

新 中 學 文 庫

船

造

胡 仁 源 著

商 務 印 書 館 發 行

工學小叢書

造船

胡仁源著

商務印書館發行

中華民國二十三年一月初版
中華民國三十六年二月四版

(63203)

工學
小叢書
造船
一冊

定價國幣肆元伍角

印刷地點外另加運費

著者 胡 仁 源

發行人 朱 經 農
上海河南中路

印刷所 商務印書館
印刷廠

發行所 商務印書館
各地

* 版 翻 *
* 權 印 *
* 所 必 *
* 有 究 *

造船

目次

第一章	緒論		一
第二章	船體之計算		五六
第三章	穩定率		一一三
第四章	阻力		一六三

造船

第一章 緒論

浮力，靜水中之壓力，常與水之深度，及其單位容積之重量，成正比例，在華氏表六十二度時，每立方英尺之淡水，重六二·五磅，每立方英尺之鹹水（海水）重六四磅，故在華氏表六十二度時，十英尺深海水之下，每平方英尺面積之壓力，爲一〇乘六四，即六四〇磅。

假想一箱形之立體，浮於靜水面上，四面垂直，而箱底與水面平行時，則四面之壓力，彼此相消，箱底之壓力，與此立體之重量，互相平衡，箱底上每一小部分面積之壓力，常等於此面積之大小（平方英尺數）乘水平面與面積重心之距離（英尺數），再乘每立方英尺水之重量，換而言之，即垂直壓力，等於面積之水平投影，與水之深度，及單位容積之重量三者相乘之積。

但面積投影與水之深度相乘，即等於立體入水之容積，故垂直壓力，常等於與立體入水部分同量容積之水之重量，此容積通常稱為排水量 (displacement) 在靜水中，排水量之重量，即垂直壓力之總和，常與浮於水面物體之重量相等，故通常每稱物體之重量為排水量。

其他任何形狀之物體，其情形亦均與此相同，在入水部分面上之每一點，所有壓力，可以分析為水平與垂直兩部分，前者必須彼此相消，否則將使物體發生移動之傾向，後者之總和，常與物體之重量互相平衡。

因此，欲求浮於水面物體之重量，只須求得其入水部分之容積，而計算與此容積相同之水之重量，或者，反而言之，欲供給浮力，以支持一定重量之物體，必須有一定之入水容積（即排水之容積），其重量與物體之重量相等。

上述定理，亦可以用他種方法證明，假想將浮於水面之物體取出，而將所留下之空穴，以同樣之液體，充滿其中，則必須保持平衡，故物體之重量，必須與貯滿此空穴中之水，即所排去之水之重量，彼此相等。

重心及浮力中心，爲平衡起見，排水容積之重心，必須與垂直壓力之合力，同在於一直線之上，此排水容積之重心，通常稱爲浮力中心 (centre of buoyancy)，並且爲平衡起見，垂直往下之合力，必須與浮力中心，同在一直線之上，因此，如物體往下之力，僅有其本身之重量，則欲求其重心，只須求其排水容積之重心，即浮力中心，反之，欲保持船體之平衡，必須將船上之重量，如此分配，使其重心恰與浮力中心，同在一垂直線之上，

因此，欲知船身在水面上之地位，是否平衡，必須先求得其入水之容積，以及此容積重心之所在。

容積及重心之計算，求立體容積之方法，可以假想將此立體，用相等距離之平行平面，截斷爲若干部分，求得每一截斷面之面積，而以各平面間之距離乘之，則得若干不同之容積，此等容積之總和，即與立體容積，約略相等，兩平面間之距離愈小，則二者之相差，愈益微細，因此物體容積之計算，實不過截斷面積之計算而已。

求得此等截斷面積以後，如以垂直坐標 AA_1, BB_1, CC_1 等代表其數量，再將 A, B, C 等點，

彼此連接，則得截斷平面之曲線，如第一圖，此曲線兩坐標間之面積，即等於立體上兩切斷面間之容積，在每兩坐標之中間，再畫一垂直虛線，如 aa_1, bb_1, cc 等，而完成多數之長方形，如 aa_1b_1b, bb_1c_1c 等，則此等每一長方形之面積，即與兩坐標間之面積，約略相等，故其總和，可以約略代表立體全部之容積，兩坐標間之距離愈小，則其相差愈益微細，因此，計算容積之方法，可以分爲二步，第一，求各切斷面之面積，第二，畫出代表此等面積之曲線，再求得其面積，即得所要之容積。

求平面曲線上面積之方法，有若干種，凡有一定形式之平面曲線，均可以用固定之規則計算，其詳細當於下節述之，在造船學上，所用船體曲線，多係任意造成，以適合於特殊之需要，並無一定形式，故必須有一種規則，可以適用於一般之場合。

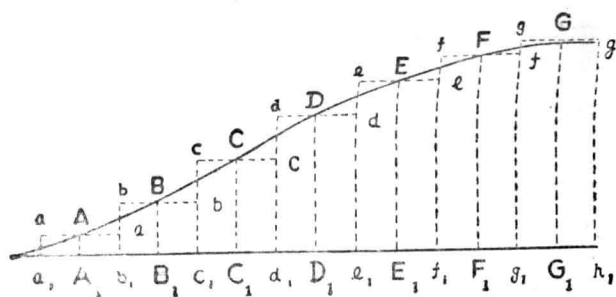


圖 一 第

例如有一曲線，在其上之任何一點，橫縱兩坐標之乘積，永遠成爲常數，則此曲線之方程式，爲 $xy=c$ ， x 爲橫坐標， y 爲縱坐標， c 則爲常數。

此種曲線面積，可以普通之積分方法計算，例如欲求 $x=h$ 與 $x=H$ 兩坐標間之面積，可將此面積分爲若干部分，每兩坐標間之距離極小，設 dx 等於此距離，則每部分之面積，爲 ydx ，總

共面積爲 $\int_h^H ydx$ 因 $xy=c$ 即 $y=\frac{c}{x}$ 故總共面積 $=\int_h^H \frac{c}{x} dx = c \log_e \frac{H}{h}$ 。

依照同樣方法，如曲線之方程式，爲 $y=x^n$ ，則 h 及 H 兩坐標間之面積，等於 $\int_h^H ydx =$

$\int_h^H x^n dx = \left[\frac{x^{n+1}}{n+1} \right]_{x=h}^{x=H} = \frac{H^{n+1} - h^{n+1}}{n+1}$ ，如曲線之方程式爲 $y=ax^2+bx+c$ 則 h 及 H 兩坐

標間之面積，等於 $\int_h^H ydx = \int_h^H (ax^2+bx+c)dx = \left[\frac{ax^3}{3} + \frac{bx^2}{2} + cx \right]_h^H = \frac{a}{3}(H^3-h^3) + \frac{b}{2}$

$(H^2-h^2) + c(H-h)$

一般而論，如曲線之方程爲 $y=f(x)$ 即 y 爲 x 之函數，則 $x=h$ 與 $x=H$ 兩坐標間之面

積，等於 $\int_h^H f(x) dx$ ，如其此函數爲已知之函數，即可以用積分公式計算得之。

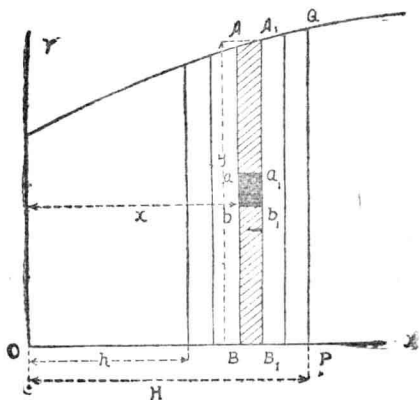
面積之重心，凡面積對於一定軸線之勢量，可以下

列之方法求之，先將面積分爲若干極小之部分，再將每一部分之面積，與其離軸線之垂直距離相乘，此等乘積之總和，即略等於面積對於軸線之總勢量，各部分之分割愈小，則其相差之數，愈益微細，如第二圖所示， abb_1a_1 爲極小之面積 OY 爲軸線，則面積 abb_1a_1 等於 $dx dy$ ，而此面積對於 OY 之勢量，等於 $x dx dy$ ，面積 ABB_1

A_1 對於 OY 之勢量 $= \int_0^{AB} x dx dy$ ，面積 $ONAB$ 對

於 OY 之勢量 $= \int_0^{AB} \int_A^{AB} x dx dy$ ，在此積分中 $x dy$

之限度，爲 O 與 AB ，而後者即等於 y ，故 $\int \int x dx dy = \int xy dx$ ，如曲線之方程式爲 $y = f(x)$ 則



第 二 圖

在 $x=h$ 及 $x=H$ 兩坐標間面積對於軸線 OY 之勢量等於 $\int_h^H xy dx$ ，而其面積則等於 $\int_h^H y dx$ ，

$y dx$ ，設前者爲 M_x ，後者爲 A ，由重心至軸線之距離爲 $\bar{x}$ ，則 $M_x = \int_h^H xy dx$ ， $A = \int_h^H y dx$ ，

$$\bar{x} = \frac{\int_h^H xy dx}{\int_h^H y dx} \quad \text{即} \quad \bar{x} \times \int_h^H y dx = \int_h^H xy dx, \text{ 如軸線經過面積之重心時，則 } \bar{x} \text{ 等於}$$

零，故 $\int_h^H xy dx$ 等於零。

面積對於軸線 OX 之勢量，可以下列方法求之，假想將面積分爲若干細條，每條重心與軸線間之距離爲 $y/2$ ，其勢量等於 $y dx \times \frac{y}{2}$ ，總勢量爲此式之積分，故等於 $\frac{1}{2} \int_h^H y^2 dx$ ，設 M_y 爲

面積對於軸線 OX 之勢量， $\bar{y}$ 爲其重心與軸線 OX 間之距離，則 $\bar{y} = \frac{M_y}{A} = \frac{\int_h^H y^2 dx}{\int_h^H y dx} / 2$

$\int y dx$ ，面積重心之所在，可以由此完全確定。

以上述方法，應用於各種曲線時，其程序如下：（1）曲線之方程式爲 $y = ax^2 + bx + c$ ，

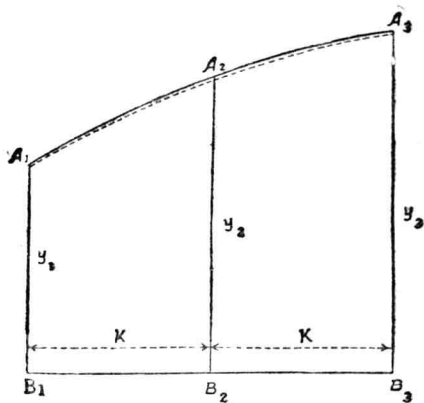


圖 三 第

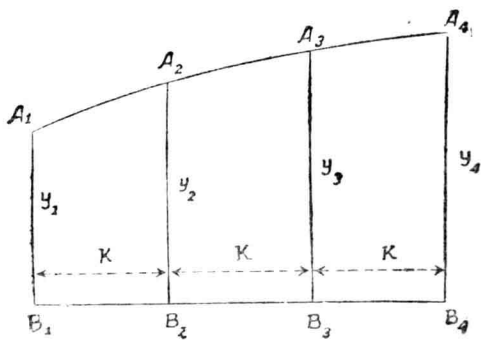


圖 四 第

$$\begin{aligned}
 \bar{M}_x &= \int_h^H xy dx = \int_h^H x (ax^2 + bx + c) dx = \left[\frac{ax^4}{4} + \frac{bx^3}{3} + \frac{cx^2}{2} \right]_h^H = \frac{a}{4} (H^4 - h^4) + \frac{b}{3} (H^3 - h^3) + \frac{c}{2} (H^2 - h^2) + \frac{c}{2} (H^2 - h^2), \\
 A &= \int_h^H y dx = \frac{a}{3} (H^3 - h^3) + \frac{b}{2} (H^2 - h^2) + c(H - h), \\
 \bar{x} &= \frac{\bar{M}_x}{A} = \frac{a}{4} (H^4 - h^4) + \frac{b}{3} (H^3 - h^3) + \frac{c}{2} (H^2 - h^2) \bigg/ \frac{a}{3} (H^3 - h^3) + \frac{b}{2} (H^2 - h^2) + c(H - h), \\
 &h^2) + c(H - h), \quad (11) \text{ 曲線之方程式爲 } y = ax^2 \text{ 如 } h = 0 \text{ 則 } \bar{M}_x = \frac{a}{4} H^4, A = \frac{a}{3} H^3, \\
 \bar{x} &= \frac{\bar{M}_x}{A} = \frac{3}{4} H, \quad \bar{M}_y = \frac{1}{2} \int_0^H y^2 dx = \frac{1}{2} \int_0^H a^2 x^4 dx = \frac{a^2 H^5}{2 \times 5}, \quad \bar{y} = \frac{\bar{M}_y}{A} = \frac{3}{10} a H^2 = \frac{3}{H} y_{10}.
 \end{aligned}$$

普通船體之曲線，多不能以一定之方程式表示，故上述之積分方法，不能直接使用，但若用多數平行坐標，將曲線分爲若干部分，則每部分之曲線，可以假定一種方程式，而不至有極大之差數，在此假定之下，上述方法，可以適用於船體之曲線，造船學上，用以計算面積及重心之規則，種類甚

多，茲特略舉數種如下：

(一) 梯形規則，此規則係假定兩坐標間之曲線，爲一直線即 $y = ax + b$ ，設 $y_1, y_2, \dots$ 爲坐標之長， K 爲兩坐標間之距離，則第一部分之面積等於 $\frac{y_1 + y_2}{2} \times K$ ，第二部分等於

$$\frac{y_2 + y_3}{2} \times K \text{ 以此類推，全部面積則等於各部分之總合，即 } K \times \left\{ \frac{y_1 + y_2}{2} + \frac{y_2 + y_3}{2} + \frac{y_3 + y_4}{2} + \dots \right\} = \frac{K}{2} (y_1 + 2y_2 + 2y_3 + \dots + y_n)。$$

(二) 辛木生氏第一規則，此規則係假定兩坐標間之曲線，爲二次拋物線，即 $y = ax^2 + bx$

$$+ c \text{ 故面積 } A_1 B_1 A_3 B_3 = \int_0^{2K} y dx = \int_0^{2K} (ax^2 + bx + c) dx = \frac{8aK^3}{3} + \frac{4bK^2}{2} + 2cK =$$

$\frac{K}{3} (8aK^2 + 6bK + 6c)$ ，在此式中， a, b, c 爲未知數，可以 y_1, y_2, y_3 等代之如下：

$$\text{設} \quad x=0 \quad y_1=0$$

$$, \quad x=K \quad y_2=aK^2+bK+c$$

$$, \quad x=2K \quad y_3=4aK^2+2bK+c \quad \text{以四乘 } y_2 \text{ 與 } y_1, y_3 \text{ 相加}$$

則得 $y_1+4y_2+y_3=8aK^2+6bK+6c$ 即 $\int_0^{2K} y dx = \frac{K}{3} (y_1+4y_2+y_3)$ 將此規則，適用於

全部曲線，則面積 $A_1 B_1 A_n B_n = \frac{K}{3} (y_1+4y_2+2y_3+4y_4+\dots y)$ 用此規則時，因第三坐標，

為積分之終點，故必須單數。

(三) 辛木生氏第二規則，此規則係假定兩坐標間之曲線，亦為二次拋物線，即 $y=ax^2$

$$+bx+c, \text{ 面積 } A_1 B_1 B_4 A_4 = \int_0^{3K} y dx = \int_0^{3K} (ax^2+bx+c) dx = 9aK^3 + \frac{9}{2} bx^2 + K =$$

$$\frac{3}{8} K(2+9aK^2+12bK+8c), \text{ 此式中之 } a, b, c \text{ 等為未知數，可以已知 } y_1, y_2, y_3, y_4 \text{ 等代}$$

之如下：

設

$$x=0$$

$$y_1=$$

0

$$x=K$$

$$y_2 = aK^2 + bK + c$$

$$x=2K$$

$$y_3 = 4aK^2 + 2bK + c$$

$$x=3K$$

$$y_4 = 9aK^2 + 3bK + c$$

以三乘 y_2, y_3 與 y_1, y_4

相加則得 $y_1 + 3y_2 + 3y_3 + y_4 = 24aK^2 + 12aK + 8c \therefore \frac{3}{8}(y_1 + 3y_2 + 3y_3 + y_4) = \int_0^{3K} y dx =$

面積 $A_1 B_1 B_4 A_4$ 一般之場合，如坐標之數為 n 則曲線面積 $= \frac{3}{8} (y_1 + 3y_2 + 3y_3 + 2y_4$

$+ 3y_5 + 3y_6 + 2y_7 + \dots + y_n)$ 此式中之 n 等於 $3p+1$, p 為整數。

如假定此曲線之方程式為三次拋物線，即 $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$ ，亦可以用同樣方法證明，面積 $A_1 B_1 B_n A_n$ 等於上述公式。

謝拜格夫氏規則，上述各種規則，各坐標間之距離，均係彼此相等，雖有時為精密起見，於兩坐標間再加一中間坐標，然其距離，仍等於共同距離之一半，或其他倍數，謝氏規則則截然不同，其坐

