

電子計算機概論與程式

施博豐 陳泰成 編著

興業圖書股份有限公司 印行

TP33
S566

電子計算機概論與程式

施博豐 陳泰成 編著

興業圖書股份有限公司印行

電子計算機概論與程式

版權所有・翻印必究

編著者：施博豐 陳泰成

發行人：王 志 康

出版者：興業圖書股份有限公司
印刷者：

台南市勝利路一一八號

電話：三七三二五三號

郵撥：南字31573 號

新聞處登記證：局版台業字第0410號

定 價：150元

中華民國六十六年三月出版

目 錄

第一章 電子計算機概論

1-1	引言	1
1-2	計算機簡史	1
1-3	計算機之種類	3
1-4	計算機之特性	3
1-5	計算機之用途	4
1-6	計算機處理問題之方法	5
1-7	計算機之軟體、硬體、韌體與膚體	5
1-8	計算機之基本構造及作用原理	6
1-9	程式語言	8
1-10	程式計劃之執行	9
1-11	使用計算機求解之步驟	10
1-12	計算機之主要輸入及輸出媒介	11
1-13	原始計劃之除錯	15
	習題一	15

第二章 數字系統、布氏代數與邏輯閘

2-1	引言	16
2-2	數字表示方法	16
2-3	各進制系統之轉換	18
2-4	二進制數字系統之數學運算	24
2-5	二進碼的十進制數字表示法	25
2-6	定點數字表示法	26
2-7	補數數字表示法及其運算	29
2-8	浮點數字系統	31
2-9	布林代數	33
2-10	基本邏輯符號之表示	36
	習題二	40

第三章 互傳基本認識

3-1	引言	43
3-2	互傳使用之文字及符號	43

3-3	常數	44
3-4	變數	48
3-5	算術之運算及表示法	51
3-6	邏輯運算和表示法	53
3-7	遮罩運算	55
3-8	指述	57
3-9	算術指述	57
3-10	簡易之輸入及輸出指述	59
3-11	暫停、停止、終止及退出指述	60
3-12	數學函數	61
3-13	語碼紙	62
	習題三	68

第四章 控制之轉移

4-1	引言	70
4-2	流程圖	70
4-3	GO TO 指述	72
4-4	算術 IF 指述	72
4-5	計值 GO TO 指述	75
4-6	IF 指述	77
4-7	指定指述及指定 GO TO 指述	78
4-8	實例	79
	習題四	97

第五章 輸入及輸出

5-1	引言	100
5-2	輸入及輸出之基本問題	101
5-3	READ指述和WRITE指述	101
5-4	FORMAT指述	104
5-5	格式之使用	106
5-6	機架控制字元	124
5-7	格式之重複使用	126
5-8	自由區域輸入	128
5-9	DATA指述	130
5-10	實例	132

習題五	137
第六章 註標變數與 DO 指述	
6-1 註標變數	140
6-2 因次指述	147
6-3 DO 指述	148
6-4 複合 DO 迴路	151
6-5 自動註標法	156
習題六	160
第七章 函數與副程式	
7-1 供應函數	165
7-2 算術指述函數	166
7-3 副程式	168
7-4 函數副程式	169
7-5 次常規副程式	175
7-6 等值指述與共用指述	179
習題七	184
第八章 參考例題	187
習題八	287
第九章 便習語法	
9-1 便習語法簡介	290
9-2 便習語法的組合要素指述	290
9-3 指述	294
9-4 高級便習	303
9-5 矩陣	309
附錄 A : HP 磁碟作業系統操作摘要	322
附錄 B : 互傳 IV 編譯偵錯	333
附錄 C : 書中所用流程圖慣例	343
附錄 D : 互傳 IV 庫存函數	345
附錄 E : HP 互傳 IV 任務堆之組成	348
附錄 F : HP 互傳 IV 與 ANSI 互傳 IV 之差異	350
索引	352

第一章 電子計算機概論

(INTRODUCTION TO THE COMPUTER)

1-1 引言

人類在工具發展方面之不斷努力，使工作效率大為提高，工作量得以擴展，終而邁進了一嶄新時代，此新時代以使用電子計算機 (Electronic computer) 為其特色，此種優越之電子設備所具之驚人之工作能力，使過去難以處理或耗時甚多之問題，今日多能利用電子計算機在甚短時間之內輕易解決。電子計算機之發明，實乃人類智慧之大革命，它使現代之工業技術及科學發展得以突飛猛進。

電子計算機俗稱電腦 (Electronic brain)，以其通俗易記，為廣大社會各階層人士所常引用，然而就科學立場，電子計算機應稱為電子資料處理系統 (Electronic data processing system)，簡稱 EDPS，此系統可定義為一「能接受資料之裝置，能使用內部儲存之指令 (Instruction) 或程式計劃 (Program) 處理資料，產生所欲知資料或結果者」；電子計算機之處理可包含數學計算及邏輯運用，數學計算係指加、減、乘、除、開方、乘冪及各種函數之計算等，而邏輯計算則指比較、選擇、合併、配合及作合理之決定。

1-2 計算機簡史

計算機之發展起源，應追溯至公元前三千年前，那時我國已使用算盤，直至目前，算盤仍被廣泛使用，在某些問題之解答，算盤並不遜於計算機，算盤為世所公認之最早計算機模式。

在公元 1642 年，法國之一位數學家佩思卡 (Blaise Pascal)，造出了一部能做加減之桌上計算器；其後，德國之雷尼茲 (C. Leibniz) 利用佩思卡之觀念，在 1673 年，發明能作乘除之進位計算器 (Stepping

2 電子計算機概論與程式

calculator)；在1786年，繆勒(Muller)發明有記錄之加法器；到了十九世紀初期，英國劍橋大學之一位數學教授巴倍期(Charles Babbage)設計出一部可用於造複利表、對數表及三角函數表之差算計算機(Difference engine)；在1820年，法國一家保險公司之董事長湯姆士(Charles x. Thomas)，製造成功一機械式計算機；在1875年美國人鮑特溫(Frank Baldwin)發明能使用紙帶卷記錄答案的計算機；在1887年美國人費爾特(Dorr E. Felt)發明按鍵式多用計算機(Key-driven multiple-order calculating machine)，可作加減乘除之運算；翌年，美國何里斯(Herman Hollerith)發明打孔卡片(Punch card)，首先用於美國之戶口調查工作，奠定了發展電動計算機之基礎；在1939年，美國貝爾電話實驗所的威廉(Samuel Williams)成功造出了一部繼電器計算機，此為第一部電子計算機，也是第一部二進位機器；1944年，哈佛馬克一號(Harvard Mark I)問世；1946年，美國賓夕法尼亞洲立大學發展出ENIAC型電子計算機，用於彈道計算，此部計算機，體積龐大，內含真空管一萬八千只，選擇器一千五百支，及無數萬個電阻器、電容器及電感器，這可說是第一部真正科學用之電子計算機；自1950年後，計算機之製造，如雨後春筍，不勝枚舉，從公元1946年後，計算機之發展及演進，約可分為四個時代：

第一代：1958年以前之產生，由真空管組配而成，體積龐大，速度慢（以毫秒為計算單位），造價亦高，維護費用大，以磁帶(Magnetic tape)作為儲存資料之主要媒介。

第二代：自1958年至1964年之產品，以電晶體代替真空管組成，體積大為減小，速度增快（以微秒為計算單位），造價降低，以磁帶、磁碟為儲存資料之主要媒介。

第三代：自1964年至1967年，採用混拼電路(Hybrid circuit)或由半導體材料製成之積體電路(Integrated circuit)所組成，使電路操作速度大為提高，而以奈秒(Nanosecond, 10^{-9} 秒)為計算單位。體積小，造價比第二代為低，工作穩定，有多種之輸入與輸出裝置，美國惠普(H.P.)公司，即在本代(1966年)參加電子計算機之市場角逐。

第三代半：自 1968 年起，改用大型積體電路（L.S.I），速度更快，體積更小，與第三代無明顯界限。

1-3 計算機之種類

電子計算機之基本類型有二，即類比計算機（Analog computer）及數位計算機（Digital computer），類比計算機是用電路元件表示物理狀態，以電流或電壓衡量計算數之大小，或以曲線圖形顯示計算結果，其精確度較差，但可得連續性之結果，類比計算機常用於科學方面，如解微分方程式或用於自動控制系統，甚具效率；數位計算機則以數值計算，精確度高，能依設定之邏輯儲存資料、比較及自動運算，可獲得明確但非連續性之結果，用途廣泛，本書所論指數位計算機而言。

除以上所述之兩種基本型式外，尚有混合式計算機（Hybrid computer），係類比計算機與數位計算機之組合，具有二者之雙重性能，主要用於科學發展。

計算機就適用範圍可分為三類，第一，為商業性使用，如商業售貨、薪工發放、存貨管制、利息計算及預算管制等；第二，為科學性使用，如人造衛星、月球登陸、原子試爆及氣象探測等；第三，為戰術性使用，如作戰管制、砲火指揮及戰鬥勤務支援等。

若就計算機之使用彈性可分為一般性用途（General purpose）及特殊性用途（Special purpose），前者為多目標電腦，可適合多種任務，無一定計算範圍；後者為單目標電腦，為某種特殊用途而設計，如使用於飛彈導向系統等。

1-4 計算機之特性

吾人欲對計算機加以評價，可從瞭解其特性着手，計算機之特性有三：

一、速度快，一部稍大之計算機，能在數分鐘內完成用人工需要數年之工作。

二、驚人之記憶，計算機可瞬時從記憶之儲存找回所需之數據或指令，從不遺忘，亦不減少其精確度。

三、自動處理，只要計算機一旦接到指令或數據，即可自動執行，無需他助，計算機能接受外來的資料而予以記憶儲存，並能與原有儲存資料

4 電子計算機概論與程式

共同處理，且有對外輸出資訊之功能，故在計劃讀入計算機後，計劃者即可離開計算機區域，處理其他工作。

計算機可說是一個極能幹、勤快但却無知之僕人，它能不厭其煩固執地執行主人（人類）所交付之任務，雖無人類所具有之靈性與創意，但却能一步一步地模擬，故其主要能力在於處理繁複之計算問題及重複性之問題。

1—5 計算機之用途

計算機之發展，加速了人類科學與文明之進步，與人類生活息息相關，由物質之影響進入了精神之影響，其能力可處理人類智力與精力之工作，且其疲勞因素小，速度快，可靠性及精確度高，故其用途廣泛，日益擴展，從自然科學、人文科學至社會科學，均所涵蓋，無論軍、政、農、林、工、礦、商、學、醫，無不可加以運用，今僅就應用性質之不同，簡略分類如下：

一、商業性及一般處理方面：可用於預算、會計、統計、薪餉發放、戶口調查、選舉計票、生產配當、廣告分析、檔案管理、存貨管制、人事管理、數據管理、生產配當、品質管制、電話管制、交通管制、工廠機器管制、旅館管理、圖書管理、股票分析、市場分析、考試閱卷、文字翻譯、銀行管理、利息計算及保險計算……等。

二、科學工程方面：可用於各種工程分析、油量分析、熱力分析、原子塵分析、橋樑設計、房屋設計、原子反應器、方位計算、太空及航空設計與導航、數值分析、各種方程式求解、氣象預報、情況模擬、檢覆與決策、語言翻譯、人工智慧（Artificial intelligence）、圖型識別（Pattern recognition）等。

三、國防軍事方面：可用於彈道研究、火箭設計、雷達及測量系統、軍事指揮管制、戰況推演、情報研判、乃至於通訊、後勤、人事、生產及主計各方面。

以上所述之用途，僅列舉其大端，其他方面，計算機尚可作為教學、音樂、下棋、選情預測、婚姻介紹、考試閱卷等多方面用途、不先一一贅述。

1—6 計算機處理問題之方式

計算機可重複動作逐批完成處理的工作，亦可各別完成，多人亦可同時使用一部計算機，故其工作方式可分為下列四類：

一、共時 (Time-sharing) 方式：由二個以上之使用者，在不同之傳送地點，共同使用一部計算機，而有自己獨用之感覺，稱為共時系統 (Time-sharing system)，此種運用方式，為晚近所發展，可節省使用者等候時間及使用成本，並可令使用者與機器間及使用者相互間直接連繫與傳遞消息。

二、整批處理 (Batch processing)：將資料累積一段時間後，然後一次加以處理，此種處理方式，效率甚高，但對後批之處理將有時間之落後。

三、即時處理 (Realtime processing)：每當資料輸入，立即加以處理，不需要等待與累積，一般用於必須立刻得到響應之系統中，例如用於防空系統之計算機，從雷達輸入之情報必須立刻加以計算，決定對策，以免喪失先機。

四、多元處理 (Multiprocessing)：一個計算機在同一時間執行兩個以上之程式計劃，計算與輸出入可同時進行。

1—7 計算機之軟體、硬體、韌體與膚體

計算機之硬體 (Hardware) 係指計算機之各機件及電路本身而言，包括各附屬裝置，亦即屬於物質方面之所有設備。硬體之優劣可決定機器之大小，動作之快慢，儲存量之大小及信賴度等；軟體 (Software) 係指計算機之作業程序 (Operating procedure) 及使用之程式計劃 (Program) 而言，可分為系統軟體 (System software) 和應用軟體 (Application software)，前者指作業系統 (Operating system) 及所有語言之編譯程式，後者則泛指用於某一問題之程式而言；韌體 (Firmware) 則介乎軟體與硬體之間，以硬體來完成軟體之工作，具有高效率及準確性，如以積體電路製成之唯讀記憶 (Read-only memory，簡寫為ROM) 即屬之。至於膚體 (Skinware) 則指系統內之所有工作人員，包括管理督導、系統分析設計、程式計劃、操作及

6 電子計算機概論與程式

保養維護之人員等。

軟體之發展不在產生新之軟體，而是使目前使用之軟體更具實用，使與軟體有關之硬體使用趨向於標準化與簡單化，而硬體之發展趨勢則以完成傳統軟體之作用為基本；使用者可依使用之目的在計算機有規律之指令目標內添加新的指令；程式計劃之各種語言趨向標準化，簡單易學，而不同廠家之機器，可使用相同之語言。

1-8 計算機之基本構造及作用原理

在研究實際程式之前，對計算機構造之大略體認將有所裨益，尤其是輸入與輸出裝置，我們必須藉助它們與計算機互通訊息，一般而言，計算機系統可分為：(1)輸入單元 (Input unit)，(2)輸出單元 (Output unit)，(3)算術單元 (Arithmetic unit)，(4)記憶單元 (Memory unit) 及(5)控制單元 (Control unit) 等五大單元，其相互關係如圖 1-1 所示，其中算術單元與控制單元又合稱為中央處理單元 (Central processing unit)，簡稱 C.P.U。

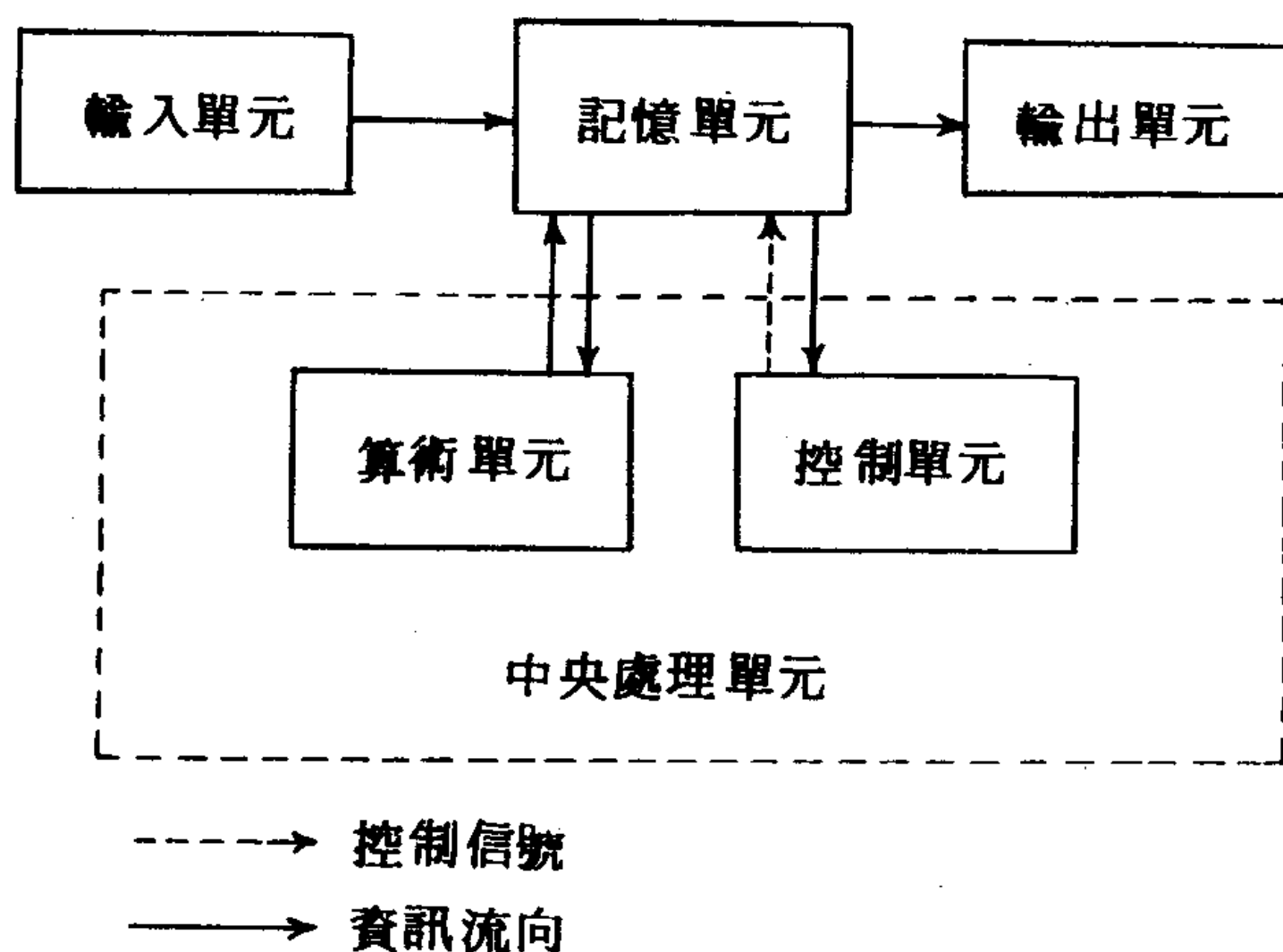


圖 1-1 計算機之方塊圖

(1) 輸入單元

將程式或數據 (Data) 資料藉卡片、紙帶、磁碟、磁帶或控制台上之鍵盤等輸入計算機，常用之輸入裝置有以下各項：

- (i) 讀卡機 (Card reader)
- (ii) 讀紙帶機 (Paper tape reader)
- (iii) 電傳打字機 (Teleprinter)
- (iv) 磁帶 (Magnetic tape) 及磁碟 (Disk)
- (v) 光學讀卡機 (Optical mark sense card reader)

(2) 輸出單元

將程式、資料或計算機算出之結果依使用者之意願以卡片、報表紙、磁帶、磁碟或紙帶等送出，常用之輸出裝置有：

- (i) 行印機 (Line printer)
- (ii) 電傳打字機
- (iii) 打卡機 (Card punch)
- (iv) 紙帶打孔機 (Paper tape punch)
- (v) 磁帶及磁碟
- (vi) 展示器 (Display unit)
- (vii) 繪圖機 (Plotter)

輸出裝置常強調速度，由於計算機產生資料之速度遠比行印機速度快得多，導致線外 (Off line) 印出系統之廣泛應用，即計算機先把結果寫在磁帶上，稍後需要時行印機再印出磁帶上之結果。

(3) 算術單元

執行計算機之算術及邏輯操作，諸如加算、減算、乘算、除算、比較和邏輯判斷等運算，亦可幫助控制單位作決策 (Make decision)。

算術單元通常為計算機動作最快速之部份。

(4) 記憶單元

用以儲存程式或數據資料及指令。

記憶單元可分為主記憶 (Main memory) 及輔助記憶 (Auxilliary memory) 兩部份，主記憶通常是磁芯 (Core) 或積體電路機件，可和計算機直接相通，可以相當之高速度讀出或寫入，其儲存單位成本甚高；輔助記憶又稱後盾記憶 (Backup memory)，通常為磁帶或磁碟，儲存容量大，儲存單位成本較低。主記憶中，每一個磁芯可儲存一個二進制數元 (Binary bit)，或簡稱數元 (Bit)，記憶之單位一般稱之為語句 (Word)，一個Word包括若干Bit (常為4Bit之倍數)，

8 電子計算機概論與程式

依計算機之大小而定，在小型計算機通常一個Word包含16個Bit，而大型計算機則以一個Word包含32個Bit為最普遍，每一個記憶單位均有其各別之位址（Address）號碼，以供識別；在執行指令過程中，計算機可從任何位址中取得資料，或將資料存入某一位址中。

記憶單位之位址號碼通常由0開始，依順序加1，至記憶單位之最後語句為止，計算機之記憶容量常以4K為單位，1K之記憶相當於 $10^{10} = 1024$ 個語句，故一有16K記憶之計算機有 $1024 \times 16 = 16384$ 個語句，其位址號碼分別為由00000連續編至16383；一有32K記憶之計算機則有 $1024 \times 32 = 32768$ 個語句，位置編號由00000連續編至32767。

(5) 控制單元

控制單元為計算機之心臟，它控制計算機每一部份之動作，它解釋指令，督導前述各單位之動作，控制了整個程式之進行，提供了將一系列之運算便成結果之能力。

以上五大單位之聯合動作過程簡述如下（參考圖1-1）：

首先由輸入單元將程式計劃輸入記憶單元中儲存，控制單元從記憶單元取出控制之指令，發出信號控制記憶單元及算術單元，算術單元則依控制單元之指示自記憶單元中取出資料並加運算，同時將運算結果送至記憶單元儲存，直至控制單元自記憶單元得到輸出之指令時，控制單元即發出信號，將儲存於記憶單元中之結果自輸出單元中印出。在上述之一系列運算中，記憶單元及中央處理單元之動作極快，大部份之時間均消耗在輸入單元及輸出單元之動作中，此乃輸入及輸出單元屬於機械之動作，速度有限，而記憶單元及中央處理單元則屬於電磁動作，故動作快速。

1-9 程式語言

欲運用計算機，必須先學會計算機語言（Language），才能與計算機溝通，使計算機瞭解使用者之意願，而遵照指示去做；一般而言，各種不同廠牌之計算機均有其各自語言，可直接使計算機工作，此種語言由設計計算機之工程人員所創設，因其屬於機器之最基本語言，故稱為機器語言（Machine language）。機器語言包含許多不同指令（Instruction），每一指令可指示計算機從事某一動作或運算；因機器語言為二進制形式，不易記，不易寫，錯了也不易改，又隨機器而異，使用不便；故又發展出了其他較為方便之語言，以人類容易辨識和表達的文字或數式表達，諸如：(1)組合語言（Assembly language）；(2)通用商業語言（

COBOL, Common Business Oriented Language) ; (3) 奧高語言 (ALGOL, Algorithmic Oriented Language) ; (4) PL/1 (Programming Language/1) ; (5) 報表編製程式 (R.P.G., Report Program Generator) ; (6) 便習 (BASIC, Beginner's ALL-purpose Symbolic Instruction Code) ; (7) 互傳語言 (FORTRAN, FORMula TRANslation) 等, 其中組合語言與機器語言較為接近, 其每一敘述 (Statement), 即相當於一個指令, 可直接轉換為機器語言; 通用商用語言, 則用簡單之英文寫成, 只要學過英語, 即可瞭解, 對大量之檔案處理甚為方便, 故特別適用於商業社會及軍事後勤之需要; 奧高語言為歐洲國家發展使用之一種作業公式化語言, 適用於科學工程; 互傳語言亦適於科學和工程計算, 解決有關數值計算之問題; PL/1 則為互傳語言與通用商用語言之綜合體, 為一新發展語言, 可適用於科學及商業用途, 至於便習語言則適用於共時系統, 其結構與互傳語言甚為相似; 以上各種語言, 各有其優點與劣點, 各有其特別適用之領域, 故有針對某一問題而創造之語言, 而導致所謂問題適用語言 (Problem-oriented language), 本書之主要重點在介紹互傳語言, 因便習語言甚接近互傳語言, 故在互傳語言結束之後, 對便習語言也將做一較簡單之介紹。

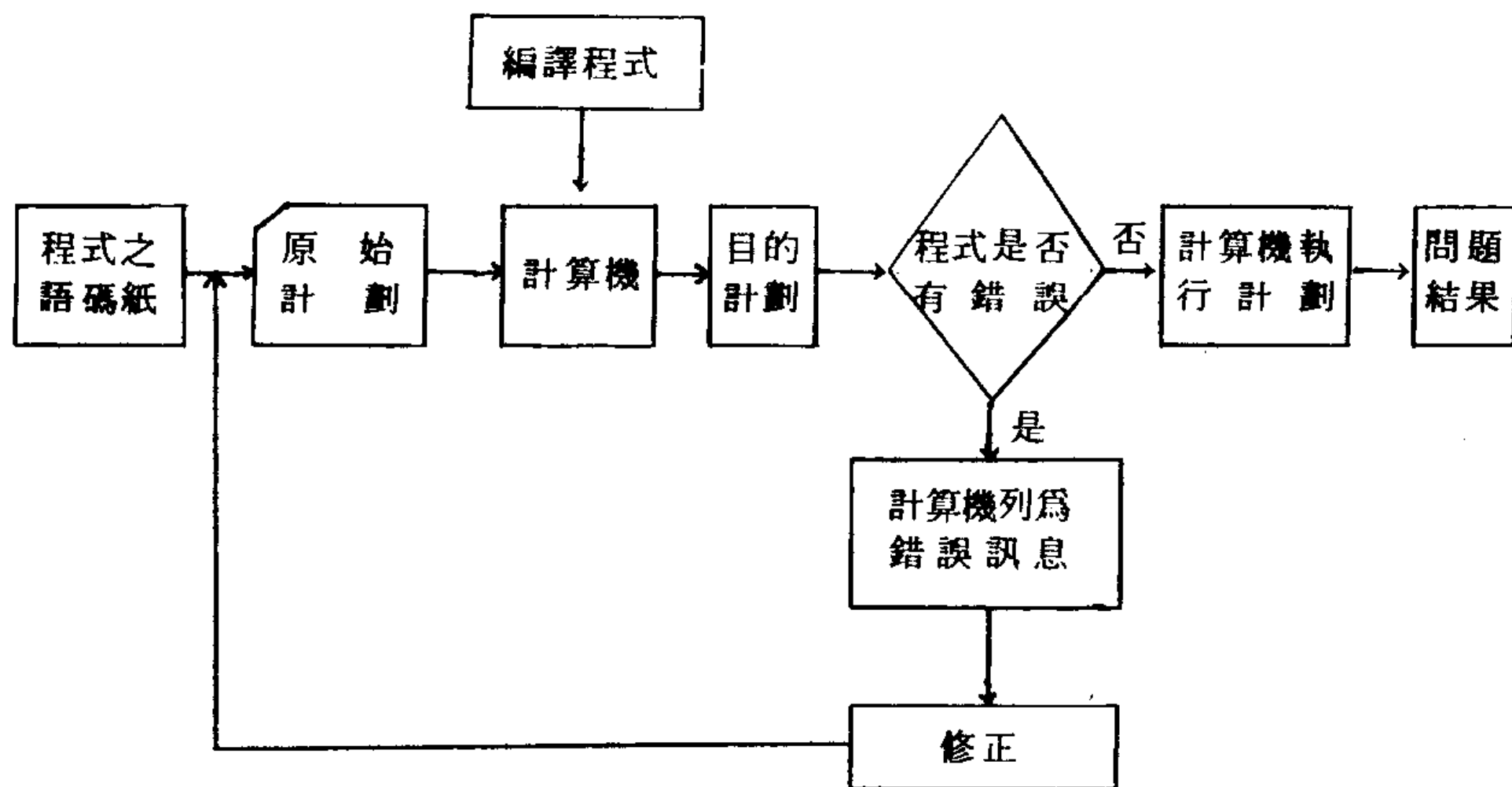
因計算機僅認識機器語言, 故由各種語所設計出之程式, 必須先翻譯成機器所能辨識之機器語言, 計算機才能按照程式之指示去完成交付任務, 故計算機必須備有此種完成翻譯工作之程式, 稱為編譯程式 (Compiler), 每種語言均有其各別之編譯程式, 如互傳編譯程式 (FORTRAN compiler)。

程式語言若依學習之難易可分為低階語言 (Low-level language) 及高階語言 (High-level language), 低階語言接近機器語言, 高階語言則易懂易學, 易為人類所接受, 前述之各種語言, 除機器語言本身及組合語言外, 其餘均屬高階語言。

1-10 程式計劃之執行

首先吾人依使用語言之規則將資料處理之步驟及資料內容寫成程式計劃, 此種計劃須打在卡片上或紙帶上, 稱為原始計劃 (Source program

），次將原始計劃經由輸入裝置輸入計算機，計算機即將原始計劃根據編譯程式將其譯成機械語言，稱為目的計劃（Object program），計算機將檢查此目的計劃是否有不合規則之處，若無，則可依計劃指示立即執行或留待將來需要時再執行，若有錯誤則將輸出錯誤訊息（Error message），計劃者則根據計算機之指示加以修正，再將修正後之原始計劃送入計算機執行，重複此種過程，直至達到正確之結果為止，以上之過程可用流程圖（Flowchart）表示如下：



1-11 使用計算機求解之步驟

欲利用計算機解答問題，主要在如何寫成程式，通常依下列步驟進行

1 首要之工作為研究此問題能否能直接使用互傳語言讓計算機操作，或者將問題改成另一種方式使計算機可以操作，例如積分之計算，可用積分式子改用級數或分多段用加法求其近似值行之。

2 分析問題，研究解答問題之步驟，通常將各步驟先繪成流程圖（Flow chart），可幫助對計劃之瞭解及避免漏失某些步驟，通常在分析問題時包括下列各部份：

- (1)輸入及輸出作業。
- (2)使用變數或常數，其初值為何？
- (3)如何計算？
- (4)步驟決定。

(5)數值以及非數值上之比較。

(6)利用流程圖說明輸入輸出、運算過程、決定步驟、分歧(branch)、開始及結尾。

3. 計劃過程中，可加上註解，便於日後及他人容易瞭解計劃內容。

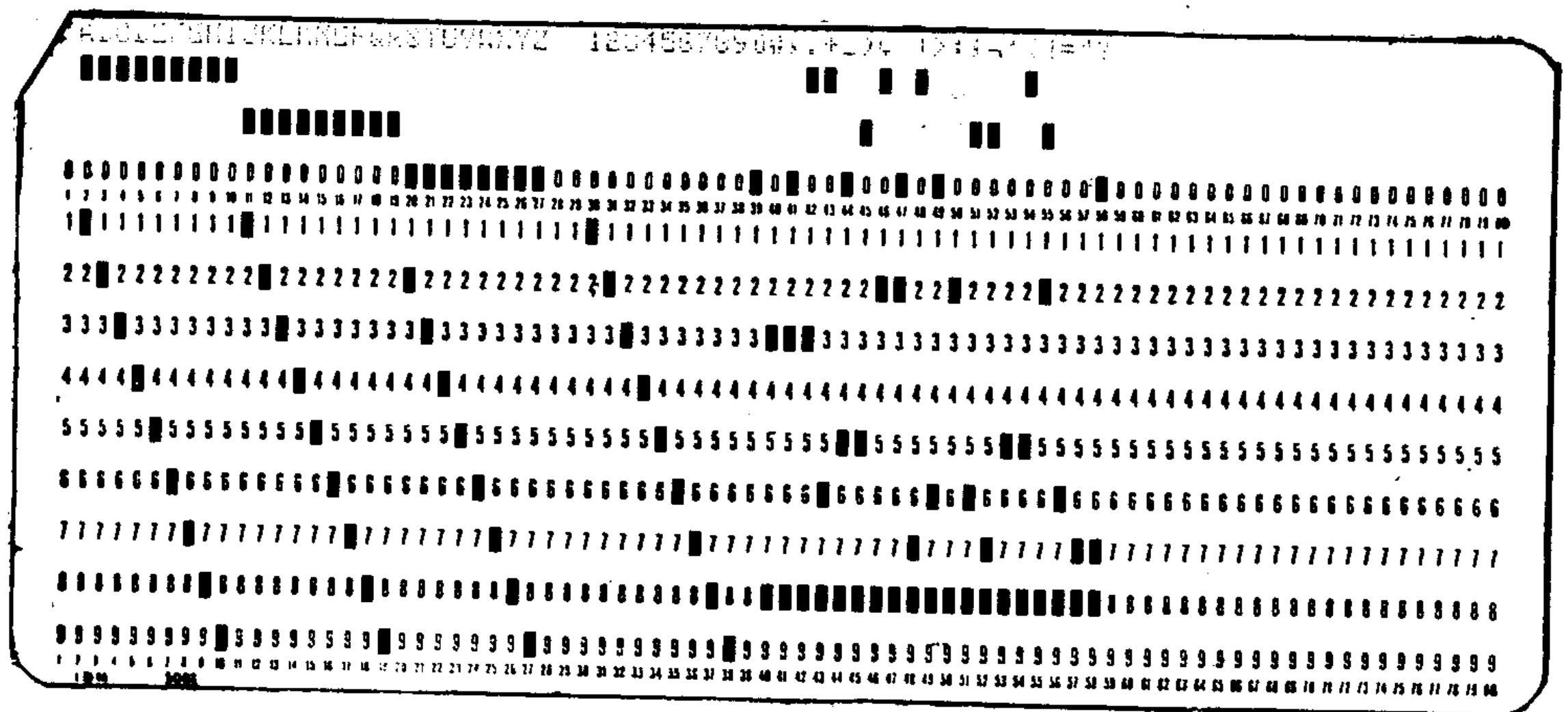
4. 計劃完成後，將其打成卡片或資料送入計算機，檢查是否有錯誤，有錯誤即更正，更正後再送入計算機執行，直至獲得正確之結果為止。

1-12 計算機之主要輸入及輸出媒介

1. 卡片

最常用之輸入媒介為卡片，如圖 1-2 所示，稱為赫氏 (Hollerith) 卡，係為紀念 Dr. Herman Hollerith 而命名，卡片可用於資料之輸入，亦可用於輸出資料打在卡片上。

赫氏卡片寬 $3\frac{1}{4}$ 吋，長 $7\frac{3}{4}$ 吋，有 80 欄 (column)，每一欄可打上一個符號，包括字母、數字及若干特殊符號，每一欄印有十個數字列 (Row)，分別標上 0 至 9 之數字，在數字列 0 之上面尚有二列之位置，分別稱為 11 列及 12 列 (卡片上未標明)，12 列、11 列及 0 列稱為區域列 (Zone row)，0 至 9 列稱為數字列 (Digit row)，若僅在各欄之數字位置打上一孔即代表數字，在區域列及數字列上各打一孔則相



■ 1-2 赫氏卡片