加堆放效率的较好做法, 一方面可增加集装箱的装载列数, 另一方面也可改善初稳性。

(3) 根据大量实船统计,  $V_S = 1.53 \left( \frac{MHP}{D} \right)^{0.072} \sqrt{L}$ ; 在缺乏排水量数据情况下, 航速亦可由下式粗略估出:  $V_S = 1.21 \left( \frac{MHP}{N_T} \right)^{0.072} \sqrt{L}$ 。

(4) 固定压载是一种能采用的降低重心的方法。

(5) 主要评价指标, 应以净现值  $NPV$  为好。

(6) 在不同的航线上可以找出最合适的箱位与服务航速  $V_S$ , 以获得最佳经济效益。对各种服务航速  $V_S$ , 有一最佳箱位区。

每种航距, 有一最佳航速区, 在此航速区域内,  $NPV$  几乎相等。

(7) 运价  $G_P$  对船的经济效益极为敏感, 装箱率  $L_E$  也是同样敏感的因素, 港口集装箱装卸速度  $L_V$  也是仅次于  $G_P$  与  $L_E$  的敏感因素。

本文承蒙杨樵教授提出宝贵意见, 谨致谢意。

## 参考文献

- 1 江南造船厂综合技术处. 集装箱船专辑, 1995. 11
- 2 陆治平. 上海的造船工业具有广阔的市场. 上海造船, 1996(2)
- 3 徐匡迪. 加强国际交流与合作尽快把上海建设成国际航运中心. 1995 年国际海事会议论文集. 上海. 上海市造船工程学会. 海贸集团, 1995
- 4 高惠君. 我国集装箱海运发展预测及市场分析. 辽宁造船, 1994(3)
- 5 赵一飞. 论集装箱船的大型化趋势. 上海造船, 1995(3)
- 6 陈顺怀等. 中小型集装箱船船型特点及尺度优化. 武汉造船, 1995(1)
- 7 吕松龄. 从集装箱船的布置特点分析小型集装箱船主尺度. 船舶设计通讯, 1982(4)
- 8 俞宝均等. 大型(Panamax)集装箱船主尺度及要素分析. 第五次民用开发船型及节能新技术交流汇报会论文集. 船舶总公司民船船型开发指导组, 1993. 10
- 9 贾复编著, 杨樵审定. 渔船设计. 北京. 农业出版社, 1990. 7
- 10 朱美琪等. 运输船舶设计特点. 武汉水运工程学院, 1986. 11



# SHANGHAI SHIPBUILDING

The Official Journal of The Shanghai Society  
of Naval Architects and Marine Engineers

No. 1

1997

(Semiyearly)

## CONTENTS

### GENERAL

- Speeding up Two Changes, Enhancing Economic Benefits and Fighting for Realization of Development Target of Ninth Five-Year Plan of Shipbuilding Industry** ..... Wang Rongsheng (1)

This paper mainly introduces the Ninth Five-Year Plan drawn up by China State Shipbuilding Corporation and its prospective goal till the year 2010, and also analyses the situation facing us and the development target of Ninth Five-Year Plan, tasks, measures as well as the work and ideas of reformation.

- A Symposium on Technical Exchange of Shipbuilding Industry between Two Sides of Taiwan Strait** ... Wang Shoudao (7)

This paper introduces the general situation of shipbuilding industry in Taiwan and gives an outlook on the cooperation between shipbuilding circles of two sides of Taiwan Strait.

- The Development of Shipbuilding Industry and Scientific Research in China** ..... Chen Tianzhu and Zhang Yalan (12)

The shipbuilding industry and its research and development have achieved remarkable progress in recent years. The input to the science and technology has played a great role. In the new period of development to come to the world's advanced level of shipbuilding and being faced to the changing markets both at home and abroad and severe competition between shipbuilding countries in the world, it is necessary for us to pay greater attention to the development of science and technology, speeding up and ensuring the realization of the magnificent target of shipbuilding industry in China.

### PAPERS ON SPECIAL SUBJECT

- Shipbuilding Industry in Shanghai and Ship Design Technology in the 21st Century** ..... Sun Songhe (15)

This article mainly describes the advantages of shipbuilding industry in Shanghai and their relationship with technical progress, and the level in the field of ship design which should be reached in the 21st century is also discussed.

- On the Development of Ships of New Types** ..... Guo Yanliang (20)

Based on the introduction to a number of new-built ships developed in China, this paper reviews the achievements gained recently in developing new type ships, analyses the situation of ship market in the world, discusses the direction and way to develop new type ships, sums up the development experiences, and finally gives some suggestions on technical policy concerned.

### SHIP RESEARCH AND DESIGN

- Three Important Tasks in Ship Design** ..... Yang Yu (28)

Ship design plays an important role in shipbuilding process and it is faced with three important tasks at present. The first is to offer a good service to ship production, focusing on better design quality, shorter design cycle time and better production design. The second is to renovate the present shipforms, improving their performances and the ease of maintenance. The third is to develop the new types of ships.

- Some Technical Problems in the Business of Export Vessels** ..... Peng Shukai (32)

This paper introduces some main technical problems arising in the initial design for quotation of an export vessel, in compiling technical specification, in ordering equipments and in joint designing with foreign partners. Great attention should be paid to the initial stage of design work, especially in preparing and checking technical documents for ship's contract. It also presents some experiences in technical negotiation with different ship owners for different types of vessels.

- An Analysis of Main Dimensions and Economical Characteristics for Container Ships** ..... Qian Hong and Jia Fu (36)

On the basis of many data on modern container ships collected by authors, the principal dimensions are analysed, the

design features of container ships are summed up, and formulas of calculating ship length, speed and fixed ballast, etc. are put forward in this paper. The economical characteristics of container ships are also investigated.

## **SHIPBUILDING MANAGEMENT**

### **Zone Oriented Construction — A Necessary Way to Promote the Development of Warships in China ..... Li Zhibin (44)**

Based on the practice and experience to build warships in foreign countries, this paper points out that zone oriented construction is the necessary way to promote the development of warships production in China.

## **RULES AND STANDARDS**

### **Some Major Breakthroughs of SOLAS Convention ..... Qiu Xiaoxing (48)**

This paper briefly reviews the formation and development of SOLAS Convention with emphasis on analysis on some major breakthroughs of the Convention in speeding up enforcement of the Convention and its amendments, setting stricter requirements on the standards of the existing ships and altering the Convention's features.

## **STEEL STRUCTURE**

### **Several Items of Modern Technology for the Construction of Large Sized Heavy Steel Structures ..... Gu Xinyu (52)**

This article describes several items of modern technology used for the construction of large sized heavy steel structures of Shanghai 80000 -Seat Stadium, Shanghai Grand Theatre and a marine LPG tank of 3181 m<sup>3</sup> capacity, including automatic flame cutting for profile shaping circular hollow sections, modern fabrication technology of the joints for connection between profile shaping branch CHS and main CHS, an assembly technique to be turned onto level cradles, inclined sections of roof skeleton of the shape of a saddle, a proposal concerning air erection using cross section connector, integral hoisting for large sized steel structure as well as mechanical tests for elimination of stress of large sized tanks, etc.

## **MARINE EQUIPMENT**

### **The Characteristics of Modern Cargo Ship Hatch Cover Development ..... Zhu Delong (58)**

This paper summarizes the characteristics of modern cargo ship hatch cover development, outlines the five widely-used hatch cover types and introduces mainly non-sequentially operated sealing systems and bearing pads, adaptable to ship hull deformation.

## **SHIPBUILDING FIGURES**

### **Xin Yixin — Prominent Scientist in Shipbuilding ..... Xin Yuan'ou (62)**

In this paper, a brief introduction is given to the main outstanding achievements acquired by Chinese excellent shipbuilding scientist, educationist and social activist Xin Yixin in the aspect of developing the country through science and education, the devotion spirit of exceptionally good diligence, the lofty moral character of selfless devotion and his life road of advance by leaps and bounds. He is worthy of the paragon of teachers and the pattern of shipbuilders in China.