

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

產品表現技法之倒影應用探討

The Application Study of Reflection in Product Rendering

計畫類別： 個別型計畫

計畫編號：NSC 89-2411-H-130-004-SSS

執行期間： 88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

計畫主持人：陳遠修 銘傳大學商品設計學系

共同主持人：鄧成連 銘傳大學設計管理研究所

執行單位：銘傳大學商品設計學系

中 華 民 國 八 十 九 年 十 月 十 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

產品表現技法之倒影應用探討

The Application Study of Reflection in Product Rendering

計畫編號：NSC 89-2411-H-130-004-SSS

執行期限：88年8月1日至89年7月31日

主持人：陳遠修 銘傳大學商品設計學系

共同主持人：鄧成連 銘傳大學設計管理研究所

計畫參與人員：連俊名 銘傳大學商品設計學系

一、中文摘要

本專題主要探討物體於一光澤面之成像方法，分析其倒影與視點、物體間之互動關係，尋找一可資遵循之倒影簡易設定模式（方法），供工業設計師在設計定案前之手繪概念展示圖上快速應用，提昇展示圖之視覺魅力與提案者之專業形象。

關鍵詞：倒影、視點、工業設計、表現技法

Abstract

This research is meant to discuss the object image formation on the shining surface, to analyze the relationship among reflected image, viewpoint and object, and to find certain simple setting models for tracing the reflection. With this research outcome, the Industrial Designer can improve the hand drafting quality during the concept development. Therefore, the rendering visual attraction will be enhanced, and the designer's professional image of the proposal presentation increased.

Keyword: Reflection, Viewpoint, Industrial Design, Presentation Drawing.

二、緣由與目的

表現技法在各工業設計相關科系中均列為必修科目，為了解學生對該方面能力養成上的需求，本研究首先針對銘傳大學商品設計系大三、大四學生給予一項標題為「影響我表現技法學習成效的原因」的問卷調查，發現大多數的學生在實務技巧方面以倒影表現及立體草圖著色技巧列為首要，大三、大四學生的反應具有相同的趨勢（附表一）。

附表一

理由	大三（有效問卷 33 份）		大四（有效問卷 33 份）	
	人數	比例 %	人數	比例 %
1. 表現倒影有困難	13	39	16	48
2. 立體草圖著色技巧與觀念不清	12	36	15	45
3. 明暗對比掌握困難	10	30	11	33
4. 光影設定與配置要領尚無法掌握	8	54	13	39
5. 遠近表現技法應用上有困難	6	18	10	30

1. 表現倒影有困難	13	39	16	48
2. 立體草圖著色技巧與觀念不清	12	36	15	45
3. 明暗對比掌握困難	10	30	11	33
4. 光影設定與配置要領尚無法掌握	8	54	13	39
5. 遠近表現技法應用上有困難	6	18	10	30

在立體草圖能力培養方面，訪談專家學者及已就業之第一屆畢業生，超過七成受訪者表示徒手立體草圖描繪能力在實務設計界極為重視，而與之相關的草圖快速著色表現卻往往以倒影為重要依據之一；光影理念方面又以倒影及陰影理念不清楚為影響學習成效的重要原因（附表二）。

附表二

理由	大三（有效問卷 33 份）		大四（有效問卷 33 份）	
	人數	比例 %	人數	比例 %
1. 陰影求法的觀念模糊	18	54	9	27
2. 不知如何設定倒影	15	45	11	33
3. 漸層的意義不清楚	7	21	7	21
4. 倒影的形成理念不了解	11	33	11	33

目前電腦應用普及，各式繪圖軟體紛紛出現，最終設計提案普遍以電腦完成，然設計定案前工業設計師卻須以手繪概念圖表達其大量創意，提案討論的展示圖常以各種型態出現，其方式或為線條草圖、或為著色草圖、或為概略精描等展示圖。在該等展示圖中倒影的適當應用，可加強型態轉折的易讀性、材質光澤度與整體造型光潔亮麗的視覺效果，實為表現技法上的重要關鍵之一。

坊間表現技法的書籍多側重粉彩、麥克筆於對象物上著色過程的介紹，一般的透視書籍則偏重於敘述對象物在地面、桌面或牆面上產生倒影的情況，對於對象物本身因環境反射光之影響而於自身產生倒影，從而顯現光潔亮麗感的相關理念明顯不足，實不符教學上及自修者的需求，常使有志從事產品設計工作者，於表現技法養成之途徑上失卻信心，使政府為產業升級而推動工業設計養成人才的實效上受到影響。本研究即針對該方面作統合研究，擬以簡易之圖解補充教學資訊之不足，使手繪概念展示圖於快速設定倒影時有脈絡可循，以期對於學習者與政府推動產業之升級有所助益。

三、研究方法與程序

本研究之先期作業係進行問卷調查，首先參閱相關表現技法文獻資料，分析歸納出影響展示圖視覺效果之要因，並訪談已在業界設計單位服務之畢業同學，了解其在實務設計過程中對倒影認知與應用於手繪概念展示圖之需求性。配合所得結論進行探討倒影與透視表達方法，另建立模擬之室內框架、地板及具有光澤之基本幾何型體模型，觀察其成像型態，研究視點、物體、倒影之互動關係，分別以系列圖解表達其應用情況。

四、研究結果與討論

4.1 平直面積

所有物體皆受光線影響，圖 1 中 xy 為光澤面，任意以兩道光線分別通過 A、B 兩點，於鏡面產生反射，反射線之反向延伸（虛線）交集於光澤面後一點，A'B' 即為物體 AB 之倒影， $a = b$ ，物體 AB 與倒影 A'B' 呈等距等角，以上為 CLARENCE RAINWATER 氏所述利用設定光導線於一平直面積求倒影的方法（如圖 1）。依此方法推知，粗糙的表面無法形成影像（如圖 2）。

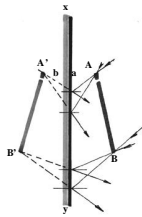


圖 1

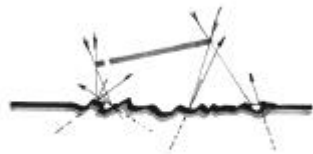


圖 2

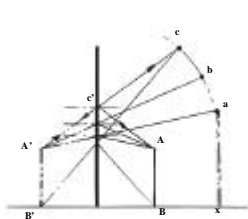


圖 3

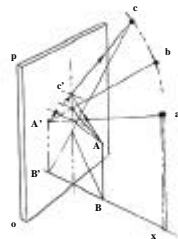


圖 4

圖 3、4 為立面與透視對照圖，a、b、c 為視點移動的狀況，A'B' 為影像，對視點 c 而言，光線似有從 A' 點直射至視點的錯覺，A'C' 成一直線，CA' 兩點重疊，AC' 與 A'C' 成等距等角關係，AC' 與 C'e 亦成等角。圖 4 係探討圖中人 ax 之視點；光導線反射點（如 C'）與倒影點（如 A'）間之關係。設若 AB 與光澤面關係位置不變，觀察者為本身，且站於 po 前方（圖 5），c、C'、A' 仍成一直線，C' A' 重疊，視點 c 見不到 CA' 段，C' 點即為視點 c 所見到的倒影點（A'）位置，cC'A 呈一傾斜三角（ $\angle cC'A$ ），光導線入射角（ $\angle 1$ ）與反射角（ $\angle 2$ ）

相等。圖 5 中實箭頭表示來自環境物之光導線與視點之關係，雙箭頭係視線射向光澤面後反射指向環境空間，兩者均常為設定倒影於一概念圖時之重要判斷依據。

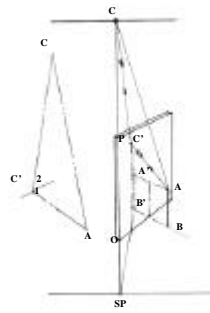


圖 5

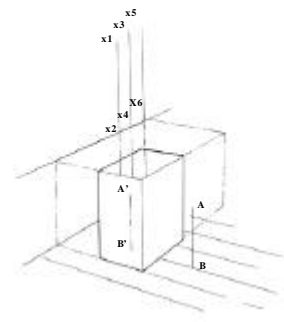


圖 6

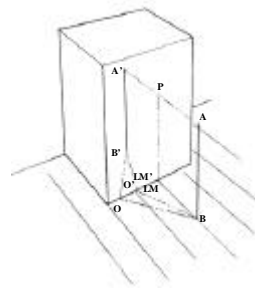


圖 7

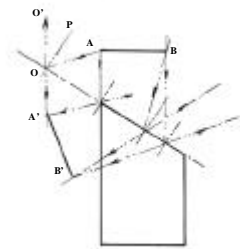


圖 8

圖 6 所示直立之三條 x 線段對觀察者而言，僅能見到塊體頂面所示之局部倒影，以假想線延伸至牆面亦為輔助判斷的方法，又因角度關係，無法見到倒影 A'B'；若觀者位置不變，旋轉塊體至一適當角度，則可清楚看到，故光澤面恆具有環境物之影像，地板之光導線為前述等距等角定理的應用（圖 7）。

圖 8 之立面圖顯示平直面積倒影求法應用於傾斜面的情況，與之相對應的透視圖，依視點、斜面及環境物的相對位置，僅能見到該環境物的底面（如圖 9 斜線面積所示）圖 10、11 為相關求法的應用範例。

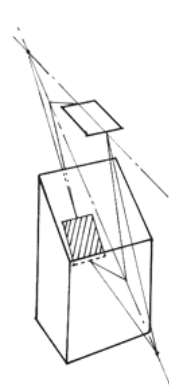


圖 9

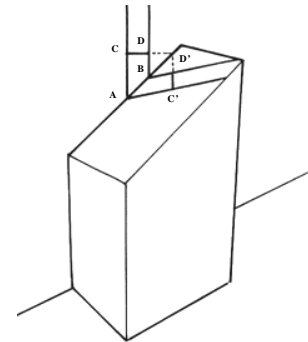


圖 10

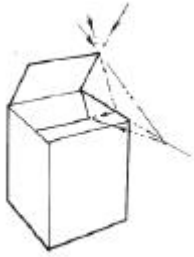


圖 11

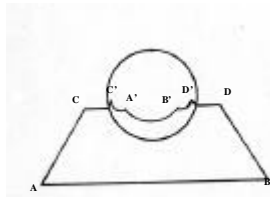


圖 13

4.2 曲面體

圖 12 中 C 為曲率中心，F 為焦點，OC 為主軸。從環境物 AB 之頂點射出與主軸平行之光導線，經反射延長後通過焦點。AB 點再各與曲率中心連接，其連線各與上述之延長線相交得縮小之直立虛像倒影 A'B'。如是為物理學上有關球面鏡之成像求法。若延長 B 至 x 點，以同樣方式求得之倒影點 x' 並非在 A'B' 之連線上，在 AB 點上下方取任意點所得之倒影均有此位移變形現象。以該圖之關係位置實繪得知，物高 (AB) 為曲率半徑之 1.6 倍以內，且處在以 O 點為中心之範圍內時結像之倒影不變形。此理論並不符概念圖實務應用上之需求。一般生活產品表面曲弧面積遠小於室內或戶外之環境物，設計師所假想中之環境物 (如牆、柱、窗等) 與所描繪構想圖的距離常遠大於圖 12 之距離，如是則弧凸曲面上所結成之環境物倒影除尺寸上極度縮小外尚多呈弧曲變形。

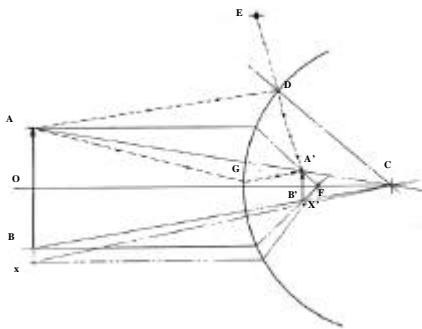


圖 12

以一平板置於鍍鉻球體下觀察 (如圖 13)，平板之直線段倒影均呈弧曲、縮小、變形。再於圖 12 中續做圖：從 A 點分別設導線 AD 及 AG，於其上設節點若干，以相同求法可得相對應之節點倒影，連接後得直線 GA' 倒影 (與 AG 等角) 及略弧曲之 DA' 段 (因 AD 位於 AB 之範圍外)，曲面內之虛導線與曲面外之實導線亦與平直而有相同情況之等角現象，但距離上則大幅變形縮小；圖中 E 點為眼睛位置，EDA' 可連成一線，D 與 A' 重疊，反射點 D 成為視點 E 所實際見到的 A' 倒影。

圖 14 係 DICK POWELL 以之解釋視點、環境物與弧凸曲面所產生倒影間之互動關係，HL 線平行於地面，雙箭頭為來自地平線之光導線，單箭頭

為 E 視點之視線所指向之環境物，H 點為來自水平線的光線在曲面上的反射點，與圖 12 中之 D 點情況相同，H 點即為圖中觀者所實際見到的水平線倒影位置，立體圖情況應如圖 15 所示。

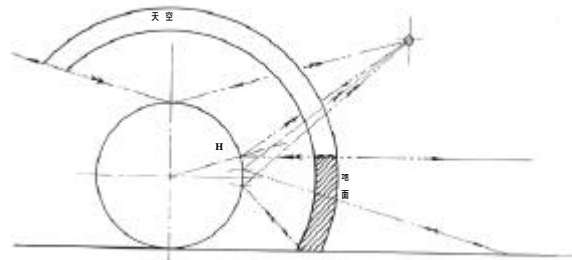


圖 14

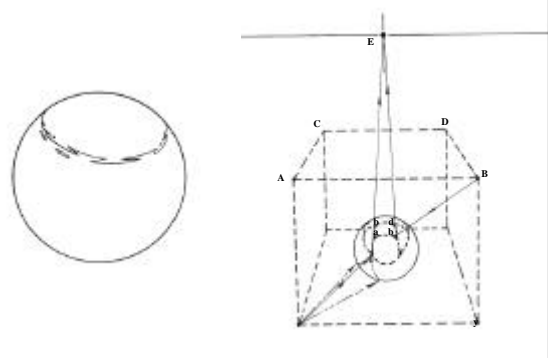


圖 15

圖 16

產品的使用環境，大別為室內與戶外兩類。戶外使用的產品、倒影來源多應用地平線、天空、建築物之屋簷及地面，於室內時，多應用牆面、窗戶、窗框、桌面、地板及沿牆面擺列之箱櫃等。圖 16 為一鍍鉻金屬球置於模擬之牆柱框架內，以一點透視觀察所得倒影的情形；圖 17 則以旁觀者立場，顯示圖中人視線與倒影間之互動關係，E 點代表視點。成像過程為前述理念之應用，倒影雖呈縮小變形，但自有其規律可循，如描繪者欲決定天花板上嵌燈的倒影位置，自可依前述的理念在 abcd 的範圍內做快速的配置。

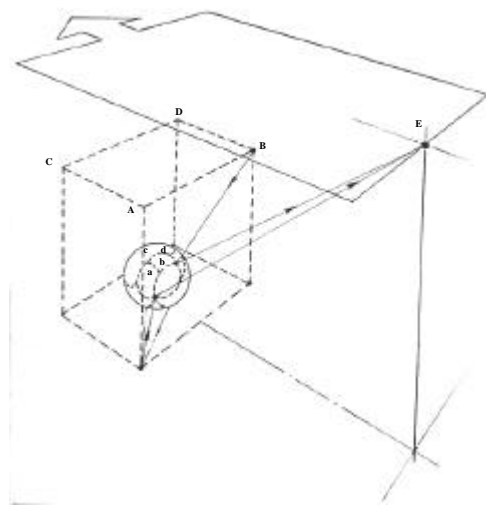


圖 17

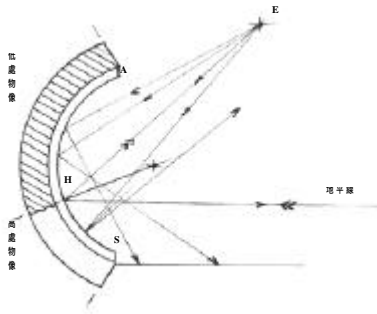


圖 18

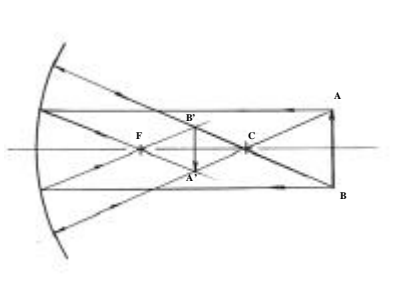


圖 19

圖 18 為一弧凹複曲面截斷圖，E 為視點，依圖示之互動關係可知 AH 段多映照桌面或地面，HS 段則呈現高處的物像，如天花板、窗、天空等，所有影像呈上、下、左、右相反，此狀態由凹面鏡之成像求法可得證明（圖 19），作圖法與圖 12 相同，但焦點與曲率半徑卻在前，圖示倒影為顛倒的實像，弧凸複曲面的倒影為左右相反之直立虛像。圖 20 說明擺在桌面之環境物 AB 在光澤之弧凹複曲面前的成像 (B'A') 情形。

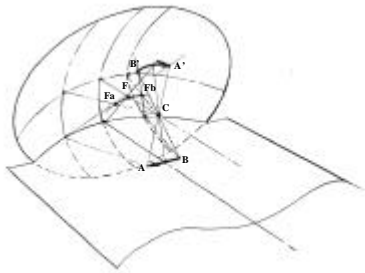


圖 20

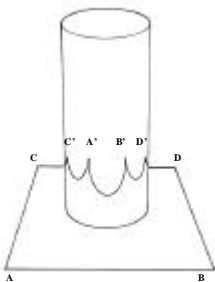


圖 21

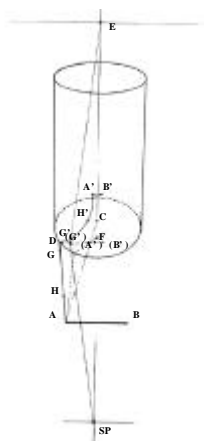


圖 22

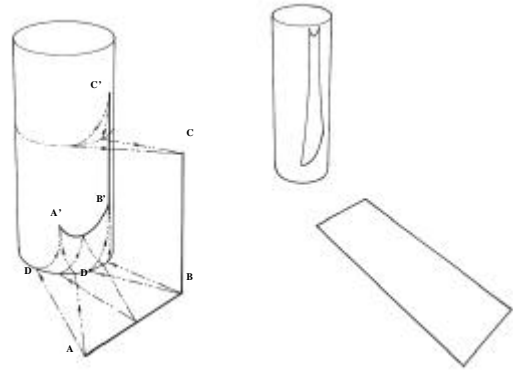


圖 23

圖 24

光澤直立圓柱下方置一矩形體時，依視覺經驗，其倒影常呈現如圖 21，但該形態與實際作圖所得在位置上有差異。如圖 22，依物理定律，平行於主軸的光線，其反射向的向後延伸線必過焦點，通過曲率中心或延長後通過曲率中心的入射光，經反射後必循原路返回，採用與凸面鏡相同的求法可得倒影 (A')(B')。AD 段上任意取節點，G 或 H，以同法求得其倒影點 (G')，連結後可得 D(G')(A')。圖 22 之 E 為視點，SP 為足點。連接 SP 與 (G') 交圓周上一點，由該點上引垂線，再連接 E 與 (G')，此線與垂線相交於 G' 點。G' 與 (G') 點重疊，視線 EG' 在 G' 點反射後指向 G 點，故 G' 才是視點 E 所感受到的倒影點，以此類推，DA'B' 為視點 E 所實際見到的環境物 DAB 的倒影。活用視點、視線及視線在反射點反射後指向環境點的關係，於繪製概念圖時，可快速設定出倒影的位置與形態，以避免煩瑣的作圖過程。圖 23 為此方式的應用，其中 AD、AD' 為導線，AD' 與 A'D' 於透視上呈等距等角。由圖 21、22、23 可知視點在高處時直立圓柱的弧曲面範圍所反映的物體均為地面物或地上物（如圖 24）。

水平放置的圓柱側視與球體（如圖 14）相同，視線在反射點反射後的視線與地面平行時（指向地平線），該反射點的位置即為地平線（圖 25）。

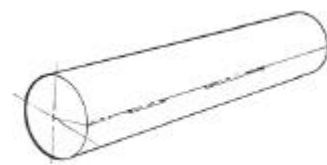


圖 25

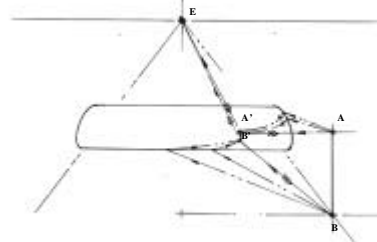


圖 26

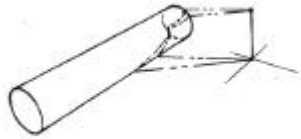


圖 27

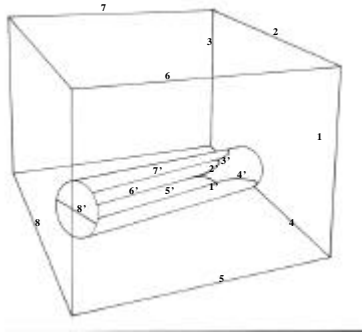


圖 28

圖 26 中 AB 若做為主光源之立燈或桌燈時，A 點為發光體，A' 自為高光點所在。當觀察者站於側方，倒影的形態隨著不一樣，此因視點、光澤物、環境物間之相對位置產生變化，屬透視上的必然現象（圖 27）。當把該圓柱體置於模擬室內的框架中，可觀察到該曲弧面映照範圍包含牆面、地面（或桌面）及天花板，倒影隨曲率及視點位置產生縮小及變形現象（圖 28）。

4.3 實物倒影與光倒影

產品的使用環境主要為室內與室外。依此分類可得倒影的來源為室內之生活用品、牆、窗、窗簾、天花板，室外之地平線、地、建物、行道樹及產品本身的空間變化等，此類可視之為實物倒影，與此相反，來自天空、地板、地面及天花板、牆面或其它物體的反射光所造成的倒影均可視為光倒影，因無特定的型態，繪圖者有無限的揮灑空間，常見的形態為漸層及透過筆觸佈局所形成的光影變化，與實倒影結合，除可表示出材質的光澤度外，整體可產生光潔亮麗的感覺，對概念圖的視覺效果，實具有極大的助益。萬物均由基本形體組成，對其成像及視點關係有適當的了解，繪圖時倒影配置上自能做妥當且快速的設定。

五、研究結論與自評

研究結果的重要結論計有：

- (1) 具有光澤的物體在適當的光源設定下必產生其環境物的倒影。
- (2) 平直面及斜面倒影的成像可經由設定兩條導線，並使之過環境物某點，抵達光澤物表面後產生等角等距反射線求得；弧曲光澤面上的倒影亦可以同法求得，惟反射後之導線角度、距離、形狀常因曲率影響呈縮小及變形

現象。

- (3) 產生於直立圓柱上之倒影寬度，較之環境物，因曲率影響呈橫向縮小變形；水平圓柱上的倒影高度則往軸線之垂直向縮小變形；弧突球面上的倒影則於上下左右向同時縮小變形。三者之影像均為左右相反之虛像。弧凹球面的成像為實像，上下左右向均與環境物相反。
- (4) 物體與環境物的關係位置不變時，倒影的形態隨視點位置的更動而變化。
- (5) 倒影為虛像時，倒影點、視點兩者的連線（視線）與物體表面交叉行成反射點，三點成直線關係，視線之反射點與倒影點重疊，反射點即為視點所感受到的倒影點位置，視線於反射點反射後恆指向環境物上與倒影點相對應之特定点。倒影為實像時，該反射點在實像上。

本研究側重基本幾何形狀的成像與實物應用，及視點、倒影與環境物三者間之互動關係。過程中發現以導線配合視線、反射點、環境物之相互位置可協助概念圖繪製者於倒影位置及形狀上做快速的判定。同時發現傳統產品表現技法教學中有關倒影理念的傳授皆以視覺經驗為主要依據，使受教者產生猶疑不確定的心態，以及坊間表現技法書籍中此一相關資訊的幾近貧乏現象，皆能以結合平面之理論作圖法及透視法則，做出有系統的系列圖解，使自學者有跡可循並使教學效果更臻完善。本研究未涉及之多種複合曲面之成像，似可用剖面方式求出各段曲弧之曲率半徑與焦點，再以文中所述方式分別求出影像後予以連接的方式探索。

參考文獻

1. 呂清夫，怎樣學習透視圖法，大陸書店，民國六十四年，頁 46。
2. 廖有燦，簡新透視圖學，新形象出版事業有限公司，民國八十二年，頁 140。
3. 山城義彥，基本透視實務技法，新形象出版事業有限公司，民國八十二年，頁 88。
4. 羅東釗，實用透視圖法，藝風堂出版社，民國八十三年，頁 108。
5. 盛紫嫣，透視圖法，大人出版社，民國七十五年，頁 136。
6. 郭進春、蔡繁仁等人編著，物理學，興業圖書股份有限公司，民國六十七年，頁 300~307。
7. 華杜仁譯述，應用物理學，科技圖書股份有限公司，民國八十年，頁 520~527。
8. CLARNCE RAINWATER, LIGHT AND COLOR, GOLDEN PRESS, NEW YORK, 1971.
9. MARK WAY, PERSPECTIVE DRAWING, Outline Press Limited, 1989.
10. Dick Powell, PRESENTATION TECHNIQUES, Macdonald & CO Ltd, London & Sydney, 1987.