

科學圖書大庫

工具機之數字控制

譯者 徐萬椿

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

G J J zh sh

工具機之數字控制

譯者 徐萬椿

江苏工业学院图书馆
藏 书 章

徐氏基金會出版

譯者序

本書工具機之數字控制，原名爲Numerical Control of Machine - Tools，是馬丁氏（S.J. Martin）所著。馬丁氏是英國北格羅徹斯脫雪爾工業大學（North Gloucestershire Technical College, Cheltenham）生產工程之資深講師，對於數字控制有深入之研究。

本書係分十章九個標題敘述，諸如自動控制之基本原理；自動控制對工具機之應用；碼、帶、及讀帶機；工具機之數字控制；滑板之位置控制與刀具更換系統；數字控制之工具機；數字控制工具機之經濟學；帶之準備及程式製作；及電腦協助之程式製作等，無不詳述，是一部切合實用之佳作。

工具機之數字控制一類書籍以我國文字撰寫者，坊間尙付闕如。此次徐氏基金會囑譯是書，洵具遠見，旨在使我國青年學子增長見識，免除文字上之隔閡。

本書是以平實的筆法譯述，但是與原意相吻合，務使讀者一目瞭然。本書所用之譯名，均參照教育部公布國立編譯館編印之機械工程名詞，電機工程名詞，電子工程名詞，及黃振亞博士編譯之英漢電腦學辭典，妥爲翻譯。本書附錄C，列有數字控制所用名詞彙編，對初學者查閱，甚爲方便。惟以書成倉促，謬誤之處定然難免，尙祈先進賢達，惠賜核正，是爲序。

徐萬椿 謹識

中華民國六十五年五月一日

總編輯序

在新文獻綱目中或增訂之文獻綱目中，能看到各類工程性質之重要題目，深引爲慰。當文獻綱目增訂時或製作時，最重要者應考慮列入能代表現代技術趨向而不變其基本理論研究之材料。

因之，在教科書撰寫之領域中，就有機會將資料補充於各種主題之書籍，而此等教科書之作者，亦不必局限於某一特別之主題。

本書之撰寫即基於此種考慮。工具機之數字控制，是最近代化之技術，但是尚乏適合於學生所用之書籍問世。本書撰寫之方法，予以證明適宜於從事工業生產人員，及全國性高等執業證照技術班學生所用。本書所含之材料，可作控制工程中任何課程作補充讀物，對求取學位與文憑之課程，本書尤有其需要。

喬治裴齊

(George Page)

作者序節譯

本書爲使讀者瞭解工具機之數字控制，故以使用者之觀點所撰寫。

工業上正面對着應用此種精密方法以控制製造過程之機會，而甚多人士正欲尋求甚多問題之答案，諸如何謂數字控制？數字控制如何工作？數字控制應用於何處？數字控制是否能應用於我的工廠？數字控制需若干成本？數字控制與普通控制方法之經濟利益比較如何？電腦如何協助製作程式？以及其他諸種問題即是。當在工業中介紹一種新技術時，其所遭遇之最大問題則在如何克服對變更方法之阻力。若干此等阻力，則起源於“不懂”，故希望本書能協助消除對數字控制之不瞭解，以增進接納此一新穎而迅速發展中之技術。

本書對工程生產技術之學生，將發生興趣。對生產技術之就業考試，全國性高等工程證書考試，全國性高等工程執照考試，對於政府及同業公會工程生產第293課程第三部之考試，均極有幫助。作者希望本書對自普通生產方法變更為數字控制之生產方法之從業人員，無論爲工廠生產階層，監督階層，技術階層，或中等管理階層，均將有所裨益。

爲着使本書局限於相當之範圍以內，故必需將本書局限於若干個主題。此等主題，經予仔細選擇，以供筆者心目中之讀者最需要之資料。此項主題，筆者原可以大學教育之方式處理，但是在此數字控制發展階段中，若將理論觀念作過份詳細之處理，可能降低本書急切之用度，因之採用報導性之方法。

甚多論題，均可有利地予以申論或包括在內，舉例說，在設計室應用數字控制之趨勢；由慕林系統24 (Molins System 24)所演譯之切削觀念；可直接感測刀具刃口狀況而得最佳速度與進給之適應控制之發展；氬氣與氮氣連續波雷射之應用以控制刀具與尺寸，由此，直徑、圓度、斜度，與表面光製，可以連續校正。一個作者，面對着如此複雜之論題，自極願追逐，但是，筆者自認所寫的書中欲得最大之用處，必需在某一適當處劃一條線。顯然，此一條線不能劃於適應每一位讀者之處，惟深望本書能爲多數讀者所

喜愛。

此處筆者必需指出兩三宗事。在一極短之時間內，數字控制之領域中，恰有甚多的遭遇，在本書寫作之中，即有新的發展。在寫作之當時，早先數章均屬正確，可是在最後數章完成之前，即需訂正。新式數字控制機器不斷發展，老式機器即遭淘汰，其變化率極為迅速，工具機工業之前途無量。然則數字控制之變化甚快，但是筆者相信本書大部份資料，仍將保持有效一段相當之時間。顯然，數字控制之哲學，以及相關之技術，將對工業具有極大之衝擊力，而其總的累積效應，則甚難預見，關於此點，在現在即有一宗有趣之反應，即數字控制正在工具機工業與電子工業中用以製造數字控制設施。

本書為配合工業公制化計劃起見，故採用公制及國際公制單位。在此過渡時期，此確導致若干困擾。在本書撰寫之時，工業界尚未澄清究竟壓力應否採用巴 (bar) 或 N/m^2 為單位以代替 lbf/m^2 ，因之英制單位仍予保留，以資參考，直至國際公制或公制壓力單位建立而後已。

最後，筆者必需向合作之友人與同仁致謝，向內子之協助致意。筆者必需向政府各部或各公司表示謝意，對本書提供甚多之資料，尤其對工程師文摘 (Engineers' Digest) 出版社提供數字控制語彙，特別感謝。

馬丁

(S.J. Martin)

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信

發行人 陳俊安

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國七十年十一月廿六日三版

工具機之數字控制

基本定價 2.80

譯者 徐萬椿 美國密西根大學機械工程碩士

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。 謝謝惠顧

局版臺業字第1810號

出版者 財團法人 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱 13-306 號

發行者 財團法人 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥帳戶第 15795 號

承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號

電話 9221763
9271575
9271576

電話 9719739

目 錄

譯者序

總編輯序

作者序節譯

第一章 自動控制之基本原理

1.10	自動控制	1
1.11	控制環	1
1.12	溫度控制	2
1.20	輸入之型式	5
1.21	階級功能輸入	5
1.22	斜坡功能輸入	6
1.23	追逐	7
1.24	阻尼	8
1.25	暫時反應	10
1.30	伺服機構	11
1.31	一伺服機構之操作	11
1.32	增益	12
1.33	在系統之返饋	13

第二章 自動控制對工具機之應用

2.10	一工具機之功能	16
2.11	附帶功能	16
2.12	控制系統所執行之功能	17

2.13	滑板位移	17
2.20	滑板位移之普通術語	18
2.21	Z 軸	18
2.22	X 軸	18
2.23	Y 軸	20
2.30	數字控制之工具機滑板所用之控制系統	21
2.31	命令信號	22
2.32	閉環控制	23
2.33	穩定狀態差異	24
2.34	速度返饋	24
2.40	數字控制工具機之設計	25
2.41	普通設計對數字控制工具機之不適宜性	25
2.42	機器結構	26
2.43	滑槽	27
2.44	位置轉換器之定位	30
2.45	傳動及滑板定位元件	30

第三章 碼、帶及讀帶機

3.10	何謂二進位制	35
3.11	二進位數碼	36
3.12	其他數字號碼	38
3.20	打孔帶	40
3.21	一“段”之結構	42

3.22	在一段中之資料順序	43	徵	68
3.23	打孔帶之準備	44	4.50	標準軸(直線)數字 控制之工具機
3.24	校對打孔帶	45	4.51	直線銑床可有之若干 設施
3.25	修改或校正打孔帶	45	4.60	連續路線之數字控制 工具機
3.30	打孔帶閱讀器	45	4.61	插值法
3.31	打孔帶閱讀器之操作	47	4.62	在連續路線控制之滑 板關係
3.32	機械讀帶器	47	4.70	一數字控制之銑床操 作
3.33	氣力讀帶器	49	4.71	操作循環
3.34	光學讀帶器	50	4.72	雜項功用
3.40	磁帶	50	4.73	機器控制台
3.41	磁性記錄之基本原理	51	4.74	操作機器
3.42	磁帶之優點	52		
3.43	磁帶之應用—類比系 統	53		
3.44	磁帶之應用—數位系 統	54		
第四章 工具機之數字控制			第五章 滑板之位置控制與 刀具更換系統	
4.10	何以要數字控制	55	5.10	滑板位置之控制
4.11	歷史背景	55	5.20	以光柵度量滑板位移
4.12	降低小批零件切削之 成本	58	5.21	光柵之原理
4.10	數字控制工具機之優點	59	5.22	位置控制之度量系統
4.21	數字控制之工具機優 點摘要	59	5.23	為連續路線控制所用之 之光柵系統
4.22	為數字控制而作組合	61	5.24	光柵在連續路線數字 控制工具機之應用
4.30	數字控制之工具機與 設備之種類	62	5.30	位置控制之氣力系統 與液力系統
4.31	參照滑板控制之機器 分類	65	5.31	摩格液壓點引動器之 操作原理
4.40	位置(點對點)數字控 制之工具機	66	5.32	引動器之操作
4.41	定位工具機之若干特 徵		5.33	在液力系統中之程序

5.40	位置控制之電氣機械系統.....	93
5.41	機械傳動.....	94
5.42	整流子總成.....	95
5.50	電磁類比位置轉換器.....	97
5.51	電磁位置轉換器，及電磁位置轉換器與電壓分解器.....	97
5.52	電磁位置轉換器與電壓分解器之應用.....	99
5.60	使數字控制之工具機達成最佳產量之方法.....	101
5.61	預行調定工具.....	102
5.62	雙工作台之機器.....	103
5.63	切削中心.....	106
5.70	自動刀具更換器.....	107
5.71	數字控制之刀具轉塔.....	109
5.72	數字控制之鼓式刀匣.....	110
5.73	數字控制之鏈式刀匣.....	113
5.74	數字控制之“蛋盒”刀匣.....	117

第六章 數字控制之工具機

6.10	郝勃脫座標控制自動轉塔式鑽床.....	119
6.11	郝勃脫座標控制鑽床之一般規格.....	120
6.12	自動轉塔鑽孔機頭.....	121
6.13	空氣承面滑板.....	124
6.14	滑板之定位.....	126
6.20	惠克曼藍數字控制車床.....	127
6.21	數字控制車床之一般	

規格.....	129
---------	-----

6.22	數字控制車床之主要部份.....	130
6.30	邱吉爾雷特曼 350 型數字控制車床.....	132
6.31	機器控制設施.....	134
6.32	邱吉爾雷特曼車床之操作.....	135
6.33	一典型之切削順序.....	137
6.40	HPE 自動控制輪廓銑床.....	139
6.41	自動控制輪廓銑床之構造.....	140
6.42	在自動控制輪廓銑床之生產.....	140
6.50	馬爾文切削中心.....	141
6.51	馬爾文切削中心之基本型式.....	143
6.52	馬爾文切削中心基本構造之變化.....	145
6.53	馬爾文切削中心之特色.....	145

第七章 數字控制工具機之經濟學

7.10	經濟比較.....	148
7.11	比較之範圍.....	148
7.12	數字控制方法與普通方法之比較.....	149
7.13	在評價中應考慮之因子.....	151
7.20	製造成本之實際評估.....	152
7.21	生產準備成本.....	153

7.22	生產成本	154
7.23	相關之成本	154
7.30	工具機之操作成本	154
7.31	折舊	155
7.32	報廢	156
7.33	工具機之利用	157
7.40	普通工具機切削法對 數字控制工具機切削 法之成本比較	161
7.41	平衡點	161
7.42	平衡點之決定法	162
7.43	小批零件製造之經濟 效益	166

第八章 帶之準備及程式製作

A 部份	170
8.10	帶之準備之一般方法 170
8.20	定位工作及標準軸向 工作之帶之準備 171
8.21	人工製帶 171
8.22	不用電腦之零件程式 製作 172
8.23	打孔帶之編碼 173
8.31	電子工業協會編碼系 統 173
8.40	編碼之方法 174
8.41	順序號碼 175
8.42	段之終端 175
8.43	指定滑板座標 175
8.44	預備功用 177
8.45	心軸速度功用 179
8.46	進給率功用 180
8.47	雜項功用 180

8.48	刀具補償.....	183
B 部份		189
8.50	電腦協助製作零件程式.....	189
8.51	程式之種類.....	192
8.52	後處理機.....	193
8.53	一後處理機之功用.....	195

第九章 電腦協助之程式製作 I

9.10	為數字控制所用電腦 協助製作之程式	196
9.11	羅曼斯程式	196
9.12	計算階段	199
9.20	永久公程式庫	199
9.21	材料公程式庫	200
9.22	刀具資料公程式庫	201
9.23	刀具體系公程式庫	202
9.24	刀具選擇公程式庫	204
9.30	電腦之功用	205
9.31	電腦設施與羅曼斯程 式	206
9.40	零件程式製作程序	206
9.41	羅曼斯程式編碼型式	208
9.42	羅曼斯程式之處理	208
9.50	應用羅曼斯之零件程 式製作舉例	209

第十章 電腦協助之程式製作 II

10.10	連續路線切削操作之 程式製作	219
10.11	2 連續 1 直線控制軸	

10.20	2 連續 1 直線控制軸零件程式製作	219
10.21	零件程式之分段	221
10.30	應用 2 連續 1 直線控制軸系統製作零件程式之舉例	223
10.31	標題敘述 (順序號碼 2 至 9)	225
10.32	幾何形狀敘述 (順序號碼 10 至 21)	225
10.33	運動敘述 (順序號碼 22 至 32)	226

附錄 A	評價數字控制機器切削成本表	239
------	---------------	-----

附錄 B	羅曼斯編碼型式	247
------	---------	-----

附錄 C	數字控制所用名詞彙編	248
------	------------	-----

第一章 自動控制之基本原理

(Basic Principles Automatic Control)

1.10 自動控制 (Automatic Control)

近年來，“自動控制”之名詞，在工程圈內已逐漸變成顯著。有能力與有經驗之工程師中；不乏有人認為自動控制之主題含有高等數學，能靈活運用高等數學，方能領悟自動控制之用途。在事實上，應用自動控制之目的，並不需要應用高等數學技術，亦能極易了解。不過，欲得到確實而廣泛之控制工程知識，數學自屬極為重要。筆者將此題目介入於本書之目的，旨在洞察自動控制之基本原理對工具機數字控制之關係，故將應用非數學之方法。

一熟悉而簡單之自動控制舉例，則可在家庭水槽之球閥操作得之。其他普通之舉例，則為電鍋或暖氣系統溫度之恆溫控制，當然尚有甚多其他之舉例，亦可輕易舉出。不過，此處只以此兩個舉例，作為說明自動控制系統某些原理之出發點。

茲考慮一水槽之球閥。水由水源經由敞開無阻之閥進入空水槽。當水槽之水位升高，球浮於表面，從而變更其臂之位置，以減少通過閥之水量。當球到達預定之位置，閥即關閉，水之供應切斷。許可進入水槽之水量，係以球之浮於水面而予自動控制。

此種自動控制之直接應用，可用以說明一種控制系統之型式，亦可指出控制工程並非一種新科學——不過甚多自動控制新發展與新應用，確亦介紹若干新技術與高深技術。若將控制工程所常用之名詞用以描述水槽裝水之情形，則其方法本身將較簡單，而過程保持不變。由於讀者對控制工程之名詞不甚熟稔，可能在初期會發生困難。（在本章之末附有語彙，可為讀者解釋。）一旦讀者熟稔名詞之後，即不難瞭解其與自動控制系統操作之連帶應用。讀者定然知道，在任何特別之作業，必需具有一定之名詞，以表達此特別事物之精確意義。

1.11 控制環 (Control Loops)

在水槽中水位之控制，可以圖 1-1 所示過程連鎖之每一個鏈表示之。讀者可自圖中看出，此等鏈係連接於一起，而形成一個閉環（closed-loop）。此閉環之名詞係用以描述一個系統，其控制之狀況，舉例說，如水位狀況，先予度量，將狀況資料作為返饋（feedback）送至執行控制之設施。開環（open-loop）系統亦可應用。在開環控制系統

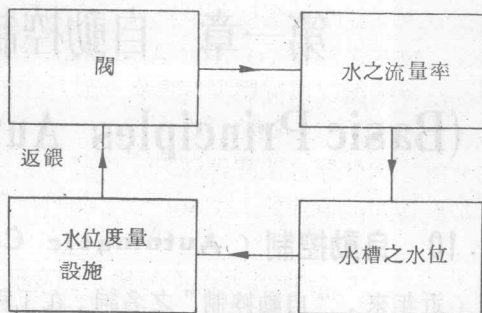


圖 1.1 水位控制之一閉環系統

，其控制之值不需要度量，因為在此系統中並無返饋。當應用開環系統以定位一數字控制之工具機滑板，其工具機之成本較應用閉環系統之工具機為低甚多，惟滑板定位之精確度略差，但是甚多切削操作已屬適宜，舉例說，滑板位移之精確度在 $\pm 0.05 \text{ mm}$ ，已屬相宜。

在閉環控制系統，返饋連續影響控制器之作用，故此系統可描述為一差異引動系統（error-actuated system）。茲就水槽為例，讀者可以看出若實際水位與所欲水位之間有一差異，則球浮子將使閥允許水流入於水槽中。當實際水位相當於所欲之水位，則差異為零，閥即關閉。

1.12 溫度控制（Temperature Control）

一電鍋之恒溫器，主要者含有一控制球把，其上刻有攝氏或華氏溫度之度數；電氣接觸點，當控制球把轉動時可予固定於所欲之溫度；及一球狀體，內裝一種揮發性之液體，當爐中溫度增高時即膨脹。此外，尚有一毛細管可將液體輸送至一可膨脹之伸縮囊，見圖 1-2。

當在爐內之溫度升高時，液體之體積增加，伸縮囊即膨脹，而使壓力塊移向移動接觸點。在預先固定之溫度時，電氣接觸點分離，供給電熱器之電流切斷；當爐中溫度降低時，液體收縮，伸縮囊亦收縮，壓力塊許可接觸點合攏，電流又通至加熱器。（圖 1-2 所示之磁鐵，係用以使接觸點之分離或合攏具有一確實之作用。）

恒溫器溫度控制系統之作用，已以圖 1-3 之方塊圖表示之，所用之符號為自動控制系統 BS 1523 所建議者。所欲爐中之溫度（ r_i ）是命令信號，

此係記錄於輸入設施（恆溫器標度盤），旋轉標度盤之作用則在固定壓力方塊之位置。此時，溫度係以壓力方塊與移動接觸點之間之直線距離（ θ_i ）表示之。爐內之溫度（ γ_0 ）係由含有揮發性液體之球狀體所監測，並返饋至伸縮囊，此伸縮囊則以液體溫度膨脹一直線距離（ θ_0 ）。若 θ_0 小於 θ_i ，則兩接觸點保持接觸，電流繼續供應至加熱器。一旦 θ_0 等於 θ_i ，則壓力方塊使兩接觸點分離，加熱器之開關即關去（off）；當溫度降低，兩接觸點又許可接觸，加熱器之開關即開上（on）。此可以符號表示如次：

$$\theta = \theta_i - \theta_0$$

式中：
 θ_i = 所欲狀況（即輸入溫度換成直線距離）
 θ_0 = 實際狀況（即輸出溫度換成直線距離）
 θ = 差異

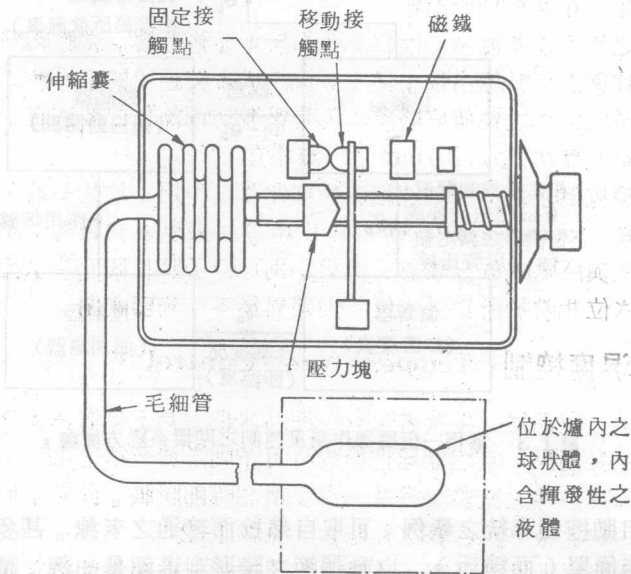


圖 1.2 恆溫器之原理圖。

在此舉例中，其方塊圖之值可顯而易見，因為在爐中溫度之自動控制系統，可極易以代表系統之每一部份之方塊看出，而不必進入方塊所代表之詳細情形。如此，基於電子設施之自動控制系統之操作，能為一機械工程師所瞭解，反之，一液力系統之操作，可為一電子工程師所瞭解。此種以連接方

塊之方法來描述一個系統，極為方便。一種閉環控制之一般型式圖，已示於圖 1-4。若吾人對方塊圖中之某一方塊操作之形式特別有興趣，則可檢視實際設施之詳細情形，此可在較後數章中看出，舉例說，在第 5-20 節，繞射光柵之原理係以領導工具機滑板設施所檢驗者。方塊圖之另一個優點則為並不拘限於某一特別操作原理之設施。舉例說，此種設施，可為電子設施，氣力設施，液力設施，或光學設施。同時，此設施可為極低廉極簡單，或為極複雜極昂貴，不管設施之型式或其複雜性，在方塊圖中均能簡單表示之。

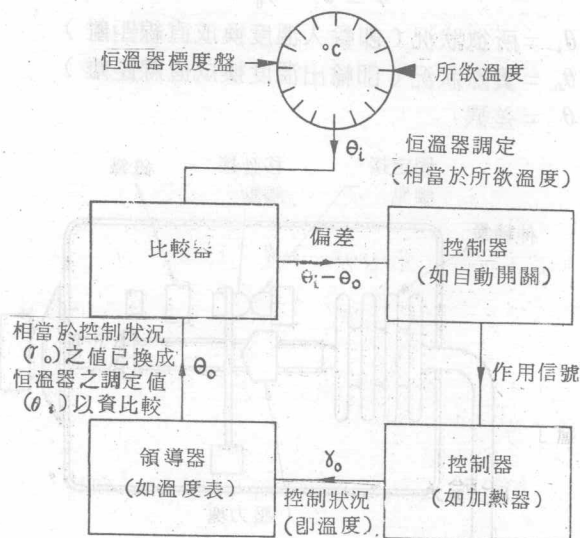


圖 1 3 應用一恒溫器作溫度控制之閉環系統方塊圖。

其他自動控制系統之舉例，可取自熟稔而普通之來源。甚多此等設施，其操作極為簡單（而精巧）。自動調節之碟形剎車即是一例，讀者注意，此種設施係用幾百年前紡棉機相類似之原理。此種設施之構造，可自有關汽車之課本得之，或自某一汽車之說明書得之。此種機構之原理，係以一爪與一棘輪之接合而使剎車帶自動如所需要而前進之。當駕駛人施剎車時，爪即移動；當剎車帶已經磨蝕至足以使爪與棘輪上另一齒接合時，棘輪轉動些許，剎車帶總成即被一螺絲螺紋向前移。經由此種簡單之安排，使剎車保持於良好調節之狀況，車輛與乘員之安全增高，而所需保養之時間則可減少。

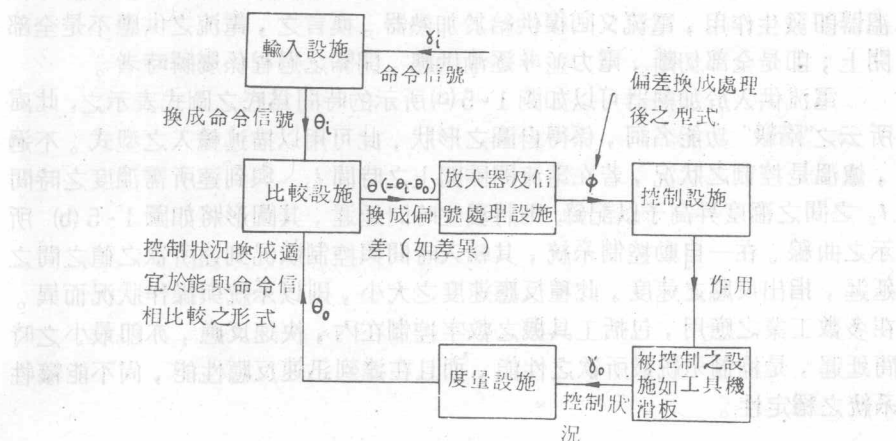


圖 1.4 一簡單閉環控制系統之一般型式圖。

1.20 輸入之型式 (Types of Input)

上面所述兩種自動控制之舉例，即流入水槽之水量控制與恒溫器之溫度控制，有甚多性質為相同者，但是有一重要之差別，必需予以鑑別。此項差異則在控制之型式，在第一例，係控制進入水槽之水流量，而在第二例，則在控制供入爐子加熱器之電流。

1.21 階級功能輸入 (Step Function Input)

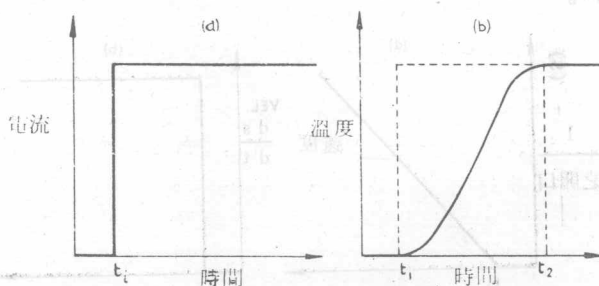


圖 1.5 階級功能輸入圖。

茲考慮電爐自室溫加熱之過程次序。首先將開關固定於所欲之溫度，電流立刻流至加熱器。電爐溫度開始升高，而當到達所需之溫度時，電流即予