

第二章 文獻探討

文獻探討內容共分四節，目的在於探討空間設計的傳統照明理論與電腦繪圖相關理論，以作為研究基礎。第一節為電腦繪圖(Computer Graphic)理論探究，藉以了解電腦繪圖之意涵、電腦繪圖的演進、特性與種類、應用領域。第二節對3D電腦繪圖與室內透視圖、3D電腦繪圖軟體的造形方式與3D室內透視圖工作流程進行了解。第三節為光影與照明，對傳統照明計畫深入探討。第四節則對3D燈光照明理論等深入研究探討。

第一節：電腦繪圖 (Computer Graphic) 文獻探究

電腦發展日新月異，演進非常之快速。

西元1946年，美國人 J. Presper Eckert和Dr. John W. Mauchly兩位科學家製造完成了第一部以真空管為零件的電腦(ENIAC)發明至今，約六十年。而最早於1962年，Ivan E Sutherland發明的一套繪圖系統，命名為「數位描繪板(Sketchpad)」後，發明到現在也僅有四十二年的光陰，其中也經歷多次的沿革與創新，在電腦科技的突飛猛進，如今電腦繪圖在許多領域被應用到，幾乎已到了完全取代手繪的能力（賴建都，民91）。回顧這一段電腦繪圖的發展，發現以往只有在昂貴的工作站級電腦才有電腦繪圖，因科技的趨勢讓電腦處理速度越來越快、體積越來越小，使得目前個人電腦功能足以與工作站級電腦匹配，也由於電腦售價不斷降低，應用軟體的功能與效率不斷地擴增、性能更高的電腦硬體設備不斷地被研發出來，因此，運用電腦科技於設計與藝術領域已不再是難事；以電腦為工具基礎的視覺創作已經成為目前影像創作的新潮流，不管是設計師和藝術家、學生，或專家學者可能都已意識到強大電腦功能所激盪出的無限新契機，如電

腦的應用提供了更多的創意選擇性、更大的執行效率，以及更精緻的設計等空間（Isaac Victor Kerlow、Judson Rosebush，著，張文山譯，民85），電腦其應用領域涵蓋範圍極廣，舉凡視覺傳達設計、空間設計、工業設計、服裝設計、傳統工藝、藝術創作、電影製作、資料統計、氣象預報、醫療科技及生物科技等，都可以看到電腦繪圖扮演著重要的角色。

從產業的立場而論（張明宏，民89），整個1999年電腦繪圖產業均呈現令人印象深刻的熱絡，總收益估計從1998年的633億美元上升到1999年的717億美元。這項數據包含了美國及非美國地區之供應商的軟硬體銷售、系統銷售、服務收入等費用。而最具代表的應用程式則有多媒體（包含簡報軟體）、CAD/CAM/CAE、繪圖藝術、繪圖技巧、動畫、醫學及科學的視覺化、虛擬實境與即時狀態模擬。Machover Associates 預期從1999年到2004年之全部電腦繪圖市場的年度複合成長率(CAG)約為13%（從717億美元到1337億美元），整個電腦繪圖產業可以說非常的蓬勃發展中。

由於電腦科技變遷快速，電腦繪圖各領域獨領風騷，其時代意義多樣。本節先釐清目前電腦繪圖之意涵，其次探討電腦繪圖的演進，進而分析其應用領域，最後敘述它的特性與種類。

一、電腦繪圖的定義

1960年，電腦繪圖(Computer Graphic)一詞最早出現在William A.Fetter的研究報告之中，當時他是波音公司的一位研究人員，用電腦繪圖來說明他的研究過程(賴建都，民91)。演變至今，其意涵在學術界，由於其應用範圍深廣，加上不同領域的學者對其意義的解釋可能不同，因此，本研究對電腦繪圖的定義由下列學者的詮釋中，釐出方向。

1. 狹義的C.G.是指平面美術設計、影像處理、立體造型及三度空間動畫等電腦繪圖稱之；而廣義的C.G.是指凡使用電腦來產生或編修圖形都可稱為電腦繪圖(吳鼎武，民87)。
2. 所謂「電腦繪圖CG:Computer Graphics)」，顧名思義就是使用電腦來繪圖之意。這原指是利用電腦處理影像或是創造圖形的一種表現技術總稱。換句話說，一般凡是利用電腦所創造的圖形或處理的影像均可謂之「電腦繪圖」(蘭德，民88)。
3. 利用電腦中經由鍵盤、滑鼠或繪圖板等工具，加以修改、剪貼、放大、縮小、旋轉、改變顏色，來繪製及處理圖形並且能夠列印出來。簡單的電腦繪圖可以在螢幕上畫出方、圓、線條，而較複雜的電腦繪圖程式配合高解析度的彩色螢幕，能製作出栩栩如生的三度空間圖形，具有光、影及遠近效果。(教育部線上國語辭典，民84)。
4. 電腦繪圖是將數值訊號以可視的圖形或圖像的形式輸出的技術，原就是以感性的，美的尺度之圖像式資訊為其處理對象。亦即，電腦繪圖是電腦處理的應用方面，唯一與藝術處於同一領域的世界(三井秀樹，民78)
5. 電腦繪圖是用電腦來繪製、儲存、編修、處理、查詢合呈現的一門科學(曾振遠，民73)

6. 電腦繪圖是應用電腦及圖形輸入、輸出設備，實現圖形顯示、輔助繪圖及設計的一門新興邊緣學科。他建立在圖學、應用數學與電腦科學三者結合的基礎上（應道宇，民 75）。
7. 電腦繪圖是一種極富有溝通功能的視覺語言，他利用獨特的語言來訴說，反映時代種種的現象，電腦繪圖作品更加精緻化並衍生出純手工無法完成的作品，提高作品的創意（廖佩玲，民 87）。
8. 電腦繪圖是從事美工設計、廣告設計、印前作業等平面設計行業中，藉著電腦的幫助從事於平面、立體繪圖等設計工作，設計者將文字及圖形資料利用電腦做輸入、輸出等處理之現代技術（王獻樟，民 84）。
9. 電腦繪圖對於科技發源地美國而言，字義上本身就已經說明了一切：「電腦繪圖就是一切運用電腦來產生影像的應用範圍」。此名詞也是電腦運算科技視覺化的一個代名詞。這是一種廣義的定義，範圍包含了各種影像顯示、輸出、硬體製造、軟體設計、工業輔助設計、建築、室內輔助設計、視覺傳達設計等，概括了科學、藝術與設計之領域（周宥嫻，民 89）。

綜合以上論述，可以瞭解到電腦科技是運用在人類生活中的科學、藝術與設計中。雖然現今在專業上分工細膩，不過電腦的使用卻是一直在各領域中被視為最有潛力的科技工具。

本研究站在設計的立場，將電腦繪圖定義為：「電腦繪圖是透過各種輸入設備、中央運算處理及視覺輸出設備的一種表現技術，以表現繪圖理念的一種工具，透過其快速與精準處理運算，對於創作者本身或委託者提供正確的表達工具」。

二、電腦繪圖的演進

科技工具的誕生影響生活各個層級，尤其是電腦的發明，加快處理資料速度。對於資訊爆炸時代，當電腦開始普及應用到我們的工作與日常生活時，一個高產能的資訊時代開始降臨。

電腦發展歷經了幾個時期(表 2-1-1)。

| 年代 | 使用元件 | 軟體 |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 第一代 1946 至 1958 年 | 真空管 (Vacuum Tube) | 機器語言 (Machine Language) 或 組合語言 (Symbolic Language) |
| 第二代 1959 至 1964 年 | 使用電晶體 (Transistor) | 高階語言 (High-Level Language), 如 : FORTRAN 或 COBOL 等來設計應用程式 |
| 第三代 1965 至 1970 年 | 使用積體電路 (Integrated Circuit 或簡稱 IC | 繼續發展簡易的高階語言如 BASIC 或 C 之外，使用「作業系統」與「套裝軟體」是本階段的重要特色 |
| 第四代 1971 年 起以迄 今日 | 使用大型積體電路 (Large-Scale Integrated Circuit 或 稱 LSI) 或超大型積體電路 (Very Large-Scale Integrated Circuit 或 稱 VLSI) | 以功能導向、接近自然語言的 第四代電腦語言 (The fourth generation language 或稱 4-GL), 如 : SQL 或 DBASE 等 |

表 2-1-1 電腦發展歷程
資料來源：國立空中大學，民 89

在整個電腦發展中，1950 年代則是電腦繪圖的萌芽時期，在這個時期，電腦仍屬於初始的技術研發階段，應用的層面也大多限於數

字的運算和科技的使用範圍當中。由 1960 年代電腦繪圖藝術開始初期的發展經 1970 年代到 1980 年代，個人電腦發明，硬體價格下降，繪圖軟體出現。1980 年代到 1990 年代至今，電腦科技藝術是整合影像文字和動畫多媒體時代及虛擬實境的一個嶄新的方向（廖佩玲，民 87）。

（一）電腦繪圖發展

1. 1950年代

在1950年代早期的電腦繪圖(CG, Computer Graphics)萌芽初期，電腦本身仍屬於初始的技術研發階段，大致是應用於科學運算的模擬運作，如太空飛行、軍事演練模擬等，此時的電腦繪圖僅限於數字的運算和科技的使用範圍，（王涵薇，民92）經過電腦的輸出入方法進一步的發展可以直接處理視覺性的圖形之後，電腦開始引起了一些從事藝術工作者的注意電腦乃被帶進了藝術的領域，於是利用電腦從事藝術創作的活動便逐漸的活躍了起來，並形成了電腦藝術（張恬君，民 84）。

當時一些電子儀器產生的「電波圖」或「抽象圖案」，應該是心腦繪圖的始祖；究竟是何時電腦第一次被用在藝術的表現上？從文獻的研究中，很難去確定時間，但有一點可以確定的是，第一次在電腦上完成圖案的表現設計，應該是擁有數學計算與機械工程背景的科學家。這當中最早使用的應該是Ben F.Laposky。他是出生在愛荷華州的印第安人，由於他是一位藝術家兼工程師，因此，使他有機會運用電子儀器去產生一些圖案。早期的電子圖案都是由科學家在實驗中所創作出來，這種情形一直延續到1960年代才結束（賴建都民91）。

2. 1960年代

在1960年代，在美國波音公司研究員William A Feeter的研究報告中，出現了「電腦繪圖」(CG, Computer Graphics)一詞。這一時期，大部分藝術家的觸角停在觀望的腳步，主要電腦繪圖的研究人員仍是科學家，由於是在發展的初期，因此電腦繪圖必須由人設計程式的方式展現，操空介面人性化程度低。

此階段所呈現的作品以點線面的變化為主，此時的做品以數學運算為基礎，在呈現上非常難以直觀與具體的控制呈現，直到數位描繪板(Sketchpad)的發明，電腦繪圖對使用者（藝術或科學家）而言可以說是劃時代的突破（賴建都，民91）。

3. 1970年代

1970年代以後，在電子科技的強勁發展中產生了功能強大的「超大型積體電路」，之後產生的第四代電腦不斷升級發展，就是所謂的「微處理器電腦」，隨之1973年微處理器8080又成功的推出，個人微電腦時代已經來臨了。

此時期，由於電腦體積縮小許多，也不再為高價電腦時代，促使藝術家有更多的機會利用電腦創作，更因為由電腦繪圖科技模擬傳統繪畫媒材的技術出現，與1983年蘋果電腦(Apple Computer)推出第一部麥金塔(Macintosh)電腦首創人機界面(GUI)的個人電腦，使得難以操作的使用界面和指令轉變為友善的電腦平台工作環境，這樣友善、簡易的工作界面，使得更多的視覺藝術工作者，更樂意運用電腦從事繪圖與各項藝術創作（柯萱玉，民90）。

4. 1983 1990年代

自1984年美國蘋果電腦公司發展麥金塔電腦系統以來，短短十年間，設計者對此軟硬體之神奇著迷不已。由於此麥金塔

之推出，改變了設計者之思考及工作方式，我們稱之為電腦革命。麥金塔的誕生給予平面設計人前所未有的廣闊創作空間。設計者能把一般無法用傳統繪圖工具或攝影鏡頭產生之特別視覺效果交給電腦來處理（劉心明民85），更因電腦桌上排版(Desk Top Publish, DTP)的盛行及印前(Prepress)工業數據化的形成，使電腦繪圖的輸出有了新的面貌呈現。圖像自電腦直接輸出的精緻、準確、美觀的程度，幾乎可以同照片比美。另一個明顯的發展是電腦動畫的技術已漸趨成熟，並大量應用在廣告的特殊效果上，提供了另一層面的視覺享受。另外「多媒體時代」的來臨也是一個明顯的發展，這種整合科技應用在藝術上的表現方式，就是把攝影、電影、通訊、視訊、音樂、表演等各種特殊的專業知識結合電腦一起運用。故此期的電腦藝術創作，已經跳離了單人的藝術創作層面，而進入集體創作的型態（楊雲浩、申曉雲，民82）。

5.1990至今

現今的電腦繪圖發展多彩又多姿，以在電影中而言，幾乎全由電腦繪圖創造主角與場景，運用電腦特效，滿足視覺享受；虛擬實境技術的發明，不再只是透過螢幕的傳達，利用特殊視覺工具，讓人身臨其境，配合寬頻網路的發展，應用層面更開廣；娛樂遊戲方面，隨者六十四位元電腦的發明與顯示卡高階的運作，遊戲產業如日登峰；設計與藝術方面，藉由細膩的品質表現，教育與業界無不重視其應用；醫療方面，透過輸入設備的掃描，清晰呈現人體各角度視圖；軍事科技方面，運用電腦繪圖於模擬訓練；氣象撥報方面，利用電腦繪圖的呈現，其效果非常具體。

上述所提，只是電腦繪圖在今日的部分應用，但可以很清楚的發

現，電腦繪圖正改變人的圖文傳播與呈現方式，其所引發的圖像改革，方興未艾中，對於視覺所引發之效應持續改變中。

可預期的，電腦繪圖在未來的發展中，透過其對圖文特殊的詮述方式，只要是有關圖文的產業發展，絕對是成為非常重要的工具之一，電腦繪圖的發展與知識將會成為在人類歷史中，重要的一頁。

(二) 3D電腦軟體發展

3D電腦軟體是電腦繪圖的發展的一環，可由以下發展沿革與應用領域深入了解。

1. 發展沿革：

1964年在美國貝爾實驗室(Bell Labs)的肯尼斯，諾頓(Kenneth Knowlton)開始利用電腦科技製作動畫影片，從此動畫界即邁入電腦動畫的時代(陳美鳳，民86)。1960年代電腦動畫崛起，1970年代電腦繪圖的著色描影和模塑演算法也相繼問世，1980年代發展出影像寫實且逼真畫面，也提供了更具臨場感與實用性的電腦動畫，故此，影視媒體便頻頻掀起電腦動畫的熱潮(王涵薇，民92)。1985年以後，電腦處理繪圖在形態、質感等造型要素的表現上日趨成熟，並超越了平面與靜態的表現方式，逐漸發展出模擬立體空間影像表現的三度空間電腦生成圖像，模擬出依照真實世界中應用線性透視產生的深度知覺、光線、陰影的三度空間電腦動畫。3D電腦動畫讓藝術家可以輕易的製造出如攝影般逼真的夢幻圖像，事實上追求其實世界的影像模擬一直是3D電腦動畫努力的方向，也就是所謂的Realistic Visualization(呂振東，民89)

2. 應用領域

3D電腦繪圖是電腦繪圖發展中重要的一個部分，所呈現

的圖像有動態與靜態，而主要的領域涵蓋於工程與視覺方面。

在工程方面，即所謂的電腦輔助繪圖，最大的應用在機械製造業零件圖與空間設計施工圖繪製，Autocad 是這方面常用的軟體，可以繪製 2D 與 3D 的圖，衍生到後來，在室內空間設計方面的這類軟體有圓方室內設計軟體、空間大師、Auto work 等，可以直接由平面 2D 圖自動轉為 3D 空間圖，亦可製作導覽動畫，更可以輸出材料報表，估算成本等，大大的提升效益。

於視覺應用方面，即是常見的3D電腦動畫。從動畫原理中得知，動畫是一連串靜態圖片的連續呈現，也因此靜態與動態呈現上，都可以見到其應用。這一類軟體主要用於電影、遊戲、藝術與設計等高品質效果的呈現。

何從更於其研究論文中（民92）指出當3D電腦繪圖繪製建築外觀時，更能將設計者的色彩與美學意念，先一步在螢幕上充分表達出來，與業主做一套完整的溝通，這種便利性和易於修改性，就是3D電腦繪圖最優越的功能，因此當時許多用3D動畫為表現方式的建設公司廣告專案推出。在電視廣告中以奇特的視覺效果不斷播放，使許多視覺傳播與商業廣告界的設計工作者發現3D影像視覺虛擬的神奇效果，因而開始嘗試以3D軟體工作程序，來加入商業廣告與視覺傳播的領域。3D軟體開始被用來製作簡單的動畫影片，商品廣告擬人化動作或是商標、符號和標準字的金屬或水晶特效等，發現非常容易達到視覺上所要求的效果，因此從電腦進入到商業廣告領域後，3D軟體也開始發揮功用。

當廣告設計工作溶入了3D軟體，自然也開始有插畫家去嘗試這一項新工具。但這種發展較為緩慢，除了因為當時個人電腦硬體功能有其限制外，更多的困難在於3D製作模型太

過繁複。要在1990年以前的3D軟體中製作出一組精緻又能滿足設計繪畫者滿意的模型，其間所要養成的專業技術問題與耗費的時間，簡直讓設計繪畫者根本不敢奢望這樣的新工具加入到設計繪畫領域之中。但隨著3D軟體不斷朝易學易懂的方向去發展，製作的新工具一項項被開發出來，軟體價格又越來越大眾化，使得設計繪畫或商業設計工作者，試著將3D影像加入到作品當中，成為追求多元化表現的新選擇。

早期只有在工作站級的超級電腦才有這些視覺應用的軟體，而隨著硬體與軟體迅速的開發，使的個人電腦上的執行效果能匹配工作站級電腦，因此讓早期在工作站才能運作的3D動畫軟體，也運用在個人電腦上，

（三）3D電腦軟體種類

市面上流行的3D電腦繪圖軟體有很多，可概略分為大型、中型、小型三種（宇風多媒體，民90）

1. 小型3D電腦繪圖軟體

小型3D電腦繪圖軟體數量最多，如True Space、Raydream 3D、Extream 3D、CorelDream3D、Animation Master、Bayce 3D、FormZ、Cool 3D、Poser 等等。這些軟體最大的特點是價格便宜、體積小、簡便易學，但缺點是往往只注意某一個方面的功能而忽略了其他特性。當然，小型設計軟體也有優點，如True Space 有繁體版、Animation Master擅長卡通製作、Bayce 3D長於山水自然景觀的製作、FormZ 支持的檔格式非常多、Cool 3D在製作3D文字和網頁設計中表現出色、Poser則側重人物造型等等。

2. 中型3D電腦繪圖軟體

中型3D電腦繪圖軟體包括Lightscape和LightWave。前者專長於渲染的3D電腦軟體，不能製作，只能輸入其他3D電腦

軟體的作品賦予材質、燈光進行渲染，是一流的渲染器，能產生出彩色照片般的效果，缺點是只能完成攝影機視圖動畫，多用於建築內外渲染。現以被KINETIX 公司買入，已融入3D Studio MAX5.0。

Lightscape R3.2 極大地加強該軟體的易用性並整合與Autocad、3D Studio VIZ 和3D Studio Max 軟體資料的交互共用能力。Lightscape R3.2 專門提供建築師、設計師和數位化工作創作者，供他們探索並創建極其卓越的真實感圖形渲染。對於那些 使用AutoCAD、3D Studio VIZ、3D Studio Max 和其他的行業標準應用軟體的專業設計人員來說，Lightscape R3.2 軟體用真實世界的光照模擬來創建可視環境下的照片真實感覺。設計者用Lightscape軟體製作場景的原型，用指定的材質和光照條件渲染自己的設計模型，展示給客戶看，並與之溝通交流。

LightWave的特點是操作介面簡明扼要，雖然比較容易掌握、擅長渲染，但在造型的柔韌性上較欠缺，功能的全面性稍顯不足，而且國內參考書太少，資訊交流相對減少。

3. 大型3D電腦繪圖軟體

早期在動畫市場上幾乎是以工作站(SGI)等級的3D電腦繪圖軟體為主，一套軟體的價格動輒以百萬元計算，當時能買的起這些設備的大都是規模較大的動畫公司或是影視後製作公司，所承接的動畫單價是以秒為萬元起跳，以一支20秒的全動畫廣告影片為例，其動畫製作(不含剪輯及配樂)的估價就約在二三百萬元之間。當時在PC上所執行的動畫軟體較具知名度的就是Crystal Topas、3D Studio、與LightWave，這些軟體在功能上一直無法與工作站級軟體抗衡。直到1996年，Autodesk將旗下的3D Studio(dos版)移植到Windows NT

平台上，3D也開始進行平台轉移的動作。接著，Alias/Wavefront公司也宣佈新版MAYA推出日期。1997是關鍵性的一年，Softimage、MAYA和3D Studio Max跨入到NT平台。自此，國內動畫軟體的選擇進入多樣化時代(廖一庭，民90)。

4. 軟體演算技術

3D電腦繪圖軟體發展中，以擬真效果而言，初期並不理想，尤其在燈光效果計算方面，如空間設計的光照表現影響。因此，一些輔助軟體在此階段紛紛出現。

這類軟體依演算技術可以概分為光子(Photon)與熱輻射(Radiosity)兩大類。

(1) 光子

這類輔助軟體通常要另外安裝在3D電腦繪圖軟體中，也就是所謂的外掛程式，它的運算方式是將光的漫反射以光子方式計算。當光源發射出光線後，受光物體會發射出一定數量的光子，其強度取決於材質顏色值與光的強度，光子數量越多，畫面品質越細膩，但演算時間相對增加，常見的軟體有Mental Ray、VRay、Brazil與Finalrender等。

(2) 熱輻射

此類軟體一般稱為燈光照明軟體，主要以演算光照為主，通常建模功能較弱，必須在3D電腦繪圖軟體或Autocad中建模後，再導入，以完成材質與演算燈光。與前述最大不同點是在於現實燈光的表現方式，它可以將常用燈具規格(強度、色溫等)透過特殊文件如IES規範。此外還能依照空間尺度、材料的表面屬性(反射率、折射率、色溢、光滑度等)，計算場景中的光照，非場適合模擬現實世界中光照的分析與表現，效果往

往如照片般。

這些軟體有Dailux、Lightscape、Lightcad等，其中以Lightscape最常為人使用。Lightscape具有良好的運算品質，對模擬現實世界中的光照，具有相當良好的採信度，根據劉家銘(民92)等人於單邊採光教室室內光環境現況與電腦模擬預測之研究中指出，Lightscape確實具有有效反映光環境的狀況，因此併入Lightscape的3D Studio Max，在功能擴展上，無疑的是提升了軟體競爭地位。

目前Lightscape逐漸移植到3D Studio Max中，使得其功能日趨強大。

(四) 3D Studio Max發展與塑源

十年前Autodesk推出了第一套在PC Dos版本上執行的3D動畫軟體 3D Studio，軟體一推出立即造成動畫市場上的一陣旋風，3D Studio憑藉著Autodesk的Autocad的市場佔有率及專業技術開發背景，再加上價格的優勢，使得雄霸多年Crystal Topas不得不拱手讓出PC動畫市場的大好江山。

1996年，Knetix成為Autodesk多媒體的製作及研發團隊，在Windows NT及硬體規格皆已成熟的情況下，Kinetix正式推出3D Studio Max第一代NT版本，直到2000年前才將整個團隊移轉到Discreet，藉由Discreet高階影像市場上的整合，3D Studio Max儼然成為專業動畫製作公司的最佳選擇(廖一庭，民90)。

3D Studio Max開發的初期在功能上並不是那麼的完整，在建模及輸出畫面的品質皆無法令人滿意，使得許多人誤以為其只能製作到遊戲的水準，如果遇到大型的專案或是高品質的電視廣告則無法應付，但不可否認的是，各類型的教學書籍及網路上關於3D Studio Max

的資源實在是太多，這一點的確對於3D Studio Max在國內動畫市場上的推廣有相當的助益，加上3D Studio Max的應用範圍極為廣泛，像是電影特效、廣告片、建築、多媒體、虛擬實境(VR)、網路等媒體的製作都少不了3D Studio Max的輔助，造就國內學習3D Studio Max人口眾多的原因(廖一庭，民90)。

三、電腦繪圖的種類與特性

傳統繪畫以畫材為主要的分類依據，如麥克筆、粉彩、水彩、油畫等，電腦繪圖種類則可以依空間向度與繪圖方式來做分類依據。

依空間向度可分為2D電腦繪圖與3D電腦繪圖。

(一)2D繪圖

2D (2-Dimensional) 的繪圖方式以平面為主，構成圖形的元素主要是色塊，透過色塊的形、單一顏色或漸層顏色、透明屬性與陰影等方式組合成圖與像。其主要應用範圍廣泛，如插畫、封面設計、版面設計、形象設計與 2D 動畫等。

(二)3D (3-Dimensional) 電腦繪圖

3D的繪圖方式以立體為主，其物件除了包含水平、垂直與斜線方向外，它還包含了深度 (Z軸)，可以從各個視角或攝影機來觀察物件的造形。在場景中，還可以指材質參數與與燈光參數，模擬設計完成的實物或實景。其主要應用範圍如電影動畫、3D 遊戲、空間設計、虛擬實境等。

就繪圖方式而言大概分為點陣式繪圖 (Bitmap Images) 和向量式繪圖 (Vector Graphics)：

(一)點陣式繪圖

在點陣圖影像上不管是直線或圓形，都會被電腦轉換為一個個小小的正方格來記憶，每個小方格稱為像素 (Pixel)，每個像素都有一個明確的顏色。由於點陣圖可以很細微的表現出色彩的差異性，所以一般的照片或是風景插畫等等，色彩複雜的圖形。單位面積內所包含的像素數量，就是一般所說的「解析度」。解析度越高，意味著單位面積內所包含的像素越多，越能表現出圖形細微的部分。點陣圖是以排列像素來呈現影像，與解析度有著密不可分的關係。如果將點陣圖的解析度調整低於原先建立時的解析度，或是在螢幕上過分放大，就會造成點陣圖影像

產生鋸齒邊緣（圖2-1-1-1）和色調不連續的情況(施威銘研究室，91)。



圖 2-1-1-1 點陣圖放大後的鋸齒 資料來源：研究者繪製

雖然因圖影像產生鋸齒邊緣產生品質較低的畫面，但在繪畫創作上卻是一嶄新的創作風格--像素風格（圖2-1-1-1）。

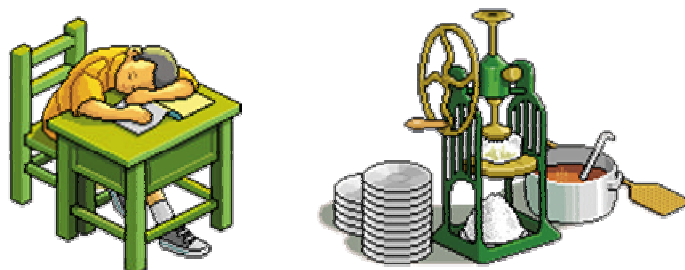


圖 2-1-1-1 像素風格 資料來源：王開立，民 93

像素圖形的輪廓線為求清晰深刻，所以在繪圖時避免使用影像軟體中「反鋸齒邊」(Anti-Aliasing) 效果，讓畫面出現明顯的鋸齒現象；特別是在作品經過等比放大後，這種情形便一覽無遺了。此外，通常使用黑色線條描繪圖形，使物件的輪廓更加鮮明，更具有凝聚力(王開立，民93)。

(二) 向量式繪圖

向量式繪圖(圖 2-1-2)利用基本造型來組合出圖像,包括點、直線、連續直線、圓、矩形等。每一幅圖形會記錄所使用繪圖元素在圖形中的位置、大小、方向等資料。最大的特色是利用

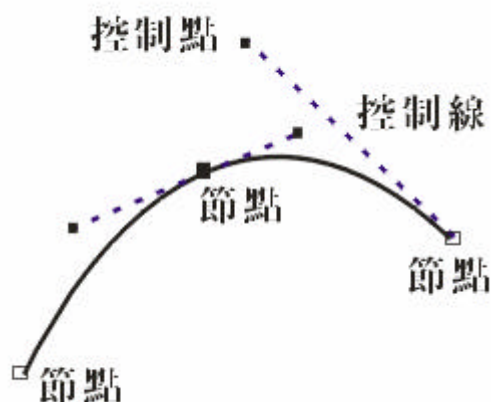


圖 2-1-2 向量式繪圖原理一

資料來源：研究者繪製

節點及節點間的直線或曲線構成圖形,節點可利用移動工具移動,各節點之間的線可使用控制點來改變,控制點儲存各節點的資料和控制的一些數據,最後階段加上顏色或材質便具備了一個圖形最基本的形成要素,即形態、色彩、材質。

向量式繪圖的節點與控制點是以數學方式(圖 2-1-3)記憶其幾何屬性,是由數學座標組合,在編輯向量圖形時,如放大或縮小,這些點及線都必精密的方成式所紀錄著,因此影像不會失真,幾乎功能較完整的繪圖軟體都會用到向量技術。

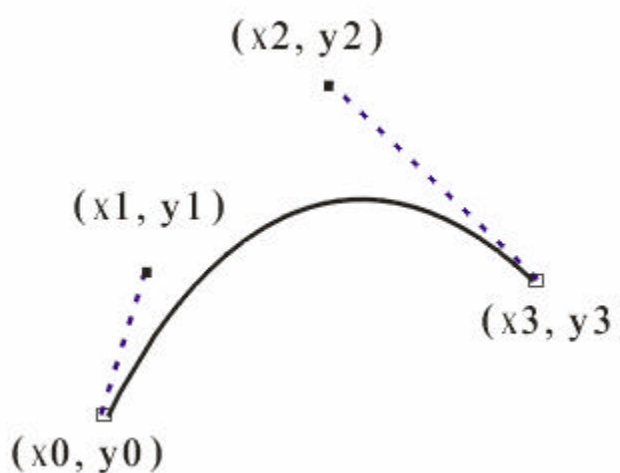


圖 2-1-3 向量式繪圖原理二

資料來源：研究者繪製

雖然將電腦繪圖依繪圖方式而言大概分為點陣式繪圖和向量式繪圖，但大多數的電腦繪圖軟體通常或多或少皆具備點陣與向量的功能，如Photoshop，儘管常被歸類為點陣式軟體，卻也有向量的功能，以處理較曲圓的圖像，尤其是在選取時，其路徑功能正是向量應用。

再看以向量圖處理為主的CorelDraw，在其功能表中，可以看到點陣圖專用的處理，而最特別的是3D電腦繪圖，當改變物件上一點的空間位置時，是以向量處理，清楚的紀錄點的資料，而在掃描將貼圖賦予物件後，物件之表面上卻是點陣的應用。

電腦繪圖有別於傳統繪圖，藉著其近光速的運算方式，有許多特性正深深吸引著許多的創作與設計家，不論是逼近真實的光影計算或是超寫實的創作，或是影像合成與向量式色塊構成的寫實及抽象等，都是電腦特性的發揮，讓它能應用出許多的藝術與設計風格。電腦繪圖到底有何特性與特質呢？透過幾位學者的分析來做一深入的瞭解。

在「創意數位插畫」一書中（張惠如，民93）提及在電腦硬體的進步與搭配下，透過攝影機、錄影帶、數位相機、掃描器、印表機等，所製作的作品已普遍影響到傳統的影像輸出。而電腦繪圖的應用也已非常普及，它不但可以省去調配顏料、準備工具的麻煩，而且在複製、修改、合成、縮放、分割、變色、製作特效等各方面表現上也都非常便利。數位插畫在電腦及功能強大的軟體輔助下，除了上述的優點外，在整體的表現上還具備了許多特質，茲分述如下：

1. 模擬傳統媒材

許多電腦繪圖及影像合成軟體企圖模仿傳統繪畫和攝影技術，在電腦圖像上尋求接近傳統手繪圖像的質感與特性。

2. 豐富的色彩

許多藝術家和設計師在評介電腦對於其在繪畫工作的助益時，都

會提及顏色使用的問題。電腦軟體所能提供的色彩種類及數量之多，對插畫創作空間的拓展頗有建樹。

3. 現成影像的運用

彩色掃描設備的研發成功，也使得電腦更容易接收運用來自四面八方的影像訊息與資料，而插畫創作者及設計師們更可依軟體所提供的功能在已輸入的影像資料上進行各式各樣的整合表現。

4. 影像合成

圖像的合成與拼貼在傳統的印刷製作中，無論是現成物的拼貼抑或是印刷製版分色的過程，在處理程序上耗時費力的程度，皆大於電腦的製作。由於電腦對影像的處理是數位式的，處理的效果又可經由螢幕立即顯示，更允許創作者進行多方嘗試與修改，因此在拼貼與合成效果的表現上均比傳統來的豐富和多變。

5. 空間感的表現

在強大軟體功能的輔助下，數位插畫在空間的表現上也更加的活潑、多變。在電腦繪圖及影像處理軟體的強大技術支援下如3D軟體、網頁動態軟體等，數位插畫創作者可以無限地揮灑創意，為數位插畫增添了比傳統平面插畫更多空間性表現的可能。

6. 運用幾何原理

在電腦繪圖的領域中，幾何圖形是最基本的工具，就數位資料而言，幾何圖形在繪圖中也最容易表現，只要一個簡單的指令就能繪出幾何圖形，只要一些參數上的更改，就可以改變造形，如改變大小或方形導圓角等，再透過這些基本幾何形的組合，便能衍生出其他較複雜的造形。這樣的方式在現代藝術或是設計的素描教育中也常被運用。

於映象藝術一書中（張恬君，民 86）指出電腦繪圖具有以下幾點特性：

1. 精確性（Precision）

可以很精確的畫出很複雜的數學圖形。

2. 複製性 (Iteration)

可以無限制的複製圖形。

3. 變形性 (Transformation)

可以任意將圖形放大、縮小、旋轉、平移、變形、剪貼和編輯。

4. 意外性 (Serendipity)

可以做實驗性的探索，而得到意想不到的結果。

電腦繪圖與電腦動畫的美感與創意一文中（張恬君，民86）指出3D電腦動畫有以下的特質：

1. 建立模型工具之方便。

2. 光線與陰影表現。

3. 亮點具反射的特質。

4. 光影追蹤保衛了3D動畫在娛樂界的根據地，程式設計師追求創造出完全電腦化，純粹3D的動態影像，其優點為：「精確性高、可複製性、及時性、可塑性高、變化空間大、應用廣」

由電腦繪圖與構成表現（蘭德，民88）一書中指出電腦繪圖設計表現的三項特性：

1. 可視性 (Visualization)

電腦繪圖最基本的特徵，可以說是利用數據作為中介對象，使之化為眼睛能看得見的形態。嚴格來說在此所謂的可視性，主要是利用三次元電腦繪圖為核心的影像處理技術，將計算或設計的結果，以直覺或易於明瞭的形態，使人們看得見的一種表現手法。

2. 模擬性 (Simulation)

所謂模擬，其實就是為了預估當實際執行某事物的結果，所作的一種類似模型或替代物之實驗。嚴格來說模擬並非是電腦發明後才擁有的特性，乃是人類自古以來，傳統手工就已採用過的方法。只是由於電腦的發明，這種模擬手法才得以更加快速的發

展，而且更加方便化、普及化罷了。

3. 互動性(Interactive)

電腦跟過去所有的媒體或資訊技術比較，確實充滿著無窮的潛力。而且，如果搭配原本只能單方向溝通的幻燈、錄放影機、碟影機、錄音機等系列的視聽設備，即可構成嶄新的雙方向資訊傳達系統。這種由電腦所構築而成的互動性，正是史無前例非比尋常的特徵。

當代美國點腦藝術工作者帕屈克 (Patric D. Prince, 1986) 曾提出八項電腦藝術之特質：

1. 形式的反覆
2. 即興式
3. 可變的視心
4. 真實世界的模型
5. 紋理或質感
6. 色調變化
7. 交互作用
8. 設計元素性程式

由以上論述可知電腦特性豐富了藝術與設計，儘管有些學者認為其缺乏人文的精神，是高科技生冷的結晶，或將電腦歸類為只是工具，創意才是精神靈魂所在。面對這樣的質疑，一些電腦繪圖創作者確有其獨到的看法，認為電腦不只是工具還是表現的媒體，以極快的速度創造出新造形領域。儘管電腦是一種技術或手段的實務，理論與實務發展應是相輔相成，若鄙棄電腦特性，相信縱然有高深的理想，在表現形式上勢必受阻，較難已有新的形式產生，這正是藝術或設計要深思的另一條路。

萬物演變都有其一定道理，就如同藝術由具象時期演變到抽象時期，工具的變革與媒材上的開發必有它演變的依據。而現今文明進步的步伐仍然持續演進，也許未來新的造形方式會取代現今，倘若學習藝術或設計能掌握此一原則，類化運用在學習新事物的產生，乃至於創造新工具，相信不至於淹沒在時代的洪流。

四、電腦繪圖的應用領域

電腦繪圖的呈現方式視使用者欲表達之目的而定，一般可以分為靜態呈現與動態呈現。以靜態呈現時就是一般的平面設計；以動態呈現時，可稱為電腦動畫，可分為 2D 電腦動畫與 3D 電腦動畫。

以空間設計為例，當建築設計業者，在競圖或是向客戶說明設計時，目前最能表達理念的做法是，利用室外與室內動畫向另一方展示其設計，憑藉著三度空間動畫的表現方式，所達到的效果絕對是非常之具體，也最能說明其設計；若是透過平面媒體的報紙與雜誌宣傳或向客戶說明室內格局與家具配置時，靜態平面圖與透視圖是適合的呈現與解說依據。在動態與靜態之間並無絕對的優劣，端看展現的目的與使用媒體而定。

電腦繪圖或其應用領域分類，若要將其詳細列出將恐有困難，原因是它深入生活各層面，運用於大範圍產業如藝術、設計、教育、醫療、遊戲娛樂、電影動畫特效與科學的裝置模擬等，很難真正界定出界線，加上它又不斷的升級，難有分類準則。本研究認為，不論 2D 或 3D 皆有動靜態的呈現，若以動態與靜態的觀點，有以下之應用方式：

(一) 靜態表現方式

1. 插畫表現

傳統插畫具有多方的表現方式與技巧，電腦繪圖可以結合以傳統為基礎，先以手繪勾勒出外型，後進入電腦處理，利用數位板或滑鼠，藉其數位畫的繪圖特性更能豐富了插畫的表現。

2. 視覺傳達與影像表現

視覺傳達設計最常見的如海報、宣傳、卡片、封面、包裝、型錄、企業識別設計等，目前透過電腦化的做業，顛覆傳統製作。以影像合成而言，傳統以人工方式來拼貼圖文，時間

成本增加，而透過電腦繪圖，其方便性與時效性非傳統能比，加上其創新的風格，正持續取代以往，甚至未來將以無版印刷為主。

3. 立體造型表現

如汽車的機械零件或工業用機械零件製作、木材加工或雕刻，透過 CAD/CAM 軟體自動輔助製造，提高了精密性、準確性，並可以大量生產。

4. 空間透視圖表現

常見的建築外觀透視與室內透視皆是 3D 電腦透視圖的表現，以幾近真實的效果慢慢取代傳統手繪透視圖。

(二) 動態表現方式

1. 虛擬攝影棚、廣告與宣傳片頭設計

虛擬攝影棚是透過合成方式將人物於 3D 場景中，產生新的展現方法，影響電視媒體呈現方式；以往廣告必須有真人演出，透過電腦軟體創造的人物，除了節省時間外，也能節省人事成本。

2. 電影動畫製作

電影產業目前大量使用 3D 動畫，如魔戒、玩具總動員、史瑞克、駭客任務等，透過電腦特效與逼真演出，讓電影產業正處於另一高峰。

3. 遊戲角色場景與軟體開發

遊戲自從電腦產業發展以來，被視為最熱門的商業，運用的技術涵蓋層面廣闊，在台北世貿電腦多媒體展中，不論是 2D 或 3D 遊戲，皆可看到其受愛好的程度。

4. 空間設計動態展現

空間設計有了 3D 電腦繪圖後，可以直接在場景中，遊走一次，預見造形各項元素的設計。

5. 網路虛擬實境

3D 電腦繪圖透過網路與 VRML 應用，將立體影像呈現給使用者，如虛擬商場、故宮的虛擬博物館等。

6. 互動多媒體

多媒體結合了文字、聲音、圖像等，有 2D 與 3D 方式，更有動靜態電腦技術的綜合運用，在教育訓練中常被大量使用。

第二節：3D 電腦繪圖與室內透視圖

一、3D 室內透視圖

3D 電腦繪應用於室內設計透視圖時，可以稱為效果圖或 3D 室內透視圖，它是隨著電腦技術發展，出現的一種新的繪圖方式。隨著電腦應用到藝術與設計之中，成為空間設計的有力工具，幾乎只要是能繪製 3D 的軟體都可以勝任。

電腦繪製室內透視圖之方式，頻繁的出現在各種設計方案的競標、報紙、雜誌與房地產的宣傳廣告，成為設計師展現作品與吸引業主獲取設計的重要方式。3D 電腦繪應用越來越受到設計師的重視與青睞。

3D 室內透視圖似乎為設計師向業主展現其作品的設計意象、空間環境、色彩效果與材料質感的一種重要方法，它根據設計師的構想，利用準確的繪圖技巧，將二度空間轉換成具有立體感的三度空間，有別於傳統手繪透視，其操作方式與傳統手繪在介質及過程上存在著極大的差別，不過就美學方面卻是大同小異，皆需注意畫面構成的美學原則。

如圖 2-1-4 與 2-1-5 是兩種風格的比較。（李紹勇，民 93）



圖 2-1-4 3D 室內透視圖
資料來源：火星時代動畫網，民 93



圖 2-1-5 傳統手繪透視
資料來源：濱? 普作，民 81

二、3D 電腦繪圖軟體的造形原理—以 3D Studio Max 為例

電腦是藝術或設計使用工具之一，創作者藉由工具來表達其理念，因此電腦應該是在造形人文主導下，而非電腦主導創作或設計。

縱觀藝術或設計造型方式的演進，其演進如圖 2-1-6：

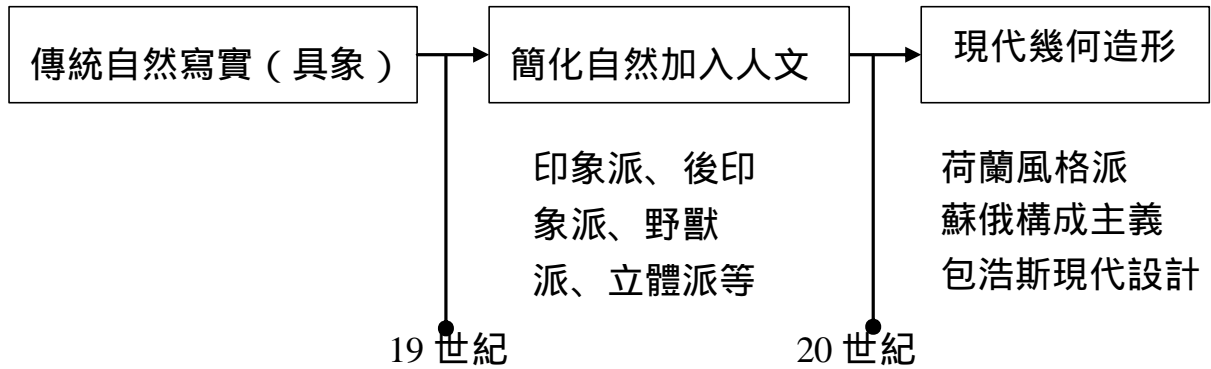


圖 2-1-6 造形表現形式的改變

資料來源：林品章，民 88

造形演變的過程從具象到幾何造形，而幾何正是現代設計主要思想，此一風格至今仍繼續影響藝術或設計，簡約風格亦是現代幾何的詮釋之一。

在電腦繪圖軟體繪圖工具中能發現 (圖 2-1-7、2-1-8) 不論是平面或者是立體指令，其造型方式絕大部分都可以見到幾何圖形的運用，可以說是現代人文幾何式的延續或是其方法技術的改變，並無離現代人文幾何的造形範圍。



圖 2-1-7: photoshop 中的幾何造形工具

資料來源：研究者整理



圖 2-1-8: 3D Studio Max 中的幾何造形工具

資料來源：研究者整理

現代設計教育體系中，認為任何一個可見的事物都有其形成的要素存在，不論是具象造形或是抽象造形，皆存在共通的造形原理。設計者對造形要素的瞭解必須非常的清楚，方能隨心所欲的運用各種材料與造形工具以表達設計的理念（林崇宏，民 86）。以下從現代室內設計構成要素—形態、色彩、材質、空間與光線等，並以 3D 電腦繪圖演算技術，來分析 3D 電腦繪圖（3D Studio Max）的造形方法。

（一）形態

現代設計中，形態的基本元素為點、線、面及體。點移動的路徑形成了線或兩點之間決定一線段；線移動的路徑構成了面；面的移動形成了體（圖 2-1-9）。

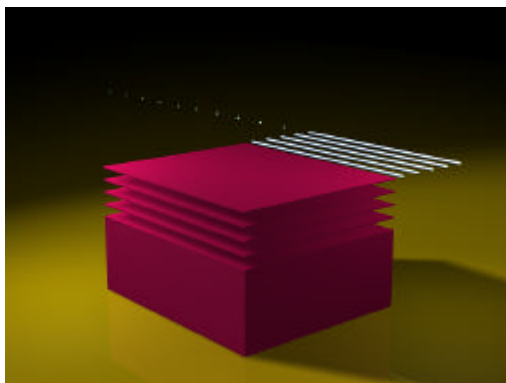


圖 2-1-9 點、線、面及體的關係
資料來源：研究者繪製

當形態的基本元素應用在三維度繪圖時（尤其是指點、線、面、和體積的繪製），圖形表現的考慮方式與像素形態的表現已不再相同，此時必須加入對應於影像的物件(object)形體的考慮因素在內，眾所周知，影像是屬於一種離散的圖像區塊，但是物件則是歸類成虛擬的連續實體。物件所包含的元素除了二維度空間裡的點、線、形狀外，它還包含了三維度的體積元素，其原理基本上都一樣（Isaac Victor Kerlow、Judson Rosebush 著，1994）。3D 電腦繪圖軟體的造型以此為基礎，進而延伸其造型方式。若以 3D Studio Max 的造形方式為例，其造形之體系如下(表 2-1-2)：

| | | | |
|---------|------|--------|------|
| 2D 造型物件 | 形狀編輯 | 立體成形編輯 | 轉換編修 |
|---------|------|--------|------|

| | | | |
|-------------------------------|----------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (draw shape) | (editable spline) | (edit shapes) | (convert) 1.convert to editable mesh 2.convert to editable poly 3.convert to editable patch 4.convert to nurbs |
| 標準物件 (standard primitives) | 物件編輯 (modify objects) | | |
| 延伸物件 (extended primitives) | | | |
| 建築物件 (create AEC) | 物件編輯 (modify objects) | | |
| 複合物件 (compound objects) | 物件編輯 (modify objects) | | |
| 曲面物件 (nurbs) | 物件編輯 (modify objects) | | |
| 塊面物件 (patch) | 物件編輯 (modify objects) | | |

傳統造形的分類可以分為兩大類，一是人為造形，又可以分為幾何規則造形與不規則造形；二為自然造形。對人為造形而言，空間設計與工業設計，幾乎都是規則的幾何面所構成。

在 3D Studio Max 的造形體系，一般的幾何造形，如建築或家具，可以透過 2D 形狀物件 建築物件 複合物件與 3D 立體物件為元素(圖 2-10)組合排列而成，若在加上編修或轉換編修就足以創造出涵蓋所有傳統人為幾何造形；對於人為與自然曲形的造形(圖 2-11)，可以透過兩路徑可以選擇，一是由 2D 形狀物件、複合物件與 3D 立體物件，加上編修或轉換編修；二為透過曲面物件或塊面物件一樣可以達

到塑形的目的。



標準物件



複合物件



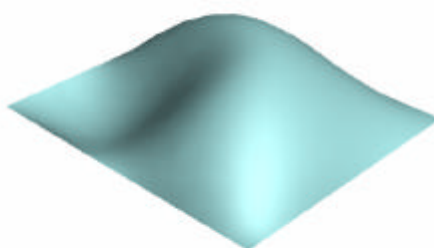
延伸物件



建築物件

圖 2-1-10 幾何常用物件

資料來源：研究者繪製



資料來源：研究者繪製

圖 2-1-11 曲形常用物件：nurbs

(二) 色彩與質感

現實世界中，色彩與材質是光與眼睛的綜合作用，光經由物體表面直射（發光體）或反射（受光體）到眼睛過程中，部分光被物體吸收後，其餘的光反射到眼睛形成了的色彩感覺；材質則是物體表面的質地與肌理，經由光的作用，讓視知覺產生不同程度的感受。

色彩與材質的作用在電腦繪圖指令中非常豐富，可以是發光的或黯淡的、光滑的或粗造的、透明或不透明的、折射或反射的等。這一些決定在物體本身的物理屬性。在 3D 電腦繪圖中，將表現物體外觀性質的屬性稱為材質，這些物理屬性往往只要透過一些特定的演算法來表現，藝術或設計者在創造材質時，複雜的運算法經由電腦處理，而只要修改參數，即可各種豐富的材質效果（王國良，民 93）。

圖 2-5 是 3D Studio Max 材質組成方式，以標準材質為例，其主要組成內容有：

- (1) 明暗模式 (Shader)
- (2) 材質種類 (Material Types)
- (3) 色彩選定 (Color Selector)
- (4) 表面光澤 (Spcular Highling)
- (5) 貼圖指定 (Map Assign)
- (6) 發光 (Self-Illumination)
- (7) 不透明度 (Opacity)
- (8) 折射 (Index of Refraction)
- (9) 反射 (Reflection)

這一些屬性組合構成了物體的表面特徵 (材質球，圖 2-1-12)，用以模擬物體在自然界中的表面。

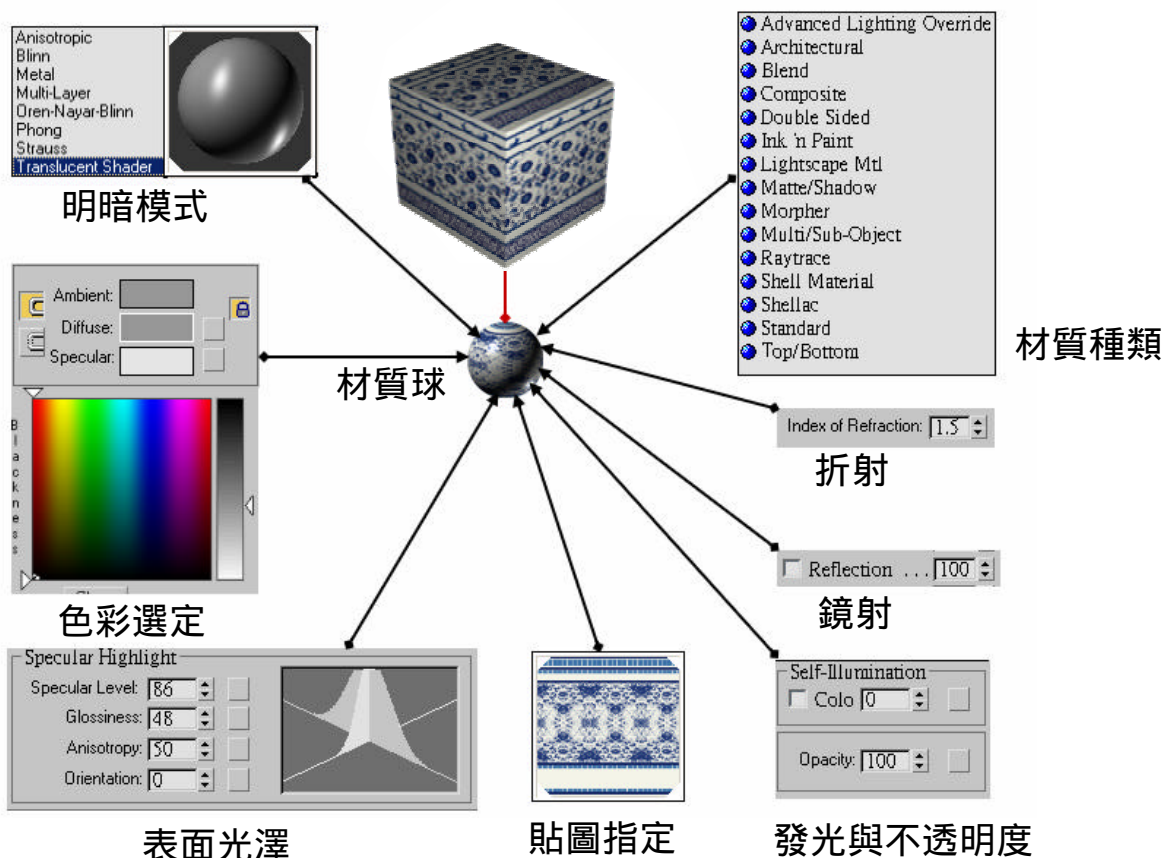


圖 2-1-12 3DS MAX 材質組成 資料來源：研究者整理

之後加入了能控制表面反射率的材質屬性，這種材質稱為 Advanced Lighting Override material。它的控制原理是以標準材質 Standard material 為基本屬性，利用圖 2-1-13 界面加以控制。

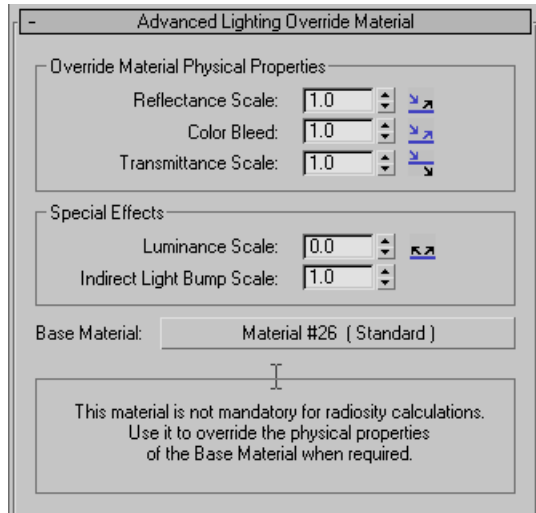


圖 2-1-13 Advanced Lighting Override material 控制介面

資料來源：研究者整理

3D Studio Max6.0 之後更加入了 Architectural material，完全針對建築與室內設計來設定材質屬性，操作變的更容易(圖 2-1-14)。

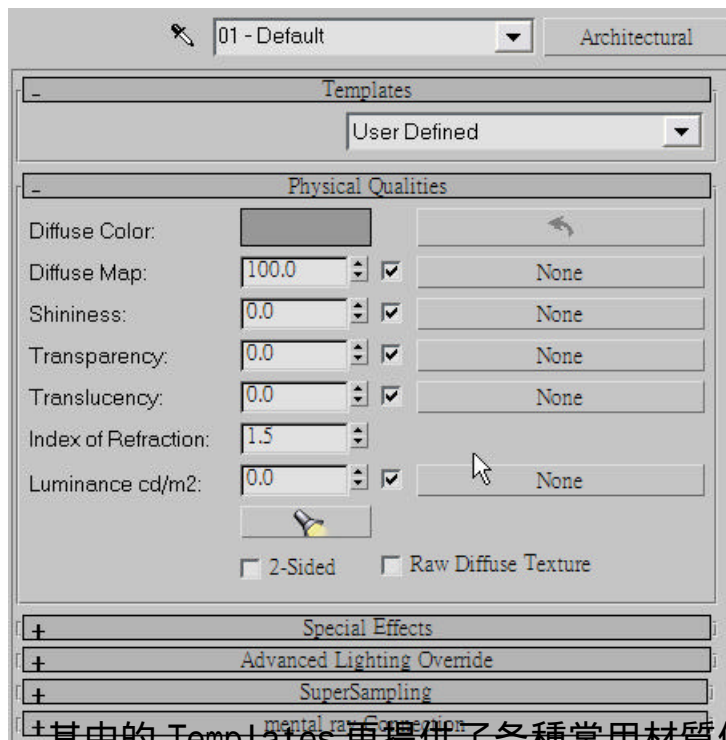


圖 2-1-14 Architectural material 控制介面

資料來源：研究者整理

其中的 Templates 更提供了各種常用材質供選擇，如表 2-1-1:

| Template | Comments |
|-----------------------|------------------------------------------------------------|
| Ceramic Tile - Glazed | |
| Fabric | |
| Glass - Clear | |
| Glass - Translucent | |
| Ideal Diffuse | A neutral white material |
| Masonry | A good base for a diffuse map |
| Metal | Shiny and reflective |
| Metal - Brushed | Less shiny |
| Metal - Flat | Even less shiny |
| Metal - Polished | Highly shiny |
| Mirror | Completely shiny |
| Paint Flat | Another neutral white material |
| Paint Gloss | Also white, but shiny |
| Paint Semi-Gloss | Also white, only slightly shiny |
| Paper | |
| Paper - Translucent | |
| Plastic | |
| Stone | A good base for a diffuse map |
| Stone Polished | Has a bit of shininess; also a good base for a diffuse map |
| User Defined | Neutral; a good base for a diffuse map |
| User-Defined Metal | Somewhat shiny; also a good base for a diffuse map |
| Water | Completely clear and shiny |
| Wood Unfinished | Neutral; a good base for a map |
| Wood Varnished | |

表 2-1-1 Templates 的各種常用材質

資料來源：3D Studio Max 7 User Reference

3D Studio Max 雖然以簡化了材質的控制，但有些仍必須經由使用者自行定義，其中以反射率最為重要。在 3D Studio Max 7 User Reference 中提供了主要材質的反射率，如表

| Material | Minimum | Maximum |
|----------|---------|---------|
| Ceramic | 20% | 70% |
| Fabric | 20% | 70% |
| Masonry | 20% | 50% |
| Metal | 30% | 90% |
| Paint | 30% | 80% |
| Paper | 30% | 70% |
| Plastic | 20% | 80% |
| Stone | 20% | 70% |
| Wood | 20% | 50% |

表 2-1-1 主要材質的反射率

資料來源：3D Studio Max 7 User Reference

上表只是提供主要材質類別的反射率區間，卻沒有提供更細的

值。以木材而言，常用材料就有胡桃木、櫟木與橡木等，這對於軟體的使用上似乎不完整。

這方面的缺失，在國內的學術研究中，學者羅荔順針對室內裝修建材的反射率的研究中，對木地板、木壁板、皮革與石材等二十一種室內裝修材料所建構的值可以補其不足。以木地板為例其研究成果如表 2-1-4：

| | 材料名稱 | 反射率 (%) | | | 備註 |
|-----|------|---------|------|------|----|
| | | 高 | 中 | 低 | |
| 木地板 | 亙古柚木 | | 13 | | |
| | 典藏胡桃 | | | 10.6 | |
| | 慕白楓木 | | 53.6 | | |
| | 橡木染白 | | 34 | | |
| | 橡木染灰 | | 25.7 | | |
| | 橡木洗白 | | 32.8 | | |

表 2-1-4 3D 室內裝修建材的反射率
資料來源：羅荔順，民 93

根據以上的所測的值，學者羅荔順認為對於模擬燈光照明設計的軟體才會變的更實用，讓人於設計時就可以清楚明白完工後的面貌，可以很清楚傳達設計的理念、風格、構想等，以避免在設計、施工與客戶三者中溝通不良，創造出三贏的局面。

(三) 空間

1、空間的元素

在空間設計領域中，空間是設計者調色盤中首要的原料，也是室內設計的基本元素。雖然空間本身無形狀且具有擴散性的，但它就像石材一樣，在本質上可以被視為一種材料。空間本身通常是沒有範圍，然而一旦空間中放入一個元素，視覺上的關係就建立起來了。

點、線、面及體等幾何元素可以經由安排而構築並界定空間。以建築的尺度來說，這些基本元素就是具有線形性質的柱和樑、具有平面性質的牆、樓版和屋頂。

- (1.) 柱子標示出空間中一個可見的點。
- (2.) 兩根柱子定義一個空間的虛面，而我們可以從其中穿越。
- (3.) 兩根柱子支撐一根樑而勾勒出透明平面的邊緣。
- (4.) 牆是個不透明的平面，界定一部份不確定的空間並區分出("這裡"和"那裡")。
- (5.) 樓板定義出一個具有領域範圍的空間場所。
- (6.) 屋頂為其下的空間提供遮庇。

從以上論述不難發現，空間就是藉由這些關係而形成的，也就是彼此之間的位置。建築設計中，這些元素可組織起來形成住屋形式，區分室內室外界定室內空間的範圍（Francis D.K. Ching，民85），而在3D電腦繪圖的世界中，則是透過三次元的笛卡兒座標系統（圖2-1-15）與透視法（圖2-1-16）來創造這些元素的關連。



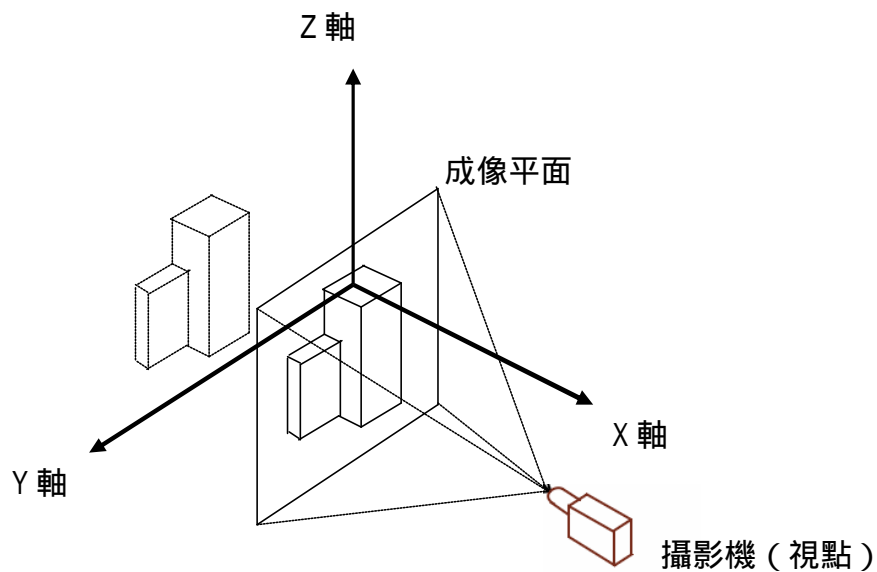


圖 2-1-16 透視法
資料來源：研究者繪製

2、空間感的形成

傳統透視圖法-一、二與三點透視圖，必須經過標準訓練，學習其原理，透過訓練來瞭解當中許多的名詞，如畫面、視軸、駐點、視高、消失點與視角等。常常夾帶著複雜的技術，而在 3D 電腦繪圖中，這些都由攝影機決定，操作顯得非常方便。世界上的萬物都存在於三度空間，當我們使其躍然於畫面上時，如照片或畫紙上，是將其立體的形象轉成平面，利用色調的明暗與消失點的形成創造出三度空間，其特色是只能看到一面，但在 3D 電腦繪圖世界中，可藉由攝影機的旋轉或移動，來觀察物體的各個視角，瞭解其造形。3D 電腦繪圖的透

視原理完全建立於傳統透視上，藉由參數化的操控，讓設計者隨心所欲的改變畫面，如圖 2-1-17 20。

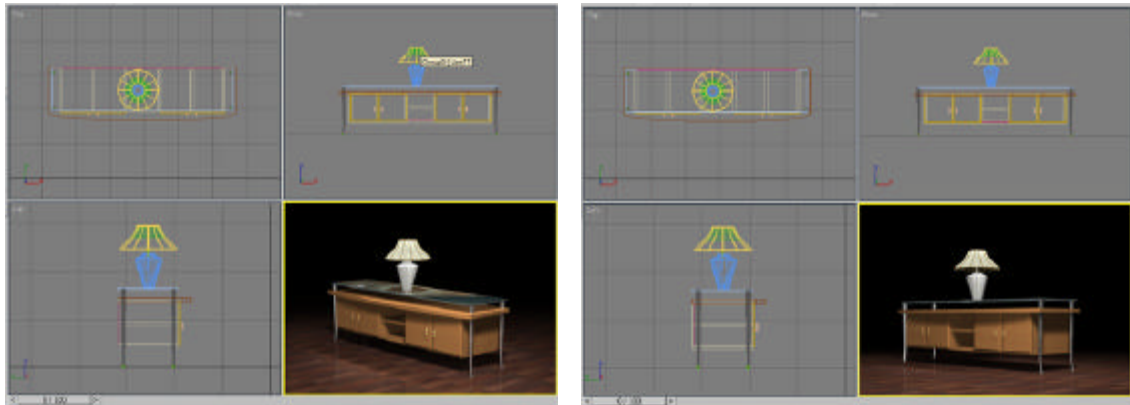


圖 2-1-17 攝影機視角改變 資料來源：研究者繪製

圖 2-1-18 一點透視

攝影機畫面與水平軸及垂直軸平行，與深度軸垂直。

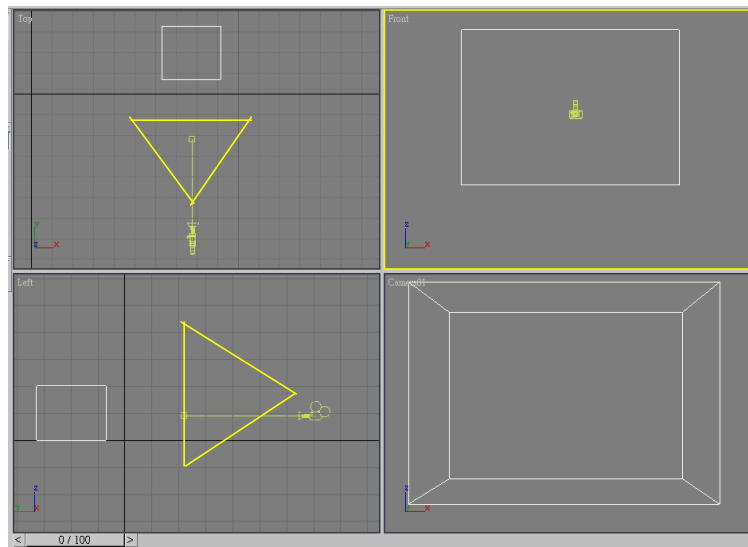


圖 2-1-19 二點透視

攝影機畫面與深度軸及水平軸延伸線相交，與垂直軸平行。

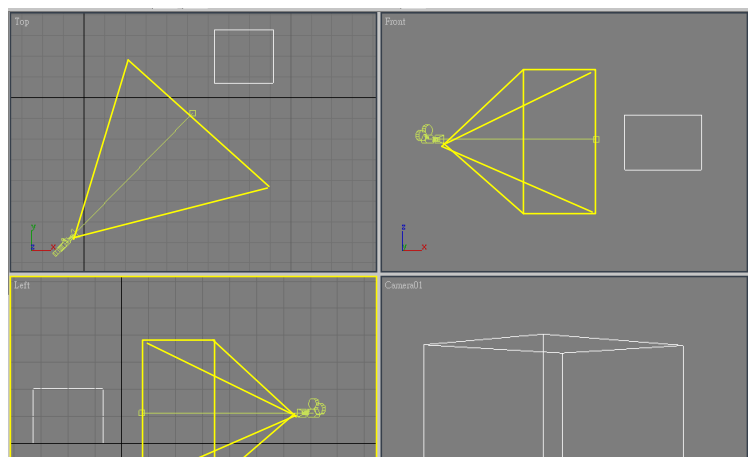
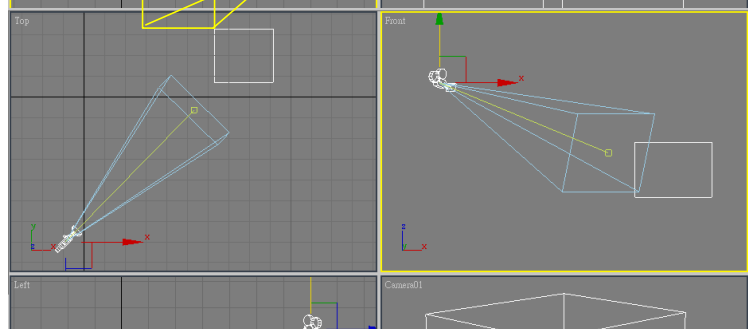


圖 2-1-20 三點透視



攝影機畫面與所有軸

既不平行亦無垂直

資料來源：研究者繪製

(四) 燈光

燈光被視為 3D 電腦繪圖最關鍵之要素，就如同現實世界一般，缺少光線的地方，被陰暗所取代。舉例而言，在一個夜間的客廳之中，將燈光熄滅，除了造成生活機能的不便，室內設計的造形美感亦不得見，3D 電腦繪圖中的場景也頗為類似。

3D 電腦繪圖中的燈光實際上是模擬現實中的燈光，當使用者在場景中設定一個燈光時，同時並擁有真實世界的燈光屬性 (Michael O'Rourke, 民 89)，其屬性如下：

1、位置(Position)

當在畫面指定燈光時，電腦會自動把其在卡兒座標系統中的 X、Y 與 Z 座標值標出，當要移動其位置時，可以採用絕對座標或相對座標。

2、強度(Intensity)

另外為全部燈光定義的參數就是強度，通常是定義一個範圍的數字。越高的數字，光越明亮。譬如，假如範圍是 0.0 到 1.0，那麼 1.0 的強度值產生一個極亮的光，0.5 強度值產生適度的光亮，0.0 的強度值光就會無亮度。

3、衰減(Attenuation)

為模擬光從光源並非永遠行進傳導的事實，而是隨距離變

淡，這個參數通常被稱為衰退或者衰減。一個零的衰退值表示並沒有任何的減少，光永遠繼續在相同強度(一個非常不切實際的狀況)。越大的衰退值，光會更迅速地隨遠離光點而變淡。

4、色彩(Color)

燈光的顏色(color)，用三個數字表示，範圍為 0 255，三個數字的每一個顏色就是標準的電腦繪圖顏色系統：紅的、綠的和藍的。這些簡稱為 RGB (色光三原色)。

5、影子(Shadow)

真實世界之中，影伴隨著光線產生。影子通常隨著光與受光物的不同，也會產生不同的影子：

- (1.) 邊緣清晰的：強光下通常會造成銳利的影子，如陽光。
- (2.) 模糊的：漫射光造成的影子帶些模糊。
- (3.) 漸層的：當環境中有不同的光源，或同時間直射光、漫射光與反射光，同時作用時，影子會有漸層現象。
- (4.) 有顏色的：若受光體為透明或半透明時，所產生的影子會夾雜物體本身顏色。

這些屬性，在 3D 電腦繪圖中，藉著不同參數來實現真實世界影子的屬性，甚至可以創造超寫實的意境。

(五) 3D 電腦繪圖演算技術 (Michael O'Rourke 著，戴嘉明譯，民 89)

從 3D 模式轉換到 2D 圖片過程稱為做算圖，原本物件在場景中只是數學座標的組合模型，要將物體真實的特性呈現在螢幕上或輸出印刷，必須經由電腦特殊的演算技術來計算著色。

算圖是由五個基本要素組合，如圖 2-1-21

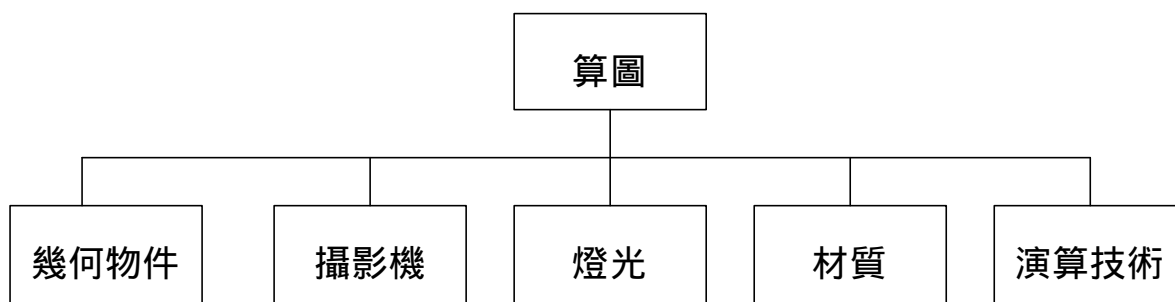


圖 2-1-21 算圖的基本組合

資料來源：Michael O'Rourke 著，戴嘉明譯，民 89

最簡單的電腦算圖過程表現在假設物體完全沒有表面，但是只由細線的邊緣代替。透明線圖 (see-through wireframe) 的算圖 (圖 2-1-20a)，對於電腦計算這是非常容易和快速的，大多數的系統能計算線圖算圖快速到足夠讓模型即時互動，意思是當在相同時間操縱一個裝置，像滑鼠、筆、操縱桿時，螢幕的影像就會同時改變。然而，透明線算圖的缺點是完全透明。幾乎所有可能有興趣建立物體的模型都有表面，而透明線算圖不能表現出這些表面。此外，這類的線圖有可能含糊不清，因為有時候很難分辨出那個線圖在物體前面，那個在線圖後面。

第二個算圖(圖2-20b)方法可以克服這些因素的限制，物體有表面並將這些表面藏起來，或阻擋它，將表面藏在它們之後。在隱藏線算圖中，物體的邊緣仍然看得出是線，但是有些線已經被藏在表面之後。隱藏線的計算比線圖算圖更複雜，為了知道那條線該被隱藏，系統會做一些計算決定那個面該放在某個表面的前頭。結果，隱藏線的算圖比透明線算圖需要花更長的時間，它們在一般系統部分的即時使用者互動上較不佔優勢。另外的缺點是當隱藏線圖計算識別到表面的存在，它們不會告訴你有關這些表面的特徵：如表面的顏色、光度等。第三個算圖方法即使克服了這些限制，可預期的是會有更複雜的計

算，因而算圖會更慢。這個方法提供關於各式各樣表面特徵的資訊如光線和陰影，因此叫做表面著色算圖，相當於外界的 "Rendering"，簡單稱之為算圖(圖2-1-22c)。這樣的算圖技術常見的有掃描線算圖(Scan-line)、光束追蹤法(Ray tracing)與光能傳遞法(Radiosity)等

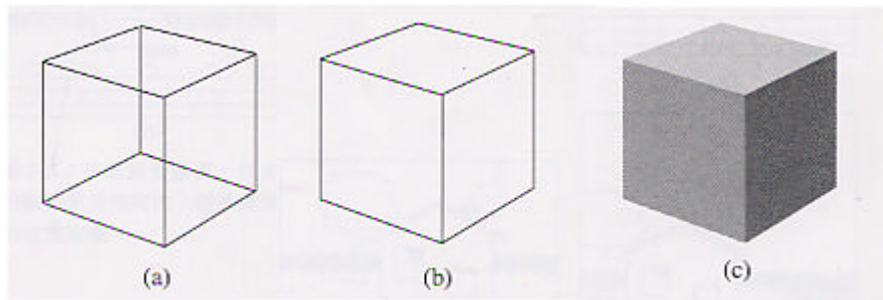


圖 2-1-22 電腦算圖過程

資料來源：Michael O'Rourke 著，戴嘉明譯，民 89

三、3D 室內透視圖繪製流程

傳統手繪透視有一定的繪製流程，通常以最能表現出設計的角度為考量，以決定所要的一點或兩點與三點透視，其次再決定視軸、視高等位置，再來並可進行透視圖框架繪製，最後再進行上彩。

相對於傳統手繪透視，電腦繪製由於品質與檔案管理需求而言，更需要程序步驟繪製流程的安排，而流程化的製作有助於：

- (一) 系統化的處理
- (二) 可以提昇工作品質與效率
- (三) 分工方便

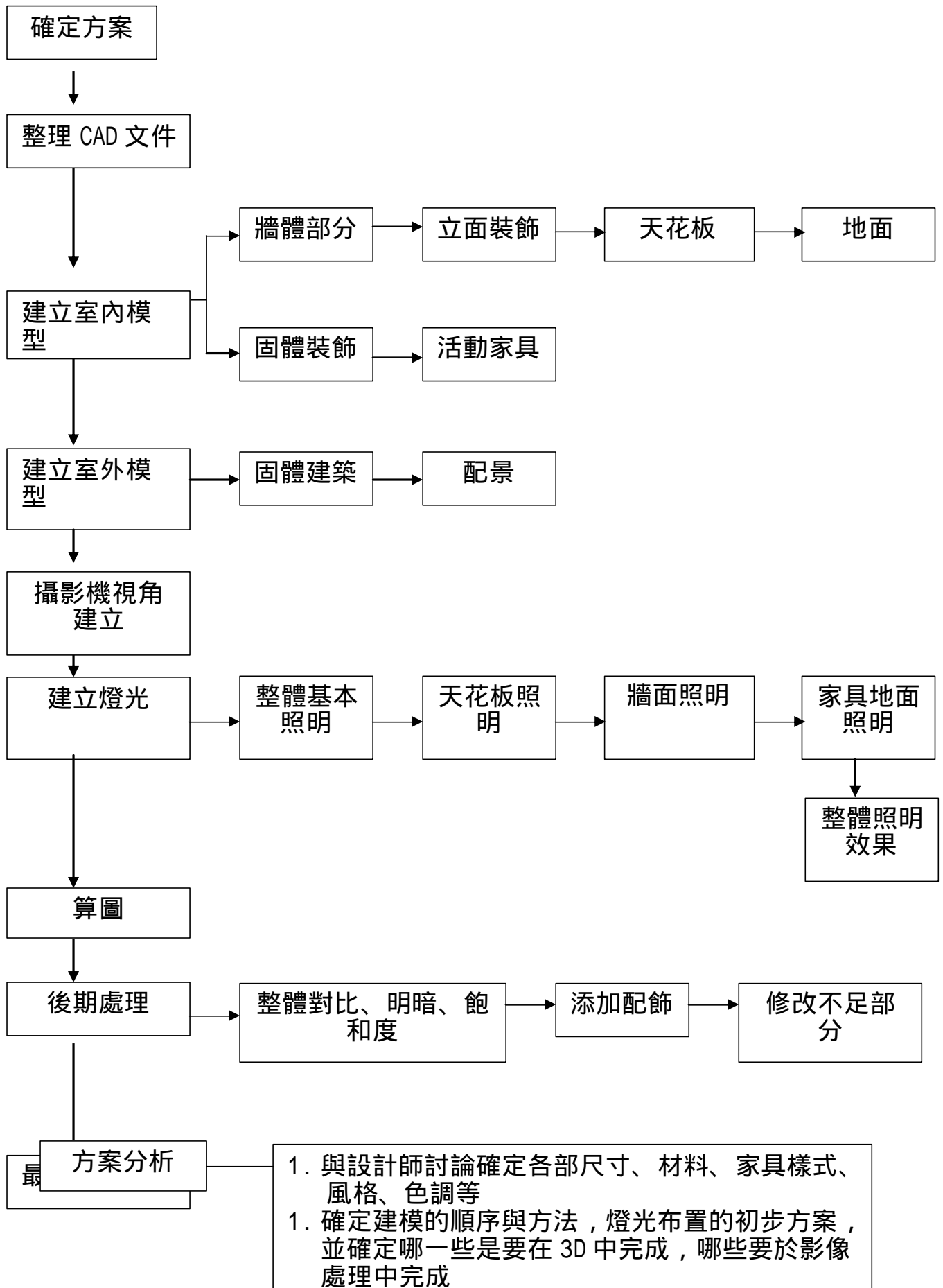
3D 電腦繪圖方式與手繪透視圖畫差異極大，亦較複雜。其首要任務，要對製作過程過程進行瞭解，以安排繪製流程。對所要進行的工作，透過流程圖的管理與規劃，可讓設計繪製者掌握整個製作狀況。

以下概述之步驟為在3D電腦繪圖中實際執行繪圖程序(林政宏，民86)。

- (一) 決定位置。
- (二) 固定視角。
- (三) 決定看到的視線範圍。
- (四) 消去在視線範圍外的物體。
- (五) 消去立體模型的背後隱藏面。
- (六) 投影到平面上。
- (七) 上色(或貼材質)及打光。
- (八) 深度搜尋(決定物體的先後位置)。
- (九) 由物體的先後位置畫出圖形。

若以涵蓋整體製作而言，一般性的繪製流程如圖 2-1-23(姚勇、

鄢俊，民 91) 與圖 2-1-24 (李紹勇，民 93) 之說明：



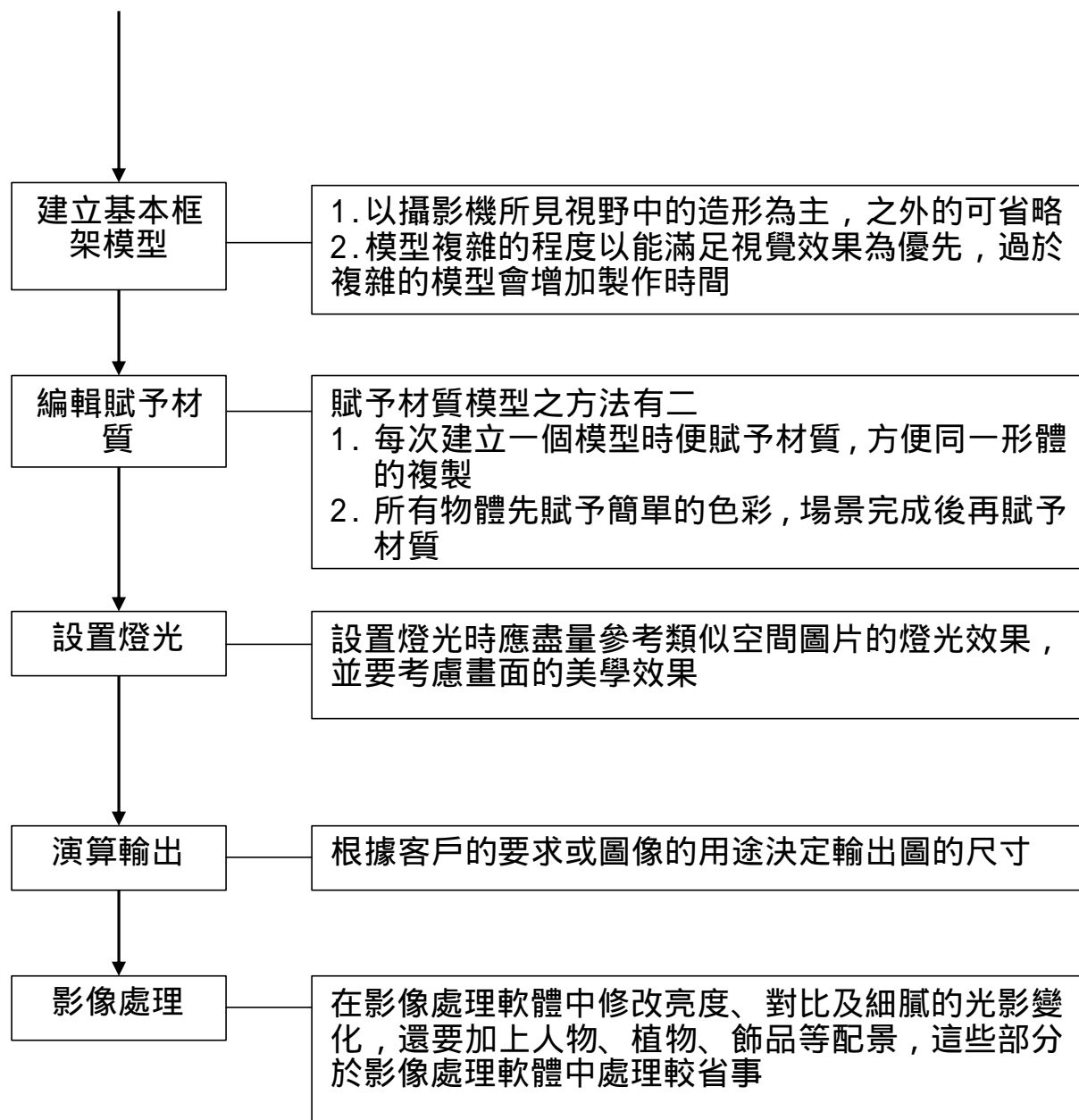


圖 2-1-24 3D 透視繪製流程二

資料來源：李紹勇，民 91

流程圖的安排有其必要性，雖有不同，卻大同小異，對於提高製作品質貢獻非淺。不論是業界或教育界，都應視之為基礎理論課程，訓練 3D 繪製人能系統化的製作方式，以應變多樣性的繪製。

小結

經由本節對電腦繪圖之意涵、電腦繪圖的演進、應用領域、特性

與種類、3D 電腦繪圖軟體的造型原理、3D 室內透視圖繪製流程等理論探究，有以下幾點結論：

(一)本研究以3D Studio MAX為研究工具是基於以兩點考量。

1. 廖一庭學者指出，3D Studio MAX 的市場與學習資源多
2. Lightscape 逐漸移植到 3D Studio MAX 中，使得功能日趨強大

(二)對於軟體工具的學習觀：

繪圖工具雖一直在改變，造形方式與造形理念也是不斷的發現新領域，在工具與理念間應必須相輔相成，偏於理論會造成理想化，作品比較難展現其個人理念；過份依賴工具容易抹殺創作者的創意，造成風格難以創新。

3D 電腦繪圖是一個綜合性的工具，一個有特色的作品，涵蓋多個學習領域，如攝影或繪畫的構圖、透視圖學、造形學、色彩計畫、物理學等。因此，認為必須透過終身學習的態度結合，不斷的學習，將觸角多方面的伸展，豐富視野才能繼續創作或設計。

(三)真實世界的觀察：

3D 電腦繪圖在空間設計方面，有許多指令的設計包含了真實世界的屬性，所以應以自然真實為基礎，透過相關參數的累積使用經驗，才有較理想的作品。在摸索的期間，對真實世界的觀察，如光影變化或物體表面屬性的觀察必須更加細微。

(四)科學觀

科學可以分為應用科學與基礎科學，3D 電腦繪圖屬前者，因此有許多的應用是建立在基礎科學上，如前面所探討的 3D 材質，其中一個屬性為折射率，正是在物理學中所研究的一門學問。故不論藝術家或設計者若要利用電腦創作造形，皆應具備基礎的科學素養，以掌

握一些繪製應表現的細節。

第三節 光與照明

光決定了眼睛中絕大部分的世界。視知覺是感官眼睛與腦神經對光所照射的環境，產生多元的感受。物體的表面屬性透過光的傳導讓眼睛感受到物體的外形、色彩與材質，經由影與它物的襯托與對比，讓人對物體產生視覺認知。

室內設計在形、色、材質，在光與視知覺的交互作用下，讓整個室內充滿視覺生命力。對於使用者，缺乏光感的空間，將不具備生活使用機能與美學需求，造成多方問題，並直接影響其生活品質。因此，光的設計與安排在現代室內設計中，對其運用，必須要透過妥善的計畫（自然與人工照明計畫），以要求光照品質。

色彩與材質之感受來自於光與受光物的作用，透過光的性質—反射、折射、漫射與穿透等讓眼睛產生色彩感受與空間辨識，以利人在空間中的一切行為活動，進而體驗色彩與材質的美學性質，更可透過詳細的色彩計畫，營造出各種色彩的互相搭配，帶給使用者合適的居住環境。

陰影通常是最容易被忽略的元素。從學理上可知道，不同顏色、位置、亮度、形狀與照射方式的光，絕對產生不同的影響，因此產生的也明暗對比必然大不相同，當然能營造的氣份也不相同，這些因素，應該也要在照明計畫中考慮，絕不能輕易的將之忽略。

所有元素中，光似乎居首要地位，沒有光的作用，造形元素皆不可見。對室內設計師而言，光經由照明計畫與燈具樣品的接觸中，可以非常直觀的運用在設計的空間裏，而在 3D 透視圖中又要如何運用呢？

在電腦繪圖技術導論一書（Isaac Victor Kerlow、Judson Rosebush 著，張文山譯 民 85）中指出，打光(lighting)是一個蠻複雜的藝術，它需要具有完全的感知力、專業的技术、與強烈的敏感度

才能達到完美的境界，在電腦繪圖裡的打光技術與傳統的許多打光方式類似。Jon A. Bell (2002) 也指出必須要知道現實世界中光源是具何種特性，否則，在電腦圖形世界創建燈光時，通常會花費很大力氣和嘗試來實現所需要的效果。3D 軟體可以隨意創建任何類型燈光的自由性，有時反而在精巧的圖像中創作逼真的外觀十分困難。當在特定的場景中難以實現燈光效果時，瞭解一些傳統的燈光基礎知識通常會有所幫助。因此，本節經由對光、傳統照明理論探討與目前 3D 燈光照明理論等，來深入研究與探討。

一、光傳播的特性

光在均勻介質中直線傳播。它在空氣中的傳播速度每秒接近30萬公里。光必需借助於材料表面反射或材料本身透射現象，人眼才能辨視周圍環境中的人和物。也可以說，光環境就是由各種反射與透射光的材料構成的。當光在傳播過程中遇到新的介質時，會產生反射、透射與吸收現象。此時一部分光通量被介質表面反射，一部分透過介質，剩餘下的一部分被吸收。(詹慶旋，民80)

(一) 反射 (石曉蔚，民85)

眼睛之所以能看到物體，是該物體所反射的光在眼睛是網膜上成像所致，反射光的類型有鏡反射、定向擴散反射與漫反射。

1. 鏡反射 (圖2-2-1-1)

鏡反射發生於光亮平滑的表面，光線的反射角等於入射角，光源形狀越小，越接近點光源，反射線的光線越精準，又因反射光的集中特性，易引起眩光及視覺干擾，亦可使受光體晶亮耀眼。材質如光面或鏡面。

2. 定向擴散反射 (圖2-2-1-2)

又可稱為半鏡反射。因為反射表面的微小差異，使光線朝反射方向些微擴散，反射光的集光程度及視覺干擾可

能引起某種程度的眩光，受光體通常呈現光澤。材質如噴砂玻璃、磨光表面或金屬的毛絲面等。

3. 漫反射 (圖2-2-1-3)

當光反射離開如平光漆或灰泥牆面，而呈現全方向的反射現象，呈現一般柔和感。材質如霧面或具質感的表面皆可產生光線的漫反射。

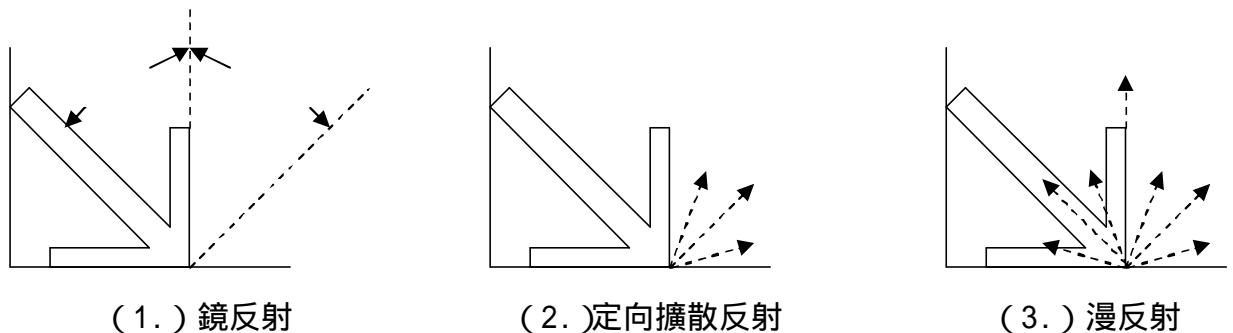


圖 2-2-1 光的反射

資料來源：石曉蔚，民 85

(二) 透射

光穿過介質後繼續前進的現象稱為透射，該介質具透光性，而且部分光被該介質吸收

1. 直線或直接透射

通常直接透射者為透明材質，因部分光被吸收的緣故，透射光通常稍弱於入射光，但其進行方向不變，及透射角等於入射角，以致光源影像清晰可見。材質如清玻璃、染色透明玻璃或透明壓克力。

2. 定向擴散透射

通常可以定向擴散透射者為半透明材質，光穿透後略微擴散，但光速方向大體維持一定，光源隱約可見。材質如噴砂玻璃、壓花玻璃、塑膠板與某些玻璃磚等。

3. 漫透射

透射光朝各方向散開，且其光束整體以不可分辨，光源呈現模糊。材質如乳白玻璃、或壓克力等。

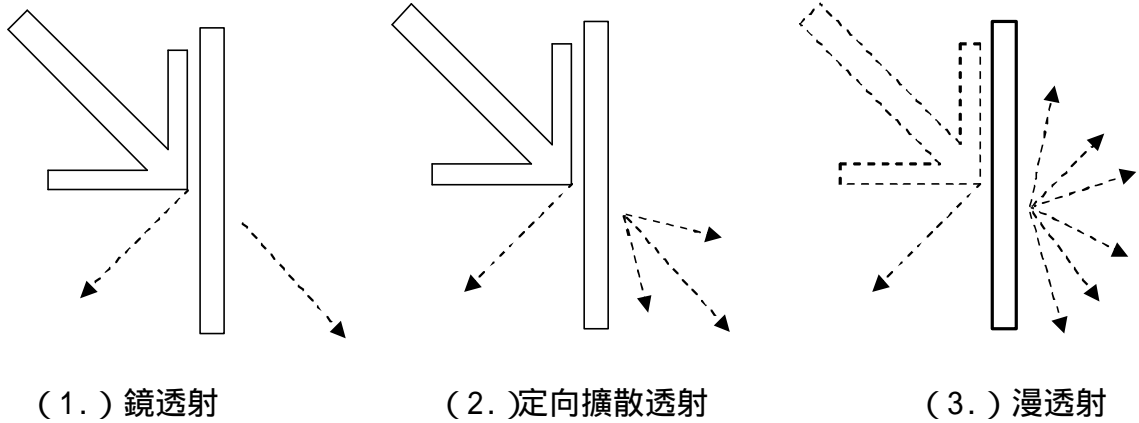


圖 2-2-2 光的透射
資料來源：石曉蔚，民 85

(三) 折射

折射係指當光由一介質通過另一介質，行進方向的位移或改變的屈折現象，例如光離開空氣進入玻璃或水中，因為介質密度的改變而造成光線的彎折(圖2-2-3)。

(四) 吸收

當光觸及一表面或介質，不是被反射即是透射，多少會損失一些光，即被此表面或介質所吸收，通常深色表面比淺色表面吸收更多的光，霧面黑體提供接近完全的吸收。

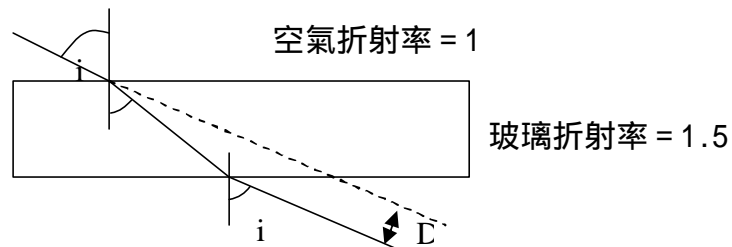


圖 2-2-3 光折射 小於 i
資料來源：石曉蔚，民 85

（五）光、色彩與質感

人的視覺經驗中，色彩與質感扮演重要的角色，其不僅增添三度空間的立體感並豐富視覺景觀，更影響人的心理感受。平日所見的光可分為自然光與人工光，自然光如白色晝光，其實是由許多單色光所構成，一天當中的光色亦隨時在變化，人工光係利用物體熱放射的原理發出光線。

光源所發出的光，因光譜組成的不同而使光色略異，同時影響物體的顯色效果，此即光的光譜組成、物體表面質感的反射特性與色彩視覺共同作用的結果（石曉蔚，民85）。

1. 彩色光譜（圖2-2-4）

人們經常認為太陽光是無色的或是單純的白色，在科學家還沒有實驗證明以前，並不知太陽光裡含有紅、橙、黃、綠等多種色光，也無法想像，任何物體必須經由這些色光照射結果，才能顯現色澤，並易於分辨其造形的特徵。西元1666年，英國物理學家牛頓，發現白光（太陽光）並不是人們所認為最單純的光線，而白光分解出來的色光，才是不可再行分解的單色光線。

牛頓的實驗，是將太陽光引入暗室，使其通過稜鏡，此時，光就會發生曲折現象，再將曲折後的光放映到白色的布幕，布幕上就出現紅、橙、黃、綠、青、紫等六種色彩，並且依順序排列成帶狀，這個現象稱之為「光帶」或「光譜」（林文昌，民86）

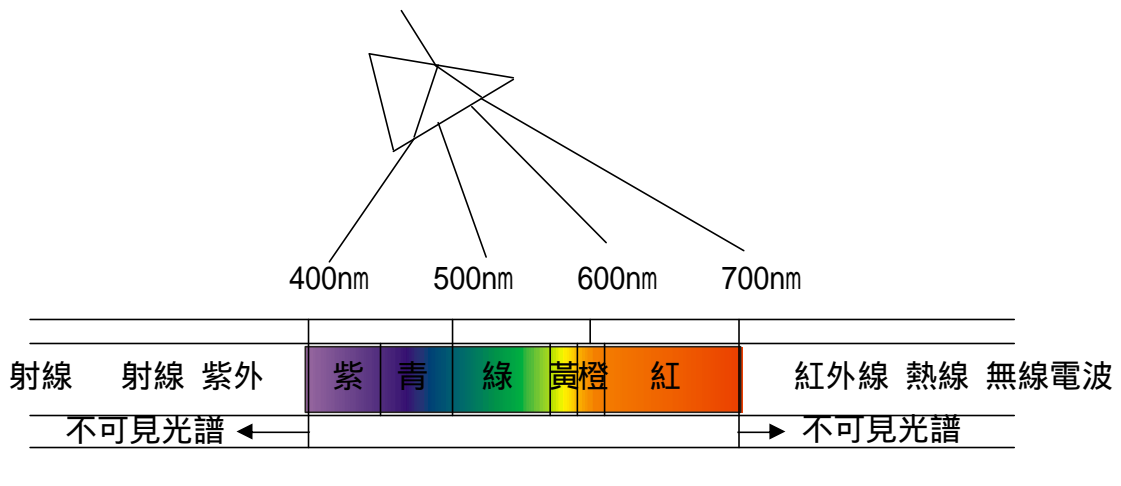


圖 2-2-4 光譜

資料來源：林文昌，民 86

2. 物體色（曾興平、龔同光，民89）

光線投射在物體上，物體表面具有吸收部分光線，也同時反射其餘光線，以及使光線穿透的作用，以圖2-2-5來說，蘋果看起來是紅色的原因是蘋果的表面有光線接觸到，表面將部分光線吸收，而反射其餘的光線，光線進入眼睛而感覺出色彩。

這種作用過程是最先把所有的光線吸收，然後再反射光線，因表面綠色的波長光線含量較多，所以陽傘看起來是

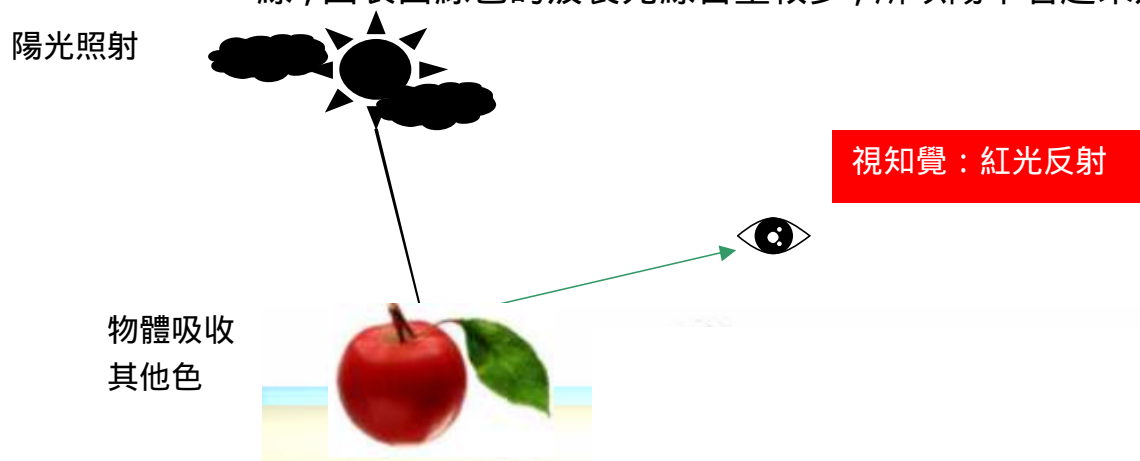


圖 2-2-5 視知覺

資料來源：研究者整理

物體表面所反射的光線映入眼睛所感覺到的色彩，稱為「物體色」。除了物體所具備的性質可以決定物體色之外，在實際感覺物體色時，其實並不如此單純。基本上，物體色決定下列各項：

- (1) 物體的性質。
- (2) 照射的光線。
- (3) 觀看物體時的視覺與心理因素。
- (4) 物體所處環境之色彩及反射等。

物體表面性質的不同，如光滑面、粗糙面、反光面等，其光線的反射、吸收各有不同，色彩的外觀也就各有不同。物體色常依光線的變動而改變，當照明的光線色彩改變時，被照體的色彩也會跟著改變，這是很重要的觀念。物體透過光線，經過吸收透過之光線所感覺到的色彩稱為「透過色」，所以物體色應包含「表面色」與「透過色」兩種（圖2-2-6）。

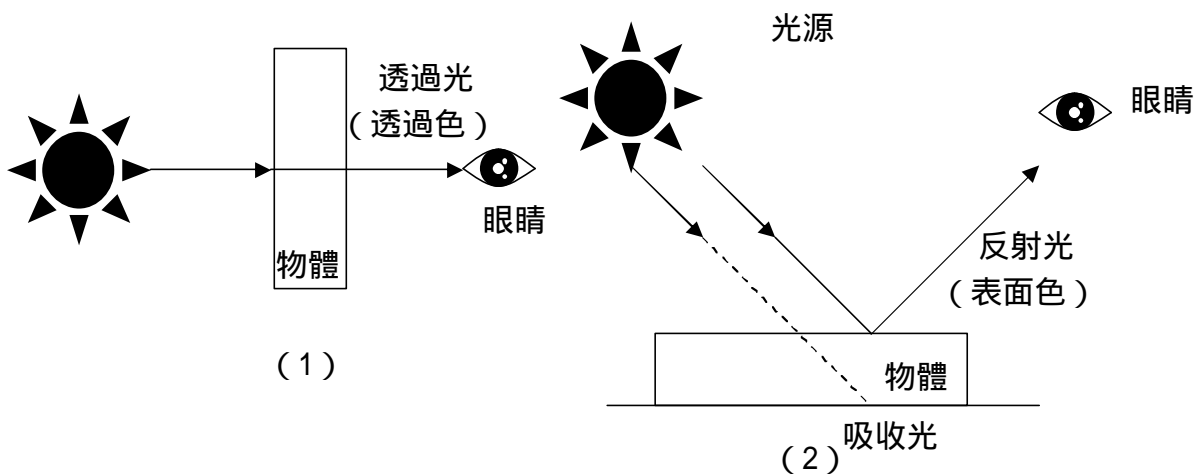


圖 2-2-6 透過色與表面色

資料來源：曾興平、龔同光，民 89（繪圖/陳伊萍）

3. 質感

(1) 光與質感

不同光線影響我們對物體質感概念。

- (A) 直射光照射物體表面並加強其視覺質感。
- (B) 漫散光無法強調物理質感甚至減低了物體的立體感。
- (C) 平滑或光亮的表面反射光線時，尖銳地顯出焦點。
- (D) 有雜紋或粗糙質感的表面會不均勻地吸收與擴散光。

(2) 質感的類型

質感是導自三次元結構表面的特殊性質。質感常用作描述表面的平滑或粗糙。它亦可用來描述相似物質的表面特性，像石頭的粗糙、木頭的紋理、建材的紋理。

一般有兩種質感的基本型：

- (A) 觸覺的質感是真實的並且可接觸來感覺
- (B) 視覺的質感是視力所見，所有的觸覺質感亦可提供視覺質感。

所有的物質都有一些質感程度。但質感模式愈細，它顯得愈平滑。當從夠遠的距離看時，即使粗糙的質感也會顯得較光滑。只有在較近的視覺世界，質感的粗糙才會被感知。相對的質感程度可以影響外表的形狀與平面在空間中的位置。一個直接紋理的質感可以強調平面的長或廣，粗糙的質感可以使一個平面顯得親近，降低它的尺度，並且增加它的視覺重量。一般而言，質感傾向於填滿他們所存在的空間（Francis D.K Ching 著，范振湘、張聖陶譯，民85）。

(六) 人對光與色的心裡效果 (LuAnn Nissen, Ray Faulkner, Sarab Faulkner 著, 呂以寧、林炯行譯, 民89)

光線是心情或氣氛的心靈傳達媒介, 有技巧的設計者, 會善用這種媒介來建立空間的特性, 正如同燈光設計師利用燈光來塑造一齣戲劇的氣氛。光色對心裡產生的效果如下幾點:

1. 明亮的光線具有刺激性, 會激發人向前的動力。也可以使我們感覺到必須往前進; 但是, 如果過度使用, 可能使人出現心理和視覺上的厭倦感。在明亮的光線照射之下, 會產生清晰的陰影。
2. 晦暗的光線會令人感到鬆弛、平靜、親密且羅曼蒂克的, 也有可能使人感受到抑鬱甚至驚恐, 端賴其背景效果而定。比較柔和的燈光會減少陰影之間的差異注。
3. 過度明亮的光線通常會導致我們在生理上和情緒上的困擾, 一個明亮且焦點集中的光線會使我們感到位於焦點中心, 而使人提高自我, 或者使人感到非常不適, 通常小型且硬質的燈光都會具有光亮與閃耀等特性。
4. 亮度適中的光線除了一般的舒適感之外, 並沒有其他特殊的感覺。
5. 來自於壁爐或蠟燭閃爍光總是可以引人注意, 也使得人們往其方向移動。火焰則會發射出一種溫暖的光線。
6. 適當的光線量分佈可以產生平衡和韻律的感覺, 這種感覺類似由自然光前帶來的感受, 這種光線使我們的眼睛可以很容易地適應環境, 也可以提供視覺上的舒適性。
7. 暖色系的光線讓人感到比較快活及受歡迎。
8. 冷色系的光線通常比暖色系的光線容易讓人感到平靜。

經由以上對光的解析，光的傳播特性多樣化，這些特性正是在有關於光的運用中，必須要清楚掌握，才能得心應手。

在3D電腦繪圖的燈光指令中，由於是模擬現實世界的光，因此其燈光程式或指令必須具備現實中光該具備有的特性，設計人員藉由參數畫的控制，來運用於室內場景中的佈光，如同：

1. 磁磚的反光或倒影
2. 亮光漆面的木地板所呈現的模糊反射
3. 玻璃的鏡射、模糊反射與穿透
4. 金屬的鏡面或模糊反射
5. 燈罩的光暈
6. 間接燈光的反射
7. 物體顏色材質的表現
8. 寒暖燈之對比
9. 光線的色調

一張3D電腦透視繪圖的作品，必須由很多細節部分所組成，而以上論述中，正是在光的表現中，所該具備的細節。透過這些細節的掌握與運用，不難表現出高水準的擬真作品。

二、室內照明設計

柯比意(Le Corbusier)曾經說過：「建築物必須透過光線的照射，才能產生生命。」如果沒有光線的照射，人們的活動行為部無法正常進行，建築物的量體與量體之間亦無法產生任何綜合性的視覺效果，加強使用者的感受（李琬琬，民85）。所以，光線（Light）不僅是實際照明的主要條件，同時也是美學形式的基本要素。缺乏光線的照明，一切生活活動固然無法進行；同樣的，缺乏光線的媒介，一切視覺現象皆不可能存在。因而，室內光線必須一方面能夠滿足生活機能的需要；另一方面亦必須足以表現視覺形式的效果（王建柱，民78）。更由於照明方法和光源的種類不同，照明有時候給人帶來活力感和穩定感，舒暢感和憂鬱感。因此，照明是在心理上給人以很大影響的室內要素之一。

（一）照明種類分析

照明可依照光源性質、光線的投射方式、頭射光量的多寡、光線裝置的位置與使用機能的不同來分。

1. 依照光源性質來分

光源一般可分為自然光源與人工光源兩種

（1）自然光源

自然光主要是指太陽而言，它白天照明的主要來源。通常一幢建築物的座向以及和鄰幢建築物間隔的大小是決定室內吸收多少光線的先決因素，其次就是開窗的大小和方式。一般說來為充分利用大自然的能源，自然採光一般室內窗戶面積不得小於全室面積五分之一，其常用的方式有三種（周振東，民81）：

(A)直接採光：

由窗、門或天井等直接讓日光或夜光投入室內的方式。特點；陰、亮對比強烈，變化大。

(B)間接採光：

用百葉窗或擋光板，反射部分光線進入室內，呵自由控制反光率，具柔光效果。

(C)擴散採光：

採用不同的介質材料，使光線成擴散式的折射方式，如窗簾、壓花玻璃、毛玻璃。

(2) 人造光源

間照明的主要來源以人造光源為主，主要的燈原有三種：白熾燈（一般俗稱電燈泡），螢光燈（俗稱日光燈），及水銀燈（俗稱弧光燈）等

2. 根據光線的投射方式來分

光線的投射一般可分為均散光和集中光兩種 而均散光又可分為：下向照射，上向照射，及汎光燈等三種；集中光則以投射燈為主，這是一種專門針對某一特定區域來照射的燈型。分別略述如下：

(1) 下向照射燈

無論是埋設在天花板內或獨立在室內空間中，只要光線是由上向下照射在物體上的燈型，均可說是下向照明。

(2) 汎光燈

汎光燈通常是指球形照射及全面照射兩種。球形照射一般都附有半透明的霧面玻璃罩或塑膠燈罩固定之，以避免光線直射眼睛；全面照射通常是在辦公室或百貨商場使用，將整個天花板均勻裝設燈

管，再以半透明的塑膠罩固定在外，對大空間的使用產生均勻照射的效果。

(2) 上向照射燈

通常是放在地板上（預埋式）、玻璃架內，沙發後面，盆景後面或室內空間的角落上；光線不直接照射觀賞者或使用者的眼睛，而是借牆面的反射光，襯托出物體的外形或藉看霧面玻璃達到柔和的效果。其反射均勻，不刺眼，且能產生白天日光所無法造成的影像及祥和氣氛。

(3) 投射燈

投射燈是一種直接而強烈的集中光線，投射燈可以嵌在天花板內，也可裝在埋設於天花板上的軌道裏，"或者固定在天花板或增面上，以求特殊物體的照明效果，目前投射燈，已越來越廣泛地被運用。

3. 以光源投射量來分

人為光線遠較自然光線易於處理，無論是光源、光量、和光質等皆可根據需要作自由控制或調節。在人為光線的分配方面，主要的借助於反射器、折射器、擋光板、和擴散材料等採光裝置，即可獲取合乎需要的各種光線。它可以大別為下列數種基本型態：

(1) 直接採光

所謂直接採光，即應用採光裝置使90—100%光線往下直接投射；只有10—0%光線往上投射至天花板與牆壁上再往下反射。光量大，光質差，有強烈眩光與陰影。燈罩或燈箱只有下端開口的吸頂燈、吊燈、和檯燈等皆屬於這種型態。

(2) 半直接採光

所謂半直接採光，即印60 90%的光線往下直接投射；只有40 10%光線往上投射。光量仍大，並有強烈眩光與陰影。燈罩或燈箱上端開口較小而下端開口較大的吊燈和檯燈等，皆屬於這種型態。

(3) 漫射採光

所謂擴散採光或漫射採光，即應用散光裝置使40 60%光線擴散以後往下投射，其餘60 40%光線擴散以後往上投射。光量略次於直接採光，眩光與陰影亦略為改善。一般採用乳白散光球罩的頂燈、吊燈、和檯燈等皆屬於這種型態。

(4) 半間接採光

所謂半間接採光，即應用採光裝置使60 90%的光線往上投射，經由天花板或牆壁上部再往下反射；只有40 10% 光線直接往下投射。光量較低，眩光與陰影亦較弱。燈具上端開口較大而下端較小的壁燈和吊燈等即屬於這種型態。

(5) 間接採光

所謂間接採光，90 100%光線皆往上投射，只有10 0%光線往下投射。光量弱，光質柔，無眩光。燈罩只有上端開口的壁燈、落地燈、和吊燈，以及頂篷採光等皆屬於這種型態（王建柱，民78）。

4. 依光源（燈具）安裝的方式（或位置）來分

一般可分為

(1) 嵌頂燈

嵌裝在天花板內部的隱置式燈具，燈口與天花板銜

接，通常屬於下向投射的直接光型態。

(2) 吸頂燈

直接安裝在天花板板面上的燈型。包括有下向投射燈、散光燈、及全面照明等幾種型態

(3) 吊燈

懸吊在天花板上的燈具，是最常採用的普遍性照明，有直接、間接、下向照射、及均散光等多種型態

(4) 壁燈

裝設在牆壁上的燈具。通常使用在門廳、走廊、浴廁、及床頭等地方。為長時間普遍照明或局部照明的較佳燈型。

(5) 活動燈具

可以隨需要自由放置的燈具。一般桌面上的檯燈，地板上的落地燈等都是這種類型，是最具有彈性的一種燈型。

(6) 建築照明

或稱為結構式照明裝置，是指固定在天花板或牆壁上的線型或面型照明。通常有頂蓬式、簷板式、窗簾遮板式、以及光牆等多種。

5. 以機能需求來分依照室內環境或活動的需要，機能性照明一般可分為

(1) 普遍照明

是指給予室內均勻照度的採光方式。通常家居生活中，不須特別集中注意力的活動，如聊天、沐浴等，均可採用一般中低照度的普遍照明，而教室、辦公

室、及圖書館等公共性建築物，則多採用高照度的普遍照明。

(2) 局部照明

是指配合特定活動區域的需要，使光線集中投射在某一範圍內的採光方式。家居生活中必須較集中注意力的活動，如閱讀、烹飪、化粧、及縫紉等，均需給予足夠的光度

(3) 裝飾性照明

是為創造視覺上的美感效果，而採取的特殊採光方式。通常為了加強活動的情調，如夜間用餐、聊天、休息等，可採用壁燈、嵌頂燈，甚至燭光等。或者加強某一被照物的效果，如雕塑、繪畫、盆景等，可採用投射燈、光牆等照明，使觀賞物格外生動醒目。還有傢俱、音響、及特族空間，亦可配合裝飾性照明，以增加活動氣氛（李琬琬，民85）。

(二) 照明單位

1. 光通量 (Luminous flux,)

(1) 由一光源所發射並被人眼感知之所有輻射能稱之為光通量

(2) 單位為：流明 (lumen, lm)

2. 光強度 (luminous intensity, I)

(1) 光源在某一方向立體角內之光通量大小。

(2) 單位：坎德拉 (candela, cd)，一般而言，光源會向不同方向以不同之強度放射出其光通量。在特定方向所放出之可見光輻射強度稱為光強度。

3. 照度 (Illuminance, E)

(1) 照度是光通量與被照面之比值。1 lux 之照度為 1 lumen 之光通量均勻分佈在面積為一平方米之區域。

(2) 單位：勒克斯 (Lux, lx)

4. 色溫

色溫指的是光波在不同的能量下,人類眼睛所感受的顏色變化。在色溫的計算上,是以 Kelvin 為單位,黑體幅射的 0° Kelvin= 攝氏 -273 °C 做為計算的起點。

將黑體加熱,隨著能量的提高,便會進入可見光的領域,如在 2800 °K 時,發出的色光和燈泡相同,燈泡的色溫即是 2800 °K。可見光領域的色溫變化,由低色溫至高色溫是由橙紅 --> 白 --> 藍 (圖2-2-7)。(Herb, Hou 2000)

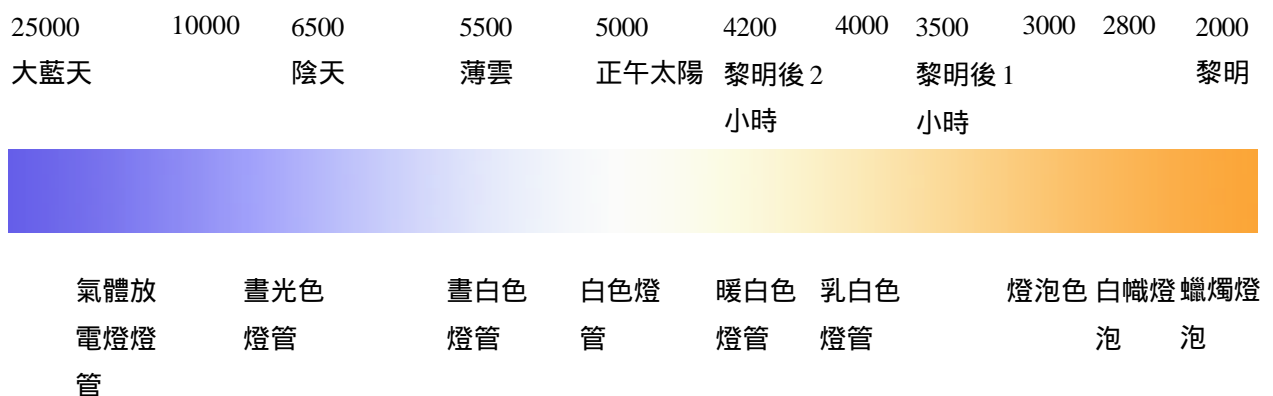


圖 2-2-7 色溫與自然、人工光線關係
資料來源：台光牌燈具型錄

(三) 照明功能性 (周振東, 民81)

1. 室內照明依不同的方位角投射,產生不同的視覺效果

(1) 直接向下的照明: 冷漠、嚴肅、陰森、淒恰的視覺效果。

(2) 半直接向下的照明: 臉相突出、變化性格、極端、對

比。

(3) 一般散光正面照明:完整、清晰、公正、坦率、愉快。

(4) 向上間接照明:恐怖、憤怒、暴力、兇惡等。

2. 照明機能的目的

(1) 活動的需要

室內的一切活動,無論是休閒、勞動)個人或團體,皆需要有合理的照明才能順利。

(2) 健康維護

合理的光線照明,可以保護視力,提高工作效率,平衡情緒功能。

(3) 安全保障

室內各活動區域需裝設適當的照明,各項活動能安全進行,而各交通走廊、梯口、陽台宜設雙向開關,並置緊急照明燈,以備不時之需。

(3) 增進視覺美感

除了純粹的「照明」功能外,照明還可以更進一步加強活動的氣氛,增進視覺美感的需要,裝飾性照明便是以此為目標。除了在合理的照度外,再另外配合活動性質,在空間上額外給予光線,或改變採光的方式等,都可產生意想不到的效果。

(四) 照明計畫 (李琬琬, 民85)

照明計畫一般可分為自然採光與人工照明

1. 自然採光

(1) 垂直採光(天窗)

通常垂直採光量度約為側面採光量的三倍,光線直射,房子進深太深,或空間太廣,須借助天窗來給

予較多的光線。

(2) 側面光

平常住家都採用側面光：

- 朝北向的光線，入射角度小，入射光量較少，但採光時間刮延續得最長久，光線也最穩定，最適合一般活動(閱讀)需要
- 東西向的入射光量雖多，但光線太強，不適合一般室內活動，必須配合遮陽設備做調節

2. 人工照明是進行夜間活動或白天室內光線不足時所不可缺的光源，一般空間太大，或開窗太少太小的室內，即使在白天也常要利用人工照明來輔助不足的自然光線。人工照明最重要的是要先考慮室內活動的性質，再由幾種可行的照明方式中，配合空間造形、傢俱、及室內色彩等因素，選擇最適合的類型。

三、客廳照明計畫

室內空間的照明計畫依方式可以分為自然與人為採光，若依目的又可分為機能性照明與裝飾性照明。

對客廳而言，其空間機能為全家休閒、聚會談天、電視音樂等，是全家生活的重心所在，亦是接待外賓親朋好友之地方；其空間裝飾更是可以表達設計品味的所在。因此！如何利用自然與人為光線來表達客廳空間的機能與裝飾，顯得格外重要。

(一) 客廳照明的規劃原則

1. 人為空間照明層次之營造

依照燈光照明範圍的不同，所營造出來的感覺也不同，若能利用此點，便能營造出空間層次的變化。一般而言，空

間可以利用三種不同的照明層次，來達成此目的。

(1) 普遍式照明：如天花板燈、吊燈或或間接燈光

(2) 輔助式照明：如立燈或壁燈

(3) 重點式照明：如檯燈或投射燈

2. 自然光源

(1) 引進是室外景致，製造光線韻律

(2) 利用窗簾營造光線律動

(3) 裝設垂直或落地式玻璃製造氣氛

(4) 利用透通材質之不同，創造不同的光源

(二) 客廳照明的規劃要項

1. 依不同需求選擇照明

2. 避免過多的嵌燈對人體造成影響

3. 為避免燈具損壞，應減少螢光燈之使用

4. 利用不同燈具創造不同風格

5. 善用活動式燈具改變氣氛

6. 利用有趣燈具創造情趣（李寶怡、張華承，民92）

第四節 3D 電腦繪圖照明探討

在3D電腦繪圖中，打光是一個極具創造力的步驟，透過多個參數化的控制，衍生出來的效果可能是無限多，因此它需要具有成熟的美學觀點、專業的操控與畫面光影的組合極具強烈的敏感度，才能達到盡善盡美。

在3D電腦繪圖裡的打光技術必須以自然光影表現為基礎，因此，傳統的許多佈光方式必然可以應用在3D中，如客廳裡強調裝飾品的投射燈處理方式與電腦中的燈光彼此上都有相似之處，當然這也是一個電腦藝術創作者與設計者所必須瞭解的知識。

光源(light)指的是一個發光的來源，光源與物體的表面會相互產生影響，而且產生不同的明暗對照(chiaroscuro)比例（明暗對照是指物體對光的反射量），也進而產生陰影(shadow)的效果（陰影是指光線被位移的空間置量），在電腦繪圖中，我們可以運用英文式的指令來控制光源的位置或光的屬性等打光的元素。（Isaac Victor Kerlow、Judson Rosebush，著，張文山譯，民85）當以3D電腦繪圖軟體定義場景中的燈光時，其會擁有真實世界中，光特有的性質。

3D作品如果沒有準確的光影表達，是不可能成為優秀作品的。對3D藝術家與設計者來說，理解光的三個基本特性是非常重要的，即光的品質、光的方向，光和影相映形成的效果（李凱、張申申，民92）等。這些基本特性將透過下面文獻的探討。

（一）3D照明的基本原理

1. 光的來源

真實世界中所看到的任何影像，皆是來自於所觀看物體吸收或發射光源的結果。透過吸收光源頻率而產生的影像，便是所謂的減成色，例如紅色蘋果吸收了紅色以外的

可見光譜，透過發射光原頻率而產生的顏色，則是所謂的加色。

電視與電腦螢幕是加色最典型的應用，它們使用了色光三原色(圖2-2-8)紅、綠、藍組合而產生影像(傅富垣譯，民90)，一般繪圖軟體亦都以此三色作為色彩的表現。

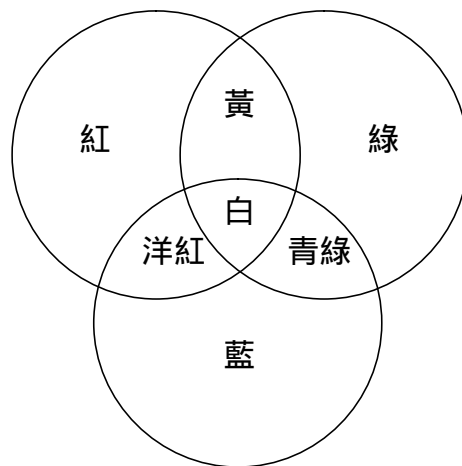


圖 2-2-8 色光三原色

資料來源：傅富垣譯，民 90

2. 光的類型

根據光的發光方式，被模擬的光源有點光源、聚光燈、線狀光源、區域光源、無窮光源與環境光源(李凱、張申申，民92)。

(1) 點光源

點光源的特性事項所有方向均勻的發射光線，因此也被稱作是泛光燈或全向光源，是最簡單的類型，可以放置於任何地方。

(2) 聚光燈

聚光燈是按圓錐形狀向指定的方向發射。圓錐形狀

的角度大小可以利用參數改變。

(3) 無窮光源

無窮光源離場景較遠，光線幾乎平行的投射到場景中，因此，又稱為定向光源或平行光

(4) 區域光源

利用矩形區域提供光源。矩形區域可以任意縮小或放大，適合均勻照射小區域。

(5) 線狀光源

線狀光源可以用於模擬螢光燈。有長度，但無寬度，亦可任意縮放

(6) HDR光線

HDR光線並不是標準的光線模式，它只是一個虛擬的渲染演算法，其原理是通過提高圖片的亮度來為將要渲染的場景指定Ambient(環境光源)。

3. 光的屬性分解

每一種光都有自己的物理屬性，因此自然界中的每一種光都是唯一的，在3D場景中也是如此。雖然電腦中的燈光是完全參數化(通過數位控制)的，但在實際操作中，由於受到不同場景中的不同位置、不同鏡頭和不同環境的影響，即使所有的參數完全一致，也很難實現完全相同的燈光效果(李凱、張申申，民92)

1. 光的強度

3D場景佈光時，光的強度是最具直觀的性質，它包含光的亮度與柔和度。

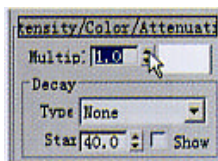
(1) 燈光的亮度

在3D表現中，調節亮度的方法可以通過RGB色彩的

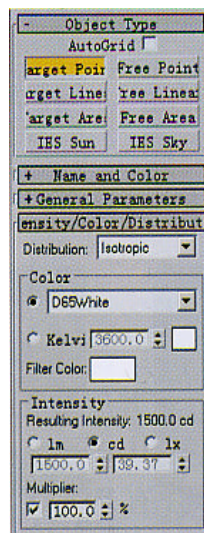
亮度設置，或亮度倍增值設置來調節。

(A)一般燈光的強度

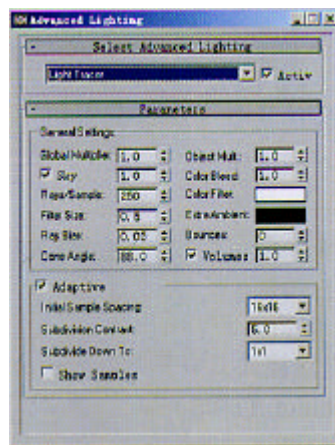
一般燈光的強度在燈光修改面板中的 Intensity/Color/Attenuation(強度/色彩/衰減) 下的 MuMultiplier(強度倍增值)中設置，如圖2-2-9-1



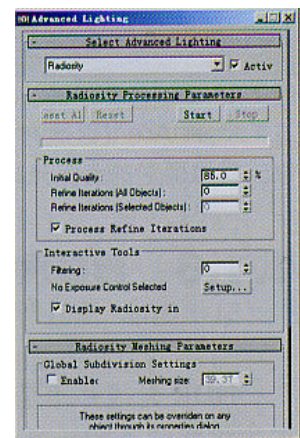
(1)



(2)



(3)



(4)

圖 2-2-9：燈光參數

圖片來源：李凱、張申申，民 92

(a)有些燈光類型透過光域網模式 (IES文件) 來實現，見圖2-2-9-2

(b)很多軟體提供了內置的全局光照系統，如圖 2-2-9-3與2-2-9-4。其亮度控制受整個環境影響。

強光是指強烈聚焦的光，其投射的陰影非常明顯，陰影的強度也比較大(色彩比較暗)，如圖 2-2-10-1。現實生活中，柔光比強光更為常見。柔光是一種散射或漫射的光線，屋內的自然光、

台燈光、燭光、街燈的光等部屬柔光，它們形成的陰影和亮度區域比較柔和，不聚焦，如圖 2-2-10-2。



(1)



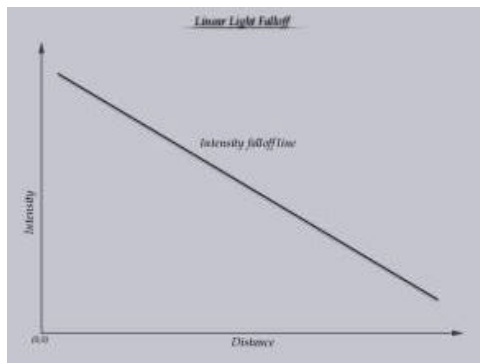
(2)

圖 2-2-10 光的柔和度

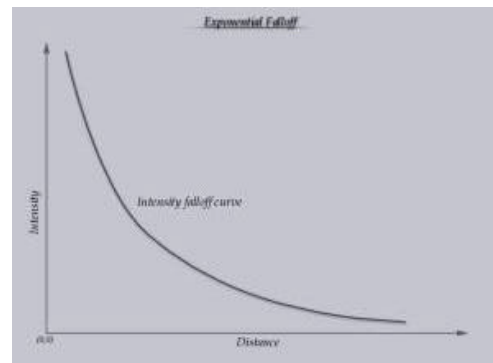
圖片來源：李凱、張申申，民 92

2. 光的衰減性

光線的強度是隨著光源距離的增加而減少，而在現今一般的 3D 軟體中計算光線衰減值 (falloff) 的方式通常為直線式 (Linear) 圖 (2-2-11-1)，但有些還支援指數式 (Exponential) 圖 (2-2-11-2) 或 Inverse-square，從圖 (2-2-11-1) 與圖 (2-2-11-2) 中你可以看出指數式 (Exponential) 光線衰減的程度會比直線式 (Linear) 還要快 (Amaan Akram 著，陳慶明編譯，民 91)



(1) 直線式



(2) 指數式

圖 2-2-11 光的衰減性

資料來源：Amaan Akram 著，陳慶明編譯，民 91

3. 光的色彩

所有3D軟體都提供光線色彩調節選項,且調節方式與平面軟體沒有任何區別。通過其各自發出的典型色彩我們可以區分不同光源,比如日光燈發出的是偏藍冷色光線。而臺燈或白熾燈發出的是溫暖的黃色光線。在創作中要盡量真實地再現這些色彩,以提高作品的真實度。



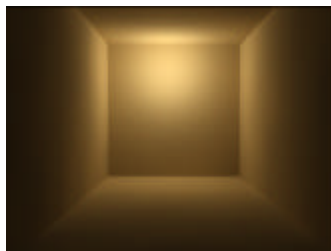
圖 2-2-12 光的寒暖對比

頂部偏寒,地板偏暖,形成色調對比與層次感

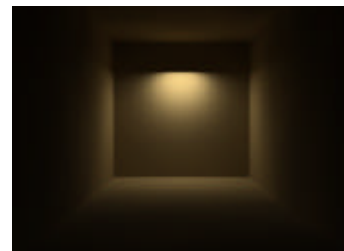
資料來源:葉洪波、王琦,民 93

4. 光的投射發散方式

3ds max 提供了三種類型的 光源,分別是標準燈光 (standard)、光度學燈光 (photometric) 與日光 (daylight)。這些光源,按照光的投射發散方式,共可分為四類,分別是點光源、線光源、面光源與投射光源,如圖2-2-13



(1) 點光源



(2) 線光源



(3) 投射光源



(4) 面光源

圖 2-2-13 光的投射發散方式

資料來源：研究者繪製

在上述幾種光的類型中，以光度學燈光 (photometric) 最適合在室內空間設計中表現，模擬室內的各類燈泡發光及真實世界光能效果，定義燈光可精確輸入數據值，設置燈光的分佈的強度、及色溫，並可輸入特定光度計數據格式，從製造商得到光度計的數據值，正確地設定在場景內，所使用的燈光上，在場景著色後，得到更佳精緻真實感，同時也提高場景內整體效果 (洪正隆，民91)。

(1) 光度學燈光的規格

光度學燈光的規格一共六種，可分為目標 (target) 類型燈光與自由 (free) 型燈光，如圖2-14。

從圖2-2-14可以看出兩種類行的差別在於目標類型燈光 (Target) 都會有起始點及目標點，自由類型燈光 (Free) 則是單點控制。

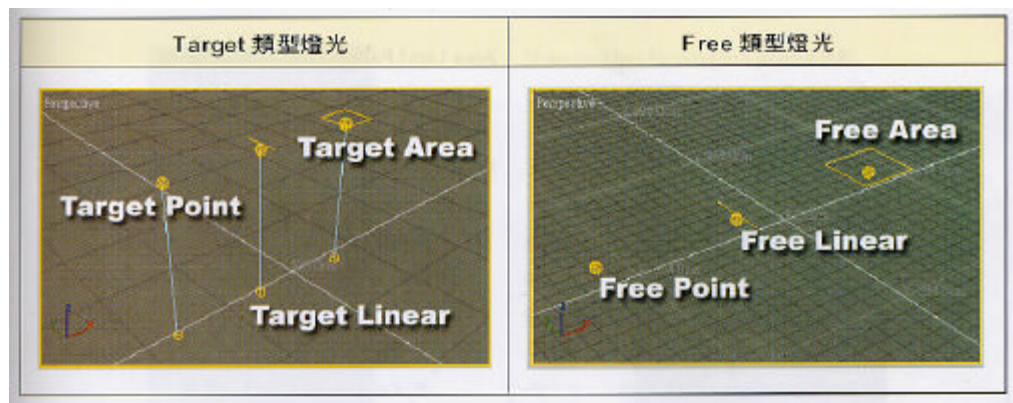


圖 2-2-14 光度學燈光的規格

資料來源：洪正隆，民 91

(2) 光度學燈光的重要參數

(A) on : 啟動參數 (圖2-2-15)

(B) light type : 共有三種光源類型, 分別是point (點)、linear (線)、area (區域) (圖2-15)。三種類型以Point(點)的光源最為明顯, 線(Linear)與區域(Area)在場景中光源均勻分佈, 從圖形是很難分辨出線或區域的光源類型, 在用途上點光源適用於燈炮, 軌道燈、鹵素燈, 而線與區域的光源應用有直燈管 (白熾燈)或圓管光源較柔和的燈。

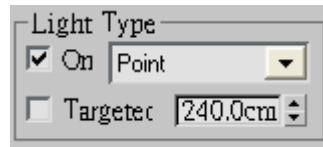


圖 2-2-15 光度學燈光的啟動與燈光類型參數

資料來源：研究者整理

(C) Intensity/Color/Distribution (強度/色彩/分佈)

Distribution光分佈種類有 isotropic(等向光)、Spotlight(聚光燈)、Web(網狀區)、Diffuse(擴散區) (圖2-2-16)



圖 2-2-16 光度學燈光的 Distribution 參數

資料來源：研究者整理

Isotropic: 一盞等向光在所有方向均勻散佈光線。

Spotlight: 聚光燈以集中的方式產生光照區, 以指定方向照射著物件, 光線形成圓錐形發射光區域。

Web: 以網狀散佈光線，並使用光度計的網定義散布光。在捲簾列內設定網狀燈的角度，並可從製造商所提供網狀檔案格式(IES文件)輸入至場景內，規範投射的形狀。

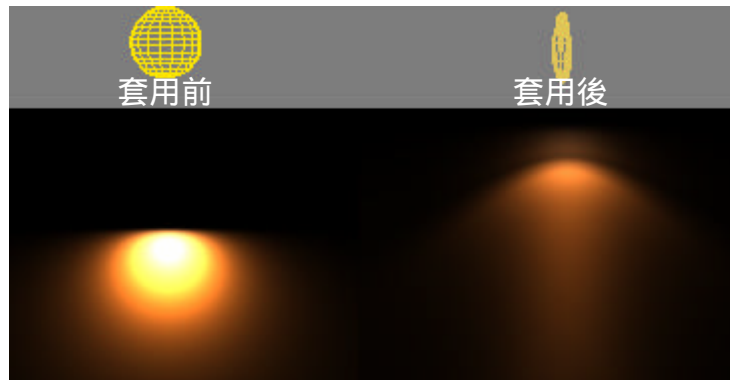


圖 2-2-17 Point 點光源套用 Web 的 IES 文件前後，燈在牆壁的投射形狀

資料來源：研究者整理

Diffuse: 擴散分佈是從一個表面，發射光以最大強度，從表面點亮到另一表面上以彌漫分佈。

Color: 色彩選定正確燈光，置入場景中作最佳的模擬，共有兩種方式（圖 2-2-18）

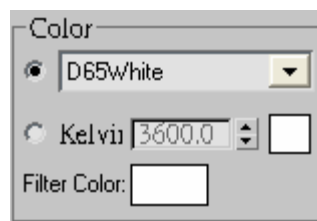


圖 2-2-18 色彩選擇方式
資料來源：研究者整理

方式一：利用下面各種燈來選定顏色

Cool White (冷白燈)

custom(自訂)

d65 white(基本白色燈)

Daylight fluorescent(白晝日光燈)

fluorescent(螢光燈)

halogen(鹵素)

High Pressure sodium(高壓鈉)

Incandescent(白燭燈)

Low pressure sodium(低壓鈉)

Mercury(水銀)

Metal halide(金屬鹵化燈)

Phosphor Mercury(磷光水銀)

Quartz(石英)

White Fluorescent(白色螢光燈)

Xenon(氣)

方式二：以Kelvin(絕對溫標)將光的顏色放由調整顏色溫度測量

(D)Shadows (陰影)：陰影主要有四種，分別為Shadow Map、Adv.Ray Traced、Area Shadows、Ray Traced Shadow (圖2-2-19)



圖 2-2-19 陰影種類

資料來源：研究者整理

每一種陰影特性不同，使用時機一不同，選擇與否，可以根據其如下的性質：

Shadow Map：產生陰影邊緣生硬，但算圖時間快

Ray Traced Shadow：產生陰影邊緣更生硬，算圖時間長

Area Shadows：產生陰影邊緣柔和，算圖時間漫長

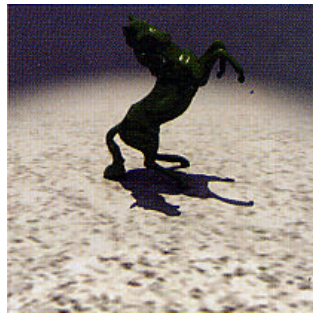
Adv.Ray Traced：與Area Shadows相似，但對陰影計算方式不同，適合多盞燈光的場景

5. 光的方向與位置

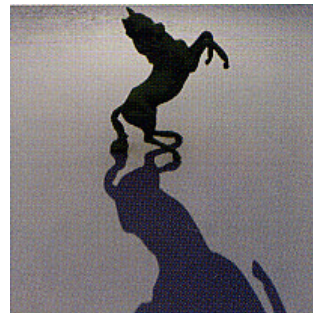
不同方向與位置的光,對受光體會產生不同的照明與陰影變化。

(1) 不同高度的光

不同高度的光對陰影的量有重要影響 (圖2-2-20-1與圖2-2-20-2)



(1) 位置高的光



(2) 位置低的光

圖 2-2-20 不同高度的光之陰影

圖片來源：李凱、張申申，民 92

(2) 不同方向的光

光向能強烈地影響被攝體的外觀，特別是觀眾不熟悉的物體。前向的光削弱了陰影和紋理，甚至會平滑地掩藏一個物體的真實形狀，如圖2-2-21-1，側光可以創造陰影和紋理圖案，從而顯示物體的形狀，如圖2-2-21-2



(1) 正向光



(2) 側面光

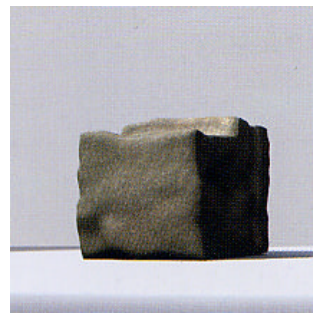
圖 2-2-21 不同方向的光對物體外觀影響

圖片來源：李凱、張申申，民 92

光源的方向對色彩的飽和度也有看重要的影響。正向照明可以獲得最大的飽和度，如圖2-2-22-1；後向照明則可以降低飽和度。光源的方向性對物體的體積形態表現有著鮮明的塑造作用，不同的光線方向所強調的物體形態特徵都有所不同，如圖2-2-22-2所示。



(1) 正向



(1) 後向

圖 2-2-22 不同方向的光對物體色調與形態影響

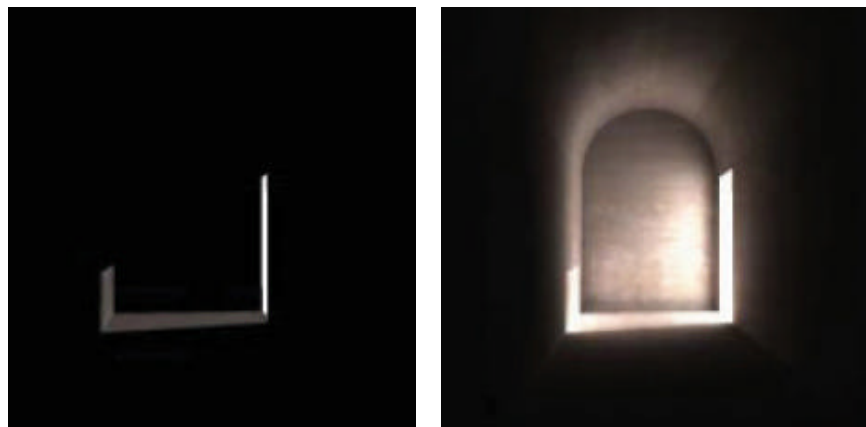
圖片來源：李凱、張申申，民 92

(二) 3D光線演算技術

在3D電腦繪圖中，對光的描述是透過不同的演算技術，根據物理光學定律來計算物體表面上的任一點，投向視點的光亮度和顏色組成的數學公式。隨著新演算方法陸續被開發出，電腦在擬真方面的表現有目共睹。目前最常見的演算技術可分為局佈光照（Local Illumination）與全局光照（Global Illumination）（JOVILIN，2004）。

1. 局佈光照

局佈光照是由直接照明形成的光照現象，如圖 2-2-23-1



(1) 局佈光照

(2) 全局光照

圖 2-2-23 光照模式

圖片來源：JOVILIN，2004

局佈光照是僅考慮光源輻射出的光線直接照明，能表現出直接照明所形成的連續明暗色調。鏡面上的高光與物體相互遮掩所產生的陰影，具有一定真實感。

局佈光照缺乏堅實的理論基礎，但在應用中證明是可行的，因為它們可以用最少的計算獲取不錯的效果，在全局光照成為標準的現今，局佈光照能被持續使用是最好的證明，這也是一些重量級3D程式中，如以3ds max的局佈

光照演算技術為scanline, 仍可見到這些局佈光照的原因所在。

2. 全局光照

全局光照是有直接光與間接光一起形成的照明, 與局佈光照相較, 全局光照更符合現實中的照明如圖2-15-2。

全局光照是以熱輻射原理發展出來的更符合光學原理的光照模式, 除了具備局佈光照的能力外, 還考慮了物體週邊環境對物體表面之影響, 如出現在鏡面上的物體影象, 或可看到透明物體後的物體等。採用全局光照對鏡面反射 光折射及相鄰物體表面間的色染等有著真實的光照效果, 新興的光造模式多為全局光照, 如熱輻射 (radiosity) 與光跡追跡 (ray tracer) 等。

以熱輻射而言, 當光源發光之後, 被它所照射的物體都會反射出一定量的光線, 繼續照射其他的物體, 起到間接照明的作用, 此種模擬現實世界中的光屬性, 非常合適於空間設計的表現 圖2-2-24顯示了光線在物體表面間反射的情形 (韓湧, 民90)。

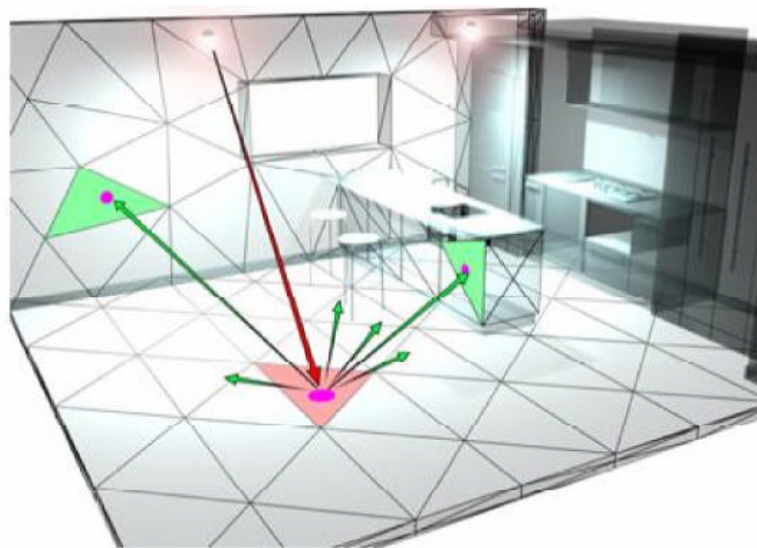


圖 2-2-24 光線在物體表面間反射的情形

圖片來源：韓湧，民 90

(三) 打光的前置作業

在燈光配置時有一定的流程，藉由系統化的安排，有助於提昇效率與品質，而前置作業屬於資料準備階段，資料越齊全，後面的流程效率必然隨之提昇。Jon A. Bell (2002) 指出當準備照亮一個場景時，應先注意下面幾個問題：

1. 場景中的環境是什麼類型？

場景燈光通常分為三種類型：自然光、人工光以及二者的結合。

(1) 自然光

具有代表性的自然光是太陽光。當使用自然光時，有其他幾個問題需要考慮：現在是一天中的什麼時間；天是晴空萬里還是烏雲密佈；還有，在環境中有多少光反射到四周。

(2) 人工光

人工光幾乎可以是任何形式。電燈、爐火或者二者一起照亮的任何類型的環境都可以認為是人工的。人工光可能是三種類型的光源中最普通的。還需要考慮光線來自哪裏，光線的品質如何。如果有幾個光源，要清楚主光源為何？確定是否使用彩色光線也是重要的。幾乎所有的光源都有一個彩色的色彩，而不是純白色。

(3) 自然光和人工光

最後一種燈光類型是自然光和人工光的組合。在明亮的室外拍攝電影時，攝影師和燈光師有時也使用反射鏡或者輔助燈來緩和刺目的陰影。

2. 燈光的目的是什麼？

換句話說，場景的基調和氣氛是什麼？在燈光中表達出一種基調，對於整個圖像的外觀是至關重要的。在一些情況下，唯一的目標是清晰地看到一個或幾個物體，但通常並非如此，實際目標是相當複雜的。

燈光有助於表達一種情感，或引導視覺到特定的位置。可以為場景提供更大的深度，展現豐富的層次。因此，在為場景創建燈光時，必須知道，要表達什麼基調？

3. 在場景中是否有特殊燈光效果，如果有，它們是應該用燈還是通過其他途徑創建？

除了通常類型的燈光外，很多三維動畫軟體以白熾燈、立體光源和特殊材料屬性的形式提供許多特殊效果。雖然嚴格說來，一些並不屬於燈的類型，在場景中，它們通常在可見光效果的外觀上再添加進來。一個簡單的例子是可見光源的閃耀或發光。由於這些效果在3D中不能自動產生，需要在渲染中專門把它們包括進來，並且考慮他們的外觀和長處。

4. 是否有創作來源的參考資料？

在創作逼真的場景時，應當養成從實際照片和電影中取材的習慣。好的參考資料可以提供一些線索，道特定物體和環境在一天內不同時間或者在特定條件下看起來是怎樣的。

通過認真分析一張照片中高光 and 陰影的位置，通常可以重新構造對圖像起作用的光線的基本位置和強度。通過使用現有的原始資料來重建燈光佈置，也可以學到很多知識。

Jon A. Bell (2002) 認為，在考慮了上面的問題後，就可以為一個場景創建燈光了。雖然光源的數量、類型和他們單獨的屬

性將因場景不同而異，但是，有三種基本類型的光源：關鍵光、補充光和背景光，它們在一起協調運作。

1. 關鍵光

在一個場景中，其主要光源通常稱為關鍵光。關鍵光通常是首先放置的光源，並且使用它在場景中創建初步的燈光效果。

雖然最初的放置為照亮物體提供了一個好的方法，但是，得到的結果確實是單調而無趣的圖像。陰影通常很粗糙且十分明顯。同樣，場景看起來總是太暗，因為沒有自然的環境光來加亮陰影區域。這種情況在特定的場景中是很有用的，例如夜晚場景，但是，對大多數畫面來說，就顯得有些不合適了。

2. 補充光

補充光用來填充場景的黑暗和陰影區域。關鍵光在場景中是最引人注意的光源，但補充光的光線可以提供景深和逼真的感覺。

比較重要的補充光來自天然漫反射，這種類型的燈光通常稱為環境光。這種類型的光線之所以重要，部分原因是它提高了整個場景的亮度。

模擬環境光的更好的方法是，在場景中把低強度的聚光燈或泛光燈放置在合理的位置上。這種類型的輔助光應當減少陰影區域，並向不能被關鍵光直接照射的下邊和角落補充一些光線。

除了場景中的天然散射光或者環境光之外，補充光用來照亮太暗的區域或者強調場景的一些部位。它們可以放置在關鍵光相對的位置，用以柔化陰影。

3. 背景光

背景光通常作為“邊緣光”，通過照亮物件的邊緣將目標物件從背景中分開。它對物體的邊緣起作用，引起很小的反射高光區。如果3D場景中的模型由很多小的圓角邊緣組成，這種高光可能會增加場景的可信性。

4. 其他類型的光源

實際光源是那些在場景中實際出現的照明來源。臺燈、汽車前燈、閃電和野外燃燒的火焰都是潛在的光源。在為場景設置燈光以後，還有一些其他因素需要考慮。

1. 解決方法簡單而必要嗎？

場景中的燈光與真正的燈光不同，它需要在渲染時間上多花功夫，燈光設置越複雜，渲染所花費的時間越多，燈光管理也會變得越難。你應當自問，每一種燈光對正在製作的外觀是否十分必要。

當增加光源時，自然會減少反射點。在一些點，增加光源不會對場景的外觀有所改善，並且將變得很難區分所增加光源的價值。可以嘗試獨立察看每一個光源，來衡量它對場景的相對價值。如果對它的作用有所懷疑，就刪除它。

2. 有些物體是否需要從光源中排除？

從一些光源中排除一個物體，在渲染的時候，便可以節約時間。

這個原則對於製作陰影也是正確的。場景中的每一個光源都用來製作陰影，這種情況是很少見的。製作陰影可能是十分昂貴的（尤其是光線跟蹤陰影的情況下），並且有時對最終圖像是有害的。

3. 用貼圖效果而不用實際光源能夠模擬任何燈光嗎？

建築物光源、照亮的顯示器和其他獨立的小組合光源，有時可以用貼圖創建，而不使用實際光源。

4. 是否可以使用一些技巧使場景更真實？

比如，為光源添加顏色或貼圖，可能可以很簡單的使場景取得較好的氣氛。

(四) 室內光及其色溫表現

1. 室內自然光的表現特徵

室內自然光是指室內環境受到自然光的直射或散射，或在這兩者共同作用下的光線效果。在創作室內場景的時候，要充分表現各種各樣的室內建築或陳設特點，以及角色在有限環境中的活動，體現出不同物件與環境的關係，進而表現出場景的特色和氛圍。

(1) 自然光下的室內場景主要有兩種表現效果

一是室內無燈光，即單純自然光效的真實再現。此時的光線特徵主要體現為自然光的投射方向及其變化、自然光的明暗變化以及自然光的色溫等；二是室內的某些人工固有光(建築物中固有的光源)與自然光照明的混合效果。由於人工光源比較多樣、複雜，其對場景色彩明度的影響比較明顯。

(2) 影響自然光下被照物體亮度的因素

- 建築物玻璃門窗的面積大小和數量

玻璃門窗面積大、數量多，投射到室內的光線就多，室內就顯得明亮，反之，室內的玻璃門窗面積小、數量少，投射到室內的光線就少，室內就顯得昏暗。

- 被射物體距室內門窗的距離
距門窗越近，被射物體越亮，反之則越暗。
- 太陽光的照射角度和強度
根據太陽光的不同投射角度和強度（色溫），室內自然光的亮度會有較大差異。
- 室外景物。
如果室外較空曠，室內會更明亮；如果室外較近處有高大的建築物擋住光線，室內就會較暗；如果室外有較暗的物體（如大樹），或者窗戶不夠通透，則會擋住更多的光線，室內就變得更暗了。通常為了經濟和效率起見，我們經常使用貼圖來表現室外場景，這時就需要注意室內燈光效果與外界貼圖的色彩和明度之間要相互匹配
- 室內物體的反射率。物體的反射率高，室內就會顯得較亮；反射率低，室內就會顯得較

2. 室內人為光的表現特徵

室內人工光實際上就是對具有光源體的物件發出的光的類比，其3D製作流程就是建立一個發光物件的模型，如臺燈、壁燈、壁爐等，然後以此為基礎，決定燈光的強度、萬向、色彩和其投影模式，接著再處理它們之間的混合照明關係。藝術家們常常運用光色語言來營造某種氛圍，表達自身情感，所以說室內照明很容易表達出作品的內涵和作者的心情。

整個布光過程中，一定要根據事先設計好的造型對光進行處理，而不要毫無目的地隨意放置人工光，不僅要深刻理解燈光的各種參數並做到靈活應用，還要瞭解各種光

源的自然屬性，在創作過程中能夠準確的選擇，準確地對被射物體進行造型處理，要由理論上懂得光的造型作用，尤的語言作用和光的藝術感染力，這樣才能製作出作品內容所需的種種光線效果，創作出統一而完整的藝術形象。

室內人為光的表現特徵如下：

(1) 人工光照明使創作者可以按照自己的創作意圖進行照明組合和處理。

這在一定程度上使創作者擺脫了模擬自然光的束縛，因為相對自然光而言，人工光的特徵更加明顯，更容易模擬，創作者對光的造型和氣氛處理也更加自由，可以自己決定光的投射方向、投射高度、投射強度和投射面積（或範圍），也可以根據創作要求來決定光的明暗、光比和畫面的影調結構。這提供了3D藝術家極有利的創作條件，雖然在3D領域中表現外界自然光時，可以任意制定所要表現的氣氛和環境。

(2) 人工光照明可以由多個光源的分工照明完成統一的光線造型任務。

自然光是非常巨大的發光體，它普照大地，形成了統一的照明效果。而任何人工光不可能像陽光或天光那樣有那麼大的照明範圍，因此我們要利用不同的燈種、投射方向和距離對被射物體進行光線造型，不同的燈種指的是軟體所提供的不同類型的燈，如Spot Light(聚光燈)常用做主光照明，Omni Light(泛光燈)常用做補光等。製作室內場景，尤其是封閉的室內場景時，往往需要多個光源才能完成造型任務，較好地表現出各種氣氛。

(3) 作用人工光照明時要特別注意控制光的強度和照明範圍以保證多個光線的協調。

對光的強弱的控制和真實世界中一樣，可以利用燈的遠近距離來控制。距離遠，光的照度就小，距離近，光的照度就大；也可以直接調節燈光的強度參數值和顏色，使光照變弱或變強。控制光的強度和照明範圍的本質是處理畫面的亮度平衡，使景物的色彩、質感、明暗度等都能在畫面中得到較好的反映，進而產生視覺上的真實感和應有的藝術效果。

(4) 使用人工光照明要協調好不同光線的不同投影效果。

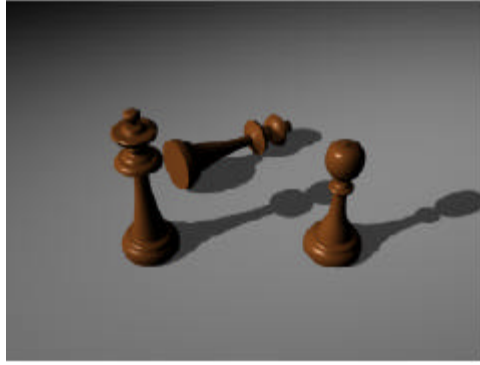
室內人工光的創作也需要遵從真實世界中的客觀現象--大部分主要光源必須有明顯的投影。因此在多光源的場景中，往往會產生多投影的現象，就會發生各個燈的投影互相干擾的情況。如果不處理好每盞燈的照明效果，勢必會破壞光的整體造型效果，這就需要我們在布光時準確地安置每一盞燈，最大限度地利用光源的照明範圍，靈活地應用燈光排除功能，將不照射或不需要投影的對象排除掉，這樣就能夠在佈光的時候做到燈多影不亂，畫面效果真實（李凱、張申申，民92）。

（五）影的重要性

大陸 3D 作者李凱（民 92）指出影雖然是實體物件在光的作用下的投射物和映照 但是作為畫面的組成部分，它一樣有著構圖和佈景的作用。對於 3D 創作來說，為了體現畫面的真實感和美感，必須注意 "影"的處理。

1. 光與影的關係

在 3D 場景之中，不同的光源會產生不一樣的陰影，製造出不同的畫面感受（圖 2-2-25-1 2-2-25-4）。



(1) 平行光生成的影



(2) 全向光光生成的影



(3) 投射光生成的影



(4) 面積光生成的影

圖 2-2-25 不同的光源產生的陰影

資料來源：韓湧，民 93

2. 影的平面造形

在二度空間裏，"影"可以輔助具體的形象再現立體的三度空間效果，這時我們可以把"影"本身理解為一個平面的造型。既然影於是由投射到物體上的光創造出來的，創作者就可以充分利用影子的作用，豐富攝影畫面的內容，如圖2-2-26-1、圖2-2-26-2所示。



(1)



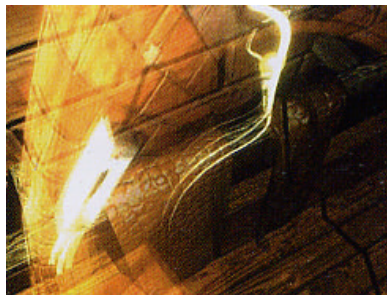
(2)

圖 2-2-26 影的平面造形

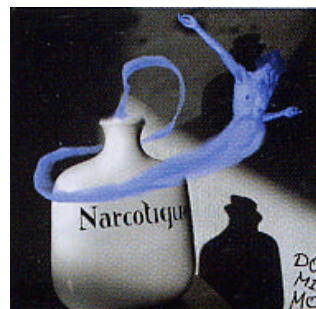
圖片來源：李凱、張申申，民 92

3. 影的戲劇化效果

人們開始只是注意到自然界中的 "光" 也就是明亮的部分，對陰影的理解則需要一個更長的過程。隨着觀察的不斷深入，陰影在人的意識裏變得越來越鮮明，越來越有力，越來越像些具體或抽象的形，如圖2-2-27-1所示。人們甚至能夠用陰影產生戲劇化的效果。有些作品的實體本身在畫面上只占了極小的部分，而它們的投影卻成為畫面的主體，如圖2-2-27-2所示，這種構圖就充分表現了影子的造形力量。



(1)



(2)

圖 2-2-27 影的戲劇化效果

圖片來源：李凱、張申申，民 92

3. 影的型態

影可以在3D作品中以不同方式構成不同之型態

- (1) 剪影是構圖的影
- (2) 大面積構圖的影
- (3) 不規則構圖的影
- (4) 平衡畫面構圖的影
- (5) 邊緣生硬與柔和的影
- (6) 獨立存在的影
- (7) 交錯出現的影

作為一種特殊的造型方式，"影"越來越受到3D藝術家和動畫師的重視。對於一些優秀的3D藝術家來說，"影"的存在不在只是一種光明的缺陷，而是自然生命的另一種表現形態。因此，在3D作品中，如果只選擇光線或實體，而忽略了陰影的存在或是只將其看作是可有可無的點綴，那麼作品會是不完整的，光影語言的構成也將是殘缺的，作品也會平而不奇，淡而無味的（李凱、張申申，民92）。