

書叢小學工

船 造

著 源 仁 胡

行發館書印務商

工學小叢書

造 船

胡仁源 著

3886

商務印書館發行

中華民國二十三年一月初版
中華民國三十四版

(63203)

小學叢書

船

定價



印刷地點外另加運費

著者 胡

源

發行人

朱

上海

農

印刷所

商務印

館廠

發行所

商務各

印

書

館

* 有 所 權 版 *

ワ

ホ

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_1 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。

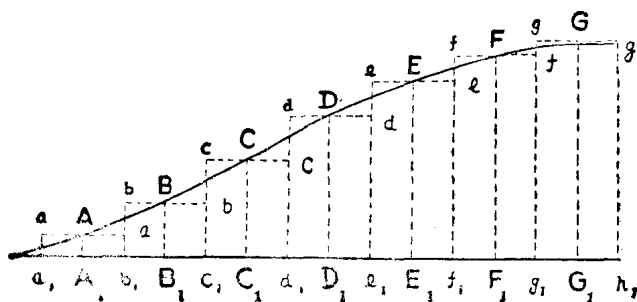


圖 一

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 $\int_h^H ydx =$

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

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

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

一般而論，如曲線之方程式爲 $y=f(x)$ 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 $(x dx) dy$ ，而此面積對於 OY 之勢量，等於 $x dx dy$ ，面積 ABB_1A_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 $\iint x dx dy = \int xy dx$ ，如曲線之方程式爲 $y = f(x)$ 則

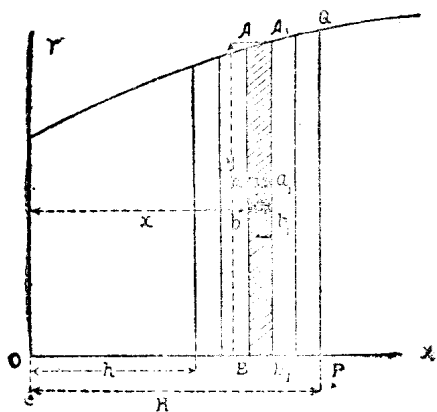


圖 二 第

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 $\int_h^H y dx$ ，設前者為 M_x ，後者為 A ，由重心至軸線之距離為 $\bar{x}$ ，則 $M_x = \int_h^H xy dx$ ， $A = \int_h^H y dx$ ， $\bar{x} = \frac{M_x}{A}$ ，故 $\int_h^H xy dx = \bar{x} \times \int_h^H y dx = \bar{x} \times A$ ，如軸線經過面積之重心時，則 $\bar{x}$ 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，假想將面積分為若干細條，每條重心與軸線間之距離為 $y-2$ ，其勢量等於 $y dx \times \frac{y}{2}$ ，總勢量為此式之積分，故等於 $\frac{1}{2} \int_h^H y^2 dx$ ，設 M_y 為面積對於軸線 OX 之勢量， $\bar{y}$ 為其重心與軸線 OX 間之距離，則 $\bar{y} = \frac{M_y}{A} = \frac{\frac{1}{2} \int_h^H y^2 dx}{\int_h^H y dx}$ ，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：（一）曲線之方程式為 $y = ax^2 + bx + c$ ，

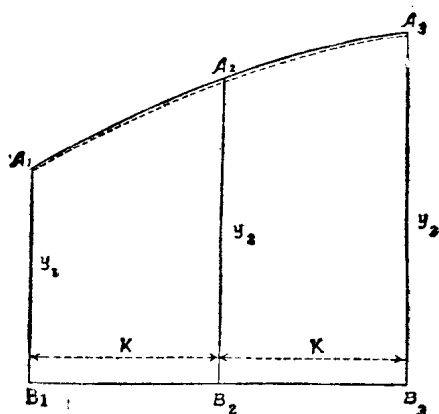


圖 三 第

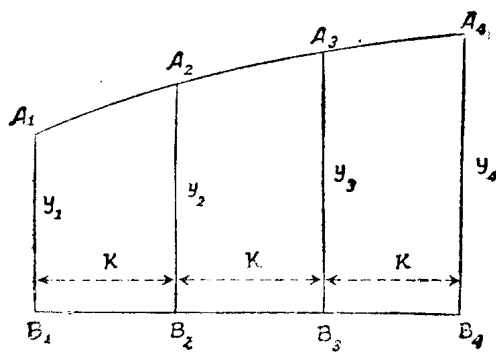


圖 四 第

$$\begin{aligned} \text{取 } M_x &= \int_h^H xy dx = \int_h^H x (ax^2 + bx + c) dx = \left[\frac{ax^4}{4} + \frac{bx^3}{3} + \frac{cx^2}{2} \right]_h^H = \frac{a}{4} (H^4 - h^4) + \frac{b}{3} (H^3 - h^3) + \frac{c}{2} (H^2 - h^2), \\ A &= \int_h^H y dx = \frac{a}{3} (H^3 - h^3) + \frac{b}{2} (H^2 - h^2) + c(H - h), \\ \bar{x} &= \frac{M_x}{A} = \frac{\frac{a}{4} (H^4 - h^4) + \frac{b}{3} (H^3 - h^3) + \frac{c}{2} (H^2 - h^2)}{\frac{a}{3} (H^3 - h^3) + \frac{b}{2} (H^2 - h^2) + c(H - h)}, \\ \text{取 } h &= 0 \text{ 則 } M_x = \frac{a}{4} H^4, A = \frac{a}{3} H^3, \\ \bar{x} &= \frac{M_x}{A} = \frac{\frac{a}{4} H^4}{\frac{a}{3} H^3} = \frac{3}{4} H, \quad \bar{y} = \frac{1}{2} \int_0^H y^2 dx = \frac{1}{2} \int_0^H a^2 x^4 dx = \frac{a^2 H^5}{2 \times 5}, \quad \bar{y} = \frac{M_y}{A} = \frac{3}{10} a H^2 = \frac{3}{10} H y_1. \end{aligned}$$

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，將曲線分為若干部分，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，為一直線即 $y = ax + b$ ，設 $y_1, y_2, \dots$ 為坐標之長， K 為兩坐標間之距離，則第一部分之面積等於 $\frac{y_1 + y_2}{2} \times K$ ，第二部分，等於

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

(二) 辛木生氏第一規則，此規則係假定兩坐標間之曲線，為二次拋物線，即 $y = ax^2 + bx$

$$+ c \text{ 故面積 } A_1 B_1 A_3 B_3 = \int_0^{2K} y dx = \int_0^{2K} (ax^2 + bx + c) dx = \frac{8aK^3}{3} + \frac{4bK^2}{2} + 2cK = \frac{K}{3} (8aK^2 + 6bK + 6c), \text{ 在此式中, } a, b, c \text{ 爲未知數, 可以 } y_1, y_2, y_3 \text{ 等代之如下:}$$

$$\text{設} \quad x=0 \quad y_1=0$$

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

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

則得 $y_1+4y_2+y_3=8aK^2+6bK+3c$ 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 $A_1 B_1 A_n B_n = \frac{K}{3} (y_1+4y_2+2y_3+4y_4+\dots+y_n)$ 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 $y=ax^2$

$$+bx+c, \text{ 面積 } A_1 B_1 A_n B_n = \int_0^{8K} y dx = \int_0^{8K} (ax^2+bx+c) dx = 9aK^3 + \frac{9}{2} bK^2 + K =$$

$\frac{3}{8} K(24aK^2+12bK+8c)$ ，此式中之 a, b, c 等為未知數，可以已知 y_1, y_2, y_3, y_4 等代之如下：

$$\text{設 } x=0 \quad y_1=0$$

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

$$x=2K \quad y_3=4aK^2+2bK+c$$

$$x=3K \quad y_4=9aK^2+3bK+c \quad \text{以三乘 } y_2, y_3 \text{ 與 } y_1, y_4$$

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

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

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

如假定此曲線之方程式爲三次拋物線, 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。

謝拜楷夫氏規則, 上述各種規則, 各坐標間之距離, 均係彼此相等, 雖有時爲精密起見, 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

標間之距離，彼此不等，而與曲線底邊之長短，成爲一定比例，用此規則時，曲線之面積，可用各種不同數目之坐標計算之，普通所用坐標之數，爲 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 以及其他之任何數目及倍數。

下表所列，爲各坐標與曲線中點之距離，其單位爲曲線底邊之長之半數 ($1/2$)。

2	3	4	5	6	7	8	9	10
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	•9162
.....	.....	.....	.....	.....	.....	•8974	•91159	•6873
.....	.....	.....	.....	•8662	•88386	•5938	•60102	•5000
.....	.....	•794654	•8325	•4225	•52966	•4062	•52876	•3127
•677350	•707107	•187592	•3745	•2666	•32391	•1026	•16791	•0838
.....	•000000	.....	•0000	.....	•00000	.....	•00000	.....
•577350	•707107	•187592	•3745	•2666	•32391	•1026	•16791	•0838
.....	.....	•794654	•8325	•4225	•52966	•4062	•52876	•3127
.....	.....	.....	.....	•8662	•88386	•5938	•60102	•5000
.....	.....	.....	.....	.....	.....	•8974	•91159	•6873
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	•9162

依照上表所列，在相當地位，各畫一垂直線，量其長短，依次相加，再將其總和，與底邊之長相乘，而以所有直線之數除之，即得所要之面積。