萬有文庫

第一集一千種

王雲五主編

造船

胡仁源著

商務印書館發行

造船

胡仁源著

工學小叢書

王雲五主編

萬有文庫

第一集一千種

造船

胡仁源著

發行人 王雲五 上海河南路

印刷所 商務印書館 上海河南路

發行所 商務印書館 上海及各埠

中華民國二十二年十二月初版

The Complete Library
Edited by
Y. W. WONG

SHIP BUILDING

BY HU JÊN YÜAN

PUBLISHED BY Y. W. WONG
THE COMMERCIAL PRESS, LTD.
Shanghai, China
1933

萬有文庫

第一集一千種

總編纂者
王雲五

商務印書館發行

造船

目次

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，卽六四〇磅。

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，卽垂直壓力，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，此容積通常稱爲排水量(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爲排水量。

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，可以分析爲水平與垂直兩部分，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 bouyancy)，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，卽浮力中心，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，

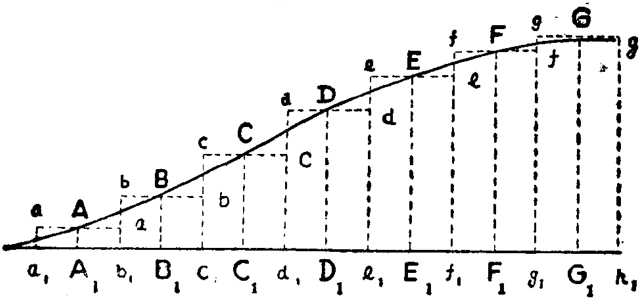
因此，欲知船身在水面上之地位，是否平衡，必須先求得其入水之容積，以及此容積重心之所在。

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，卽與立體容積，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 $aa_1 ab_1, bb_1, bc_1$ 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，可以分為二步，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。



第一圖

例如有一曲線，在其上之任何一點，橫縱兩坐標之乘積，永遠成為常數，則此曲線之方程式為 $xy=c$，x 為橫坐標，y 為縱坐標，c 則為常數。

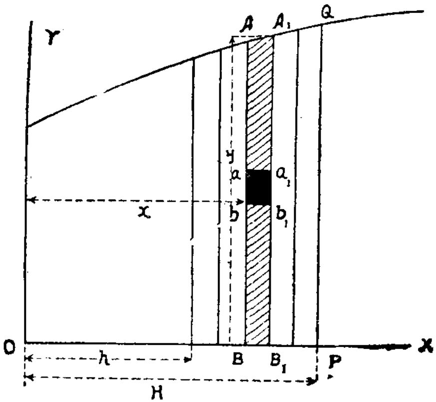
此種曲線面積，可以普通之積分方法計算，例如欲求 $x=h$ 與 $x=H$ 兩坐標間之面積，可將此面積分為若干部分，每兩坐標間之距離極小，設 dx 等於此距離，則每部分之面積為 ydx，總共面積為 $\int_h^H ydx$ 因 $xy=c$ 即 $y=\frac{c}{x}$ 故總共面積 $=\int_h^H \frac{c}{x}dx=c\log_e\frac{H}{h}$。

依照同樣方法，如曲線之方程式為 $y=x^n$，則 h 及 H 兩坐標間之面積，等於 $\int_h^H ydx=\int_h^H x^n dx=\left[\frac{x^{n+1}}{n+1}\right]_{x=h}^{x=H}=\frac{H^{n+1}-h^{n+1}}{n+1}$，如曲線之方程式為 $y=ax^2+bx+c$ 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，如曲線之方程為 $y=f(x)$ 即 y 為 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，卽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，卽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$dxdy$，而此面積對於 OY 之勢量，等於 $xdxdy$，面積 ABB_1A_1 對於 OY 之勢量$=\int_0^{AB} xdxdy$，面積 ONAB 對於 OY 之勢量$=\int_0^{AB}\int_A^{AB} xdxdy$，在此積分中 xdy 之限度，爲 O與 AB，而後者卽等於 y故$\iint xdxdy=\int xydx$ 如曲線之方程式，爲 $y=f(x)$則

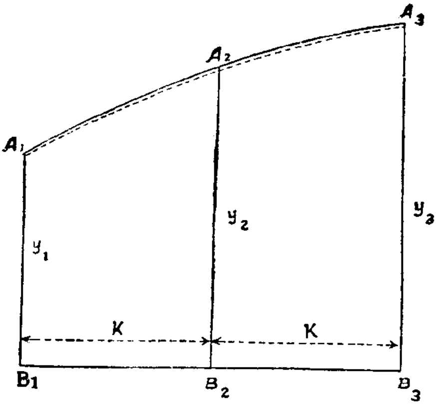


第二圖

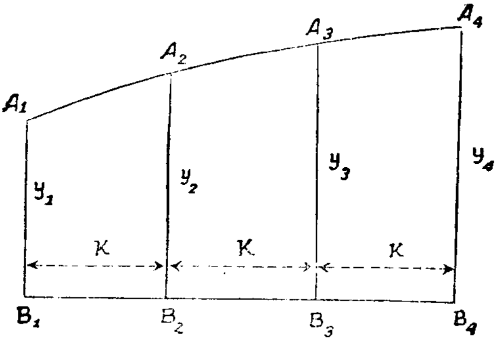
在 $x=h$ 及 $x=H$ 兩坐標間面積對於軸線 OY 之勢量，等於 $\int_h^H xydx$，而其面積則等於 $\int_h^H ydx$，設前者爲 M_x，後者爲 A，由重心至軸線之距離爲 $\bar{x}$，則 $M_x=\int_h^H xydx$，$A=\int_h^H ydx$，$\bar{x}=\int_h^H xydx \Big/ \int_h^H ydx$ 即 $\bar{x}\times\int_h^H ydx=\int_h^H xydx$，如軸線經過面積之重心時，則 $\bar{x}$ 等於零，故 $\int_h^H xydx$ 等於零。

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 $ydx\times\frac{y}{2}$，總勢量爲此式之積分，故等於 $\frac{1}{2}\int_h^H y^2dx$，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 $\bar{y}=\frac{M_y}{A}=\int_h^H y^2dx \Big/ 2\int ydx$，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，爲 $y=ax^2+bx+c$，



第三圖



第四圖

則 $M_x=\int_h^H xydx=\int_h^H x\,(ax^2+bx+c)dx=\left[\frac{ax^4}{4}+\frac{bx^3}{3}+\frac{cx^2}{2}\right]_h^H=\frac{a}{4}(H^4-h^4)+\frac{b}{3}(H^3-h^3)+\frac{c}{2}(H^2-h^2)$，$A=\int_h^H ydx=\frac{a}{3}(H^3-h^3)+\frac{b}{2}(H^2-h^2)+c(H-h)$，

$\bar{x}=\frac{M_x}{A}=\frac{a}{4}(H^4-h^4)+\frac{b}{3}(H^3-h^3)+\frac{c}{2}(H^2-h^2)\Big/\frac{a}{3}(H^3-h^3)+\frac{b}{2}(H^2-h^2)+c(H-h)$，（二）曲線之方程式為 $y=ax^2$ 如 $h=0$ 則 $M_x=\frac{a}{4}H^4$，$A=\frac{a}{3}H^3$，

$\bar{x}=\frac{M_x}{A}=\frac{3}{4}H$，又 $M_y=\frac{1}{2}\int_0^H y^2dx=\frac{1}{2}\int_0^H a^2x^4dx=\frac{a^2H^5}{2\times5}$，$\bar{y}=\frac{M_y}{A}=\frac{3}{10}aH^2=\frac{3}{H}y_1$。

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，爲一直線卽 $y=ax+b$，設 $y_1, y_2\cdots\cdots$ 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 $\frac{y_2+y_3}{2}\times K$ 以此類推，全部面積則等於各部分之總合，卽 $K\times\left\{\frac{y_1+y_2}{2}+\frac{y_2+y_3}{2}+\frac{y_3+y_4}{2}+\cdots\cdots\right\}=\frac{K}{2}(y_1+2y_2+2y_3+\cdots\cdots\cdots+y_n)$。

（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，卽 $y=ax^2+bx+c$ 故 面積 $A_1B_1A_3B_3=\int_0^{2K}ydx=\int_0^{2K}(ax^2+bx+c)dx=\frac{8aK^3}{3}+\frac{4bK^2}{2}+2cK=\frac{K}{3}(8aK^2+6bK+6c)$，在此式中，$a, b, c$ 爲未知數，可以 y_1, y_2, y_3 等代之如下：

設 $x=0$ $y_1=c$

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

,, $x=2K$ $y_3=4aK^2+2bK+c$ 以四乘 y_2 與 y_1 y_3 相加

則得 $y_1+4y_2+y_3=8aK^2+6bK+6c$ 卽 $\int_0^{2K} ydx=\frac{K}{3}(y_1+4y_2+y_3)$ 將此規則，適用於全部曲線，則 面積 $A_1\ B_1\ A_n\ B_n=\frac{K}{3}(y_1+4y_2+2y_3+4y_4\cdots\cdots y)$ 用此規則時，因第三坐標，爲積分之終點，故 n 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，亦爲二次拋物線，卽 $y=ax^2+bx+c$，面積 $A_1\ B_1\ B_4\ A_4=\int_0^{3K} ydx=\int_0^{3K}(ax^2+bx+c)\,dx=9aK^3+\frac{9}{2}bx^2+K=\frac{3}{8}K(24aK^2+12bK+8c)$，此式中之 a，b，c 等爲未知數，可以已知 y_1，y_2，y_3，y_4 等代之如下：

設 $x=0 \qquad y_1= \qquad\qquad c$

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

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

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

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

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$=\frac{3}{8}\ (y_1+3y_2+3y_3+2y_4+3y_5+3y_6+2y_7+\cdots\cdots\cdots+y_n)$ 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，卽 $y=ax^3+bx^2+cx+d$，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