

科學圖書大庫

氣壓油壓順序控制淺釋

譯者 鄭振東

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

氣壓油壓順序控制淺釋

譯者 鄭振東



徐氏基金會出版

譯 序

今日，世界各國，科學昌明，工業發達，大有一日千里之勢，我們應發奮圖強，急趨直追，迎頭趕上，與世界列強，並駕齊驅，否則將為時代所淘汰。

我們自由中國，為適應世界趨勢，莊敬自強，自力更生，刻正大力提倡電腦化，對工業社會經建各部門，務期突飛猛進，始期有成，唯仍不應自我滿足，須知保持現狀，即是落伍，應百尺竿頭，更進一步，務使現代科學，媲美英，法，美，日，蘇，瑞，荷等國，將來反攻大陸成功，以台灣省工業建設為藍本，推及大陸各省，以中國地大，物博，民多，三要素為基礎，作為實行三民主義建國方略借鏡，則經二，三十年後，中國為環球工業科技盟主，定可預卜，進而以臻世界大同之治，決非徒托空言。

「氣壓油壓順序控制淺釋」一書，乃日人吉田僚一先生精心著作，經本人細審本書內容，有關對電氣結構，圖表說明，操作，使用各項詳盡譯述，並作解說，對研究現代建設工業電動科學之社會各界人士，青年學子——如高中，工職，大學學生等，如將來欲獻身工業建設機構，為圖效勞，則宜先行購買本書，人手一冊，潛心研攻，必有莫大裨益，良機勿失，蓋興乎來，是為序。

譯者 鄭振東

1982年11月25日於台北市

原 序

在人們的經驗中，控制技術有如春日旭陽，帶給工業技術的設計上，一片欣欣向榮。此外也瞭解了僅憑系統上的信號設計，是無法帶動現代化的生產機器和工廠的。倘若沒有各項硬體上的應援和儲備，必定顯得脆弱異常。

幾年前，筆者曾撰寫過有關電控方面的著述，在操作機器及感知器方面，單靠電的動力無法感到滿足，終於開始進入了流體力學的境界，此項成果絕非倖致，全係按步就班，逐次演變而來。其中也有流體技術和電氣技術的互相結合，能使兩者在控制系統上發揮功用，的確是一項莫大的收穫。因此，本書僅就電和流體分別在控制上產生動作的有關事項加以敘述；然而，大凡討論專門機器時，均涉及大量的機器組件，因此關於重要的機器組件，也一併列入本書，予以探討。

在 Force（力）、Intelligence（智慧）、Technology（技術）等方面的開發上，固然有其應備的要件，同樣的在自動化上也有步向自動化的原動力，以及系統構成和其技術儲備上的必要條件，本書僅就各該條件中與技術有關者為主加以說明，其中或將涉獵些許智慧性的探討。

由於“順序技術”是自動化技術的核心，所以不單要超越順序控制的範圍，而且必須能深入瞭解產生全般自動化的各種情況。

關於順序控制內容，需要介紹的事項頗多，筆者認為，若能了解硬體，妥為運用，適當改進，即能達到使用上的目的。倘若讀者，欲百尺竿頭，更進一步，了解這方面的技術，自可再行涉獵同一範疇中的專門書籍，必可奠定適當的基礎。由於本書的問世，若能對讀者在自動化的促進上有所助益，則為筆者之幸。

作者 吉田僚一

目 錄

譯 序

原 序

第一章 控制技術人員及制度上的適應性.....	1
1.1 控制技術人員及制度上的適應性.....	1
1.2 電、機械、與流體間的差異及其對照.....	3
1.3 泛用與專用及其順序控制的功用.....	5
第二章 基本邏輯的有關事項.....	10
2.1 邏輯表現法.....	10
2.2 實現邏輯的基本要件.....	15
第三章 複合電路與單位電路.....	32
3.1 邏輯公式的簡化及變形.....	32
3.2 簡單常用的邏輯要件.....	37
3.3 組合電路.....	46
3.4 組合電路的應用.....	48
第四章 順序的表示法.....	51
4.1 順序圖.....	54
4.2 記憶要件的必要性.....	57
4.3 需要較多輔助要件的舉例.....	61
4.4 簡單順序電路的構成.....	65
4.5 經常使用的順序電路.....	75

第五章 系統的分割和連接.....	85
5.1 系統的分割和連接.....	89
5.2 媒體的變換.....	91
5.3 信號位準的變換 (功率位準的變換)	99
5.4 信號品質上之變化.....	101
第六章 順序控制的界面.....	108
6.1 檢出器.....	108
6.2 操作器.....	123
6.3 順序程式的發生法.....	124
第七章 順序控制系統的構成.....	134
7.1 系統與組件.....	134
7.2 順序控制系統的設計法.....	135
7.3 雜音與電源.....	139
7.4 手動與自動.....	141
7.5 人員和機械間的界面.....	141
7.6 人員與機械.....	145
英漢名詞對照.....	147

第一章 電，流體，與機械

1.1 控制技術人員及制度上的適應性 (Flexibility)

所謂自動化制度，到現在爲上，每當設計之時，都必須視其爲一重要事項處理，而加以反覆思考。並且，由於大部份機械均已自動化，使得產品在生產的多寡和設計變更上，均望塵莫及，因而自動化機器僅能生產產品單純且適合大量生產的產品，並逐漸演進成爲某一產品專用的自動化機械形態，本章乃希望在產品多樣化制度上，有所開拓。針對此種情形，自動化機器的製造商就製造了應用廣泛的自動化裝置，推出銷售。在應用廣泛的順序控制與生產事業所使用的機器人 (Robot) 上，均呈現出此一傾向。由於此類機器都以廣泛應用作爲追求的目標，爲使其具有多項的功能。製造者都推出了廣泛的性能，等於強制推銷多餘且不必要的性能，因而使得用戶買入了與其本意不合而又價格高昂的機器。如此不但延遲了簡易自動化制度的實施，也延遲了生產事業所用之機器人的演進。而制度的適應性，不僅要具有廣泛適應的形態，而且，需要就構區 (Building Block) 的方式加以探討。必須採用最適當的控制方法與利用最適當的機器，才能適材適所。

因而，電機出身的技術人員。每每都欲盡量利用電器，而機械出身的技術人員，也都固執己見，以利用機械爲自身理論的要點，此種情形層出不窮。尤有進者，以上述關係來廣泛從事探討之時，在吾人的四周就有物理上的、化學上的、生物上的作爲能量訊號的媒體。然而，能作爲控制用的媒體，大部份仍屬於物理上者爲多。將來，以所謂軟體機械的形態，或許能利用化學反應與生物性上的作用亦未可知。然而，以最近大部份機器要素如電訊要素、流體要素、光學要素、利用熱與音的要

表 1-1 各種要素對應表

	轉換開 關 (on -off)	邏輯 動作	放 大 器	積 分	微 分	記 憶	傳送體
Electric	繼電器	繼電器	電 動 放大器	馬 達	發電機	繼電器 (雙安定)	電 線
Electronic	(電晶 體)磁氣 放大器 真空管	邏 輯 I C	放大器 (電晶體真 空管) 磁 氣放大器	C R 積分器	C R	磁 帶 鑽孔紙帶 正反器 磁 鼓	電 線 空 間
Pneumatic	膜片閥 桿形活 塞閥	同 左	昇壓器	C R 積 分器 氣壓缸	C R		管 路
Hydraulic	桿形活 塞閥	桿形活 塞閥	昇壓器	油 缸			管 路
Fluidic	側壁附 着形 亂流形 渦流形	同左 集積化 素子	噴流偏 向形衝 突流形	C R	C R	粉性流體 正反器	管 路
Mechanic	惰齒輪	二個滾 輪 摩擦車 離合器	連 桿 齒輪系	面積計	速度計 (阻尼 計)	槓 桿	機械要 素軸
Optic	擋門 鏡、刻 耳電池 偏光板	同左	光放大器	E L			空間

素等而言，其所能代表者，也是以物理性的要素占大部份。

於是身為技術控制人員的我們，必須能堅強掌握如何使用物理性的要素，若非如此，我們就無法順利達成產品多樣化、控制裝置適當化的目標。

就物理要素為動作點，予以探討時，則完全呈現相同的對應狀態。將其綜合整理至表 1.1 的狀態。就電氣上的要素而言，大體上可區分為電機上的 (Electrics) 與電子上的 (Electronics) 兩大部分。前者具有機械性的活動部分，後者不具有機械性的活動部分，其所移動者僅係電子和離子而已。

流體可分為氣壓 (Pneumatics)、油壓 (Hydraulics) 與流體壓力 (Fluidics) 三個要素。油壓、氣壓的要素，具有所謂短管閥 (Spool Valve) 與膜片 (Diaphragm) 的元件活動部分，然而，流體的元件僅係流體運動，而非機械上的活動部分。在流體壓力的要素中，有由空氣來動作的流體，與由油水相混的液體來動作的流體兩種，然而，却不能把它區分為氣態 Fluidics 與液態 Fluidics 兩種，其理由係在 Fluidics 發展的過程上，尤其是就液態 Fluidics 的範圍而言，它的發展開始較為淺近。

另一方面，在機械性的要素中，幾乎大部分都是活動的，相反的，在光學要素上，幾乎大部分都不是活動的。在控制較大動力的工作時，就所需要的操作器而言，一般無機械性活動者，並不適當。然而就其壽命而言，却以無機械性活動者較長，同時，其可靠性亦大於機械性活動者。

又參考表 1-1，探討開關的操作，則繼電器、磁性放大器、膜片元件、亂流型元件、離合器、擋門等，均可認為是相同的。

1.2 電、機械、與流體間的差異及其對照

電路與流體電路相對應，在電氣的說明上，以水流為例的推想範圍加以說明。將此電路要件之表示綜合整理成表 1-2。就各個媒體自成的運動方式加以觀察和探討。設彈簧 k 的磨擦為 f ，質量 M 為物體的擺動方式，以外使其產生的偏移為 x 時，則

4 氣壓油壓順序控制淺釋。

$$M \frac{d^2 x}{dt^2} + f \frac{dx}{dt} + Kx = F \quad \dots\dots\dots (1.1)$$

又，關於旋轉運動方式為

$$I \frac{d^2 \theta}{dt^2} + f \frac{d\theta}{dt} + k\theta = F \quad \dots\dots\dots (1.2)$$

但， I 為慣性力矩， θ 為旋轉角。

在流體電路上，其所通過流體的流量與壓力間關係以下式表示之。

$$P = \frac{1}{C_F} Q + R_F \frac{dQ}{dt} + L_F \frac{d^2 Q}{dt^2} \quad (1.3)$$

$$P = \int \frac{1}{C_F} q dt + R_F q + L_F \frac{dq}{dt} \quad (1.4)$$

上式中， C_F 為流體容量， R_F 為流體阻抗， L_F 為流體感應， P 為壓力， Q 為流體的流量， q 為單位時間的流量。

又，若係串聯共振電路時，以下式表示之。

$$E = \frac{1}{C} q_0 + R \frac{dq_0}{dt} + L \frac{d^2 q_0}{dt^2} \quad (1.5)$$

$$E = \frac{1}{C} \int i dt + Ri + L \frac{di}{dt} \quad (1.6)$$

此時， q_0 為電量， E 為電壓， i 為電流。

關於光和熱，亦可與上式相同。由上式之研討得綜合結論如表 1-2。
。將此表與前表 1-1 配合探討時，即可了解有關電氣、機械、流體、光、聲音等相似之處。

表 1-2 對應表

機 械	電	流 體	光	熱
力	電壓 (電位差)	壓力 (壓力頭)	亮 度	溫 度
位移，角	電 荷	總 流 量	光 束	熱 量
速度，角速度	電 流	流 量	—	—
摩擦係數	電 阻	流 體 阻 抗	透過率 (倒數)	熱 阻 抗
彈性係數	電 容	流 體 容 量	蓄 光 塗 料	熱 容 量
質量，慣量	電 感	流 體 感 應	—	—

究竟何爲此五項要件之差異。由操縱速率之快慢而加以排列時，則其順序爲光、電子、流體壓力、電機、機械、油壓、氣壓，縱然是較少動力的操作，也必須運用油壓、機械要件、氣壓及電機等。

在構成流體壓力、電機、氣壓、油壓、機械等結構中之信號用元件，以半導體 IC 爲最小。

在氣壓、流體壓力、電機、油壓、機械等驅動元件動力的消耗量，以半導體爲最少。

近來，在操作上和業務上所使用的電子計算機，以使用半導體 IC 爲主體的電子機器爲多。再者，最近隨著流體壓力的進步，利用氣壓製成的計算機也廣泛應用在 NC 上了。而機械性的計算機，係由查里·巴比積 (Charles Babbage) 於 18 世紀所設計製造，以作爲分析解析器之用，及至二次大戰，遂研究出戰場上極爲活躍的彈道追蹤儀。此外，在一切交流電路的構成中，亦難離交流計算儀的使用。

如此，以計算機爲例，藉著各種媒體而對可能發生之事均能加以了解。

如此，則媒體的改變，即可充分達成所求之目的。至於媒體及其適用範圍，在表 1-3 中都有明確的表示。

欲順利達成電氣、流體、機械等要件的良好應用，需時時思索在適當的部位上，從事媒體變換。

而構成此一系統上所不可或缺的要件，乃係空氣的測定，電子的理論，油壓的操作。由此，媒體的相互變換乃屬必須。就其能變換使用的部分，整理入表 1-4。若能靈活運用此表，就能構成系統的良好連繫。

本書中如表 1-1 ~ 表 1-4 所列者頗多，然而表內所列的要件和方法，都隨著迭次發表的新資料，而有日新月異的進步，爲了充實起見，讀者諸君之新猷亦可填入表內。

1.3 泛用與專用及其順序控制的功用

圖 1-1 係加工方法經常所處的地位，橫軸表示每一組 Lot (No.) 的生產數量，而縱軸係表示其附加價值。若生產數量極爲衆多，而普通生產速度無法達成時，便須使用專用的自動機器。若使用非自動的機器

表 1-3

		電機	電子	氣壓	油壓	流體壓力	機械	光	音
測定器	存在定寸位置	○	○	○	×	○	○	○	○
	旋 轉 速 度	○	○	○	×	○	○	○	△
	力，加 速 度	—	○	—	×	—	○	×	×
	溫 度	○	○	△	△	○	△	—	△
	流量，壓力	○	○	○	—	○	○	—	—
	濕度，水分	△	○	—	—	—	—	△	○
	音（振動）	—	○	—	×	○	—	—	△
控制機器	光 色	○	○	×	×	×	×	○	×
	邏 輯 動 作	○	○	○	○	○	○	△	×
	計 數	○	○	○	○	○	○	×	×
	振 盪	○	○	○	○	○	○	○	○
	整 流，檢 波	△	○	○	○	○	△	—	—
	程 式	△	○	○	×	○	○	—	×
操作器	記 憶	○	○	○	○	○	○	—	—
	直 線 運 動	△	×	○	○	×	○	×	×
	旋 轉 運 動	○	×	○	○	×	○	×	×
	加 壓 保 持	×	×	○	○	×	○	×	×
	加 熱	○	×	×	×	×	×	—	—
	流量，壓力	○	○	○	○	×	×	×	×
	濕度，水分	×	○	×	×	—	×	—	—
	音	○	○	○	×	○	×	×	×
	光 色	○	○	×	×	×	×	○	×

表 1-4 信號媒體變換器表

From To	Electric	Electronic	Pneumatic	Hydraulic	Fluidic	Mechanic
Electric		閘流體 磁性放大器	壓力開關 (膜片式)	壓力開關 (伸縮囊式)	壓力開關 (膜片式)	限制開關
Electronic			失真計、半 導體測定 器、感壓 元件、自 動平衡壓 力感測器	失真計、半 導體壓力 、變換器 、感壓元 件、載荷 元件	半導壓力 元件 熱線風速 計	振盪式 容量器
Pneumatic	電磁閥 電動閥 泵	可動線圈 與噴嘴背 壓		伸縮囊與 噴嘴	昇壓閥 (膜片)	可變阻抗 (流體) 限制開關
Hydraulic	電磁閥 電磁閥 泵		桿形活 塞閥、膜 片閥、噴 射管		昇壓器 伸縮囊	限制開關
Fluidic	電磁閥 電熱線與 亂流元件 火花	火花式 電位式	膜片 空氣繼電 器	膜片 伸縮囊 背壓式		空氣測微 計 透過式 彈簧
Mechanic	螺線管 馬達	靜電	氣壓缸 空氣馬達	油缸 油壓馬達		

，則其生產數量便僅係前者的一半以下。

所謂NC的計算機，雖然也屬自動機器，但却無廣泛應用的性能，且其生產速度亦較緩慢。然其具有所需人力較少、程式（Program）變更更容易的優點。此外，通常使用最多的泛用機械製造方法，雖減少了若干製造的數量，却仍有其較高的附加價值，仍不失為可用之法。其次，須要較多人力製造的方法，雖其製造的數量較少，然其款式較為繁多，且其附加價值較高，亦是可以使用之法。

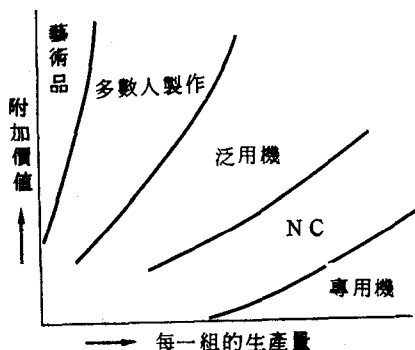


圖 1-1 加工方法所處的地位

由上圖可以了解，隨同附加價值的升高，人力亦因而逐級遞增。

在歷史上，乃係自左向右，逐漸遞移而產生，然在此過程中，尚有甚多未能完成的部分。所謂專用機器，乃指大部分自動機器的生產方式而言，然而，在我們今日難以想像的科技進步上，電氣及空氣的高速運轉力中，專用機器能從事 24 小時無須人員操作、自動運轉的生產，而且尚能具有極高的可靠性。

由於工業上電氣及空氣技術的引進，形成了運用上泛用性的增加，同時，也使得機器的整體構造更形複雜。於是，在此複雜的情況下，為求達到控制較高可變程度之目的，便形成順序控制（Sequence Control）方式的應用。然而，亦可將計算機看成一種順序控制的裝置。

系統之構成雖屬較易者，然欲使其適當配合隨同的硬體（Hard Wear），却為艱鉅之事。不論是專用機器或泛用機器，凡與桿測器、

操作器等對象相接觸者，能依原狀在市場銷售者極稀少。在具有此類界面（Interface）的製作，或包含此等形式的系統之製作而言，必須從事此種製作，否則便不能圓滿的達成其功效。順序控制亦與此相同。而在泛用機器與專用機器上，雖然均能使用順序控制的設備，然而，極關重要的是：一方面要製造界面，一方面要完成與其相互配合的系統構成工作。

第二章 基本邏輯的有關事項

本章僅就以數字所能表示的理論與方法加以說明。同時，對欲實現的AND, OR, NOT等理論之相關機器及其應用方法，亦加以闡述。

2.1 邏輯表現法

在輸入至某一要素內的信號較多時，對應於該輸入信號之組合求其所決定輸出信號的要素，以作為邏輯基礎的要件之用，即是邏輯要件的表現。此外，施加在邏輯要件上的輸入信號的組合，係依據有無各個輸入信號的組合而作決定。

就輸入而言，必為信號的有或無二者之一。而輸出亦與輸入相同，在各個輸出信號有無的組合以及單一的輸出信號下，其輸出信號的有無，即能表示其輸出。因此，以邏輯電路所處理的信號狀態，則僅有「有或無」兩種情形。且此兩種狀態可用0與1表示之。例如，當其電路在導通的狀態，其電壓與壓力在所謂的規定值以上時，可用1表之。另一方面，若電路截斷而形成絕緣狀態，電壓與壓力在規定值以下時，可以0表示之。

因為形成邏輯要件的輸入與輸出，僅有0及1兩種狀態，所以，僅0與1的應用就可以表示出布耳代數（註1）。僅用0與1兩個數字的代數之加法與乘法，受下列的限制。

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 1$$

$$0 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 1 \times 0 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

(2.1)

簡言之，設A B兩者為邏輯要件的輸入，則應如何探討其要件的輸出X值。以其輸入A與輸入B而言，應能令其為0與1的狀態，組合成下列四種情形。

(1)輸入信號A與B兩者均有時 ($A = 1, B = 1$)。

(2)輸入信號有A，而無B時 ($A = 1, B = 0$)。

(3)輸入信號無A，而有B時 ($A = 0, B = 1$)。

(4)輸入信號A與B兩者均無時 ($A = 0, B = 0$)。

在此四種組合中，(1)，(2)，(3)均係邏輯要件之輸出為1 ($X = 1$) 的情形，若為(4)的情形時，則其輸出信號所從事之無的操作 ($X = 0$) 要件稱之為OR操作要件 (邏輯與要件稱為OR要件)。整理歸納出輸入與輸出間的關係，則如表及圖2-1所示。圖中粗框線內即為X的值。將此四種關係與公式2-1相對照時，就可了解此係表示加法之算法。

由OR要件的操作可以了解：其係依據輸入之加算法而予表示者。於是，在輸入為A與B兩者時，其公式為：

$$X = A + B = B + A$$

(2.2)

此公式表示2輸入OR要件的操作。

當輸入不僅為A，B兩者，而為 $A_1, A_2, A_3, \dots$ 等較多輸入時，其公式如下。

$$X = \sum_{i=1}^n A_i$$

(2.3)

		輸入	
		A	
輸入	B	1	0
	B	0	0

圖2-1 OR要件的真理值表