

船舶強度译丛

第二輯

船舶強度译丛編译組

1964年12月

.81

746

船舶强度译丛編译組

通訊处：上海市邮政信箱270号

前 言

为結合工作需要,我們翻譯了一部分有关船体結構与强度方面的文献資料,并把这些譯文匯集成冊。譯文內容有总縱强度、强度标准、結構节点設計与船舶扭轉等方面。談到了由于近年来船型与布置等改变以及油輪向大型发展的趨勢,修訂各国建造規范的必要性。一般認為,在取标准波浪尺度作为計算載荷时,对大船來說偏高,而对小船則偏低。譯文內收集了有关各建造規范所制定构件尺度的基础,并列有計算数据的图表,可供設計与研究时参考之用。在結構节点的設計方面,提出了舷側頂部、底縱骨与仓壁等連接的設計要点;提供了設計方案与草图。对于T形組合型材剖面尺度的选取,亦作了說明与分析比較。在船舶扭轉方面,譯文对船舶約束扭轉与非約束扭轉作了理論上的分析与研究,提出了計算方法与計算公式。

本集是繼船体强度譯文集后有关船体結構与强度方面的譯丛专刊。由于時間偏促,加以水平有限,难免有錯誤之处,希望讀者指正与批評。

船舶强度譯丛編譯組

目 录

- 1 綫型对計算弯矩的影响.....[苏] A. И. 馬克西曼特奇 (1)
A. M. 曼利尼哥夫
- 2 波浪弯矩.....[英] M. 契尔頓 (9)
- 3 計算波高的选择.....[苏] A. И. 馬克西曼特奇 (16)
- 4 关于运输船舶总纵强度新标准的草案.....[苏] A. И. 馬克西曼特奇 (24)
- 5 关于貨船的纵强度标准[日] 榊田吉郎 (37)
- 6 甲板梁的計算基础.....[德] R. 多帕特卡 (47)
- 7 制訂关于具有双层底的运输船舶的底部纵向构件的强度标准.....
.....[苏] A. И. 馬克西曼特奇 (59)
- 8 确定油船底部构件的尺度 [苏] A. M. 曼利尼哥夫 (78)
- 9 油船和矿砂船的结构設計.....[英] G. 布哈南 (90)
- 10 船舶桁材与扶强材.....[英] I. L. 勃克斯頓 (108)
- 11 大开口甲板船舶的扭轉[德] H. G. 舒尔茨 (112)
- 12 对船舶傾側状态下浮力曲綫的一些見解 [英] W. 墨格尔 (151)

綫型对計算弯矩值的影响

[苏] A. И. 馬克西曼特奇 A. M. 曼利尼哥夫

本文叙述了具有标准总布置的干货船和油船的特点, 并提供了确定計算弯曲力矩的近似方法。根据这个方法來研究船体綫型对船体重量、载荷和浮力沿船长分布的影响, 并建立了干货船、油船的計算弯矩与方形系数間的关系。

船体纵向构件的大小主要由弯曲力矩确定, 而弯曲力矩值与每艘船的具体特征有关。船舶的主要尺度比、船体綫型和总布置的特点都属于这些特征。

对于运输船舶, 表示船体形状的各种系数—— α , β , φ 和方形系数 δ 之間存在着相当稳定的关系, 因此, 可将方形系数 δ 作为船体形状的基本特征。为了求解船体綫型对計算弯矩的影响, 只須确定具有相同主要尺度和典型总布置之船舶在各种 δ 值时的弯矩值。

根据对大量干货船和油船的统计, 已能为现代造船业建立一些总布置的典型特性。这种特征决定了重量沿着船长的分布(表 1)。

最近, 苏联国内外造船实践中普遍采用的方法是接近似公式求出船舫总弯矩[1][2][3], 这一方法可用代数和的形式来表示船舫的計算弯矩值:

$$M_{cy, M} = M_{\kappa} + M_{M} + M_{sp} + M_{san} + M_{cn} + M_{don}, \quad (1)$$

式中: M_{κ} ——由船体重量所引起的舫部弯矩;

M_{M} ——由机器重量所引起的舫部弯矩;

M_{sp} ——由貨物重量所引起的舫部弯矩;

M_{san} ——由备品重量所引起的舫部弯矩;

M_{cn} ——静水浮力对舫部的弯矩;

M_{don} ——波浪对舫部的附加弯矩。

为了作进一步的研究, 必須求出上述这些弯曲力矩和方形系数的关系。

由船体重量所引起的舫部弯矩接近似公式确定:

$$M_{\kappa} = k_{\kappa} P_{\kappa} L \quad (2)$$

式中: P_{κ} ——船体重量(包括设备);

k_{κ} ——計及船体重量沿船长分布特点的比例系数。

为便于計算船舫的弯矩, 船体重量沿船长可按梯形分布(适用于机炉仓位于舫部的一般型式的干货船), 如图 1 所示。为繪制梯形, 在参考文献[4][5][6]中给出了对 $\frac{P_{\kappa}}{L}$ 比值的纵坐标:

纵坐标	肥型船	瘦型船
a	0.71	0.65
b	1.17	1.20
c	0.60	0.57

船体重量沿船长的分布, 决定于整个船体的纵向肥瘦程度, 即系数 φ 。但考虑到舫剖面系

表 1

特 性	符 号	与船长 L 或总排水量 D 的比值
干 货 艙 (机炉仓位于船体中部)		
艙 尖 仓 长 度	l_{ϕ}	$0.060 L$
艙 尖 仓 长 度	l_a	$0.050 L$
艙 部 货 仓 长 度	l_n	$0.425 L$
艙 部 货 仓 长 度	l_k	$0.335 L$
机 炉 仓 长 度	l_{MKO}	$0.130 L$
机 炉 仓 重 心 在 艙 后 的 距 离	x_{MKO}	$0.050 L$
方 型 系 数	δ	0.700
船 体 重 量 (包 括 设 备)	P_K	$0.275 D$
机 器 锅 炉 装 置 重 量	P_M	$0.040 D$
仓 内 货 物 重 量	P_{IP}	$0.585 D$
总 备 品 重 量	P_{zan}	$0.100 D$
计 算 时 备 品 重 量	P'_{zan}	$0.010 D$
油 艙 (泵仓位于货油仓范围之外)		
货 油 仓 总 长	l	ϵL^*
布 置 在 艙 前 货 油 仓 的 总 长	l_n	$0.580 \epsilon L$
机 炉 仓 重 心 在 艙 后 的 距 离	x_{MKO}	$0.360 L$
备 品 重 心 在 艙 后 的 距 离	x_{zan}	$0.350 L$
方 型 系 数	δ	0.750
船 体 重 量 (包 括 设 备)	P_K	$P_K D^{**}$
机 器 锅 炉 装 置 重 量	P_M	$0.027 D$
仓 内 货 物 重 量	P_{IP}	$(0.893 - P_K) D$
总 备 品 重 量	P_{zan}	$0.080 D$
计 算 时 备 品 重 量	P'_{zan}	$0.012 D$
* 系数 ϵ 与船长 L 的关系		** 系数 P_K 与排水量 D 的关系
船 长 L, M	系 数 ϵ	排 水 量 D, T
80	0.550	5000
100	0.570	10000
120	0.590	15000
140	0.610	20000
160	0.620	25000
180	0.625	30000
		35000
		40000
		45000
		50000
		0.319
		0.283
		0.255
		0.233
		0.218
		0.207
		0.199
		0.194
		0.190
		0.187

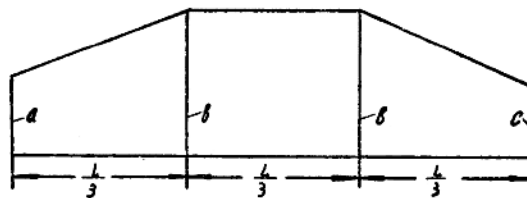


图 1

数 β 值很稳定,以后可利用至上甲板的方形系数 δ , 其值可按下式决定:

$$\delta_0 = \frac{V_0}{LBH}, \quad (3)$$

式中: V_0 ——上甲板下所有仓室的总容积。

分析了公式(3)所得的数值后,可得出以下简单的关系式:

$$\delta_0 = \delta + \Delta, \quad (4)$$

式中: Δ ——修正系数,其值列于表 2。

表 2

船型	$\frac{T}{H}$	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90
	干 货 船		0.104	0.092	0.080	0.069	0.057
油 船		0.085	0.075	0.067	0.060	0.054	0.046

对于机炉仓位于中部的干货船,若线型较肥者取 $\delta_0 = 0.85$, 而较瘦者取 $\delta_0 = 0.80$, 系数 δ_0 和 k_κ (见公式 2) 之间可建立下列关系:

系数 δ_0	系数 k_κ
0.85	0.113
0.80	0.111

系数 δ_0 若为其它值时,系数 k_κ 可用内插和外插法求得第一近似值。

对于机炉仓位于艏部的油船,船体重量的弯矩可按下列方法确定:

1. 根据干货船的标准特征(表 3)计算其中部上层建筑重量的弯矩 M_κ^a
2. 确定仅有船体重量而无上层建筑的弯曲力矩,即差数 $M_\kappa - M_\kappa^c$ 。
3. 按 $(M_\kappa - M_\kappa^c) + M_\kappa^a$ 之和确定油船船体重量的弯矩,其中 M_κ^a ——根据标准特征(表 3)确定的油船上层建筑重量的弯曲力矩。

表 3

船型	$\frac{l_{cp.H}}{L}$	$\frac{l_{\kappa.H}}{L}$	$\frac{x_{cp.H}}{L}$	$\frac{x_{\kappa.H}}{L}$	$\frac{P_{cp.H}}{P_\kappa}$	$\frac{P_{\kappa.H}}{P_\kappa}$
机 炉 仓 在中部的干货船	0.200	—	0.050	—	0.09	—
油 船	0.085	0.200	0.100	0.350	0.05	0.08

由艏部和船艉的上层建筑重量引起的船艏弯矩可按一般公式确定。

若荷重分布于船艏之两边时(艏部上层建筑),其弯矩为:

$$M = \frac{PL}{2\left(\frac{l}{L}\right)} \left[0.25\left(\frac{l}{L}\right)^2 + \left(\frac{x}{L}\right)^2 \right], \quad (5)$$

若荷重分布于船艏一侧时(艉部上层建筑),其弯矩为:

$$M = \frac{1}{2} P \cdot x. \quad (6)$$

式中： x ——荷重 P 之重心离舳距离，
 l ——荷重分布长度。

上述分析所得之系数 k_x 值列于表 4。

表 4

船 型	δ_0	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90
干 货 船		0.107	0.109	0.111	0.113	0.115
油 船		0.115	0.117	0.119	0.121	0.123

对于具有标准总布置的船舶，确定其货物重量在舳部所引起的弯矩时，可假定船体中部在上甲板下的容积分布是抛物线所包围的面积：

$$\omega = \omega_0 \left[1 - \left(\frac{x}{0.5L} \right)^2 \right]^{1-\delta_0} \quad (7)$$

式中： ω, ω_0 ——分别于 x 及 $x=0$ 时的船舶横截面面积；
 x ——横截面离舳的距离。

根据干货船和油船仓容的标准分布，可用面积 V_K 与 V_N 对舳部静矩的和数之半来计算舳部的弯矩(图 2)。

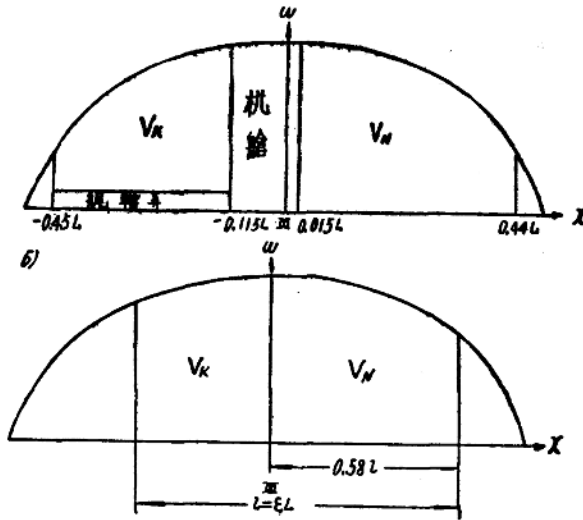


图 2

因此干货船货物重量在舳部引起的弯曲力矩可按下式确定

$$M_{z,p} = k_{z,p} P_{z,p} L \quad (8)$$

油船则按下式确定

$$M_{z,p} = k_{z,p} \varepsilon P_{z,p} L \quad (9)$$

式中： ε ——计及货仓长度的系数(ε 值见表 1 注解)；
 $k_{z,p}$ ——考虑船型肥瘦程度的系数，其值列于表 5。

表 5

船 型	δ_0	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90
干 貨 船		0.108	0.111	0.113	0.115	0.116
油 船		0.118	0.122	0.124	0.126	0.127

机器锅炉装置重量对船舫的弯曲力矩,应考虑机炉仓沿船长的布置而予决定。

对于具有标准总布置的干货船,此项对船舫之弯矩根据公式(5)可确定为:

$$M_{\kappa} = 0.025 P_{\kappa} L \quad (10)$$

对于具有标准总布置油船,此项弯矩根据(6)式确定为:

$$M_{\kappa} = \frac{1}{2} P_{\kappa} x_{\kappa} = 0.18 P_{\kappa} L \quad (11)$$

静水中浮力对舫弯矩是总弯矩中最大的分量,因此,在确定其值时,必须尽可能精确地考虑船舶实际綫型。

当横剖面面积曲綫为抛物綫,且对称于船舫时(图3曲綫1),静水中浮力对船舫的弯矩按已知公式确定:

$$M_{cn} = \frac{DL}{8} \cdot \frac{1}{1-\varphi}, \quad (12)$$

可是,抛物綫規律不能十分精确地反映出横剖面面积曲綫的实际形状。

对于大多数现代船舶来说,两端(特别是艉端)横剖面面积曲綫有些象S型。若将此S型夸大,则可以认为,它在 $l \leq x \leq \frac{L}{2}$ 区域内为一与横坐标成 α 倾角的正弦曲綫

BC,而在 $0 \leq x \leq l$ 为一与BC相接且平行于横坐标的AB直綫(图3曲綫2)。

分析曲綫2得出如下形式:

$$\left. \begin{aligned} \omega &= \omega_0, \text{ 当 } 0 \leq x \leq l; \\ \omega &= \left(\frac{L}{2} - x\right) \operatorname{tg} a - a \sin \frac{2\pi \left(\frac{L}{2} - x\right)}{\frac{L}{2} - l}, \text{ 当 } l \leq x \leq \frac{L}{2}. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

当纵向菱形系数 φ 为給定时, α 角(或 l) 和振幅 a 可按下述条件确定:

1. 面积曲綫的面积等于船舶排水体积;
2. 正弦曲綫BC在 $x=l$ 点与AB直綫相銜接。

若船舶之横剖面面积曲綫对称于船舫,则浮力对船舫的弯矩正比于方程(13)所示的横剖面面积曲綫的半面积静矩 S 。

静力矩 S 可以用下述公式求得:

$$S = \frac{\omega_0 L^2}{2} [0.283(1-\varphi)^2 - 0.5(1-\varphi) + 0.25]. \quad (14)$$

于是静水中浮力所引起的弯曲力矩可按下述公式計算:

$$M_{cn} = \frac{DL}{2\varphi} [0.283(1-\varphi)^2 - 0.5(1-\varphi) + 0.25] \quad (15)$$

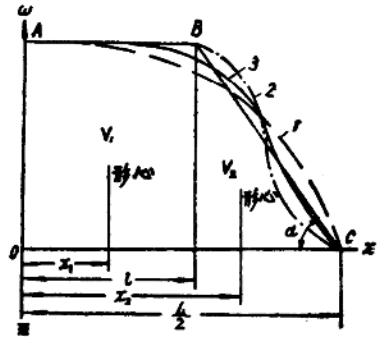


图 3

公式(15)給出的是靜水中浮力对舢部的弯矩近似值,其假定条件是舢体对称于舢部,舢部有平行舢体,橫剖面面积曲綫在艏艉两端具有較显著的S型。

大多数航运船舶,其橫剖面面积曲綫在舢部为抛物綫形,艏艉两端为微S形。

为了計及这二种因素的影响,宜以公式(12)与(15)所計得的弯矩之和之半作为浮力对舢部的弯矩。

在这种情况下,橫剖面面积曲綫的特征将相当于曲綫3(图3),而浮力对舢部的弯曲力矩則按公式确定:

$$M_{cn} = k_{cn} DL \quad (16)$$

式中:
$$k_{cn} = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{8} \frac{1}{2-\varphi} + \frac{0.283(1-\varphi)^2 - 0.5(1-\varphi) + 0.25}{2\varphi} \right]$$

应当指出,对于上述船舶,其舢剖面丰满系数的变化不很显著(平均值 $\beta = 0.985$)。根据这种情况就可建立系数 δ 和 k_{cn} 之間的关系。

系数 δ	系数 $k_{c.n}$
0.600	-0.0852
0.650	-0.0896
0.700	-0.0940
0.750	-0.0986
0.800	-0.1030

按各种公式計得的浮力对舢部的弯曲力矩之比較列于表6。

表 6

各种資料的系数 $k_{c.n}$ 值				公式(16)的誤差 %
按建成船舶 的設計資料	按公式(12) (抛物綫形)	按公式(15) (S形)	按公式(16) (平均值)	
0.0968	0.0988	0.0940	0.0966	0.2
0.0928	0.0952	0.0882	0.0920	1.0
0.0950	0.0968	0.0907	0.0940	1.0

备品重量对舢部的弯矩力矩,对于具有标准总布置的干貨船、油船,此項弯矩以滿載到港的裝載情况为最大。

設干貨船的备品余量分布在机炉仓底下,而油船分布在距舢0.35L的艏部处,則可根据通用公式(5)和(6),确定备品重量对舢部的弯矩:

干貨船——

$$M_{san} \cong 0.025 P'_{san} L_0 \quad (17)$$

油船——

$$M_{san} = \frac{1}{2} P'_{san} x_{san} = 0.185 P'_{san} L_0 \quad (18)$$

同时,就船舶的計算載荷來說,必須在浮力对舢部的弯矩公式(16)中考虑排水量的变化。

因此对干貨船

$$M_{cn} = 0.91 k_{c.n} DL, \quad (16')$$

对于油船

¹ 在参考文献[2]与[3]中所引用的計算靜水浮力所引起的弯矩之系数 k_{cn} 接近所列的数值。

$$M_{c,n} = 0,932 k_{c,n} DL, \quad (16'')$$

波浪附加弯矩可用下式很精确地确定：

$$M_{\delta on} = k_{\delta on} r CL^2, \quad (19)$$

式中： $k_{\delta on}$ ——考虑船舶水綫形状以及船舶相对于计算波浪的位置的系数。

$$r = \frac{h}{2} = \frac{L}{60} + 1 \text{——计算半波高米。}$$

$k_{\delta on}$ 的值由下列系数决定^①：

系数 δ	系数 $k_{\delta on}$ (船在波谷时)	系数 $k_{\delta on}$ (船在波峰时)
0.600	-0.0292	0.0245
0.650	-0.0315	0.0270
0.700	-0.0337	0.0296
0.750	-0.0362	0.0325
0.800	-0.0388	0.0356

根据主要尺度和方型系数,上述公式(2)、(8)、(10)、(11)、(16)、(17)、(18)和(19),可确定所有的弯矩分量,并按公式(1)求它的总值。

为了研究綫型对总弯矩值的影响,可以根据上述方法计算出一系列具有标准总布置特征船舶(表7)的弯矩值。

表 7

船 长	船 宽	每一船长所采用的方型系数 δ
干 货 船*		
100 } 120 } 140 } 160 } 180 }	$\frac{L}{10} + 3$ 米	0.65; 0.70; 0.75
油 船*		
100 } 130 } 160 } 180 }	$\frac{L}{10} + 5$ 米	0.70; 0.75; 0.80

* 对每一船长都采用不变的吃水 T 。

按上述计算可得出以下结论。

对于干货船, δ 值和它的标准值($\delta = 0.7$)的偏差为0.1时,所引起计算弯矩之变化为5%,这可表达成下列解析式子:

$$M_{cym}^{\delta} = M_{cym}^{\delta=0.70} \left(1 + \frac{\delta - 0.7}{2.0} \right). \quad (20)$$

对于油船当 δ 值和标准值($\delta = 0.75$)的偏差为0.1时,所引起计算弯矩的变化为30%,其分析关系式如下:

$$M_{cym}^{\delta} = M_{cym}^{\delta=0.75} [1 + 3(\delta - 0.757)]. \quad (21)$$

① $k_{\delta on}$ 系数可取自[1],为便于研究宗数 α 以公式 $\alpha = \frac{1+2\delta}{3}$ 换算成 δ 。

方型系数对干货船和油船计算弯矩值的影响程度有这样大的差别，可以用这些船的下列特点来解释。

在一般情况下，计算弯矩是按静水弯矩与波浪附加弯矩之和计得，它并不取决于船型。

方形系数 δ 对所有静水弯矩分量的影响以其对浮力的弯矩影响为最大。

就干货船而言，该项分量（即浮力弯矩）随 δ 值之增大而增大，这就导致静水弯矩的减小。因为这类船舶在静水计算载荷下经受着正弯矩（甲板受拉），而浮力对船舫却引起负弯矩。

另一方面，系数 δ 的增大引起波浪附加弯矩之增加，这样，对于干货船， δ 值的增加一面减小了静水弯矩，另一面却增大了波浪附加弯矩。由于干货船静水弯矩约占计算弯矩的 40%，所以方形系数对计算弯矩的总影响不大。

油船在静水计算载荷下经受着负弯矩（甲板受压），因此方形系数增大时，其静水弯矩值随之增加，而波浪附加弯矩也随方形系数而增加。于是，就油船来说，方形系数对计算弯矩之影响显著地大于干货船。

最后必须指出，除以上分析外，上述确定计算弯矩的方法，同样还可以根据船舶的特征，用来近似估算设计中航行中船舶计算弯矩的变化。

参 考 文 献

- [1] Методика Расчета прочности морских транспортных судов, 2-е изд ЦНИИМФ, Изд-во «Морской транспорт» Л., 1959.
- [2] Trans I. E. S. S., Vol. 90, Part 5, 1947.
- [3] Trans I. E. S. S., Vol. 99, Part 4, 1956.
- [4] Давыдов В. В. Маттес Н. В. Сиверцев И. Н. Учебный справочник по прочности судов внутреннего плавания, Изд-во «Речной Транспорт», М., 1958.
- [5] Ферстера, Стальное судостроение, Судпромгиз, Л 1935.
- [6] Дальман В. Прочность судов, Госиздат, 1931.
- [7] The Shipbuilder and Marine Engine Builder vol. 63, No. 567, November 1956.

译自 Труды ЦНИИМФ 1960, Выд. 27 ст. 56~61, А. М. Мельников, А. И. Максимаджи, “Влияние формы обводов на величину расчетного изгибающего момента” 蔡賢良译 郑君藹 周昭明校。

波 浪 弯 矩

[英] M. 契尔顿

引 言

为了便于估算船舶总弯曲应力,除了静水弯矩外还需要计算波浪弯矩。只有知道了船舶在营运中可能遇到的实际波高和波长的大小,才可能计算最大的应力值。由于迄今尚无可用的实际波浪的数据,1958年以来劳氏船级社采用波高等于 $1.1\sqrt{L}$ 和波长等于船长作为计算依据,美国验船局几年来也同样用了这些数据。下文列举一艘载重量为28,500吨油船的波浪弯矩计算;该船的主要尺度如下:两柱间长610呎0吋,型宽81呎0吋,型深44呎6吋,满载吃水33呎11.5吋,方形系数0.782,浮心纵向位置舭前10.1呎。

同时还计算了波高为 $L/20$ 的波浪弯矩,包括计及与不计史氏修正,以便估计史氏修正的数值和看出采用 $1.1\sqrt{L}$ 的波高时波浪弯矩的减小值。这点是很重要的,因为对于 $L/20$ 的波高有大量的资料可利用。

计算中选用了三个平均吃水(在油船吃水变化范围内),同时也研究了艏纵倾3呎和6呎对波浪弯矩的影响;6呎的纵倾在压载情况下是常见的,也可能是油船最大值。

船在标准坦谷波上的平衡是应用 Pegasus 计算机进行的。

船在波上的平衡

船在波浪上的平衡应用了墨格尔(Muecke)法[1]。在中垂状态时,对巡洋舰船艏端按附录的方法作了修正。

计算一般用表格形式进行,但某些计算采用了自动编码程序,这种方法在附录中略有表述。虽然由于船体剖面的间距不适宜于计算机的工作,而使采用的计算程序并不特别简便,但能证实用墨格尔法计算船在波浪上的平衡与包括对巡洋舰船艏的修正时,仍可以利用计算机。

波浪弯矩的计算方法

纵向弯矩的理论值是考虑波长等于船长和波高等于 $L/20$ 与 $1.1\sqrt{L}$ 两种坦谷波计算的。波浪弯矩的计算是把船体静止地平衡在波浪上进行的,并先把船舭置于波峰,然后置于波谷。

为了便于计算,将波浪弯矩定义为仅由波浪所产生的,其值等于船在波浪上的总弯矩和同样装载情况下的静水弯矩之差值。中垂情况下计算实例列于表1。

史 氏 修 正

计算中应用了熟知的史氏修正来考虑波浪分子轨道运动的速度对浮力的影响(图6为修正后中拱与中垂状态浮力变化的情况)。有时,为了使船舶在波浪上的实际应力与假设船舶

表1 波浪弯矩计算——吃水34呎

波高=1.1√L 波长=船长

中垂

静水

站号	面积	辛氏系数	面积函数	臂	弯矩函数	面积	面积函数	弯矩函数
0	499.6	1/2	249.8	5	1249.0	78	39	195
1/2	1181.2	2	2362.4	4 1/2	10630.8	556	1112	5004
1	1883.0	1 1/2	2824.5	4	11298.0	1194	1791	7164
2	2650.3	4	10601.2	3	31803.6	2214	8856	26568
3	2482.6	2	4965.2	2	9930.4	2666	5332	10664
4	1902.2	4	7608.8	1	7608.8	2724	10896	10896
5	1662.8	1	1662.8	0	—	2730	2730	—
合计			30274.7		72520.6		30756	60491

A=17,587 吨

L. C. B.=146.12 呎 舯后

A(包括巡洋舰舰体部份)=17,765 吨

L. C. B.(包括巡洋舰舰体部份)=147.8 呎 舯后

波浪弯矩=(17,765×147.8) - (17,866×119.97)

=2,625,667 - 2,143,984=482,233 呎·吨

波浪弯矩系数 (b') = $\frac{482,233}{(610)^{2/3} \times 81} = 6.48 \times 10^{-4}$

A=17,866 吨

L. C. B.=119.97 呎 舯后

静止地平衡在坦谷波上所求得的理论应力相符, 必须进行此项修正。

浮力曲线上任一站号处的截面积修正系数取于米勒 (Miller) 所给定的值 [2]。一般在求得某水线的横截面面积 A₀ 与 A₄ 后, 就可按表 2 的程序计算修正的横截面面积, 然后再按通常的步骤来计算船在波浪上的平衡。

表2 史氏修正(中垂)——吃水34呎(A₀)

波长=船长 波高=1.1√L

站号	B	A	C	p	0.4p	C/L'	0.4p×C/L'	A+0.4pC/L'	B'
0	580	+0.858	-0.783	48.3	19.32	-0.0013	-0.025	0.833	483.1
1/2	1280	+0.866	-0.716	47.7	19.08	-0.0012	-0.023	0.843	1079.0
1	1980	+0.900	-0.550	46.4	18.56	-0.0009	-0.017	0.883	1748.3
1 1/2	2470	+0.891	-0.316	43.8	17.52	-0.0005	-0.009	0.882	2178.5
2	2740	+0.974	-0.050	40.8	16.32	-0.0008	-0.001	0.973	2666.0
3	2550	+1.058	+0.500	32.7	13.08	+0.0008	+0.010	1.068	2723.4
4	1950	+1.116	+0.883	24.7	9.88	+0.0015	+0.015	1.131	2205.4
5	1690	+1.141	+1.016	21.4	8.56	+0.0017	+0.014	1.155	1951.0

注: 系数“A”及“C”由文献[2]得

B' = B(A + 0.4pC/L')

B' = 修正后的截面积

B = 未修正的截面积

p = 各站号龙骨线至波浪表面的高度

L' = 波浪长度

表 2 所示的計算可用計算机进行,使用一种簡易的自动編碼程序,在 Pegasus Ferranti 計算机上进行此种計算。由于对一定的波长和波高,系数“ A ”与比值 C/L' 为定值,故这两值被放在程序表內,而变数“ $0.4p$ ”及“ B ”則录于数据带上。程序表內包括 $0.4p \times C/L'$, $(A+0.4p)C/L'$ 及 $B(A+0.4pC/L')$ 值(各符号定义見表 2 的注解)。

結果分析

1. 波长=船长, 波高 = $L/20$

波浪系数“ b ”对方形系数的关系如图 1 所示,

式中
$$b = \frac{\text{波浪弯矩}}{L^3 B \times 10^{-6}}, \text{ 莫萊 (Murray) [3],}$$

由图中可看出未經史氏修正的中垂与中拱波浪弯矩是随着吃水的增加而直綫上升的。在吃水为 26 呎到 34 呎的范圍內,中拱波浪弯矩增加 8.5%, 中垂增加 9%。中垂波浪弯矩比中拱大 14%。这一資料,对于研究总应力以及对于试图以重新分配載貨的办法使中拱和中垂具有相同的应力值來說,都是很重要的。

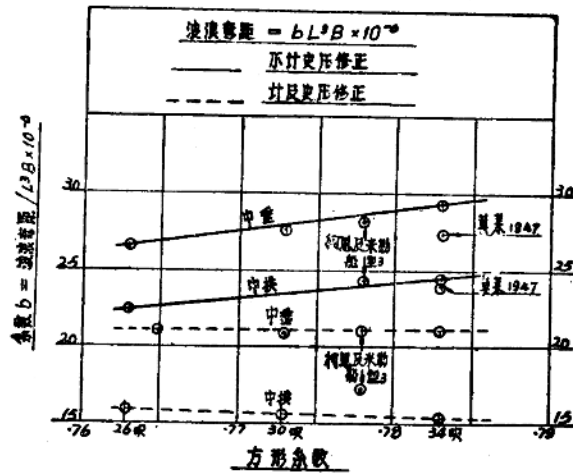


图 1 波浪弯矩系数
波长=船长 波高 = $L/20$

史氏修正使波浪弯矩在中拱状态下吃水 34 呎(本油船載重吃水)时,約减少 38%, 吃水 26 呎时約减少 30%。因此从中拱波浪弯矩系数对方形系数的曲綫上,可看到其弯矩随吃水的增加而略微减小;为便于計算实用,可将它当作常数。

图 1 列入了柯恩 (Conn) 及米勒的船型 3 的数据 [5], 除了經史氏修正的中拱值外,其他的都取得一致的结果。莫萊在中垂状态求出的波浪弯矩系数約比計算值低 7%; 这很可能是因为最初发表系数“ b ”以后,船型已有改变以及增大了巡洋艦艙体的尺寸所致。

2. 波长=船长, 波高 = $1.1\sqrt{L}$

波高等于 $1.1\sqrt{L}$ 时,波浪弯矩系数 b' 和方形系数的关系,无论是中垂或中拱状态下,都成綫性(中垂見图 2, 中拱見图 3)。

系数 $b' = \frac{\text{波浪弯矩}}{L^{3/2} B \times 10^{-6}}, \text{ 莫萊 [4],}$

在前述吃水范围内系数 b' 在中垂状态约增加 10%，中拱约 9%；与波高为 $L/20$ 者并无显著的不同。

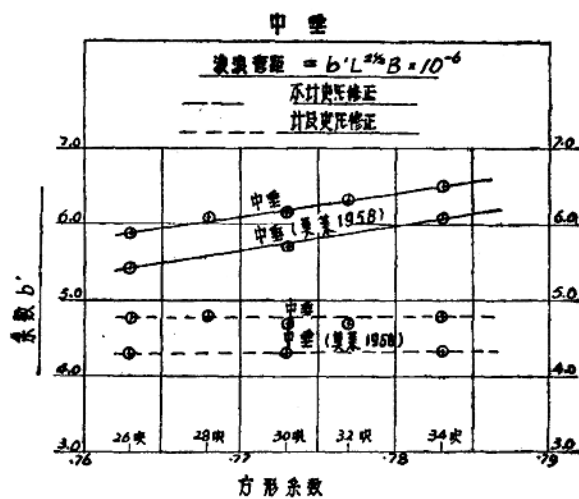


图2 波浪弯矩系数
波长=船长 波高= $1.1\sqrt{L}$

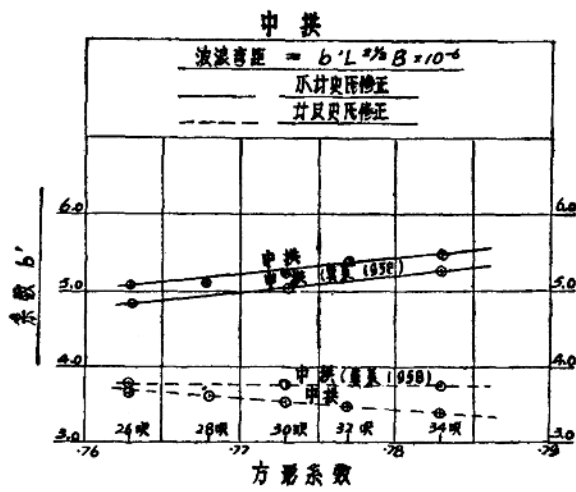


图3 波浪弯矩系数
波长=船长 波高= $1.1\sqrt{L}$

中拱状态下，吃水在 34 呎时史氏修正的影响几乎相同（即 38%），吃水 26 呎时略为小些（即 27%）。中垂状态下，吃水在 34 呎时为 26%，吃水 26 呎时为 19%。

在图 2 和图 3 上，将莫莱的 b' 值作了比较，该值是将他最初所发表的 b 值乘上一个波高的修正系数 $22/\sqrt{L}$ 而得出的。莫莱之 b' 值，在中垂状态下低于本船计算值 7%，中拱时低 4.5%。这是相当令人满意的，因为莫莱最初的 b 值为大量计算结果之平均值。

对本油船的 b' 值按莫莱方法所作的史氏修正亦示于图 2 和图 3。

史氏修正系数是用莫莱所建议的简易修正值 $e^{-nd/L}$ 导出的，计算波浪弯矩就用这些系数来修正。

史氏修正系数列于表 3。

表 3

吃 水	系 数	
	中 垂	中 拱
34 呎	0.737	0.718
30 呎	0.766	0.748
26 呎	0.794	0.779

应用上述的系数修正的中垂波浪弯矩与计算值很接近。中拱波浪弯矩约比计算值大 7%，这说明莫菜提出的史氏修正是不大的。

3. 波高为 $L/20$ 与 $1.1\sqrt{L}$ 两种结果之比较

$h=1.1\sqrt{L}$ 的中拱与中垂波浪弯矩比按 $h=L/20$ 计算的相应数值小 9% (包括史氏修正)。这点证实了莫菜所说的,即从他原来发表的 b 值导出 b' , 必须将前者乘以 $\frac{1.1\sqrt{L}}{L/20} = 22/\sqrt{L}$ 。

对于本文所讨论的船,该系数是 0.89, 这与中垂状态下获得的结果十分符合,在中拱情况下则略微低些。这一结果是很重要的,因为目前有着许多相应于波高为 $L/20$ 的数据,根据这些数据就可换算得相应于波高为 $1.1\sqrt{L}$ 的结果。

纵倾对波浪弯矩的影响

根据营运中吃水变化的范围,选择了三种平均吃水(24 呎、28 呎和 32 呎)和选取 3 呎与 6 呎的纵倾加以探讨。图 4 说明了中垂波浪弯矩系数所得的结果(中拱的趋向亦大致相同)。

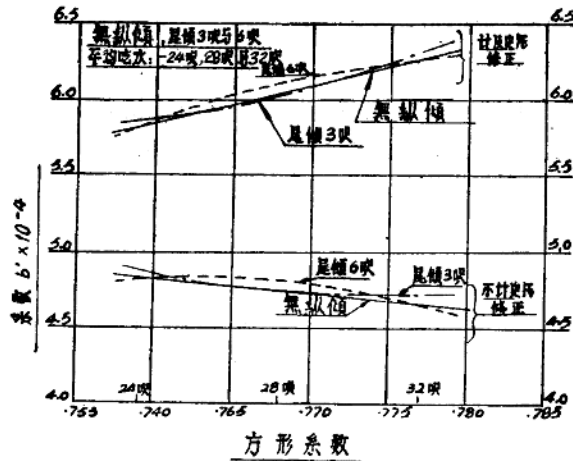


图 4 纵倾下的中垂波浪弯矩

波长=船长 波高= $1.1\sqrt{L}$

由图中可得出以下结论:从实用的角度来讲,纵倾的影响实际上是十分微小的,从而可忽略不计。

平均纵向浮心位置

图 5 列出在静水状态的无纵倾和有纵倾的平均 L. O. B. (纵向浮心位置)的计算结果。对