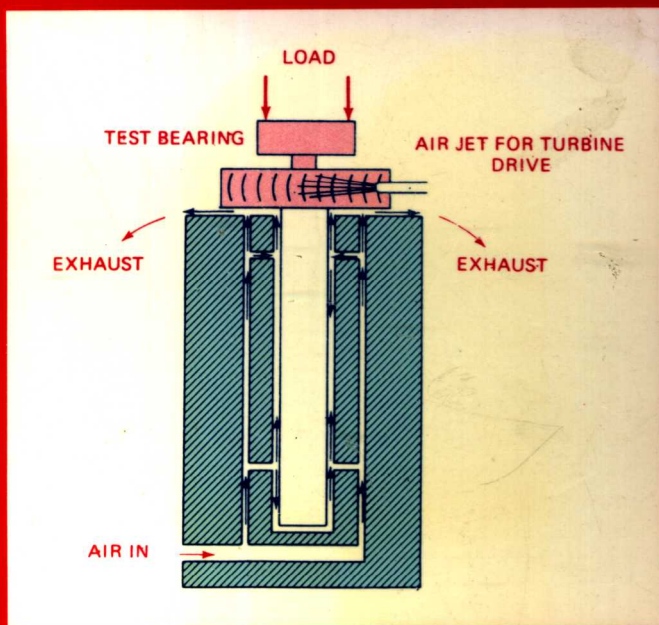


應用流體力學

FLUID MECHANICS FOR TECHNICIANS

原著者：T B Hardison

譯述者：鄭希偉



科技圖書股份有限公司

應用流體力學

FLUID MECHANICS FOR TECHNICIANS

原著者：T B Hardison

譯述者：鄭希偉

科技圖書股份有限公司

本公司經新聞局核准登記
登記證局版台業字第1123號

書名：應用流體力學
原著者：T B. Hardison
譯述者：鄭希偉
發行人：趙國華
發行者：科技圖書股份有限公司
台北市重慶南路一段49號四樓之一
電話：3118308・3118794
郵政劃撥帳號0015697-3

七十七年二月初版

特價新台幣150元

原序

寫本書有兩個目標。其一是利用我在流體動力的實際工作上獲得的真實結果以充實流體力學在工程應用上的學理。其二是，要使一個在修習機械工程技術課程的學生能充分瞭解這些理論及其在工程上的應用，進而感到合適。因此，這本書是合乎技術學院或專科學校學生讀的教科書。

在導引本書各種理論時，所用到的僅為流體力學的一部分。主要是應用在流體動力上的。有關流體靜力學與流體流動系統的傳統理論也一併討論。至於有關較舊的土木工程用水力學的觀念與空氣動力學部份，則未包含在內。

本書中沒有用到微積分。若學生能懂得一些微積分，必可獲益不淺。另外假設學生對代數與幾何部份都已熟練。物理學的某些內容對瞭解本課程內容也有很大幫助。

本書中在某程度內儘量將 SI 制單位列入，這是適應時代的要求。毫無疑問，將來 SI 制單位會越用越多。有幾家製造廠商却表示他們使用 SI 制的範圍，主要是組件及零件方面。

本書後面幾章幾乎全在討論流體動力的應用。這些應用多數是取材流體動力機械的製造廠與其它工業資料，但有一些是由作者在工業界服務 18 年中獲得的經驗。主要的各種組件均有討論，並在篇幅許可的範圍內儘量說明其功能。

希望學生們在研讀本書後，能領會書中所載的一切，並獲得某程度的知識。

Thomas B. Hardison

11/11/02/02

應用流體力學

目 錄

原 序

第一章 可壓縮與不可壓縮流體之性質

1.1 概 要	1
1.2 流 體	1
1.3 流體性質的定義	2
1.4 單位制	4
1.5 質量, 比重量與密度	5
1.6 問題與習題	7

第二章 黏滯性與 Pascal 定律

2.1 概 要	8
2.2 黏滯性	8
2.3 黏滯性的量度	11
2.4 黏滯性單位的換算	12
2.5 黏滯性指數	14
2.6 Pascal 定律	14
2.7 在可壓縮與不可壓縮流體中的壓力	18
2.8 問題與習題	18

第三章 不可壓縮流體之特有性質

3.1 概 要	20
3.2 表面張力	20

2 應用流體力學

3.3	表面張力與毛細現象	22
3.4	蒸汽壓力	23
3.5	液體的可壓縮性	25
3.6	問題與習題	26

第四章 可壓縮流體

4.1	概 要	28
4.2	壓力的量度	28
4.3	溫 度	31
4.4	氣體動力理論	33
4.5	Boyle 定律	34
4.6	Charle 定律	35
4.7	理想氣體定律	36
4.8	通用氣體常數	37
4.9	理想氣體定律中用的單位	37
4.10	討論與習題	38
4.11	問題與習題	42

第五章 可壓縮流體的热力過程

5.1	概 要	45
5.2	能量單位	46
5.3	等溫過程	47
5.4	絕熱過程	48
5.5	多變過程	49
5.6	複 習	49
5.7	問題與習題	51

第六章 流體靜力學

6.1 概 要	54
6.2 壓力 - 高度的關係	54
6.3 壓力頭	56
6.4 流體的密度與壓力	57
6.5 氣體的壓力 - 高度關係	60
6.6 問題與習題	62

第七章 壓力的量度

7.1 概 要	65
7.2 量度的單位	65
7.3 液壓計	67
7.4 Bouadon 管壓力計	72
7.5 在動的情況下的靜壓力量度	73
7.6 問題與習題	74

第八章 流體動力學—不可壓縮流體

8.1 概 要	77
8.2 質量守恒原理	77
8.3 能量守恒原理	80
8.4 能量的增損	84
8.5 Torrice 定理	87
8.6 問題與習題	88

第九章 流動型式與摩擦損失—不可壓縮流體

9.1 概 要	91
9.2 層 流	92

4 應用流體力學

9.3	紊流	93
9.4	Reynold 數	93
9.5	流型與 Reynold 數	94
9.6	摩擦損失的決定	96
9.7	Moody 圖的用途	98
9.8	問題與習題	102

第十章 流體動力學—可壓縮流體

10.1	概要	104
10.2	標準狀態下的氣體體積	105
10.3	連續方程式—可壓縮流體	105
10.4	用於可壓縮流體的 Bernoulli 方程式	106
10.5	Mach 數	113
10.6	問題與習題	113

第十一章 摩擦損失—空氣

11.1	概要	115
11.2	管中空氣流動的損失 -Harris 公式	115
11.3	管中空氣流動的損失	118
11.4	問題與習題	121

第十二章 流體的能量，功與功率

12.1	概要	123
12.2	泵馬力	125
12.3	汽缸的馬力	127
12.4	輸入能量與 Bernoulli 方程式	128
12.5	輸入、輸出與效率	131
12.6	問題與習題	132

第十三章 衝量及動量

13.1	概 要	135
13.2	衝量渦輪	137
13.3	作用在移動面上噴射流的衝擊力	142
13.4	在移動面上所作的功	143
13.5	作用在擴徑彎管或縮徑彎管處的力	144
13.6	問題與習題	149

第十四章 流口，Venturis管及 Pitot管

14.1	概 要	152
14.2	流口的流動特性	153
14.3	Venturi 管	155
14.4	Pitot 管	157
14.5	問題與習題	160

第十五章 配件、閥與其它裝置的摩擦損失

15.1	概 要	162
15.2	數學方法	162
15.3	等效管長	164
15.4	K 因數	167
15.5	問題與習題	169

第十六章 流體動力

16.1	概 要	171
16.2	液壓學與氣力學	171
16.3	特殊的應用	179
16.4	問題與習題	181

第十七章 流體動力系統的選擇

17.1	液壓系統	182
17.2	空氣系統	184
17.3	空氣 - 油系統	186
17.4	使用流體的考慮	187
17.5	流體的限制	188
17.6	問題與習題	190

第十八章 流體動力的組件—汽缸

18.1	概要	192
18.2	汽缸如何作用	193
18.3	汽缸的類型	194
18.4	汽缸的安裝	197
18.5	緩衝墊汽缸	199
18.6	異常汽缸的應用	200
18.7	問題與習題	201

第十九章 流體動力組件—閥

19.1	概要	203
19.2	方向控制閥	203
19.3	短管式方向控制閥	205
19.4	方向控制閥的應用	209
19.5	單向閥	210
19.6	壓力控制活閥	211
19.7	流量控制閥	214
19.8	閥的引導操作	215
19.9	問題與習題	216

第二十章 管道與管系—增強器

20.1	概 要	219
20.2	管的標準	219
20.3	螺 紋	221
20.4	管	221
20.5	軟 管	222
20.6	管與軟管用配件	223
20.7	增強器	223
20.8	問題與習題	225

第二十一章 泵

21.1	概 要	226
21.2	泵中的孔蝕	227
21.3	齒輪泵	228
21.4	輪葉泵	229
21.5	活塞泵	230
21.6	各種不同類型泵的性能	231
21.7	問題與習題	232

第二十二章 馬達與流體靜力傳送

22.1	概 要	234
22.2	馬達的扭矩與功率	234
22.3	液壓馬達	237
22.4	液壓馬達與電力馬達的比較	239
22.5	空氣馬達	239
22.6	流體靜力傳送	240
22.7	問題與習題	242

第二十三章 各種附件

23.1	概 要	244
23.2	儲壓器	244
23.3	濾網與過濾器	246
23.4	過濾器細部說明	247
23.5	儲存槽	250
23.6	問題與習題	252

第二十四章 流體動力線路圖用圖示符號

24.1	概 要	253
24.2	各種線的用途	253
24.3	各種組件的符號	256
24.4	其它符號	260
24.5	問題與習題	260

第二十五章 液壓線路

25.1	概 要	262
25.2	簡單泵線路	262
25.3	可變輸出式泵線路	263
25.4	馬達 - 驅動泵線路	264
25.5	問題與習題	265

第二十六章 空氣線路

26.1	概 要	267
26.2	完整的空氣系統線路	267
26.3	二汽缸式系統的部份線路	268
26.4	由閥操作的系統的部份線路	269

26.5	由四通閥操作的系統的部份線路.....	270
26.6	問題與習題.....	270

附錄 各種表格

單數習題答案

第一章

可壓縮與不可壓縮流體之性質

1.1 概 要

流體力學 (fluid mechanics) 是應用力學的一支，所處理的是有關流體的性質與行為的研究。這本書所涉及的，主要是工業上常用的流體力學方面的問題。以下是一些應用流體力學的實例，一個是工廠用的壓縮空氣系統 (compressed-air system)，這是大多數工廠中都有一種設備；尚有，汽車服務站的液壓舉昇 (hydraulic lift) 裝置；在某些機器上所用的真空夾頭 (vacuum chuck)；許多飛機上所使用的液壓操作的起落機構 (landing gear)；與汽車上所用的液壓避震器 (hydraulic shock absorber)。

工業上對這些實際應用流體力學的範圍，常稱為流體動力 (fluid power)。本書的目的雖是說明流體動力，但讓你先瞭解其基本理論，使你能知道流體力學如何能正確的應用在某些特定的工作上也是同樣重要的。

物理學所處理的事項是功 (work)、馬力 (horsepower)、力 (force)、速度 (velocity)、能量 (energy) 與阻抗 (friction) 等。在流體力學中，仍要用到這些事項。在某些情況下，或許用不同的方式來應用，但這些事項的基本意義，仍保持不變。

1.2 流 體

我們可將流體 (fluid) 定義成一種具有質量但沒有固定形狀的物

2 應用流體力學

質（或一種事物的狀態）。這也是流體與固體不同之處。因為流體沒有固定形狀，故它們以盛着的容器形狀為它們的形狀。我們尚要作更進一步的說明液體流體與氣體流體（gaseous fluids）間的差別。

在使用情況下為液體的流體，可稱其具理論上的不可壓縮性（incompressible）。但在使用情況下為氣體流體，則是可壓縮的（compressible）。注意，在此定義中，加上一個使用情況的限制，使我們永遠要考慮流體的情況；而我們之所以如此定義，是因為在不同溫度與壓力情況下，物質的狀況可能會改變。水在室溫下為液體，在冰點溫度以下為固體（冰），而在 212°F 以上，大氣壓力下時為氣體（水蒸汽）。氣體與液體間另有一不同點是在一定溫度下，即使容器的體積改變，流體的體積不會改變，但對氣體而言，在一個密閉容器中，氣體的體積會隨容器體積而變，始終與容器的體積保持一致。

理想流體（ideal fluid）被定義為在流動時沒有阻抗（resistance）的流體。因流體流動時的阻抗稱為是黏滯性（viscosity）。故理想流體的黏滯性為零。在研究流體力學時，將發覺流體的確具有相當的黏滯性存在而不可忽略的。事實上，大多數流體的行為與理想流體很類似，但都不完全像理想流體。當然，我們有方法可彌補這種偏離理論行為的缺憾，對這一點將留在以後再談。

1.3 流體性質的定義

在本章中先要定義可應用到各種氣體與液體的各種重要性質，同時也會分別談到只屬於氣體或只屬於液體的性質。

質量（mass）：“一種物體的性質，可決定作用在此物體上的一個力的效果”¹；或“一種物質的量”²

¹David Halliday and Robert Resnick, *Physics* (New York: John Wiley & Sons, Inc., 1960), p. 70.

²*Handbook of Chemistry and Physics*, 49th ed. (Cleveland: The Chemical Rubber Co., 1968), p. 85.

我們可由量度獲得物體或物件的重量以決定其質量，但這個重量必需除以重力加速度，才是質量

$$M = \frac{W}{g} \quad (1-1)$$

其中， M = 質量 (mass)

W = 重量 (weight)

g = 重力加速度 = 32.2 ft/s^2 ，用於英制單位或 9.81 m/s^2 ，用於 SI 單位。

比重量 (specific weight)：每單位體積的重量；例如，在普通溫度變化範圍內，水的比重為 62.4 lb/ft^3 。

密度 (density)：每單位體積的質量

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (1-2)$$

其中， ρ (唸成 rho) = 密度；亦可稱為質量密度 (mass density)。

M = 質量

V = 體積

比容積 (specific volume)：就數學而言，為比重的倒數

$$V_s = \frac{1}{W_s} \quad (1-3)$$

其中， V_s = 比容積 (specific volume)

W_s = 比重量 (specific weight)

比重 (specific gravity)：一種流體的重量或質量對

4 應用流體力學

同樣容積的標準物質的重量或質量的比值；就液體或固體而言，在 40°C 下的水，為一般所採用之標準物質³

在氣體狀態下，常用不含二氧化碳與氫存在的空氣作為標準；事實上很少將這個名詞用在液體或固體以外的物質上。在這種情況下，就數學而言比容積為

$$S_g = \frac{W_{\text{物質}}}{W_{\text{水}}} \quad (1-4)$$

其中， S_g = 比重 (specific gravity)

$W_{\text{物質}}$ = 物質的比重量

$W_{\text{水}}$ = 水的比重量

在 SI 單位中，可用水的密度求比重。在 4°C 下，水的密度為 1000 kg/m^3 。因此，一種物質的比重，即等於其密度除以 1000。例如，一種密度為 1320 kg/m^3 的流體，其比重為 1.32。

1.4 單位制

現今世界通用的單位制計有兩種。大多數的工業國家是用國際制單位 (International system of units, SI)，亦稱公制 (metric system) 為標準。在美國仍使用英制單位 (English system of units) 為主，但逐漸在使用 SI 單位的趨勢。因此，本書將同時使用英制與 SI 制。在附錄中的表，是這兩種單位制的換算表。

若干流體力學中所常用的公制，仍在用 cgs 制。例如，常用 poise 與 stoke 作為黏滯度的單位。因這些單位仍為大眾所採用，故在此仍予沿用，並附有 SI 單位的對應單位。

³ Celsius 溫度指標 (Celsius temperature scale) 是先前所稱的攝氏溫度。