

電子計算機之基本原理及其在氣象上之應用

吳宗堯

Basic Concept of Electronic Computer and its Application in Meteorological Field

一、前言

電子計算機之正式名稱爲“高速電子計算機”(High Speed Electronic Computer)，簡稱計算機或電腦(Computer)。同時，因計算機具有類似人類頭腦之能力，能解答問題，作邏輯與數學上之運用，故又有“電腦”之稱。電腦之記憶能力雖強，且思算敏捷，判斷準確而客觀，惟終不若人腦所具有之無窮無盡之思考推理及記憶之能力。

1944年哈佛大學 MARK 1 型電子計算機問世後，人類才真正進入電腦時代。二次世界大戰後，電子計算機之發展驚人，有一日千里之勢，無論在體積，儲量以及運算速度上均有驚人進步，過去窮年累月竭盡人力所不能解決之問題，今日舉手之間即可獲得答案。今日科學之進步與發展，以及近年來人類在太空方面之成就，實不得不歸功於電子計算機之貢獻。

各國對電子計算機之研究發展與製造，均不遺餘力，目前以美國數量最多，日本次之，其餘英德法蘇等亦均有之。電子計算機因使用目的及對象不同而種類繁多，各有其特性及特殊用途，諸如軍事上用於防空之計算機，一切雷達情報之識別判別以及飛機之發射與攔截，均可由電子計算機操縱控制之，其他各商業工廠中整個生產程序，可由商用之計算機負責管理。一般言之，電子計算機在使用目的上可分爲商業性及科學性二大類，前者用之於會計賬目，生產程序，盤存以及人事資料等等；後者則用於設計，校驗，試驗以及模擬(Simulation)等等。

二、電子計算機之程式

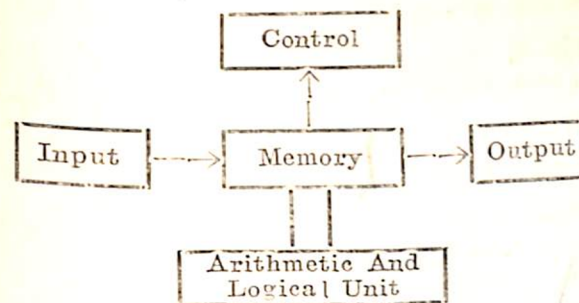
電子計算機有二種基本程式：數字式計算機(Digital Computer)與模擬式計算機(Analog Computer)。此二種程式之基本上不同點，乃前者用於不連續性之情況，後者用於連續性之情況。模擬式係利用電路表數字方程式而進行計算之一

種計算器，其最大用途爲解決微積分，尤其是微分方程方面問題，凡以微分方程表之物理系統，可藉比擬引計算機求其結果，並可精確地瞭解實際系統在不同情況下之工作情形，此種連續性之工作程序，吾人謂之「模擬運算」，譬如飛機之雷達指揮儀即屬於比擬式之計算機，蓋飛機在空中活動是一種連續性情況，飛機之位置可以 XYh 座標系表示之，計算機根據 XYh 三變數可算出其航跡，此等計算機由於其構造多爲特殊問題而設計，以致在資料處理上用途不廣。數字式計算機係以數字代替比擬式計算機中以直流電壓表示問題之變數，譬如 $f(x) = 2x^3 + 3x^2 + 4x + 5$ 中， x 變數可令其爲任何數如 1, 2 或 0.1, 0.2 等等，此等數字與數字間並非爲一種連續之情況；數字式計算機另一特點爲採用一種“二進制”之數系，即任何變數均用“0”與“1”之組合表示之，數字式計算機採用二進制之原因，乃是電子脈波與交換電路之關係，例如閉路情況或電壓消失表示“1”，開路或產生電壓表示“0”，換言之，亦即代表“有”或“無”之意義，此二種符號在電子計算機中稱爲“比提數”(Bits-Binary Digits)，計算機一旦獲得適當之資料後，立即利用二進位語言進行其一切算術計算及邏輯操作。比擬式與數字式兩種計算機各有其優缺點，比擬式計算機可極迅速解決繁複多變之問題，但不夠精確且應用不廣；數字式計算機運算精確應用廣泛，但運算速度不及比擬式。因此，又有複合式計算機之產生，取二者之長而成，成爲一種應用最廣泛之電子計算機，可解決比擬式或數字式計算機單獨所不能解決之問題，使各種繁複之數學問題得以迎刃而解。複合電子計算機已能達成之用途有(1)太空航行器導引與控制之運算，(2)複雜化學程序之運算，(3)生物系統之研究，(4)最佳複變數系統之解答。

三、電子計算機之主要構造與性能

應用廣泛之數字式計算機，其主要結構有五大部份：(1)存儲位單(Memory)(2)控制機構(Control)

(3)算術與邏輯單位(Arithmetic and Logical Unit)(4)輸入(Input)(5)輸出(Output)。電子計算機之整個系統(System)如附圖(一)。



圖一 電子計算機系統圖

(1)存儲單位用於存儲各種符號指令以及所需之資料。

(2)控制機構負責控制電子計算機內部各種操作次序，使各部門能按一定程序執行各種符號指令。

(3)算術與邏輯單位用於算術上加減乘除之運算以及鑑定正負值或零值等。

(4)輸入用於存入計劃以及所需之資料，由打孔卡片，錄音膠帶或磁性錄音帶提供之。

(5)輸出用於放出演算或操作結果。目前電子計算機銷路最廣性能最優之廠商計有 IBM (International Business Machine Corporation) 及 CDC (Control Data Corporation) 二家，IBM 公司所製造之各型電子計算機中有 IBM 1401, 1620, 7040, 7090, 及 7094 等等，CD 公司所製造之各型電子計算機有 CDC 1604, 3300, 3600, 及 6600 等等，IBM 公司中目前以 IBM 7094 型別最新，性能最優，其價值爲四百萬美元，該計算機記憶部份可儲藏 32,768 複體字，機器轉速爲每秒二百萬次，每秒可作廿五萬次算術上之動作。CD 公司目前以 CDC 6600 型別最新，性能較 IBM 7094 更佳，CDC 6600 型爲一種多元執行系統 (Multiple Processing System)，即十個計劃 (Program) 可以同時處理執行，其存儲單位容量亦較 IBM 7094 型大，計算速度則快五至十倍。

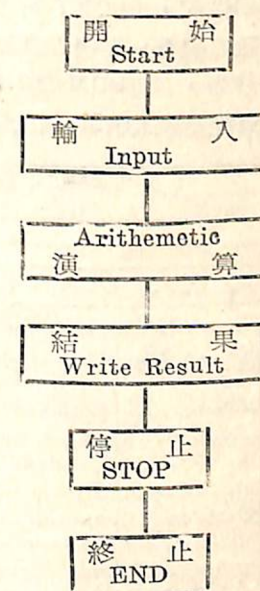
四、電子計算機之計劃 (Program)

電子計算機之計劃，其目的在使計算機能按一定程序而執行指定之演算或操作工作，因此，此種計劃乃是溝通人類與計算機間之主要橋樑。各種電子計算機在製造時，各有其特殊之機器語言 (

Machine Language)，猶如人類有各種語言，欲使電子計算機依照吾人指令 (Instruction) 而執行工作，吾人首先須瞭解機器語言，發出能爲計算機接受之指令，然後，由計算機中之翻譯機 (Compiler) 自行譯成其本身語言而執行 (Execute) 指令，吾人所發出之指令稱爲「原始計劃」(Source Program)，譯成機器語言後之計劃稱爲「目的計劃」(Object Program)，由「原始計劃」譯成「目的計劃」之工作，稱爲「編譯」(Compilation)。

數字式電子計算機語言 (Digital Language) 計有 Algol, Fortran, Cobol, Compass 等等數種，目前最適用之一種機器語言爲 Fortran (即 Formula Translating System 之簡稱)。IBM 公司以及 CD 公司各種大小型之計算機均可接受 Fortran。

計劃之撰寫 (Programming) 爲電子計算機應用過程中最重要之階段。在撰寫計劃前，應先設計一「步驟圖」(Flow Chart)，如圖二：



圖二：步驟圖

「步驟圖」完成後，根據各種機器語言，撰寫計劃，若以 Fortran 爲例，則依 Fortran 之各種規定格式撰寫 Fortran 計劃，Fortran 中有各種極嚴格之規定，即使一逗點「，」一句點「。」或一空格，均不容許有些微混淆錯誤，否則計算機即拒絕工作，因此，在機器語言中即使「。」「，」等符號均有其特殊意義，例如，在算術運算計劃中，常以「*」表示乘號，以「**」表示指數，亦

必亦將由電子計算機取代之，自可斷言。此種氣象觀測系統一旦建立完成，將為氣象史上劃時代之創舉。

(3)天氣預報——在天氣預報部份又可分為三部
(a)資料之彙集，(b)繪圖分析，(c)預報。

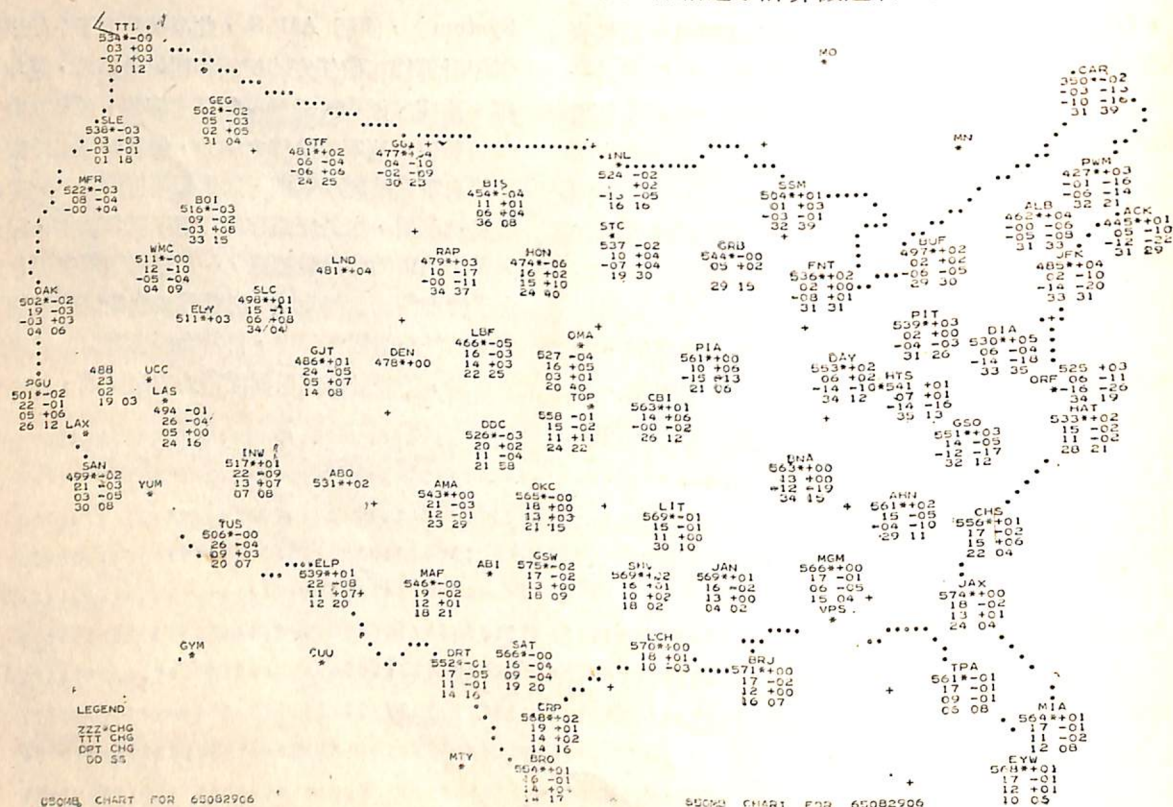
(a)資料蒐集與編審，近年來世界各地地面海上氣象報告，高空探測報告，飛機報告，雷達報告等其數量正在劇增中，舊有之通信設備及方法與人力編審已無法應付此種任務，目前世界各國已開始啓用一種通信用之電子計算機，負責氣象電碼之接收、存儲、歸類、整理、轉播以及譯佈等工作，非但在編審上節省時間人力，且更能精確檢查各類氣象報告之內容，此實非今日利用人力編審可望其項背。

(b)填圖分析——電子計算機在氣象上之最大應用，乃以理論與經驗令電子計算機具備製作天氣圖及預測圖之能力，至於填圖一項工作一般電子計算機均可擔任之，諸如填入各測站之高度數值溫度露點以及各該值之廿四小時變差值等等，圖五係由電子計算機填製之高空圖，在填圖工作中除主電子計算機外，另應裝備“多元資料通信器”(Multi-

Data-Communicator) 俾自動負責處理輸入輸出之資料。

至於繪圖工作，除上述機件外，另需增加“自動繪圖器”(Automatic Curve Plotter)，無論天氣分析圖或預測圖，從資料之輸入計算機後，再送入“自動繪圖器”始可自動繪出天氣圖，雖然此項工作目前仍在試驗階段，然已接近實用階段，目前機器繪之圖表，已可與一熟練之氣象官所繪之圖表一較長短。

(3)預測圖之製作，以電子計算機所作之預測圖及預報應屬於動力天氣預報 (Dynamic Weather Forecast)，或稱數值預報 (Numerical Forecast)，應用動力氣象方程為理論基礎，使氣象方程儘量簡化且仍接近大氣之真實變化情況，而又能為計算機能力可解決者，根據此等方程擬定計劃，事先貯入電子計算機中，然後，將當時實際氣象資料輸入，令電子計算機執行演算工作，此項工作，過去在電子計算機未問世前，無論氣象方程如何簡化，其計算工作若以人力擔任則需以年月計始可完成，因此，以往氣象理論難配合實際預報工作，今日，此項工作藉電子計算機之利，僅需數分鐘即可完成



圖五、電子計算機填製之 850 高空圖

(下接第22頁)