

一机部九局第二产品設計室丛刊第17号

苏联内河船舶登記局

在新水道航行条件下进行加强的鋼
質船舶的强度計算条例

(河运部 1955 年 10 月 18 日第 389 号指令所批准)

列宁格勒 1956

第二产品設計室譯

1959

目 录

序 言	1
第一章 航行条件的特性和波浪計算尺度的規定	3
第二章 确定計算的作用力——总弯曲力矩和剪切力的方法	3
第三章 等价梁的計算	7
第四章 确定計算的局部載荷值	32
第五章 强度的校核,許用应力及判断已知船舶在一定条件下航行的适用性	36
第六章 关于船体加强的一般指示	39
附 录 載貨量 6000 公吨油趸的总强度計算实例	41

序 言

本条例系根据并代替过去所出版的并为河运部在1951年8月29日第240号指令所批准的条例,并且系它的发展和定案。

在以往的时期中設計局,工厂,航运及科学研究机构积累了許多在船舶加强的設計,計算和生产以及在新的航行条件下加强后的船只在使用上的丰富經驗。

苏联河运登記局及中央河运科学研究院对条例中个别条款提供了一些意見。这些意見系考虑及現有的經驗和中央河运科学研究院根据在卡司毕依司基航域中油駁实船試驗的新的研究,經中央河运科学研究院和苏联河运登記局总结,并且由河运部在1954年4月9日第449号部长指令所組成的以技术科学委员会主席Л.Д.列惹尼茨基为首的专门小組所討論过。在討論时,有曾經領導过拟制和出版以前的条例的首席委員科学院院士Ю. А.西曼施基直接积极的参与和接受咨詢。

本条例的拟制和过去条例的藍本比較具有以下的更动。在第一章中,航行条件的特性和波浪的計算尺度是按照苏联河运登記局目前的規定来提出的。在第二章中对于波浪上的撓曲未予考虑。仅对于非自航油船考虑到在靜水中的撓曲,而由于波浪的附加弯矩在船的长深比超过25倍时以乘上动力系数来增加。在第三章中的条款里更准确的引述了关于在等价梁中間断构件和开口的計算,其中也包括間断的防撓肋材,以及在等价梁計算中的某些变动。在第四第五章中刪去了关于扭曲校核計算的一节,发展了关于局部载荷的一节,以及增加了对許用应力标准的修正。在第六章中关于船体的加强条款有一些增补。

在校核强度和为了查明在新的航行条件下是否可能利用現存

船舶而确定其加强范围时必需参照本条例。对于新建造的船舶苏联河运登记局和中央河运科学研究院随着本条例同时出版了《内河航行钢船船体强度计算标准》。

当在实践中应用新的条例时免不了出现新的意见。因此苏联河运登记局和中央河运科学研究院要求各组织机构和个别成员提出自己的意见和在工作中当应用本指令时所产生的困难。

第一章

航行条件的特性和波浪计算尺度的规定

§1. 计算波浪的尺度按照船舶的分级而定, 后者确定于其所航行水域的条件。波浪的计算尺度取为: 对于 M 级时为 3×40 公尺; 对于 O 级时为 2×20 公尺。

§2. 现有水库的分级在 1955 年出版的苏联河运登记局的规范的修订和补充公报第 1 号中提供。对于新设计水库分级的划分和现有水库分级的确定, 有关组织必需呈报苏联河运登记局。

§3. 按 O 级加强后的船舶, 除了可能发生大大地超过计算尺度的波浪的风暴天气之外, 可以在 O 级的水库中航行。

第二章

确定计算的作用力——总弯曲力矩和 剪切力的方法

§4. 在静水中弯曲力矩和剪切力 (M_0 及 Q_0) 的计算应直接以载荷曲线积分进行。

§5. 对于非自航油船, 其长深比超过 25 时, 在静水中弯曲力矩和剪切力的确定应该考虑到船体总的变形 (挠曲)。在静水中船舶挠度对弯矩大小的影响以系数 β 计算, 其为

$$\beta = \frac{1}{1 + 0.00125 \frac{L^4 B^3}{EI} \alpha^2}, \quad (1)$$

其中

L 及 B 为船的长度和宽度,以公尺計;

E 为船体材料的彈性模数,以吨/公尺²計;

I 为等价梁在第一近似中所計算断面的面积慣性矩,以公尺⁴計;

α 为設計水綫的肥脊系数。

§6. 当由于缺乏对定出載荷并据以进行积分所必需的图紙和重量資料而使如上进行有困难时,在靜水中最大弯曲力矩和最大剪切力的大小应该按母型来确定,利用公式

$$M_0 = \frac{DL}{k}, \quad (2)$$

$$Q_0 = \frac{D}{k_0}; \quad (3)$$

其中

D 为排水量以吨(公尺³)計;

L 为船长,以公尺計;

k 及 k_0 为系数,按母型求得。

力矩沿船长分布的性质,在具有母型的力矩图形时,按該图形来取定。当缺乏这一資料时,按母型計算得的最大弯矩取作为在船艏部长度为一半船长范围内的計算值,并以直綫引向两端趋于零。

§7. 計算油船在靜水中的空載弯曲力矩时,要以端部隔离仓装满水的情况来考虑。在端部隔离仓充滿墮性气体或按其載运貨物的性质在船舶空載航行的情况下不要求在端部隔离仓中考虑装水时,在計算靜水中的弯曲力矩許可把端部隔离仓算作空的。

§8. 計算在載貨航行时靜水中的弯曲力矩要考虑到載貨沿船长分布的不均匀情况,而对于油船要考虑到在航行途中,随着撓曲的形成而使載貨可能流集至船舶中部,应该以弯曲力矩达最大值的情况取作計算状态。当有疑慮的时候,对于載貨航行必須完成

两种状态的計算。

§9. 船舶在波浪上最大(計算的)弯曲力矩按下列公式确定

$$M = \pm \beta M_0 \pm k_{n,r} \Delta M, \quad (4)$$

其中

M_0 为靜水中的弯曲力矩, 以吨—公尺計;

β 为系数, 除掉比数 $\frac{L}{H} > 25$ 的非自航油駁以外, 都取为等于一, 而对于前者按公式(1)計算(参看 §5);

ΔM 为考虑到行进方向与推进的波浪有偏斜时, 由于正弦截面波形而附加的弯曲力矩, 以吨—公尺計;

$k_{n,r}$ 为波浪载荷的动力系数, 除掉比数 $\frac{L}{H} > 25$ 的非自航油駁外均等于一, 而对于前者按以下述及的来确定(参看 §11)。

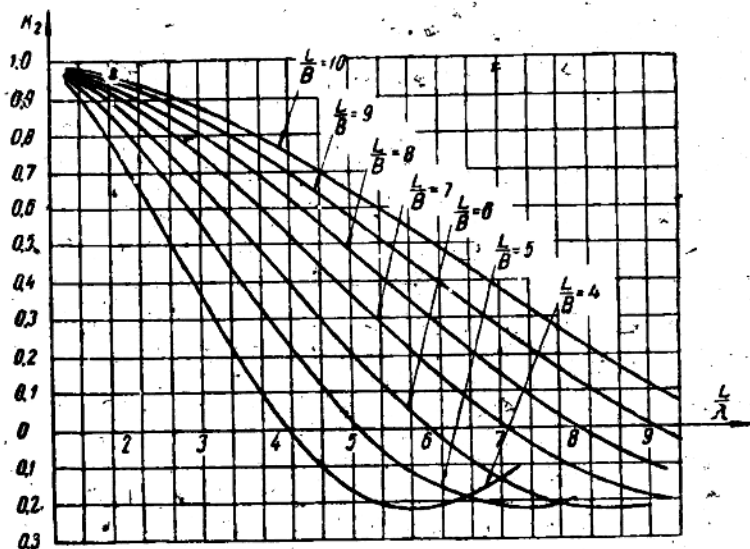


图1 k_n 的变化曲线

§10. 在不計及动力影响下由于波浪作用的最大附加的弯曲

力矩以下列两公式中求得的大者来确定：

$$\Delta M_1 = [k_1 k_2 + 0.02(1-\alpha)] L^3 B h; \quad (5)$$

$$\Delta M_2 = [0.0055 - 0.0127(1-\alpha)] L^3 B h, \quad (5')$$

其中

$$k_1 = 0.0255 - 0.0585(1-\alpha); \quad (6)$$

$$k_2 = \frac{\sin \frac{\pi B \cos \varphi}{\lambda}}{\frac{\pi B \cos \varphi}{\lambda}}. \quad (7)$$

此处

h 为计算的波高，以公尺计；

λ 为计算的波长，以公尺计；

$$\varphi = \arcsin \frac{\lambda}{L}.$$

在表 1 和图 1 中给出与比值 $\frac{L}{\lambda}$ 及 $\frac{L}{B}$ 有关的 k_2 值。

表 1

系数 k_2 的值

L/B	4	5	6	7	8	9	10
L/λ							
2	0.72	0.81	0.87	0.90	0.92	0.94	0.95
2.5	0.54	0.69	0.77	0.83	0.87	0.90	0.91
3	0.36	0.55	0.67	0.75	0.81	0.85	0.87
3.5	0.19	0.41	0.56	0.66	0.74	0.79	0.83
4	0.03	0.27	0.44	0.57	0.66	0.72	0.77
4.5	-0.09	0.14	0.32	0.47	0.57	0.65	0.71
5	-0.17	0.02	0.21	0.37	0.49	0.59	0.65
5.5	-0.21	-0.08	0.10	0.27	0.40	0.50	0.58
6	-0.21	-0.15	0.01	0.18	0.31	0.43	0.52
6.5	-0.19	-0.19	-0.07	0.09	0.23	0.35	0.45
7	-0.14	-0.22	-0.14	0.01	0.15	0.27	0.38
7.5		-0.22	-0.19	-0.06	0.07	0.20	0.31
8		-0.19	-0.21	-0.12	0.01	0.13	0.24
8.5			-0.22	-0.16	-0.05	0.07	0.18
9			-0.21	-0.19	-0.10	0.01	0.11

§11. 按照上节 (§10) 所确定的附加的弯曲力矩, 对于比值 $\frac{L}{H} > 25$ 的非自航油駁, 应乘上动力系数来增大, 对于空载航行时动力系数为 k_n , 在载货航行时为 k_r :

$$k_n = 1 + \frac{0.34\sqrt{\tau_n}}{2 + (\tau_n - 4.2)^2}; \quad (8)$$

$$k_r = 1 + \frac{0.65\sqrt{\tau_r}}{2 + (\tau_r - 3.6)^2}. \quad (9)$$

在这些公式中 τ_n 为空载航行时船舶的自振动周期, 以秒計, 而 τ_r 为载货航行时船舶的自振动周期, 以秒計:

$$\tau_n = \left(0.091\frac{L}{H} - 1.54\right) \cdot 10^{-3} \left(\frac{L}{H}\right)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{D_n}{B}\right)^{\frac{1}{2}}; \quad (10)$$

$$\tau_r = \left(0.0337\frac{L}{H} - 0.35\right) 10^{-3} \left(\frac{L}{H}\right)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{D_r}{B}\right)^{\frac{1}{2}}. \quad (11)$$

§12. 确定在波浪中船舶最大的剪切力大小按公式

$$Q = \pm Q_0 \pm \frac{4\Delta M}{L} k_{n, r}, \quad (12)$$

其中 $k_{n, r}$ 对于 $\frac{L}{H} > 25$ 的非自航油駁取自公式(8)或(9), 对其余的船舶取等于一。

第 三 章

等价梁的计算

A. 概 述

§13. 等价梁的计算要对于船舶弯曲的两种情况进行: 当甲板

受压和甲板受拉时。应以中部船舶最弱的断面进行计算。

§14. 等价梁的组件包括船体所有的纵向构件,其长度从船舶所计算的断面起每边超过两倍舷深,这些构件和船体的联结要保证其本身完全参加船体的总弯曲。钢质的上层建筑,如果其连续长度自所讨论的断面处每一边不小于该上层建筑高度的六倍或者船舶舷深的四倍(必需按所得数值中之大者)时,可包括在等价梁中。

§15. 间断的构件(上层建筑,甲板室,舱口围板及其他等),其长度符合 §14 的要求时,引入等价梁中的截面部分,从构件端上增加至中部。构件参加负荷部分的计算以间断构件和连续者相联结的纵向边缘成一尖角的直线为限(图2中阴影线的部分)。角度的大小取为: a) 对上层建筑为 20° ; b) 其余间断构件为 30° 。

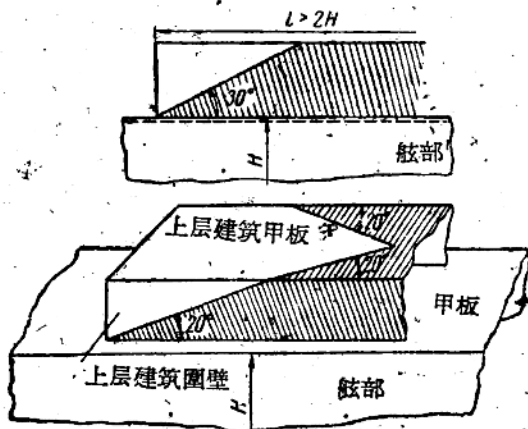


图2 间断构件计入等价梁的图示

§16. 单独的开口,当其最大尺度不超过15倍板厚时,则开口的减弱不加考虑也不予加强。开口的尺度超过15倍板厚时必需以复板,扁钢或型钢予以加强,其截面面积等于开口的面积。经如此加强后的开口也可不加以注意(即是为了缩减计算截面的数目可

以不必要对这样的截面进行计算),但其条件是开口沿着船纵向的长度不超过两倍舷深。

沿着船纵向布置在一直线上的开口,当其总计的长度超过他们之间间隔距离长度之和时,则开口的减弱不论每个单独开口的长度多少,是用把他们从所计算的船体截面中除去的方法来考虑。在这些开口之间的甲板段落,按照§15当作间断的构件引入计算中。

在金属甲板上的开口对等价梁工作的影响不仅应算作在该开口区域内把相应的甲板断面面积除去,且应算至其前后端外以开口处和船舶中心线成 30° 交角所引出的直线为界的区域(图3)。

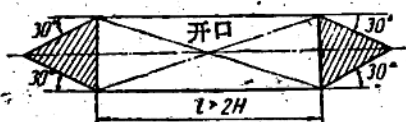
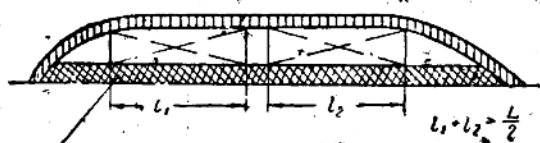


图8 开口计算示意图。

§17. 木质甲板的金属纵向构件,若未与甲板衍材和纵梁联结者,则不应算入等价梁的组件中。布置于整个船长上的甲板构件,但仅在艏艉和在个别甲板段落和甲板衍材相联而其总共的长度不大于船长的一半时,应该将其横截面积减少到70%后计入等价梁的组件中(图4)。当和甲板联结的段落长度较大(图5)时,这些



计入减少为70%断面面积的构件

图4

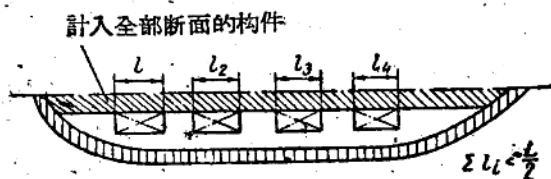


图5

构件完全包括在計算中。甲板构件，若其和縱向隔壁或縱向斜交桁架相联結的长度超过本身长度的一半，則全部算入等价梁的组件中，甚至当这些隔壁和桁架由于大仓口而和舷边分开时也是如此。

§18. 在铆接船舶中，在框架肋骨和橫隔壁处間断的龙骨，边龙筋及桁材等腹板，無論是受压和受拉，如以两个短銷（在每一边）和橫向构架的梁相联結时，按系数 0.5 計入等价梁中；而以一只短銷来联結者不包括在等价梁的組成中。这些縱向构件的間断的反銷可以完全計算的条件系在間断处被破坏的联結已以焊接或铆接来恢复，并应用計算来校核。

§19. 縱向連續的刚性肋材应包括在等价梁中，用以扶强板件的間断肋材則不包括进去，但在确定欧拉应力时，应考虑肋材的存在。为了减少局部减弱的影响（应力集中），在間断肋材間断的地方必須把肋材端切削成 30° ，并且繞焊达肋材两倍高度的长度（图 6）。如果防撓肋材在肋板处不間断，而在橫隔壁处間断以布置通油口（油船），則在这些地方必需沿底板上布置复板或者具有超过肋材断面面积的橫截面的条板来补强，且其长度在橫隔壁的每一边要超过两倍的肋材高度。也允許以相应断面的局部短銷来补强，該銷布置在肋材之間，复盖肋材的端部不应小于两倍肋材高度且一直

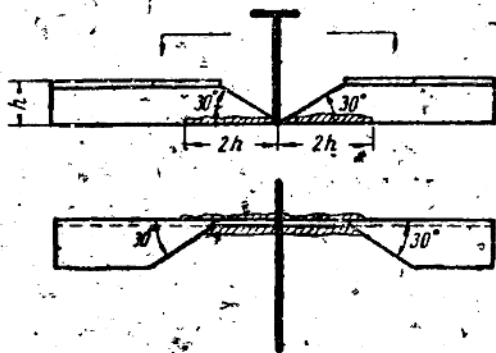


图 6 防撓筋材末端的繞焊

延長到橫隔壁為止。

僅在橫隔壁處間斷以便布置通油口的連續防撓肋材按上述進行加強時，方應包括在等價梁的組成中。並不推薦安裝肘板，但已裝有的肘板仍舊保持。

§20. 防撓肋材，當橫向梁（梁，肋板）的剛性足夠保證肋材所必需的歐拉應力時，可包括在等價梁中。校驗計算的方法參看 B 節「等價梁的計算」。

§21. 在等價梁的計算中鉚釘孔的減弱不予考慮。

§22. 等價梁的計算以逐步近似法來進行。如果兩次相連續的近似計算所得出的最大應力之絕對差值不超過 10%，則計算算作是足夠準確的。

5. 等價梁的計算

§23. 在第一次近似計算中，按照 A 節的指示包括在等價梁組成中的全部構件，計算的減弱係數等於 1，即是計入其全部面積。允許在第一次近似計算中，把其剛性顯然過小的構件（例如在橫向骨架系統下的薄板）以小於一的減弱係數計算，在特別情況下也可令減弱係數等於 0。

§24. 在第一次近似的等價梁計算中，建議以列表的形式進行（參看表格 1）。

§25. 在等價梁的第二近似和以後的近似計算中，按減弱後的構件進行。顯然穩定而不必減弱的是下列構件：

a) 具頗大橫向曲度的板件（舳列板）；

6) 板件寬度等於剛性支持周界短邊的 0.25 倍的部分（圖 7 及 8）；

б) 縱向骨架梁（龍筋，桁材，縱桁）的腹板，當其高度不超過其厚度 70 倍時；



圖 7 橫向骨架系統下的板件。

等价梁的第一次近似计算(按一半截面)

顺 号	构 件 名 称	构 件 尺 寸 (公厘)	截 面 面 积 F (公分 ²)	减 弱 系 数 ϕ	工 作 面 积 F_1 (公分 ²)	距 基 线 的 距 离 z_0 (公尺)	距 基 线 的 距 离 z_1 (公尺)	距 基 线 的 距 离 z_2 (公尺)	慣 性 矩 (公分 ⁴ -公尺 ²)		第 一 近 似		第 二 近 似		第 三 近 似	
									对中和 轴的 (7×8)	本身 的 (7×8)	距中和轴 距离 z_1 (公尺)	在构件中 的应力 σ_{ms} (公斤/公 分 ²)	距中和轴 距离 z_2 (公尺)	在构件中 的应力 σ_{ms} (公斤/公 分 ²)	距中和轴 距离 z_2 (公尺)	在构件中 的应力 σ_{ms} (公斤/公 分 ²)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11	12	13	14	15	16
(合計)							S_1		I_1							

中和轴距基线的距离 $e_1 = \frac{z_1}{F_1}$ 公尺。

等价梁的慣性矩 $I_1 = 2(I_1^1 - e_1^2 F_1)$ 公分⁴-公尺²。

在副性构件中的正应力, 示于 12 行中, 按公式 $\sigma_{ms} = \frac{M}{I_1} z_1$ 公斤/公分² 计算,

其中 M 为计算力矩, 以公斤-公尺计;

I_1 为等价梁的慣性矩, 以公分⁴-公尺²计;

z_1 为所讨论纖維至中和轴的距離, 以公尺计。

在 14 和 16 行中提供了在副性构件中应力的值, 由第二次和第三次等价梁的近似计算的結果得出。

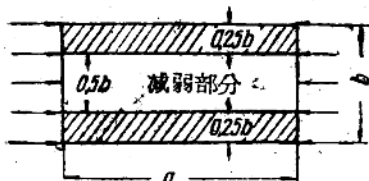


图 8 纵向骨架系统下的板件。

r) 所有纵向骨架的梁以及等价梁的受拉部分的板件，在其支持周界的长边系沿船纵向布置时(图 8)。

§26. 骨架的梁，若未具有足够的刚度以作为板件的刚性支持，应当视为是加强板件的弹性的防挠肋材。在实践中可能遇到对这类板件确定减弱系数的各种情况将引述于下一节中。宽肋骨，宽横梁以及围板视为被弹性的防挠肋材所加强的板件的刚性支座。

§27. 受压板件的减弱系数，在其 $a \geq b$ 时(图 8)，按下列公式来确定：

$$\varphi = \frac{\sigma_s}{|\sigma_{\pi}|}, \quad (13)$$

其中

σ_s 为板件的欧拉应力；

$|\sigma_{\pi}|$ 为在等价梁第一近似计算中所得出的应力的绝对值。

欧拉应力计算按公式：

$$\sigma_s = 800 \cdot \left(\frac{100t}{b} \right)^2, \quad (14)$$

其中 t 为板件的厚度。

注 在计算 $a > b$ 的板件的减弱系数时不考虑初挠度及横向载荷的影响。

§28. 支持在矩形刚性周界上的板件(图 7)，在 $a < b$ 的情况下，当受压以及受拉时，其减弱系数确定于公式：

$$\varphi = \frac{q}{\sigma_{\pi}} = \alpha \frac{\sigma_s}{|\sigma_{\pi}|}, \quad (15)$$

其中

q 为在板件上的链式应力；

σ_s 为欧拉应力，其确定的公式同自由支持在矩形刚性周界上

的飯件一樣

$$\sigma_0 = 200 \cdot \left(\frac{100t}{a} \right)^2 \left(1 + \frac{a^2}{b^2} \right)^2 \quad (16)$$

按公式(16)来确定欧拉应力可以利用图綫来进行(图9—11)。

在公式(15)中的系数 α ，按下列方法确定：

1. 对于未具有横向载荷但却有初挠度的飯件：

$$\alpha = \chi - 1. \quad (17)$$

χ 值确定于三次方程式的正根

$$\begin{aligned} \chi^3 + \left[2.73 \cdot \left(\frac{h}{t} \right)^2 \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{a^2}{b^2} \right)^2} - \frac{\sigma_{\pi}}{\sigma_0} - 1 \right] \chi^2 \\ = 2.73 \left(\frac{h}{t} \right)^2 \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{a^2}{b^2} \right)^2}, \end{aligned} \quad (18)$$

其中 h 为飯件初挠曲的挠度。

h 值确定于公式：

a) 对于铆接船舶

$$h = \frac{a}{1000t} (3.5 - t); \quad (19)$$

6) 对于焊接船舶

$$h = \frac{a}{500t} (3.5 - t). \quad (20)$$

此中的 h , a 及 t 均以公分計算。

註 1. 小于4公厘厚的飯件的减弱部分，在設計以及校核强度时，如不知其结构上的挠度，当在横向骨架系統时取减弱系数为零，即不包括在等价梁中。

2. 在电焊船舶时，必需參照《焊接船舶船体结构允許局部变形的暫行标准》，苏联河运登記局1956年出版。

2. 对于承受横向载荷并具初挠度的飯件：

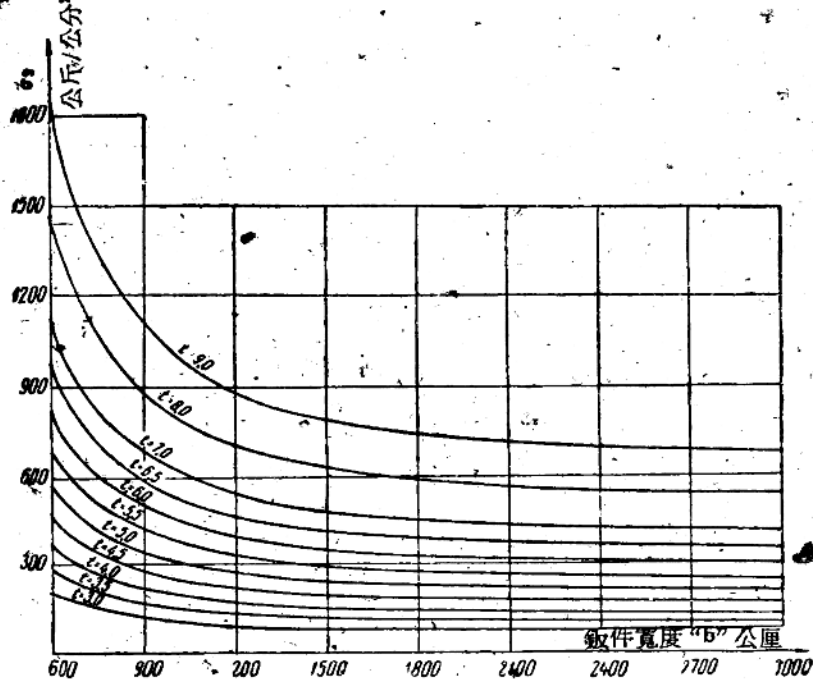


图 9 $a=500$ 公厘钣件的欧拉应力和尺度的关系

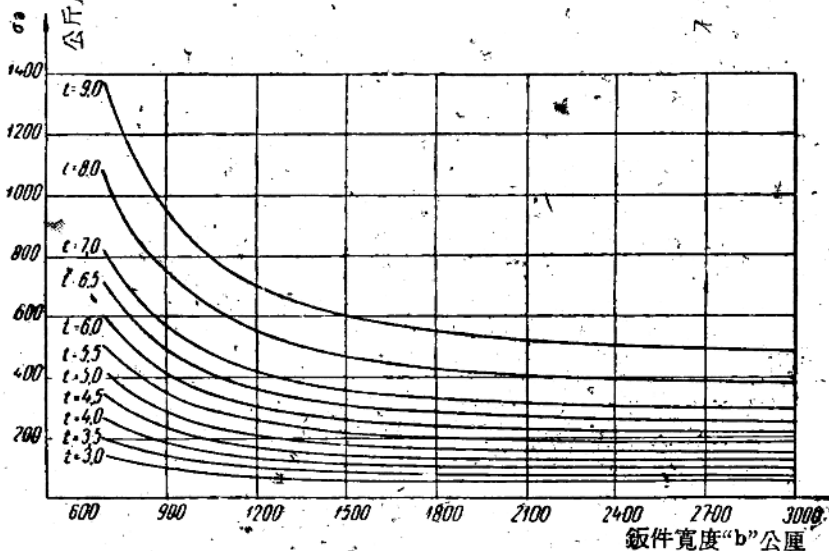


图 10 $a=550$ 公厘钣件的欧拉应力和尺度的关系