

大專及電氣技術人員用書

# 工業自動控制電路

(上冊)

(七版)

潘錫淵 編著

文 笙 書 局 發 行

5081

623787

3283-7

6 1

大專及電氣技術人員用書

# 工業自動控制電路

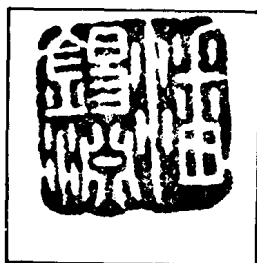
(上冊)

(七版)

潘錫淵 編著

文 笙 書 局 發 行

翻印必究  
版權所有



禁止轉載  
本書圖文

## 工業自動控制電路 (上冊)

著 作 者：潘 錫 淵

出 版 者：文 笙 書 局

地 址：台北市重慶南路一段 69 號

電 話：3810359 郵政劃撥 100165 號

登 記 字 號：行政院新聞局台業字第 1263 號

發 行 人：黃 清 笙

住 址：台北市重慶南路一段 69 號

電 話：(02) 381-0359、381-4280

印 刷 者：先 鋒 打 字 印 刷 有 限 公 司

住 址：台北市中山北路一段 110 號 305 室

電 話：(02) 581-3453、521-7461 號

郵購批購：請逕向各地郵局郵政劃撥第 19128 號潘錫淵帳戶收

住 址：台北市永吉路 123 號 (國際電氣技術訓練

電 話：(02) 7675632、7662869 中心內)

定 價：精裝本 貳佰元正  
平裝本 壹佰伍拾元正

中 華 民 國 六 十 三 年 八 月 初 版

中 華 民 國 六 十 九 年 五 月 七 版

# 自序

本書係根據筆者多年在工廠、工程界及教學上之經驗，並參考美、日、德書籍及著名廠商之目錄，前後歷數年編輯而成。

本書內容注重原理的解說及實際之應用，又本書並不以高深理論，而由淺入深，循序漸進之方式編排，使初學者也不會感到難以接受之感，故本書可以作為訓練班、高工、大專電機科教科書，亦為各階層電氣技術人員、電氣負責人、工程師設計、保養所必讀。

本書名之工業自動控制電路，因此本書所談論者均為控制電路有關事項，從基礎到應用，由理論到實際，均依現場需要為主題。

本書之專有名詞均依照電機、機械工程名詞譯名，上面兩書所無者依語意習慣譯名，並予譯名之後附上原文，以資對照。

本書分上下兩冊，上册計分四章一附錄，第一章乃說明自動控制之形態及控制方法和順序控制名詞釋義。第二章為電氣圖符號之解說、繪圖法、有，無接點符號之組合、邏輯代數、自動控制裝置號碼之組成、文字代號之意義。第三章說明各種檢出器及控制器具之構造、使用及選定法，使用時應注意事項及應用例，第四章為操作用之控制機械及構造，使用例及選定法、附錄解說、各國電氣符號，以供設計、保養之參考。

下冊計分七章，第五章說明順序控制、控制機能、控制機械、電磁接觸器、限時電驛之基本電路及應用電路，第六章為計器用比流器、比壓器、零相比流器之使用、構造符號、基本接綫、指示計器及電驛之接綫要領及注意事項，第七章為電動機之控制、裝置、速度控制、直流電動機、SF，RDB，RPDB，ASSD 控制、感應電動機之各種控制、VS、電磁耦合、同步電動機控制、交直流電動機之保護協調、接地（漏電）保護，第八章為實用控制電路、溫度、壓力、流量、位準之基礎例、自動門、電動機自動變換、高低壓自動切換控制、自動往返、連動控制等數十種控制實例，第九章為順序控制之實際應用例，本章說明電梯、起重機、立位停車場、計量控制、電氣油壓、空氣壓控制、柴油發電機、光電控制之應用、電氣爐、空氣調節機等拾餘種控制實例。第十章

爲遠方順序控制，說明遠方順序控制之基本電路及應用電路，如直接控制、切換控制等。第十一章爲保護電驛及配電盤控制，在於說明一般常用保護電驛之構造、動作原理、分類、名詞說明、電驛之內外部接綫圖例、外部組合接綫、高低壓受電盤、計器電驛等各種組合電路、配電、控制盤之控制電路例、各廠牌 OCB 之內部接綫圖例等。

本書承好友台電公司工程師蘇茂夏兄於百忙之中，日夜細心編校，並且提供很多寶貴意見。及文昇書局陳昇一兄給予很大的支持與鼓勵，在此一併致謝。

編者才疏歷淺，又是公餘之暇編寫，雖力求內容充實，但疏漏之處，在所難免，尚祈專家、學者不吝指正。

潘 錫 淵 謹識於台北市

六十四年九月二十八日

# 工業自動控制電路(上冊)

## 目 錄

### 第一章 自動控制概論

|                                   |    |                                 |    |
|-----------------------------------|----|---------------------------------|----|
| 1-1 自動控制之定義.....                  | 1  | 1-6 順序控制(Sequence control)..... | 17 |
| 1-2 回授控制(feed Back control).....  | 2  | 1-7 順序控制之基本構成.....              | 19 |
| 1-3 計劃控制(Phogrammed control)..... | 4  | 1-8 控制名詞說明.....                 | 21 |
| 1-4 計算機控制(Computer control).....  | 9  | 1-9 順序控制之必要性與其效果.....           | 23 |
| 1-5 數值控制(Numerical control).....  | 11 | 1-10 順序控制之應用.....               | 25 |

### 第二章 電氣圖符號之認識及組合

|                        |    |                                         |    |
|------------------------|----|-----------------------------------------|----|
| 2-1 電氣圖符號.....         | 27 | 2-7 補助符號.....                           | 68 |
| 2-2 電氣圖符號之繪圖法.....     | 36 | 2-8 自動控制器具號碼之識別法.....                   | 73 |
| 2-3 接線圖之種類.....        | 38 | (1) 構成.....                             | 73 |
| (1) 單線接線圖.....         | 38 | (2) 連字號.....                            | 73 |
| (2) 總合接線圖.....         | 39 | (3) 補助符號.....                           | 73 |
| (3) 主電路接線圖.....        | 40 | (4) 補助符號中,表示性質(整定)之H. L.<br>做下記之決定..... | 74 |
| (4) 正面接線圖、背面接線圖.....   | 41 | (5) 保護電驛關係之器具號碼.....                    | 75 |
| (5) 器具內部接線圖.....       | 43 | (6) 補助接觸器或補助開關器.....                    | 76 |
| (6) 展開接線圖.....         | 44 | 2-9 文字符號.....                           | 77 |
| (7) 其他接線圖.....         | 47 | (1) 一般代號.....                           | 77 |
| 2-4 無接點電驛之符號與組合方法..... | 48 | (2) 計器(meter)代字.....                    | 91 |
| 2-5 順序控制之邏輯代數.....     | 53 | (3) 電驛(Relay)符號.....                    | 92 |
| 2-6 自動控制裝置號碼.....      | 59 | (4) 其他器具.....                           | 94 |

### 第三章 檢出器及控制器具

|                          |     |                           |     |
|--------------------------|-----|---------------------------|-----|
| 3-1 微動開關之使用及選定法.....     | 97  | (1) 動作名稱及說明.....          | 111 |
| (1) 一般用微動開關的構造與種類.....   | 100 | (2) 動作特性中的最大、最小的意義.....   | 113 |
| (2) 高溫用微動開關的構造與動作.....   | 106 | (3) 引動器(Actuator).....    | 113 |
| (3) 一般用微動開關之選定.....      | 106 | (8) 封入型微動開關之使用法.....      | 119 |
| (1) 電氣的負載條件.....         | 106 | 3-2 限時電驛之使用及選定法.....      | 129 |
| (2) 機器的條件.....           | 107 | (1) 機能與原理之分類.....         | 129 |
| (3) 環境條件.....            | 107 | (2) 限時電驛(Time Relay)..... | 130 |
| (4) 一般用引動器之選定.....       | 108 | (1) 空氣式限時電驛.....          | 132 |
| (5) 一般用微動開關正確使用法.....    | 109 | ① ON-延遲型.....             | 132 |
| (6) 高感度微動開關使用上之注意事項..... | 110 | ② off-延遲型.....            | 133 |
| (7) 密封型微動開關之構造與種類.....   | 110 | (3) CR限時電驛.....           | 133 |

|                            |     |                                |     |
|----------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| 〔4〕 電晶體式限時電驛·····          | 141 | 3-5 近接開關·····                  | 197 |
| 〔5〕 SCR 限時電驛·····          | 141 | 〔1〕 近接開關·····                  | 197 |
| 〔6〕 電動機式限時電驛·····          | 144 | 〔1〕 高週波振盪型近接開關·····            | 198 |
| 〔7〕 順序限時開關·····            | 148 | 〔2〕 磁性斷續開關型近接開關·····           | 200 |
| 〔8〕 限時電驛之選定·····           | 149 | 〔2〕 無接點近接開關·····               | 202 |
| 〔1〕 設定時間·····              | 149 | 〔1〕 高週波振盪型動作原理·····            | 202 |
| 〔2〕 復原時間·····              | 149 | 〔2〕 感應橋型 Bridge 型 (差動變壓器)····· | 204 |
| 〔3〕 裝置方式·····              | 149 | 〔3〕 容量型·····                   | 204 |
| 〔4〕 選定時的條件·····            | 149 | 〔3〕 近接開關之適用例·····              | 205 |
| 〔9〕 限時電驛使用時應注意事項·····      | 150 | 3-6 超音波及光電控制機器·····            | 207 |
| 3-3 電磁電驛之使用及選定法·····       | 151 | 〔1〕 超音波開關·····                 | 207 |
| 〔1〕 電磁電驛之原理及應用·····        | 151 | 〔1〕 動作原理·····                  | 207 |
| 〔2〕 電磁電驛有下述之特徵·····        | 153 | 〔2〕 超音波使用上的問題·····             | 209 |
| 〔3〕 電磁電驛之分類·····           | 154 | 〔3〕 超音波開關之特點·····              | 209 |
| 〔4〕 電磁電驛之選定法·····          | 157 | 〔2〕 光電控制機器·····                | 209 |
| 〔5〕 控制電驛之特性·····           | 158 | 3-7 液面控制機器·····                | 213 |
| 〔6〕 特殊控制電驛·····            | 179 | 〔1〕 浮力式開關·····                 | 214 |
| 〔1〕 控制用電磁電驛·····           | 179 | 〔2〕 浮球式無接點液面開關·····            | 216 |
| 〔2〕 水銀接點電驛·····            | 180 | 〔3〕 浮力式水銀開關·····               | 216 |
| 〔3〕 有極電驛·····              | 180 | 〔4〕 AE 1 式開關·····              | 217 |
| 〔4〕 高週波機器專用的超小型電驛·····     | 181 | 〔5〕 摩布華式開關·····                | 217 |
| 〔5〕 產業、船舶用集中警報裝置用電驛·····   | 181 | 〔6〕 光電式開關·····                 | 217 |
| 〔6〕 使用高精密度的領前開關特殊用途電驛····· | 182 | 〔7〕 電磁筒式開關·····                | 219 |
| 〔7〕 超小型低價領前電驛·····         | 182 | 〔8〕 膜球式開關·····                 | 219 |
| 〔8〕 旋轉電磁列車·····            | 183 | 〔9〕 電極式開關·····                 | 219 |
| 〔9〕 步進電驛·····              | 184 | 〔10〕 靜電電容式開關·····              | 221 |
| 〔10〕 旋轉開關·····             | 187 | 〔1〕 超音波式開關·····                | 222 |
| 3-4 無接點電驛·····             | 189 | 3-8 計數器·····                   | 225 |
| 〔1〕 無接點電驛·····             | 189 | 〔1〕 計數器·····                   | 225 |
| 〔1〕 邏輯否定·····              | 192 | 〔2〕 電磁計數器·····                 | 225 |
| 〔2〕 邏輯和·····               | 193 | 〔3〕 電子計數器·····                 | 227 |
| 〔3〕 邏輯積·····               | 193 | 3-9 電氣脈搏電動機·····               | 228 |
| 〔4〕 邏輯和否定·····             | 194 | 3-10 電磁制動器·····                | 230 |
| 〔5〕 邏輯積否定·····             | 194 | 3-11 數值表示裝置·····               | 232 |
| 〔6〕 記憶電路·····              | 194 | 〔1〕 反轉表示盤·····                 | 232 |
| 〔7〕 延遲電路·····              | 195 | 〔2〕 旋轉表示盤·····                 | 232 |
| 〔8〕 無接點電驛之補助電路·····        | 195 | 〔3〕 光字盤·····                   | 232 |
| 〔2〕 邏輯素子使用之注意事項·····       | 196 | 〔4〕 投影式表示器·····                | 232 |
| 〔3〕 邏輯另件使用之適合場所·····       | 197 | 〔5〕 皮帶式表示器·····                | 233 |
|                            |     | 〔6〕 電光盤表示器·····                | 233 |

|                |     |                |     |
|----------------|-----|----------------|-----|
| 3-12 濕度之檢出器    | 234 | (1) 溫度之檢出      | 247 |
| 3-13 壓力控制用機器   | 236 | (2) 溫度開關之種類與特徵 | 249 |
| (1) 壓力之檢出      | 238 | (3) 溫度開關之應用與注意 | 251 |
| (2) 壓力開關之種類和特徵 | 239 | 3-16 電磁圈       | 257 |
| 3-14 流量控制機械    | 241 | 3-17 控制開關      | 262 |
| (1) 流量之檢出      | 242 | 3-18 信號燈       | 267 |
| 3-15 溫度控制用機器   | 244 |                |     |

## 第四章 操作用之控制機械

|                 |     |                   |     |
|-----------------|-----|-------------------|-----|
| 4-1 操作用機器之功能與分類 | 267 | 4-8 負載開關          | 304 |
| (1) 開動器         | 268 | 4-9 真空開關          | 305 |
| (2) 能力放大器       | 268 | 4-10 斷路器          | 306 |
| (3) 信號變換器       | 268 | (1) 額定電壓          | 309 |
| 4-2 磁鐵和電磁圈      | 269 | (2) 額定電流          | 309 |
| (1) 電磁吊鐵        | 269 | (3) 啓斷容量(遮斷容量)    | 309 |
| (2) 旋轉電磁圈       | 269 | (4) 閉合容量          | 309 |
| (3) 旋轉電磁圈之用途    | 269 | (5) 操作            | 309 |
| 4-3 電動閥和電磁閥     | 269 | (6) 油斷路器之構造及動作    | 311 |
| (1) 電磁閥         | 269 | (7) 斷路器之跳脫方式      | 315 |
| (2) 電動閥         | 274 | 4-11 電磁接觸器        | 318 |
| (3) 電動閥之控制電路    | 274 | (1) 電磁接觸器之構造名稱    | 320 |
| 4-4 流體式操作機器     | 276 | 4-12 電磁開關         | 321 |
| (1) 變換用電磁閥      | 277 | (1) 熱動電驛之構造       | 322 |
| (2) 油壓變換閥       | 279 | (2) 熱動電驛之動作原理     | 323 |
| 4-5 空氣式操作機器     | 281 | (3) 各額定事項及性能      | 323 |
| (1) 空氣操作機器      | 281 | (4) 電磁開關在電動機電路之適用 | 326 |
| (2) 空氣壓控制機器     | 284 | (1) 選定時之基本考慮      | 326 |
| (3) 空氣壓控制用機器之分類 | 284 | (2) 對各啓動方式之適用     | 327 |
| 4-6 無熔絲斷路器      | 289 | ① 全電壓啓壓啓動         | 327 |
| (1) 無熔絲斷路器的附屬裝置 | 289 | ② 星角啓動            | 329 |
| (2) 無熔絲斷路器的構造   | 290 | ③ 電抗器啓動           | 331 |
| 4-7 過電流保護器      | 295 | ④ 補償器啓動           | 332 |
| (1) 低壓熔絲        | 295 | ⑤ 二次電阻啓動控制        | 334 |
| (2) 電力熔絲        | 298 |                   |     |

## 附錄——各國電氣符號

|                                       |     |                                               |     |
|---------------------------------------|-----|-----------------------------------------------|-----|
| (1) 美國電氣符號                            | 340 | 電驛和限時電驛接點(Relays and<br>Timer Relay Contacts) | 342 |
| 一 開關類(Switches)                       | 340 | 電阻器或變阻器(Resistor and<br>Rheostats)            | 343 |
| 二 保護裝置(Protective device)             | 341 | 電容器和電抗器(Capacitors and<br>Reactors)           | 343 |
| 三 按鈕開關及接點(Push button and<br>Contact) | 341 |                                               |     |

|                                                       |     |                                                     |     |
|-------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------|-----|
| reactors) .....                                       | 343 | ⑤配電盤裝置器具.....                                       | 373 |
| ㄅ計器變壓器 (Instrument Transformers)                      | 344 | ⑥電力用接點.....                                         | 373 |
| ㄅ整流器 (Rectifier) .....                                | 344 | ⑦開關或控制裝置.....                                       | 375 |
| ㄅ旋轉機 (Rotating electrical machines)                   | 345 | ⑧電容器或電抗器.....                                       | 381 |
| ㄅ文字代號.....                                            | 346 | ⑨保護裝置.....                                          | 381 |
| [2] 德國電氣符號                                            |     | ⑩電驛及接點.....                                         | 383 |
| 一配綫和端子 (Wiring and terminals)                         | 347 | ⑪計器.....                                            | 390 |
| 二保險絲 (Fuse) .....                                     | 348 | ⑫發變電所.....                                          | 393 |
| 三動作元件 (Operating) .....                               | 348 | ⑬輸電綫路.....                                          | 394 |
| ㄅ電機動作元件 (Electro-mechanical operating elements) ..... | 349 | ⑭輸電綫路支持物及附屬品.....                                   | 394 |
| ㄅ接觸點 (Contacts) .....                                 | 349 | ⑮故障表示.....                                          | 396 |
| ㄅ按鈕接點 (Push button contacts) .....                    | 350 | [5] 日本電氣規格 (J I C).....                             |     |
| ㄅ限時開關接點 (Limit Switch Contacts) .....                 | 350 | [6] 日本工作機械用電氣符號.....                                | 399 |
| ㄅ非計測跳脫 (Non measuring Trips) .....                    | 350 | 一一般 (General) .....                                 | 399 |
| ㄅ限時電驛元件 (Timing relay elements) .....                 | 350 | 二開關器 (Switches) .....                               | 401 |
| ㄅ計測跳脫 (Measuring Trips) .....                         | 351 | 三參考符號.....                                          |     |
| ㄅ指示器 (Indicators).....                                | 351 | ①半導體 (Semiconductors) .....                         | 403 |
| ㄅ開關 (Switches).....                                   | 352 | ②電子管 (Tube) .....                                   | 404 |
| ㄅ電動機 (Motors) .....                                   | 353 | ③方塊圖 (Block Diagrams) .....                         | 405 |
| ㄅ雜項符號 (Miscellaneous Symbols) .....                   | 353 | ④文字代號.....                                          | 406 |
| ㄅ鼠籠電動機 (Squirrel Cage motors) .....                   | 354 | [7] 日本溶接機用電氣符號                                      |     |
| ㄅ文字代號.....                                            | 355 | (Jis c 9309-1962).....                              | 409 |
| [3] 瑞士電氣符號.....                                       | 356 | 一一般符號.....                                          | 409 |
| [4] 日本電氣符號 (Jisc 0301-65).....                        | 358 | 二接點和開關.....                                         | 414 |
| (1)基本符號.....                                          | 358 | 三溶接部.....                                           | 416 |
| (2)電力用符號.....                                         | 364 | [8] 台灣電力公司製圖符號標準.....                               | 417 |
| ①旋轉機.....                                             | 364 | 一電力設備符號.....                                        | 417 |
| ②變壓器.....                                             | 367 | ①發電機及電動機等 (Generators, motors etc).....             | 417 |
| ③整流器.....                                             | 370 | ②調整器 (Regulators).....                              | 418 |
| ④計器用變壓器或變流器.....                                      | 370 | ③變壓器 (Transformers) .....                           | 418 |
|                                                       |     | ④電氣接法 (Electrical connections) .....                | 419 |
|                                                       |     | ⑤斷路器 (Breakers) .....                               | 420 |
|                                                       |     | ⑥開關 (Switches) .....                                | 421 |
|                                                       |     | ⑦接觸器 (Contactors) .....                             | 422 |
|                                                       |     | ⑧綫圈電阻器、變阻器等 (Coils, Resistors Rheostats, etc) ..... | 423 |
|                                                       |     | ⑨保護裝置 (Protective equipment) .....                  |     |
|                                                       |     | ⑩電容器 (Capacitors).....                              | 423 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| ⑪電池和整流器(Batteries and Rectifies) | 436 |
| .....                            | 424 |
| 三計器符號                            | 425 |
| 三指示燈符號                           | 427 |
| 四電驛符號                            | 428 |
| 五接線符號                            | 434 |
| ①CT二次側線路                         | 434 |
| ②PT二次側線路                         | 436 |
| ③控制電源線路                          | 436 |
| ④電力線路                            | 436 |
| ⑤電力變壓器線端                         | 437 |
| ⑥斷路器基本控制線路                       | 437 |
| ⑦操作線圈                            | 437 |
| ⑧接觸及開關                           | 437 |
| ⑨熔斷器、電阻及電容器                      | 439 |
| ⑩各種機器及附件代字                       | 439 |
| ⑪機器(CB ABS)等配置號碼                 | 440 |

# 第一章

## 自動控制概論

### 1-1 自動控制之定義

**自動控制** (Automatic control) 是依控制裝置，做自動性的控制者，在此，說明其內容。「自動化」、「自動機器」是機械或裝置以及過程之自動控制裝置。實際上有各種各樣成為自動化對象的裝置。同時，其操作方法也相當複雜，故非以一次方法就能做到所有的自動化。

平時，一個工廠要自動機器化，就必須（可能）結合電氣電子機械、化工等許多自動化技術，並加以利用，同時為了自動化，就必須重視其控制對象的機械，裝置過程等的控制技術，以及製作各種控制裝置。

此等控制技術中，利用最多者，有以下所述之自動控制：

- (1) **回授控制** (feed Back control)
- (2) **計劃程序控制** (programmed control)
- (3) **數值控制** (Numerical control)
- (4) **計算機控制** (Computer control)
- (5) **順序控制** (Sequential control)

以往之自動控制以回授控制為主體。在過程自動控制中，像回授控制之比例，微分、積分動作等，分類型名。在多年前，許多專家都以為所謂自動控制必須含有回授控制電路，可是最近，因電子計算機的發達，以及數字技術之進步而使用其他的自動控制，那就是將回授控制的類似量直接變換為數字量，以發展數字之自動控制等方向，也因裝置或過程中的控制漸形複雜而高級化，故以回授控制也將無法做充份的自動化。

例如機械或裝置，在進入回授控制之過程中，必須先做機械或裝置

的起動或停止。爲了機械或裝置之起動或停止之自動化，就需要順序控制，順序控制是依數字信號的 ON. OFF. 之兩動作予以控制，而且這兩次二進變數之動作。再度的體認，也是其發展的原因之一若使此一二進變數，則控制裝置就簡單化且可做廣範圍的控制，並可做數學性的操作，順序控制功能之被重視，是基於電子計算機之發達，同時也提高了所使用的電驛或半導體等之數字電路素子之信賴性，又依積體電路 (IC) 或高密度積體電路 (LSI) 等電路之小型化，由同類型可輕易的變成數字，同時還可以廉價提供。

在過程控制中可應用電子計算機的回授控制，使得在工廠中央置一部電子計算機，即可將廠內一切生產過程精確的由電子計算機控制，同時又可做資料之整理，使工廠經營合理化。

## 1-2 回授控制 (feed Back control)

回授控制是指，依回授將控制量之值與目標值加以比較，做修正動作並使其一致的控制。在鋼鐵、化學、鍊油、纖維、水泥等製造工廠，都需要將各製造裝置的溫度、壓力、流量、液面，組成 PH 等，保持其適當值。這些數量若能保持一定值的狀態，應該是沒問題的，可是平常若放着不管將會變化，故應加以檢出此一變化量控制於定值，回授控制就是適合於這種控制。

圖例 1-1 (a) 以電熱綫 (Heater) 保溫熱水機的水。須要隨時輸出一定溫度之水時，就需要再由外部輸入同量之冷水不可。對於這些冷水，以電熱綫予以加熱，所需要的電量 (電流)，做適當調整使其成爲一定溫度，則應如以下之動作。

測定溫水溫度 → 看溫度指示針 → 與目標 (希望或規定) 溫度比較 → 調整變壓器。

如此，調整變壓器，予以控制電壓，使水之溫度差隨時保持於零。如此一溫水之溫度，以控制爲目的之量，稱之控制量 (Controlled Variable)，此等控制量有其一定的目標，而其值則稱爲目標值 (Set point)，又調整變壓器之電壓增減，使控制量有所變化的量，稱爲操作量 (manipulated variable)。若溫水之溫度比目標標值低。經調整變壓器之增減，使溫度接近目標值，則需要相當的時間，此等現象稱爲追蹤

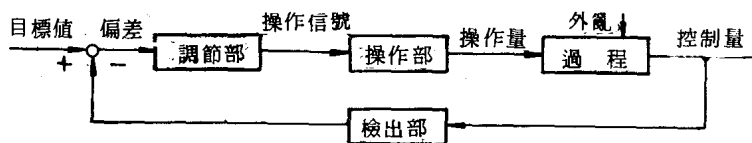
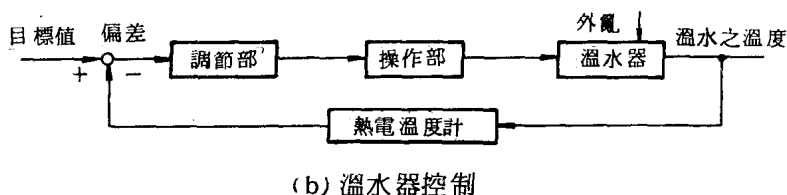
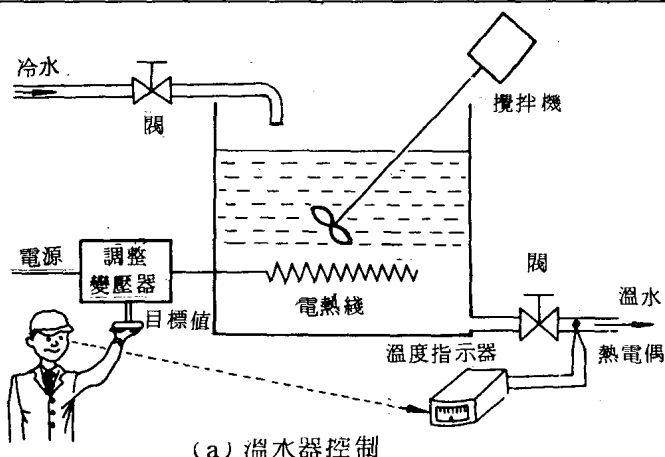


圖 1 - 1 回授控制

之延遲，平時也稱電為延遲 (Delay)，又溫水之溫度以溫度計得到正確的指示為止，也需要一些時間。這也是溫度計的反應延遲。如此，溫水之溫度，對於目標值之變化，若其追蹤之方法不佳，就難於保持一定之溫度，那是除冷水流量之變化，電壓之變動，周圍溫度之影響等，除操作量以外者，而其他尚有種種使控制量變化之原因，一般稱為外亂 (disturbance) 在控制上具有很重要之意義。

就因為有外亂，才需要控制。為消除外亂之影響予以變化操作量，同時，使追蹤性對於控制量之目標值，能達到控制之目的，將操作量之

動態，使自動的正確指示。稱為自動控制。圖 1-1(a)則以人腦做此一操作之判斷，而加以控制，此乃稱為手動控制 (Manual Control)。

不管自動控制或手動控制，能將目標值與控制量之差，**控制偏差** (System deviation) 或誤差 (error) 對準，依此增減其操作量使其為 0。即可消除一切外亂，而經常的追蹤使目標值引起變化。

圖 1-1(a)為溫水器之控制系統，如以方塊圖 (Block diagram) 表示，則如圖 1-1(b)，而信號之流向即為傳達之方向，如圖 1-1(a)是以人視其偏差而行手動操作，但方塊圖則將其機能以控制器 (Controller) 做自動控制系統之控制。

控制器為正時，增加操作量。為負時則減少，使其將信號輸送到操作部門。此等控制系統，則由人或控制器旋轉旋鈕，將入力予溫水器，將影響熱電偶之檢出，再以偏差信號得知，調整溫水器之入力，如此，依靠偏差之控制，則其信號在系統中不斷的循環，在方塊圖中很容易瞭解。

如上述，當出力側的信號回授入力側，稱為**回授** (feed back) 包含回授之控制方式稱為**回授控制** (feed back control) 回授控制系統的一般性方塊圖，則如圖 1-1(c)所示，表示方塊圖的信號傳達方向之前會形成迴線，故也將回授系統稱為閉迴線控制系統 (Closedloop control system)。

回授控制系統則由方塊圖可看出其動作，並查看各信號之表示量或系統之構成，得知對於控制對象之檢出方法，操作部為何？對於控制目的之控制量之目標值，選擇適當的控制器。

工業過程中的溫度、壓力、流量、液面、PH 系之控制，其目標值一定之情形較多，故以定值控制較多。

### 1-3 計劃控制 (Programmed Control)

**計劃控制**為不依控制對象之狀態，而另以控制動作之順序先編組，為計劃予以設定，然後由設定之計劃發出動作命令，以推進控制階段之控制。如圖 1-2 之電氣處理爐的計劃溫度控制觀之，則將設定可能溫度變化之可變量於設定器，起動電氣爐後，依設定器之命令，對於電熱綫之熱量，也就是控制電流，使脈動振盪器起動作，使矽控體做控制，此

等計劃控制是：

電熱綫→電氣爐→溫度檢出器→計劃設定器→脈動振盪器→矽控體與閉迴路等。形成閉迴路控制。

此一計劃設定器內，裝有熱處理爐之溫度與所定時間計劃，予以控制的計劃部門，設定器有可任意設定曲綫，以及只限於直綫狀之傾斜與平坦部份的折綫式者。

有關計劃控制，最近在計算機方面常用計劃一語，有極廣泛的意義，傳達控制的領域，直到目前尚沿用計劃控制一語。若將計劃控制置於順序控制中設想。則為順從所定的順序做控制裝置之方法，其有電氣性及機械性之方法等，亦可依控制別分為以下數種。

- (1)針孔計劃方式
- (2)紙帶計劃方式
- (3)孔卡計劃方式
- (4)光電式計劃方式
- (5)機械式計劃方式

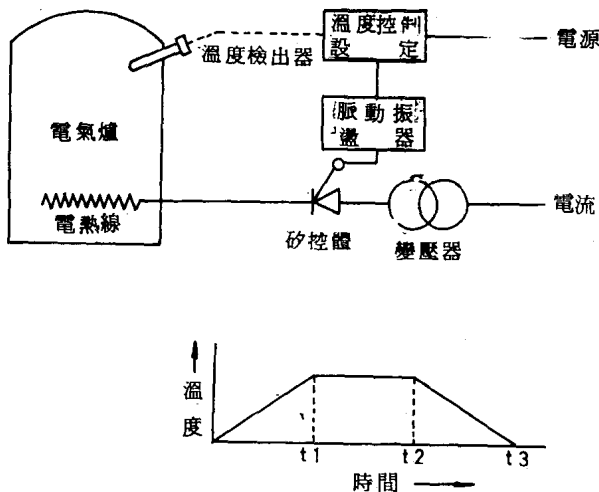


圖 1 - 2 電熱處理爐之計劃控制

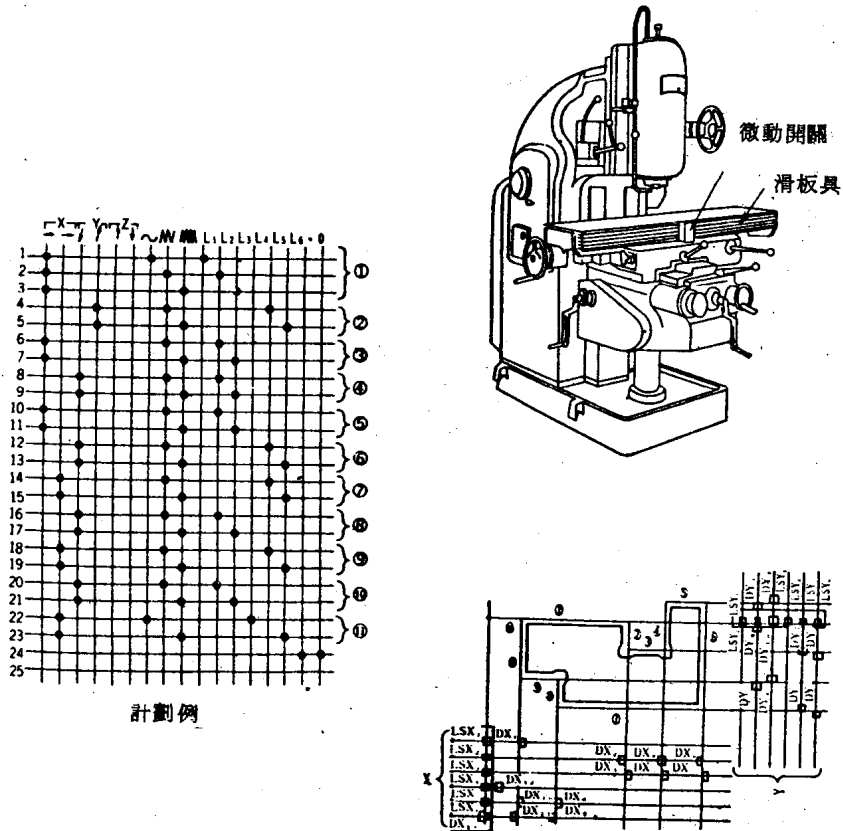


圖 1 - 3 旋削機針孔計劃控制

圖 1-3 針孔計劃方式，針孔計劃方式則如圖 1-3 所示，首先在旋削機設定動作之順序，並依其順序予以控制裝置，故沒有計數器與打孔器，而大部份的計劃順序控制均依此方法。此方式於大量生產時，能夠發揮很大的效果。

紙帶計劃方式，則為如圖 1-4 紙帶計劃所示之設定控制，首先將計劃在紙帶上打孔，再依其紙帶做控制之方法，多利用於工作機械之數值控制。此方式是使用 8 單位紙帶，很容易的設定負載之動作指令，也可做多階段之控制。

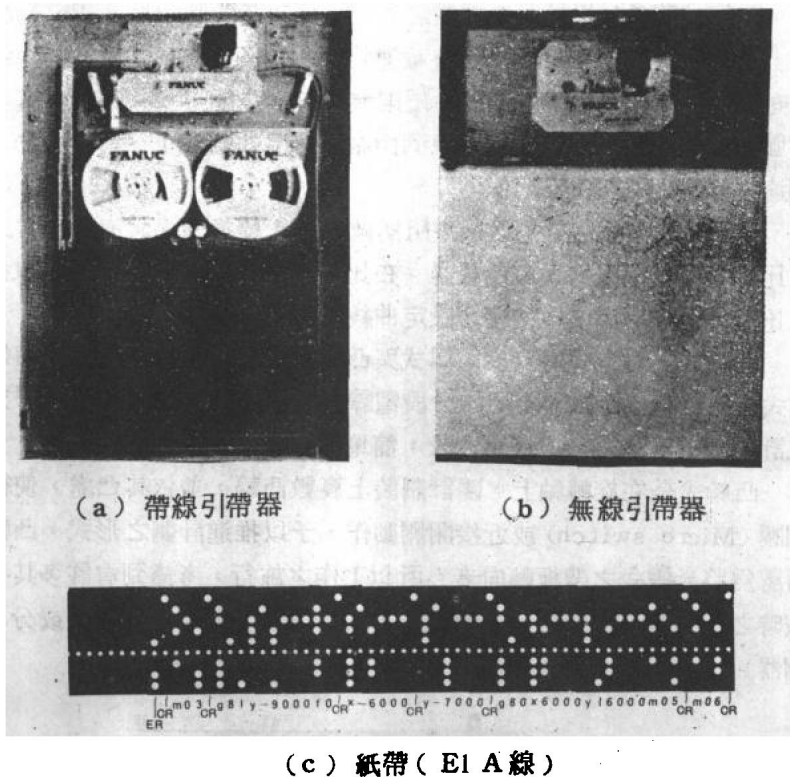


圖 1 - 4 紙帶計劃

孔卡計劃方式是將順序控制裝置之簡單的機械在紙帶上打孔而只是每一階段之情報，非根本性的順序控制變更時之使用方法。此等程序之計劃控制所使用之卡片，與電子計算機所使用者不同，卡片則置於引導器中直到順序控制完成。此等卡片，可將順序控制裝置依卡片孔子以變換，與計劃用之旋轉開關同樣功能。

光電式計劃方式有帶板式與圓筒式、帶板式者則在圓板刻上刻度，使工程之進行與圓板之旋轉角予以同步。然後將其刻度以光電素子檢出負載動作予以控制之方法。此方法是負載動作與機械性的動作同步時，或負載之動作在時間上一定時，所用之方法，最近則貼上金屬片以取代帶刻度者，是使用於較單純之操作。