

418

流體靜力學詳解

R. H. F. 保 著

711

曉園出版社
世界圖書出版公司

内 容 简 介

本书是 R. H. F. 保著《流体力学》一书的习题详解

流体静力学详解

R. H. F. 保 原著

陈昆生 译著

*

晓园出版社出版

世界图书出版公司北京重印

北京朝阳门内大街 137 号

新燕印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1992 年 10 月第一版 开本: 850 × 1168 1/32

1992 年 10 月第一次印刷 印张: 7.5

印数: 0001—1750

ISBN: 7-5062-1322-2/TK · 1

定价: 5.10 元 (W_B9201/21)

世界图书出版公司通过中华版权代理公司向晓园出版社购得重印权
限国内发行

前 言

研習理工的同學，都有一種認識，那就是：一本書的習題往往是該書的精華所在，藉着習題的印證，才能對書中的原理原則澈底的吸收與瞭解。

有鑒於此，曉園出版社特地聘請了許多在本科上具有相當研究與成就的人士，精心出版了一系列的題解叢書，為各該科目的研習，作一番介紹與鋪路的工作。

一個問題的解答方法，常因思惟的角度而異。曉園題解叢書，毫無疑問的都是經過一番精微的思考與分析而得。其目的在提供對各該科目研讀時的參考與比較；而對於一般的自修者，則有啓發與提示的作用。希望讀者能藉着這一系列題解叢書的幫助，而在本身的學問進程上有更上層樓的成就。

流體靜力學詳解

(目 錄)

第二章	流體靜力學.....	1
第三章	流體運動學.....	23
第四章	流體動力學.....	39
第五章	流體粘滯性及真實流體之流動.....	79
第六章	因次分析與模型相似性.....	99
第七章	封閉導管中不可壓縮流體的流動.....	115
第八章	流體之可壓縮性及可壓縮之流體.....	161
第九章	浸入物體之流動.....	187
第十章	動力浮昇.....	205
第十一章	明渠之液體流.....	213



103188

第二章 流體靜力學

- 2-1 試決定氮氣在 40°F 時的壓力，其密度為 $0.019 \text{ slug} / \text{ft}^3$ ，
 $t = 40^{\circ}\text{F}$ ， $\rho = 0.019 \text{ slug} / \text{ft}^3$

解： $R = 55.17 \frac{\text{ft}\cdot\text{lb}}{\text{lb}\cdot^{\circ}\text{R}}$ (from Table 2-1)

$$P = \rho RT = 0.019 \left(\frac{\text{slug}}{\text{ft}^3} \right) \cdot 55.17 \left(\frac{\text{ft}\cdot\text{lb}}{\text{lb}\cdot^{\circ}\text{R}} \right) \cdot 500^{\circ}\text{R}$$

1 slug = 32.2 lb (代入)

$$P = 16876.5 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2} = 117.2 \text{ psi}$$

- 2-2 一球形氣球在 70°F ，14.7 psia 下能容納 10,000 ft^3 的氮氣，
 計算在氣球內氮氣的總質量。

解： $V = 10,000 \text{ ft}^3$ ， $t = 70^{\circ}\text{F}$

$P = 14.7 \text{ lb} / \text{in}^2$ ， $R = 386 \text{ ft}\cdot\text{lb} / \text{lb}\cdot^{\circ}\text{R}$

$p = \rho gRT$ from Table 2-1

$$\rho = \frac{P}{gRT} = \frac{14.7 \times 144}{32 \times 386 \times (460 + 70)} = \frac{2120}{6540000}$$

$$= 0.0003241 \text{ slug} / \text{ft}^3$$

$$M = \rho V = 0.0003241 \times 10000 = 3.241 \text{ slug}$$

- 2-3 有一桶在壓力 100 psia 及溫度 90°F 下容納空氣的質量，假若壓力
 降至 40 psia；而溫度為 70°F 時，試求空氣質量漏出的百分比？

解： $P_1 = 100 \text{ lb} / \text{in}^2$ ， $T_1 = 90^{\circ}\text{F}$

$P_2 = 40 \text{ lb} / \text{in}^2$ ， $T_2 = 70^{\circ}\text{F}$

$P_1 = \rho_1 gRT_1$ ， $P_2 = \rho_2 gRT_2$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{P_1}{P_2} \frac{T_2}{T_1} = \frac{100}{40} \times \frac{460 + 70}{460 + 90} = 2.409$$

$$\therefore \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\% = \frac{\rho_1 V - \rho_2 V}{\rho_1 V} \times 100\%$$

103188₁

$$= \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_1}\right) \times 100\%$$

$$= (1 - 1/2.409) \times 100\% = 59\%$$

2-4 有一空氣質量在 14.7 psia 68°F 下：壓縮至原來體積的 $\frac{1}{4}$ ，計算其最後的壓力：(a) 假使溫度沒有改變；(b) 若沒有熱量之傳遞；(c) (b) 情況最後溫度為何？

解： $P_1 = 14.7 \text{ lb/in}^2$ ， $T_1 = 68^\circ\text{F}$ ， $V_2 = \frac{1}{4} V_1$

(a) $T = C$ 下，

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2} = \frac{14.7 V_1}{\frac{1}{4} V_1} = 58.8 \text{ lb/in}^2$$

(b) 絕熱情況下，假設其為可逆絕熱，則 $n = 1.4$ 。

$$\frac{P}{T^n} = C, P_1 = C T_1^n = C \left(\frac{1}{V_1}\right)^n$$

$$P_2 = C \left(\frac{1}{V_2/4}\right)^n = 4^n P_1 = 4^{1.4} \times 14.7 = 102.3 \text{ psia}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}, \quad \frac{14.7 \times V_1}{460 + 68} = \frac{102.3 \times V_1 / 4}{460 + T_2}$$

$$\therefore T_2 = 458.6^\circ\text{F}$$

2-5 空圓形桶有 1 ft 直徑 4 ft 高，皮重為 50.5 lb，在 250 psia 和 70°F 下充滿壓縮氧氣，其總重為多少？

解： $V = (0.5)^2 \pi \times 4 = 3.14 \text{ ft}^3$ ， $P = 250 \text{ lb/in}^2$

$$T = 70^\circ\text{F}, R = 48.3 \text{ ft-lb/lb-lb-}^\circ\text{R}$$

$$P = \rho g R T$$

$$P = \gamma R T$$

$$\gamma = \frac{P}{R T} = \frac{250 \times 144}{48.3 \times 530} = 1.409 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

$$W_o = \gamma V = 1.409 \times 3.14 = 4.42 \text{ lb}$$

$$W_t = W_o + W_r = 50.5 + 4.42 = 54.92 \text{ lb}$$

2-6 試決定兩等溫點，壓力讀數分別為 8.5 psia 及 12.4 psia，及高程差為何？在海面的大氣情況為 14.7 psia 和 68°F 下。

$$\begin{aligned}\text{解: } Z_1 - Z_2 &= RT_0 \ln \frac{P_1}{P_2} = 53.3 \times (68 + 460) \times \ln \frac{12.4}{8.5} \\ &= 10627 \text{ ft}\end{aligned}$$

2-7 若大氣屬復變性 (polytropic) $n=1.235$ ，再解習題 2-6。

$$\text{解: } Z_2 - Z_1 = \frac{n}{n-1} \frac{P_1}{\gamma_1} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{n-1/n} \right] \quad \text{式 (2-7)}$$

$$\gamma_1 = \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{1/n} \quad \gamma_0 = \left(\frac{12.4}{14.7} \right)^{1/n} \gamma_0,$$

$$\gamma_0 = \frac{P_0}{RT_0} = \frac{14.7 \times 144}{53.3 \times 528} = 0.075 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}, \quad \gamma_1 = 0.0653 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

$$\begin{aligned}Z_2 - Z_1 &= \frac{1.235}{0.235} \left(\frac{12.4 \times 144}{0.0653} \right) \left[1 - \left(\frac{8.5}{12.4} \right)^{0.235/1.235} \right] \\ &= 9950 \text{ ft}\end{aligned}$$

2-8 將壓力 10 psig，(a)用水柱 ft 數表示；(b)用水銀柱 ft 數表示。

$$\text{解: (a) } 10 \times 144 = 62.4 \times h$$

$$h = \frac{1440}{62.4} = 23.05 \text{ ft of H}_2\text{O}$$

$$\text{(b) } 10 \times 144 = 62.4 \times 13.6 \times \frac{h}{12}$$

$$h = 20.28 \text{ in Hg}$$

2-9 將壓力 5 in 水銀柱 (真空)：(a)用 psig 表示；(b)用 psia 表示；(c)用空氣的 ft 數表示，但大氣情況為 14.7 psia 溫度 70°F。

$$\text{解: (a) } -P = \gamma h = 62.4 \times 13.6 \times \frac{5}{12} \times \frac{1}{144} = 2.45$$

$$P = -2.45 \text{ psig}$$

$$\text{(b) } P_a = 14.7 - 2.45 = 12.25 \text{ psia}$$

$$\text{(c) } \gamma_0 = \frac{P_0}{RT_0} = \frac{14.7 \times 144}{53.3 \times 530} = 0.075 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

$$12.25 \times 144 = 0.075 \times h$$

$$h = \frac{12.25 \times 144}{0.075} = 23020 \text{ ft}$$

4 流體靜力學詳解

2-10 表示 2.5 倍大氣 (測壓計讀數 29.5 in 水銀柱, 溫度 70°F), (a) 以 psig ; (b) 以 psia ; (c) 以水柱 ft 數各為若干?

$$\text{解: } p_{\text{atm}} = \frac{29.5}{29.92} \times 14.7 = 14.5 \text{ psia}$$

$$(a) P_g = (2.5 \times 14.5) - 14.5 = 21.75 \text{ psig}$$

$$(b) P_a = 2.5 \times 14.5 = 36.25 \text{ psia}$$

$$(c) h = \frac{2.5 \times 29.5 \times 13.6}{12} = 83.58 \text{ ft}$$

2-11 在習題圖 2-11 中, 桶及管的橫截面積各為 2 ft^2 及 0.1 ft^2 , (a) 由於水壓試算作用在桶底的總力。(b) 計算水之總重量, 為何兩個答案有差別? (注意: 此稱為巴斯噶的矛盾性)

$$\text{解: (a)} F = \gamma h A = 62.4 \times 6 \times 2 = 748.8 \text{ lb}$$

$$(b) W = \gamma V_1 + \gamma V_2 = 62.4 (0.1 \times 5 + 2 \times 1) = 156 \text{ lb}$$

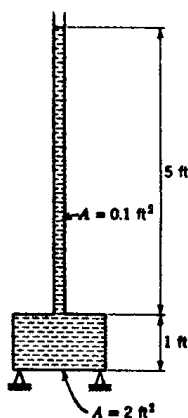
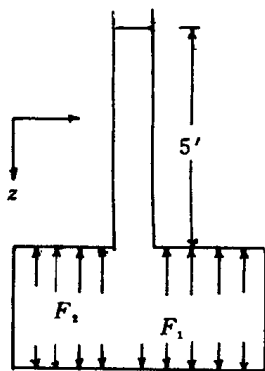


圖 2-11



$$(c) F_1 = W - F_2$$

$$F_2 = (2 - 0.1) \times 62.4 \times 5 = 592.8 \text{ (負號表向上)}$$

$$W = 156 \text{ lb}$$

$$\therefore F_1 = 748.8 \text{ lb}$$

其差別由於 F_2 作用桶頂之力, 此力其反作用力與重力之和 = $\gamma h A$ 。

2-12 汽油的比重為 42.0 lb / ft^3 , 將 2 in 管的汽油提升垂直高 10 ft, 需要吸引壓力若干?

$$\text{解: } P = \gamma h = 42.0 \times 10 = 420 \text{ (lbf / ft}^2 \text{)} = 2.9 \text{ lb / in}^2$$

2-13 有一封閉箱包含 3 ft 的四氯化碳 CCl_4 (比重 = 1.59), 水 2 ft ,

1 ft的天然油(比重0.80)，油表面之上為空氣，若在桶底波頓計式壓力讀數為20 psi，試問在桶頂端，波頓計式壓力讀數若干？

$$\text{解：} \Sigma P = 62.4 \times 1.59 \times 3 \times \frac{1}{144} + 62.4 \times 1 \times 2 \times \frac{1}{144} + 62.4 \times$$

$$0.8 \times 1 \times \frac{1}{144} = 3.275 \text{ psig}$$

$$\therefore P_{\text{top}} = 20 - 3.275 = 16.725 \text{ psig}$$

2-14 有一圓筒形桶直徑2 ft，3 ft高，其開端沉入水中如習題2-14圖所示，若桶重500 lb，則沉入深度 h 是多少？不計桶壁厚度，局部測壓計之壓力為14.7 psia，欲使桶頂與水面同高，試問應加外力若干？

解：(1) $P_L = 14.7 \text{ psia}$

$$PA = 500$$

$$P = \frac{500}{A} = \frac{500}{\pi \times (12)^2}$$

$$= 1.1 \text{ psig}$$

$$= 15.8 \text{ psia}$$

$$14.7 \times 3 \times A$$

$$= 15.8 \times (3 - x) \times A$$

$$x = 0.21 \text{ ft}$$

$$62.4 \times 1 \times (h - 0.21) \times \left(\frac{1}{144} \right) = 1.1$$

$$h - 0.21 = 2.54, \quad h = 2.75 \text{ ft}$$

(2) 當沉沒時，圓柱頂端與水面切齊，所用之力 F

$$F + 500 = \pi \times 1^2 \times (3 - x') \times 62.4 \quad \text{.....①}$$

$$14.7 \times 3 = \left[\frac{(F + 500)}{\pi (12)^2} + 14.7 \right] (3 - x') \quad \text{.....②}$$

解①，②

$$\frac{3}{3 - x'} = 1 + \frac{F + 500}{14.7 \times \pi \times 12^2}$$

$$= 1 + \frac{\pi \cdot (3 - x') \times 62.4}{14.7 \times \pi \times 12^2} = 1 + \frac{3 - x'}{34}$$

$$\text{解} \quad (3 - x')^2 + 34(3 - x') - 102 = 0$$

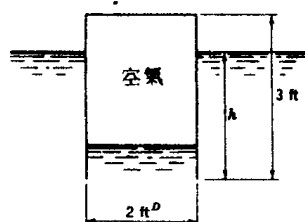


圖 2-14

6 流體靜力學詳解

$$3 - x' = 2.774 \quad , \quad x' = 0.226 \text{ ft}$$

$$F = \pi \cdot (3 - 0.226) \times 62.4 - 500 = 43.8 \text{ lb}$$

2-15 於圖 2-10 (a)中，在 A 點的壓力為 40 psia，已知資料為 $\gamma_A = 62.4 \text{ lb/ft}^3$ ， $\gamma_o = 100 \text{ lb/ft}^3$ ， $h_2 = 2 \text{ ft}$ ，測壓計讀數為 29.0 in 水銀柱高，試計算 h_1 之值。

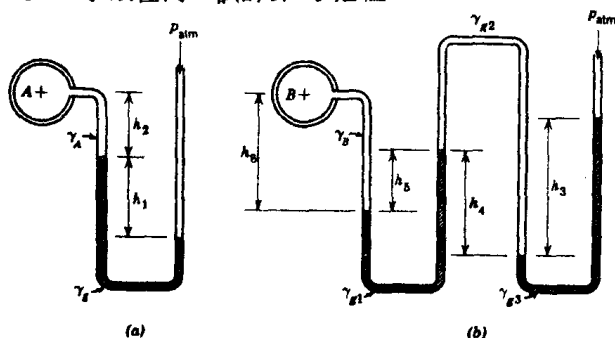


圖 2-10 U 型管測壓計

解： $\gamma_A = 62.4 \text{ lb/ft}^3$, $\gamma_o = 100 \text{ lb/ft}^3$

$$h_2 = 2 \text{ ft}$$

$$P_{atm} = \frac{29}{12} \times 62.4 \times 13.6 \times \frac{1}{144} = 14.25 \text{ psia}$$

$$14.25 - 100 h_1 \times \frac{1}{144} - 62.4 \times 2 \times \frac{1}{144} = 40$$

$$h_1 = -38.55 \text{ ft}$$

2-16 有一測壓計管如習題圖 2-16 中，連接一壓縮空氣的桶，若測壓計之壓力讀數為 29 in 水銀柱高，計算 L 之長度。

解： $\frac{62.4 \times 1.59}{144} \times L \times \sin 30^\circ$

$$= 2$$

$$\therefore L = \frac{4 \times 144}{62.4 \times 1.59}$$

$$L = 5.8 \text{ 呎}$$

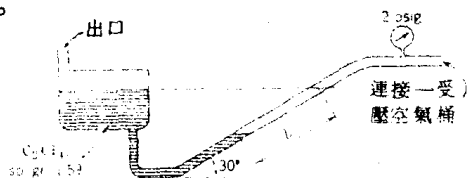


圖 2-16

2-17 在習題圖 2-17 中指示差壓計，連接兩平行油管斷面，試計算 $P_A - P_B$ 之壓力差。

解： $P_B + 62.4 \times 0.85 \times \frac{30}{12} + 62.4 \times 13.6 \times \frac{14}{12} - 62.4 \times 1 \times$

$$\frac{8}{12} + 62.4 \times 13.6 \times$$

$$\frac{6}{12} - 62.4 \times 0.85 \times$$

$$\frac{18}{12} = P_A$$

$$P_A - P_B$$

$$= 1425 \text{ lb/ft}^2$$

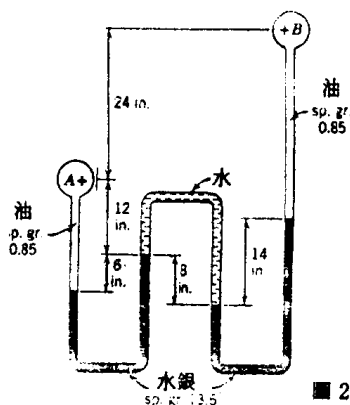


圖 2-17

2-18 有差壓計如習題圖 2-18，適於量計小壓力差值。蓄水池與管的面積比為 100 : 1，當兩邊均連接空氣系統，而有壓力差 0.12 psi，試問差壓計的讀數，將是多少？

解： $\Delta y A = \frac{R}{2} a$

$$P_c + (k_1 + \Delta y) \gamma_1 +$$

$$(k_2 - \Delta y + \frac{R}{2}) \gamma_2$$

$$= P_d + (k_1 - \Delta y) \gamma_1 +$$

$$(k_2 - \frac{R}{2} + \Delta y) \gamma_2 + R \gamma_3$$

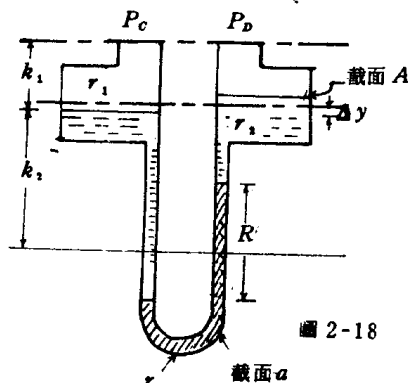


圖 2-18

化簡

$$P_c + 2 \Delta y \gamma_1 - 2 \Delta y \gamma_2 + R (\gamma_2 - \gamma_3) = P_d$$

將 Δy 代入

$$P_c + (\frac{Ra}{A}) \gamma_1 - \gamma_2 (\frac{Ra}{A}) + R (\gamma_2 - \gamma_3) = P_d$$

$$P_c - P_d = R [\gamma_3 - \gamma_2 (1 - \frac{a}{A}) - \frac{a}{A} \gamma_1]$$

此題 γ_1 為 air 太小不計，

$$\frac{a}{A} = \frac{1}{100}, \quad \gamma_3 = 1.04 \times 62.4 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

$$\gamma_2 = 62.4 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

$$P_c - P_d = 0.12 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} = 0.12 \times 144 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}$$

$$\begin{aligned}
 & (0.12 \times 144) \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2} \\
 & = R \left[62.4 \times 1.04 - 62.4 \left(1 - \frac{1}{100} \right) \right] \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \\
 & R = 5.538 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

SUCV

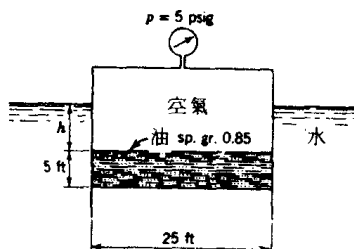


圖 2-19

2-19 計算 h ，若桶每邊有 25 ft 之正方形橫斷面，則有多重？不計桶壁的厚度，大氣壓力為 14.7 psia，見習題圖 2-19。

解： $5 \times 144 + 62.4 \times 0.85 \times 5 = 62.4 \times 1 \times (h + 5)$

$$h = 10.68 \text{ ft}$$

$$W = F_B - W_0$$

$$\begin{aligned}
 & = 62.4 \times 1 \times (10.68 + 5) \times 25^2 - 62.4 \times 0.85 \times 5 \times (25)^2 \\
 & = 445,770 \text{ lbf}
 \end{aligned}$$

2-20 有一容器如習題圖 2-20 所示，裝滿水銀，左管封閉，右管加入水銀使左管上升 4 in 高，計算右管水銀柱高 h ？假定此系統為保持等熱情況，測壓計讀數為 29 in 水銀柱高。

$$\text{解： } P_1 = \frac{29}{12} \times 62.4 \times 13.6 \times \frac{1}{144} = 14.25 \text{ psia}$$

$$\therefore P_1 V_1 = P_2 V_2$$

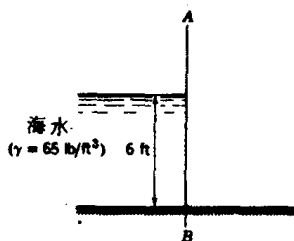
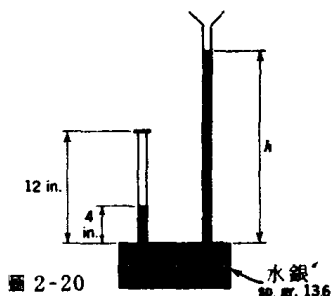
$$14.25 \times A \times 12 = P_2 \times A \times (12 - 4)$$

$$P_2 = 21.37 \text{ psia}$$

$$62.4 \times 13.6 \times \frac{h - 4}{12} \times \frac{1}{144} = (21.37 - 14.25)$$

$$h = 18.5 \text{ in}$$

2-21 海水 ($\gamma = 65 \text{ lb / ft}^3$) 在板橋 AB 左邊有 6 ft 深度，因每 ft 板橋海水之壓力試計算對於 B 點的總力及總力矩，見習題圖 2-21。



解：(a) $F = \int_0^6 \gamma h (dh \times 1) = 65 \times \frac{h^2}{2} \Big|_0^6 = 1170 \text{ lb}$

(b) $y_{c.p.} = \frac{\int_0^6 \gamma h^2 dh}{1170} = 4 \text{ (ft)}$

$M_B = F \cdot h_{c.p.} = 1170 \times (6 - 4) = 2340 \text{ lb} \cdot \text{ft}$

2-22 在習題 2-21 中，若在板樁 AB 右邊加淡水，試問淡水須加至多少深度始可使淡水之總力與海水之總力相平衡？計算對於 B 點之總力矩。

解：設純水深度為 h ，

$\therefore 1170 = 62.4 \times h \times \frac{h}{2}$

$h = \sqrt{\frac{1170}{3.12}} = 6.123'$

$M_B = 1170 \times (6.123 - 6) \times \frac{1}{3} = 47.97 \text{ lb} \cdot \text{ft}$ 逆時方向

2-23 決定壩每單位長度水壓力的總力之水平分力及垂直分力，並求其合力之作用線，如習題圖 2-23 所示。

解：(a) $F_H = \gamma h_c A$

$= 62.4 \times \left(-\frac{30}{2}\right) \times (30 \times 1)$

$= 28,080 \text{ lb}$

$F_V = \gamma V$

$= 62.4 \times \frac{1}{2} \times 30 \times$

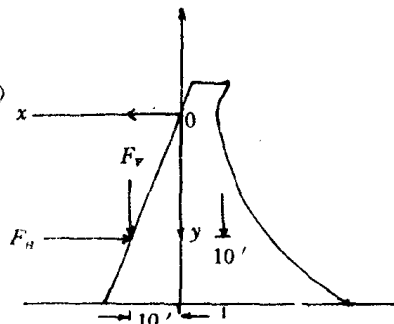


圖 2-23

$$15 \times 1 = 14,040 \text{ lbf}$$

$$F = \sqrt{F_H^2 + F_V^2} = 31367.5 \text{ lb}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{F_V}{F_H} = \tan^{-1} \frac{14040}{28080} = \tan^{-1}$$

$$0.5 = 26^\circ 56'$$

$$(b) \quad y_p = \frac{\int_0^{30} \gamma h^2 dh}{\int_0^{30} \gamma h dh} = \frac{2h}{3} = 20 \text{ ft}$$

$$x_p = \frac{\int_0^{15} \gamma (2x) x dx}{\int_0^{15} \gamma (2x) dx} = \frac{2}{3} x = 10 \text{ ft}$$

2-24 有一長 4 ft 寬 2 ft 之矩形水門 AB ，如習題圖 2-24 所示，當水面高於 A 點 5 ft 時，試求作用於支柱 BC 之力，不計水門的重量。

$$\begin{aligned} \text{解：} F &= \gamma h_c A = 62.4 \times (5 - 1 \times \sin 60^\circ) \times 2 \times 4 \\ &= 2060 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_c &= \frac{5}{\sin 60^\circ} - 1 \\ &= 4.77 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_c &= \frac{1}{12} \times 4 \times 2^3 \\ &= \frac{8}{3} \end{aligned}$$

$$y_{c.p.} - y_c = \frac{I_c}{y_c A} = \frac{\frac{8}{3}}{4.77 \times 2 \times 4} = 0.07 \text{ ft}$$

對點 A 取力矩，

$$2060 \times (1 - 0.07) = R \times 2$$

$$R = 960 \text{ lb}$$

2-25 計算使矩形水門保持在平衡位置所需之壓力強度，水門鉸接於頂端 A 點，假定此系統為無摩擦情況，見習題圖 2-25。

$$\text{解：} F_w = \gamma h_c A$$

$$= 62.4 \times \frac{5}{2} \times (2 \times 5) = 1560 \text{ lb}$$

$$h_{c.p.} = \frac{I_c}{h_c A} + h_c = \frac{\frac{1}{12} \times 2 \times 5^3}{2.5 \times 10} + 2.5 = 3.33 \text{ ft}$$

對點 A 取力矩

$$1560 \times (5 + 3.33) = P \times (10 \times 2) \times 5$$

$$P = 130 \text{ lb/ft}^2$$

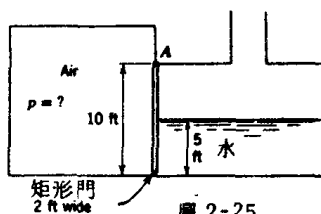


圖 2-25

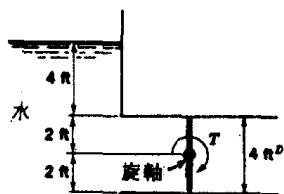


圖 2-26

2-26 在習題圖 2-26 中，顯示一圓形蝴蝶水門 4 ft 直徑，依水平直徑作軸旋轉計算，使水門在關閉位置所需的轉矩 T 。

解： $F = \gamma h_c A = 62.4 \times 6 \times (\pi \times 2^2) = 4700 \text{ lb}$

$$y_{c.p.} - y_c = \frac{I_c}{y_c A} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 2^4}{6 \times \pi \times 2^2} = \frac{1}{6}$$

$$\tau = F \gamma = 4700 \times \frac{1}{6} = 785 \text{ lb-ft}$$

2-27 計算作用在水門上壓力之總力并定出其壓力中心。見習題圖 2-27。

解： $h_c = 5 + 5 \sin 30^\circ +$

$$\frac{5}{2} \sin 30^\circ = 8.75 \text{ ft}$$

$$F = \gamma h_c A$$

$$= 62.4 \times 8.75 \times \pi$$

$$\left(\frac{5}{2}\right)^2 = 10.720 \text{ lb}$$

$$y_c = 5 + \frac{5}{\sin 30^\circ} + 2.5 = 17.5 \text{ ft}$$

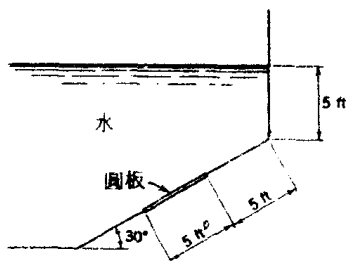


圖 2-27

$$y_{c.p.} = \frac{I_c}{y_c A} + y_c = \frac{1/4 \times \pi \times (5/2)^4}{17.5 \times \pi \times (5/2)^2} + 17.5$$

$$= 17.59 \text{ ft}$$

2-28 計算保持矩形水門 AB 在關閉位置，所需力 F 之大小習題圖 2-28 所示，水門鉸接於 B 點。

解： $F \omega = \gamma h_c A = 62.4 \times (3 - 1 \times \sin 45^\circ) \times (2 \times 2)$

$$= 572 \text{ lb}$$

$$y_c = \left(3 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \sqrt{2} = 3.242 \text{ ft}$$

$$y_{c.p.} = \frac{I_c}{y_c A} + y_c = \frac{\frac{1}{12} \times 2 \times 2^3}{3.242 \times 4} + 3.242 = 3.3448 \text{ ft}$$

$$y_{c.p.} - y_c = 0.1028 \text{ ft}$$

$$F \times 2 = 572 \times (1 - 0.1028)$$

$$F = 256.6 \text{ lb}$$

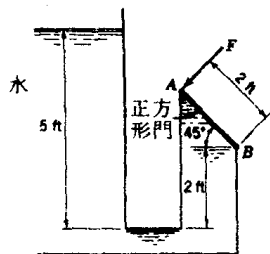


圖 2-28

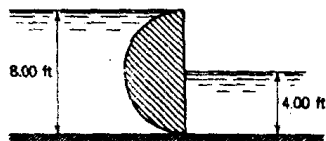


圖 2-29

2-29 習題圖 2-29，表明一半圓柱水門，10 ft 長，8 ft 直徑，水在左面達 8 ft 深度。在右面達 4 ft 深度如圖所示，決定水壓力作用在水壓力作用在水門上的總力大小及方向。

解： F_1 為作用於右邊之力。

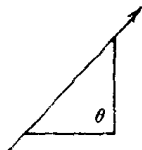
$$F_1 = \gamma h_c A = 62.4 \times 2 \times 4 \times 10 = 4992 \text{ lb}$$

F_1 之作用點位置

$$y_p = \frac{I_c}{y_c A} + y_c = \frac{\frac{1}{12} \times 10 \times 4^3}{2 \times 4 \times 10} = 2.67 \text{ ft}$$

F_H 為作用於左邊之水平力

$$F_H = \gamma h_c A = 62.4 \times 4 \times 8 \times 10 = 19968 \text{ lb}$$



$$y_p = \frac{I_c}{y_c A} + y_c = \frac{\frac{1}{12} \times 10 \times 8^3}{4 \times 8 \times 10} + 4 = 5.33 \text{ ft}$$

$$\text{浮力 } F_B = 62.4 \times \frac{1}{2} \times (\pi \times 4^2 \times 10) = 15682 \text{ lb}$$

$$F_H = 19968 - 4992 = 14976 \text{ lb}$$

$$\therefore F = \sqrt{F_H^2 + F_V^2} = 21684 \text{ lb}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{15682}{14976} = 46.32^\circ$$

2-30 有一圓柱形水門 10 ft 長 6 ft 直徑，在水門頂端有一控制的機械結構。在左面水深達 6 ft，在右面則有 3 ft 水深，如習題圖 3-30 所示，若欲使水門關閉位置，則在控制機械結構所需之轉矩多少？

解： $F_1 = \gamma h_c A$

$$= 62.4 \times 1.5 \times (3 \times 10)$$

$$= 2800 \text{ lb}$$

$$y_{1c.p.} = \frac{I_c}{y_c A} + y_c$$

$$= \frac{\frac{1}{12} \times 10 \times 3^3}{1.5 \times (3 \times 10)} + 1.5 + 3 = 5 \text{ ft}$$

$$F_2 = \gamma h_c A = 62.4 \times 3 \times (6 \times 10) = 11232 \text{ lb}$$

$$y_{2c.p.} = \frac{I_c}{y_c A} + y_c = \frac{\frac{1}{12} \times 10 \times 6^3}{3 \times (6 \times 10)} + 3 = 4 \text{ ft}$$

再考慮浮力所造成的 Torque

$$F_b = \frac{3}{4} \times \pi \times 3^2 \times 10 \times 62.4 = 13232 \text{ lb}$$

浮力作用點

$$= \frac{2}{3} \frac{\sin \frac{3}{4} \pi}{\frac{3}{4} \pi} \times 3 \times \cos \frac{\pi}{4} = \frac{4}{3\pi} \text{ ft}$$

則所須之力矩

$$\begin{aligned} T &= 11232 \times 4 - 2800 \times 5 - 13232 \times \frac{4}{3\pi} \\ &= 14080 \text{ lb-ft} \end{aligned}$$

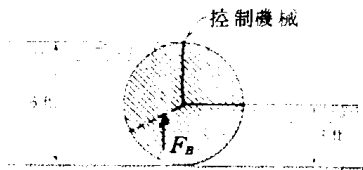


圖 2-30