

電子計算機程式語言

陳雲潮 · 陳繩籌

IBM 1130 FORTRAN IV

大中國圖書公司印行

電子計算機程式語言

IBM 1130 FORTRAN IV (修訂版)

陳雲潮·陳延壽 編著

大中國圖書公司印行

電子計算機程式語言

版權所有·翻印必究

編者：陳雲潮 陳繩 著

發行人：薛 瑜

出版者：大中國圖書公司

台北市重慶南路一段六十六號

電話：3111487 郵掛：2619號

新聞處登記證：局版台業字第0653號

基本定價 精裝六元
平裝四元五角

中華民國七十年八月修訂八版

編號：588

序

近年來電子計算機之應用日趨普遍，不論工程上的運用，以及商業上的資料處理，皆相繼採用。國內各大公私機關學校，以及企業機構，亦相繼設置電子計算機，並積極訓練使用人員。

對於計算機之使用，常先學習 FORTRAN 程式，因此各大專院校都將計算機程式列為必修或必選之課程。但是除了電機與電子本科學生外，大多數學習計算機程式的學者，對電子計算機因缺乏基本的觀念，以致對於程式之規則往往有格格不入之感，而且學了又不知如何應用與處理。編者有鑑於此，除了對電子計算機的基本原理、組成及操作予以深入淺出的敘述外，特參考 IBM 手冊，以及十多本有關書籍，並收集近 190 個大小例題附於本書各章節中，供學者參考，以增進瞭解與應用。

本書編排與敘述，為適合初學自修以及便於教學，分為六大部份：

第一部份：為第一章，介紹電子計算機之基本原理、組成及簡易操作方法。

第二部份：為第二章至第八章，介紹基本 FORTRAN IV 程式的寫法及其規則。每章皆附有實用例題，以助瞭解。

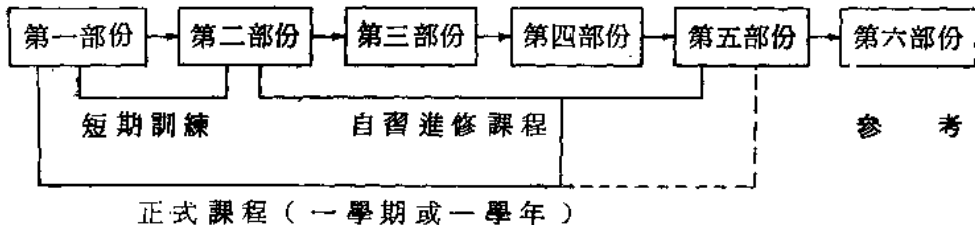
第三部份：為第十章，介紹 FORTRAN 程式之錯誤資訊及其改正方法。

第四部份：為第九章與第十一章，介紹 FORTRAN IV 之副程式的寫法，以及磁碟資料之儲存及輸出。

第五部份：為第十二章，介紹 IBM 1130 MONITOR 系統程式，及有關之控制記錄。

第六部份：為附錄，計有八個附錄，包括一些實用例題，打卡機使用方法，及電子計算機常用名詞解釋等。

為配合各科系教學之用，本書於各章節中附有各種不同的說明例題，計 190 題之多。至於教學課程之編排可參考下圖所示：



為短期訓練之用，可僅授第一、二部份，而以第六部份做為參考資料。若正式課程，

可從第一部份授至第四部份，而以第五、六部份做爲補充資料。若爲自習進修，則可從第二部份開始。本書除第十二章外，於各章後皆附有習題，學者可參考有關例題，自行習作程式。

本書之編著，多於公餘課畢之暇，歷時一年。雖經多次校訂，舛誤之處仍所難免，尚祈先進，賜予指正。

本書所有例題皆承計算機中心劉仲威先生等多位同仁協助製卡及處理，謹此致謝。

陳雲潮·陳繩籌

中華民國六十一年六月於台北工專

參考書籍

1. Introduction to IBM Data Processing Systems .
2. IBM 1130 System Summary: form GA 20-59 17-7 .
3. IBM 1130 Disk Monitor System: Version 2 .
4. Programming the IBM 1130 and 1800: Robert. K. Louden .
5. Programming the IBM 1130: J.K. Hughes .
6. FORTRAN IV Programming For Engineers And Scientists : Paul W. Murrill and Ceecil L. Smith .
7. FORTRAN IV Programming. Based on the IBM System 1130; Janison .
8. A FORTRAN IV PRIMER: EI. Organick .
9. A Guide to FORTRAN IV Programming: Daniel D. Mccracken .
10. Basic FORTRAN IV Programming: Self - Instructional Mannaal and Text . Jeremiah J. Healy .
11. IBM Scientific Subroutine Packages .
12. Elements of IBM 1130 Programming : Price .

電子計算機程式語言 FORTRAN IV

目 錄

序

第一章 IBM 電子計算機簡介

1.1 概 論	1
1.2 數字計算機的基本結構	2
1.3 IBM 1130 系統	3
1.4 計算機之硬體及軟體	13
1.5 資料處理簡介	17
1.6 機器運算流程簡介	18
1.7 結 論	19
習 題	19

第二章 FORTRAN IV (福傳四) 簡介

2.1 概 論	21
2.2 FORTRAN IV 之程式計劃簡例	21
2.3 程式流程圖	23
2.4 程式寫碼格式	23
2.5 FORTRAN 控制卡	25
2.6 FORTRAN 原始程式卡片組	27
2.7 IBM 1130 系統作業程序	30
2.8 1132 印字機印出結果	32
2.9 FORTRAN 程式的錯誤及其除錯	36
2.10 結 論	39
習 題	41

第三章 FORTRAN 算術指述及敘述

3.1 概 論	42
---------	----

3.2	IBM 1130 數字系統	42
3.3	FORTRAN 常數	48
3.4	FORTRAN 變數	53
3.5	FORTRAN 算術敘述式	57
3.6	FORTRAN 算術指述	63
3.7	結 論	65
	習 題	67

第四章 輸入及輸出指述

4.1	概 論	71
4.2	輸入指述	72
4.3	輸入指述與格式指述	74
4.4	輸出指述	85
4.5	輸出指述與輸出格式指述	86
4.6	文數資料之輸入與輸出	96
4.7	結 論	104
	習 題	110

第五章 控制指述

5.1	概 論	115
5.2	無條件 GO TO 指述	116
5.3	IF 指述	118
5.4	計值 GO TO 指述	135
5.5	PAUSE 、 STOP 、 CALL EXIT 、 END 指述	139
5.6	FORTRAN 機器和程式指示器之測試	141
5.7	結 論	150
	習 題	151

第六章 函 數

6.1	概 論	155
6.2	FORTRAN 庫存函數	155
6.3	型式指述	161
6.4	算術指述函數	166
6.5	結 論	170
	習 題	170

第七章 DO 指述

7.1 概 論	175
7.2 註標變數	175
7.3 因次指述	182
7.4 DO 指述	183
7.5 複合DO 迴路	192
7.6 一元因次數列之輸入及輸出	204
7.7 DATA 指述	215
7.8 結 論	220
習 題	221

第八章 二元因次及三元因次數列

8.1 概 論	225
8.2 二元因次及三元因次數列之輸入與輸出	226
8.3 矩 陣	234
8.4 結 論	250
習 題	255

第九章 副程式

9.1 概 論	261
9.2 函數副程式	262
9.3 次常式副程式	277
9.4 副程式之儲存	284
9.5 等值指述與共同指述	289
9.6 程式之分段與CALL LINK 指述	302
9.7 結 論	308
習 題	309

第十章 FORTRAN 之錯誤資訊及除錯

10.1 概 論	313
10.2 FORTRAN 編譯程式之錯誤偵測	314
10.3 FORTRAN 控制記錄之錯誤資訊	322
10.4 FORTRAN 輸入輸出錯誤資訊	324
10.5 程式編譯後錯誤之偵測	327

10.6 結 論.....	338
習 題.....	338

第十一章 磁碟之資料儲存與磁碟之輸入 / 輸出指述

11.1 概 論.....	343
11.2 磁碟之認識.....	343
11.3 RECORD 與 DATA FILE	346
11.4 DEFINE FILE 指述.....	349
11.5 FORTRAN 磁碟 I/O 指述.....	352
11.6 磁碟 FIND 指述	365
11.7 結 論.....	366
習 題.....	369

第十二章 IBM 1130 DISK MONITOR 系統

12.1 概 論.....	371
12.2 系統磁碟.....	372
12.3 SUPERVISOR、MONITOR 控制記錄.....	374
12.4 SUPERVISOR 控制記錄	378
12.5 磁碟使用程式 (DUP) 及 DUP 控制記錄.....	380
12.6 FORTRAN 編譯程式、FORTRAN 控制記錄	388
12.7 結 論.....	392

附 錄

附錄一：應用程式實例.....	395
附錄二：IBM 1130 FORTRAN 原始程式之字碼	429
附錄三：IBM 1130 FORTRAN 原始程式之指述	432
附錄四：DUP 與 MONITOR 控制記錄的資訊與錯誤編號	434
附錄五：IBM 1131 CPU 控制台工作開關及鍵盤	440
附錄六：IBM 029 型打卡機之使用方法	443
附錄七：IBM 1130 FORTRAN 程式常用名詞淺釋	446
附錄八：中英名詞對照表.....	459

例題索引

例 2-1	: 二次方程式之根簡易求法	21
例 2-2	: 學生學期成績之計算	36
例 3-3	: 體積與面積之計算	55
例 3-10	: 本息與複利之計算	66
例 3-11	: 任意三角形面積計算程式	67
例 4-51	: 學生成績表	105
例 4-52	: 平均數之計算與輸出排列	106
例 4-53	: 數字排列圖形 (I/O 指述之應用)	107
例 4-54	: 文字圖形之印出方法 (I/O 指述之應用)	109
例 5-2	: 直圓柱形體積及側面積之計算 (GO TO 指述)	117
例 5-6	: IF 指述簡例	120
例 5-7	: R, L, C 串聯電路之電流計算	121
例 5-8	: 直角三角形之判斷	123
例 5-9	: 圓柱設計	125
例 5-10	: 工廠產品之統計	126
例 5-11	: 任意數之順序排列	129
例 5-12	: Newton - Raphson 求解方程式之根	131
例 5-14	: 計值 GO TO 之應用	135
例 5-15	: 員工薪資之計算	137
例 5-16	: SENSE LIGHT 之應用	143
例 5-17	: SENSE LIGHT 之應用	145
例 5-18	: OVERFLOW 之偵測	147
例 6-5	: 求任意數之平方根	162
例 6-6	: 公司訂貨總量之計算	164
例 6-7	: $F(x) = \cos hx + \cos x - 3 = 0$ 之根的求法	165
例 6-11	: 算術指述函數之應用	169
例 7-3	: 以行列式求解聯立方程式	181
例 7-9	: DATA ENTRY SWITCH 之應用	186
例 7-10	: 減幅振盪器 (R, L, C, Damped Oscillation)	188
例 7-11	: 九九乘法表	196
例 7-12	: 數字順序排列法	197

例 7-13 : Simpson's 方法求函數之積分	201
例 7-14 : $\sum_{m=1}^{30} (x_m + y_m)^2$ 之計算方法	205
例 7-26 : 電視收視費之計算	209
例 7-27 : 最大值與最小值之求法	211
例 7-28 : 1 至 1000 之質數求法	213
例 7-37 : DATA 指述之應用	219
例 8-5 : 數列之運算	230
例 8-7 : 數列之運算	233
例 8-8 : 矩陣之運算	235
例 8-9 : 矩陣之運算	237
例 8-10 : 矩陣多項式之計算	240
例 8-11 : 矩陣之 Eigenvalue 與 Eigenvector	246
例 8-13 : 學生成績之運算	252
例 9-3 : 以主程式與副程式計算一元二次方程式之根的比值	268
例 9-4 : 任意數之階乘	271
例 9-5 : $\sin^{-1}(x)$ 之計算及應用	273
例 9-7 : 矩陣之相加	280
例 9-8 : 矩陣之相乘	282
例 9-9 : 副程式之 DELETE、STORE 及 EXTERNAL 指述之應用	286
例 9-10 : 招用副程式求解二次方程式	296
例 9-11 : 程式分段之應用	304
例 10-1 : FORTRAN 錯誤資訊 C01, C06, C43, C36, C46,	319
例 10-2 : FORTRAN 錯誤資訊 C35	321
例 10-3 : FORTRAN 控制記錄錯誤資訊	323
例 10-4 : F 008 錯誤資訊	326
例 10-6 : ARITHMETIC TRACE 之應用	330
例 10-7 : TRANSFER TRACE 之應用	331
例 10-8 : ARITHMETIC 與 TRANSFER TRACE 之應用	332
例 10-9 : CALL TSTAT 與 CALL TSTOP 之應用	334
例 10-10 : PDUMP Subroutine 之使用	337
例 11-13 : 數列單元之磁碟儲存 (DEFINE FILE)	357
例 11-14 : 數列之磁碟輸出、輸入	361
例 11-15 : 數列之儲存於磁碟之 RECORD 與 FILE 之應用	362
例 11-16 : 學生資料之儲存與尋找	366

附例 1 : 求多項式之實根及虛根.....	395
附例 2 : 求任意矩陣之反矩陣.....	399
附例 3 : 求任意數之階乘.....	406
附例 4 : 繪 圖.....	410
附例 5 : 統計圖表之繪製.....	412
附例 6 : 月曆之設計與計劃.....	416
附例 7 : 工程用數字資料之繪圖.....	419
附例 8 : 工程用 X-Y 應變繪圖程式.....	422
附例 9 : IBM CSMP 之繪圖程式	427

1

IBM 電子計算機簡介

1-1 概 論

電子計算機 (Electronic Computer) 一般簡稱為計算機 (Computer) 或電腦 (Electronic Brain)。其型式可分三類：第一類為類比計算機 (Analog Computer)，第二類為數字計算機 (Digital Computer)，第三類為綜合式計算機 (Hybrid Computer)。

類比計算機主要的應用在於物理現象的模擬。它通常以一微分方程式來表示某一物理現象，而以電壓及電流來類比一些物理量，然後再以一些電子零件，如積分器 (Integrator)、微分器 (Differentiator) 等等的運算放大器 (Operational Amplifier) 來模擬此方程式而求解之。

數字計算機以一些不連續的數字，代表某一些實質的量，而以各種不同的數字系統，配合一些電子電路及機械，依某一既定的程式計劃 (Program) 或邏輯順序 (Logic Sequential) 來計算問題。大體上來說，一般類比計算機的變數為一些連續的量，它的操作各單元組件皆可同時執行工作，因此求解速度相當地快，但是它的精確度較差，約 0.1 % 至 1 % 左右。而一般數字電子計算機的變數則為一些不連續的數值。它的精確度相當地高，但是因為這類計算機的各工作單元必須要依照一些特定的邏輯程式執行工作，計算速度遠為緩慢。基於這些特性，於是發展成一綜合式電子計算機 (Hybrid Computer)。

綜合式電子計算機 (Hybrid Computer)，即是混合數字計算機的精確度及類比計算機的速度所組成。這種計算機除了要具有數字計算機及類比計算機的系統外，另外必須具有一 A/D (Analog to Digital) 及 D/A (Digital to Analog) 互換器 (Converter)。

電子計算機自 1946 年由美國賓夕法尼亞州立大學製造問世以來，至今時間雖短，但它的發展非常迅速。在短短的幾年已有了三代的演變，並且現正發展第四代的電子計算機。這幾代的演進大致如下：

- 一、1958 年以前出品為第一代電子計算機。使用大量的真空管，記憶單位 (Memory Unit) 為磁鼓 (Magnetic Drum) 及速度低的磁芯 (Magnetic Core)，儲存容量有限。計算速度低，以 ms (千分之一秒) 為計算單位。電路操

作最快每秒為 30 萬次。

二、1958 年至 1964 年的產品為第二代電子計算機。使用電晶體 (Transistor)，其體積比第一代縮小一半以上。且其 CPU (中央處理單元) 的記憶速度可達到以 μs (百萬分之一秒) 為計算單位。記憶單元的儲存器容量可達 32 K 語句 (Words)。電路操作每秒可達約 100 萬次。

三、1964 年以後的產品，以微電子學 (Microelectronics) 為基礎，應用密集邏輯技術 SLT (Solid Logic Technology) 製造的積體電路 (Integrated Circuit) 所組成的計算機稱為第三代電子計算機。其電路操作速度提高至 ns (Nanosecond, 十億分之一秒) 為計算單位。其記憶速度最快者可達 $62.5 \mu s$ 以上。而其體積約為第一代的四十分之一大小左右。

四、1970 年以後電子計算機以 LSI (大規模積體電路) 組成的計算機是為第四代電子計算機，此計算機現正積極發展中。

1-2 數字計算機的基本結構

電子計算機基本結構如圖 1-1 所示，它主要包括三個單元：輸入單元 (Input Unit)、輸出單元 (Output Unit) 及中央處理單元 (CPU: Central Processing Unit)。

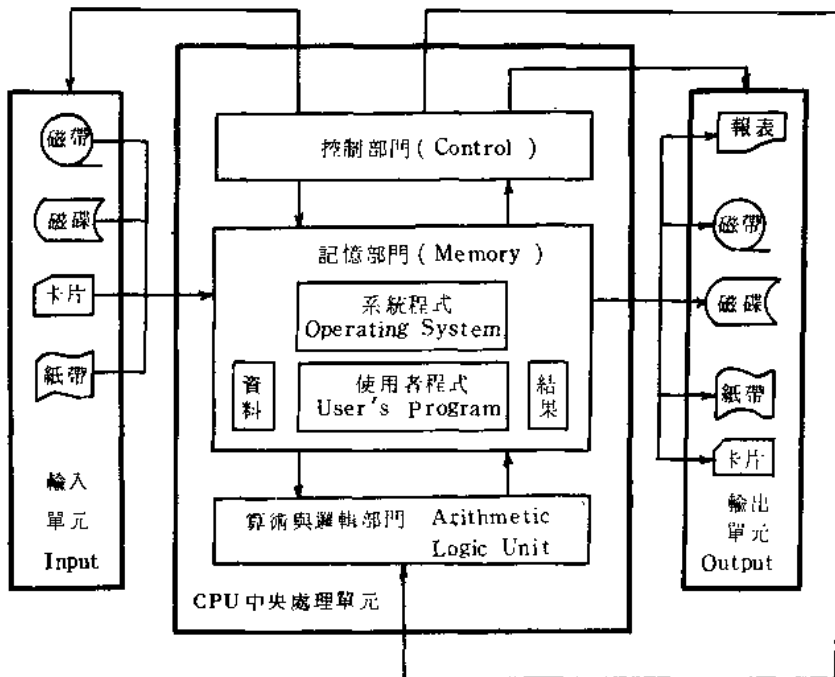


圖 1-1 電子計算機基本結構圖

中央處理單元又包括三個部門：(1)控制部門 (Control Unit)、(2)記憶部門 (Memory) 或儲存部門 (Storage) 及(3)算術與邏輯部門 (Arithmetic and Logic Unit)。

1. 計算機之控制部門或控制系統：指揮整個計算機的系統作業，亦即是計算機的一切工作皆受控制部門所指揮，而控制部門操作皆按一定的程序行之。
2. 計算機之記憶部門 (Memory) 又稱為儲存部門 (Storage)，為儲存資料 (Data)、訓令 (Instruction) 及程式 (Program) 的裝置。可分二部份：一為主儲存器 (Main Storage)，一般常稱為磁芯儲存器 (Core Storage)；另一為輔助儲存器 (Auxiliary Storage)，常用磁碟 (Disk)。計算機之大小，常以主儲存容量的大小而定。儲存容量一般以 K 表示。1 K 表示磁芯儲存器 (Core Storage) 可儲存 1024 個語句 (Words)。8 K 的儲存容量，即表示磁芯儲存器可存 $8 \times 1024 = 8192$ 個語句 (Words)。每一 " Word " 由 16 個 " bit " 組成，每一 " bit " 佔一個磁芯 (Core)。一般此主儲存單元可以再附屬加裝儲存器，以增加計算機的儲存容量。
3. 算術及邏輯部門 (Arithmetic and Logic Unit)：計算機之算術及邏輯部門乃計算機之心臟。其功用為計算加減、乘除、邏輯運算 (比較、選擇、合併及邏輯決定) 以及存 (Store)，取 (Fetch) 作用。通常此部門包括二部份，一為累積器 (Accumulator) 及紀錄器 (Register)。
4. 輸入單元 (Input Unit)：計算機將資料 (Data) 與指令 (Instruction) 輸進機器的裝置稱為輸入單元 (Input Unit)。通常這些資料或指令是經由磁帶 (Magnetic Tape)、磁碟 (Disk)、卡片 (Card)、紙帶 (Paper Tape)、或開關 (Switch) 及鍵盤 (Keyboard) 輸入，其中以卡片輸入最常用，因此計算機主要的輸入裝置必須包括一讀卡機 (Card Reader)。
5. 輸出單元 (Output Unit)：為計算機促使計算或處理的結果輸出的裝置。通常輸出的媒介為報表紙、磁帶、磁碟、卡片及紙帶。最常用的為報表紙，因此計算機最主要的輸出單元為印字機 (Printer)。

圖 1-1 所示為一個程式 (Program) 及資料由計算機控制部門指示，經磁帶機或讀卡機等輸入並經編譯儲存於記憶單元內。而後，依邏輯秩序進入控制部門，如需進行算術運算或邏輯運算，由控制部門指示記憶部門取出資料送入算術及邏輯部門，進行計算或決定，然後送回記憶部門，暫時儲存。若需將計算結果輸出，再由控制部門發出適當指令給記憶部門及指定的輸出機器。將暫存於記憶部門的計算結果輸出到報表紙、磁帶、磁碟或卡片等資料媒介體。

1-3 IBM 1130 系統

IBM 1130 計算機其設計主要應用於工程及科學方面，但乃可兼行商業上的資料

處理。此計算機操作簡單，只須經過一短期訓練即可應付。



圖 1-2 IBM 1131 中央處理單元 (CPU)，
1A, 1B, 2A 及 2B 型。



圖 1-3 IBM 1131 中央處理單元 (CPU)，
2C, 2D, 3B, 3C 及 3D 型。

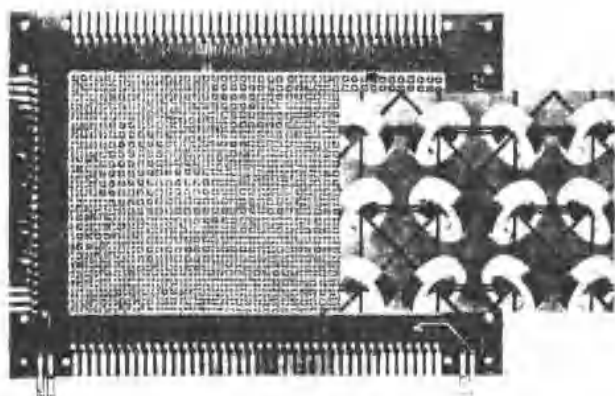


圖 1-4 磁芯記憶網

IBM 1130 計算機基本上與一般計算機一樣，包括中央處理單元 (CPU) 及輸入-輸出單元。茲將各單元的裝置特性及媒介體簡述如下。

一、IBM 1131 中央處理單元 (CPU) (IBM 1131 Central Processing Unit)

IBM 1130 主要系統為 1131 CPU 中央處理單元，如圖 1-2 及 1-3 所示。此單元像一個桌子一樣，桌上有一部電動打字機及鍵盤 (Typewriter and Keyboard)。此打字機即所謂 Console Typewriter，可作輸出之用，每秒可打 15.5 個符號文字。鍵盤 (Keyboard) 可用以輸入指令、資料或程式而不須要經卡片媒介。在電動打字機上方有一座指示燈號及開關，前方有一排資料傳輸開關 (Data Entry Switch)。在鍵盤 (Keyboard) 左方有一組燈號用以指示計算機工作情況。在鍵盤右方有一組電源開關及控制按鈕 (Button)。控制及操作指南將於下章論及。

IBM 1131 CPU 本身備有一主儲存器 (Main Storage) 以儲存資料及程式指令。此主儲存器為磁芯儲存器 (如圖 1-4 所示)。其容量視型式而定，由 4,096 (4K) 至 32,768 (32K) 語句 (Words)。

型式	A	B	C	D
1 型	4 k	8 k	-	-
2 型	4 k	8 k	16K	32K
3 型	-	8 k	16K	32K

A型、B型及C型原有容量不足使用可另附加裝磁芯儲存器以擴大主儲存器的容量。

IBM 1131 的 2 型、3 型之 CPU，除主儲存器外，本身右下方具有一個使用 IBM 2315 磁碟 (Disk) 的驅動器作為輔助儲存器。每片磁碟裝置盒 (Cartridge) 的儲存容量為 512,000 語句 (Words)。每秒鐘資料的傳送速度為 720,000bits (1 Word = 16 bits)。

二、IBM 1130 輸入—輸出單元

IBM 1130 輸入單元計有：

IBM 1442 讀卡打卡機 (IBM 1442 Card Read Punch)

IBM 2501 讀卡機 (IBM 2501 Card Reader)

IBM 1134 讀紙帶機 (IBM 1134 Paper Tape Reader)

這些裝置將藉紙帶、卡片等資料媒介，將資料輸入 1130 的 CPU 中。

IBM 1130 輸出單元計有：

IBM 1132 印字機 (IBM 1132 Printer)

IBM 1403 印字機 (IBM 1403 Printer)

IBM 1442 打卡機 (IBM 1442 Card Punch)

IBM 1442 讀卡打卡機 (IBM 1442 Card Read Punch)

IBM 1055 紙帶打孔機 (IBM 1055 Paper Tape Punch)

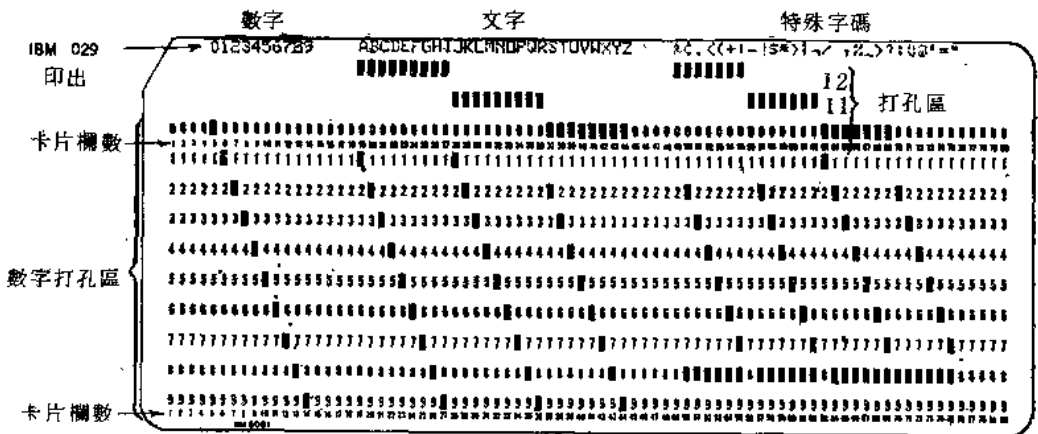


圖 1-5 IBM 卡片