

最新部訂專科課程標準

流體機械

——附BASIC程式範例——

林昭仁 編著



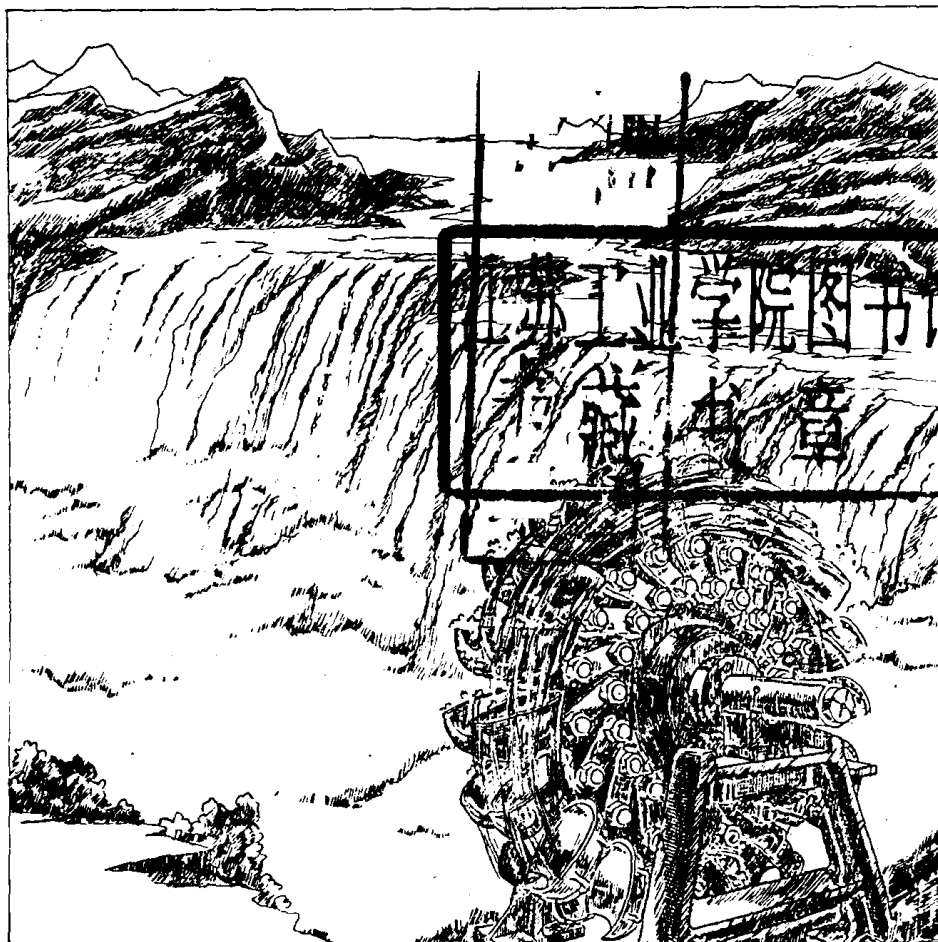
全華科技圖書股份有限公司 印行

最新部訂專科課程標準

流體機械

——附BASIC程式範例——

林昭仁 編著



全華科技圖書股份有限公司 印行



全華圖書

法律顧問：陳培豪律師

流體機械

林昭仁 編著

出版者 全華科技圖書股份有限公司

地址／台北市龍江路76巷20-2號2樓

電話／5811300（總機）

郵撥帳號／0100836－1號

發行人 陳 本 源

印刷者 華 一 彩 色 印 刷 廠

門市部 全友書局（黎明文化大樓七樓）

地址／台北市重慶南路一段49號7樓

電話／3612532・3612534

基 價 6.14 元

二版／76年10月

行政院新聞局核准登記證局版台業字第〇二二三號

版權所有 翻印必究

圖書編號 0121249



作者小傳

林昭仁先生 台灣省彰化縣人
，民國46年生，成大機械系學
士，清大應數研究所力學組碩
士，著有「拉氏轉換與傅利葉
級數」、「複變函數論」、「
偏微分方程」等十餘冊。

我們的宗旨：

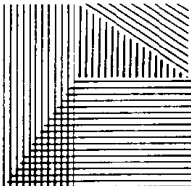
**推展科技新知
帶動工業升級**

**為學校教科書
推陳出新**

感謝您選購全華圖書
希望本書能滿足您求知的慾望

「圖書之可貴，在其量也在其質」，量指圖書內容充實，質指資料新穎夠水準，我們本著這個原則，竭心盡力地為國家科學中文化努力，貢獻給您這一本全是精華的“全華圖書”

為保護您的眼睛，本公司特別
採用不反光的米色印書紙!!



編輯大意



1. 本書大部份按部訂課程標準編寫，重點在於使讀者了解流體之應用工程與應用機械。
2. 本書附有計算機程式部份，可使讀者利用計算機作為輔助工具，以簡化繁複的計算。
3. 本書適合五年制及二年制專科學校，機械工程科的「流體機械」課程之使用。
4. 本書共分九章，內容充實，對於一個學期每週 3 小時的授課時間，可視學生程度取捨。
5. 本書除適合大專「流體機械」教材之使用外，亦適合相關工程技術人員作為參考之用。

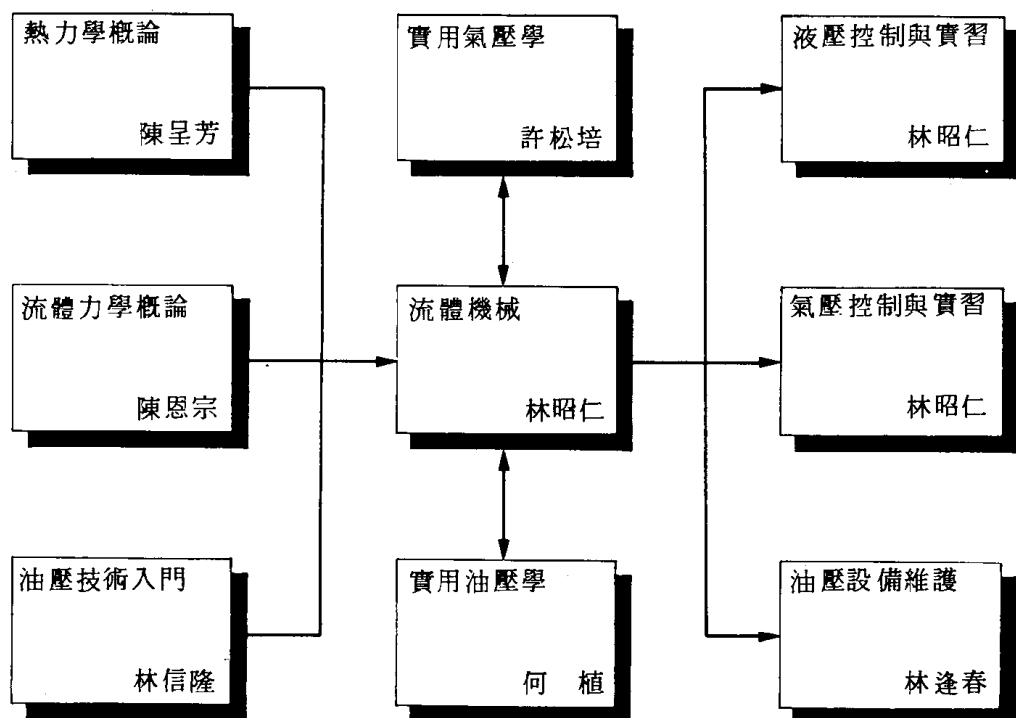
林 昭 仁 謹識

編輯部序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

本書按部訂課程標準編寫，並加入作者任教工專多年的心得及最新資料，且全書資料曾在建國工專做為試教教材，學生學習效果非常良好；書中先介紹流體力學的原理，其次詳論流體機械之構造，再由公式的推導、例題的印證及利用計算機執行的程式結果，可讓學生對流體機械有全盤的認識，是五專及二專機械科流體機械最佳教本。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習機械方面叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。



目 錄

1	概 論	1
1.1	流體機械簡介	1
1.2	那維爾——史托克方程	2
1.3	由無因次運動方程導出的動力相似性	6
1.4	柏金漢 π - 方法	8
1.5	動量理論	12
1.6	BASIC 程式範例	16
2	輪機機械之相似定律	23
2.1	泵的相似定律	23
	習 題	34
2.2	泵的比速率	35
	習 題	40
2.3	輪機的相似定律與比速率	40
	習 題	44
2.4	BASIC 程式範例	44
3	水輪機	51
3.1	概 論	51
3.2	貝爾登水輪機	57
3.2-1	貝爾登水輪機的動力	59
3.2-2	貝爾登水輪機的效率	61
	習 題	67

3.3	法氏水輪機	71
3.3-1	法氏水輪機的功率與效率	72
3.3-2	BASIC 程式範例	77
3.4	軸流水輪機	79
3.5	斜流水輪機	80
3.6	泵水輪機	81
3.7	水輪機的特性曲線	82
3.8	水輪機的旋渦真空（孔蝕現象）	83
3.9	BASIC 程式範例	85
3.10	模型效率的換算	87
	習題	90

4 泵 93

4.1	概 述	93
4.2	離心泵	94
4.2-1	總揚程	95
4.2-2	理論揚程	98
4.2-3	效 率	102
4.2-4	相似定律與比速率	105
4.2-5	推力平衡裝置	105
4.2-6	防漏裝置	107
4.2-7	BASIC 程式範例	108
4.3	斜流泵與軸流泵	111
4.3-1	斜流泵	111
4.3-2	軸流泵	112
4.4	特殊泵	114
4.4-1	再生泵	114
4.4-2	粘性泵	117
4.4-3	噴流泵	117

4.4-4 氣力揚升泵	122
4.5 水鎚現象	123
4.6 聯合運轉	124
4.6-1 串聯運轉	124
4.6-2 並聯運轉	125
4.7 泵的孔蝕現象與NPSH	126
習題	128

5

空氣機械 131

5.1 概 述	131
5.2 基本理論	133
5.2-1 風 量	133
5.2-2 壓 力	134
5.2-3 動力與效率（低壓力比）	135
5.2-4 動力與效率（高壓力比）	136
5.2-5 溫度上升	146
5.2-6 多段壓縮	147
5.2-7 計算範例	150
5.2-8 BASIC 程式範例	155
5.3 離心式送風機與壓縮機	158
5.3-1 離心式風扇機	158
5.3-2 離心式鼓風機	161
5.3-3 離心式壓縮機	163
5.3-4 理論推導	164
5.3-5 滑移係數	168
5.3-6 相似定律與比速率	169
5.3-7 各項損耗	170
5.3-8 特性曲線	171
5.4 軸流送風機與壓縮機	174

5.4-1	軸流風扇機	174
5.4-2	軸流鼓風機	175
5.4-3	軸流壓縮機	176
5.4-4	比速率與特性曲線	177
5.5	迴轉式送風機與壓縮機	179
5.6	往復式壓縮機	183
5.6-1	效率計算	185
5.6-2	特性曲線	192
5.6-3	BASIC 程式範例	194
5.7	真空泵	196
5.7-1	往復式真空泵	197
5.7-2	魯氏真空泵	199
5.7-3	液封氏真空泵	199
5.7-4	液油循環式真空泵	201
	習題	202

6

風車與空氣輪機

205

6.1	概論	205
6.2	風車	205
6.2-1	風車的理論	207
6.2-2	風車的特性	211
6.2-3	BASIC 程式範例	213
6.3	空氣輪機	215
	習題	217

7

流體聯結器與扭矩變速器

219

7.1	概論	219
7.2	流體聯結器	219
7.2-1	流體聯結器的計算	222

7.2-2	流體聯結器的阻力扭矩	225
7.2-3	流體聯結器的特性曲線	227
7.3	扭矩變速器	228
7.3-1	扭矩變速器的扭矩	229
7.3-2	扭矩變速器的特性曲線	230
7.4	BASIC 程式範例	231
	習題	233



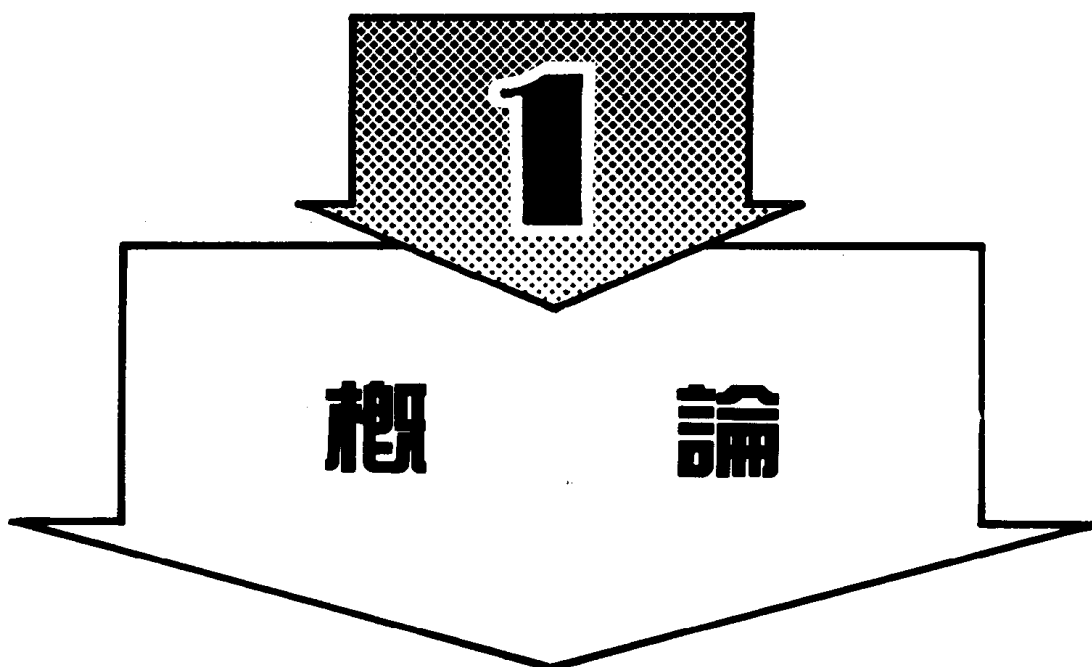
8 氣力機具與液壓機具 235

8.1	概論	235
8.2	氣壓缸	236
8.2-1	氣壓缸的外觀	236
8.2-2	氣壓缸的輸出	237
8.2-3	氣壓缸之空氣消耗量	238
8.3	氣力夾頭	239
8.4	空氣噴射器	240
8.5	其他的氣力機具	241
8.6	液壓泵	243
8.6-1	液壓泵的動力與效率	244
8.6-2	齒輪泵	245
8.6-3	輪葉泵	249
8.6-4	往復泵	254
8.6-5	液壓泵的選擇	255
8.7	液壓致動器	256
8.7-1	液壓缸	256
8.7-2	液壓馬達	259
8.8	增壓器	262
8.9	蓄壓器	263
8.10	液壓控制閥的分類	266

8.11 壓力控制閥	266
8.11-1 放洩閥	267
8.11-2 卸載閥	272
8.11-3 順序閥	273
8.11-4 配衡閥	274
8.11-5 減壓閥	275
8.12 方向控制閥	277
8.12-1 止回閥	278
8.12-2 減速閥	279
8.12-3 換向閥	280
8.13 流量控制閥	284
8.13-1 節流閥	285
8.13-2 壓力補償流量調整閥	286
8.13-3 溫度壓力補償的流量調整閥	288
8.13-4 分流閥	289
8.14 配 管	290
8.15 管配件	292
8.16 液壓油應具備的條件	293
8.17 液壓迴路	293
8.17-1 安全迴路	294
8.17-2 浪壓吸收迴路	294
8.17-3 夾緊迴路	295
8.17-4 增速迴路	296
8.17-5 定轉矩驅動迴路	297
8.17-6 定輸出迴路	298
8.17-7 剎車迴路	298
8.17-8 差動控制迴路	299
習 題	301



9.1	油壓伺服系統	305
9.2	伺服系統控制的種類	306
9.3	容量控制系統	306
9.4	機械伺服閥	307
9.5	電液伺服閥	308
9.6	單段式電液伺服閥	309
9.7	兩段式電液伺服閥	310
9.7-1	機械回饋式的電液伺服閥	310
9.7-2	電子回饋式的電液伺服閥	312
9.7-3	彈簧軸塞式的電液伺服閥	313
9.8	三段式電液伺服閥	313
9.9	壓力控制伺服閥	314
9.10	伺服氣缸	315
9.11	伺服馬達	315
9.12	伺服閥的共通特性	316
9.12-1	靜的特性	316
9.12-2	動的特性	319
9.13	伺服閥的性能及選擇	319
9.14	基本的伺服系統結構	320
	參考書目	323



1.1 流體機械簡介

所謂流體機械 (fluid machinery) 是指處理液體、氣體或混合流體等的機械，亦即是指以流體作為媒介物質的能量轉換機械。

流體機械主要可分為水力機械 (hydraulic machinery) 與空氣機械 (air machinery) 兩大類；但若依用途，則可分為許多類，茲分述於下：

1. 流體原動機械

流體原動機械是指將流體能量轉換成機械能量的機械；例如水輪機、風車、空氣輪機、燃氣輪機、液壓缸與氣壓缸等。

2. 流體動力機械

流體動力機械是指將機械能量轉換成流體能量的機械；例如泵、扇風機、鼓風機與壓縮機等。

3. 流體傳動機械

流體傳動機械是利用流體可傳達動力的特性，而達到動力傳動目的的機械；例如流體聯結器 (hydraulic coupling)，扭矩變速器 (torque converter) 與扭矩變速聯結器 (torque converter coupling) 等。

4. 流體控制機械

流體控制機械是指用來控制流體的壓力、流量或方向等的機械；如壓力控制閥、流量控制閥、方向控制閥與流體素子 (fluidics) 等。

1.2 那維爾——史托克方程

考慮在運動中的某一任意流體質量 M ，若流體為不可壓縮 (incompressible) 則其為定體積 (constant volume)，但若流體可能膨脹或被壓縮則其為可變體積 (variable volume)。在上述的任一個情況下，我們令在任何瞬間時刻的體積都以 $\mathcal{V}$ 來表示；假設

s = 體積 $\mathcal{V}$ 的表面積

n = 表面 s 的外拉垂直 (outward-drawn normal) 方向

$\tau_{ni} ds$ = 作用在面積 ds 上的 x_i 方向的力量

X_i = 在 x_i 方向的單位質量物體力

根據牛頓第二定律，則質量 M 在 x_i 方向的運動，可以用下式表示：

$$\oint_s \tau_{ni} ds + \iiint_{\mathcal{V}} \rho X_i d\mathcal{V} = \iiint_{\mathcal{V}} \rho \frac{Du_i}{Dt} d\mathcal{V} \quad (1)$$

由剪應力的關係與高斯定理 (Gauss 定理) 即，

$$\oint_s \vec{N} \cdot \vec{A} ds = \iiint_{\mathcal{V}} (\nabla \cdot \vec{A}) d\mathcal{V}$$

則(1)式左邊第一項可以寫成

$$\oint_s \tau_{ni} ds = \oint_s l_\alpha \tau_{\alpha i} ds = \iiint_{\mathcal{V}} \frac{\partial \tau_{\alpha i}}{\partial x_\alpha} d\mathcal{V} \quad (2)$$

其中 l 表外拉垂直方向 n 的方向餘弦 (direction cosine)。因此，(1)式可以變成

$$\iiint_{\mathcal{V}} \frac{\partial \tau_{\alpha i}}{\partial x_\alpha} d\mathcal{V} + \iiint_{\mathcal{V}} \rho X_i d\mathcal{V} = \iiint_{\mathcal{V}} \rho \frac{Du_i}{Dt} d\mathcal{V}$$

即

$$\iiint_{\mathbf{v}} \rho \frac{Du_i}{Dt} d\mathbf{V} = \iiint_{\mathbf{v}} \rho X_i d\mathbf{V} + \iiint_{\mathbf{v}} \frac{\partial \tau_{\alpha i}}{\partial x_{\alpha}} d\mathbf{V} \quad (3)$$

既然體積 $\mathbf{V}$ 為任意的，故(3)式在拿掉體積分後，變成不帶有積分符號的方程，即

$$\rho \frac{Du_i}{Dt} = \rho X_i + \frac{\partial \tau_{\alpha i}}{\partial x_{\alpha}} \quad (4)$$

對於牛頓流體(Newtonian fluid)而言，應力(stresses)與變形率(rates of deformation)的關係是呈線性的(linear)。亦即

$$\tau_{ij} = (-p + \lambda \theta) \delta_{ij} + \mu e_{ij}$$

其中 p 是表示在忽略運動作用下相對於局部密度(local density)與溫度下的壓力，而

$$\theta = \frac{e_{\alpha\alpha}}{2} = \frac{\partial u_{\alpha}}{\partial x_{\alpha}}$$

=體積膨脹率(rate of volume expansion 或 dilatation)

$$e_{ij} = \frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_j}$$

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 0, & i \neq j \\ 1, & i = j \end{cases} = \text{克郎尼克數 (Kronecker delta)}$$

λ, μ = 物理常數(physical constants)

因此

$$\tau_{\alpha i} = (-p + \lambda \theta) \delta_{\alpha i} + \mu e_{\alpha i}$$

$$\frac{\partial \tau_{\alpha i}}{\partial x_{\alpha}} = \frac{\partial}{\partial x_{\alpha}} (-p + \lambda \theta) + \frac{\partial}{\partial x_{\alpha}} \mu e_{\alpha i}$$