

高等学校教学用书

水力学習題彙編

第一册

H. A. 潘丘林著

高等教育出版社

4347

高等學校教學用書



水 力 學 習 題 彙 編

第一冊

H. A. 潘丘林 著
焦文生 楊孟藩 譯
童 詠 春 校

高 等 教 育 出 版 社

本書係根據蘇聯河海運輸部出版社 (Издательство министерства морского и речного флота СССР) 出版的技術科學候補博士 Н. А. 潘丘林 (Н. А. Панчурин) 所編著的“水力學習題彙編, 第一冊” (Сборник задач по гидравлике, часть I) 1953 年版譯出。原書曾經技術科學博士 В. М. 馬喀卡維耶夫 (В. М. Маккавеев) 總校訂, 並經蘇聯河海運輸部教育司審定為該部所屬各高等學校水利工程系教學參考書。

本書第一冊共五章: 第一章水靜力學; 第二章水動力學、有壓流動; 第三章孔流、管嘴流及堰流; 第四章稜柱形明渠的水力計算; 第五章船閘的水力計算。

每節習題前都附有簡短的引言, 講述基本的定義及必要的計算公式; 著者並在書中應用了蘇聯水力學方面的成就。

本書由焦文生、楊孟藩翻譯, 童詠春校訂。

水 力 學 習 題 彙 編

第 一 冊

Н. А. 潘丘林 著

焦文生 楊孟藩 譯

高等教育出版社 出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

書號 582 (課 501) 開本 850×1168 1/32 印張 512/16 字數 174,000

一九五六年四月上海第一版

一九五六年四月上海第一次印刷

印數 1-3,000

定價 (8) 洋 0.70

序 言

本水力學習題與算例彙編是供航運工程學院的學生在學習水力學教程時用作教學參考書的。

本彙編第一冊的題材，係配合列寧格勒航運工程學院 (ЛИИВТ) 水利工程系在第五學期所講授的，並在分班上實習課時加以研究的那部分水力學教程。

按照教學大綱，本彙編第一冊包括：水靜力學習題，伯諾里方程式習題，管路計算習題，孔流及堰流習題，等速流動情況下的渠道計算習題，明渠中變速流動的計算例題，以及船閘水力計算例題。

教學大綱中的其他問題將於本彙編的以後各冊中敘述之。

每節習題前皆附有簡短的引言，於該引言中講述基本的定義及必要的計算公式。由於船閘水力計算習題本身及其原始數據皆需要較詳細的敘述，故船閘算例的引言比較詳盡。

本書習題皆附有解答，部分習題並附有不同的形式。

本彙編第一章至第四章中，有些習題係選自參考文獻；但大多數習題及算例皆係新編。

為了縮減本習題彙編的篇幅，略去了手冊參考資料，而註明以1940年出版的 H. H. 巴甫洛夫斯基院士著“簡明水力學手冊”（在本彙編內簡稱“手冊”）作為參考。

在編寫本彙編時，部分採用了蘇聯科學院技術名詞委員會推薦的“流體力學名詞”（1952年出版）。

本彙編在其篇幅與性質所確定的範圍內已注意到蘇聯水力學成就的應用（特別是在第五章）。

著 者

第一冊目錄

序言	5
第一章 水靜力學	1
§ 1. 水靜壓力。習題 1—17	1
§ 2. 平面上的液體壓力。習題 18—30	14
§ 3. 曲面上的壓力。習題 31—38	26
§ 4. 浮體及其穩定性。習題 39—46	33
§ 5. 液體的相對靜止。習題 47—50	42
第二章 水動力學，有壓流動	48
§ 6. 液體流動的分類及水動力學的基本概念	48
§ 7. 穩定流動的伯諾里方程式（不計損失）。習題 51—57	48
§ 8. 液體的兩種流態。習題 58—61	55
§ 9. 黏滯液體的伯諾里方程式及損失的確定	58
§ 10. 管路的水力計算（一般情況）。習題 62—73	60
§ 11. 輸水管路的水力計算。習題 74—78	76
第三章 孔流、管嘴流及堰流	83
§ 12. 孔流及管嘴流。習題 79—93	83
§ 13. 堰流。習題 94—102	97
第四章 稜柱形明渠的水力計算	111
§ 14. 明渠中的等速流動。習題 103—110	111
§ 15. 明渠中的變速流動。算例 1—3	121
第五章 船閘的水力計算	153
§ 16. 理論上的認識（給水的方式，計算的任務）	153
§ 17. 船閘水力計算例題算例 4—6	156
參考書目	

第一章 水靜力學

§ 1. 水靜壓力

液體某點上的水靜壓力(壓應力) p 由下式確定:

$$p = \lim_{d\omega \rightarrow 0} \left(\frac{dP}{d\omega} \right),$$

式中: P —面積 ω 上的液體壓力。

在實際應用中,通常採用平均水靜壓力的概念,它由下式確定:

$$p = \frac{P}{\omega}。$$

壓力的因次——力/面積,即公斤/公分²,公噸/公尺²等等。

在液體中任一體積表面上所取的面積,其所受的水靜壓力的方向總是沿着該面積的內法線的方向,而與該面積的方向(方位)無關。

對於受重力作用的靜止液體,水靜壓力的基本方程式為:

$$\frac{p}{\gamma} + Z = \text{常數}; \quad (1)$$

式中: γ —液體單位容積的重量(重率);

Z —基準面以上某點的標高。

液體所佔容積中任意點上的水靜壓力是用測壓管來測定的。

所謂測壓管是一上面開口的細管,它通常為玻璃管,與盛有液體的管子或容器的側壁聯接。

設 A 點上的壓力為 p , A 點的標高為 Z , 測壓管內液體表面上的壓力為 p_0 , 此表面的標高為 Z^* , 容器內液體表面上的壓力為 p_1 , 並且

(1)

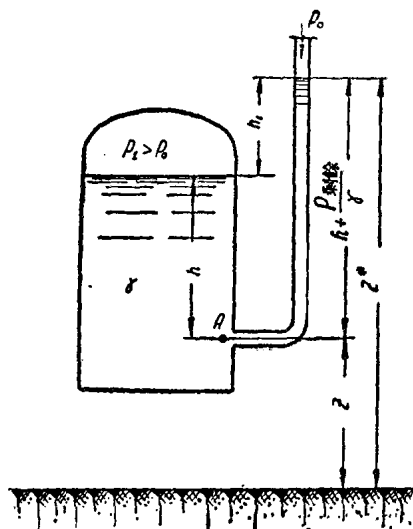


圖 1

$p_1 > p_0$ (圖 1), 則可寫成:

$$\frac{p}{\gamma} + Z = \frac{p_0}{\gamma} + Z^*,$$

從上式得

$$\frac{p}{\gamma} = \frac{p_0}{\gamma} + (Z^* - Z).$$

另一方面,

$$\frac{p}{\gamma} = \frac{p_1}{\gamma} + h = \frac{p_0}{\gamma} + h_1 + h.$$

如果 $p_0 = p_{\text{大氣}}$ (此為常見的情形), 則

$$\frac{p}{\gamma} = \frac{p_{\text{大氣}}}{\gamma} + \frac{p_{\text{剩餘}}}{\gamma} + h,$$

$$\text{式中: } \frac{p_{\text{剩餘}}}{\gamma} = h_1,$$

即剩餘壓力可用 h_1 的數值來測量, 而 h_1 就是測壓管及容器中的液面高差。

壓力 $\frac{p_{\text{剩餘}}}{\gamma} + h$ 稱為測壓管壓力; 壓力 p 在此種情形下為全壓力, 或絕對壓力。

如此, 水靜壓力一般可根據公式 $h = \frac{p}{\gamma}$ 用液柱的高度來表示, 即單位為若干公尺的水柱, 若干公厘的水銀柱等等。

如果液體某點上壓力小於大氣壓力, 則此壓力與大氣壓力之差即稱為真空度或稀薄度, 並且按與水靜壓力單位相同的單位來測量。

例如, 如果圖 2 所示容器中液面上的壓力 $p_1 < p_{\text{大氣}}$, 則該處的真空度為:

$$\frac{p_{\text{大氣}}}{\gamma} - \frac{p_1}{\gamma} = h_2,$$

而 A 點上的真空度為:

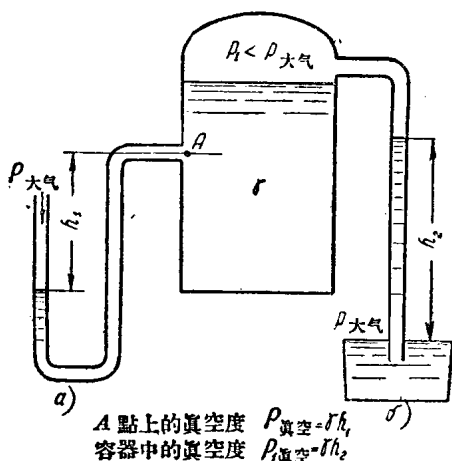


圖 2

$$\frac{p_{\text{大氣}}}{\gamma} - \frac{p_A}{\gamma} = h_1。$$

所以，真空度可以用按圖 2 “a”或“b”構成的倒測壓管或真空計中的液柱高來測定。

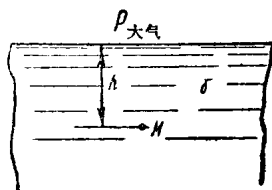


圖 3

為了明確有關不同類型表面上水靜壓力分佈的概念，可根據基本方程式(1)及上述水靜壓力的性質繪製所謂水靜壓力圖。

1. 在海深為 $h=300$ 公尺處測得剩餘壓力為 31.5 公斤/公分² 或 315 公噸/公尺²。試求海水的重率。

解：剩餘水靜壓力為

$$p_{\text{剩餘}} = \gamma h,$$

從上式得
$$\gamma = \frac{p_{\text{剩餘}}}{h} = \frac{315}{300} = 1.05 \text{ 公噸/公尺}^3。$$

形式不同的習題：設水深 $h=50$ 公尺處的全水靜壓力（絕對水靜壓力） $p=63$ 公噸/公尺²，海水的重率 $\gamma=1.05$ 公噸/公尺³，試求海面上的大氣壓力。

解：根據水靜力學的基本方程式得：

$$p_0 = p - \gamma h。$$

將 $p=6.3$ 公斤/公分²、 $\gamma=1.05$ 公噸/公尺³ $=0.00105$ 公斤/公分³ 及 $h=5000$ 公分代入上式，得：

$$p_0 = 6.3 - 0.00105 \times 5000 = 1.05 \text{ 公斤/公分}^2。$$

這相當於 10.5 公尺水柱的壓力，或

$$\frac{1.05}{0.0136} = 77.2 \text{ 公分水銀柱。}$$

（式中 0.0136 公斤/公分³ 為水銀重率）。

2. 如在一盛滿了水的容器的蓋上加以荷重 $G=300$ 公斤 (圖 4), 試求容器底上的壓力。容器的尺寸為: $D=1.0$ 公尺, $d=0.5$ 公尺; $h=2.0$ 公尺, $\gamma=1.0$ 公噸/公尺³。

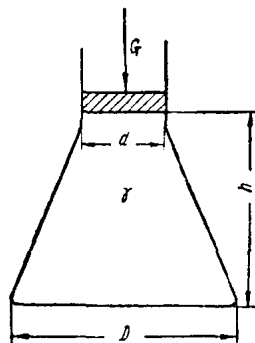


圖 4

解: 容器底面上的水靜壓力

$$p = \gamma h + p_0.$$

在本題情況下,

$$p_0 = \frac{G \times 4}{\pi d^2} = \frac{0.300 \times 4}{3.14 \times 0.5^2} = 1.53 \text{ 公噸/公尺}^2,$$

於是

$$p = 1 \times 2 + 1.53 = 3.53 \text{ 公噸/公尺}^2.$$

容器底上的壓力為:

$$P = p \frac{\pi D^2}{4} = 3.53 \frac{3.14 \times 1^2}{4} = 2.77 \text{ 公噸}.$$

形式不同的習題: $G=200$ 公斤; $D=0.8$ 公尺; $d=0.4$ 公尺; $h=1.6$ 公尺; $\gamma_m=0.9$ 公噸/公尺³。

答案: $P=1.53$ 公噸。

3. 爲了測定開口油箱中汽油面的高度, 使用圖 5 所示的儀器。將空氣打入管內, 直到空氣通過汽油呈空氣泡開始逸出時爲止。此時, 根據下面管中的油柱高度 h 可求出汽油的深度 H ,

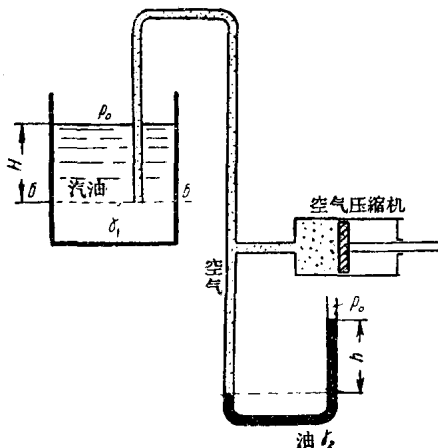


圖 5

已知: $h=0.70$ 公尺, 汽油的重率 $\gamma_g=0.70$ 公噸/公尺³ 及油的重率 $\gamma_m=0.90$ 公噸/公尺³, 試求 H 。

解: 研究了處於平衡狀態的系統,

對於平面 $B-B$ 可寫成:

$$p_B - p_0 = \gamma_g H = \gamma_m h;$$

自上式得

$$H = \frac{\gamma_m}{\gamma_g} h$$

或代入數值得

$$H = \frac{0.90}{0.70} \times 0.70 = 0.90 \text{ 公尺。}$$

4. 爲了確定容器中石油產品的液面，應用所謂“氣壓液面計”^①，其草圖如圖 6 所示。

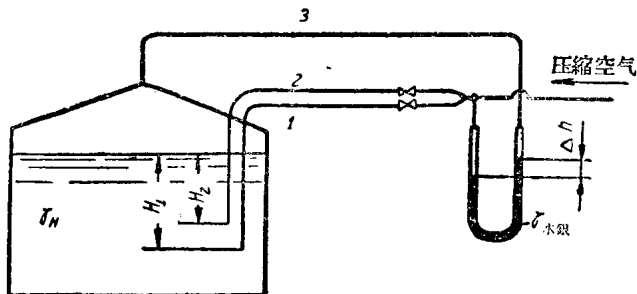


圖 6

經過第 1 管或第 2 管輸進壓縮空氣，直至石油產品中開始有氣泡逸出時爲止。U 形水銀測壓計的一端與空氣管（在分支之前）聯接，另一端藉第 3 管與容器氣體空間聯接。

已知第 1 管或第 2 管輸進空氣時的測壓計讀數爲 Δh_1 或 Δh_2 ，以及石油產品與水銀的重率，試求深度 H_1 或 H_2 。

解：當由第 1 管輸入空氣時，與前一習題相同，得等式：

$$H_1 \gamma_{\text{石油產品}} = \Delta h_1 \gamma_{\text{水銀}},$$

對於第 2 管

$$H_2 \gamma_{\text{石油產品}} = \Delta h_2 \gamma_{\text{水銀}},$$

根據以上二等式可求出 H_1 或 H_2 。

如果 Δh_1 及 Δh_2 兩讀數以及差數 $H_1 - H_2$ 爲已知時，則石油產品的重率可不必給出，因爲它是容易求出的。實際上，將上列二方程式相減即得：

$$(H_1 - H_2) \gamma_{\text{石油產品}} = (\Delta h_1 - \Delta h_2) \gamma_{\text{水銀}},$$

從上式得

$$\gamma_{\text{石油產品}} = \frac{\Delta h_1 - \Delta h_2}{H_1 - H_2} \gamma_{\text{水銀}}.$$

例如，如果 $H_1 - H_2 = 150$ 公分（爲了使計算精確， $H_1 - H_2$ 不應過小）、 $\Delta h_1 = 15$ 公分及 $\Delta h_2 = 6$ 公分，則

$$\gamma_{\text{石油產品}} = \frac{15 - 6}{150} \times 13.6 = 0.816 \text{ 克/公分}^3,$$

① B. H. 切爾尼金著“石油基地的設計、建設及開採”，蘇聯國立石油燃料科技書籍出版社，1949，第 440～441 頁。

並得

$$H_1 = \frac{13.6}{0.816} \times 15 = 250 \text{ 公分。}$$

5. 在盛有空氣的封閉的球形容器上聯接有二根玻璃管：一根有水，另一根有水銀（圖 7）。設 $h_1 = 30$ 公分，試求 h_2 。

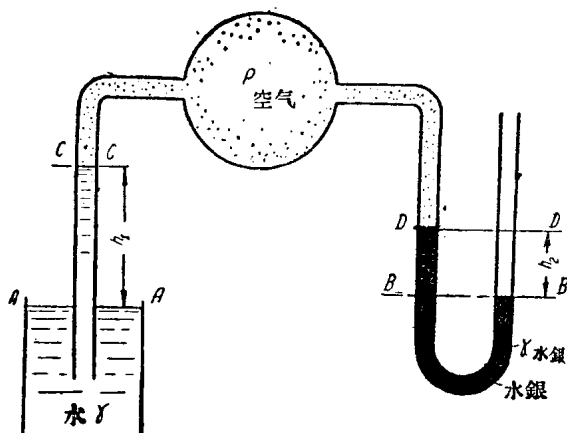


圖 7

解：斷面 A—A 上的平衡方程式為：

$$p_C + \gamma h_1 = p_{\text{大氣}},$$

而斷面 B—B 上的平衡方程式為： $p_D + \gamma_{\text{水銀}} h_2 = p_{\text{大氣}}$ 。設 p_C 與 p_D 接近相等，得：

$$h_2 = \frac{\gamma}{\gamma_{\text{水銀}}} h_1。$$

代入數值，則得：

$$h_2 = \frac{1.0}{13.6} \times 30 = 2.21 \text{ 公分。}$$

6. 如圖 8 所示，盛有水銀的兩根玻璃管與一封閉的容器聯接。

設開口玻璃管中的高度 $h_1 = 30$ 公分，而 $\gamma_{\text{水銀}} = 13.6$ 公噸/公尺³ = 0.0136 公斤/公分³，試求上端封閉的玻璃管中的水銀柱高度。

大氣壓力，作為一個特例，假定等於一個工程大氣壓，即等於 1 公斤/公分² = 10 公噸/公尺² 或 735 公厘水銀柱。

解：開口玻璃管中水銀面上的壓力 $p_{\text{大氣}}$ 被水銀柱高度 h_1 的壓力和容器中的空氣壓力 p 所平衡，即

$$p_{\text{大氣}} = \gamma_{\text{水銀}} h_1 + p_0$$

在另一方面，容器中的空氣壓力 p 被水銀柱高度 h_2 的壓力所平衡：

$$p = \gamma_{\text{水銀}} h_2$$

令兩個公式中的 p 值相等，得：

$$\gamma_{\text{水銀}} h_2 = p_{\text{大氣}} - \gamma_{\text{水銀}} h_1$$

或

$$\begin{aligned} h_2 &= \frac{p_{\text{大氣}}}{\gamma_{\text{水銀}}} - h_1 = \frac{1}{0.0136} - 30 = \\ &= 73.5 - 30 = 43.5 \text{ 公分。} \end{aligned}$$

上述推論可太為簡化，即考慮到兩個水銀柱壓力之和等於大氣壓力，立刻可寫出：

$$\gamma_{\text{水銀}} (h_1 + h_2) = p_{\text{大氣}},$$

從上式即可求出 h_2 。

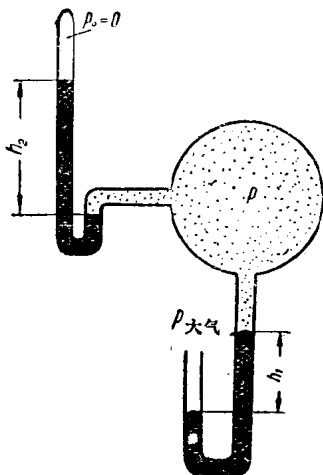


圖 8

7. 在開口的聯通容器(圖 9)中盛入具有不同重率 $\gamma_1 = 0.80$ 公噸/公尺³ 及 $\gamma_2 = 1.20$ 公噸/公尺³ 的兩種液體。設已知容器中液面高度差 $h = 0.30$ 公尺，試求高度 h_1 及 h_2 。

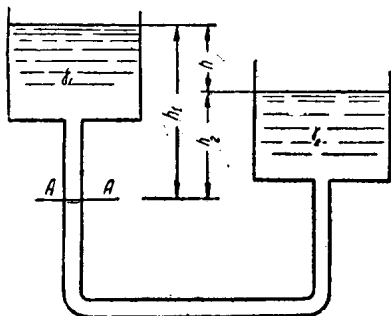


圖 9

解：以兩種液體的分界面 $A-A$ 為基準，平衡方程式為：

$$\gamma_1 h_1 + p_{\text{大氣}} = \gamma_2 h_2 + p_{\text{大氣}} \text{ 或 } \gamma_1 h_1 = \gamma_2 h_2,$$

從上式得

$$h_1 = \frac{\gamma_2}{\gamma_1} h_2.$$

此外，從圖 8 得：

$$h = h_1 - h_2.$$

故

$$h = h_2 \left(\frac{\gamma_2}{\gamma_1} - 1 \right)$$

或

$$h_2 = \frac{h}{\frac{\gamma_2}{\gamma_1} - 1} = h \frac{\gamma_1}{\gamma_2 - \gamma_1} = 0.30 \times \frac{0.80}{1.20 - 0.80} = 0.60 \text{ 公尺。}$$

於是

$$h_1 = h_2 + h = 0.30 + 0.60 = 0.90 \text{ 公尺。}$$

從等式 $\gamma_1 h_1 = \gamma_2 h_2$ 得出結論，即在本題的情況下，高度 h_1 及 h_2 與重率 γ_1 及 γ_2 成反比例。

8. 設已知液體的重率爲 γ_1 及 γ_2 , 容器(圖 10)中的液面高差爲 $h_2 - h_1$, 而壓力爲 p 與 p_0 , 並且 $\gamma_1 < \gamma_2$, $p > p_0$ (如 $p = p_0$, 則 $h = 0$), 試導出用雙液測壓計來測定壓差 $p - p_0$ 的公式。

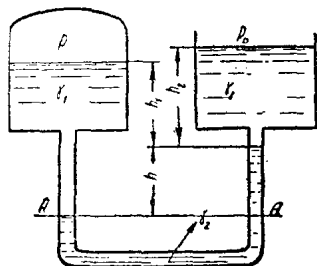


圖 10

解(一般形式): $A-A$ 面的平衡方程式爲:

$$p + \gamma_1(h_1 + h) = p_0 + \gamma_1 h_2 + \gamma_2 h,$$

從上式得

$$p - p_0 = \gamma_1(h_2 - h_1) + h(\gamma_2 - \gamma_1).$$

設聯通管的斷面面積爲 ω , 而容器的面積爲 Ω ,

則 $\omega \ll \Omega$ (通常 $\frac{\omega}{\Omega} = 0.02$ 或更小)。

此時可設 $h_2 - h_1 \approx 0$, 即忽略容器中液面高差, 於是

$$p - p_0 = h(\gamma_2 - \gamma_1)$$

或

$$h = \frac{p - p_0}{\gamma_2 - \gamma_1}.$$

根據最後的公式可知, 爲了測定很小的壓差 $p - p_0$, 應採用 γ_2 與 γ_1 接近的液體。

例如, 當 $\gamma_1 = 0.9$ 克/公分³ (油), $\gamma_2 = 1.0$ 克/公分³ (水) 而 $p - p_0 = 1$ 克/公分² 時,

$$h = \frac{1}{1 - 0.9} = 10 \text{ 公分}.$$

假如用簡單的(開口的)測壓管來測量這一壓差, 則水在管中僅上升 1 公分。

9. 在封閉的容器中(圖 11)具有水($\gamma_2 = 1$ 克/公分³, $h_2 = 50$ 公分)及油($\gamma_1 = 0.8$ 克/公分³, $h_1 = 30$ 公分)。

設測壓管中的水銀面低於油面 $h = 40$ 公分, 試求油面上的剩餘壓力 p_0 。

解: 水銀柱的壓力被水柱壓力、油柱壓力及剩餘壓力所平衡:

$$p_0 + \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 = \gamma_{\text{水銀}} h_{\text{水銀}}$$

或

$$p_0 = \gamma_{\text{水銀}} h_{\text{水銀}} - \gamma_1 h_1 - \gamma_2 h_2.$$

根據草圖,

$$h_{\text{水銀}} = h_1 + h_2 - h = 30 + 50 - 40 = 40 \text{ 公分};$$

於是

$$p_0 = 13.6 \times 40 - 0.8 \times 30 - 1 \times 50 = 470 \text{ 克/公分}^2.$$

形式不同的習題: 在已知 p_0 的情況下, 設其他數量爲已知, 則可求出未知的測壓管中水銀面高度:

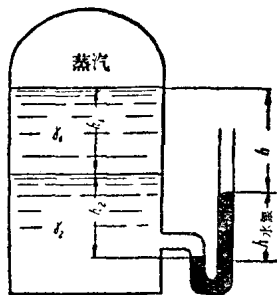


圖 11

$$h_{\text{水銀}} = \frac{p_0 + \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2}{\gamma_{\text{水銀}}}。$$

如果 $p_0 = 300$ 克/公分²，而其他一切數量與以前相同，則

$$h_{\text{水銀}} = \frac{300 + 0.8 \times 30 + 1 \times 50}{13.6} = 27.5 \text{ 公分}。$$

10. 兩根水銀測壓管與盛有水的封閉容器聯接(圖 12)。設水銀測壓管的讀數已知為 $h_2 = 25$ 公分與 $h_3 = 30$ 公分，而上面測壓管浸水深度 $h_1 = 60$ 公分，試求下面測壓管的浸水深度 h_4 。

解：A—A 平面的平衡方程式為：

$$p_0 + \gamma h_1 = \gamma_{\text{水銀}} h_2，$$

從上式得水面上的壓力

$$p_0 = \gamma_{\text{水銀}} h_2 - \gamma h_1。$$

B—B 平面的平衡方程式為：

$$p_0 + \gamma h_4 = \gamma_{\text{水銀}} h_3$$

或

$$p_0 = \gamma_{\text{水銀}} h_3 - \gamma h_4。$$

使兩個 p_0 的式子相等，得：

$$\gamma_{\text{水銀}} h_2 - \gamma h_1 = \gamma_{\text{水銀}} h_3 - \gamma h_4，\text{故 } h_4 = \frac{\gamma_{\text{水銀}}}{\gamma} (h_3 - h_2) + h_1。$$

代入已知數值，得：

$$h_4 = \frac{13.6}{1.0} (30 - 25) + 60 = 128 \text{ 公分}。$$

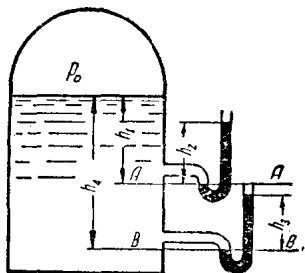


圖 12

11. 試按複式水銀測壓計讀數決定鍋爐(圖 13)中水面上蒸汽的

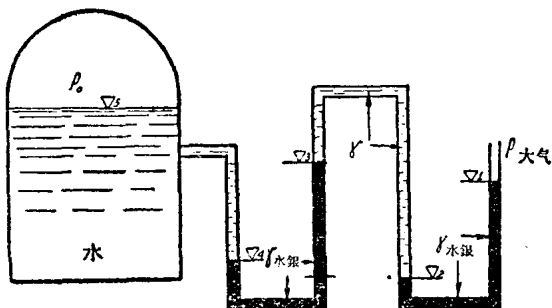


圖 13

絕對壓力，如已知自假定的零點算起的標高 ∇ (單位為公尺)：
 $\nabla_1 = 2.3$ 公尺， $\nabla_2 = 1.2$ 公尺， $\nabla_3 = 2.5$ 公尺， $\nabla_4 = 1.4$ 公尺， $\nabla_5 = 3.0$ 公尺。

解：從平面 ∇_1 依次計

算到 $\nabla_2, \nabla_3, \dots$ ，即對 $p_{\text{大氣}}$ 加上水銀柱的壓力，減去相應水柱的壓力，得：

$$p_0 = p_{\text{大氣}} + \gamma_{\text{水銀}} (\nabla_1 - \nabla_2) - \gamma (\nabla_3 - \nabla_2) + \gamma_{\text{水銀}} (\nabla_3 - \nabla_4) - \gamma (\nabla_5 - \nabla_4)。$$

代入已知數值，得(單位為噸及公尺)：

$$p_0 = 10 + 13.6(2.3 - 1.2) - 1(2.5 - 1.2) + 13.6(2.5 - 1.4) - 1(3.0 - 1.4) = 37.1 \text{ 公尺水柱}$$

或 $p_0 = 3.71 \text{ 公斤/公分}^2$ 。

12. 試求直接作用式蒸汽活塞泵(圖 14)的揚水高度 h , 如汽缸內的計示壓力 $p_M = 2.5 \text{ 公斤/公分}^2$, 汽缸直徑 $d_1 = 12 \text{ 公分}$, 而泵筒直徑 $d_2 = 20 \text{ 公分}$ 。

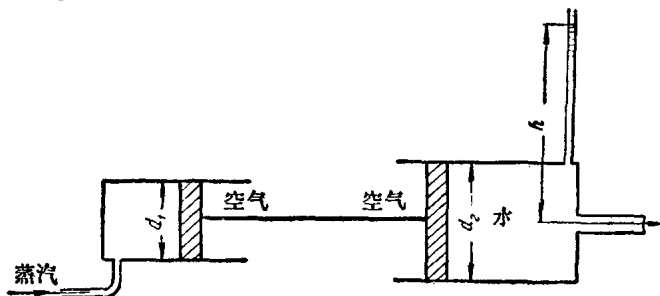


圖 14

解: 自汽缸活塞經活塞桿傳遞的壓力, 爲:

$$P_1 = p_M \frac{\pi d_1^2}{4}。$$

此時泵筒中的水靜壓力

$$p = \frac{P_1 \cdot 4}{\pi d_2^2} = p_M \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2,$$

而揚水高度

$$h = \frac{p}{\gamma} = \frac{p_M}{\gamma} \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2。$$

代入已知數值, 得:

$$h = \frac{2.5}{0.001} \times \left(\frac{12}{20} \right)^2 = 875 \text{ 公分} = 8.75 \text{ 公尺}。$$

13. 試求在下列數據下處於平衡狀態的水壓機(圖 15)的大活塞直徑 D : 大活塞的壓力 $G = 500 \text{ 公斤}$; 槓桿柄上的作用力 $T = 15 \text{ 公斤}$; 小活塞的直徑 $d = 5 \text{ 公分}$, 槓桿臂 $a = 15 \text{ 公分}$, $b = 75 \text{ 公分}$ 。

不計活塞的高差及其重量。計及摩擦力的校正係數 $\eta = 0.90$ 。

解: 作用到小活塞上的壓力 P , 可根據對於鉸鏈的力矩方程式求出

$$P = \frac{T(a+b)}{a}。$$

平衡方程式爲:

$$\frac{4G}{\pi D^2} = \eta \frac{4P}{\pi d^2} \text{ 或 } \frac{G}{D^2} = \eta \frac{P}{d^2},$$

從上式得

$$D^2 = d^2 \frac{G}{P\eta} = d^2 \frac{Ga}{\eta \cdot T(a+b)}$$

或

$$D = d \sqrt{\frac{aG}{T(a+b)\eta}};$$

代入數值,得:

$$D = 5 \sqrt{\frac{500 \times 15}{15 \times (15 + 75) \times 0.90}} = 12.4 \text{ 公分}.$$

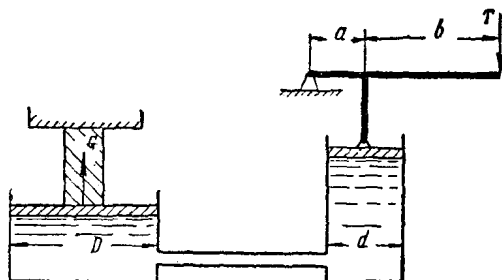


圖 15

14. 圓筒及聯接管中盛有水銀(圖 16)。設已知:圓筒的直徑 $d_1 = 45$ 公分, $d_2 = 30$ 公分; 活塞上荷重 $P_1 = 300$ 公斤, $P_2 = 500$ 公斤; 封閉的(左邊的)圓筒中的剩餘壓力 $p_{剩餘} = 0.1$ 公斤/公分², 試求聯通圓筒中的活塞高差 h 。

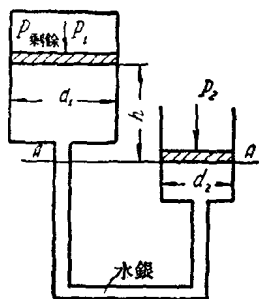


圖 16

解: A—A 平面的平衡方程式為:

$$\gamma_{水銀} h + p_1 + p_{剩餘} = p_2,$$

壓力

$$p_1 = \frac{P_1}{\omega_1}; \quad p_2 = \frac{P_2}{\omega_2};$$

於是

$$h = \frac{P_2 - P_1 - p_{剩餘}}{\gamma_{水銀}}.$$

我們算出:

$$p_1 = \frac{300 \times 4}{\pi d_1^2} = \frac{300 \times 4}{3.14 \times 45^2} = 0.189 \text{ 公斤/公分}^2;$$

$$p_2 = \frac{500 \times 4}{3.14 \times 30^2} = 0.707 \text{ 公斤/公分}^2;$$

代入前式,得:

$$h = \frac{0.707 - 0.189 - 0.100}{0.0136} = 30.8 \text{ 公分}.$$

形式不同的習題: 被封閉的是右邊的圓筒;此時

$$h = \frac{P_2 + p_{剩餘} - P_1}{\gamma_{水銀}}.$$

如果此時 $P_1 = 500$ 公斤, $P_2 = 300$ 公斤, 而其餘的已知數值同前, 則 $h = 15.4$ 公分。

15. 如已知活塞直徑 $D = 40$ 公分, 水應當在多大的壓力 p 下充入

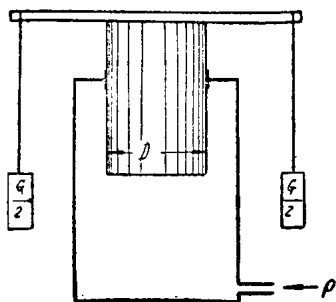


圖 17

水力荷重機的圓筒(圖 17),才能平衡荷重(包括活塞與衡重桿在內) $G=30$ 公噸 $=30 \times 10^3$ 公斤。

解: 圓筒中活塞上的水靜壓力為:

$$p = \frac{G \times 4}{\pi D^2} = \frac{30 \times 10^3 \times 4}{3.14 \times 40^2} = 23.9 \text{ 公斤/公分}^2。$$

假如不計及摩擦力,則應當在上列壓力下把水充入圓筒。如計及摩擦力的校正係數 $\eta=0.90$ 時,則壓力為:

$$p = \frac{23.9}{0.90} = 26.6 \text{ 公斤/公分}^2。$$

16. 試求尺寸為 $D=50$ 公分及 $d=10$ 公分的液體加壓機(圖 18)中所得到的壓力 p , 倘若在計示壓力 $p_m=5$ 公斤/公分² 下將油輸入活塞下面, 而校正係數 $\eta=0.85$ 。

解: 傳遞到大活塞上的油壓力為:

$$P = p_m \frac{\pi D^2}{4} = 5 \times \frac{3.14 \times 50^2}{4} = 9800 \text{ 公斤}。$$

從小活塞傳遞到上面圓筒中油上的壓力

$$p = \frac{P \cdot 4}{\pi d^2} \eta = \frac{9800 \times 4}{3.14 \times 10^2} \times 0.85 = 106 \text{ 公斤/公分}^2。$$

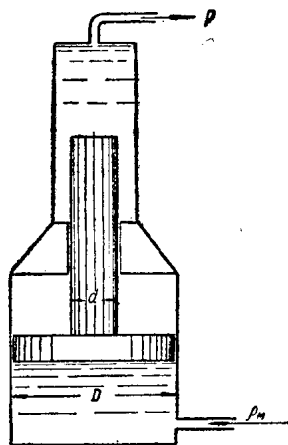


圖 18

17. ① 為了測定自 0.1 到 0.5 大氣壓、即不適於使用水柱測壓管和水銀測壓管②的過渡範圍內的剩餘壓力,可用水銀酒精測壓計。設已知酒精的重率 $\gamma_{酒精} = 0.80$ 克/公分³ $= 800$ 公斤/公尺³, 水銀的重率 $\gamma_{水銀} = 13.6$ 克/公分³ $= 13600$ 公斤/公尺³, 及直徑為 d_1, d_2 與 d_3 試導出根據管內酒精面下降距離 h_1 (圖 19)來決定剩餘壓力 p_1 的公式。

① 本習題的題材取自 B. B. 涅克拉索夫著“水力學習題集”, 蘇聯國防工業出版社, 1947 年。

② 如使用水柱測壓管則因讀數太大而深感不便, 但如改用汞測壓管又因讀數太小而不够精確——校者註。