

一机部船舶产品设计院二室丛刊第20號

苏联海运部中央海运科学研究院

海上運輸船舶强度 計 算 方 法

船舶产品设计院二室譯

1959

苏联海运部
中央海运科学研究所
文献

海上运输船舶强度计算方法

17 期

列宁格勒

1958

序

“海上運輸船舶強度計算方法”用于檢驗采用苏联船舶登記局“鋼質海船強度标准”新建之船舶的船体強度也可用于檢驗營運中的船舶的船体強度。

編著本“方法”時參考了船舶結構力學方面的主要著作，民用造船業中使用低合金鋼聯合會議的決議，有關設計機構設計與計算船体強度的經驗和中央海運科學研究院關於運輸船舶強度問題的專門研究。同時也考慮了一些機構（海運部第一和第三中央設計室、奧得薩海運研究院等）的意見，和阿·阿·柯爾求莫夫教授的意見及中央海運科學研究院學朮會議造船組的決議。

本“方法”業經取得苏联船舶登記局同意，并推薦用于呈苏联船舶登記局審核的船舶的船体強度計算（58年4月28日苏联船舶登記总局第2～67～1677号公文）。

“方法”的作者是中央海運科學研究院科學工作者技朮科學院士雅·伊·柯洛特金（工作領導者）及阿·伊·馬克西馬特齊。編制“方法”中的有關計算系中央海運科學研究院青年科學工作者伊·脫·契瓦席夫斯基，工程師，伊·伊·巴夫洛夫，阿·姆·阿力克謝也夫，普·阿·叶尼凱也夫，奧·阿·委契夫，及尤·符·柯斯基切夫；關於槽型隔壁計算的一章系在技朮科學院士阿·爾·瓦西利也夫參加下編寫的。

中央海運科學研究院希望讀者將所有對本“方法”的建議及意見寄到院內以便今後充實改進。

緒 論

“鋼質海船強度標準”及“海上運輸船舶強度計算方法”的出版應該作為在推廣運用計算方法確定運輸船舶船體構件尺度的道路上的第一步。

在編著“方法”時提出了一個任務，要從已有的船舶結構力學題解中選取那些在計算運輸船舶強度中基本上可以採用的題解及計算方法。運輸船舶船體工作條件及結構的特點，要求在某些情況下對一般採用的計算方法及其演變進行詳細的分析。

在本“方法”內討論與運輸船舶船體強度驗算有關的主要問題。某些特殊的強度計算，如船體總振動及局部振動計算，下水時船舶總強度及局部強度計算等在本“方法”內不討論。進行這些計算應參考專門文獻。

應該指出，在本“方法”內包括很多新的輔助資料，這些資料當大大簡化船舶船體強度的計算工作。這些資料包括有：乾貨船及油輪船底鈹架計算表格，有強肋骨的舷側鈹架計算表格，波形隔壁的局部強度計算表格等。

包括在“方法”內關於強度計算方面的某些新建議是根據中央海運科學研究院所進行的研究編寫的。

本“方法”中有一系列的問題暫時還是很近似地解決，還需要在今後的理論和實驗中來修正。其中包括船底折減問題，甲板折減時剛性鈹條的劃出問題，這些鈹條的穩定性隨橫梁增加而損失的問題以及其他等等。特別在橫結構中帶有有限剛性縱桁的鈹架穩定性問題，以及其他一系列的問題也同樣地僅是近似地解決。

使用本“方法”及“強度標準”時必須注意到在目前階段確定的運輸船舶強度的許用應力標準是和外部計算負荷值及計算方法密切相關的。

本“方法”內所引用的計算方法符合這一條件，但是在按照“標準”中規定的許用應力及負荷來計算運輸船舶的強度可以採用別的計算方法，

只要这些方法和本“方法”及“标准”中所规定的主要計算前提不相矛盾。

因为在目前情况下計算方法只能保証船体中部強度，建議应用苏联船舶登記局规范来确定那些暂时还不能用計算方法来确定的构件的尺度（例如船体艏艉強度的保証）。

本“方法”分四章：

一、船舶总彎曲情况下彎曲力矩和剪力的計算。

二、船舶总強度驗算及应力合成。

三、乾貨輪的局部強度計算。

四、油輪的局部強度計算。

新設計船舶的強度計算应按“方法”的这几章进行。

“方法”同样可以用来檢驗营运船舶的船体強度。建議在最近出版“方法”的附录，其中包括船舶船体构件計算設計資料，鋼的牌号及构架系統的选择。此外并附上各种船舶強度計算的典型例子。

主 要 符 号

L ——沿設計水綫的船长

H ——船深，公尺

B ——船宽，公尺

T ——船吃水，公尺

D ——船的排水量

L_n ——橫隔壁之間的距离

B_p ——船底钣架計算宽度(量自舷舳舳肘舳的中点)

B_1 ——貨艙口围板与舷边間的距离

t ——鋼舳的厚度

δ ——橫截面中的相当厚度

z ——縱向构件之重心距中和軸的距离

s ——橫构架式的肋距

a ——縱构架式的肋舳或強橫梁的間距

b ——縱骨間距

c ——龙筋或桁材間距

h ——构件高

f ——縱骨橫截面面积

l ——构件跨距

σ ——法向应力，公斤/平方公分

σ_T ——鋼的屈服限，公斤/平方公分

τ ——切应力，公斤/平方公分

τ_g ——切向歐拉应力，公斤/平方公分

σ_g ——法向歐拉应力，公斤/平方公分

x ——固定支持力偶系数。

r ——波浪的半高

q, p ——載荷強度, 压力

Q ——載荷

簡 寫 符 号

Д——底

П——甲板

ДД——双层底

б——舷

к——中内龙骨或中桁材

кар——縱桁

с——龙筋或側桁材

ГК——平鋸龙骨

Ф——肋鋸

Ш——舷側厚鋸

макс——最大

мин——最小

сум——總數

опт——最适当的

ТВ——中間甲板

доп——許用的

ж.св——刚性构件

вв——波峰

пв——波谷

пл——鋸

оп——支持

目 录

序.....	1
緒論.....	1
主要符号.....	1
第一章 船舶总彎曲情况下彎曲力矩和剪力的計算.....	1
§ 1. 总則.....	1
§ 2. 按理論站距分布船舶重量載荷.....	2
§ 3. 繪制理論分仓浮力曲綫.....	5
§ 4. 船舶的平衡和計算靜水剪力及彎曲力矩.....	9
§ 5. 計算波峰波谷上附加彎曲力矩与剪力的說明.....	14
§ 6. 确定总彎曲力矩及剪力.....	20
§ 7. 确定艏截面处总彎曲力矩和剪力計算值的近似公式.....	21
A. 逐項确定艏截面处的总彎曲力矩.....	22
E. 船舶重量載荷变动时艏截面处彎曲力矩的变化.....	23
B. 确定剪力計算值的近似法.....	25
第二章 船舶总強度驗算及应力合成.....	26
§ 8. 总則。已知数据.....	26
§ 9. 第一次近似計算中等值梁要素的計算及船舶总彎曲应力的确定.....	27
§ 10. 檢驗船体构件的稳定性.....	30
A. 檢驗鈹的稳定性.....	30
B. 檢驗纵构架梁的稳定性.....	33
B. 檢驗槽型隔壁的稳定性.....	34
Γ. 檢驗甲板鈹架的稳定性.....	36

§11. 乾貨船船底鈹架計算	42
A. 鈹架計算載荷數值的規定	42
B. 乾貨船船底鈹架的形式	43
B. 確定構件的固定條件	44
Γ. 確定鈹架梁系的慣性矩	44
И. 各種型式鈹架的計算表	45
1. 總說明	45
2. 有三個或五個交叉構件的鈹架	48
3. 具有大量同類交叉構件並有加強的中內龍骨 $J_K > 1.2 J_C$ 的鈹架	64
4. 具有一些對稱的但不同慣性矩和間距的交叉構件的鈹架	64
5. 具有三個交叉構件及在艏艉剖面上有縱隔壁的鈹架	69
§12. 船體構件之折減及計算船舶總彎曲應力的第二次近似值	71
A. 縱結構	72
B. 橫結構	72
§13. 確定船底縱骨的彎曲應力	77
A. 縱骨上無撐材的情況	77
B. 縱骨上帶有撐材的情況	79
§14. 確定船底鈹受水壓力而產生的彎曲應力	80
A. 橫結構	80
B. 縱結構	80
B. 橫結構並考慮船殼鈹的初撓度	81
§15. 底部構件的應力合成及強度條件的檢驗	82
A. 干貨船底部構件的應力合成	82
B. 油輪底部構件中的應力合成	84
§16. 按極限彎曲力矩計算船體強度	87
§17. 確定船體總彎曲時的切應力	92
第三章 干貨船的局部強度計算	94
§18. 計算甲板鈹架的局部強度	94

A. 橫結構	94
B. 縱結構	99
§19. 关于肋骨框架計算的指示	100
§20. 具有強肋骨和边龙筋的舷側构架計算	102
A. 长宽比不大, 在两隔壁間的強肋骨數量很少(1~3)的鈹架	103
1. 設有一个边龙筋和一个強肋骨的鈹架	103
2. 設有一个边龙筋和二個強肋骨的鈹架	104
3. 設有一个边龙筋和三个等間距的強肋骨的鈹架	110
B. 长宽比較大, 強肋骨數量較多(超过 3 个)的鈹架	113
§21. 水密隔壁強度計算	113
A. 隔壁扶強材計算	114
B. 隔壁鈹計算	115
§22. 船在塢中时橫隔壁的強度計算	116
§23. 保証高强度鋼結構与苏联登記局规范要求之結構具有相等之 強度的規定	118
第四章 油輪的局部強度計算	121
§24. 局部強度計算的总說明	121
§25. 底部鈹架計算	122
A. 总論	122
B. 底部鈹架計算載荷的規定	122
B. 解鈹架的靜不定性	123
Г. 确定底縱骨內的应力	125
Д. 計算底鈹內的应力	125
§26. 舷側构架強度計算	125
A. 橫結構式的舷側构架(肋骨与边龙筋)	125
B. 具有強肋骨的橫結構式舷側构架	131
B. 縱結構式的舷側构架(舷側縱骨与強肋骨)	135
§27. 油輪平鈹隔壁強度計算	140
A. 总則	140

B. 平板橫隔壁強度計算	140
B. 油輪平板縱隔壁強度計算	145
Г. 隔壁板的局部強度計算	146
§28. 槽型隔壁計算	147
A. 采用的符号。主要关系	147
B. 在橫向載荷作用下的計算	149
1. 槽型体总強度計算	149
2. 槽型体局部強度計算	151
3. 槽型体彎曲时稳定性的計算	153
4. 強构件的強度計算	153
参考文献	155

第一章 船舶总弯曲情况下弯曲力矩和剪力的計算

§ 1 總 則

1. 为計算船体总强度，必須用将船靜置于坦谷水波波峯和波谷的方法来求出彎矩和剪力。将靜水和波浪上的剪力和彎矩疊加求得彎矩和剪力的总值。波浪的长度 λ 等于沿設計水綫的船长，高一2 r

$$L \leq 120 \text{ 公尺时, } 2r = \frac{\lambda}{30} + 2 \text{ 公尺}$$

$$L \geq 120 \text{ 公尺时, } 2r = \frac{\lambda}{20} \text{ 公尺}$$

疊加后繪制总彎矩图和剪力图。

2. 須对船舶滿載和压載航行情况进行計算。对于滿載情况下的船舶，在計算彎矩和剪力时应根据“强度标准”¹ 402条的规定来考虑貨艙裝載不均衡的可能性。

在具有大量貯备燃油并且燃油的分布对强度不利时必须补充計算船舶滿載貯备快用耗时（約帶有10%的貯备）的彎矩。特殊情况下可以要求研究其他的中間的裝載方案。

3. 計算彎矩的求得是将总彎矩图（按本节中的第一条計算所得）上的垂向座标向艏和向艉移一个理論站距 $\Delta L = \frac{L}{20}$ 的方法。

在 9~10~11 理論站綫上的 M 計算值取作固定的，并等于最大的彎矩值（图 1）。

1. 苏联船舶登記局“鋼質海船强度标准”，1958年列宁格勒，海运。

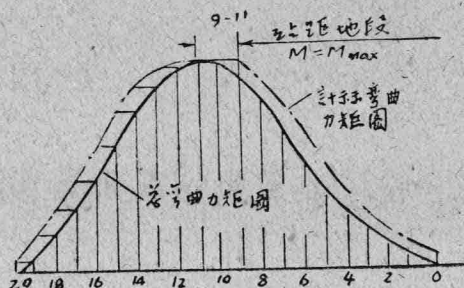


图 1

4. 计算动力弯矩应按“强度标准”406条指示进行。

5. 全部计算应正确到第三位有效数，即达到用计算尺计算时所能得到的准确度。

6. 计算应包括：

- a) 按理论站距分布全船重量载荷和确定船舶纵向重心位置；
- б) 计算静水弯矩和剪力；
- в) 船在波峰的情况；
- г) 船在波谷的情况；
- д) 船在静水，波峰和波谷时的载荷，剪力和弯矩曲线；
- е) 编制须进行总强度验算的各个截面中的弯矩计算值综合表（根据“强度标准”501条的指示）。
- ж) 计算舱截面处的动力弯矩。

§ 2 按理论站距分布船舶重量载荷

1. 为了能将船舶重量载荷按理论站距分布，必须具有组成船舶排水量的所有荷重的重量和位置即：

- a) 具有各种荷重重量及其重心位置的载荷表或重量簿；
 - б) 可以求出各项荷重所佔区域的船的纵剖剖面图。
2. 在实际绘制重量曲线时必须考虑以下几条规定：
- a) 船舶设计水线长度应当分为20个相等分仓（站距）；

6) 按任何规律分布在一个或二个相邻分仓长度上的某种载 荷 的 重 量可视为作用于荷重重心处的一个集中力 P 。这个力可用两个适当的，分别作用于重量曲线上两相邻分仓中部的平行力 P_1 和 P_2 来代替（两相邻理论站距）。所求得的力 P_1 和 P_2 本身也可以用均匀分布在理论站距上的均布载荷来代替。

上述载荷分布的方法使有可能保持载荷的数值和重心的位置。实际进行上述分解时建议采用下述的方法。

将长度等于一个站距，并划有十等分的比例尺对准该力作用之站距的两端（图 2）。该力所指之分点即表明应该分解的平行力的比例。

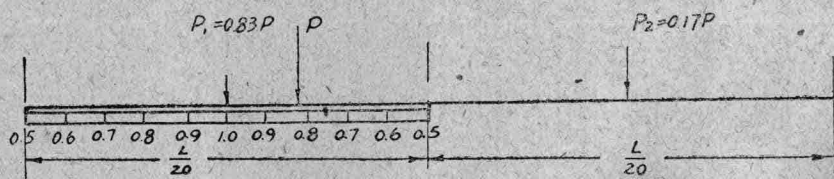


图 2

Б) 如果集中荷重的重心与两个站距的界线重合时，则每一个站距应加上的重量 $P_1 = 0.5P$ ，其中 P —荷重的全部重量。

Г) 重量在 $\frac{D}{100}$ 以下的荷重（或者是几个荷重，但总数不超过 $\frac{D}{100}$ ）可以均匀分布在整个站距的长度上，不考虑其实际重心位置。

Д) 如果荷重均匀分布在部分船长（图 3），则这个荷重可以分成 3 个部分； P_1 、 P_2 和 P_3 。中间的一部分 P_2 应分在 3 个分仓上， P_1 和 P_3 则可照 6

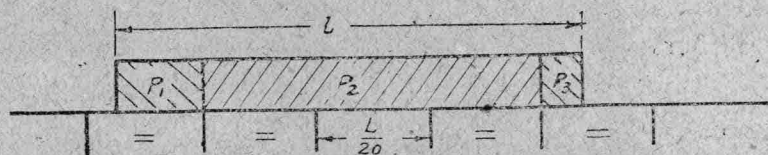


图 3

条或 r 条处理

e) 如果船上有某荷重其重心位于两端垂向座标 (0 和 20) 之外 (伸出部分) 则該荷重可按以下方法来考虑, 并計入重量表。

荷重 P , 其重心在零站前之距离为 d , 可用下列两个荷重来代替。

$$P_1 = \left(\frac{3}{2} + \frac{d}{\Delta L} \right) P;$$

$$P_2 = \left(\frac{1}{2} + \frac{d}{\Delta L} \right) P$$

荷重 P_1 加于 0—1 分仓的载荷上, 而荷重 P_2 自 1—2 分仓载荷中扣除。重心在垂向座标 20 向艏距离 C 上的荷重也同样可化为加于 19~20 分仓载荷上的 $P_1 = \left(\frac{3}{2} + \frac{C}{\Delta L} \right) P$ 和自 18~19 分仓载荷中扣除的 $P_2 = \left(\frac{1}{2} + \frac{C}{\Delta L} \right) P$ 。

(图 4)。

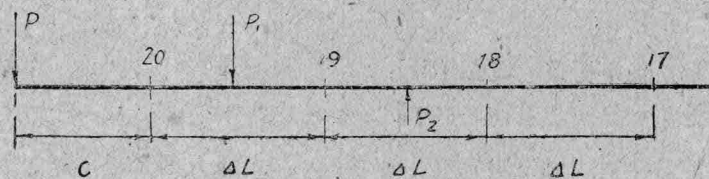


图 4

3. 为了将金属船体的重量分布到船的长度上建議用下述簡化的方法。

船体重量曲线可以阶梯曲线的方式来表示, 如图 5a 和 5b [11] 所示。如果知道船体重心的位置则 g, g_0, g_1 值的选择应使曲线下面积的重心与船体的重心相符合。

为了选定这些值可以利用表 1 中所列的关系。如果船体重心的位置不知道时则应当给予一近似值。

4. 按 20 个理論站距分布的船体重量綜合匯总于表 2。

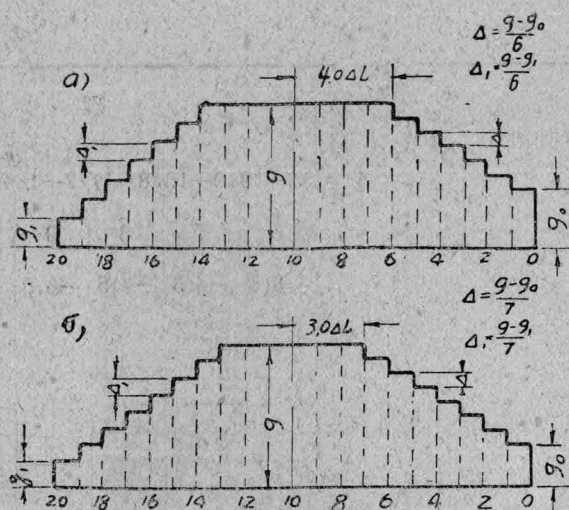


图 5

确定阶梯式船体重量曲线的系数

表 1

	較肥的帶平行舢舨的船型按图 5-a	較瘦的船型按图 5-b
g	$1.18 \frac{G}{20}$	$1.18 \frac{G}{20}$
g_0	$(0.667 + 0.365\alpha) \frac{G}{20}$	$(0.730 + 0.333\alpha) \frac{G}{20}$
g_1	$(0.667 - 0.365\alpha) \frac{G}{20}$	$(0.730 - 0.333\alpha) \frac{G}{20}$

附註：表中 G —船舶金屬船体的重量。

$$\alpha = \frac{x_g}{\Delta L}$$

x_g ——金屬船体重心距舢的距离（向艏为十）

§ 3 繪制理論分艙浮力曲綫

为了減輕靜水剪力和彎矩的計算工作，建議繪制理論分艙的浮力曲綫（表 3）。

載 荷

№№	載 荷 項 目	对 舳 的 力 矩	重 心 的 置 置 x_g 公尺	重 量 (吨)	理 論					
					20—19	19—18	18—17	17—16	16—15	15—14
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	力 臂 載荷項目	—	—	—	—9.5	—8.5	—7.5	—6.5	—5.5	—4.5
I										
II										
III										
IV										
A	总計 空船									
	船用备品和船員									
1										
2										
3										
B	总計: 船用备品 和船員									
B	貨物 液体压載									
1										
2										
3										
Г	总計: 液体压載									
	船舶有貨并帶									
1	100%船用备品 (A+B+B)									
	船舶无貨有压載和									
2	100%船用备品 (A+Г+B)									