

## 第 2 章 文獻探討

何為觸發因子？本章就當前的韋伯斯特英英字典列出的字詞解釋以及過去學者針對設計過程研究的設計因子，討論媒材和設計思考之間的相互關係。因此，針對觸發設計之因子，本章企圖從兩個向度切入探討。其一是從設計進程中討論其存在的狀態，包括觸發之關鍵點以及觸發之設計操作，進而整理出觸發因子的出現時機多發生在構想發展階段。其二是探討不同設計媒材和設計者之間的互動。

### 2.1 設計進程的觸發狀態

許多理論學家，對設計的研究起始於將設計視為一種問題解決。其中一種看法是將設計視為一種決策決定。但現在較為優勢的觀點則是從設計行為切入研究設計。Dorst and Dijkuis(1995) 點明設計的研究可分為兩種類型：一種是將設計視為一個理性的問題解決過程，另一種則認為設計是動作中的反應過程。不論是問題解決的過程或是動作，決策樹的呈現，說明一系列的知識狀態(knowledge state)呈現問題空間(Newell, et al., 1967)。故設計是一連串知識狀態透過設計移動(design move)前進目標空間。對於任意兩個知識狀態的聯繫、轉換，此節先從宏觀的設計程序探討程序間階段性的轉變。以及微觀的設計動作(design action)來探討設計過程中的行為如何促使設計師前進另一知識狀態，包括視覺訊息的呈現、口語訊息的交換、以及非語言訊息的動作、手勢等等。

#### 2.1.1 設計程序的狀態轉變

對於設計過程的探討，已有許多學者提出各類的程序模型，大致可以歸納出分析、創造、與評估三個階段。早期 Asimow's Model (1962)將序列式行為階段的垂直結構以及決策決定循環的水平結構做為設計由抽象漸變具體的一個進程。他將水平連續表達成一個從分析開始經過綜合、評估到溝通的循環，並將這個循環透過反覆的操作使得抽象的想法變得愈來愈穩固。Archer (1964)提出操作性設計模型；他將設計區分成三個階段和六種程序，並強調各個程序之間的關連性及回饋行為（見圖 2-1）。三階段包括分析階段、創造階段和評估階段。六程序是指建築計劃、資料搜集、分析、整合、發展、溝通。

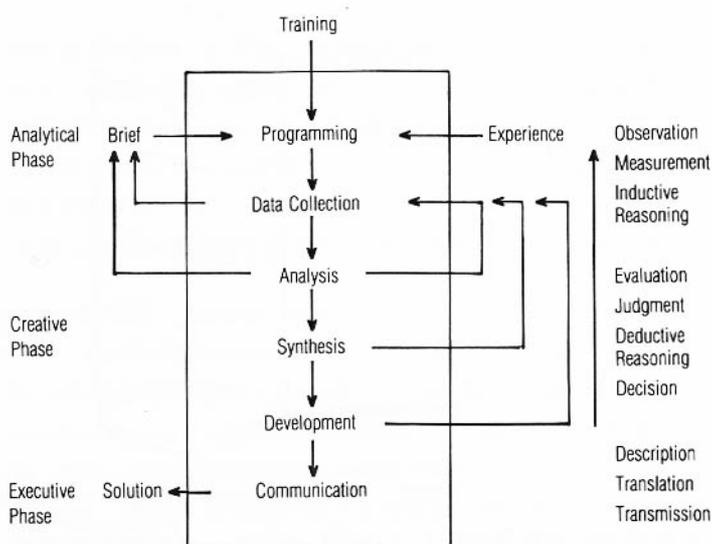


圖 2-1：操作性設計模型 (after Archer 1964)

Newell 等人提出以基本的訊息處理方法尋求解釋問題解決行為，他們主張：對訊息的“計畫 (program)”提供對設計行為的適當解釋，而計畫本身亦說明著行動與認知的關連性，包含可觀察的設計活動、廣泛差異性的解釋目標，以及創造性的問題解決(Newell and Simon, 1972)。Simon (1969)提出設計不一定是良好的問題結構，它更應該是一種定義不良的問題結構。故，設計思考的模型是一種由初始狀態前進目標狀態的搜尋模型。決策樹本身即透露簡化假設的觀念，以知識狀態(knowledge state)呈現問題的解決方案，令複雜的問題切割成一個個小單元逐步地分解處理(Newell, et al., 1967)。Goldschmidt 指出透過符號化設計前進(design move)和連結圖像(linkography)來前進目標空間(Goldschmidt, 1991; 1994)。

### 2.1.2 設計活動的狀態轉變

一九八〇年後有許多學者由行為觀點切入來探討設計(Schon, 1983; Schon and Wiggins, 1992; Woodbury, 1991)。Schon(1983) 的觀點--反思(reflection)非常清楚地為此提供一個基本的認知想法；他指出設計的探討應著重於設計師處理問題的方式；其後，他也以建築設計為對象提出“看-動-看”(seeing-moving-seeing)理論模型。設計師藉由觀看自己的草圖刺激自己做出下一個動作。Herbert (1993)將設計詮釋為設計師在草圖之間不停地“畫-反應-畫”(stroke-response-stroke)的結果，設計者透過前一筆畫出的動作，經過視覺思考的反應判斷再決定下一次的落筆。Simon (1969)定義設計是一種改變原來給予的事件狀態，成為一個被需求的狀態的動作。許多學者從認知實驗，藉由受測者的設計過程與設計行為，來定義何為設計以及設計的關鍵為

何。**Goel(1995)**指出在繪圖過程中，包含二種形式的轉換類型：水平轉換和垂直轉換。水平轉換表示概念草圖從一種想法轉換至另一種全然不同的想法；垂直轉換說明同一種想法的草圖，具有細部的設計。**Abdelhameed(2004)**根據設計的過程，探討三個最具特徵，包括設計過程的非線性，視覺設計思考的關係，和具像環境中表現法的進化。設計中狀態的改變多以視覺經驗為主，根據 **Goldschmidt(1991)**，設計思考是在不同的認知過程和知識類型裡不同形式之間“看見”的辯證，包括看成(seeing-as)和看到(seeing-that)。在“看”之間的轉換被認為是透過重新解釋以繼續發展和刺激新想法。而草圖的不明確性則是觸發轉換的機會以及觸發設計師生產多個不同概念的可能性。

溝通是一種資訊交換以及意義傳達的歷程，亦是一種人與人傳遞思想和觀念的過程。它包含兩種基本行為：其一訊息呈現(display)包含語言的及非語言的溝通；其二訊息解釋(interpretation)。在基本的語言溝通之外，非語言的溝通亦占了很大的互動因素，包括觸覺的與視覺的、空間接近性、姿勢、外表、注視方向等，透過傳遞者與接受者的相互注意和反應，建立二人或多人的互動(儲裕娟, 2003)。舉例來說，**Tomes et al. (1998)**以說故事整合設計過程。他們認為個人的創造力產物，是對一個相互令人滿意結果的交流的整合進程；並著重討論在設計團隊的工作表現以及設計師與業主之間在最初設計理念的口頭和視覺的交換；從簡易的文字說明及草圖，爾後藉著解釋口述內容以及修改視覺圖像，如此反覆以達成設計師與業主雙方各了解對方所想的內容。**Stumpf 和 McDonnell (2002)**認為個人設計想法的思考與實踐需要仰賴團隊設計的討論來延伸或擴張。並針對設計團隊(team work)的認知過程來探討其團隊如何處理設計過程，**Stempfle 和 Badke-Schaub (2002)**透過實驗找出四個認知操作，衍生、探索、比較、選擇之間的關係。他亦整理出團隊合作的設計行為約有 90% 的時間藉由分析和評估作為創造和維持解答空間的複雜度。在建築工作室，可能出現的溝通對象包括設計師與設計師、設計師與業主、設計師與評論家，這些設計師與他人之間的互動。在過程中，溝通的行為可能以對話、手勢、評論式言語、腦力激盪等型式出現，提供設計師除了訊息展示以外更多的刺激。另外，設計師與媒材之間的互動亦是一個重要的議題。

## 2.2 電腦媒材的觸發機制

從設計媒材的角度來看，不同的媒材有不同的觸發方式。除了設計進程中存在的觸發關鍵點，本節將進一步探討設計媒材內存在的觸發機制。我將延續上一節所發現的觸發點多發生於構想發展階段，將設計媒材的觸發機制的角色鎖定在構想發展階段中的草圖和草模兩階段來探討。草圖階段是在概念發展初期一種個人想法具現過程中所操作的媒材，皆可算是草圖的操作媒材；而草模則是作為發展設計的一種思考媒材。

為了更深入地了解觸發機制，作者先就韋氏英英字典的觸發(trigger)一詞，作為動詞是“由某物創始(initiate)、激勵(actuate)、或引起(set off)某事”(Britannica, 2000)再相互比對各家英英字典的定義，發現觸發的動作雖然同為一種初始反應，但是其反應的結果不盡相同。故，作為設計媒材所控制的觸發反應，作者大膽將其分為兩類。一種是“激發”(to make)反應由設計師主動地、有目的地加入某種刺激所產生的，稱為“主動前進”。另一種是“引發”(to cause to)反應是設計師無法掌控的，它不直接反應出設計師所期待的行為，而是由一件事情不小心引發另一件事情的反應。它可能導致事件的發生或結束，出乎預期的成果；類推至設計思考過程，它比較類似靈光乍現、跳躍性思考的前因，此處稱為“非預期前進”。換言之，即觸發反應可以依設計者對設計目標的主導性與預期性作為區分，將觸發機制分為主動觸發與非預期觸發。

### 2.2.1 電腦媒材作為觸發媒介

根基於電腦與傳統媒材的某種程度的相似性，已有一些研究者從事此方面認知研究的比較(Lim, 2003; Won, 2001)。提出這兩種媒材的差異性：(1)就認知行為而言，設計者使用傳統媒材的設計行為較為簡單，使用電腦媒材的行為較複雜。(2)不論用那一種媒材，它在設計過程中所改變的只是呈現它們的特性。(3)電腦媒材在設計轉化的時間比起傳統媒材來得久。(4)電腦媒材的認知週期在草圖生成後即停止，而傳統媒材則否。另外，提出以下三個視覺思考的認知現象：(1)就概念的量而論，設計者使用傳統媒材時較電腦媒材能發展出較多的概念，此因對現有電腦系統不熟悉所致。(2)觀察早期繪畫或概念草圖可以發現，設計者使用傳統媒材的筆觸呈現較為概略，而使用電腦媒材甚為精確，乃因媒材的特性不同所致。(3)以早期的繪畫或概念草圖的陰影、色調而言，電腦能輕易地運算出圖形的陰影與色調，此就傳統媒材而言，不啻為一捷徑，且設計者能立即在心中產生影像(Won, 2001)。

#### 主動觸發之電腦媒材

Aihara 和 Hori (1998)研究如何增強人的創造性思維。他們提出一個 En Passant 2 系統，用來儲存使用者的研究記錄，以 Writing Pad 2 作為使用界面，分三個視窗呈現：主視窗、頁面視窗和指導視窗。主視窗，明確地處理想法的時間屬性做為索引（見圖 2-2 左）。頁面視窗，詳載設計者的草圖、文字作為設計思考的記錄，並且給予使用者一些觸發物來召回他/她的當時所擁有的記憶涵構（見圖 2-2 右）。

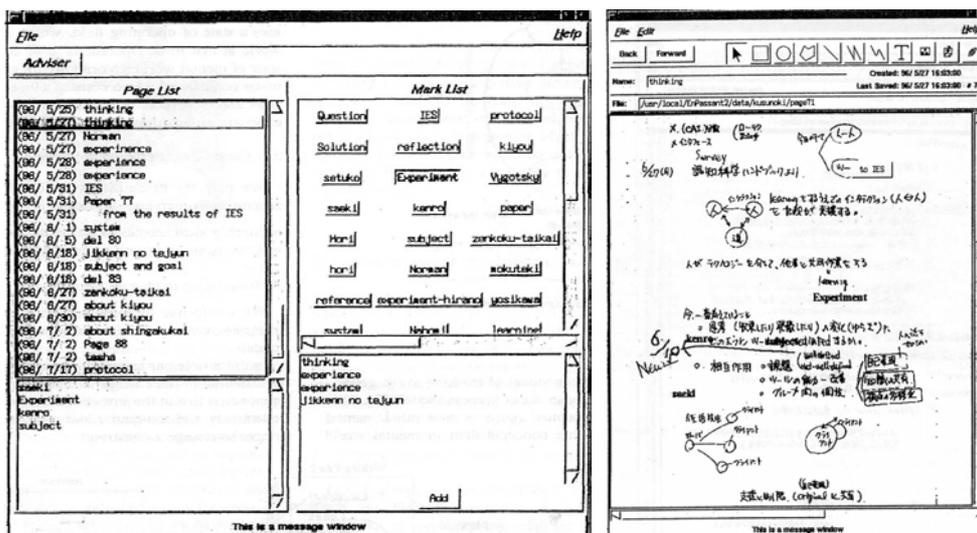


圖 2-2：(左) Writing Pad 2 主視窗以及 (右) Writing Pad 2 頁面視窗。(after Aihara and Hori 1998)

遊戲性是一個非常強而有力的隱喻在解釋設計的本質(Archea, 1987; Woodbury, 1991; Wu, 2003)。1999 年以後，設計如同玩遊戲，這個概念被應用在建築設計的工作室(Klugman and Smilansky, 1999; Radford, 1997; Woodbury, et al., 2001)。遊戲試圖提昇學生在專業知識與設計練習中要求的複雜的價值判斷之間不協調的問題；學生在做了許多的案例分析，觀察真實世界的涵構後，遊戲幫助學生獲取高度專業的問題解決技巧；同時也加強了傳統紙筆的設計語言(Wyeld, et al., 2001)。遊戲是藉由一個假設條件下的特殊事件產生作用，許多電腦遊戲是透過運算式中條件子句 (if-then) 建立觸發之啟動機制。

網際網路的誕生增加了人對人資料和資訊的互換(Schmit 2001)。人與人相互交換資料，透過口頭和圖像上的解釋，達到激發使用者的設計思考(Leglise 2001)。Leglise 藉由網路上的不同來源的記憶原料的表現法，描述一些創造和建構能夠促進建築設計和設計學習個人數位記憶的可能性；且描述一種結構激發建築設計的學習(見圖 2-3)。此結構是透過圖像在網路的呈現，學生能將他們自己對建築的理解和他們自己對世界的表現法，來建立一個數位圖書館。這時，他們來回物質的和有形的世界，慢慢地成熟他的想法最後變成真實的形體。最後，藉由這個時而個人的、時而集體的工作學習維度，企圖推論出電腦和網路的使用能刺激和豐富設計，而不是一般所認為的“加”的概念。

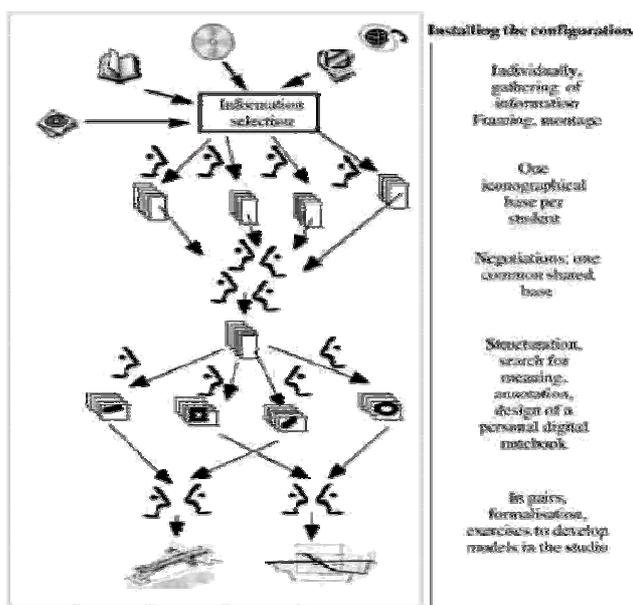


圖 2-3：透過網路，做資訊的交流，累積其個人數位圖書館-影像資料庫。(after Leglise 2001)

### 不預期導致的電腦媒材

Lim (2003)探討筆式系統可以如同傳統筆紙自由地畫出模糊及稠密線條的草圖。同時這些草圖中結合了許多文字標記或一些不同抽象層次的圖形，如符號、圖解(diagram)、平面圖、立面圖、剖面圖、透視圖、彩現透視圖等圖形來輔助思考。這些圖形牽制著設計者的不同思考。另外，在兩種不同媒材，傳統手繪草圖及電腦筆式系統比較分析中得知，設計者所習慣利用的圖形思考過程會受不同媒材特性影響而有所改變；筆式系統比傳統筆紙多了具體層次的圖形呈現，使可較完整檢視設計的具體圖形得以在草圖階段繪製。

Talbott(2004)檢測從畫草圖或是模型製作中一個普遍存在的“發散思考”的形式。發散思考的過程包含了感知刺激和對刺激的一個下意識反應，在此，形成一個新的心智聯想。麵包粉碎的圖像、濕沙子的感受、或桂花的香氣，任一感知能力可能觸發下意識的整合了當前的經驗和內容。這種現象根源於感知和想像力之間的相互作用。Talbot 提出“草圖是一種理想的創造性的媒材”以及“圖形描述的不明確性”是支持創造性的重要關鍵，而在畫草圖及模型製作期間“視覺位置的選擇及轉變觸發時斷時續的分歧(intermittent divergence)”。而依照當前所開發的參數系統不是增強創造性而是生產效率。參數建模是破壞傳統的數位化建模，而傳統建模的方法才是被證明為滿足發散式思考的需求。

LAND 描述一個數位討論環境，以團體工作的空間做為使用範圍，藉由互動式電子牆、互動桌面、裝有電腦的椅子以及一個透過機制，整合一個具有創造力的空間。讓空間中的電腦、桌椅、

書架…符合動力、彈性使用、移動性，讓實質空間的需求可以因應反應需求的改變。以 Roomware 透過擴擬實境將虛擬環境透過電腦在空間的整合，提供一個無所不在的運算環境、無所不在的呈現環境讓設計環境如同原來的設計經驗（見圖 2-4 左）(Streitz, et al. 1999)。

Bimber 等人(2000) 基於草圖相互作用的多層次架構實作 3D 虛擬環境下的 CADesk：一個寬闊的調色板，可能藉由畫草圖體會高度相互作用、自由型體塑造、文本輸入和環境控制（見圖 2-4 中、右）。



圖 2-4：(左) 一個無所不在的 i-LAND 運算環境，(after Streitz, et al. 1999) （中、右）CADesk 藉由畫草圖體會高度相互作用、自由型體塑造。(after Bimber, et al. 2000)

## 2.2.2 草圖作為觸發方式

設計，沒有“畫草圖”乎是不可思議的、難以想像的。草圖因應各個設計階段不同的目的而產生。設計師徒手畫草圖亦被生產在設計的早期和晚期階段(Goldschmidt, 1991; Herbert, 1988)。關於早期階段，草圖作為一種個人思考的工具而非為了公開的溝通與以表現法為其目的。草圖在設計上的使用常被用來檢測設計者的認知行為研究(Neiman, et al., 1999; Purcell and Gero 1998; Scrivener, et al., 2000)。

### 主動性觸發的草圖

草圖對設計者是不可獲缺的，是設計者把想法呈現出來的成型方式(Lansdown, 1987)。草圖在設計過程中除了可做為記錄的工具，也透過不同類型的草圖，包括圖解(diagram)、平面圖、立面圖、剖面圖、透視圖…積極參與設計過程 (Herbert, 1993; Schon and Wiggins, 1992)。Goldschmidt(1991)探討一系列草圖與視覺思考的研究：設計者如何看草圖，從認知實驗觀察設計者在檢測其草圖時兩種概念意象的形態，看成及看到。她發現設計者在畫草圖時，並非單純地把心中的意像表達出來，而是透過視覺展示(visual display)在畫草圖的過程中引發(trigger)存在設計者心中的影像。

Daru 和 Snijder (1994)不只將草圖視為一種設計者想法的具現，更是將草圖視為一種形式活化作用。他們認為在早期設計階段中設計者應該 (1)經驗和 (2)觀察實際上真實行為 (3)把觀察轉變成想法，做為改進 (4)發展行為模型去解釋草圖的設計活動和 (5)評估 (6)決定所要的選擇 (7)最後，提供一套工具上的支援。但是，當圖像在實踐上不可能用手或一定不會是在短缺的注意力狀態下能立即產生時，Daru 和 Snijder 發現需要提供一些觸發圖像激發設計師的想像力。設計者可以導入一些非機能性的操作手法，例如錯置、爆炸、變形、反邏輯等等。簡而言之，透過各種各樣的對抗性操作轉換設計。Rosenman 和 Gero (1993)認為設計是在對於現在有事物，產生新的架構、新的單元物件、或是新的組合方式，並從改變設計原型的角度，提出一些可以產生創造力作品的方法：結合、突變、類比以及設計原理來推演設計。

### 不預期導致的草圖

根據 Goldschmidt (1991)的研究，不同的形式之間看的辯證及轉換被認為能刺激新想法。Schon (1992)認為草圖不單只是一種呈現設計師想法的方法也是具有輔助設計思考的功能。例如“素寫-檢視-修改”(sketch-inspect-revise)的設計過程即是設計師將腦中的想法畫在紙上然後檢測，然後，設計者會從草圖中發現無預期的關係或圖形再進行修改。如此，藉由設計師與設計媒材(此處指一般紙筆)的交換，產生一種無預期的發現 (Scrivener, et al., 2000)。Suwa, Gero 和 Purcell (1999)透過了解設計師的感知行為來定義草圖中的非預期發現。他們指出設計師在概念發展階段的設計行為是在非預期的發現及探索新議題或新需求中交互刺激的循環過程。換言之，非預期性的發現導致新議題或需求的產生；同時，議題或需求的產生亦推動另一次非預期發現的機制。

針對草圖特性的研究，可以歸納出含糊(vagueness)、不完全(incompleteness)、模稜兩可(ambiguity)的特性(Goldschmidt, 1994; Herbert, 1988; Scrivener, 1982)。Goel(1995)認為水平轉換所描述的概念草圖從一種想法轉換至另一種不同的想法是藉由草圖的含糊不明確性(ambiguous)所引發的，有助於設計的創意及開拓發展。不確定性是描繪(drawing)時觸發差異變化的首要要素(Scrivener, et al., 2000)。設計師將所見的對象(object)描繪下來的草圖不一定符合地展現此對象的記憶。故草圖能夠藉由記憶中顯露的錯誤產生不確定性。設計師透過識別失敗或透過增進對描述對象的推理，而能夠激發回憶起有利於不確定性的分析。

Kavaki et al(1999)主要研究視覺推演在概念設計發展階段生手設計師和專家設計師之間的區別。根據分析，他們發現專家與生手間顯著的差異在於生產力不同，尤其是指草圖的數量以及可供選擇想法的數量。他們將草圖作為推論設計問題的觸發物，並將認知行為劃分四個動作範疇：身體性、感知性、機能性和概念性。Suwa, Purcell 和 Gero(1998)以此四個動作範疇研究

草圖的認知行為。他們將設計行為描述成(1)身體動作 - 指身體的活動，例如畫草圖的行為，(2)感知動作 - 對視覺空間的感知活動，(3)機能動作 - 非視覺空間訊息的描述性活動，以及(4)概念動作 - 非因身體的生理活動及視覺空間感知而引發想法的概念性活動。

### 2.2.3 草模作為觸發方式

設計者運用自己的想像力和專業知識及經驗發展設計時，取用合適的表現手法和可行的材料與施工技術，逐步將腦中抽象的意念轉化為具體的建築物 (Liu 1996)。概念發展階段以草模作為研究設計問題的方式對設計師而言，最容易上手。它呈現的是一種三維思考，包含了基地資訊、量體關係、比例、材料質感等。其中對於設計媒材的選用，又依選材配置與即時視覺反饋最能刺激設計師的思考。另外現今電腦媒材的輔助工具已能將虛擬模型空間落實到現實世界，設計師將更能發揮他最大的創意。

#### 主動觸發—材料的選擇

三維思考媒材，包括觸覺的、綜合感知的身體經驗，是一種立體經驗。它可以是實體模型、可以是虛擬實境呈現、更可以是生活經驗的縮影。有關實體模型，最早可以追溯到古希臘時期縮小比例的陶土神廟，尤其自文藝復興以來，為了模擬真實建造的可能狀況以及二維圖面已不敷輔助其思考，模型被大量地應用於設計過程中（見圖 2-5）。



圖 2-5：設計媒材的演變，從陶土模（左）到木製模型（中），最後是電腦 3D 模型（右）(after Liu 1996)

實體模型作為輔助設計思考，端看製作材料的不同決定其思考內容。自文藝復興以來，模型做為設計過程中思考的產物，來研究量體、結構、皮層、涵構等等。這些素材又以硬式素材較廣為使用，例如各式木料、磚瓦、石材、竹構架…傳統房屋多為此類材料，其結構性較佳。軟式素材的可塑性較強，大部份用於草模階段，例如軟木、紙板、保麗龍、陶土、ABS 板、充氣材、彈性布、金屬片、浪板等。這些材料由於是製作 1/100 或 1/200 模型，不必擔心設計師受制於材料的結構方式而因此能增加設計師的想像力。



圖 2-6：設計媒材不同，所呈現的結構與風格亦不同(after Dietrich 2001)

現在的建築系學生時期製作模型的材料更多樣化，除選用易切割的材料，例如紙板、保麗龍，還可借助電腦“還原(undo)”的特性，製作容易修改的、不受物理限制的電腦 3D 模型。也許在概念發展階段還保留實體材料製作概念模的方式，同時，電腦建模亦廣泛地被應用。至今，電腦 3D 模型不再只是虛擬世界的產物，透過許多週邊設備所提供的服務，例如雷射切割、快速原型製作 (Rapid Prototyping) 等。快速原型 (RP) 系統，使用一個噴嘴產生熱塑性的層狀結構，這樣慢慢疊成要求的形狀。它可滿足專業的設計團隊進行更廣泛的建模需求，將任何的電腦三維模型製成真實的立體模型；可用來檢查模型的曲線及外觀，或進而試驗其功能性、裝配性和形體試驗…等，非常適合應用在工業設計、造形設計之用。設計師藉由這些技術能夠解除素材上的物理限制，形塑更為自由的形體，創造更符合自己想像的空間。

### 不預期的一自由形體與影像刺激

早期由 AutoCAD 繪製的二維圖面，是以線的概念刻劃出體的形態；而 FormZ、Rhino 等軟體，則是以面的概念來思考三維虛擬模型。電腦媒材所製作的模型，透過愈來愈自由建模方式，使得三維虛擬形體的發展更不受媒材的限制。另外，尚有利用造型文法所建構的知識系統創造數位化生成機制的機會。使用電腦媒材於構想發展階段，設計思考的思維模式會因電腦媒材的“操作”而形成概念、形象、操作三者之間的循環(Wong, 2000)。動畫、影像，已成形塑概念與形象的最速法。電腦三維虛擬模型透過虛擬實境、擴增實境等方式，直接展露本身的尺度感提供給設計者衡量。