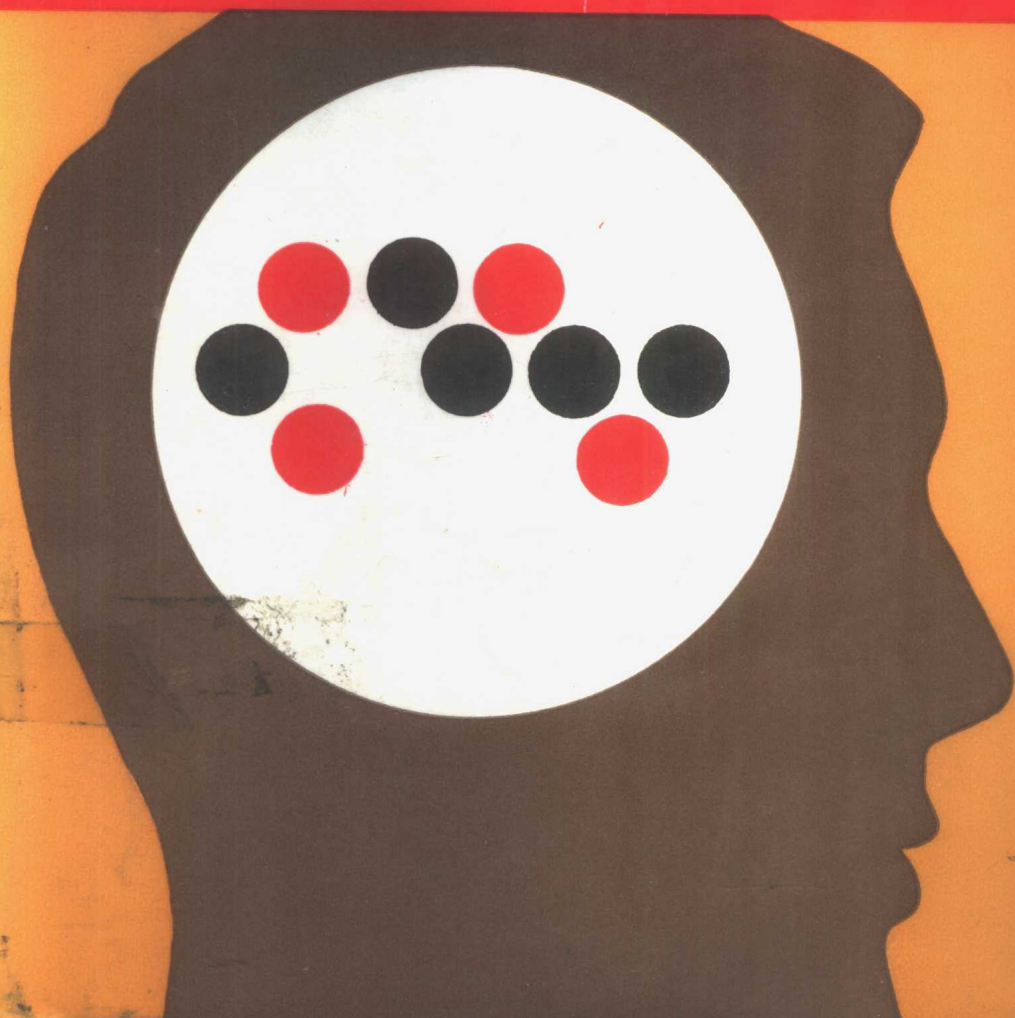


液壓控制與實習

陳朝光 ● 郭興家著

科學技術叢書 / 三民書局印行



液壓控制與實習

郭興家

陳朝光

學歷：私立逢甲大學機械系畢業

私立逢甲大學自來水控制研究所畢業

國立成功大學機械研究所博士班肄業

現職：國立高雄師範大學工程學系副教授

學歷：國立成功大學機械系畢業（機械工程學士）

美國密西根大學機械研究所畢業（機械工程碩士）

國立成功大學機械研究所畢業（機械工程碩士）

國立成功大學機械研究所畢業（機械工程碩士）

國立成功大學機械研究所畢業（機械工程碩士）

國立成功大學機械工程學系教授



三民書局印行

© 液壓控制與實習

作者 陳朝光 郭興家

發行人 劉振強

出版者 三民書局股份有限公司

香港代理：藝文圖書公司

九龍又一村達之路30號地下後座

TEL: 3-805807 805705

基本定價：柒元柒角捌分

行政院新聞局登記證局發臺業字第〇二〇〇號

序 言

隣國之日本，在十幾年前已體認到資訊與生產自動化為解決世界機械產品競爭之有力武器，並積極推廣，投入大量的人力與物力，結果使日本在八十年代之機械產品極力競爭中佔盡優勢，保持八十年代世界全面經濟蕭條中仍然進步發展，依據既訂之經濟生長率繼續生長。近年來，在吾國政府大力推展生產自動化為國家經濟建設目標之一，並列為今後工業發展之重點計畫，順應世界工業經濟發展之趨勢，同時由於學術界與工業界人士對生產自動化之共同認識，及政府之鼓勵與政策之推行，致自動化書籍如雨後春筍，尤其低成本自動化中，有關油壓，氣壓控制書籍出版甚多，但吾人如果稍加檢討，就會覺得這些書籍，不是過於專門性，就是太淺白，而實際上似乎還有不夠充足的地方，尤其利用微電腦加以控制油壓系統之闡敘更不夠詳盡。

本書為彌補上述缺點而編輯，適合工業專科學校機械科液壓控制與實習之教材，並可做為機械工程師設計液壓控制回路之參考。

①本書均依照教育部七十二年一月頒佈之工業專科學校機械工程科課程及設備標準並加補充編輯而成。

②本書內容採用公制，並在第三章將工業界將廣為應用之油壓邏輯閥，比例式油壓閥加以介紹，且將比例式油壓閥與電氣油壓伺服閥在構成閉回路精密控制系統做系統化之詳細闡敘。

③本書雖已盡筆者最大心力及教學工作經驗而撰寫，但恐仍有疏漏之誤及見解互異，尚期讀者不吝批評指正，俟再版時將寶貴意見加

入並訂正疏漏之誤。

④最後感謝西德 FESTO 及 BOSCH 兩公司提供並同意引用部分資料，同時感謝陳茂盛及黃錦煌兩位先生幫忙，得以完成此書。

郭興家，陳朝光

於國立成功大學機械工程學系。

國立高雄師範學院工教系。

液壓控制與實習 目次

序 言

第一章 概 論

1- 1 油壓控制所應用到之基本原理	1
1- 1- 1 基本物理量單位	1
1- 1- 2 靜油壓定律（靜止之流體）	3
1- 1- 3 壓力的傳達	6
1- 1- 4 油壓動力學（運動流體）	9
1- 2 液壓系統之能量轉換	14
1- 3 何謂順序控制	15
1- 4 液壓控制所能應用之範圍	17

習題

第二章 液壓組件之簡介

2- 1 液壓油的選擇及種類	25
2- 1- 1 黏度與黏度指數	25
2- 1- 2 液壓油之選擇	28
2- 1- 3 液壓油種類	30
2- 2 液壓動力供給系統	38

2- 3	油壓泵及油壓馬達	40
2- 4	油壓缸	53
2- 5	方向控制閥	56
2- 6	單向閥	63
2- 7	壓力控制閥	65
2- 7- 1	洩放閥.....	65
2- 7- 2	減壓閥.....	68
2- 7- 3	順序閥.....	73
2- 7- 4	卸載閥.....	75
2- 8	流量控制閥	76
2- 8- 1	節流閥.....	76
2- 8- 2	節流止回閥.....	77
2- 8- 3	壓力補償式流量控制閥.....	78
2- 8- 4	溫度補償式流量控制閥.....	80
2- 9	液壓增壓器及蓄壓器	81
2-10	蓄壓器之選用	83
2-11	管路及其他液壓附屬設備	87
2-11- 1	配管用之鋼管.....	88
2-11- 2	軟 管.....	90
2-11- 3	配管的連接.....	91
2-11- 4	配管計算.....	93
2-11- 5	油 封.....	94
2-11- 6	壓力表.....	96
2-11- 7	過濾器.....	98
2-11- 8	油冷卻器（熱交換器）	99

習題

第三章 液壓控制配用之電氣元件

3- 1 手動開關	105
3- 1- 1 按鈕開關	105
3- 1- 2 扳動開關	106
3- 1- 3 旋轉開關	108
3- 2 檢測開關	109
3- 2- 1 微動開關	109
3- 2- 2 近接微動開關 (磁電開關)	111
3- 2- 3 壓力開關	111
3- 3 電磁繼電器與電力開關	112
3- 3- 1 電磁繼電器	112
3- 3- 2 電磁接觸器	117
3- 3- 3 配線用遮斷器	117
3- 4 計時器與計數器	118
3- 4- 1 計時器	118
3- 4- 2 計數器	120
3- 5 電氣表示符號及特性	122
3- 6 無接點繼電器	123
3- 6- 1 二極體	124
3- 6- 2 電晶體	125
3- 6- 3 閘流體	126
3- 6- 4 光耦合器	131
3- 6- 5 固態繼電器	132

3- 7 油壓系統感測元件	133
3- 7- 1 溫度感測器	134
3- 7- 2 差動變壓器	137
3- 7- 3 電位計	139
3- 7- 4 轉速計	141
3- 7- 5 應變計	142
3- 7- 6 光編碼器	143
3- 8 電氣式油壓順序控制	150

習題

第四章 基本回路

4- 1 壓力控制回路	155
4- 2 流量控制回路	160
4- 2- 1 量入控制回路	161
4- 2- 2 量出控制回路	162
4- 2- 3 分洩控制回路	163
4- 3 方向控制回路	164
4- 3- 1 油壓——電氣方向控制	167
4- 3- 2 鎖定回路	168
4- 4 操作時序圖	170
4- 5 回路圖之製作及回路動作分析	171
4- 6 實用回路之選擇及介紹	177

習題

第五章 應用回路設計

5- 1 串聯回路	181
5- 2 並聯回路	182
5- 3 減壓回路	183
5- 4 減速回路	184
5- 5 同步回路	185
5- 6 壓力保持回路	187
5- 6- 1 停止狀態的壓力保持回路.....	188
5- 6- 2 防止自由落下的壓力保持回路.....	190
5- 6- 3 機械式壓力保持回路.....	191
5- 7 遙控回路	191
5- 8 背壓回路	195
5- 9 順序回路	197
5- 9- 1 順序回路——依力的大小而順序作動.....	198
5- 9- 2 順序回路——利用壓力的順序作動.....	199
5- 9- 3 順序回路——順序閥方式.....	200
5- 9- 4 順序回路——位置控制的順序控制.....	202
5-10 兩段速度回路	203
5-11 蓄壓器應用回路	204
5-11- 1 安全回路.....	205
5-11- 2 夾緊回路.....	205
5-11- 3 增速回路.....	206
5-11- 4 浪壓吸收回路.....	207
5-11- 5 停電輔助回路.....	208
5-12 油補充回路	209
5-13 油壓馬達應用回路	212

5-13- 1 定轉矩驅動回路	212
5-13- 2 定出力回路	213
5-13- 3 剎車回路	214
5-14 差動回路	215
5-15 各種控制方法之應用回路	216
5-15- 1 實例一：工具機	216
5-15- 2 實例二：起重機	218
5-16 基本油壓回路系統設計	220

習題

第六章 油壓邏輯閥控制與應用

6- 1 油壓邏輯系統之基本概念	229
6- 2 油壓邏輯閥之構造及動作原理	230
6- 3 油壓邏輯方向控制	234
6- 4 壓力及流量控制邏輯閥	235
6- 5 節流孔的選定	237
6- 6 油壓邏輯閥應用技術及優缺點	239

習題

第七章 電氣油壓伺服閥控制應用

7- 1 伺服閥之構造	248
7- 2 動作原理	250
7- 3 伺服閥之共同特性	251
7- 4 三段式伺服閥	255
7- 5 壓力控制伺服閥	256

7- 6 電氣油壓伺服速度控制系統	257
7- 6- 1 方向和流量控制	257
7- 6- 2 速度伺服系統應用	261
7- 7 電氣油壓伺服位置控制系統	263
7- 7- 1 機械式位置控制	263
7- 7- 2 電位計位置回授伺服系統	264
7- 7- 3 應用例	267
7- 7- 4 LVDT 伺服定位系統 (油壓靠模系統)	268
7- 8 力、壓力、轉矩伺服控制系統	269
7- 8- 1 力伺服控制系統	270
7- 8- 2 壓力和轉矩伺服控制系統	273
7- 9 伺服放大器	274
7- 9- 1 伺服放大器之功能	274
7- 9- 2 運算放大器	278
7- 9- 3 線性運算放大器	279

習題

第八章 電氣比例式油壓閥之控制應用

8- 1 比例式電磁線圈與比例式放大器	290
8- 2 比例式方向控制閥	295
8- 2- 1 直接作動形比例式方向控制閥	295
8- 2- 2 嚮導操作比例式方向控制閥	296
8- 3 比例式壓力控制閥	298
8- 4 比例式流量控制閥	299
8- 5 比例式油壓閥之應用控制系統	301

8- 6	比例式油壓閥之控制回路	302
8- 7	比例式油壓閥在產業機械之應用例	304
8- 8	以微電腦控制比例式油壓閥系統	308

習題

第九章 可程式控制油壓專用機

9- 1	PC發展過程	313
9- 2	PC之優點及未來趨勢	315
9- 3	可程式控制器系統構造	317
9- 4	PC程式設計方式	321
9- 5	可程式控制器指令說明	323
9- 5- 1	繼電器位址分配	323
9- 5- 2	指令一覽表	324
9- 5- 3	指令說明	325
9- 6	PC應用實例	338

習題

第十章 油壓機器保養及故障排除

10- 1	泵	345
10- 2	調壓閥	347
10- 3	減壓閥	348
10- 4	流量控制閥	348
10- 5	方向控制閥	348
10- 6	共振、振動及噪音	349
10- 7	流量不足，壓力不足	351

10- 8	油壓缸、油壓馬達等不規則之運動·····	352
10- 9	油溫顯著上升·····	352
10-10	油壓油污之原因發現法及其處置·····	353
10-11	電磁閥·····	354

習題

附 錄：液壓控制實習

一、油壓元件功能·····	357
二、油壓回路·····	391
三、電氣控制油壓系統·····	414
四、固態電子順序控制油壓系統·····	432
五、可程式控制器控制油壓系統·····	445
六、油壓邏輯閥控制·····	464
七、比例式油壓控制閥·····	477
八、伺服系統·····	498

第一章 概 論

何謂“油壓學 (Hydraulics)”？在工程上之定義爲：藉流體的運動來產生力量、方向之控制及能量傳送。

生產工廠爲了提高生產效率與品質，需邁向生產自動化。其自動化之要素不外爲油壓、氣壓、電氣與電腦等，而目前自動化機械正是分別應用這四種要素之特徵所構成。自動化之要素當中，爲何油壓在目前廣泛地被使用？理由有三：

(一) 各種控制簡易（力、方向、速度）。

(二) 動力之傳遞具有任意性，不需要複雜機構：力之控制可由洩放閥 (Relief valve) 或減壓閥 (Reducing valve) 執行。上下左右之方向控制可使用方向變換閥。速度之控制則祇要在流量調整閥之手柄上旋轉，可由零起任意調整至所定之速度。

(三) 能以小的單元設備，產生及傳送較大的力量與動力。

1-1 油壓控制所應用到之基本原理

1-1-1 基本物理量單位(以 International System of Units 爲準，SI 制)

——長度 公尺 (m)

——質量 公斤 (kg)

——時間 秒 (sec)

——溫度 攝氏 ($^{\circ}\text{C}$) 或凱氏 ($^{\circ}\text{K}$)

其它在油壓上的重要物理量，例如力、面積、體積、重量、壓力、速度等皆可由以上基本物理單位導出。

• 力與壓力之基本單位

力 = 質量 $\times$ 加速度

$$F = m \times a, \text{ 力} = \text{kg} \times \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

定義：1 牛頓 (N) = $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{sec}^2}$

所以力的單位可用牛頓表示； $1N = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{sec}^2}$

單位面積所受的力定義為壓力

$$P = \frac{F}{A} = \left(\frac{N}{\text{m}^2} \right) \quad (1.1)$$

在 SI 制也有用巴斯噶 (Pascal 縮寫 Pa) 及巴 (bar) 來表示壓力，即

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{N}{\text{m}^2}$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa} (= 14.5 \text{ psi})$$

壓力值是對參考壓力而定，通常以大氣壓力為參考壓力，而大氣壓力會隨氣候、高度而變。相對於大氣壓力之壓力值以 Pe 表， e (exceeding) 表超出之意。 $Pe = 200 \text{ kPa}$ 表超出大氣壓力 200 kPa ， Pe 值不可能低於 -100 kPa ，因壓力不可能比真空還低。

相對大氣壓力，真空是絕對零壓力，以絕對零壓力來量度壓力即為絕對壓力用 P_{abs} 表示，它與大氣壓力無關。在油壓、氣壓上所用之壓力為相對壓力 Pe 。

【例題 1】 5000 kPa 的壓力作用於 1 cm^2 的平面上，問作用力有

多少?

$$P = \frac{F}{A}, \quad F = A \times P$$

$$\therefore F = 1 \text{ cm}^2 \times 5000 \text{ kPa} = (0.01 \text{ m})^2 \times (5000 \times 10^3 \text{ Pa}) = 500 \text{ N}$$

【例題 2】 一部切斷機須 100kN 之力，油壓缸面積是 200cm²，問作用於活塞 (piston) 上之最小壓力為多少？

$$P = \frac{F}{A}, \quad P = \frac{100 \text{ kN}}{200 \text{ cm}^2} = \frac{100 \times 10^3 \text{ N}}{200 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$= 0.5 \times 10^7 \text{ Pa} = 5000 \text{ kPa}$$

1-1-2 靜油壓定律 (靜止之流體)

流體只受重力作用而靜止時，如圖 1-1 所示，在表面下 Z 點的壓力 P 為

$$P = P_0 + \gamma Z \quad (1.2)$$

其中 P_0 為表面壓力， γ 為流體的比重量；因 P_0 及 γ 皆相同，所以深度相同的地方，壓力相等；即靜壓力僅依深度 Z 而定，與容器形狀及其大小無關。靜壓力等於流體比重量 γ 與深度 Z 之積。

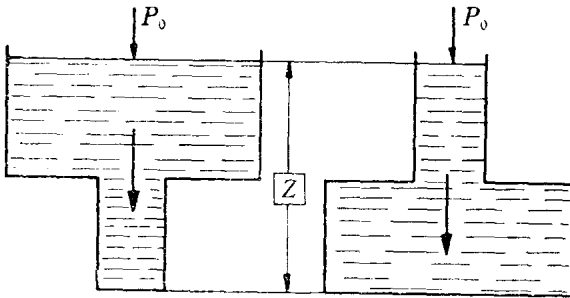


圖 1-1