

高級工業職業學校教科書

水 力 學

王 壽 寶 編

商務印書館發行

高級工業職業學校教科書

水 力 學

王 壽 寶 編

商 務 印 書 館 發 行

國二十五年八月初版
國二十五年十一月再版

(61473)

高級工業職業
學校教科書

水力學 一冊

每冊實價國幣伍角

外埠酌加運費匯費

編纂者

王壽寶

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

版權所
翻印必究

(本書校對者張叔介)

弁 言

按水力學爲習水利工程者之重要科目，如自來水也，排污水也，水力也，灌溉也，治河也，莫不依此爲基本。

水力學非純粹數學的學科，設作純粹數學的學科觀，則所得結果，必與事實不符，而難適於用。故其有效方法，端賴實驗，此水力學之實驗工作，較理論爲尤重也。蓋水流之變化紛繁，時刻彌定，非佐以實驗，斷難預測。無如學者試驗所得之各項係數，迄今仍各異其值，且所立公式，亦復不同，其結果恆未能一律，乃知水力學之闡明尙未臻完善嚴密之境也。作者爰本英德文書籍，而掇拾最簡單最普通之方式，務使閱者於極短之時間內，得窺水力學之大要。

本書之作，原欲提倡職業教育，故其取材偏重實用，既得作高級工業職業學校教本之用，亦可供專科以上學校參考之需。

本書編制共分四章，計十五節，每節之末，選列重要例題，合共七十問，概經詳解，俾啓學者思想而知援用之方。全書附圖一百四十七幅，藉資觀摩。書末更闢附錄，置有表格八種，以備參考檢查之用。

中華民國二十五年一月

王壽寶識於國立同濟大學

目 錄

第一章	概論	1
第一節	固體液體氣體之特性	1
第二節	水力學分類	3
第三節	水之物理性	3
第二章	靜水力學	5
第一節	不計水重之水壓力	5
第二節	鍋與管之厚度	11
第三節	計水重之水壓力	15
第四節	浮力,水中固體之平衡,比重	31
第五節	連通管	40
第三章	流水力學	45
第一節	洞口及水堰之流量	45
第二節	貝爾諾里公式	66
第三節	水管中水流	72
第四節	槽渠中水流	100
第五節	河川中水流	113

第四章 擊水力學.....117

第一節 水之衝擊 117

第二節 水擊平面 118

第三節 水擊弧面 120

附錄125

1. 中西名詞對照表.....125

2. 符號及因數單位表.....129

3. 彭青公式流速係數表.....132

4. 鋼果來及可脫公式流速係數表.....134

5. 赫斯勒公式流速係數表.....136

6. 流速及水頭表.....137

7. 鑄鐵管徑流量及水面降坡關係表.....139

8. 單位換算表.....139

水 力 學

第一章 概論

第一節 固體液體氣體之特性

液體與固體，其主要不同之點，液體對於割斷剪散，毫無阻力，磨擦係數為零，至其特性，則一如氣體，各部份易於移動，不過液體尚有相當之凝聚力，故其趨勢，造成球形之集團，如雨滴，如露珠。固體有一定形狀，不受器皿之影響，而氣體則專向四周膨漲，因其各質點間之衝擊，無有已時，故氣體僅能於有限之空間，上下四周，受器皿之限制，方得平衡。液體之形狀，隨器皿而異。更有進者，氣體為易受壓縮之物體，而液體則不然，如水受有每平方公分一公斤之壓力，其體積僅得壓縮 $\frac{1}{20000}$ ，因其不富於壓縮性，故稱液體為非彈性體 (unelastische Körper)，而氣體為彈性體 (elastische Körper)，液體受每氣壓 ($1\text{kg}/\text{cm}^2$) 得壓縮之部份，謂壓縮係數，現將水在各溫度及各壓力時之壓縮係數，列表如下：

壓 力 (p)	溫 度 ($^{\circ}\text{C}$)	壓 縮 係 數 (ε)
$\frac{1}{70} \text{ kg/cm}^2$	0°	$\frac{1}{20000}$
$\frac{1}{70} \text{ kg/cm}^2$	25°	$\frac{1}{22500}$
$\frac{1}{70} \text{ kg/cm}^2$	100°	$\frac{1}{25000}$
4500 kg/cm^2	0°	$\frac{1}{45000}$

第1題 設有壓力 $p=4500\text{kg/cm}^2$ ，作用於 0°C 時之水面，則水之體積，當壓縮若干？

$$\text{解： } \varepsilon \cdot p = \frac{1}{45000} \cdot 4500 = \frac{1}{10} = 0.1$$

答應壓縮其原有體積十份之一。

第2題 如將零度時水，壓縮千份之一，問應用壓力若干？

$$\text{解： } \frac{1}{20000} \cdot p = \frac{1}{1000}$$

$$p = \frac{20000}{1000} = 20\text{kg/cm}^2 = 20 \text{ atm.}$$

答應用二十氣壓。

第3題 前題，設水溫在 25°C ，問應用壓力若干？

$$\text{解： } \frac{1}{22500} \cdot p = \frac{1}{1000}$$

$$p = \frac{22500}{1000} = 22.5\text{kg/cm}^2 = 22.5 \text{ atm.}$$

答應用 22.5 氣壓。

第二節 水力學分類

水力學得依液體之動靜而分爲靜水力學 (Hydrostatik), 流水力學 (Hydrokinetik), 及擊水力學 (Hydrodynamik) 三部。靜水力學爲研究靜止時液體之性質, 流水力學爲研究流動時液體之性質, 擊水力學爲研究衝擊時液體之性質。

此後應研究者, 僅液體中最重要之一種, 水是也。凡其他液體之物理性, 與水相類似者, 則所有水之一切公式及理論, 均得應用。在靜水力學, 對於液體之流動性無涉; 惟在動水力學, 則至有關係也。

第三節 水之物理性

水雖非完全流動性液體, 但工業上恆假定其爲然。在水中各部份之壓力, 均與各部份相交面成垂直, 而作用於各器皿面之壓力, 亦成直角。水之重量, 依其溫度及純粹度而異; 故沸點時之水, 較攝氏四度時爲輕, 後者適爲水之最大密度, 過此溫度, 則體積復漲, 凝冰時再漲大其體積約十之一, 結冰後則依溫度之下降, 而收縮其體積。清水在攝氏四度, 其比重爲一, 在一百度則降爲 0.9586。一公斤之水, 在各溫度時所佔之體積及其比重如下:

溫 度	體 積 (立 升)	比 重
0°C { 冰 水	1.09	0.9174
	1.00013	0.9998
4°C 水	1.0	1.0
100°C { 水 蒸氣	1.04315	0.9588
	1650	0.0006

泉水之比重約爲 1.005, 海水約爲 1.025, 死海(Totes Meer)及大鹽海之水約自 1.19 至 1.25, 是爲天然水中之最大含鹽量矣。

第 4 題 問 0°C 時之冰塊, 其浮在 0°C 之水面上若干部份?

解: 設冰塊之體積爲 V , 其浮在水面上之部份爲 v , 在水中之部份爲 $V-v$ 。

$$V \cdot 0.9174 = (V-v) \cdot 0.9998, V \cdot 0.0824 = 0.9998 \cdot v,$$

$$\frac{v}{V} = \frac{0.0824}{0.9998} = \frac{8.25}{100}。$$

答浮在水面之部份佔全體積 8.25%。

第 5 題 海邊有水潭, 盛海水 80 m³, 其比重爲 1.025, 設將水份蒸發之可得鹽若干公斤?

解: 設 G 爲鹽份之重, 則

$$G = 80 \cdot 0.026 = 2.08 \text{ 公噸} = 2080 \text{ 公斤}$$

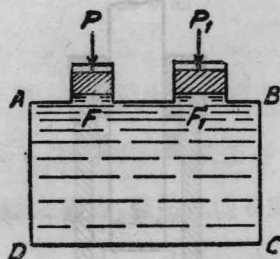
答可得鹽 2080 公斤。

第二章 靜水力學

第一節 不計水重之水壓力

水因富於流動性，故對於受盛器限制之水量，設向於表面，施以壓力，則此等壓力，由各質量之傳達，在水中任何處所，任何方向，均屬等強（靜水壓力定律）。

按第 1 圖， $ABCD$ 係一滿盛水量之器皿，設於該器皿之一面，裝有活塞（Kolben），其面積為 F ，在活塞上作用之壓力為 P ，則發生 p 之壓力，向器皿之上下四周傳播，其於單位面積之壓力為



第 1 圖

$$p = \frac{P}{F} \dots\dots\dots (1)$$

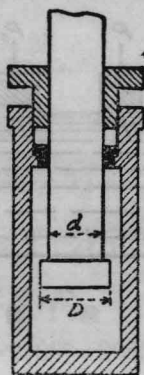
在該器皿上取面積 F ，則其上所受之壓力 $P=p \cdot F$ ，如所取之面積愈大，則其上壓力亦愈大，否則反是。今設在該器皿上，尚有一他活塞，面積為 F_1 ，在其上所施之壓力，定為 $P_1=p \cdot F_1$ ，欲此活塞之平衡，非在其上另加 P_1 之力不為功，即

$$P_1 = p \cdot F_1 = \frac{P}{F} \cdot F_1$$

$$\text{故 } \frac{P}{P_1} = \frac{F}{F_1} \dots\dots\dots (2)$$

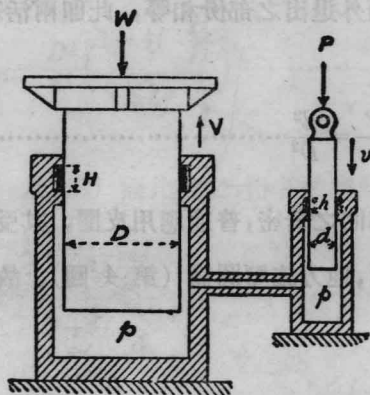
壓力 P 與 P_1 之比，等於兩活塞面積之比。

如活塞之面，係一任意曲面所成，則上式仍得適用，惟 F 及 F_1 為垂直於活塞動向之活塞孔面積，與活塞端之圓環面積 $\frac{(D^2 - d^2)\pi}{4}$ 毫無關係，因在其上下之壓力，適得相消故也（第 2 圖）。



第 2 圖

應用靜水壓力定律者，如水壓機(Hydraulische Presse)。該機之主要部份，爲二相連通之盛水圓筒，各緊裝以活塞，但二活塞之直徑，則互異也(第 3 圖)。水壓機之效用，在較小之活塞



第 3 圖

上，受外力 P 之作用，則在較大之活塞上，可得較大之力 W ，而資應用。設 D 及 d 爲二活塞之直徑， p 爲因 P 與 W 之作用每平方公分間液體之壓力，茲姑忽視各處磨擦，其平衡應有下式：

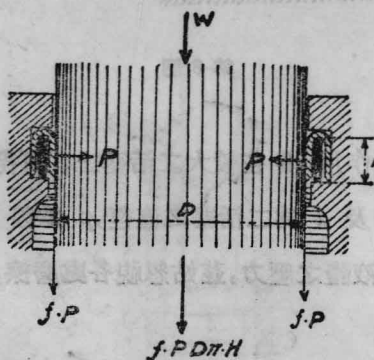
$$W_0 = \frac{D^2 \pi}{4} \cdot p_0, \quad P_0 = \frac{d^2 \pi}{4} \cdot p_0,$$

$$\text{故 } \frac{W_0}{P_0} = \frac{D^2}{d^2} \dots \dots \dots (3)$$

式中 W_0, P_0, p_0 為全無磨擦時之情形，與實有 W, P, p 略有區別，今因較小之活塞向圓筒推進，其被排擠之水量，適與較大之活塞向圓筒外退出之部份相等，此即兩活塞速度與其面積成反比，故

$$\frac{V}{v} = \frac{d^2}{D^2} \dots \dots \dots (4)$$

圓筒與活塞間之緊密，普通應用皮圈，其受水之壓力，一方施壓於活塞側面，他方施壓圓筒（第 4 圖），故為留意磨擦計，其計算如下：



第 4 圖

設 f 爲皮圈與鑄鐵之磨擦係數, H 與 h 爲皮圈之高度, 則

$$W = \frac{D^2 \pi}{4} \cdot p - f p D \pi H$$

$$P = \frac{d^2 \pi}{4} \cdot p + f p d \pi h$$

$$\text{故 } \frac{W}{P} = \frac{D^2}{d^2} \left(\frac{1 - 4f \frac{H}{D}}{1 + 4f \frac{h}{d}} \right) \dots\dots\dots (5)$$

以公式 (3) 及 (5) 而比較之, 得其效率如下:

$$\eta = \frac{1 - 4f \frac{H}{D}}{1 + 4f \frac{h}{d}} \dots\dots\dots (6)$$

公式 (5) 得變成下式:

$$W = \eta \cdot P \frac{D^2}{d^2} \dots\dots\dots (7)$$

第 6 題 有一水壓機, 其 $d = 2\text{cm}$, $D = 40\text{cm}$, $f = 0.1$, $\frac{H}{D} = \frac{h}{d}$

$= 0.2$, 設 $P = 100\text{kg}$, 問 W 可得若干公斤?

解: 按公式 (6)

$$\eta = \frac{1 - 4 \cdot 0.1 \cdot 0.2}{1 + 4 \cdot 0.1 \cdot 0.2} = \sim 0.85$$

按公式 (7)

$$W = 0.85 \cdot 100 \frac{40^2}{2^2} = 34000 \text{ kg}$$

設無磨擦損耗，得按公式 (3)

$$W_0 = 100 \cdot 400 = 40000 \text{ kg}$$

在大活塞上單位面積之壓力

$$p = \frac{W}{\frac{D^2 \pi}{4}} = \frac{34000}{1256.64} = \sim 27 \text{ kg/cm}^2 = 27 \text{ 氣壓 (atm.)}$$

如無磨擦損耗，則為

$$p_0 = \frac{W_0}{\frac{D^2 \pi}{4}} = \frac{40000}{1256.64} = 31.8 \text{ kg/cm}^2 = 31.8 \text{ 氣壓 (atm.)}$$

上項兩數之比，亦得效率

$$\eta = \frac{p}{p_0} = \frac{27}{31.8} = \sim 0.85。$$

第 7 題 有水壓機之壓柄 ABC ，該柄連接二不同直徑之活塞 D 及 d ，支點 C 僅得有垂直之動作，設大活塞上荷重為 Q ，今使其平衡， P 力應若干 (第 5 圖)?

解：設水之單位面積壓力為 p ，則由 $\Sigma(V) = 0$ ，得

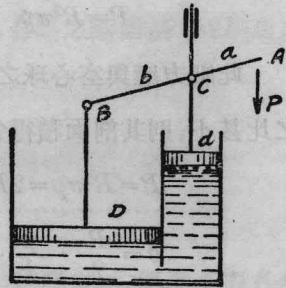
$$P + Q = p \left(\frac{\pi d^2}{4} + \frac{\pi D^2}{4} \right)$$

再由 $\Sigma(M)=0$, 得

$$P(a+b) = p \frac{\pi d^2}{4} b$$

以上二式消去 p 即得

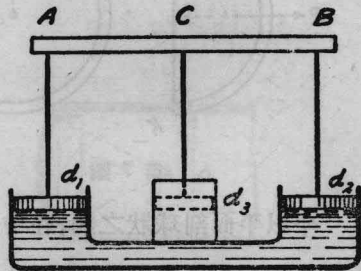
$$P = Q = \frac{\frac{b}{a} \left(\frac{d}{D} \right)^2}{1 + \frac{b}{a} + \left(\frac{d}{D} \right)^2}$$



第 5 圖

第 8 題 有水平桌面, 以不同直徑之三活塞 d_1, d_2, d_3 , 支於水面, 今有重物應置於桌之何處方得平衡 (第 6 圖)?

解: 於 ABC 平面上之 A, B, C 三點, 置 d_1^2, d_2^2 及 d_3^2 之相當重量於各該三點, 此三重力之合力, 於平面之着力點, 即所求之點也。



第 6 圖

第二節 鍋與管之厚度

空心球狀之鍋, 其內半徑為 R , 鍋厚為 ϕ , 水之超壓力 (Überdruck) 為 $p \text{ kg/cm}^2$, 今以平面經球之中心點剖球, 分成等形之兩半球 (第 7 圖), 按前節則每半球面所受之壓力為