

525161

實用船舶計算

原著者：岩 佐 英 介

譯述者：劉 孝 平

31

科技圖書股份有限公司

實用船舶計算

原著者：岩 佐 英 介

譯述者：劉 孝 平

科技圖書股份有限公司

本書為日本大阪州立大學名譽教授岩佐英介所著，出版以來再版達十五次。本書最近又作全面大修訂，其特色是：1.免用高等數學，2.多插入圖表，3.列入大量算例與習題，4.編列各種造船用計算方法與理論。可作學生的教本及從事造船界人們的參考。

本公司經新聞局核准登記
登記證局版台業字第1123號

書名：實用船舶計算
原著者：岩佐英介
譯述者：劉孝平
發行人：趙國華
發行者：科技圖書股份有限公司
台北市重慶南路一段49號四樓之4
電話：3118308・3118794
郵政劃撥帳號0015697-3

六十八年二月初版
七十三年十一月二版

特價新台幣80元

原 序

本書的初版發行於昭和 26 年，並於昭和 35 年改版修訂。迄今又經十餘年。在此期間承蒙衆多讀者的支持，再版達十五次，此次爲了配合近來造船界的進展以及熱心讀者的希望，再度執行全面性大修訂，以最新版出刊。過去的舊版，得到讀者諸君的支持與好評，這是著者的欣慰。在此謹向讀者諸賢表示謝意。更希望本書對學生們以及從事造船界人們有所助益。

本書的特色是：

1. 避免使用高等數學，使初學者能充分瞭解。
2. 努力插入很多圖面，促使容易理解。
3. 提供許多例題與練習題與解答，以便自修者的學習。
4. 在造船廠需做的各種計算，編列在各種表格內，並詳細說明其計算方法與理論。

著 者 岩佐英介
大阪府立大學名譽教授

譯 者 序

在偶然的機會，筆者發現原書，經閱讀後深覺應予譯出，以供年輕的同道們能藉本書，很快的對造船設計得一初步的認識。

在一般造船設計及計算的著作中，內容均頗深奧，非花費一段較長時間及苦心，難以窺其端倪。原著以近二百頁的篇幅，將整個造船計算的要點，深入淺出編寫成書，能使讀者很快獲得瞭解，不僅能使初學者獲益，對於造船界人士亦收提綱挈領之效。此為原著的可貴處。

本書僅為造船設計的入門，讀者諸君若能藉此書而引起對造船的興趣，進而深入研究，則筆者的心願就達到了。

筆者才輕學淺，所知有限，如有翻譯不妥之處，希各位先進及友好多加批評指正。

造船技師 劉孝平 譯

六十七年十二月

實用船舶計算

目 錄

第一章 曲線圖形之面積

1-1 梯形法則	1
1-2 辛普森第一法則	2
1-3 辛普森第二法則	9
1-4 契必西夫法則	12

第二章 容 積

2-1 不規則曲面的物體體積	17
2-2 面積曲線	18

第三章 排水量及其他

3-1 排水量	20
3-2 增加吃水 1 cm 所需之噸數	28
3-3 船體中央部浸水時的吃水變化	30
3-4 在海水與河水的吃水變化	33
3-5 係 數	34
3-6 浸水表面積	39
3-7 求浸水表面積的近似公式	0
3-8 練習題與解答	41
習題之解法	43

第四章 重心及浮力中心

4-1 重 心	48
4-2 浮 力	54

2 實用船舶計算

4-3 求積儀	60
4-4 練習題與解答	62
習題之解法	64

第五章 復原性

5-1 慣性矩	69
5-2 橫向定傾中心	74
5-3 橫 BM	79
5-4 傾斜試驗	84
5-5 液體自由液面的影響	88
5-6 縱向定傾中心	91

第六章 縱 傾

6-1 縱傾與縱傾的變化	96
6-2 由於重物作縱向移動所引起的縱向傾斜	97
6-3 由貨物裝卸而引起的吃水與縱傾變化	100
6-4 船由區域浸水而引起的吃水及縱傾變化	103
6-5 練習題與解答	105
習題之解法	106

第七章 排水量計算表

7-1 0.5^m WL 以下用求積儀計算	114
7-2 0.5^m WL 以上用辛普森法則計算	115
7-3 0^m WL 至 3.0^m WL 全部的表	118

第八章 靜復原力及復原力曲線

8-1 大傾斜角度的靜復原力	126
8-2 復原力曲線	128
8-3 交叉曲線	131
8-4 用阿姆斯勞積分儀畫復原力曲線之方法	132
8-5 動的復原力	136
8-6 風壓對復原力的影響	137

第九章 下水理論

9-1 固定台、滑台及拖重	139
9-2 下水的力	140
9-3 下水	142
9-4 下水曲線	145

第十章 船體強度

10-1 船體產生的扭曲	147
10-2 發生在材料內部的應力	149
10-3 船體的彎力矩	150
10-4 用表格求船體內部應力法	153

第十一章 船舶阻力

11-1 摩擦阻力	155
11-2 造波阻力	157
11-3 渦流阻力	159
11-4 空氣阻力	159

第十二章 比較法則與船模試驗

12-1 比較法則	160
12-2 相當速率	161
12-3 船模試驗	162

第十三章 馬力及效率

13-1 有效馬力及推進係數	164
13-2 船的速度與馬力	165

附 錄

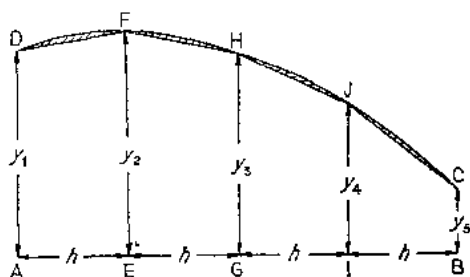
A-1 表示數的二乘方及三乘方之表	175
A-2 換算表	183

第一章 曲線圖形之面積

(AREA under the CURVE)

對於規則的幾何圖形面積，如三角形，矩形，圓形等均甚易求得。但是，由不規則曲線所圍成的圖形面積就不易求得了。茲將幾種不同的計算法說明如下

1.1 梯形法則



第1圖

先將基線AB取任意等分，其間隔為 h ，由各等分點E，G，I，作垂線，並分別與曲線交於F，H，J點。（見與1圖）。

設縱線AD、EF、GH、IJ、BC的長度分別為 y_1 、 y_2 、 y_3 、 y_4 、 y_5 ，則

$$AEFD = \frac{h}{2}(y_1 + y_2)$$

$$EGHF = \frac{h}{2}(y_2 + y_3)$$

$$GIJH = \frac{h}{2}(y_3 + y_4)$$

$$IB CJ = \frac{h}{2}(y_4 + y_5)$$

這些梯形的總和設為A時，則

$$\begin{aligned} A &= \frac{h}{2}(y_1 + 2y_2 + 2y_3 + 2y_4 + y_5) \\ &= h\left(\frac{y_1 + y_5}{2} + y_2 + y_3 + y_4\right) \end{aligned}$$

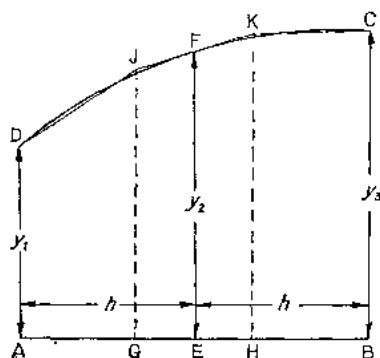
2 實用船舶計算

即圓形兩端縱線長的一半加上各縱線長，再乘以縱的間隔，則可得其面積。

用此公式求得的總和 A ，較曲線所形成的實際面積為小（如圖所示的影線面積）。若增加基線的等分數，即可獲得較正確的結果。惟增加基線的等分數即須多加縱線，亦是相當麻煩，故目前均不採用。

1.2 辛普森第一法則

辛普森第一法則的結果甚為正確，而且運算容易，目前均採用此法。茲詳述如下



第2圖

在第2圖的基線AB兩端作垂線AD、BC。AB的二等分點定為E，其垂線為EF。垂線AD、EF、BC的長度分別設為 y_1 、 y_2 、 y_3 時，

$$\text{面積} = \frac{h}{3}(y_1 + 4y_2 + y_3)$$

此即所謂辛普森第一法則。

4 實用船舶計算

在第3圖，以 Ox ， Oy 為軸的曲線方程式為

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2$$

上式中 a_0 、 a_1 、 a_2 為常數。在第3圖中取細長條，其高度為 y ，寬度為 Δx ，其面積以 $\Delta x \times y$ 表示。現曲線 ACE 下面的面積，即 $x = 0$ 及 $x = 2h$ 之間的面積，亦等於 PQ 間細長條面積的總和。細長條與曲線所形成的小三角形 abc 是將 Δx 無限縮小，並隨着接近無限小，則三角形面積趨近於 0，亦即

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \Delta abc \rightarrow 0$$

因此曲線下的面積 A 為

$$A = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \sum_{i=0}^{2h} y_i \cdot \Delta x = \int_0^{2h} y \cdot dx$$

曲線方程式的 y 值代入得

$$\begin{aligned} A &= \int_0^{2h} (a_0 + a_1x + a_2x^2) \cdot dx \\ &= \left[a_0x + \frac{1}{2}a_1x^2 + \frac{1}{3}a_2x^3 \right]_0^{2h} \\ &= 2a_0h + 2a_1h^2 + \frac{8}{3}a_2h^3 \dots\dots\dots(1) \end{aligned}$$

現將 A 用下式表示，而曲線方程式分別以 $x = 0$ ， $x = h$ ， $x = 2h$ 等代入，得

$$\begin{aligned} A &= ay_1 + by_2 + cy_3 \\ &= aa_0 + b(a_0 + a_1h + a_2h^2) + c(a_0 + 2a_1h + 4a_2h^2) \\ &= a_0(a + b + c) + a_1h(b + 2c) + a_2h^2(b + 4c) \dots\dots\dots(2) \end{aligned}$$

比較(1)與(2)式的 a_0 、 a_1 、 a_2 的係數相等，得

$$\begin{cases} a + b + c = 2h \\ b \cdot h + 2c \cdot h = 2h^2 \\ b \cdot h^2 + 4c \cdot h^2 = \frac{8}{3}h^3 \end{cases}$$

則

$$a = \frac{1}{3}h, \quad b = \frac{4}{3}h, \quad c = \frac{1}{3}h$$

因此，所求的面積 A 可表示如下式

$$A = \frac{1}{3}h(y_1 + 4y_2 + y_3)$$

如應用此公式以計算某曲線下面積時，首將基線等分並取偶數，如此，可形成如第 2 圖般的圖形。

例如在第 1 圖

$$\text{面積 } AGHD = \frac{h}{3}(y_1 + 4y_2 + y_3)$$

$$\text{面積 } GBCH = \frac{h}{3}(y_3 + 4y_4 + y_5)$$

因此

$$\begin{aligned} \text{全面積 } ABCD &= \frac{h}{3} \{ (y_1 + 4y_2 + y_3) + (y_3 + 4y_4 + y_5) \} \\ &= \frac{h}{3} \{ y_1 + 4y_2 + 2y_3 + 4y_4 + y_5 \} \end{aligned}$$

一般而言

$$A = \frac{h}{3} \{ y_1 + 4y_2 + 2y_3 + 4y_4 + 2y_5 + 4y_6 + \cdots 2y_{2n-1} + 4y_{2n} + y_{2n+1} \}$$

其中 $2n$ 是表示偶數，且在上式中 $y_1, y_2, y_3, \dots$ 等的係數 1、4、2、4、2、4、2、4、 $\dots$ 、2、4、1，等稱謂辛普森第一法則係數。

為求易於得到辛普森的係數，可按下列方式分別在每一區劃內提出係數並加算之一。

$$\begin{array}{ccccccc} & 1 & 4 & 1 & & & \\ & & 1 & 4 & 1 & & \\ & & & 1 & 4 & 1 & \\ 1 & 4 & 2 & 4 & 2 & 4 & 1 \end{array}$$

即為應用上述的法則。

基線（如果是船，則為中心線）用偶數等分後在各等分點對基線作垂直的縱線（縱線數為奇數）並計量縱線長度。然後各縱線長度依序乘以辛普森係數，將這些加起來的總和，再乘以縱線間距的三分之一即為求得的面積。

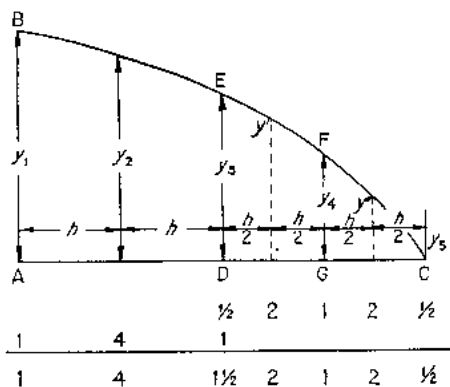
6 實用船舶計算

(注意) 長度應取十進位法，例如 $6' - 9''$ 應寫為 $6.75'$ 。

2 將縱線間再予等分計算的情形

如第4圖所示的圖形，當其右端成為尖銳時，前述的方法就難得到十分正確的結果。因而得將間隔再等分之。

在第4圖中， y' 及 y'' 為 DG 及 GC 間加入的縱線，設原間隔為 h ，則 CD 間的間隔為 $h/2$ ，所以 DEC 部份的面積是



第4圖

$$\begin{aligned} & \frac{1}{3} \left(\frac{h}{2} \right) (y_3 + 4y' + 2y_4 + 4y'' + y_5) \\ &= \frac{1}{3} h \left(\frac{1}{2} y_3 + 2y' + y_4 + 2y'' + \frac{1}{2} y_5 \right) \cdots \cdots (1) \end{aligned}$$

ABED 部份的面積是

$$\frac{1}{3} h (y_1 + 4y_2 + y_3) \cdots \cdots (2)$$

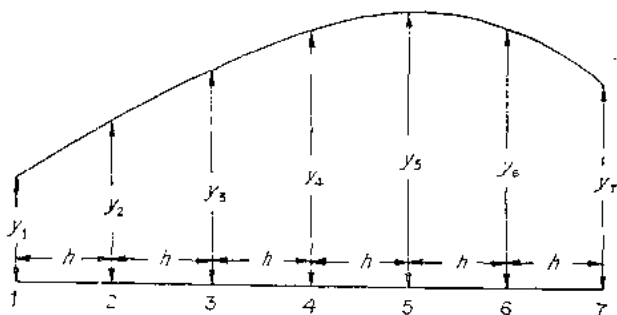
因此，全部面積是(1)式與(2)式的和，即

$$\text{全面積} = \frac{1}{3} h \left(y_1 + 4y_2 + 1\frac{1}{2} y_3 + 2y' + y_4 + 2y'' + \frac{1}{2} y_5 \right) \cdots (3)$$

在上式(3)，已可明瞭，將普通間隔再等分計算時，用辛普森係數的 $1/2$ 來計算即可。如間隔是 4 等分，即用 $1/4$ ，是 8 等分，用 $1/8$ 。亦即以間隔的等分相同數字來除辛普森係數，加以計算即可。

3 例 題

〔例 1〕 求第 5 圖的曲線圖形面積，其縱線長分別為 2.20 cm、3.35 cm、4.40 cm、5.25 cm、5.60 cm、5.30 cm、5.20 cm、縱線間的間隔為 2 cm。



第 5 圖

縱線號碼	縱線長度 (cm)	辛普森係數	縱線函數
1	2.20	1	2.20
2	3.35	4	13.40
3	4.40	2	8.80
4	5.25	4	21.00
5	5.60	2	11.20
6	5.30	4	21.20
7	5.20	1	5.20
			83.00

間隔 2 cm

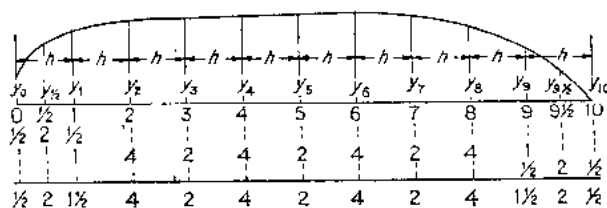
$$\text{面積} = 83 \times \frac{2}{3} = 55.33$$

答 55.3cm²

〔例 2〕 求第 6 圖由水線圍成的圖形面積。縱線的長度分別為 1.80 m、2.70 m、3.26 m、3.74 m、3.85 m、3.85 m、3.85 m、3.85 m、3.43 m、2.58 m、1.25 m、0.50 m、0 m，基線的長度為 45 m。

8 實用船舶計算

因此



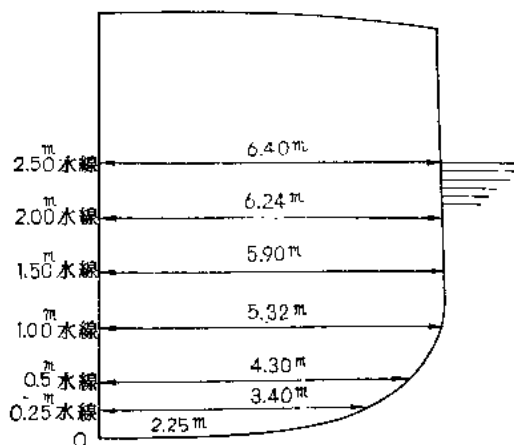
第6圖

縱線號碼	縱線長度 (m)	辛普森係數	縱線函數
0	1.80	$\frac{1}{2}$	0.90
$\frac{1}{2}$	2.70	2	5.40
1	3.26	$1\frac{1}{2}$	4.89
2	3.74	4	14.96
3	3.85	2	7.70
4	3.85	4	15.40
5	3.85	2	7.70
6	3.85	4	15.40
7	3.43	2	6.86
8	2.58	4	10.32
9	1.25	$1\frac{1}{2}$	1.88
$9\frac{1}{2}$	0.52	2	1.04
10	0	$\frac{1}{2}$	0
			92.45

$$A = 92.45 \times \frac{4.5}{3} = 138.7$$

答 138.7m²

〔例3〕 求如第7圖的船體橫斷面水線下的面積。各縱線的長度分別是 2.25 m，3.40 m，4.30 m，5.32 m，5.90 m，6.24 m，6.40 m；縱線間的間隔是 0.5 m。



第7圖

水線號碼	縱線長度 (m)	辛普森係數	縱線函數
0	2.25	$\frac{1}{3}$	1.13
0.25m 水線	3.40	2	6.80
0.50m 水線	4.30	$1\frac{1}{2}$	6.45
1.00m 水線	5.32	4	21.28
1.50m 水線	5.90	2	11.80
2.00m 水線	6.24	4	24.96
2.50m 水線	6.40	1	6.40
			78.82

$$\text{故所求面積 } A = 78.82 \times \frac{1}{3} \times 0.5 = 13.14$$

答 13.14m²

1.3 辛普森第二法則

在8圖，將壩線AB三等分，等分點分別為E，G。從各點對基線AB畫垂線，與曲線的交點定為D，F，H，C。各縱線AD，EF，GH