

# 大家都來學

## 微電腦

### 繪圖應用技巧

張興中

α 自動化科技

圖書編號：0069

版權所有



翻印必究

發行人：鄧祖禹

著作者：張興中C. C. CHANG

劃撥帳號：703999

帳戶：自動化科技雜誌社

地址：台北市羅斯福路三段126號3樓之3

訂閱專線：3936488

自動化科技叢書

訂價：新台幣250元

## 序

著書一向是一種痛苦掙扎的過程；或爲一二名詞而躊躇終夜，或爲得問題的解答而再三刪改程式，更或爲文字的精鍊而讓筆端重踰千斤；冗以編者無情的批評，校閱者無情的批評，尤其是成書後讀者回饋的聲音，在在都對作者造成了極大的壓力。這本書就是在這種情況下完成的。讀者心裡必然會問，既然如此爲什麼作者還要寫書呢？這是因爲每一個有心的作者，心中都會有一隻無形的手在推動他，要他貢獻多年的學養、全部的智慧與無與倫比的毅力。這隻無形的手是一種希望、一種期待：希望國人手中可以捧讀一本好的、屬於中國人的微電腦書籍，而不是漫無目的的翻譯與雜亂的剪貼；期待的是不再聽到好學不倦的讀者認爲中文的科技書籍不值一顧，「乾脆買原文的算了！」是我們最常聽到的聲音。這個希望與期待就是一直不斷驅動作者張興中與我的手。

我認爲本書的五個部份都異常的精彩，細讀本書，定可讓讀者充份掌握住微電腦繪圖應用技巧的精髓，讀者只要循序漸進的練習，微電腦繪圖應用技巧形而上的樂趣，相信是每個讀者都能品味到的。

本書的完成更要特別感謝陳全男君日夜的校閱、朱嘉芳小姐細緻的設計與所有朋友們大力的協助。是爲序。

張興中

# 目錄

|             |                                                                                     |                       |           |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------|
| <b>PART</b> |    | <b>緒論</b>             | <b>1</b>  |
|             | <b>1</b>                                                                            | <b>計算機與繪圖</b>         | <b>3</b>  |
|             |                                                                                     | 1-1 計算機繪圖的應用領域        |           |
|             |                                                                                     | 1-2 計算機圖像的設計與顯示       |           |
|             |                                                                                     | 計算機繪圖系統               |           |
|             |                                                                                     | 電視顯示                  |           |
|             |                                                                                     | 繪圖程序                  |           |
|             | <b>2</b>                                                                            | <b>微電腦系統及其繪圖能力</b>    | <b>13</b> |
|             |                                                                                     | APPLE電腦               |           |
|             |                                                                                     | RADIO SHAKK電腦         |           |
|             |                                                                                     | IBM個人用電腦              |           |
|             |                                                                                     | ATARI電腦               |           |
|             |                                                                                     | COMMODORE電腦           |           |
|             |                                                                                     | HEWLETT-PACKARD電腦     |           |
|             |                                                                                     | TEKTRONIX電腦           |           |
|             |                                                                                     | INTELLIGENT SYSTEMS電腦 |           |
|             |                                                                                     | CHROMATICS電腦          |           |
|             |                                                                                     | CROMEMCO電腦            |           |
| <b>PART</b> |  | <b>基本繪圖</b>           | <b>21</b> |
|             | <b>3</b>                                                                            | <b>簡易圖形</b>           | <b>23</b> |
|             |                                                                                     | 3-1 PRINT指令           |           |
|             |                                                                                     | 3-2 "點(PIXEL)"繪圖觀念    |           |
|             |                                                                                     | 3-3 畫"點(PIXEL)"法      |           |
|             |                                                                                     | 3-4 畫"線"              |           |
|             |                                                                                     | 3-5 著色與繪圖             |           |

|      |                                                                                                |     |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4    | 簡易圖表                                                                                           | 53  |
| 4-1  | 基本圖表<br>使用“PRINT”敘述                                                                            |     |
| 4-2  | 加上註標的圖表                                                                                        |     |
| 4-3  | 長條形圖表—顏色與陰影                                                                                    |     |
| 5    | 曲線                                                                                             | 71  |
| 5-1  | 圖                                                                                              |     |
| 5-2  | 其他的曲線<br>橢圓<br>正弦波形<br>多項式曲線<br>常態曲線                                                           |     |
| 5-3  | 有曲線的圖形<br>派狀圖                                                                                  |     |
| 5-4  | 圖表與派狀圖                                                                                         |     |
| PART |  中間圖形         | 105 |
| 6    | 顯示圖形之轉換                                                                                        | 107 |
| 6-1  | 圖形位置之改變(移動)<br>點的移動<br>圖形的移動<br>圖表的移動                                                          |     |
| 7    | 動態圖像                                                                                           | 135 |
| 7-1  | 點與圓球<br>曲線路徑                                                                                   |     |
| 7-2  | 直線及多邊形<br>直線<br>多邊形                                                                            |     |
| 7-3  | 複合運動                                                                                           |     |
| 7-4  | 背景影像之移動                                                                                        |     |
| 8    | 圖形上的顯示窗                                                                                        | 167 |
| 8-1  | 強調                                                                                             |     |
| 8-2  | 抹去與截取<br>抹去<br>截取                                                                              |     |
| 8-3  | 觀測窗                                                                                            |     |
| PART |  高級繪圖(立體體圖) | 191 |

|      |                                                                                                 |     |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 9    | 三度空間的繪圖                                                                                         | 193 |
| 9-1  | 繪圖紙畫法                                                                                           |     |
| 9-2  | 三度空間座標系統                                                                                        |     |
| 9-3  | 抹掉不能被直接看到的線與面                                                                                   |     |
|      | 畫“面”法                                                                                           |     |
|      | 畫“線”法                                                                                           |     |
| 9-4  | 透視法繪圖                                                                                           |     |
| 9-5  | 陰影與加強效果                                                                                         |     |
| 9-6  | 圖表                                                                                              |     |
| 10   | 三度空間的轉移                                                                                         | 231 |
| 10-1 | 座標變換                                                                                            |     |
| 10-2 | 放大與縮小                                                                                           |     |
| 10-3 | 旋轉                                                                                              |     |
| 10-4 | 組合轉移                                                                                            |     |
| PART |  應用篇(如何利用電腦繪圖) | 249 |
| 11   | 程式設計                                                                                            | 251 |
| 11-1 | 有組織的繪圖程式                                                                                        |     |
|      | 程式發展步驟                                                                                          |     |
|      | 效率之考慮                                                                                           |     |
| 11-2 | 交談式方式                                                                                           |     |
|      | 表列選取                                                                                            |     |
|      | 光筆                                                                                              |     |
|      | 圖形平板板                                                                                           |     |
|      | 轉軸                                                                                              |     |
| 11-3 | 圖形之建立                                                                                           |     |
| 12   | 商用繪圖                                                                                            | 267 |
| 12-1 | 一般技術                                                                                            |     |
| 12-2 | 比較性之圖表                                                                                          |     |
| 12-3 | 多重格式圖表                                                                                          |     |
| 12-4 | 計劃管理圖表                                                                                          |     |
| 13   | 教育性繪圖                                                                                           | 293 |
| 13-1 | 訓練與習作程式                                                                                         |     |
| 13-2 | 指導與質詢程式                                                                                         |     |
| 13-3 | 模擬程式                                                                                            |     |
| 13-4 | 電腦處理指令                                                                                          |     |
| 14   | 個人用繪圖                                                                                           | 301 |
| 14-1 | 家庭用繪圖                                                                                           |     |
| 14-2 | 遊戲用繪圖                                                                                           |     |

# PART I

## 緒論

以圖形作為資料交換之媒介已有十分久遠的歷史了。隨著人類文明的進步，各種繪圖、印刷、照像等產生視覺影像的技術不斷地被發展出來。現在數位計算機的發展已引導我們進入了計算機繪圖的領域。在緒論部份，首先我們介紹一些應用實例，然後討論顯示影像的裝置與方法；以及一些微電腦繪圖系統。



# 第一章

## 計算機與繪圖

### 1-1 計算機繪圖的應用領域

計算機繪圖首先被用於輔助設計工作。計算機輔助設計（CAD）與計算機輔助製造（CAM）至今仍是最主要的應用領域。計算機圖形顯示提供了自動化工程圖、結構圖、設備配製及製造程序等圖表的繪製能力。經由 CAD 的協助，使用者只需標明欲繪製物體部份之空間次元便可得到任何角度觀察下的物體輪廓圖。採用類似的繪圖方式，製造程序中的元件配置關係圖亦可輕易的取得。這些元件配置圖在採用自動化機械工具大量生產的過程中有極高的重要性。

在汽車工業、飛機工業及太空工業的造型設計上，CAD 是一不可或缺的根本技術。汽車、飛機或太空船的結構圖將被顯示於影像螢幕上以測試其造型的舒適性與實用性。這些圖形資料可依設計人員的需要而顯示設計產品的整體輪廓或巨細靡遺地顯示部份區段（例如飛機的翅翼）。除此之外設計人員可在設計工作進行過程中依需要加入或修改部份參數。最後，一套完整的成品輪廓圖與分區細部圖可完全以計算機圖形之型式展現於畫面上。

目前許多電路的設計已採用 CAD 技術。首先我們定義出表示各種電子元件的圖形符號，電子設計工程師再將這些元件符號逐一加入顯示畫面中並設定實際之參數，CAD 系統便可顯示出最佳配置的線路圖。此一設計結果並可因未來實際狀況

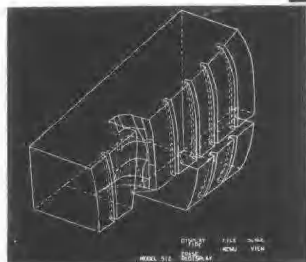
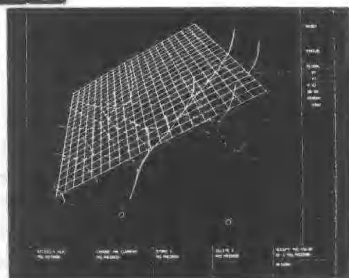
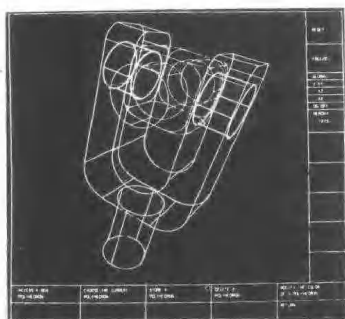


圖 1-1：配製圖的繪製常用到 CAD 技術

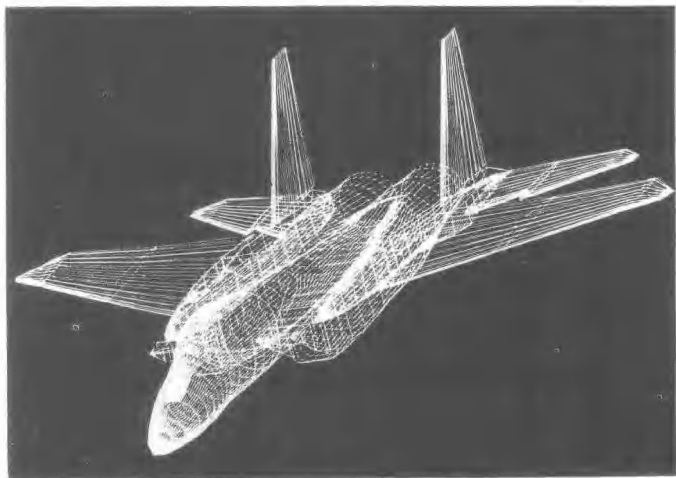
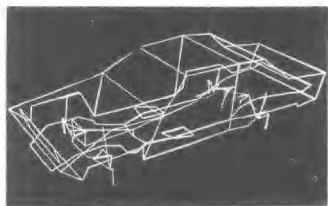
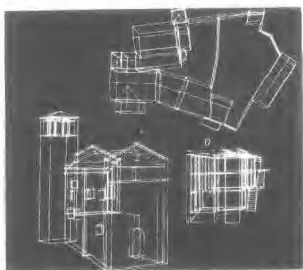


圖 1—2：飛機、汽車及太空船等之結構設計可採用 CAD 技術。

High School Graduation Rates Among  
Persons 18 Years Old: 1978

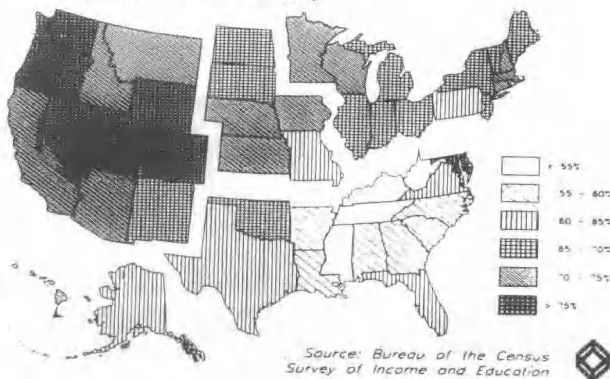


圖 1-3：計算機繪圖系統產生的地理圖表。

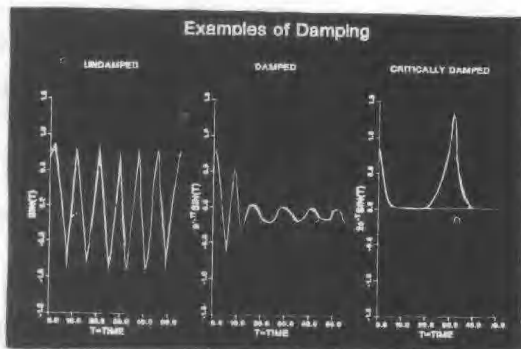


圖 1-4：計算機繪圖系統產生的調波系統之振動圖。

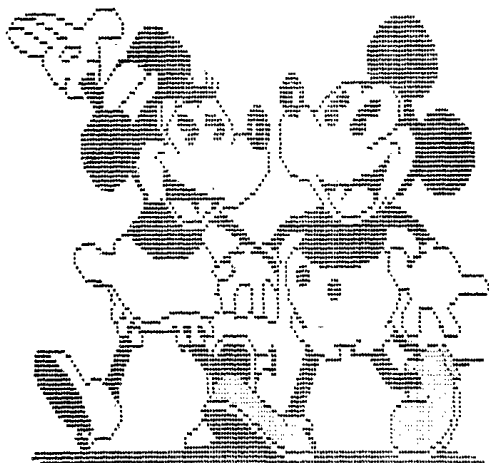


圖 1-5：印字機所產生的卡通圖畫。

的微小改變而不斷的修正。

建築師亦可採用 CAD 技術輔助其結構之設計。他們所設計之建築物可以許多不同型式之圖表顯示於畫面上。平面配置圖在房間之分隔、門窗的安排及各種器物的位置分配上有極大的用處。三度空間顯示圖則可用於測試建築物的外形以及與鄰近建築物的造形關係。

在藝文方面，計算機繪圖技術亦具有甚高之價值。卡通與電影畫面之設計可採用此技術。許多抽象及幾何的圖形樣本皆可由計算機輔助產生。這些圖形樣本在染織品工業上亦有極高的應用價值。另外在照片之修飾等商業藝術方面亦大量的採用計算機影像處理技術。

計算機影像處理是利用照片或電視映像管而產生視像的一種技術。雖然它利用計算機產生圖像之顯示，但它與傳統之計算機繪圖技術完全不同。在計算機繪圖上，視像顯示是根據使用者設定之規格而由繪圖系統產生的。至於計算機影像處理則

是將照片上或電視映像管之圖形及色彩資料經過數位化分析而得到視像資料，並將此資料傳送至顯示畫面上。影像處理技術在此過程中則被用於色彩對比的安排、明亮及陰影的分配等增強影像顯示效果上。醫學上則大量採用 X 光照像的影像處理技術。同樣的技術亦被大量用於無法用人眼直接觀察的應用領域中（例如太空船的影像處理及機器人的視覺系統）。

愈來愈多的研究領域採用計算機繪圖技術來解釋其研究系統的特性，它已變成一種不可或缺的工具。天文學家在收集了足夠的天體資料後，便利用計算機繪圖技術建立一模型來解釋天體的結構及各星體的運動關係。若缺少了圖形的輔助，龐大的數字資料將難以解釋。另外生物學、物理學及化學亦大量採用繪圖技術輔助研究人員對系統整體的了解。除了建立工作模型外，繪圖技術在系統數學關係的分析及未來改變趨勢的預估上皆有其重要性。

同樣的技術亦被大量的應用於商業與政府部門的資料管理上。各式各樣的曲線圖及條形圖表可用以表示各種財務或統計資料。三度空間的圖表則可用於表示較多重或複雜的資料關係。另外教學及技術訓練等方面亦大量採用計算機繪圖技術。各種不同的圖表可描述各種系統的運作關係。有些視像的模擬效果亦被用於飛行訓練上。

## 1-2 計算機圖像的設計與顯示

依照應用領域的狀況，計算機繪圖系統的建立有許多不同的方式。特殊用途的系統（例如飛行訓練的視像模擬系統）僅為特殊的功能而設計。一般用途的系統則可用以建立各種不同特性的圖形與圖表。

### 計算機繪圖系統

一個一般用途的計算機繪圖系統基本上由電視顯示螢幕、打字鍵盤、繪圖程式集以及計算機的處理及記憶單元等部份所構成。除了鍵盤與電視螢幕外亦可加入其他額外的輸入與輸出裝置。

### 電視顯示

大多數的計算機圖形顯示裝置多為陰極射線管（Cathode Ray Tube "CRT"）

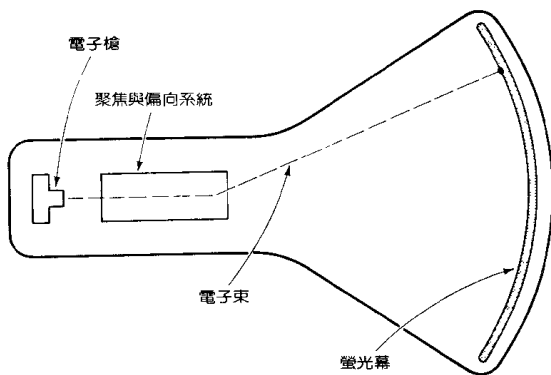


圖 1-6：CRT 的基本工作圖。

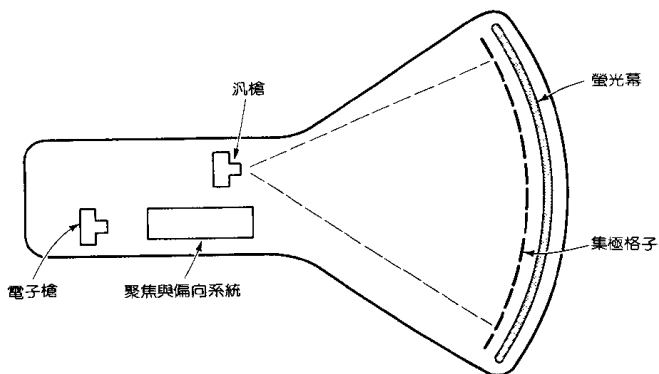


圖 1-7：DVST 的基本工作圖。

）。圖 1-6 列舉了 CRT 的基本動作原理。由電子槍發射出的電子束經過 聚焦與偏向控制部份然後撞擊在附有螢光體的螢幕表面。加於電子槍上的電壓可決定射出電子的數目。聚焦與偏向控制部份經由電壓的控制可產生各種不同的電場與磁場以將電子束集中於螢幕上某些特定的位置。當電子束撞擊在螢幕的螢光體上則被撞擊的位置便發出亮光。亮光的強度則決定於撞擊電子的數目。依據上述的工作原理將電子束的撞擊位置經過適當的安排即可得到各種顯示圖形。

由於螢光體被撞擊後發出的光線僅持續一段很短的時間，由此我們需要某些方法來維持螢幕影像的存在。目前有兩種基本的方法可用於 CRT 影像的維持。

連續地將電子束撞擊在螢幕上固定的點以使螢光體維持發光而保持影像的存在是一種常用的方法。這種螢幕顯示方式被稱為 CRT 再生法（Refresh CRT）。若採用此種技術則必需在每秒鐘內掃描畫面 30 次左右，否則會有影像閃爍之現象。一般典型的再生式 CRT 之設計皆允許每秒 30 至 60 次的螢幕掃描。

另外一種維持螢幕影像的方法是採用一個額外的電子槍（汎槍）及一個以電荷分佈方式儲存影像樣本的特殊螢幕（集極格子）。此種螢幕顯示方式被稱為 DVST（Direct-View Storage Tube，參考圖 1-7）。以 DVST 技術顯示影像時電子槍掃描一次畫面，將電荷以圖像之形狀分佈於集極格子上。然後汎槍連續地射出低速度的電子束。這些電子束激發分佈於集極格子上的電荷使得顯示幕上的螢光體發光以維持影像的顯示。

以 CRT 再生法顯示影像可依其掃描的方式分成兩類：隨機式掃描裝置（Random-Scan Device）或陣列掃描裝置（Raster-Scan Device）。在隨機掃描裝置中電子束僅撞擊螢幕上影像出現的光點。陣列掃描則將電子束掃描於整個畫面上，而由電子束密度之不同決定影像之分佈。家庭用電視畫面的顯示即是一種陣列掃描式 CRT。陣列掃描系統中的電子束以一條一條水平線的方式由上而下掃描整個畫面。一般掃描週期的安排是使電子束以每隔一行之方式由上而下掃描整個畫面，在下一個掃描週期時則掃描那些上次未掃描的水平線。此種方式稱為交錯掃描（Interlacing）。由於僅用了半個掃描週期即掃描整個畫面，故避免了閃爍現象的發生。

電視畫面的彩色顯示效果之產生，主要是在顯示幕上覆上一種以上的螢光體。不同的螢光體被電子束撞擊後發射出不同色彩的單色光。將這些不同的單色光混合在一起便可得各式各樣的彩色效果。

許多計算機繪圖系統的顯示部份採用光罩 CRT 之方式（Shadow-Mask CRT

）來產生彩色效果。這種CRT常被用於彩色電視機中。一個光罩CRT的顯示螢幕表面被覆上許多微小的三角形螢光體。每一個三角形螢光體上皆包含三個不同的螢光點。三個螢光點分別可發出紅色光、綠色光及藍色光。此種CRT有三個電子槍（每個電子槍對應一個色光的螢光體）以及一個光罩格子（位於覆有螢光體的螢幕表面前）。光罩格子的主要功用在於集中來自於各電子槍之電子束，使之撞擊到正確的螢光點。依狀況需要而設定三支電子槍所發射之電子束的密度便可得到不同的色彩組合效果。由於每個三角形螢光體面積十分小，故組合後在螢幕上之效果就如同一個單一光點一般。

另外有些圖像顯示裝置是採用電子束穿透法（Beam-Penetration）而得到彩色顯示效果。在此類裝置中顯示幕上被覆蓋上兩層不同的螢光物質，一般是紅與綠色兩種。速度較慢的電子束僅能激發外層的螢光質（產生紅色效果）。較快速的電子束將可穿透紅色螢光體而激發內層的綠色螢光體。如此便可產生紅色與綠色的色彩組合。根據此原理，不同的彩色效果便可由不同的電子束速度而得到，而電子束的速度則完全取決於電子束加速控制電壓之大小。

除了CRT顯示外尚有許多不同的裝置被用於影像的顯示。這些裝置包括電漿面板顯示，雷射掃描顯示，發光二極體（LED）顯示及液晶（LCD）顯示等系統。

在本節中所討論過的顯示裝置在電腦繪圖系統中有的可做為獨立的終端機或做為獨立電腦系統的一部份。大多數的繪圖終端機多不具有資料處理之能力故必需與外加的計算機系統連接，這些計算機系統可以為人型或小型的計算機。有些圖形顯示裝置則具有內在的運算處理單元，因此可以獨立工作而不需與外加計算機系統連接。不論它是一個沒有資料處理能力的終端機或是一個獨立的繪圖系統，它們皆被廣泛的應用於各種計算機圖形系統中。

## 繪圖程式

加諸於顯示裝置上的各種電壓變化可得到不同的顯示影像與色彩效果。這些電壓變化可以適當的方式表示於顯示程式（display program）中。此類顯示程式多以具有特殊繪圖敘述（graphic statement）的FORTRAN，PASCAL，BASIC或組合語言來表示。另外有些繪圖系統亦採用專門設計的繪圖語言（graphic language）。

經由計算機處理器的協助可將不同的繪圖敘述轉換成各種電壓控制訊號，然後