

# 电脑辅助建筑设计

自动化科技出版社(台)

# 電腦輔助 建築設計

版權所有



翻印必究

發行人：鄧祖禹

編輯：林翠娟

美術編輯：周真鳳・郭紅珊

發行所：自動化科技出版社

地址：台北市羅斯福路三段126號3樓之3

電話：3936488(16線)

傳真：396-8307

譯者：江式海

中華民國79年6月一版

定價：新台幣300元

劃撥帳號：0703999-6

帳戶：自動化科技雜誌社

# 前言

本書的主要目的，乃為去除建築師和設計師們在使用電腦時，經常縈繞於的一些不必要的疑惑。這是一本電腦輔助建築設計的入門書，所欲陳述的是如何能使電腦應用於設計的過程之中。因此，本書假定讀者們對於應用或了解CAD 系統很感興趣，但是對於電腦究竟是如何運作並產生結果卻不十分了解。

由於電腦圖形處理(Computer Graphics)和電腦實體模擬(Computer Modeling)等研究領域已經相當成熟，其具體成果並已實際應用於多數的商業和學校CAD 系統之中，本書將不再詳述它們，而是要比較細密地來探討當今人工智慧技術在設計上的應用，以及設計過程本身的形式化(Formalization) 等日趨重要的課題。

本書將闡釋目前微電腦在設計過程中的應用，及其未來可能的發展，同時並指出電腦程式的兩大基本方向：增強並加速傳統人為的設計活動，以及藉由探究微電腦的特殊能力和革新的程式範例(Paradigms)，以拓展新設計的可行性。設計行為相當藉重圖形上的溝通，本書亦融合這方面的範例及必要的程式步驟。

本書適用對象如下：

## 建築和設計科系的學生們：

這些學生有著成為程式應用高手的高度興趣，並且可以很容易地在家中或學校取用到微電腦的設備。他們不畏懼電腦，其創造力、並充滿著對創新設計方式的意願。本書的前半部分主要是幫助學生們先熟悉一些基本的概念，後半部則針對有興趣深入探討的學生做更進一步介紹。

## 建築及設計科系的教師們：

這些教師們有心將微電腦CAD 系統的應用潛力發揮到極致，並努力地想將它們整合於教學的課程之中。他們並不害怕新的機器，也無懼於使用已於學術界之外發展出來的藝術性商業軟體。甚且，他們更能適切地應用這些軟體，並在既有的程式之上建立一些更具趣味性的應用程式。關於此點，本書的第二部分以及附錄將可以滿足這些人的需求。

## 建築師和設計師們：

這些建築師和設計師們已經擁有或正計劃要購置微電腦。他們看得出這些機器在其業務

上的一些正面衝擊——比如說，在行政效益的處理上——同時也願意做一些圖形或資料庫功能方面的研究。他們對於新機器的實際應用很感興趣，並且很想將它們裁剪得適於其本身的特殊需求。對於這群讀者，本書在第一部分例證了目前的程式以滿足這些需求，而第二部分則在於使他們熟悉於下一代的電腦輔助設計系統。

很顯然地，最重要的時間因素也應加以考慮。這裡所陳述的技術或原則，在專業設計中將歷久不衰，惟在設備方面，則將因時遞變。本書所提及的所有作品，都能在68000或80286微處理器的機器上執行，但是要在一個至少20-Megabyte儲存容量的硬碟、圖形數位板或滑鼠、中型的繪圖機、商業繪圖套裝軟體等配備，以及關於巨集運作 (Macro Operations) 和批次檔案 (Batch Files) 處理方面一些非常基本的程式撰寫技能和知識。除了少數的例外，大多數的影像都是由AutoCAD [AutoCAD 87]和AutoLISP [AutoLISP 87]在具有640 Kilobytes RAM和20-Megabyte硬碟的IBM AT機種上執行所產生出來的。不久，儲存容量的問題將可獲得改善，而程式撰寫的技能對於能否成功地將CAD應用在設計上也不再那麼重要了，因為功能更強，使用起來更具親和性的介面 (Interfaces) 即將出現。

如果讀者們能藉由前半部分了解CAD 這個先進的繪圖工具，加之後半部分對於讀者進行研究電腦以及程式革新的應用產生的激勵，使其有可能擴增人類的設計智慧，那麼，也就達到了本書的目的。

## 譯 序

本書是我在卡內基·美侖大學建築研究所研修有關CAD課程的參考書籍之一。原文德籍作者Gerhard Schmitt當時仍任教於所內，因此，本書乃借助系上的一些研究和計劃案爲其基本例證，深入淺出地探討了今日微電腦輔助設計(Microcomputer Aided Design) 的應用現況，以及其未來應循的發展方向。

鑑於電腦普及於建築界乃時勢所趨，希望藉著本書的翻譯，將其中所提示的觀念介紹到國內，以產生若干導引的作用。爲免原意流失，必要之處皆並列原文或參考書目，以便於讀者了解和查詢。己力有限，倘有疏失之處，敬請諸先進不吝指正。

最後，欲特別感謝翻譯期間家人所給予的支持、富貴的鼓勵，以及姊、岱霖等人的鼎力相助。

江  
武  
海

# 目 錄

---

|                  |    |
|------------------|----|
| 簡介               | 1  |
| 第一部分：傳統設計途徑中的微電腦 | 3  |
| 第一章 傳統設計過程       | 5  |
| 1.1 傳統設計過程中的微電腦  | 6  |
| 第二章 基本技能         | 11 |
| 2.1 點和線          | 11 |
| 2.2 描繪           | 18 |
| 2.3 草繪           | 23 |
| 第三章 表現           | 27 |
| 3.1 比例           | 27 |
| 3.2 平面           | 32 |
| 3.3 剖面           | 35 |
| 3.4 立面           | 41 |
| 3.5 三向投影和斜射投影    | 49 |
| 3.6 透視投影         | 55 |
| 第四章 處理           | 65 |
| 4.1 轉形           | 67 |
| 4.2 重複           | 70 |
| 4.3 擠出           | 74 |
| 第二部分：革新的設計途徑     | 77 |
| 第五章 新設計途徑        | 79 |
| 5.1 電腦輔助建築設計     | 79 |
| 第六章 抽象化          | 83 |

|             |                        |            |
|-------------|------------------------|------------|
| 6.1         | 建築語言                   | 83         |
| 6.2         | 語彙                     | 88         |
| 6.3         | 關係                     | 91         |
| 6.4         | 規則                     | 95         |
| 6.5         | 語法                     | 99         |
| 6.6         | 程式計劃                   | 106        |
| <b>第七章</b>  | <b>發現</b>              | <b>113</b> |
| 7.1         | 建築設計中的搜尋               | 114        |
| 7.2         | 建築設計的表現                | 118        |
| 7.3         | 建築中的推理                 | 120        |
| <b>第八章</b>  | <b>創造力</b>             | <b>125</b> |
| 8.1         | 建築創造力                  | 126        |
| 8.2         | 支援工具                   | 127        |
| 8.3         | 複形                     | 133        |
| <b>第九章</b>  | <b>評估</b>              | <b>141</b> |
| 9.1         | 能源效率評估                 | 142        |
| 9.2         | 成本評估                   | 147        |
| 9.3         | 結構評估                   | 150        |
| 9.4         | 設計評估的整合                | 153        |
| <b>附錄A</b>  | <b>AutoLISP程式範例</b>    | <b>161</b> |
| A.1         | 三個繪窗戶的程式               | 162        |
| A.2         | CCURVE.LSP：一個構築C-曲線的程式 | 169        |
| A.3         | 三個簡單的塑形語法程式            | 172        |
| A.4         | 兩個繪三度空間拱型穹窿和圓頂的程式      | 180        |
| <b>參考書目</b> |                        | <b>185</b> |

## 簡 介

自數位電腦出現以來，模擬、預測和分析未來真實世界的潛力跟著一躍千里。同於其它學科的是，建築和設計已經開始根據所建立的模型(Model)，利用電腦強大的計算能力，來創造、試驗和評估設計的替選方案。如果一個模式中，包含了在現實世界所觀察到的不確定關係(Casual Relationships)，那麼，基於此一模型所做的分析和預測也就是有效的。若是能將這些模型整合於設計的決策過程之中，那麼，就效率以及設計品質的改進而言，就有可能超越目前的水準。此外，在設計的過程中，外界媒體和設計者之間的視訊傳達(Visual Communication)也是十分重要的。因此，本書討論的焦點主要放在微電腦的圖形處理能力及以數學和知識基礎為首要的模型運作(Operations)之上。

運用圖形來表現所需的概念架構(Conceptual Frameworks)，對於建築設計的過程是極有助益的。過去所發展出來的途徑大都專注於手動或半自動工具的使用。然而，隨著價廉且功能強大之微電腦的引入，一些新的發展和表現建築設計的可行性也隨之提高。從80年代中期起，建築電腦化即有長足的進步，此一進展雖早在二十年前就被預期了，但其腳步之快，對於建築業界的衝擊之大，仍舊是令人咋舌的。這一股軟硬體的新浪潮，造就了整合新工具於設計過程中的新概念架構之需求。本書第二部分將概述此一新架構。

一如過去一般，新科技的產生主要是希望透過較舊科技為少的時間和功夫，來達到相同的成果。目前，大多數的建築電腦程式做的正是這項工作，本書的前半部分將敘述此一發展。誠如大家所知，新機器的能力若是無法被應用於一些新的、意想不到的工作上，就等於是在浪費它們。至於一些以前從未被考慮到的應用軟體情形亦然，因為，現今的工具並不適用於來達成其目的，以至於造成這些新機器的主要使用者都非建築人員等事實。此書的第二部分將進一步探討這些新機器的革新應用。





## 第一部分

---

# 傳統設計 途徑中的 微電腦



# 傳統設計過程

學校和業界正逐漸地將微電腦整合於教學設計以及個人的設計過程之中，特別是應用在實際的決策，乃至於需特別慎密規劃的設計途徑(Approaches)上[Kemper85]。近幾年來，電腦就這樣地成了傳統設計過程中的一部分[Stoller87]。本書在第一部分所採用的觀點，乃是將設計定義成一個理性的決策和解決問題的過程，而在此一過程之中，圖形的表現是記錄意念(Ideas)以及不同設計階段的必要媒介。

根據這樣的觀點，設計過程也就是將所繪定的建築計劃轉換成實物的一個階段(Procedure)。其結果必須滿足一些要件，也就是說，盡可能做得週詳而完滿，使你的讓客戶滿意。在建築實務中，這個過程在傳統上被劃分成如下的步驟：

1. 計劃發展
2. 草案設計
3. 初步設計
4. 設計發展
5. 合約文件
6. 施工圖
7. 營造

每一步驟的成功推進，都必須仰賴有效率的解決問題的技術。下列五個步驟[Laseau 80]，即是解決問題的可能模式之一：

### 1. 問題和設計目標的界定

認清所欲解決問題之範圍。將問題分解成細部再加以分析，評估所受到的限制和所擁有的資源，建立起設計的目標。

### 2. 替選方案的發展

由設計者探尋多種解答，並發展出可行的替選方案。

### 3. 評估

根據設計目標確立設計評估的準則。將替選方案依此設計準則和適當的權衡因素分出等級。

### 4. 選取

基於評估結果選擇其中一個方案。通常並沒有各方面都是最佳的方案。若是這樣，則可以經由再評估，而將許多方案的優點結合在一起。

### 5. 溝通

問題的最後解答必須以適當的方式予以表達。也就是說，必須可以與下一個設計步驟相結合，而且得以清楚地展現在客戶面前。

傳統上，從最初的草案到設計的完成，其間的發展乃是應用外在媒介來記錄和表達中間與最後階段設計的一個逐步精練的過程。以下我們將開始來探討微電腦如何輔助定義問題、發展替選方案、評估、選取和溝通。

## 1.1 傳統設計過程中的微電腦

若是傳統的設計過程組織完善而且不需再精進，那麼，將電腦引入建築事務所和教學環境的必要性就值得懷疑了。然而，在美國有五分之四的建築事務所多多少少都使用了電腦。由於電腦的資本密集性，決定購買昂貴的設備必須確保能為建築師和教育者帶來若干利益。這些利益是什麼？而這些電腦設備又能應用在設計過程中的那些範圍呢？在傳統的設計過程中，對每一步驟都予以詮釋和再評估的工夫是非常重要的。因此，若是較詳細地檢視每一設計階段，將更能凸顯出使用電腦和使用傳統方法之間的差別及其利益所在。

### 1. 問題和設計目標的界定

電腦在這個階段的主要優點是其對組織的輔助，它能執行快速查詢和比較的功能，以定義需求、限制和資源等。文書處理、試算表和資料庫作業(Database Operations) 三者都是代表性的應用軟體。文書處理程式已達到了高品質低價位的水準。電子試算表這個新發明，也在五年內打入了市場，並使得其主要發行者成了最大的軟體公司之一。其在處理簡單的計算和藉圖形檢視資料方面的優點是無庸置疑的。而資料庫管理系統也已從主機(Mainframes)移到了微電腦(Microcomputers)，並且成為處理大量資料的有用工具。

### 2. 替選方案的發展

在設計意念發展的初期，繪圖系統乃是最普遍的表達工具。這些程式允許使用者運用電筆(Stylus)、光筆或滑鼠做為輸入裝置，而以黑白或彩色來草繪意念，快速地發展出替選方案。有意思的是，我們可以注意到學生們已應用新的輸入工具，發展出予人深刻印象的繪圖技巧。儘管在將草繪過程轉換至二度或三度空間模型這方面的研究已有二十年的歷史，它仍是商業界所一直欠缺的一個高層次環節。繪圖程式可以讓使用者輕易地去處理一棟建築物在經過明確定義後的幾何表示。修改和處理某一解決方案乃是其最有效的應用。第四章將特別陳述這個問題。如果有足夠大的記憶容量，就一定能將不同的替選方案都儲存起來，以應用在其後的設計階段。

### 3. 評估

設計替選方案的評估這個設計過程中，關鍵性的活動現在才正逐漸電腦化。第九章將特別來討論此一課題。然而，做評估所根據的必要分析，則為微電腦提供了應用的領域。例如，能源或成本分析等定量分析，即是電腦最拿手的功能。目前可取得的工具有一般的商業套裝軟體和專門的分析程式等。其中，試算表和資料庫管理程式是一類；而複雜的結構分析程式則是屬於另一範疇。欲將微電腦應用在評估的過程中，首先需要建立起一個構架(Framework)，並定義適當的準則。比如說，能源預算或成本。如果沒有這個構架，於評估階段應用微電腦的效益將是有限的，因為還沒有能夠針對特定設計計劃產生整體性評估的程式存在。

### 4. 選取

決策支援系統能夠根據直接的數值比較、啓發(Heuristics)以及先前的經驗等來協助選取一個方案。然而在這段時期，一般建築師和學生們仍不可能取得完備的決策支援系統。過量的決策目標、運作以及所需的準則，阻礙了用以選擇設計替選方案，其表現不下於人類的建築決策支援系統的正常發展。雖然在市場上可以見到成打的商業決策支援系統或是建構此類系統的骨架，但是卻沒有一個建築方面的應用軟體可真正用來解決重要的問題。評估和選取是兩個極度相關而且應予以整合在一起的重要過程。

### 5. 溝通

這包括了設計小組組員和客戶之間的溝通，以及設計者和不同階段的設計表現之間的溝通。微電腦能夠促進資訊的交換：文字可以用電子郵件傳遞，整個草圖或小張的圖樣也可以經由電子管道予以傳送。表現(Presentation)的過程本身隨著大多數微電腦繪圖程式所提供的高度精確性和編輯能力已有所改進。色彩的使用以及視覺效果的可能性實際上是受限制的(見圖1.1a)。真正受到限制的是螢幕的大小；至今仍沒有能和巨幅而且壯觀的建築圖樣相媲美的螢幕。

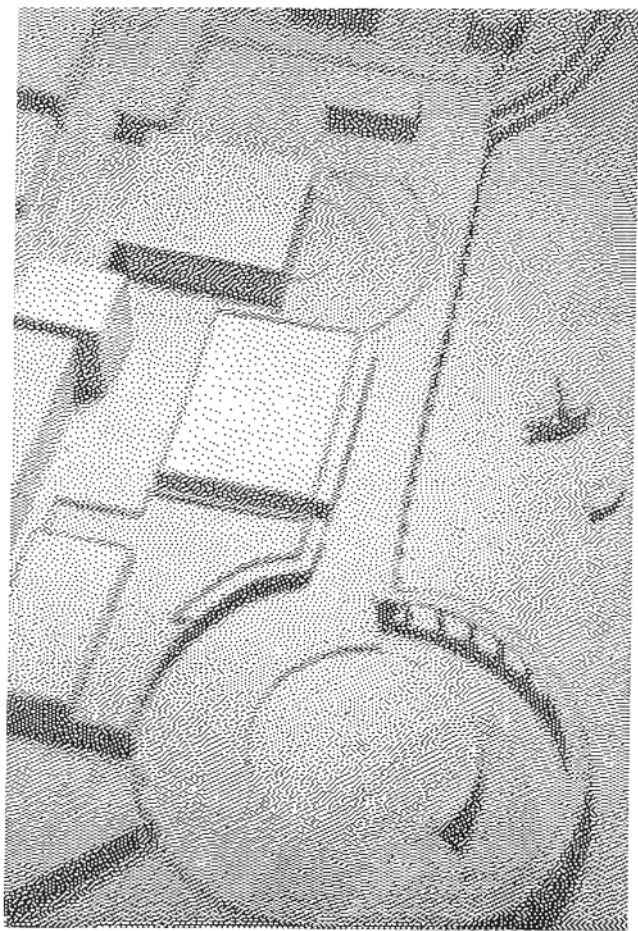


圖1.1a 從MacVision 轉換到MacPaint的人造量體模型視圖

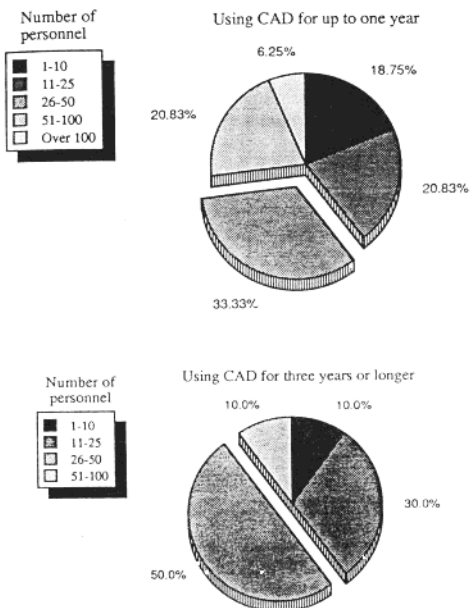


圖1.1b 使用CAD 系統一年(上圖)和使用三年以上(下圖)的建築公司大小

實際上，這五個步驟並不需太過於硬性執行。具創意的設計過程是可以打破若干準則、重新定義目標、以及指定新的權衡係數的。除了試算表的快速計算能力或是視角的自動重調等能力之外，電腦產生的結果，其實要比熟練的人們還來得慢。然而，它卻具有能要求其所做的決策明確並且可加以分析的優點。

在建築專業中，小型公司使用電腦的數量正在增加中。回溯到1983年，設置有電腦輔助設計系統(CAD)的公司中，只有百分之十是少於十名職員的。而到了1986，年其百分比則幾乎增長了一倍(見圖1.1b)。至於職員人數超過五十人的公司亦更增加了其對CAD的使用。目前擁有CAD系統的公司超過百分之八十正打算要加強使用電腦，尤其是在繪圖和設計方面[Sto-ller87]。



新的工具已被介紹進入了已發展數世紀之久的設計過程中。基於其特性，電腦將逐漸而根本地改變傳統的設計過程。以下的章節將臆測這樣的改變，將如何發生在傳統設計過程的既有架構之中。