流體力學講義

第　一　回

501020-1

社團法人 考友社 出版發行

第一講　流體靜力學

命題重點

一、流體：

(一)固態、液態及氣態合稱為物質三態：

1. 固態：

有固定體積，而其內之分子均排列整齊，不得隨意移動。

2. 液態：

有固定體積，而其內之分子可在保持其分子間距的條件下隨意移動。

3. 氣態：

無一定體積，可充滿任何容器，其內之分子作直線運動，於碰壁或互撞時才反射回來。

(二)液態及氣態因易於流動，且能隨容器之不同而改變其型態，故合稱為流體。

(三)流體亦可定義為可產生連續性變形的物質；因此流體必定受到剪應力的作用，而不論此剪應力是多麼的小。

(四)一般而言，流體可視為不可承受拉力。

二、絕對壓力與相對壓力：

(一)絕對壓力：

壓力之度量以其與完全真空（complete vacuum）之差表示時，謂之絕對壓力。

(二)相對壓力：

壓力之度量以其與當地大氣之差表示時，謂之相對壓力。

三、重心與壓力中心

(一)重心：

物體自重的合力作用點，謂之重心。

(二)壓力中心：

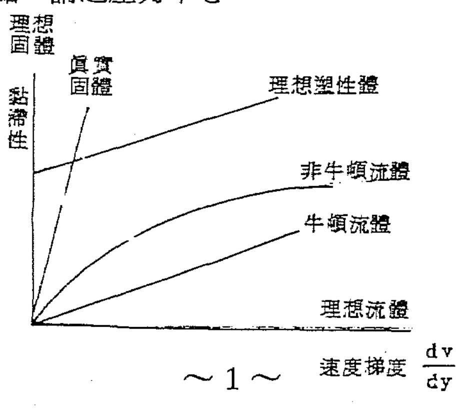
液態壓力之合力作用點，謂之壓力中心。

四、流體的種類：

(一)理想流體：

1. 無黏滯性。

2. 無壓縮性。



㈡真實流體。

1.具黏滯性。

2.具壓縮性。

㈢滯性流體：

流體之流動具有黏滯性者。

㈣牛頓流體：

滯性流體之動力黏滯性為定值者。

㈤非牛頓流體：

滯性流體之剪應力τ和$\frac{dv}{dy}$之變化率呈非線性者。

五表面張力（surface tension）：

㈠在液體與氣體的境界面處，或在自由液面上形成之一層薄膜，由於此薄膜而生的張力，表面張力乃流體單位表面積所需做的功。

㈡球形體表面張力$\sigma=\frac{Pr}{2}$

㈢圓柱體表面張力$\sigma=Pr$

六毛細管現象和黏滯性：

㈠毛細管現象：

由於表面張力、流體內聚力和流體對管壁的附著力，流體會上升或下降之現象，謂之毛細管現象。

㈡黏滯性：

流體抵抗剪力之力。

七水力坡線：

沿一管系以管長方向距離為橫座標，以各點之$\frac{P}{r}+z$為縱座標，所繪出之曲線謂之水力坡線。

八氣體性質：

㈠容積彈性係數K：

流體（適用於氣體及液體，但液體壓縮率甚小幾可忽略）單位體積當壓力增加dP，體積縮小dV，若流體原體積為V，則

$$K=-\frac{dP}{dV/V}$$

(二)完全氣體定律：$P=\rho RT$

式中T為絕對溫度（° F+460），R為氣體常數其單位如下：

1.當ρ為 $\dfrac{slug}{ft^3}$ $\dfrac{\ell b}{ft^2}\times\dfrac{ft^3}{slug^\circ R}=\dfrac{ft-\ell b}{slug^\circ R}$

2.當ρ為 $\dfrac{\ell b_m}{ft^3}$ $\dfrac{\ell b}{ft^2}\times\dfrac{ft^3}{\ell b_m{}^\circ R}=\dfrac{ft-\ell b}{\ell b_m{}^\circ R}$

3.若V_s表一摩爾的體積，則完全氣體定律可寫為

$$PV_S=MRT$$

4.M為克分子量，MR的乘積稱之為普通氣體常數，其值與選用的單位有關，即

$$MR=1545\ \frac{ft-\ell b}{\ell b_m\text{-mole}-^\circ R}$$

$$\text{得到}R=\frac{1545}{M}\ \frac{ft-\ell b}{\ell b_m{}^{-\circ} R}$$

$$\text{或 }R=\frac{1545\times 32.2}{M}\ \frac{ft-\ell b}{slug^\circ R}$$

(三)氣體定律 $\dfrac{P_1V_1}{T_1}=\dfrac{P_2V_2}{T_2}$

(四)等熱（定溫）情況上式（因$T_1=T_2$）$P_1V_1=P_2V_2$

此時容積彈性係數K為　$K=P$

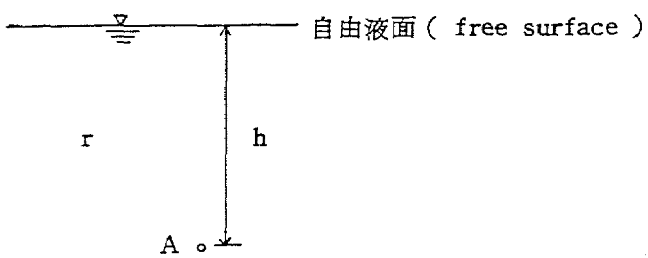
(五)絕熱（等熵）情況　　$P_1V_1{}^n=P_2V_2{}^n$

$$\text{且 }\frac{T_2}{T_1}=\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}$$

而容積彈性係數為　　$K=nP$

(六)壓縮率β：容積彈性係數之倒數　　$\beta=\dfrac{1}{K}$

六液面下壓力：



(一)$P_A=r\cdot h=\rho gh$

(二)在液面下h深度之相對壓力為$P=\rho gh$，且為等向性。

十、壓力與高程的關係：

㈠一般而言：

絕對大氣壓力＝00 KN/m^2

㈡於可壓縮性流體：

$$\frac{dP}{dz}=-r$$

1.Z＝自下往上起算之的高程

2.P＝壓力

3.r＝單位重

㈢於不可壓縮性流體：

1.$\frac{P}{r}+z$＝定值

即　$P+rZ$＝定值

2.對於同液體之不同位置的二點

$$\frac{P_1}{r}+z_1=\frac{P_2}{r}+z_2$$

即$P_1+z_1=P_2+z_2$

或$P_2=P_1+r(z_1-z_2)$………①

㈣利用①式，可測得容器內任一點之壓力。

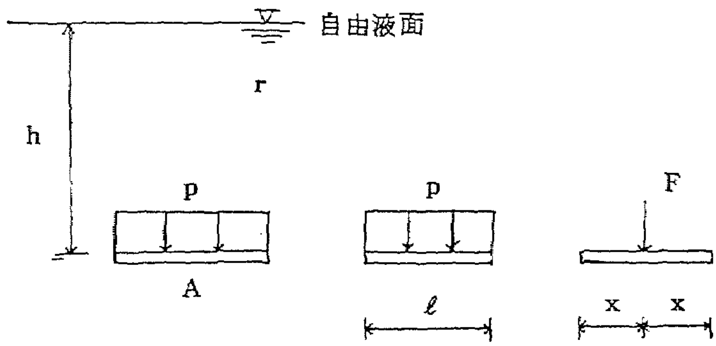
十一、平面面積上的力：

㈠水平表面：

1.$p=r\cdot h=\rho gh$

2.$F=PA$

$x=\frac{\ell}{2}$

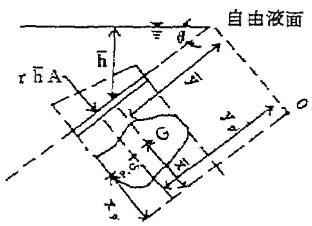


㈡傾斜表面：

1.合力$F=r\bar{h}A$

2.$x_p=\frac{I_{xy}}{yA}+x$，$y_p=\frac{I_G}{yA}+y$。

若表面為對稱，則$I_{xy}=0$，得$x_p=x$。



精 選 試 題

一若某體積5.66m^3之油重46860 N，試計算其單位重r、密度ρ及比重s。

【解】(一)$r=\dfrac{W}{V}=\dfrac{46860}{5.66}=8279.15\ N/m^3$

(二)$\rho=\dfrac{r}{g}=\dfrac{8279.15}{9.81}=843.95\ kg/m^3$

(三)$s=\dfrac{\rho}{\rho_{水}}=\dfrac{843.95}{1000}=0.844$

二一物體重90ℓb和一面積2 ft^2之平板，同由一有潤滑油的斜面下滑，斜面與水平成30°，滑油的黏滯性爲100厘泊，該物體滑下之速度爲3 ft／sec，求滑油膜的厚度。

【解】已知du＝3ft/sec

$$\tau=\frac{F}{A}=\frac{90\sin 30^\circ}{2}=22.5\ \ell b/ft^2$$

$$\mu=100\ \text{centipoise}=1\ \text{poise}=\frac{1}{479}\ \frac{\ell b-sec}{ft^2}$$

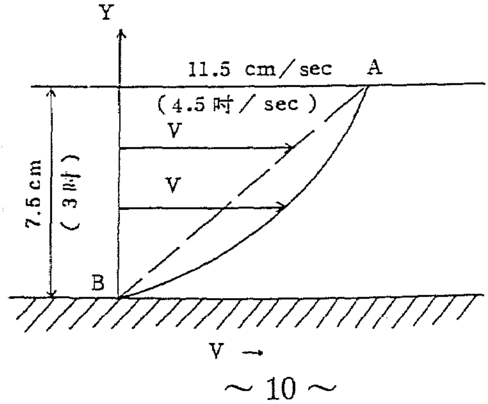
$$厚度dy=\mu\frac{du}{\tau}=\frac{1}{479}\times\frac{3}{22.5}$$

$$=2.78\times10^{-4}ft(\text{or }3.34\times10^{-3}\ in)$$

三參考圖示，流體之絕對黏性係數爲0.05 N−sec/m^2（0.0010 lb-sec/ft^2），比重爲0.913，試計算邊界及離邊界處2.5m（1吋），5cm（2吋）和7.5cm（3吋）處之速度梯度和剪力強度，假設：

(一)直線之速度分佈。

(二)拋物線之速度分佈，此拋物線之頂點爲A，原點爲B。



【解】(一)直線之速度分佈

$\because$ $V=ay+b$

令 $V(0)=0$

$\Rightarrow$ $0=b$

$V(7.5)=11.5$

$\Rightarrow$ $11.5=7.5\ a$

$\Rightarrow$ $a=1.53$

$\therefore$ $V=1.53\ y$

$$\Rightarrow \quad \tau=\mu\frac{dV}{dy}=(0.05)(1.53)$$

$=0.0765\ N/m^2$

(二)拋物線之速度分佈

$\because$ $V=ay^2+by+c$

令 $V(0)=0$

$\Rightarrow$ $0=c$

$V(7.5)=11.5$

$\Rightarrow$ $11.5=56.25\ a+7.5\ b$

$$\left.\frac{dV}{dy}\right|_{7.5}=0$$

$\Rightarrow$ $0=15\ a+b$

解得

$a=-0.204$，$b=3.06$，$c=0$

$\therefore$ $V=-0.204\ y^2+3.06y$

$$\Rightarrow \quad \tau=\mu\frac{dV}{dy}$$

$=(0.05)(-0.408\ y+3.06)$

$=-0.0204\ y+0.153$

四半徑0.4 ft之圓筒於0.42 ft半徑之固定圓筒中，兩筒同心轉動，其筒長均為1 ft，假如有一力矩0.65 ℓb-ft來維持內筒60rpm之角速度，求兩筒間液體之黏滯性。

【解】(一)內筒角速度60 rpm，因此內筒外緣處之處切線速度為

$$u_{內}=\omega r=60\times\frac{2\pi}{60}\times 0.4=2.51\ ft/sec$$

且$0.65=\tau(2\pi rL)\times r$可得$\tau=0.1034/r^2$