

實用自動控制入門

周賢溪編著

啟學出版社印行

目 錄

第 1 章 順序控制	1
1-1 何謂順序控制	1
1-2 自動控制及順序控制	2
1-3 順序控制的應用	2
1-4 順序控制的種類	4
1-5 順序控制的功用	5
第 2 章 順序控制的必要機器及其符號	6
2-1 繼電器	6
2-1-1 原理及構造	6
2-1-2 繼電器之符號	9
2-2 檢出器	10
2-2-1 極限開關	11
2-2-2 振簧開關	12
2-2-3 近接開關	13
2-2-4 光電開關	14
2-2-5 差動變壓器	14
2-2-6 檢出器之符號	15
2-3 定時繼電器	16
2-3-1 符號	18
2-4 旋轉式開關	18
2-4-1 原理	18

2-4-2 符號	19
2-5 電磁線圈	20
2-5-1 原理	20
2-5-2 符號	22
2-6 指示燈	22
2-6-1 說明	22
2-6-2 符號	22
2-7 電源開關	22
2-7-1 說明	22
2-7-2 符號	23
2-8 壓力開關	24
2-8-1 說明	24
2-8-2 符號	24
2-9 浮筒開關	24
2-9-1 說明	24
2-9-2 符號	24
2-10 電磁離合器、電磁剎車	25
2-11 其他機器	25
2-11-1 電磁計數器	25
2-11-2 蜂音器	26
2-11-3 變壓器及整流器	26
2-11-4 延遲繼電器	27
2-12 電源	27

第3章 順序控制的設計方法 30

3-1 順序圖	30
---------	----

3-2	順序控制之作業網	32
-----	----------	----

第4章 順序控制之電路設計 35

4-1	順序控制電路的繪製	35
4-1-1	例題1	35
4-1-2	例題2	36
4-1-3	例題3	37
4-2	基本電路的繪法	41
4-2-1	電源及啟動電路的繪法	41
4-2-2	電源及啟動電路	44
4-2-3	馬達電路	45
4-2-4	記憶電路	46
4-2-5	滯延電路	47
4-2-6	連鎖	50
4-2-7	優先電路	51
4-2-8	並聯電路	52
4-2-9	串聯電路及並聯電路	52
4-3	順序控制電路之電流及動作順序	52
4-4	檢出器及油壓迴路	55
4-4-1	2位置單側磁力線圈方向控制閥之油壓迴路	55
4-4-2	2位置兩側磁力線圈方向控制閥之油壓迴路	57
4-4-3	3位置兩側磁力線圈方向控制閥之油壓迴路	58
4-5	順序控制電路之設計法	60
4-5-1	自動輸送順序控制電路設計	60
4-5-2	鑽孔及銼孔專用機之順序控制電路	64
4-5-3	使用限時繼電器之上下運動機構	67

第5章 配線方法	71
5-1 配線方法	71
5-1-1 電路之說明	71
5-1-2 依實際配線圖之說明	71
5-2 使用近接開關的配線	76
5-2-1 電路說明	76
5-2-2 依實體配線圖的說明	76
第6章 電路的種類	78
6-1 以1個檢出器控制複數動作的電路	78
6-2 以複數的檢出器分別動作的電路	79
6-3 手動電路及指示燈電路	79
6-4 利用優先電路的馬達正逆轉電路	81
6-5 電磁離合器及電磁剎車之驅動電路	81
6-6 確認電路(連鎖)	82
6-7 返復周期順序動作電路	85
6-7-1 電路之說明	85
6-7-2 依時間表的動作順序說明	85
第7章 實例集	87
7-1 使用油壓筒的壓着機電路	87
7-1-1 圖之說明	87
7-1-2 電路之說明	87
7-2 鑽頭拆損之檢查機電路	88
7-2-1 圖之說明	88

7-2-2	電路說明	88
7-3	僅作1次上下運動及返復繼續上下運動	89
7-3-1	圖之說明	89
7-3-2	僅1次上下運動電路之說明	90
7-3-3	返復上下運動	90
7-4	起動之確認	91
7-5	使用雙向電磁閥的兩位置確認機構	91
7-5-1	圖及控制閥之說明	91
7-5-2	電路說明	92
7-6	斷續回轉運動	93
7-6-1	圖之說明	93
7-6-2	電路之說明	94
7-7	利用馬達將搖動運動變成直線運動	95
7-7-1	圖之說明	95
7-7-2	電路之說明	95
7-8	壓力確認	97
7-8-1	圖之說明	97
7-8-2	電路之說明	97
7-9	利用迴轉磁力線圈之直線運動	97
7-9-1	圖之說明	98
7-9-2	電路說明	99
7-10	空氣控制裝置	100
7-10-1	圖之說明	100
7-10-2	電路之說明	100
7-11	簡易板片彈簧耐久試驗機	101
7-11-1	圖之說明	101

7-11-2 電路的說明	101
7-12 馬達運轉時間極短之電路	102
7-12-1 條件	102
7-12-2 電路之說明	102
7-13 起動馬達耐久試驗機	103
7-13-1 條件	103
7-13-2 電路之說明	104
7-14 演習問題	105
7-15 攻牙專用機	106
7-15-1 圖之說明	106
7-15-2 電路說明	107

第8章 應用例 109

8-1 軸之外徑自動測定裝置	109
8-1-1 圖之說明	109
8-1-2 電路說明	109
8-2 防止裝配作業螺栓鎖緊遺漏裝置	113
8-2-1 內容說明	113
8-2-2 電路說明	113
8-3 使用光電開關之自動切斷機電路	117
8-3-1 圖之說明	117
8-3-2 電路說明	118
8-4 全自動化生產線的順序控制電路	120
8-4-1 圖之說明	120
8-4-2 電路說明	124

第 1 章 順序控制

1 — 1 何謂順序控制

順序控制 (Sequence Control) 並不是一門很新的技術，大約在 40 年前就已經有了自動發電廠或 1 人控制的發電廠在運轉，並且已經達到了實用階段。或者專於電路設計的電機工程師，其所設計的電路圖，很多都是和順序控制電路的原理不謀而合，近來自動化及省力化的技術突飛猛進，順序控制的重要性更見增加，同時其控制裝置也日漸複雜。

所謂順序控制的定義是：「依照預先安排好的順序，逐段進行的控制方法」也就是使機械依照所定程序 (Program) 動作的裝置。例如欲開動汽車時，必須依照圖 1 — 1 的順序進行。首先第一個步驟是將鑰匙插入鑰孔，其次將鑰匙向右轉動以接通電流。然後再將鑰匙大力向右旋轉，藉起動器 (Starter) 帶動引擎回轉。引擎被帶動回轉後便自行轉動。放開手則鑰匙恢復至原來位置，切斷起動器電源使其停止回轉。至此引擎發動完成開車準備進行開車。欲行停車時須將鑰匙向左轉切斷電源停止引擎。最後拔出鑰匙工作終了。這一連串的動作無法同時進行，因此圖 1 — 1 的程序圖 (Program Diagram) 便是具有某種意義的順序控制。

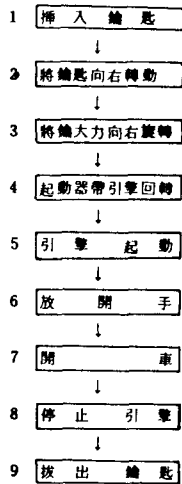
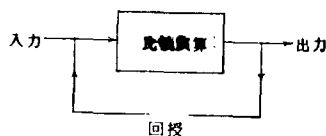


圖 1.1 開車程序圖

1—2 自動控制及順序控制

所謂自動控制 (Automatic Control) 如圖 1—2 所示，入力側及出力側經常做電氣的比較演算，然後藉回授作用 (Feedback Action) 以入力與出力之差從事控制。具有回授控制的意義在。但在實際上考慮了價格，難易及裝置的大小等，大部份的自動化都已被順序控制所取代，因此完全的回授型的控制已經減少。在實用方面來說，爲了自動化和省力化的自動控制，也可以說便是順序控制。



■ 1.2 回授

1—3 順序控制的應用

順序控制可以藉流體如油壓、空壓等組成，在本書僅對於利用電即所謂電氣順序控制之應用範圍加以說明。

① 自動化、省力化。

順序控制被大量的、廣泛的利用在各個工廠裡邊的自動化及省力化，圖 1—3 是加工細長工件的自動控制專用機械。

② 各種專用機。

如果利用普通的泛用機械從事大量生產同一零件時，不但加工時間長並且機械的利用率也極爲低下。但是如果利用固定的動作並且同時加工時，便可以提高速度增加效率，這便是利用順序控制的專用化機械。

③ 測定、檢查之自動化。

不僅僅是生產線可以自動化，也可以將測定、檢查工作加以自動化。用手作業的順序加以順序控制使其自動工作。

④ 試驗、實驗之自動化。

也不僅限於測定檢查之自動化，在研究所或技術部的試驗，實驗也可以利用簡單的順序控制組合使其自動化，尤其在耐久試驗方面更為有效。

⑤昇降機

最常見的例子是現在各大廈都裝有昇降機，這種的電氣控制便是順序控制。例如在自動昇降機，假如在三樓按下按鈕時昇降機室（cage）在4樓以上時發出下降之控制命令，在二樓以下時則發出上昇之命令。

⑥交通指揮燈

在各十字路口的各種手動，自動交通指揮燈也都是順序控制。

⑦各種危險防止裝置（確認裝置）。

對於機械之破損防止或加工時絕對不將不良品送至次一工程等裝置也是順序控制。

⑧其他

其他對於各種裝置或機器，欲使其自動化以做某些動作時，也全部必須藉順序控制裝置。

無論如何其應用範圍非常廣泛，學習了順序控制的技術以後，則其應用範圍將更會擴大。像圖1—1的程序既然可以返復動作，便可能做到自動化。

1—4 順序控制的種類

順序控制大別之可有下列分類。

順序控制	{	時限控制（具有記憶及時限機構）
		順序控制（具有記憶及判斷機構）
		條件控制（僅具有判斷機構）

時限控制應用限時繼電器，沒有檢出器僅為時間之控制者，例如

交通指揮燈、霓虹燈、自動化生產線之時間控制及自動定位等。

所謂條件控制便是確認裝置，如前述應用在防止不良及防止危險等，這種裝置之有無並不影響裝置的動作。

1—5 順序控制的功用

人的動作可以分成用腦及用力，在自動化相當於用腦的部份是順序控制，同為用腦也必須經眼睛、耳朵及鼻子的工作再經頭腦判斷後藉嘴說話或藉手寫字。這一些耳、目及鼻便相當於順序控制的檢出器（極限開關、近接開關、光電管、差動變壓器及振簧開關）而做判斷的是繼電器總合迴路。研究一連自動化循環時就像圖 1—4 所示，被檢出的物理量達到某一個程度時，繼電器線圈②勵磁、繼電器接點③接通後將接點放大使電磁線圈④動作，使油壓空壓控制閥⑤開閉，油壓、空壓驅動器⑥動作使機械⑦做實際的工作，再度和檢出器接觸以改變動作，就像這樣返復自動地作限定工作。

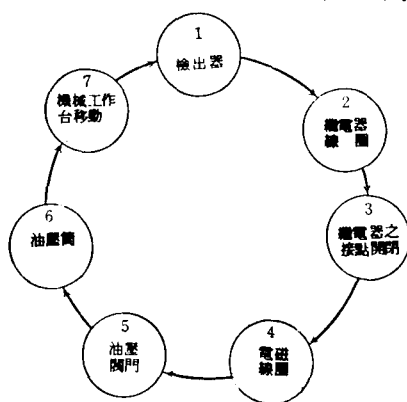


圖 1.4 自動化循環

實際上順序控制並不直接從事工作，而是要命令工作之裝置：由檢出後的信號經記憶或判斷，使油壓、空壓、馬達及電磁等工作的發號施令者，將其圖解則如圖 1—5。

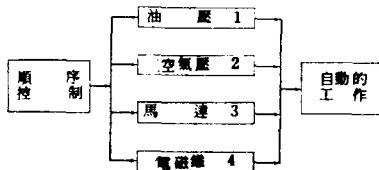


圖 1.5 順序控制及自動化

第2章 順序控制的必要機器及其符號

茲就各種電機械的概略原理用圖解法，同時就其各個的符號加以說明，雖然電有交流電（Alternating Current 簡稱AC）及直流電（Direct Current 簡稱DC）之分，其使用方法也各不相同，但在開始時，為便於說明及幫助了解，先不作交直流之分，同視其為「電」便可。

2—1 繼電器

2—1—1 原理及構造

簡單的說，繼電器（Relay）是用較小電流以控制較大電流送入／或切斷他一電路的一種裝置，其原理說明如下：

如衆所周知圖2—1(a)之線圈（coil）通以電流時，便會產生如虛線所示之磁力線，但是僅僅這一種狀態並沒有吸引鐵片的力量，再就圖2—1(b)所示裝入鐵心時，鐵心便成為強力之磁鐵可以吸引鐵片。雖然使用相同之線圈並通以相同之電流，如將一塊鐵片插入線圈中，可集中線圈兩端間的磁力線，並增強其磁通密度成為強力磁鐵。此種磁力線成為環狀通過鐵心之內側，由N極經電路元件返回S極的路徑，叫磁路（Magnetic Circuit）。

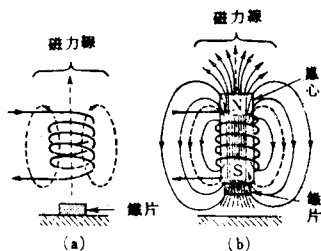


圖 2.1 電磁鐵

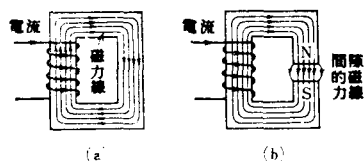
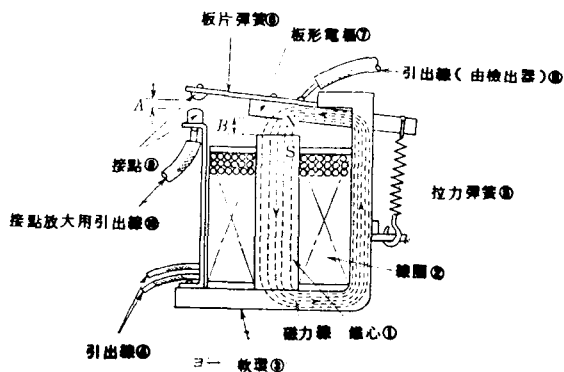


圖 2.2 磁電路及磁場

如圖 2-2 (a) 所示的四角（圓形亦同）的鐵心，繞以線圈並通以電流時，因鐵心較空氣更容易使磁力線通過，故其磁力線損失較少，如圖 2-2 (b) 所示，將其中切掉若干使具有間隙時，則在其兩端形成 N 極與 S 極對於原為一體的鐵心切掉部份，有使其空隙閉合之力量產生，這一種間隙叫做空隙（Air gap）。

繼電器就是利用上述原理，在圖 2-3 中鐵心（core）①繞有多重的線圈（coil）②軛環（Yoke ring）③及鐵心形成磁路，由引



$$A < B \quad B - A = \delta \cdots \text{板片彈簧變形量}$$

(注) A: 接點間隙
B: 空隙 隙

圖 2.3 繼電器之剖面圖

出線（Lead wire）④通以電流時，則在空隙處形成 N 及 S 極，其吸引力大於拉力彈簧（Tension Spring）⑥及板片彈簧（Leaf Spring）⑤而吸引板形電樞（Armature Plate）⑦，在鐵心與板形電樞接著前上下接點就先接觸，電流便從引出線⑨流經引出線⑩。

拉力彈簧⑤具有恢復至原來位置的作用，爲了使接點間通過較大電流，板片彈簧用以保持接點間的壓力，（此種壓力越大，越能通過較大之電流）。爲了防止接點間的磨耗及表面接觸電阻，接點有使用純銀，鎢及銅的粉末冶金材料等特殊金屬，以延長接點的壽命。又在此種接點可以通過較線圈所通過之電流大數百倍之電流，欲控制實際在作功的電磁線圈（Solenoid）或馬達必須通過此種繼電器，這便叫做接點放大，圖 2—4 爲其外觀。

圖 2—3 及圖 2—4 所示者爲用於電流量較小處，圖 2—5 則爲用於電流量較大者，接點①在線圈②沒有通電時，經常保持接觸，電流由 B_1 流經 B_2 。當線圈②勵磁（電流通過產生磁場，可動鐵心被固定鐵心吸著時謂之）。接點①切開，接點⑤開始接觸，電流由 A_1 流經 A_2 ，此時接點⑤叫 a 接點（或正接點），接點①叫 b 接點（或反接點）。對於順序控制來說也可以說是在分別使用這種 a 接點與 b 接點的技術，因爲具有這一種重要的意義，所以必須要充分理解，圖 2

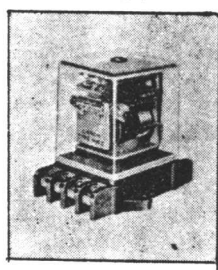
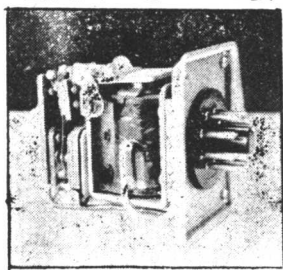


圖 2.4 小型繼電器外觀

— 6 所示的繼電器，爲具有 2, 3, 4, 5 個之複數個（並聯排列）的接點，由一個繼電器線圈所控制，可以控制數個電路之電流接通（通電流時）及斷路（切斷電流），圖 2—7 所示爲其外

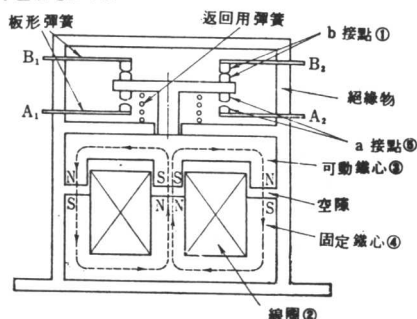


圖 2.5 具有 a 接點及 b 接點之繼電器

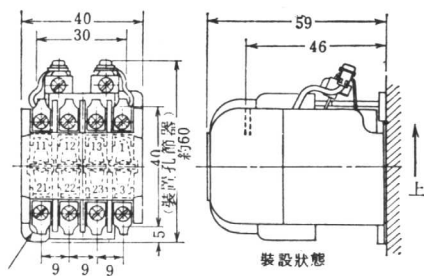


圖 2.6 具有 4 個接頭的繼電器

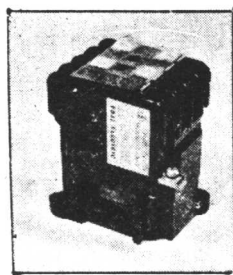


圖 2.7 標準型多接頭(多極)繼電器

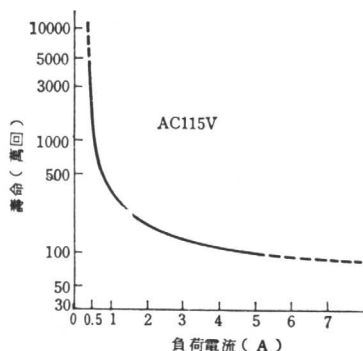


圖 2.8 繼電器接點之壽命特性

觀。又因繼電器為有接點式，因此接點有其壽命，由圖 2-8 可知流經接點之電流即使稍稍增加，接點之壽命便會急激下降，在選用繼電器時，其額定容量須有較大之餘裕，當然在使用頻度較低處，也有與此相反的情形。

2-1-2 繼電器之符號

如圖 2-9 所示，接點之符號有二種方式，本書則使用上側之方式，在符號之上側一定要註記文字 R，以便與其他接點及機器有所區別，b 接點須如 R 所示在其上側畫一橫線（也可以不畫此線），以便與 a 接點有所區別， $\text{---}(\text{R})\text{---}$ 之符號代表繼電器之線圈部份，雖然是同一繼電器，其接點與線圈分別使用不同之符號，在電路圖上也分別寫在不同之處，實際上如圖 2-10 所示之略圖接點與線圈分別書寫，在實際應用上必須使用多數之繼電器，如在 $R_1, R_2, R_3, \dots, R_1, R_2, R_3, \dots, \text{---}(\text{R}_1)\text{---}, \text{---}(\text{R}_2)\text{---}, \text{---}(\text{R}_3)\text{---}$ 等文字之右下側註序號上號碼。

使用的文字用Relay 的頭一個字母R再註上號碼，則在電路上可顯得清晰易懂。但在此處必須注意的是，像圖2—10所示，線圈的號碼如與接點相同時，即為同在一個繼電器內，如果不相同時就表示線圈與接點不在同一個繼電器的意思，左側者是繼電器 R_1 之構成，右側者為繼電器 R_2 之構成。

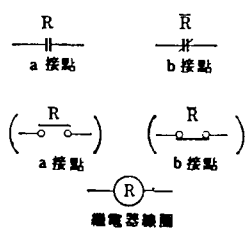


圖 2.9 繼電器之符號

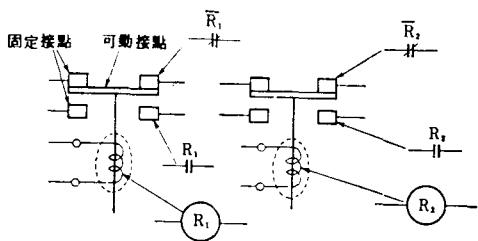
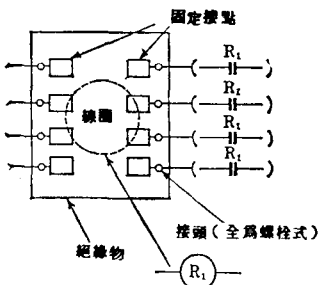


圖 2.10 兩個繼電器之略圖



注：本圖省略可動接點

圖 2.11 多極接頭繼電器俯視圖

又在圖2—10為側視圖，無法獲知極數（接點之數），圖2—11則為俯視圖可清楚表示其極數，圖上所示為4極之繼電器，一個 (R_1) 之符號，最多可以得到 $\overline{R_1}$ （或 $\overline{R_1}$ ）之符號4個之多，當然如沒必要可以全部不用（不記入於電路圖上，也不接線）空下來便可以。

2—2 檢出器

繼電器如圖2—12所示，是裝設在控制盤（Control panel）內，而檢出器則裝在機器或裝置的適當處所，用以將機器或裝置實際動作之信號（將電通電或切斷謂之）送至控制盤。檢出器之種類很多，由有接觸型之極限開關及無接觸型的振簧開關，接近開關，光電開