

十

設計與應用科技 (中四至中六)

學習資源

視像化及電腦輔助設計(CAD)模塑

產品視像化及立體模塑

電腦輔助設計

技術顯像

相關應用

選修單元

5

設計與應用科技

(中四至中六)

選修單元：五

視像化及電腦輔助設計(CAD)模塑

[學習資源]

支援設計與應用科技(中四至中六)課程
資源系列

香港特別行政區政府
教育局課程發展處科技教育組

香港九龍塘沙福道19號西座 W101室

2010 年重印兼訂正

項目顧問

廖世樂先生 香港專業教育學院（青衣分校）多媒體及互聯網科技系主任

作者

呂渭權 博士 香港專業教育學院（屯門分校）資訊及通訊科技系系主任
周堅夫 先生 香港專業教育學院（屯門分校）工程系講師
鍾兆良 先生 香港專業教育學院（屯門分校）工程系講師
何少雄 先生 香港專業教育學院（屯門分校）工程系講師
林振帆 先生 香港專業教育學院（屯門分校）資訊及通訊科技系講師
姚浩賢 先生 香港專業教育學院（青衣分校）多媒體及互聯網科技系講師

協作者

蔡紹明 先生 香港專業教育學院（屯門分校）工程系教學助理

項目統籌

李日全先生 職業訓練局高峰進修學院高級訓練顧問
曾兆華先生 職業訓練局高峰進修學院訓練顧問

英-中翻譯

職業訓練局高峰進修學院

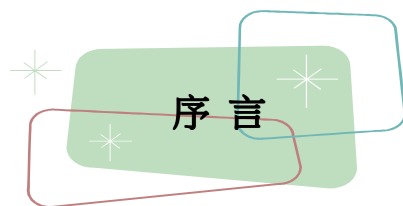
本學習資源版權，除在鳴謝頁所列舉的圖片外，全屬於香港特別行政區政府教育局擁有

© 版權所有 2009

除在鳴謝頁所列舉的圖片外，學校可自行複製本學習資源作非牟利教育用途。

任何情況下使用本學習資源，需作出鳴謝，教育局保留本學習資源版權。

未經香港特別行政區政府教育局事先允許，不得複製全部或部分、貯存、另存任何格式或形式。

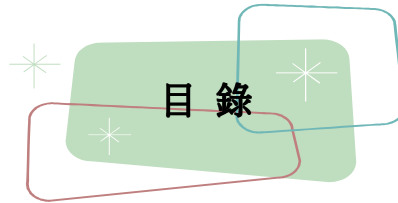


為支援「設計與應用科技」(中四至中六)的推行，教育局課程發展處科技教育組製作了一套學與教資源。

本學與教資源的製作目的，是提供有關「設計與應用科技」(中四至中六)必修及選修部分所需的知識，以支援課程的學與教。一套八本的學與教學習資源包括教師手冊及學生學習資源部分，涵蓋「設計與應用科技」(中四至中六)的每一學習範疇及單元。

如對本學與教資源有任何意見及建議，請致函：

香港九龍塘沙福道19號西座 W101室
教育局課程發展處科技教育組
總課程發展主任(科技教育)



引言

第一章 - 產品視像化與立體模塑技術	1
1.1 圖象視覺效果	2
1.2 立體模塑概念	9
第二章 - 技術顯像	37
2.1 立體圖	38
2.2 工程圖	50
2.3 標準、慣例與符號	63
2.4 數據演示	75
第三章 - 電腦輔助設計	80
3.1 虛擬原型	81
3.2 電腦模塑技術的準則	90
3.3 電腦輔助設計軟件	105
3.4 電腦輔助設計對設計流程的影響	111
第四章 - 應用	114
4.1 電腦輔助設計及視像化	115

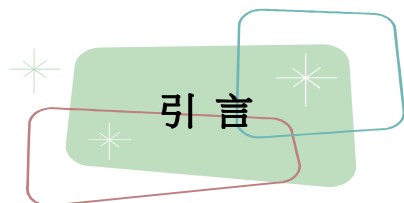


主題為本學習課業	122
● 立體建模 - 以紙板或發泡膠製作遙控器底座	122
● 立體建模 - 建築及電工平面繪圖	123
● 快速原型的娛樂技術用途 - 「Timberland」原型立體印刷	126
● 密歇根州大橋的結構分析	128
● 虛擬現實 - 船隻模擬操控系統	130

實習活動	132
● 功能為本建模技術	132
● 參數式建模和平面手繪草圖	145
● 旋轉、延伸及掃描功能	155
● 部件	161
● 工程繪圖	167
● 明暗運用及彩色效果演繹	172

評估課業	181
● 設計作業	181
● 實踐課業及練習（第一至四章）	185
● 課後測驗（第一至四章）	198
● 個案研究	207

有用網址	208
參考文獻	210
辭彙表	211
鳴謝	214



產品／工業設計及工程設計正不斷融合。約五十多年前，人們普遍視產品／工業設計為一門藝術，而在培訓設計師時也著重如何訓練他們在圖紙上表達設計概念為主，並輔以著色和彩色效果的演繹技術，設計的產品著重外觀和易用性，而產品以日常生活用品及室內設計為主。

當時的工程設計以技術層面為主。工程師則著重如何令項目更具效率及成本效益，而產品的耐用性、材料勞損等性能也備受關注，雖然建立模型作演示及性能測試所費需時，但仍然被業界視為一項要務。

自二十世紀末起科技發展一日千里，產品設計和製造工序亦深受影響。現今，只需一位元設計師/工程師便可肩負起彩色效果演繹、著色、原型製作和應力分析等多項工序。另外，設計師/工程師更可在自己的電腦螢幕上預覽、操作平面設計、製作原型以及模擬系統表現，甚至以電腦模型來把一些意念呈現眼前。

本單元分為四章，是因應現時工商業的發展及新高中學制的課程需要而寫成。本選修單元讓學生認識各種以視像及電腦輔助設計為本的模塑方法，首先會以傳統繪圖方法和模型為基礎，繼而探討電腦輔助設計技術的發展及其對產品開發過程——包括產品設計、視覺傳意和立體模塑等的影響，最後會討論相關的先進技術。本選修單元重點不是教授學生使用個別的電腦軟件，但學生應從學習過程中，學習掌握操作電腦輔助設計軟件的技巧。

教師可以透過與學生討論及利用本教材內的主題為本課業，以激發學生的創造力。此外，在學習過程中，教師可以利用本教材的評核作業來評估學生的進度，教師亦可安排學生以課堂內、外時間，完成文中所建議的實習活動。

第一章 — 產品視像化與立體模塑技術

本章包括下列課題：

- 1.1 圖象視覺效果
- 1.2 立體模塑概念

此課題包含學習材料和活動，以幫助學生：

- (a) 應用視覺效果美化圖象
- (b) 發展設計方案並運用合適的材料去模塑以便表達立體概念

1.1 圖象視覺效果

客戶對產品的第一個印象往往來自產品的外觀。因此視覺表達在產品設計及開發過程中舉足輕重。

繪圖是視覺表達的主要方法之一，它的三大用途是：

(a) 改善意念

繪圖可以幫助設計師審視物件的特定細節，方便設計師其後對該產品的研究及發展

(b) 計劃項目

在項目規劃階段，設計師可以藉著繪圖向客戶推介設計意念。獲得客戶的同意後，其後的設計項目便可立即展開



繪圖可製作畫稿

(c) 製作畫稿

繪圖可以用來製作畫稿

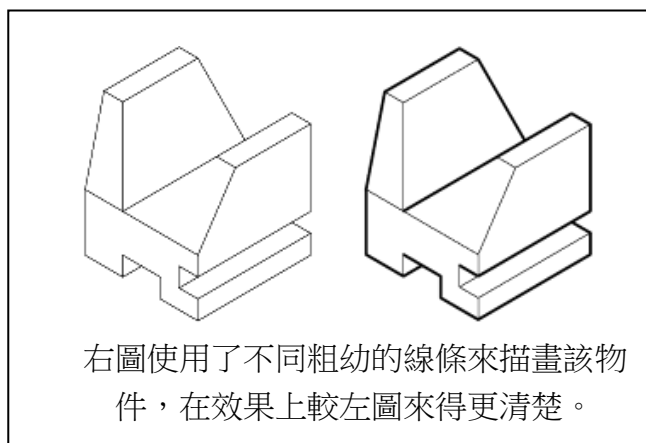
除了繪圖外，視覺表達還涉及以下的視覺增強技術：

「彩色效果演繹」是指一個完整的過程：其中包括繪成物件、處理其明暗和質感的幾個步驟。「彩色效果演繹」(Rendering) 的英文原意亦可解作經處理後的物件，如描繪利用光影及物件的表面性質來製造效果。簡單來說，例如使用鉛筆和噴槍已經可以用作彩色效果的演繹。以下說明部份彩色效果演繹的技術：

- (a) 粗幼線條手法
- (b) 明暗手法
- (c) 高光手法
- (d) 著色手法

1.1.1 粗幼線條手法

「粗幼線條手法」是技術製圖中一門重要手法，不同粗幼的線條會向讀者傳遞不同的意義，幫助讀者對有關物件加深瞭解，例如，以粗線勾勒的邊界表示其圍繞的是一個隱藏表面，幼線則代表兩個毗鄰相接的表面。



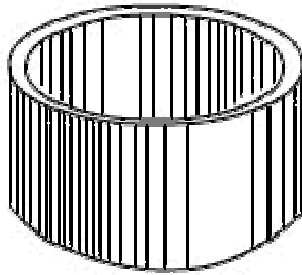
右圖使用了不同粗幼的線條來描畫該物件，在效果上較左圖來得更清楚。

1.1.2 明暗手法

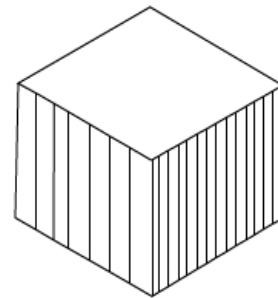
設計師可利用光線和陰影來控制明暗度，從而讓讀者有一個「深度」的感覺。以下介紹兩種明暗處理手法，即線條明暗和色調明暗。

(a) 線條明暗手法

- (i) 利用不同粗幼線條和線條間的密度來表達物件的光線和陰影
- (ii) 例如，低密度線條可以突顯物件的光面
- (iii) 下面的立方體是另一個例子，它利用不同密度的線條來加強物件的層次感



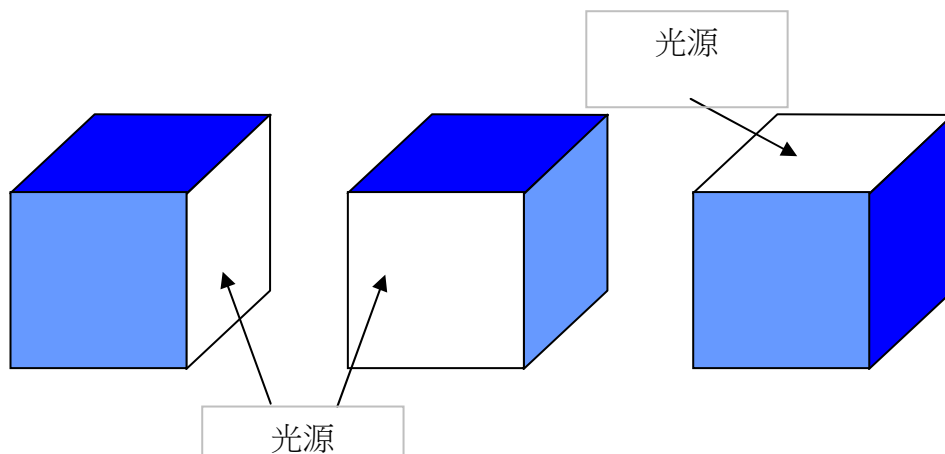
低密度線條突顯圓柱體的光面



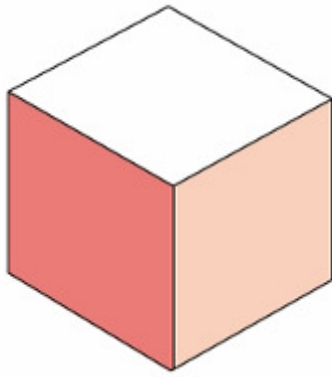
一個以不同密度線條來繪畫的立方體

(b) 色調明暗手法

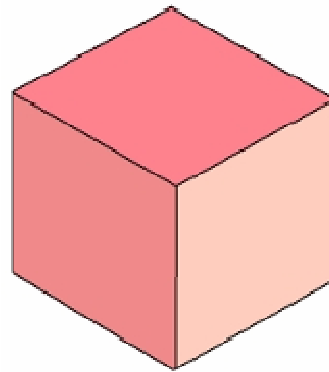
- (i) 為物件加上後緣線和白光面，以顯示明暗
- (ii) 在不同位置，為物件打上來自不同源頭的光影，以顯示光線和陰影
- (iii) 運用相同顏色但不同明暗度，以加強色調明暗



不同方位的光源在物件上造出不同的明暗效果



一面白色，其餘兩面配以另一種顏色的兩種明暗度

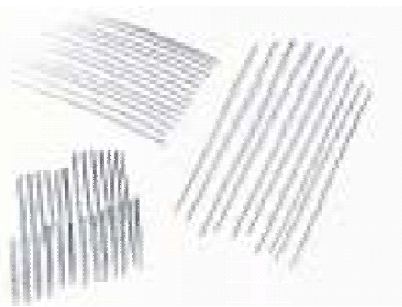


三面同色但不同明暗度

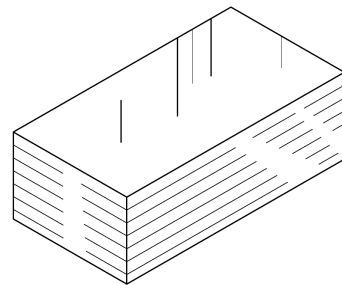
內 容 特 寫

以鉛筆繪畫線條明暗及色調明暗效果

「線影法」是一種線條明暗的繪圖方法，線影法是以平行線造出明暗效果，設計師只需改變線條的高度、寬度和密度等，以調校線條的明暗度，而「交織線影法」是以交織的線條來造成明暗效果。



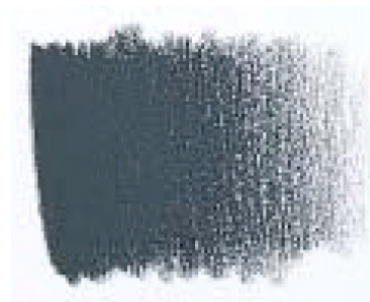
不同線條的密度



迴轉反射效果應用於長方體

若果要表達出「迴轉反射效果」，設計師可在物件的光面上加上斷續線，並以不同粗幼線來表達陰暗面。

在處理不同的光-黑暗度時，設計師可用不同顏色密度來產生漸進效果由光轉暗的漸進效果，而顏色密度取決於用運用鉛筆時所著筆的力度，這種技術常於製造色調的明暗效果。

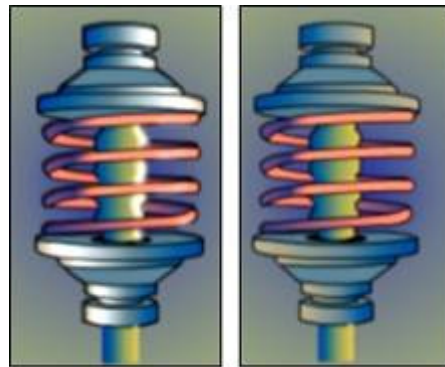


用鉛筆做出順滑的黑暗轉變

停 一 停 想 一 想

以色調明暗手法處理彩色圖象

運用色調明暗可提升彩色圖象的效果，例如，下圖分別顯示了一幅有運用和另一幅沒有運用色調明暗的圖象，哪一幅圖象提供了較佳的顯示效果呢？



色調明暗亦可應用在醫學上，例如，色調明暗可令微細血管更顯明，並提升相片質素

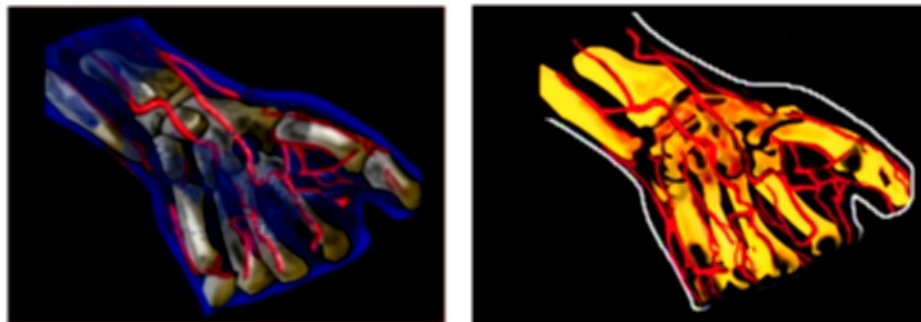


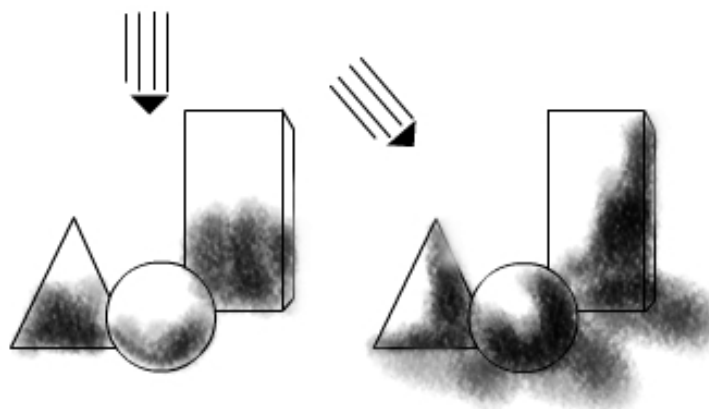
圖 A

圖 B

以上兩張圖片運用彩色效果演繹技術顯示人類的手掌，試指出哪一張圖片及圖片的哪些部份運用了色調明暗效果？

1.1.3 高光手法

「高光」是指物件被光源直接照射的範圍，光線照在物件的不同表面時會有不同效果，例如，光線從堅硬而光滑的曲面反射出來會呈白色；從柔軟、晦暗而平坦的表面反射出來則可能帶有一些顏色。



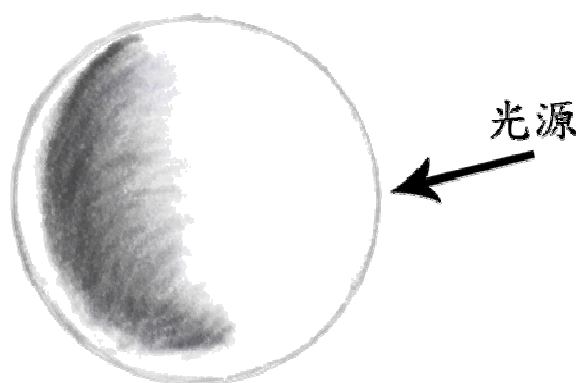
高光效果取決於光源的位置。

內 容 特 寫

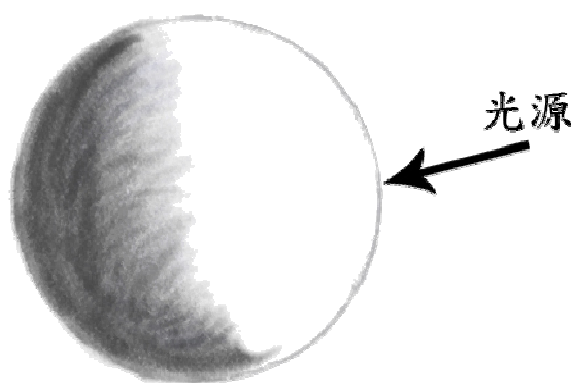
如何在球面上造成高光效果

在球面上造成高光效果步驟有二，即：

(a) 在光線沒有達到的一面，畫一個弧形作陰暗面；及



(b) 由黑色柔滑地逐漸繪製轉白，以造成高光效果

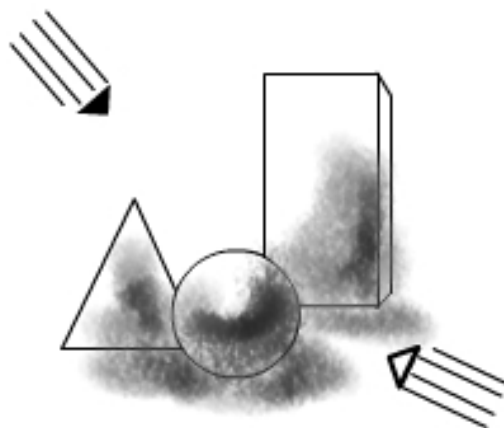


內 容 特 寫

運用兩種光源以執行高光

投射在物件上的光線可能來自多個光源，在繪圖及繪畫時，主次光源各有不同的表達方法。

- (a) 最高強度或最接近有關物件的光源稱之為「主光源」，在主光源下，陰影範圍內的物件會顯得較暗，形狀則較明確
- (b) 另一方面，在「次光源」下，陰影範圍內的物件會顯得較輕及較弱，其邊亦較柔和



物件被兩種光源照射

1.1.4 著色手法

在設計過程中，「著色」是呈現物件特質的一個重要手法，著色手法有二，即：

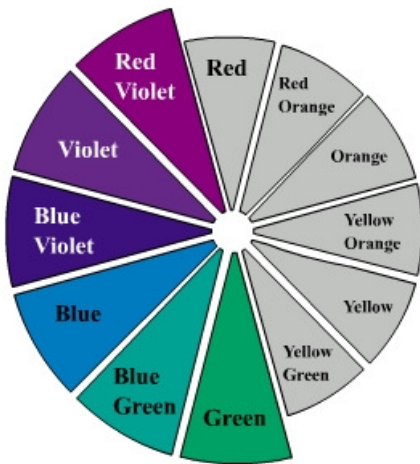
- (a) 「冷色」以藍色為基礎，如藍、紫和綠色，予人平靜和晦暗的印象，大自然裏的冷色常見於陰天
- (b) 「暖色」以黃色為基礎，如黃、紅和橙色，予人活力充沛和舒適的印象。大自然裏的暖色常見於白天



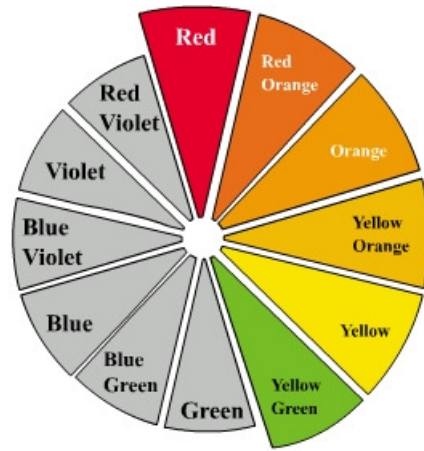
暖

冷

冷暖色的彩色光譜



冷色在色輪的左面



暖色在色輪的右面

部份設計上常見的染色材料如下：

- (a) 彩繪筆——粗頭筆
- (b) 彩色鉛筆——用來繪製精細彩色線的鉛筆
- (c) 彩色海報塗料——不透光防水顏色塗料



彩繪筆



彩色鉛筆



彩色海報塗料

停 一 停 想 一 想

在新屋內的牆塗上油漆

假設有一間寓所的業主要為其新屋的牆塗上油漆，應該選用暖色還是冷色的油漆呢？該寓所主人還應考慮哪些因素呢？

1.2 立體模塑概念

1.2.1 圖象顯示的限制

以紙張和電腦顯示器等平面媒體來顯示立體物體是會有一定的限制。

停 一 停 想 一 想



試舉出上圖其中四項距離、大小不相稱——即不按透視法畫成——的人、物

電腦模塑技術雖然可以幫助科學家及工程師解決設計上的問題，但同時亦不免有其局限性，例如：

- (a) 即使有一部很高效能的電腦，模擬複雜的系統仍需要消耗大量電腦資源。而在模塑的過程當中，有時無可避免地需要簡化一些問題或假設一些條件，但這些假設也可能會擾亂了由電腦模擬出來的結果。
- (b) 錯誤的假設可能會令結果看來似是而非，隱藏了核心的問題。

雖然近年電腦模塑成為工程師及研究人員的常用工具，但在可見的未來仍難取代實體模塑。

停 一 停 想 一 想

優點及缺點列舉如下：

(a) 平面世界地圖

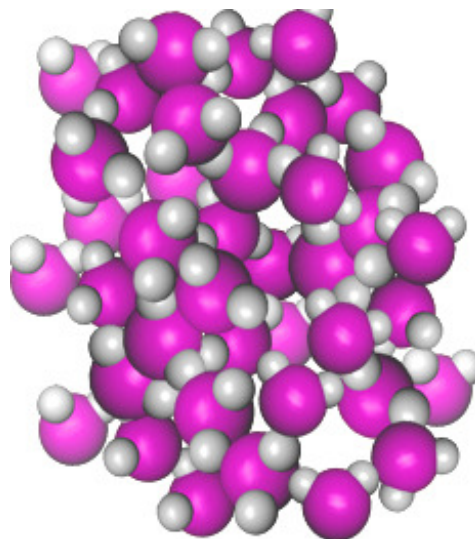
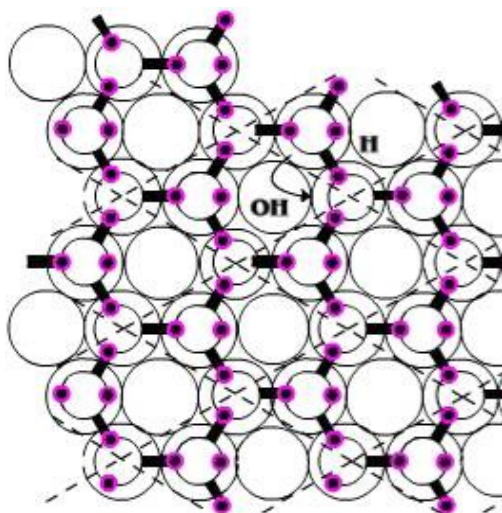


(b) 立體地球儀



停 一 停 想 一 想

試寫出下圖兩個水分子模型的主要分別。



停 一 停 想 一 想

以下哪些圖片是由電腦模擬出來？



圖 A



圖 B



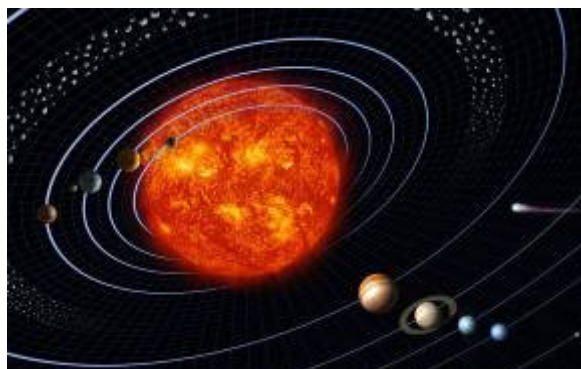
圖 C



圖 D

1.2.2 實物模型

實物模型可小如螺栓、大若太陽系，以用來表達真正的物件形狀。



模型和其表達的物件通常十分相似，只是在大小或比例有所差異，而比例一般被視為較重要的特點。

實物模型在科學和技術上的重要性，在於其視像化功能，例如建築模型，它能具體地以視像化把以下兩種關係表達出來：

- (a) 結構之間的內在關係
- (b) 結構與環境間的外在關係

規模較小的實物模型可以用作不同的用途，例如：

- (a) 為所表達的物件提供更全面的概述
- (b) 作為測試用途
- (c) 作為一項興趣活動

比例較大的實物模型通常用來放大一些太細小、肉眼難辨的物件，例如，科學家可能會製造昆蟲和分子模型作研究之用。

實物〔立體〕物件有時會視作平面表達的替代品，例如，地球儀能夠顯示出一個平面世界地圖所不能表達的全方位視野，以指出日出或日落的不同區域。

停 一 停 想 一 想

試為以下物件建議一個合適的比例以用作模塑之用？

- (a) 一個百萬人口的城市
- (b) 一套桌椅
- (c) 高樓大廈
- (d) 人類眼睛
- (e) 汽車
- (f) 光學滑鼠
- (g) 太陽系
- (h) 水分子

實物模型的例子：



1:100 的立法會大樓模型



1:1000 的西九龍文化區模型

1.2.3 材料的選擇

建築模型的常用材料列舉如下：

材料	一般特點
亞加力膠	(a) 軟化時易於屈曲 (b) 易於切割
紙板	(a) 柔軟及薄 (b) 易於切割 (c) 易於黏合
發泡膠板	(a) 柔軟 (b) 易於切割

對於需要承受一定負荷或進行測試的模型，常用的材料列舉如下：

材料	一般特點
亞加力膠	(a) 軟化時易於屈曲 (b) 易於切割
鋁	(a) 銀色表面 (b) 完美的可加工性 (c) 有限的焊接能力
木屑壓合板	(a) 與夾板類似 (b) 由木屑製成
銅	(a) 淡黃色 (b) 低摩擦和適合製作軸承
高密度發泡膠板	(a) 堅固、堅硬和彈性 (b) 常用於床墊
中密度纖維板	(a) 與夾板類似 (b) 由軟木纖維製成
夾板	(a) 由木板夾合而成 (b) 常用於一般的傢具
鋼	(a) 常用的金屬 (b) 良好的可加工性 (c) 良好的焊接能力

顧名思義，紙板以紙製成，厚度一般小於 2 毫米，其主要用途包括摺疊紙盒、特製包裝盒和紙板包裝。



瓦通紙板由平坦紙板和波浪坑紋紙芯板結合而成，瓦通紙板主要用於包裝貨物以方便運輸。



夾板是最早出現的加工木料，夾板由薄木片疊放〔每層木片的木紋相互垂直〕、中間塗上強力膠〔苯酚甲醛樹脂之類〕並在高溫及壓力下黏合而成，夾板比木板優勝之處在於其高強度及其較佳的抵禦破裂、收縮和扭曲等能力。



木屑壓合板是一種由木屑製成的纖維板，木屑壓合板所用木屑，較中密度纖維板和硬質纖維板為大。



中等密度纖維板是一種結合軟木纖維、蠟及樹脂、經高溫及壓力而成的建築材料，與夾板的用途相似。



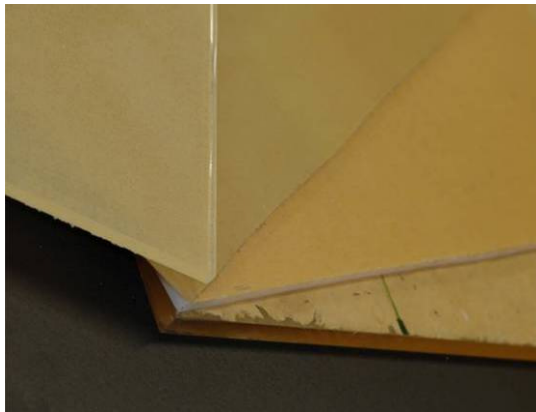
發泡膠板猶如三文治：以兩張薄而堅硬的紙張夾著泡沫塑料，發泡膠板重量輕，而其厚度一般為 5 至 200 毫米，可作為展板、海報板，甚或製作建築物等模型的材料。



高密度發泡膠板堅硬、具彈性而身輕，外層為紙、內裡為聚苯乙烯，有不同厚度和顏色。



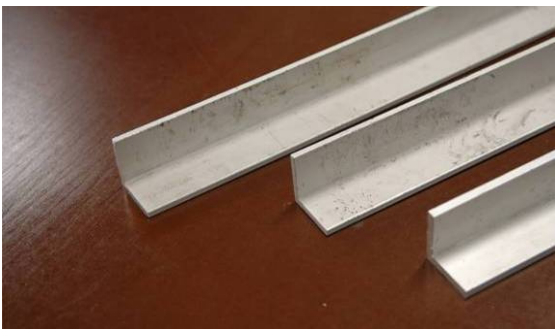
亞加力膠亦稱為聚甲基丙烯酸甲酯，早於 1933 年面世，常用於製造魚缸、數碼多用途光碟、鐳射碟、鏡頭、摩托車頭盔和冰球球員的防護設備等。



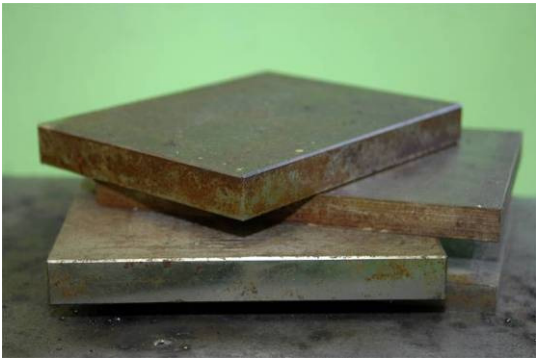
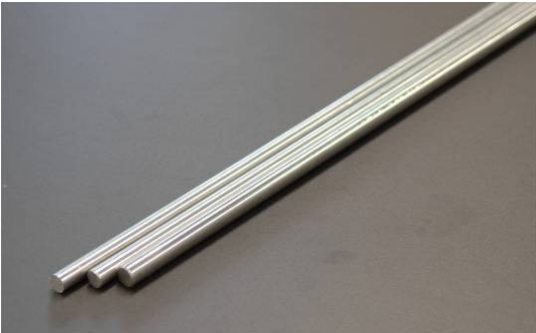
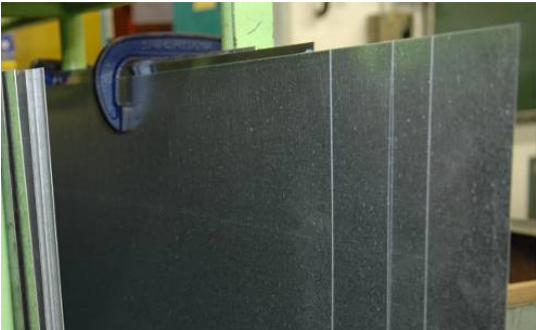
以下是常用於製作實物模型的合金類型：

- (a) 鋁合金
- (b) 銅合金
- (c) 鋼
- (d) 鋅合金

合金可製成以下列形狀：

角形 ¹	
方體形	
扁條狀	

¹ 俗稱「角鐵」，雖不一定以鐵製成。

工字樑²	
板狀	
棒狀	
片狀	

² 俗稱「工字鐵」，雖不一定以鐵製成。

管狀	
萬用切面	
線條形	

停 一 停 想 一 想

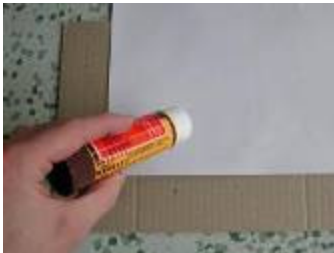
若果要製造以下立體模型，應使用甚麼比例和材料？

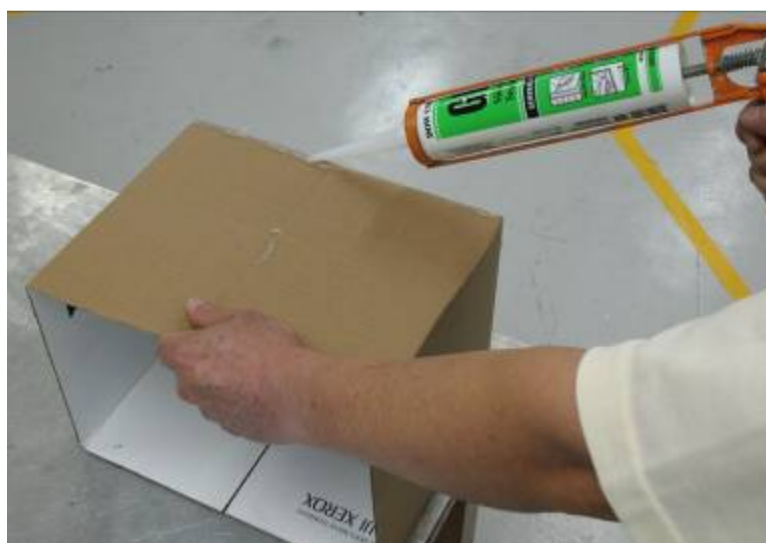
- (a) 一張木製家用椅
- (b) 一輛雙層公共汽車
- (c) 一所外部面積 700 平方米的樓房
- (d) 一所內部面積 700 平方米的樓房
- (e) 一套奧運會吉祥物
- (f) 一個中學校園
- (g) 一個灑水器

1.2.4 簡單工具及製造技術

本節介紹一些用作切割及粘合紙張、木材、發泡膠和亞加力膠的常用工具。

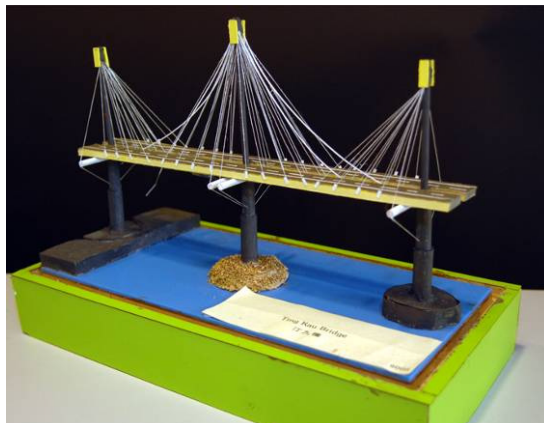
紙模型的共用工具		
工序	工具	圖片
標記	間尺	
	鉛筆	
	彩繪筆	
切割	剪刀	
	界紙刀	

紙模型的共用工具		
工序	工具	圖片
連結	膠水	 
	矽膠	



製作紙板模型

紙板模型的例子



木製模型的常用工具		
程式	工具	圖片
標記	捲尺	
	間尺	
	鉛筆	

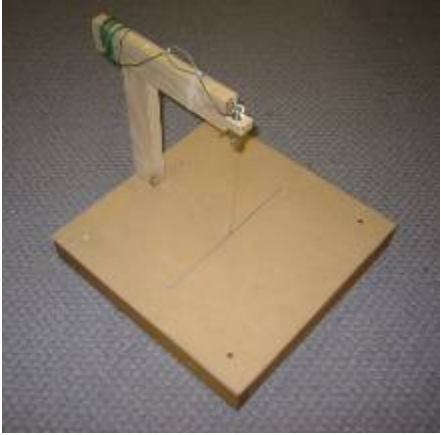
木製模型的常用工具		
程式	工具	圖片
切割	弓形鋼鋸 雕花鋸 線鋸	
	鑽	
	鑽	

木製模型的常用工具		
程式	工具	圖片
連結	白膠漿	
	鎚	
	釘	

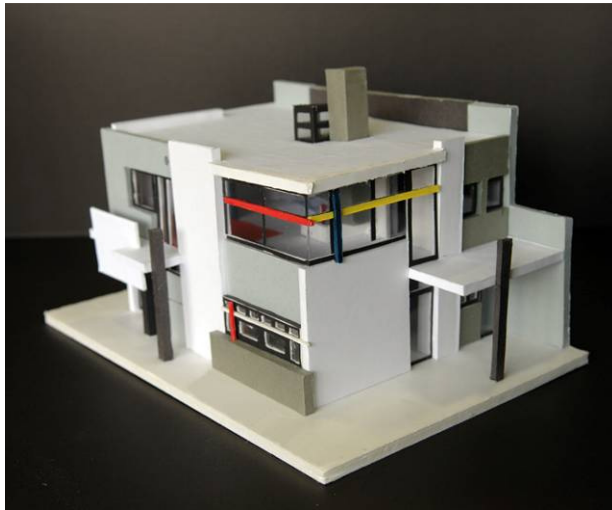
木製模型的常用工具		
程式	工具	圖片
	自攻螺絲	

木製模型的例子	
	

發泡膠模型的常用工具		
程式	工具	圖片

發泡膠模型的常用工具		
程式	工具	圖片
標記	間尺	
	彩繪筆	
切割	界紙刀	
	發熱線切割機	
連結	白膠漿	

發泡膠模型的例子



中密度纖維板和亞加力膠模型的常用工具

程式	工具	圖片
標記	捲尺	
	間尺	

中密度纖維板和亞加力膠模型的常用工具		
程式	工具	圖片
	鉛筆	
切割	亞加力膠切割刀	
	弓形鋼鋸 雕花鋸 線鋸	
	手電鑽	

中密度纖維板和亞加力膠模型的常用工具		
程式	工具	圖片
成形	亞加力膠加熱機（帶式加熱器）	
連結	亞加力膠膠水	
	電熱膠槍	

切割亞加力膠片的技術



沿鋼尺等垂直邊緣拖拉亞加力膠切割刀



把膠片的切割痕放於桌邊，
借力將膠片掰開。

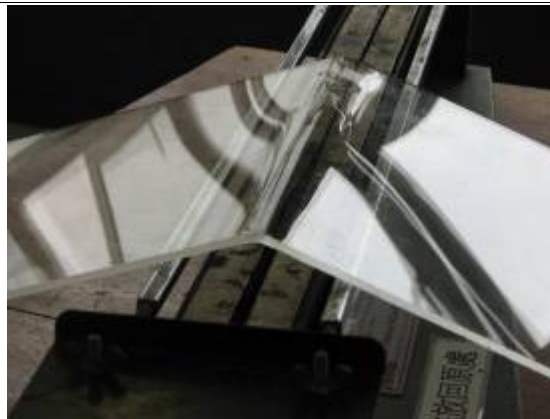
亞加力模型的例子



屈曲亞加力膠片的技術



啟動加熱器



將亞加力膠片放於加熱器上，直至軟化



把膠片屈曲至理想的形狀

金屬模型的常用工具		
程式	工具	圖片
	工作檯虎鉗	
	鉗鉗	
	鋼尺及畫針	
	直角尺	

金屬模型的常用工具		
程式	工具	圖片
切割	鐵剪	
	鑽	
連結	拉釘	

金屬模型的常用工具		
程式	工具	圖片
	螺栓和螺帽	

可塗上矽膠以鞏固接合點



金屬模型的例子



電源供應器機箱原型

內 容 特 寫

切割及黏合紙張、木材、發泡膠和亞加力膠的簡單技術已透過上述例子討論。然而，切割和焊接金屬卻使用了完全不同的方法，且必須接受適當的訓練。有關如何將金屬接合的資料，可參考以下網頁：<http://www.technologystudent.com/joints/joindex.htm>。

第二章 — 技術顯像

本章包括下列課題：

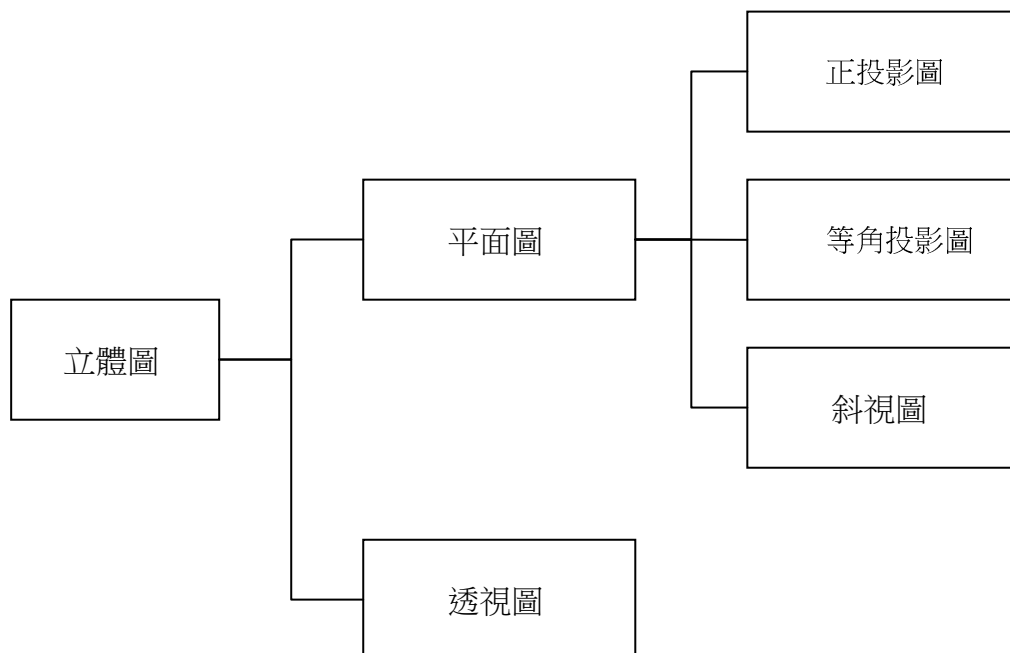
- 2.1 立體圖
- 2.2 工程圖
- 2.3 標準、慣例與符號
- 2.4 數據演示

此課題包含學習材料和活動，以幫助學生：

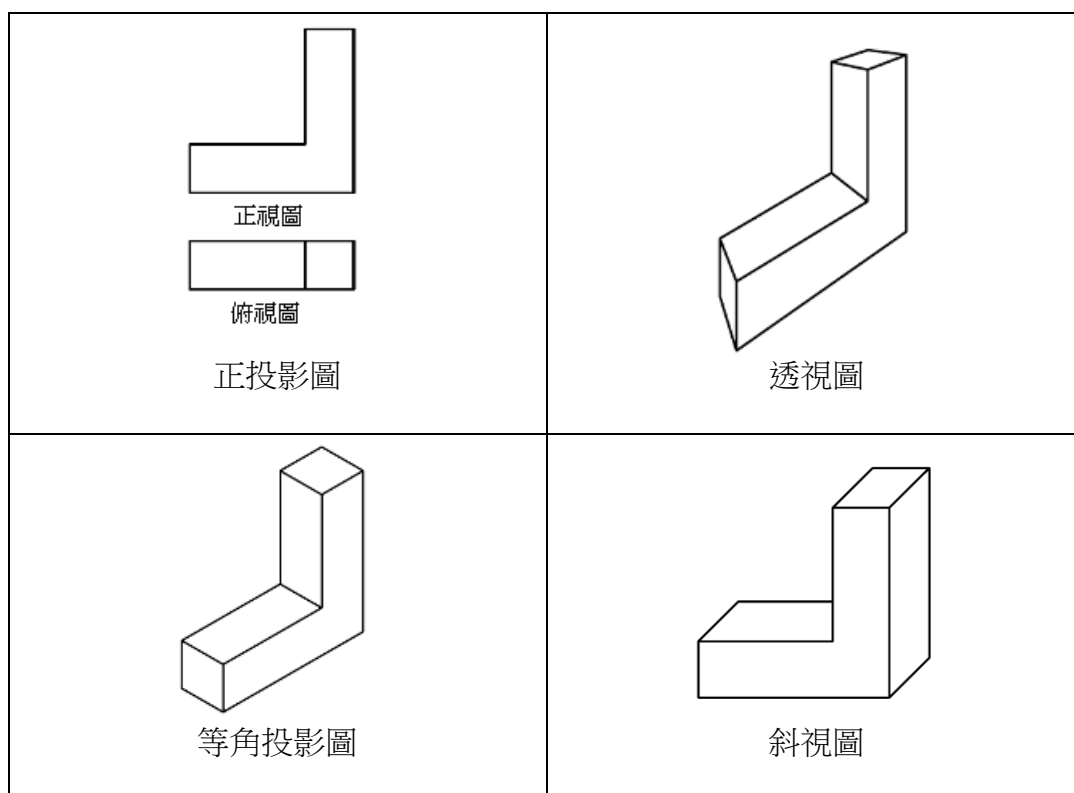
- (a) 應用一系列立體圖技巧傳達設計意念
- (b) 應用一系列工程繪圖技巧傳達設計意念
- (c) 應用一系列演示技巧傳達設計意念及數據
- (d) 瞭解標準規例、慣例、縮寫與符號的用途與重要性

2.1 立體圖

「立體圖繪製法」乃一種在平面圖上顯示立體物件的長寬高，以表達有關物件的繪圖方法，此法類型繁多，例如：



立體圖繪製法部份類型：



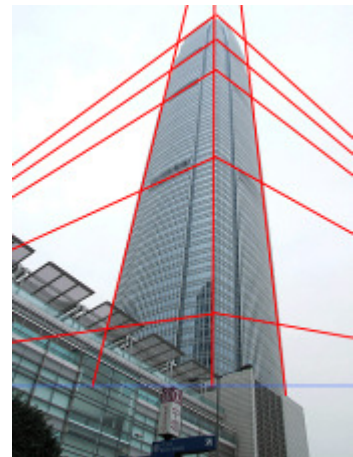
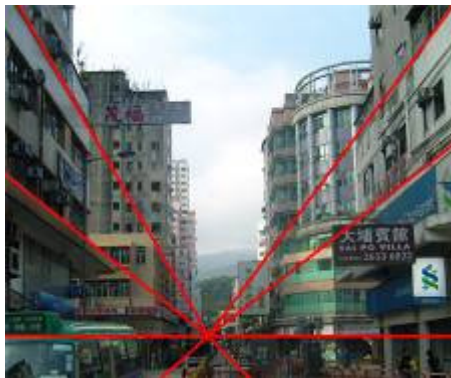
而透視圖是各類立體圖中最容易令人明白的一種。

2.1.1 透視圖

透視圖是立體圖的一種，它假定觀看者是從某一特定距離之外觀看一件物件，從而根據該物件與觀看者之間的假設距離，按適當的比例在圖中畫成。

透視圖是以線和消失點構成，消失點有如一個正觀察物件的觀看者的雙眼，透視圖繪製法類型有三，計為

- (a) 一點透視
- (b) 兩點透視
- (c) 三點透視



以三種不同繪製法表達出來的建築物透視圖

(a) 一點透視

一點透視圖只有一個、匯合所有線的消失點，此法常用於室內設計圖及和櫥窗裝飾。



室內設計的一點透視圖

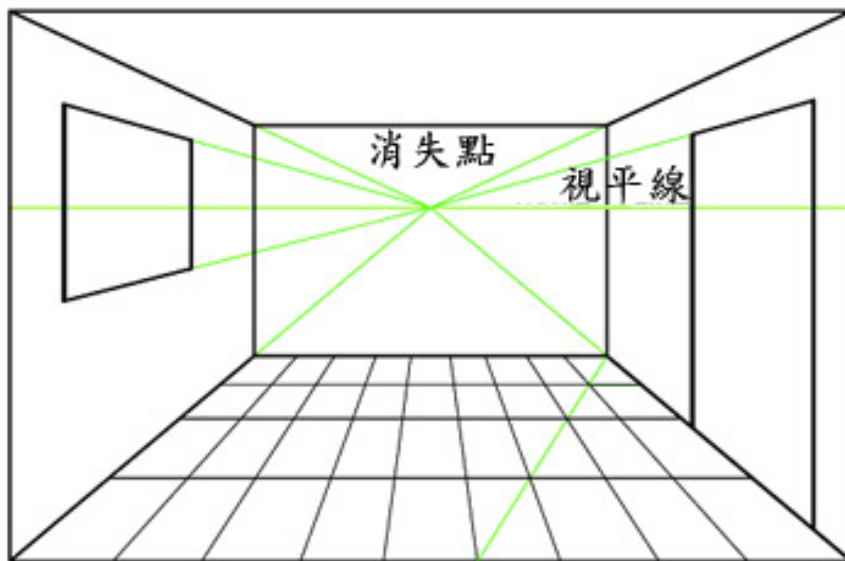


室外設計的一點透視圖

內 容 特 寫

為室內設計繪製一點透視圖

- (a) 設定一個消失點
- (b) 從消失點畫出四條投影線，繼而在投影線末端套上一個矩形
- (c) 在矩形內畫上天花板、地板和牆壁
- (d) 在矩形內左右兩側分別畫上窗口及大門
- (e) 在矩形內底部畫上有地磚式樣的地板



定 義

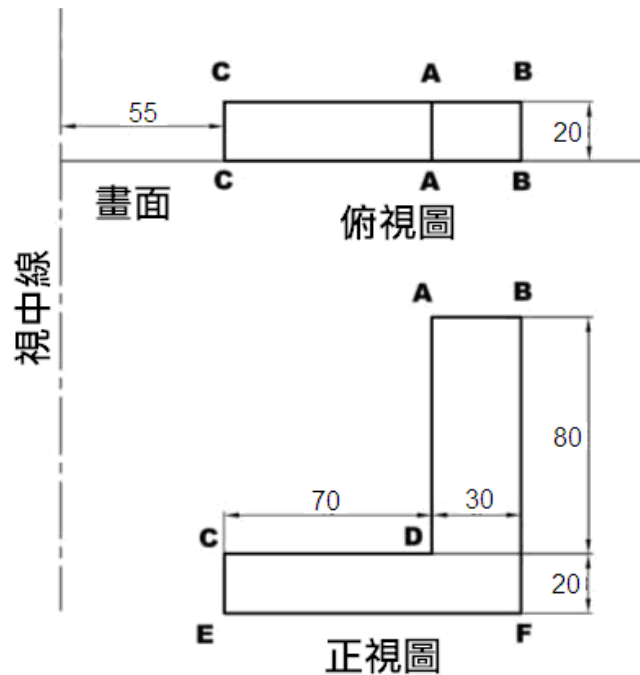
- (1) **視點**：視點指出觀者的眼球位置。
- (2) **視中線**：視中線是一條從觀者的眼球延伸至物件的中心的垂直線。
- (3) **消失點**：消失點是指從物件的所有透視線所會合的點。
- (4) **視平線**：視平線是一條無盡而永遠在視點高度的水準線。
- (5) **畫面**：畫面是透視圖所投影的平面。
- (6) **基面線**：基面線是一條無盡而平行於視平線的水準線，用作垂直的測量。

停 一 停 想 一 想

一點透視圖的繪製程式 (直接找出真正長度)

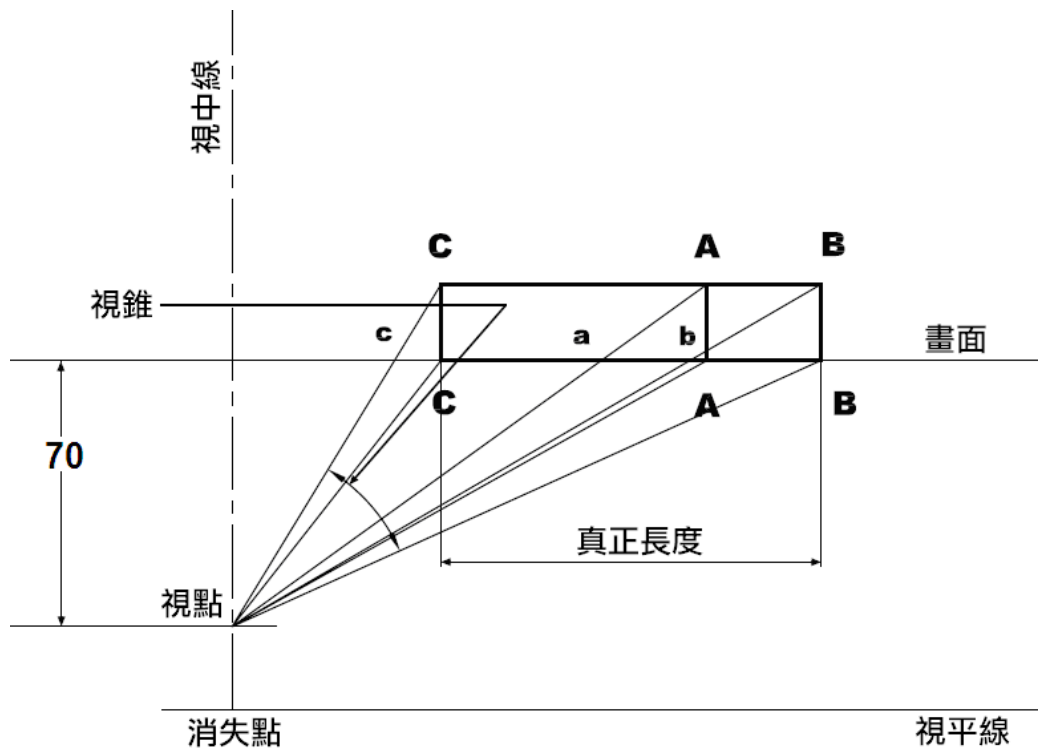
備註：

- (1) 視點相距畫面 70 毫米、基面上 150 毫米
- (2) 基面與視平線相距 130 毫米
- (3) 物件置於基面上

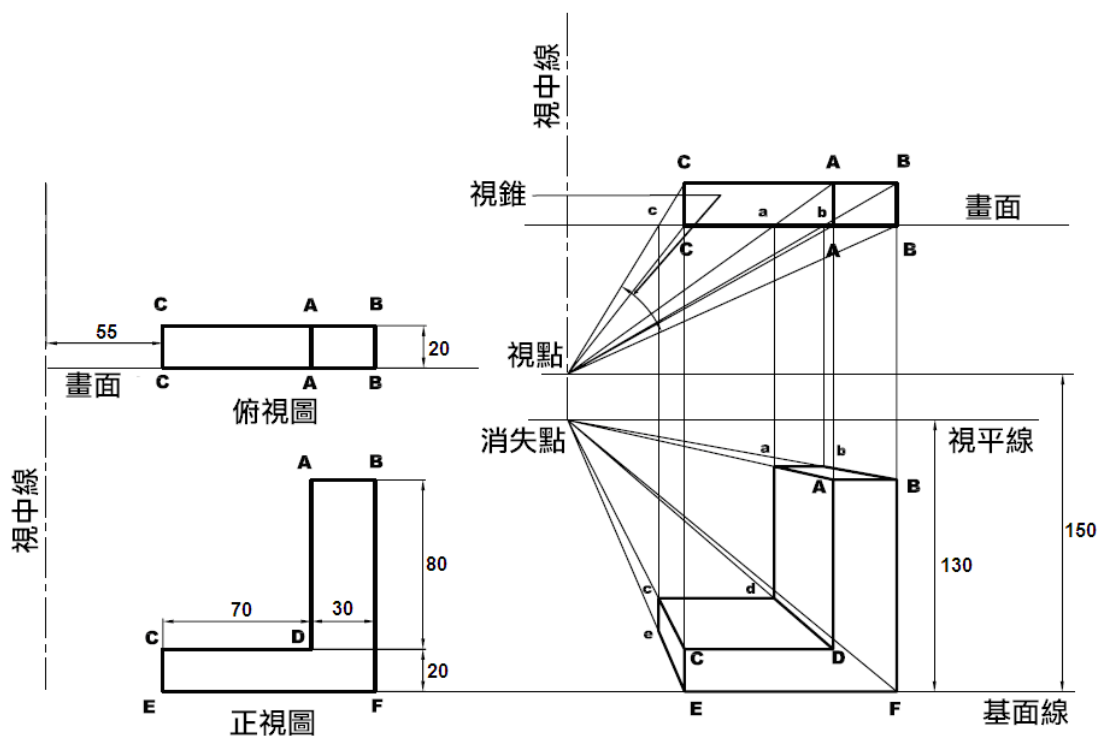


步驟：

- (a) 在正投影圖找出有關資料
- (b) 畫出視點，保證投影線造成的視錐，其角度必須小於 60°
- (c) 畫出畫面線——其位置須與物件正投影圖的前沿平行
- (d) 把視點垂直投影到視平線上，從而得出消失點
- (e) 真正長度便是在畫面上的底線 CAB 的長度



- (f) 畫出與畫面平行的基面線
- (g) 在基面線畫出正視圖
- (h) 從消失點畫出透視線，連接物件正視圖的前端各角
- (i) 從視點畫出視線，連接俯視圖上所有角
- (j) 把畫面上各點向下投影，連接各透視線——透視圖大功告成

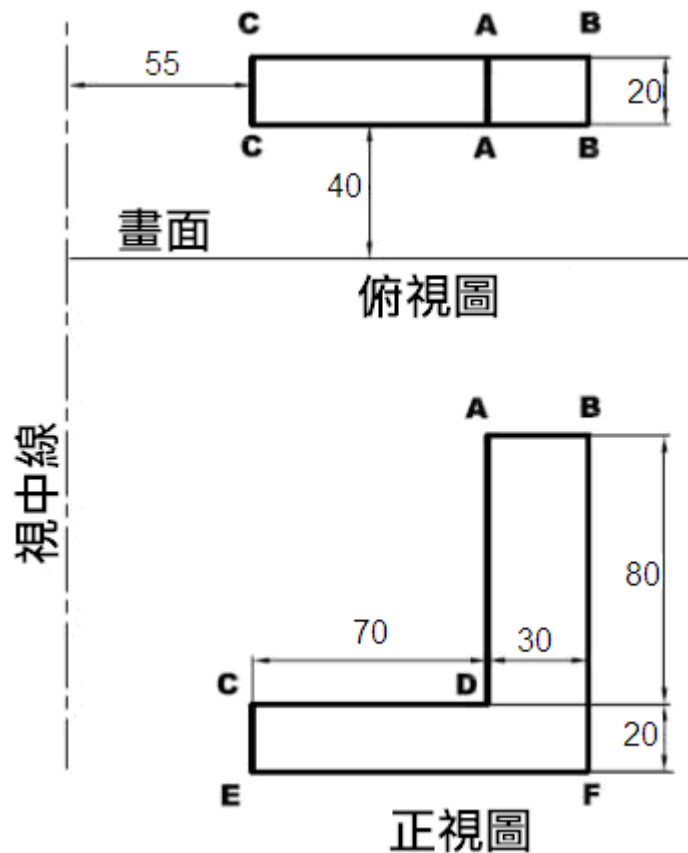


停 一 停 想 一 想

一點透視圖的繪製程式 (沒有真正長度)

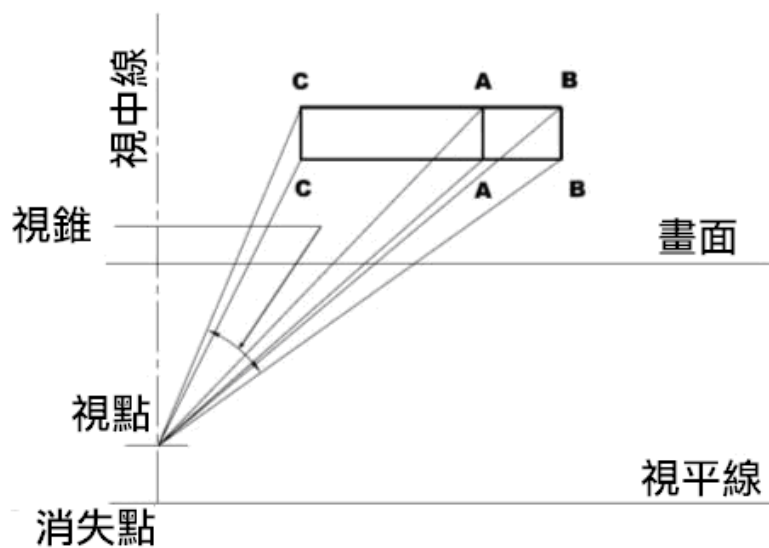
備註：

- (1) 視點相距畫面 70 毫米、基面上 150 毫米
- (2) 基面與視平線相距 130 毫米
- (3) 物件置於基面上



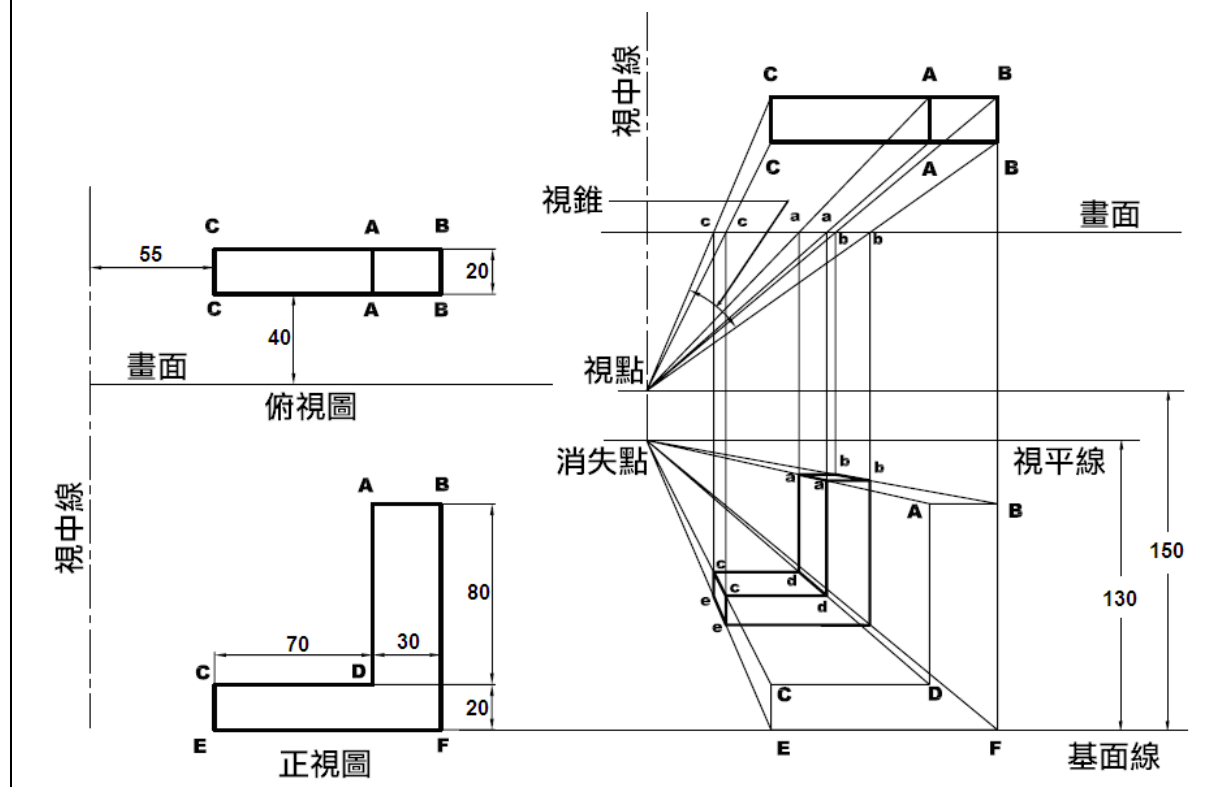
步驟：

- (a) 畫出物件的正投影圖
- (b) 畫出視點，繼而從視點畫出投影線，連接到物件的正投影圖上——由投影線造成的視錐，其角度必須小於 60°
- (c) 畫出畫面線——其位置須與物件正投影圖的前沿平行
- (d) 把視點垂直投影到視平線上，從而得出消失點



- (e) 畫出與畫面平行的基面線
- (f) 在基面線畫出正視圖
- (g) 從消失點畫出透視線，連接物件正視圖的前端各角
- (h) 從視點畫出視線，連接俯視圖上所有角

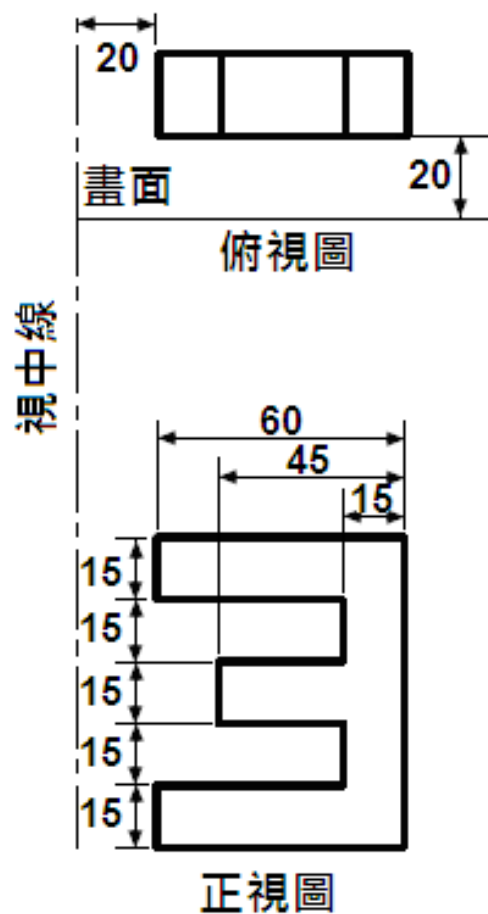
把畫面上各點向下投影，連接各透視線——透視圖大功告成



英文字母的形狀亦可以製作出一點透視圖。試問如何繪製下圖的一點透視圖呢？

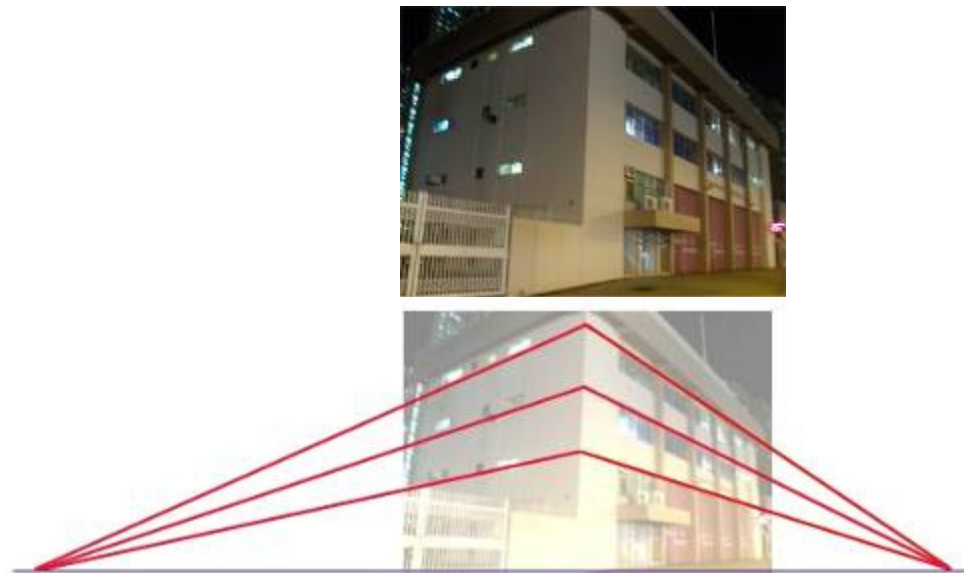
現有條件：

- (i) 視點在畫面下 60 毫米、基面上 150 毫米
- (ii) 物件是置於基面上的



(b) 兩點透視

兩點透視圖有兩個消失點，這種透視圖可以更實際及準確地顯示物件的深度及空間，兩點透視圖常用於建築設計及和日常生活上。



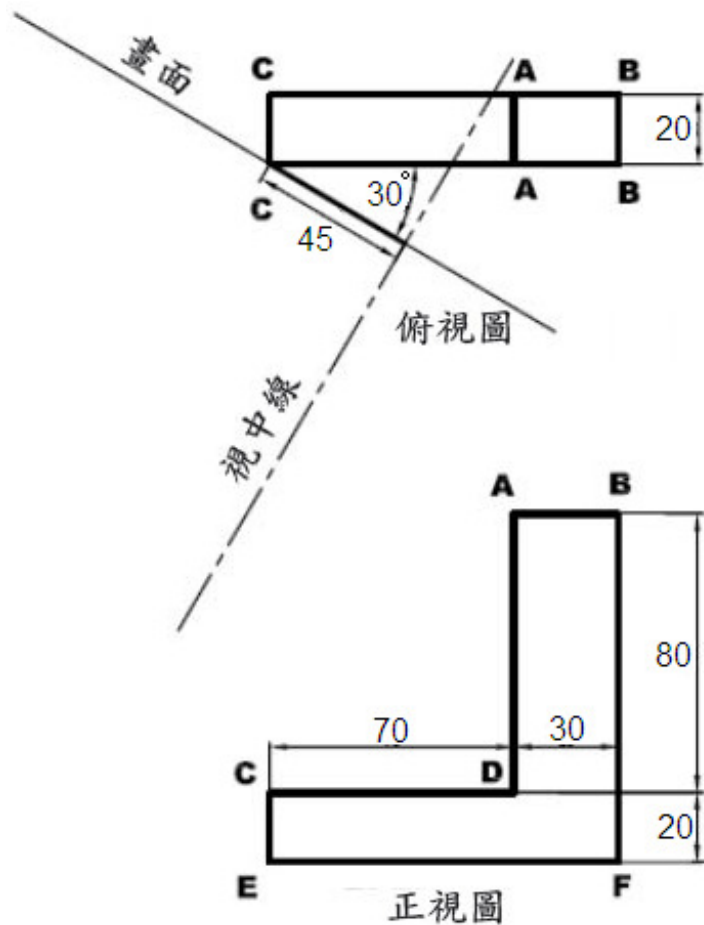
建築設計的兩點透視圖

內 容 特 寫

兩點透視圖的繪製程式

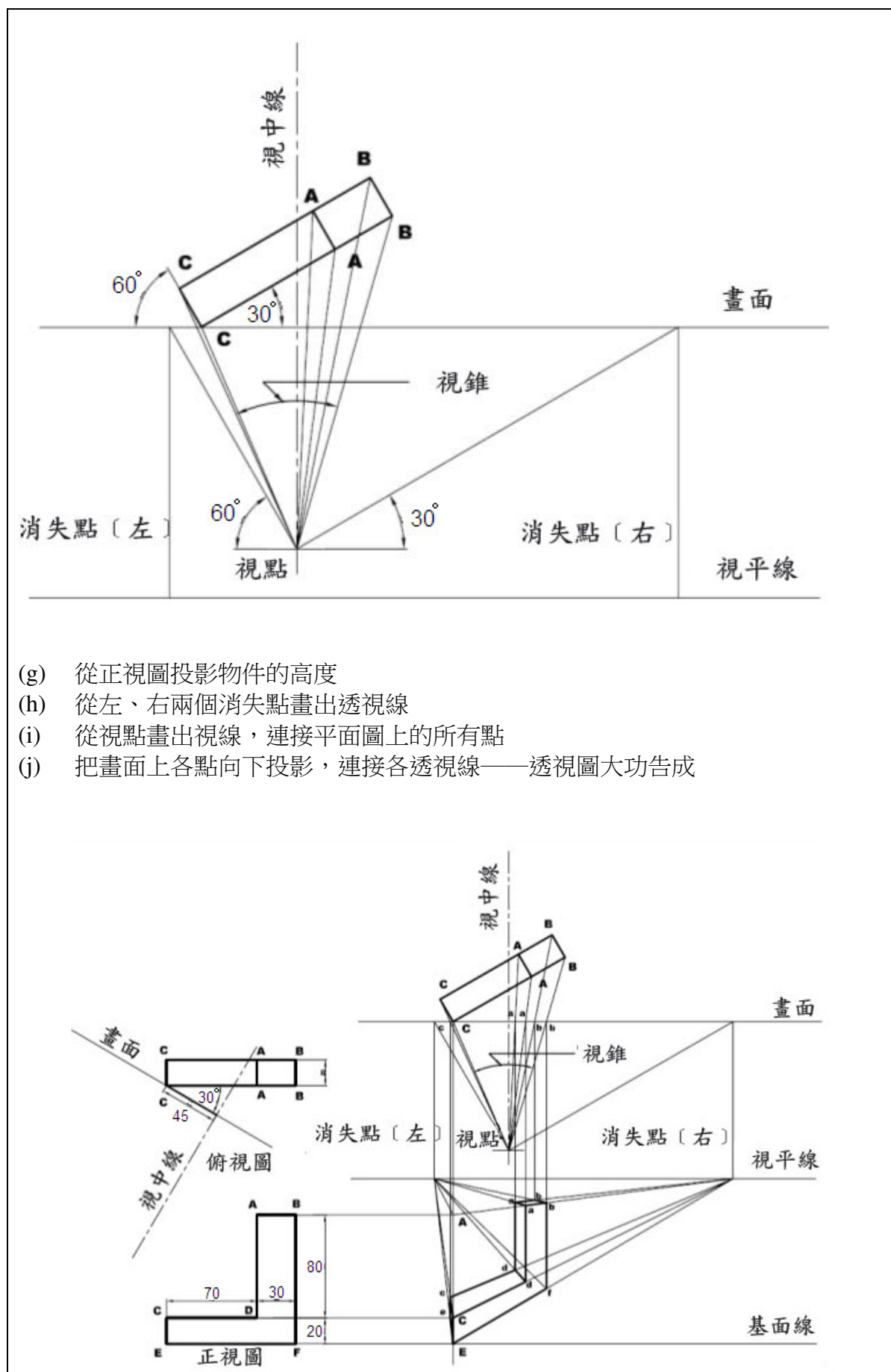
備註：

- (1) 視點在畫面下 100 毫米、基面上 150 毫米
- (2) 基面與視平線相距 130 毫米
- (3) 物件置於基面上



步驟：

- 畫出物件的正投影圖
- 畫出物件的俯視圖，並保持視中線垂直
- 畫出視點，繼而從視點畫出投影線，連接到物件的正投影圖上——由投影線造成的視錐，其角度必須小於 60°
- 畫出畫面線及視平線——兩者皆須與視中線垂直
- 從視點畫出兩條分別與 BC 及 CC 平行的直線，連接畫面
- 從 BC 至畫面的交接點及 CC 至畫面的交接點，分別畫出兩條線垂直到視平線上，形成兩個消失點

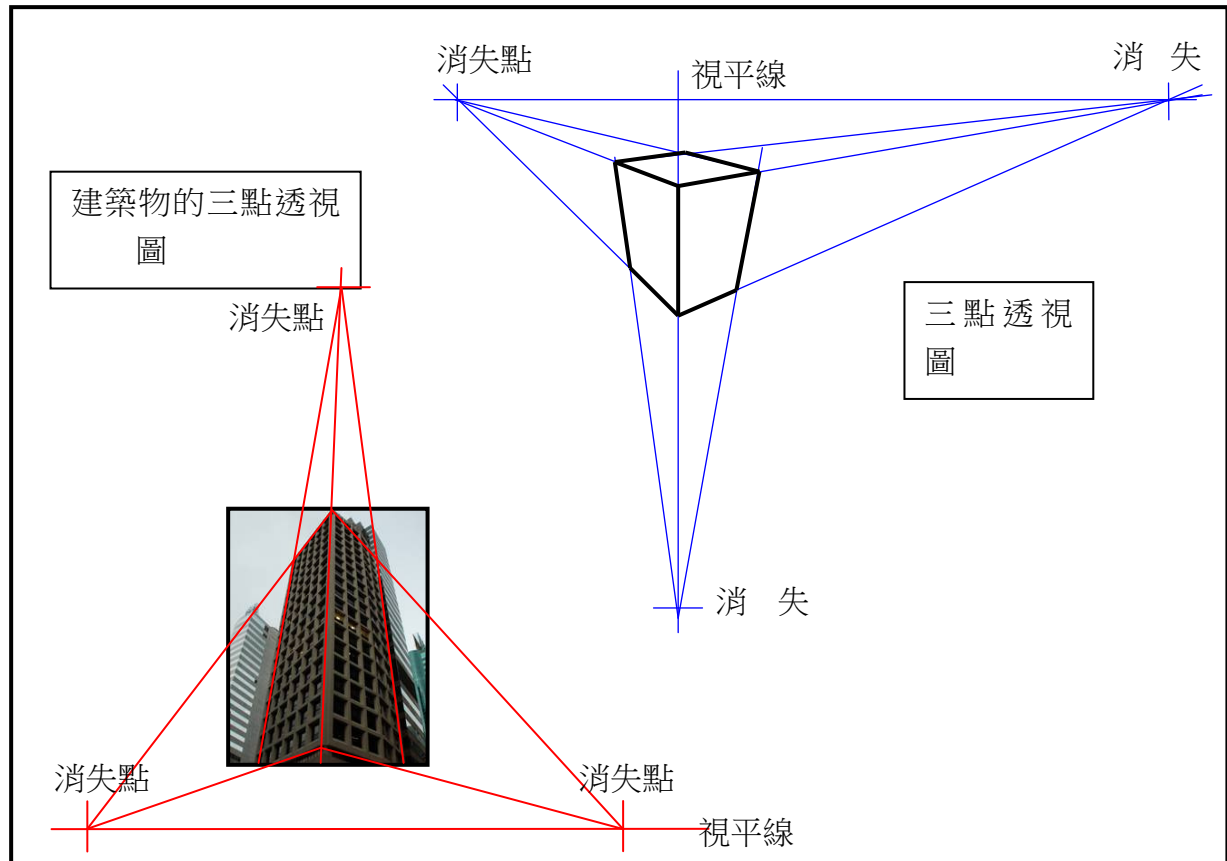


- (g) 從正視圖投影物件的高度
- (h) 從左、右兩個消失點畫出透視線
- (i) 從視點畫出視線，連接平面圖上的所有點
- (j) 把畫面上各點向下投影，連接各透視線——透視圖大功告成

(c) 三點透視

三點透視常用於從上而下或從下而上觀看建築物，所謂三點，乃觀看者視平線上的兩個消失點，和一個在地面上或地面下的消失點。

三點透視的一個常見例子是仰望高建築物，當中第三個消失點設於天空一處。



停 一 停 想 一 想

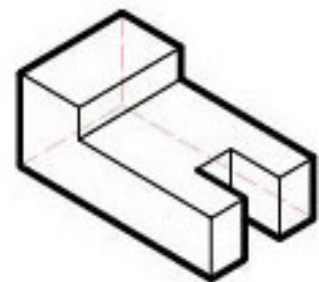
兩點及三點透視圖

一般而言，兩點透視圖較三點透視圖常用。試看以下的等角投影圖：

- 繪畫一個兩點透視圖
- 繪畫一個三點透視圖
- 比較及對照兩幅圖

提示：

三點透視圖乃結合一點及兩點透視圖而成



2.2 工程繪圖

工程繪圖是將物件繪畫在圖紙上，以傳達相關的訊息，包括所繪製元件的形狀、尺寸及位置。工程繪圖務必清晰扼要，以方便與設計師、工程師、製造商和用家等相關人士溝通，確保產品能符合各人所需。

工程繪圖又稱為「藍圖」，圖上的元件可小如銷釘、大若建築物。工程繪圖常用於建築、土木、電力、電子、製造及機械等各類工程上。

2.2.1 繪圖格式

任何一件設計產品在投產前都應先備有一份工程繪圖作為參考。以下是兩份最常用的工程繪圖規格檔：

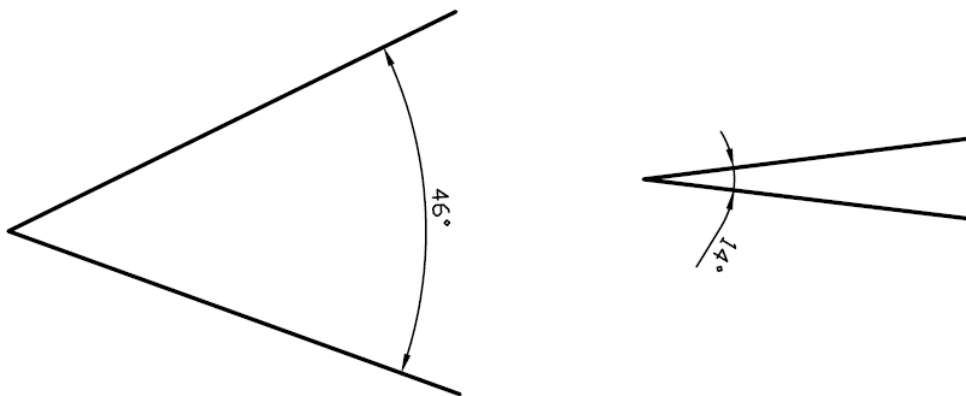
- (a) 線條規格
- (b) 尺寸標註規則

內 容 特 寫		
線條規格 線條粗幼之用，宜參考如下 (1) 粗幼線條比例為 2:1 (2) 粗線條：0.7 毫米 (3) 幼線條：0.35 毫米 以下為幾種線條的常用功能：		
形狀	說明	功能
	粗實線	日常肉眼可見的線條
	幼實線	尺寸線、投影線、剖面線和繪圖線
	幼短劃虛線	隱線
	幼點劃虛線	中心線
	兩端粗的幼點劃虛線	剖切面
	幼實曲線	框線、虛線

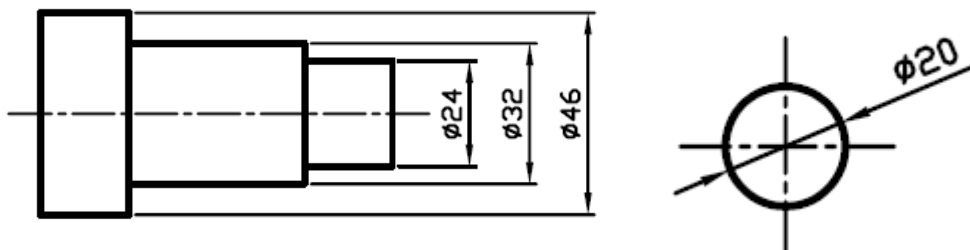
尺寸標註規則

以下是一些在繪圖上標記尺寸的規則：

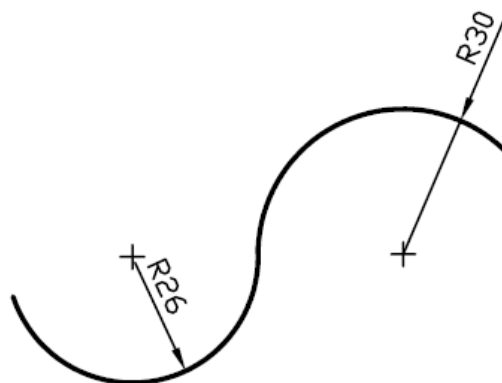
- (1) 所有數字均以毫米計算，寫在有箭頭的尺寸線側；是否標示計量單位則由繪圖者自行決定
- (2) 用幼直線來表達尺寸線及引線
- (3) 數字應從繪圖的下而上或右而左讀取
- (4) 尺寸線及引線不可與其他線相交
- (5) 在弧角畫上尺寸線
- (6) 用符號 $\varnothing$ 和數字表達圓形的直徑
- (7) 用符號 R 和數字代達圓形和及弧形的半徑



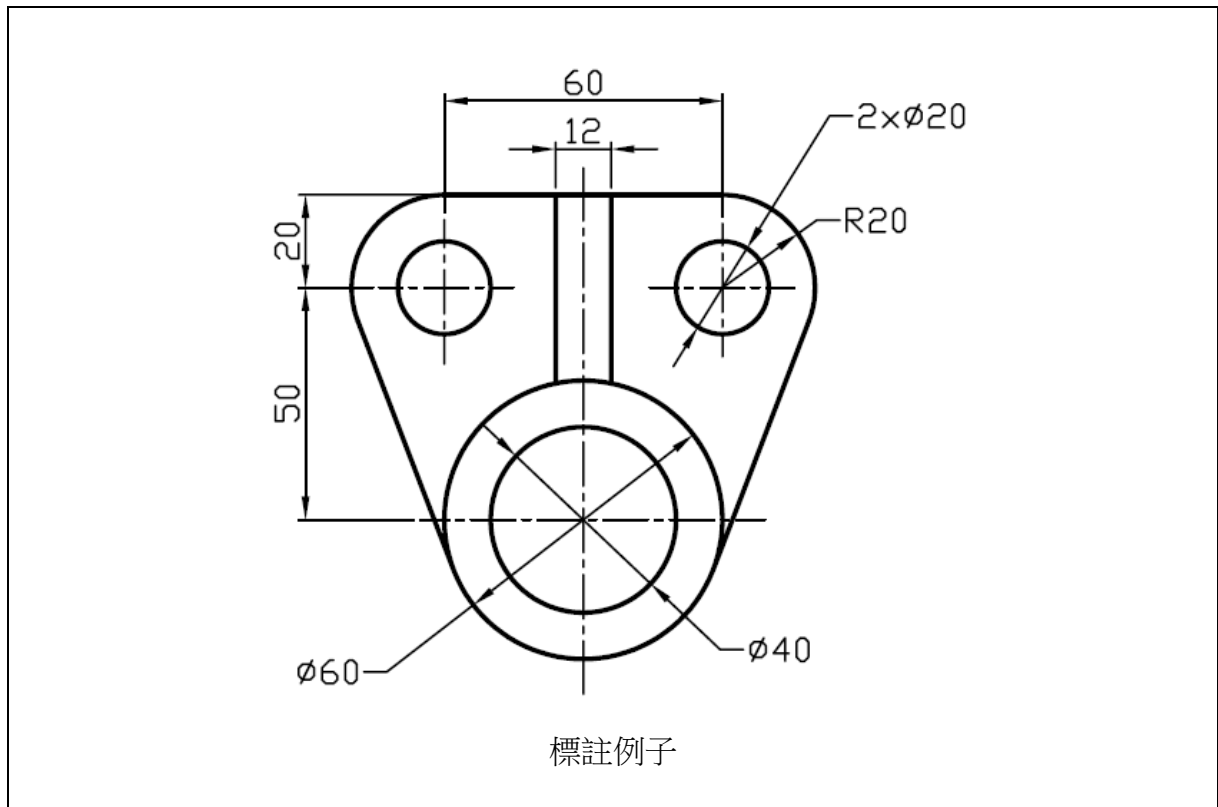
規則 5：說明弧角角度



規則 6：說明直徑



規則 7：說明半徑

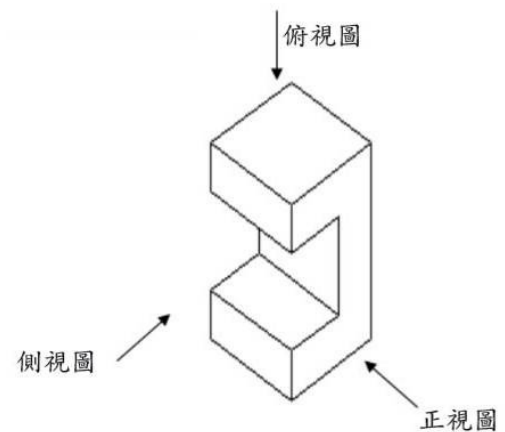


2.2.2 正投影

正投影圖繪製法以多幅平面圖來表達立體物件，正投影圖繪製法以前、左及上等三個不同角度觀察物件，繼而把物件的面貌投影在紙上。

常用的正投影圖有三：

- (a) 正視圖——觀看者從正面觀看物件
- (b) 俯視圖——觀看者從上而下〔高空〕俯視物件
- (c) 側視圖——觀看者從左或右面觀看物件



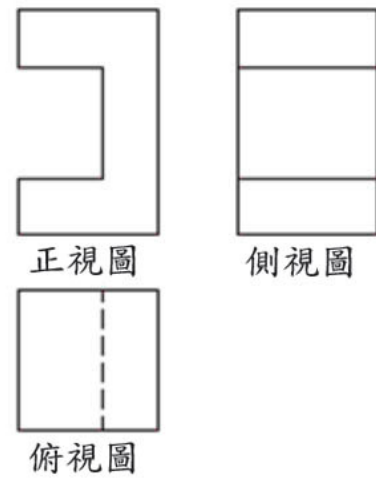
從三個不同的方向觀看一件立體物件

在同一圖示上配置的三種投影圖

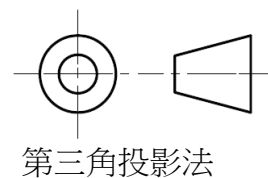
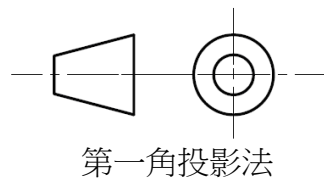
兩種投影方法：

- (a) 第一角投影法
- (b) 第三角投影法

第一角投影法盛行於歐洲國家，而第三角投影法則在美國較普遍。



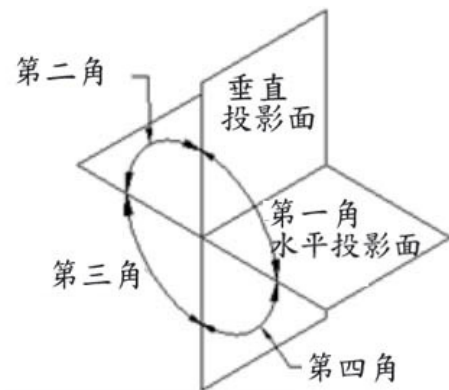
兩種投影法各有標誌：

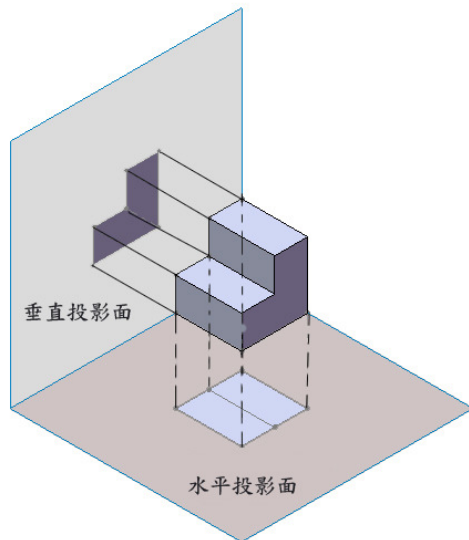


- (a) 第一角投影法

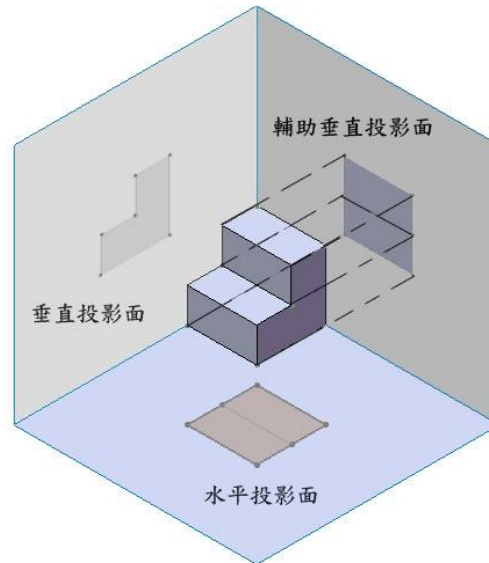
正投影一般包含水準及垂直兩個主要投影面，兩面相交造出四個如下的象限或角度：

將物件置於第一象限（第一角），並伸延平行線，把物件投影到主要投影面及輔助垂直投影面，該物件的自然投影到投影面上，此謂之「第一角投影法」。





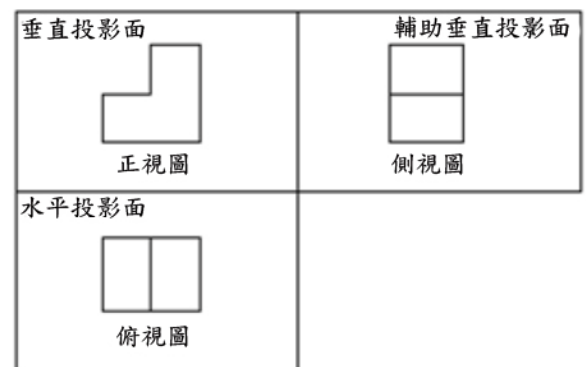
物件在水準和垂直投影面上的正投影



物件在輔助垂直投影面上的正投影

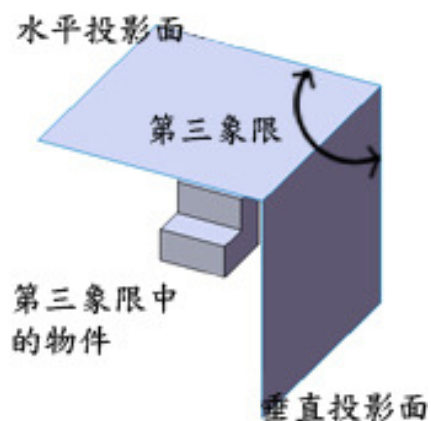
展開各投影面可見以下三種視圖：

- (i) 正視圖〔垂直投影面〕
- (ii) 俯視圖〔水準投影面〕
- (iii) 側視圖〔輔助垂直投影面〕

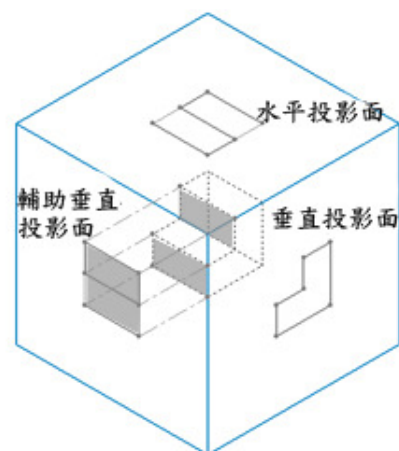


(b) 第三角投影法

至於第三角投影法，物件置於第三象限並投影至主要投影面上。

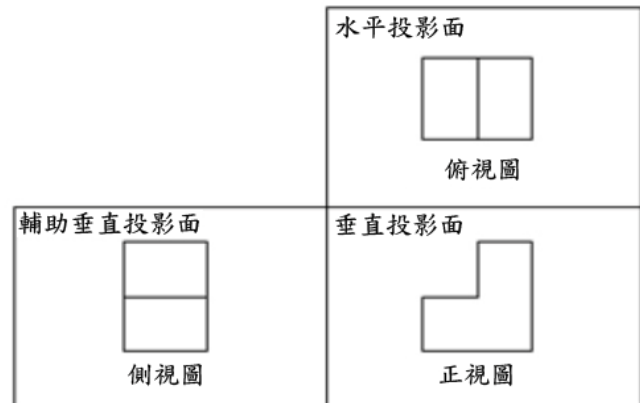


第三象限中的物件



投影到三個不同投影面上的物件

主要投影面置於觀看者及物件之間，因此，觀看者應想像各投影面為透明，以觀察物件在投影面上的影像，其水準、垂直和輔助垂直面的影像展示如下：

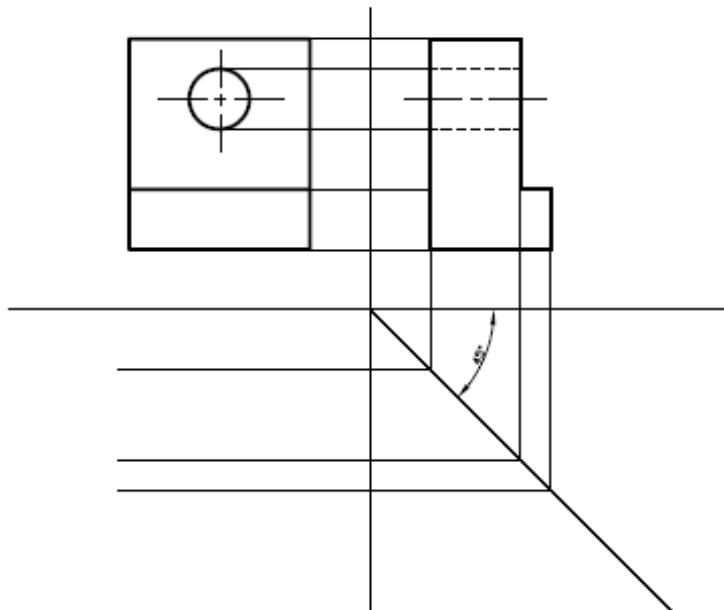


內 容 特 寫

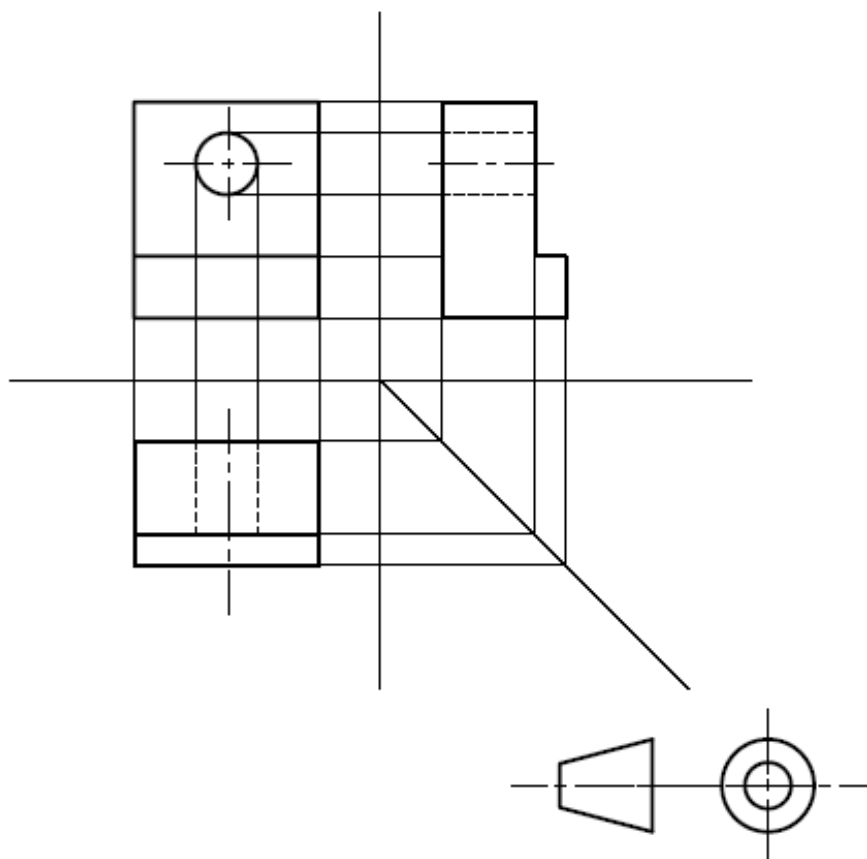
繪製正投影的步驟

在使用第一角投影法時，應留意以下事項：

- 為即將繪製的視圖預留足夠空間
- 物件在正視圖和側視圖上的高度須一致
- 想像觀看者從高空下望正視圖，投影成俯視圖
- 將對應點保持在同一垂直線上
- 物件在俯視圖和側視圖上的深度須一致
- 放置視圖的方法須統一
- 用短劃虛線代表那些隱藏的輪廓線和邊緣
- 繪劃尺寸線
- 如有需要，加上解釋文字



在側視圖與俯視圖間畫上投影線



繪製三種投影視圖

停 一 停 想 一 想

第二及第四角投影法

除第一及第三象限外，第二及第四象限亦可用來繪製正投影圖，但為何它們並未被採用？

提示：

- 繪製一個第二或第四角投影圖
- 將之與第一或第四角投影圖比較

2.2.3 組合圖及剖視圖

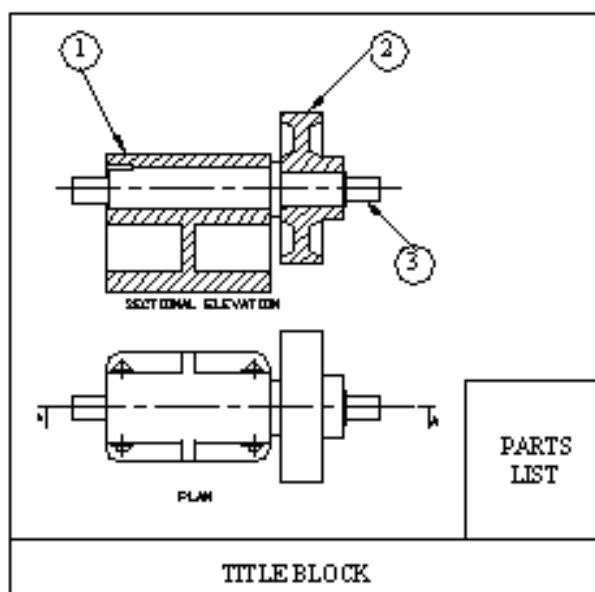
(a) 組合圖

組合圖顯示如何裝配物件的元件，組合圖一般以正投影圖及剖視圖來顯示元件的細節及相對位置。

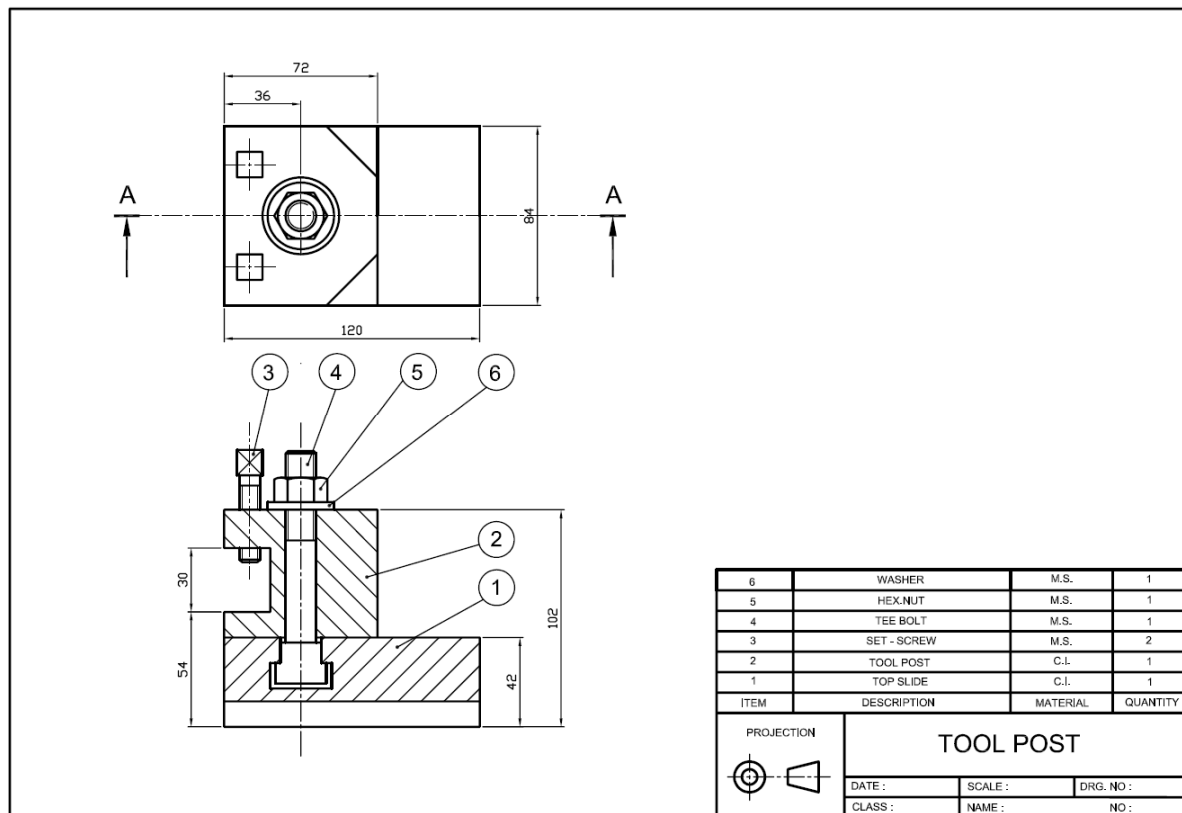
零件表是一張詳列組裝過程所需零件的表列清單，內記零件編號、零件名稱或描述、材料和零件數量。

4			
3	SHAFT	CARBON STEEL	1
2	FLYWHEEL	CAST STEEL	1
1	MACHINE CASING	CAST IRON	1
PART NO.	NAME OF PART	MATERIAL	NO. OFF

「汽球參考法」是一個把零件表及繪圖連繫起來的方法——零件表上每件零件的編號，均顯示於汽球形的圓圈內，以供參考。



汽球參考法顯示組合圖的零件位置

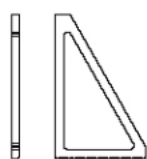


組合圖

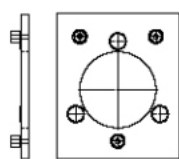
內容特寫

鏡頭座的組合圖

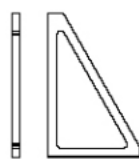
鏡頭座的各個部份，根據其組合位置與次序，一一陳列如下。



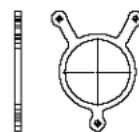
左支撐架



前板



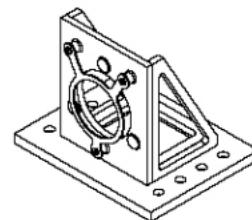
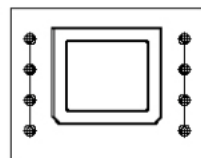
右支撐架



濾鏡夾



底座



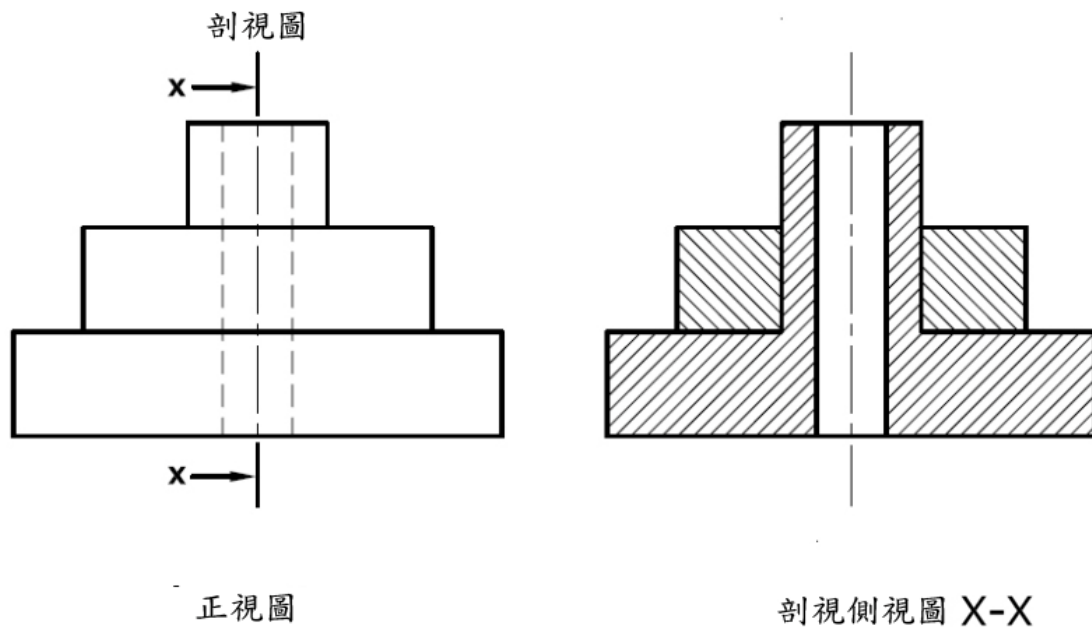
鏡頭座

鏡頭座組合圖的所有零件。

(b) 剖視圖

剖視圖是用來顯示物件的內部結構和複雜元件，讓讀者更容易明白元件細節，繪製剖視圖時宜注意：

1. 「剖切面」是剖開物件後所展示的內部平面
2. 剖開的部分稱之為「剖面」
3. 剖視圖是把剖面繪畫出來的視圖
4. 剖視線 X-X 用以顯示剖切面的位置
5. 物件的剖切部分，通常會在其輪廓線內畫上 45° 幼斜線〔剖面線〕表示
6. 相鄰部分的剖面線須呈相反方向繪畫



正投影顯示正視圖及剖視側視圖

用不同的方法剖開物件，會造出不同的剖視效果。剖視圖類型有以下四類：

1. 全剖視
2. 半剖視
3. 部份剖視
4. 偏移距剖視

內 容 特 寫

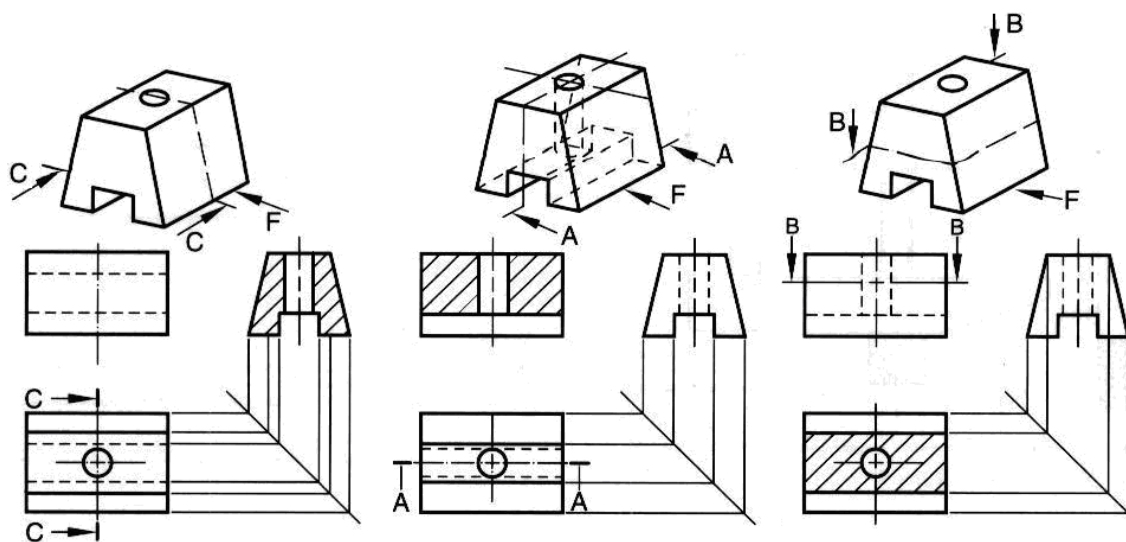
剖視圖的類型

以下臚列了數種不同類型的剖視圖

類型	功能
全剖視 	(i) 剖切面橫過物件 (ii) 剖切面背後所有可見的邊緣均須顯示出來 (iii) 視圖中隱藏詳細線條只需在特別情形下，如完整地將物件描述時才需要顯示
半剖視 	(i) 對稱物件：將該物件的一半剖示出來，而另一半則當作外部視圖 (ii) 對稱的兩半由中心線所分開 (iii) 在標註尺寸時，必須有「隱藏詳細線條」
部份剖視 	(i) 部份剖視圖是用來顯示物件的內部細節 (ii) 連續性的幼實曲線是用來顯示「局部開裂」
偏移距剖視 	(i) 偏移距剖視圖以一個視圖來顯示兩個或更多個平行平面 (ii) 剖切面上的另外兩條長劃線，是用來顯示方向的變化

分析：單物件多剖視圖

一件物件可有多個不同剖視圖。下圖顯示如何根據不同的剖視線來製成剖視圖：



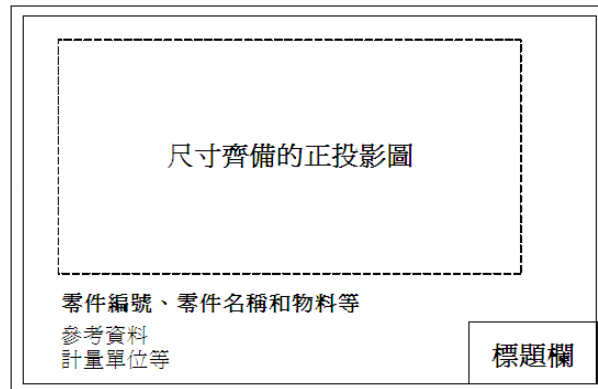
正如插圖所顯示，利用完成之正投影圖可以更方便地製作剖視圖。

2.2.4 零件詳圖

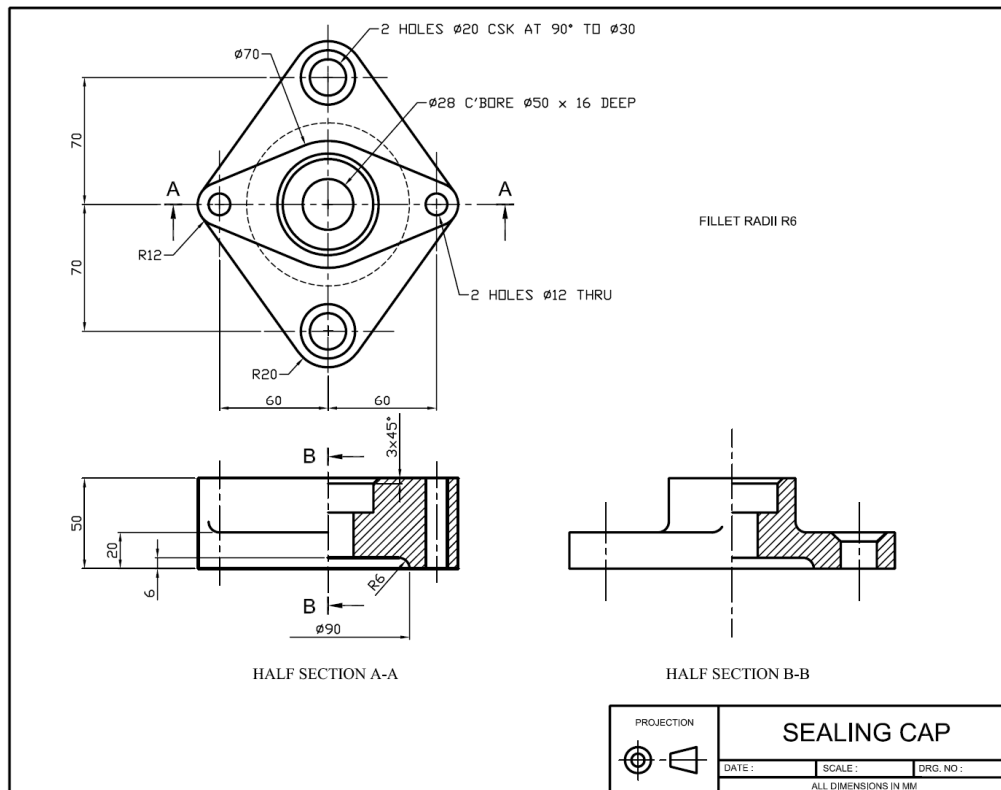
「零件詳圖」是一份說明檔，清楚地列出生產機械設備時所需要的零件，以確保所有相關零件皆根據設計師的要求而製造。

內 容 特 寫
詳細繪圖 詳細繪圖提供兩類資料，即 (a) 在「標題欄」提供一般資料，包括公司名稱、繪圖名稱、計量單位、比例及投影法 (b) 零件資料，包括正投影圖、尺寸和零件規格

下圖顯示這些資料的放置方法：零件編號、零件名稱和物料等



每份詳細繪圖都包括一幅或多幅繪圖〔繪於同一頁上〕，視乎所需的詳細程度而定，例如：



分析：詳圖繪在不同方面的應用

詳細繪圖不單用於工程繪圖，還可應用在建築繪圖和電工繪圖。有關的例子詳見於以下課題 2.3 和 2.4。

以下網站提供有關工程繪圖的資料：

<http://www.design-technology.info/IndProd/drawings/default.htm>
http://www.ider.herts.ac.uk/school/courseware/graphics/engineering_drawing/
http://www.roytech.co.uk/Useful_Tables/Drawing/Mech_Drawings.html#GA

2.3 標準、慣例與符號

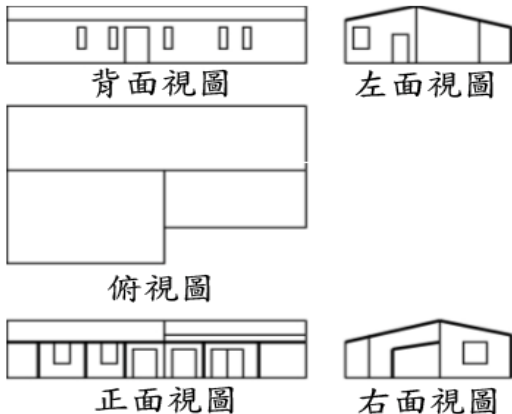
在建築項目的計劃過程中，建築師或設計師需要把建築細節傳達予所有執行這項工程的相關人士，為方便溝通，所有人士均須採納同一的標準和慣例，例如應用在樓層平面圖上的符號等。

2.3.1 建築繪圖

建築學涵蓋建築物和社區內外的設計與規劃，建築師根據設計來製作建築繪圖，以下將以建築繪圖為例，來介紹標準和符號的應用。

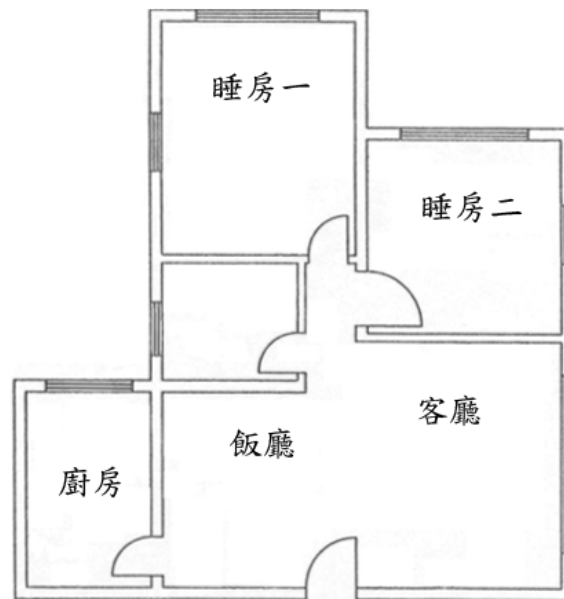
(a) 建築繪圖用語

建築繪圖由正投影圖所延伸出來，有其自己一套用語和慣例。

內 容 特 寫	
建築繪圖 正投影圖有五種，即： (i) 頂面視圖，亦稱俯視圖 (ii) 正面視圖 (iii) 右面視圖 (iv) 左面視圖 (v) 背面視圖	

停 一 停 想 一 想
視角 為何在建築繪圖多用俯視圖而少用其他各面的視圖？

「鳥瞰圖」亦稱為「樓層平面圖」，完整地記錄了有關樓面的牆壁、窗戶和門戶等各樣資料。

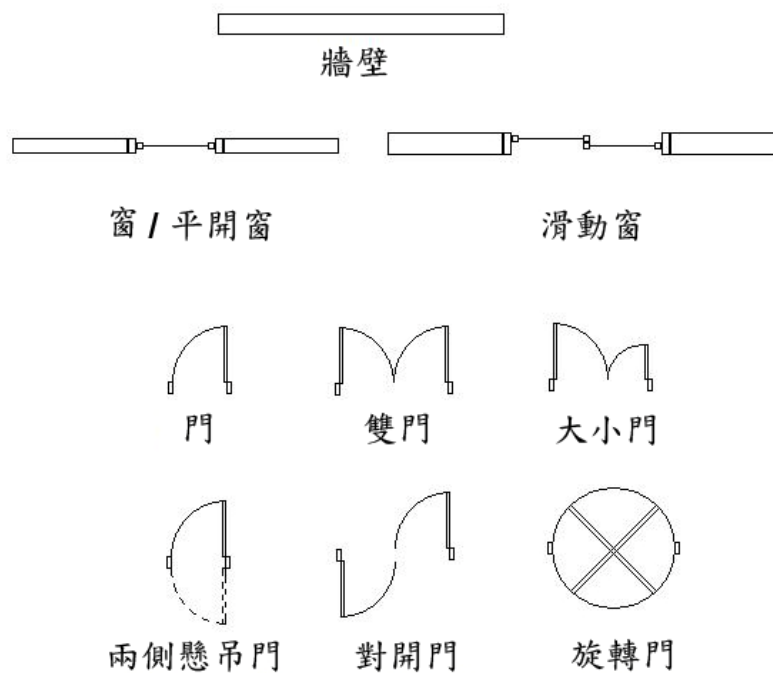


一些慣常的表達方法，可方便使用家瞭解樓層平面圖的內容，例如，門戶以其開啟時的位置顯示，並勾勒出門緣的弧型。

停 一 停 想 一 想

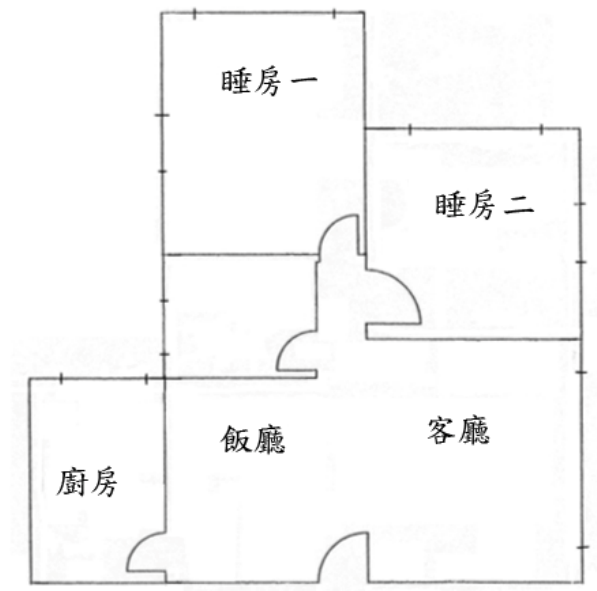
建築樓層平面圖的表達符號

部份常見的牆壁、門窗樓層平面圖表達符號列舉如下，以供參考，試舉出其他用於樓層平面圖的表達符號。



(b) 住宅樓層平面圖

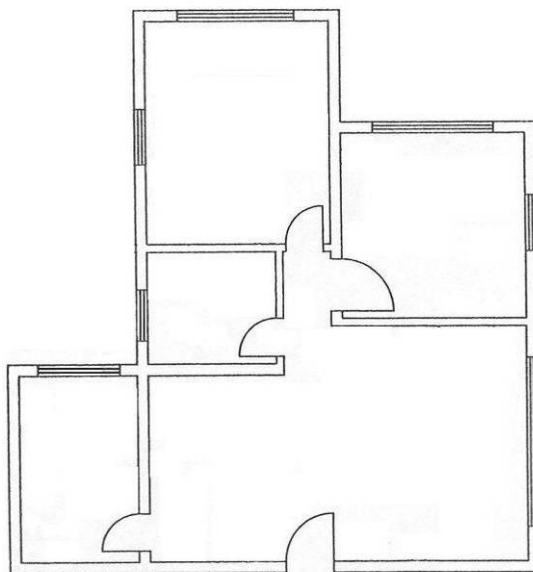
在樓層平面草圖中，外牆及內牆中心均以幼線條來表達，首版草圖的尺寸，以 100 毫米或其倍數為計量單位，此外，根據業界慣例，大門應畫在圖的下端。



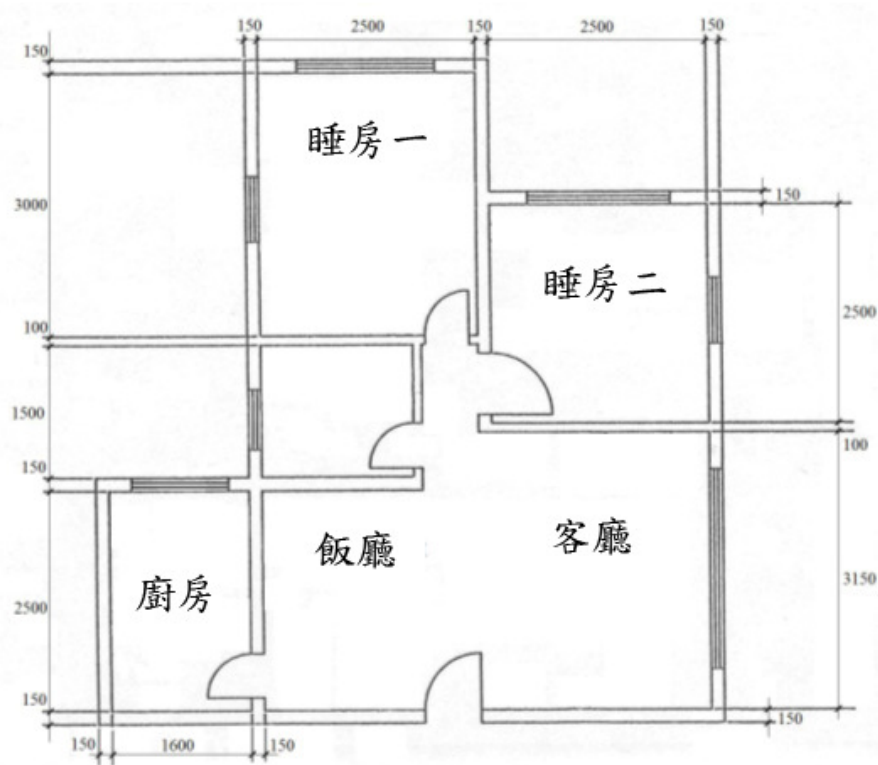
內 容 特 寫

牆壁和窗戶繪圖

內外牆的厚度繪製如下，外牆的厚度因施工方法而異。



下一步是加入整體及門窗尺寸，以及標示單位的廳房。



(c) 建築物正視圖

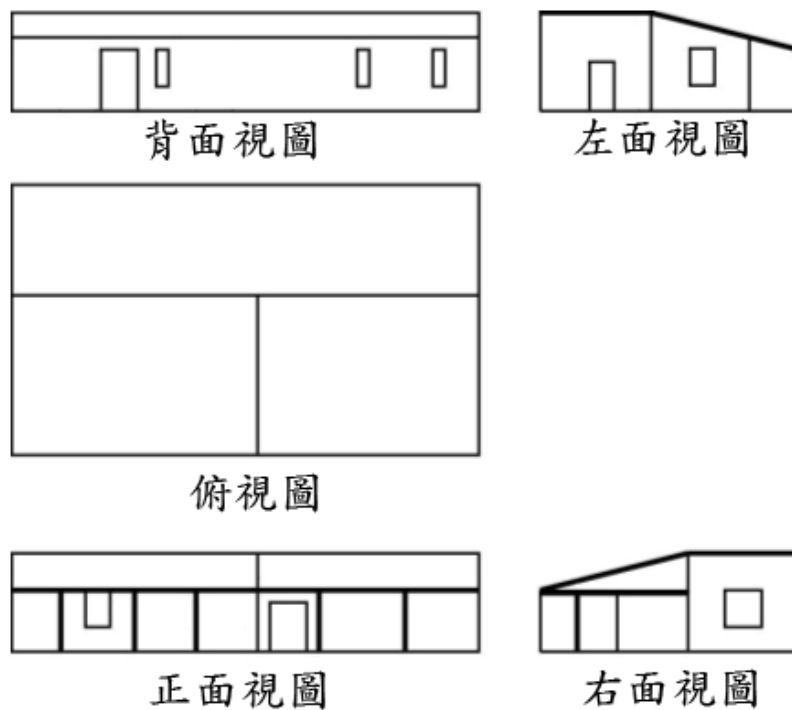
建築物用家一般比較關注室內的佈置，但建築物外觀與功能亦不容忽視，但其品味、功能和成本都應顧及。

樓層平面圖只顯示室內佈置，至於建築物外觀的資料，則可見於其他各面的視圖。

內 容 特 寫

建築物正視圖

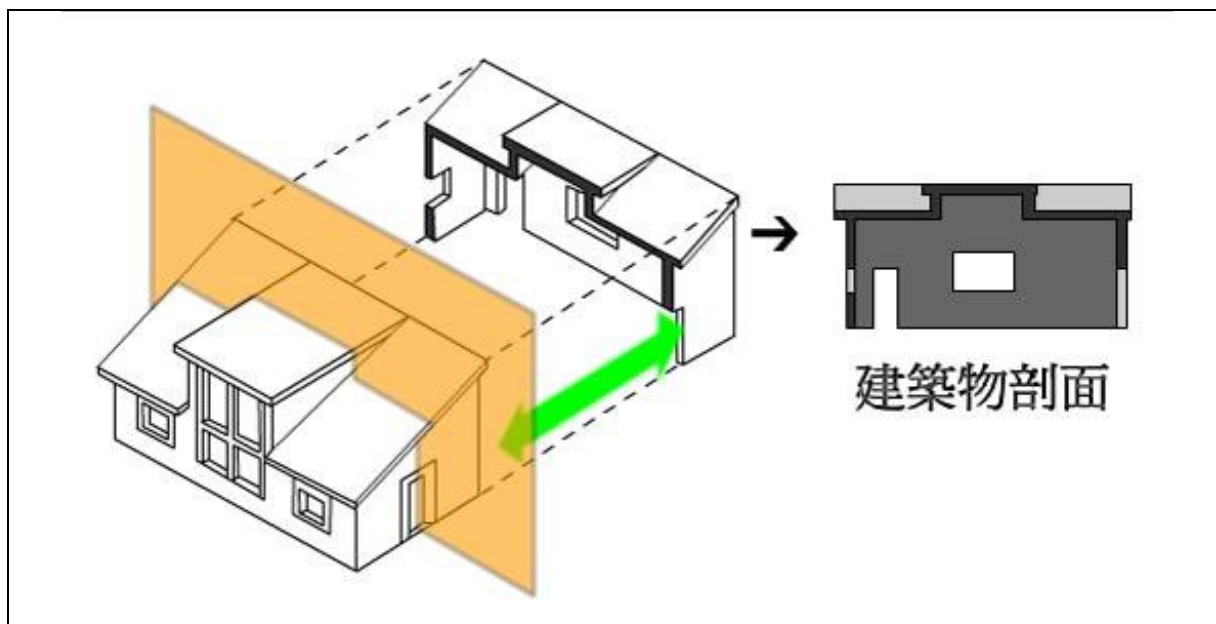
四面視圖〔正、背、左、右〕為讀者提供更多有關建築物外觀的細節。



(d) 剖視圖

工程繪圖以剖面來顯示物件的內在和隱藏特點，同樣，建築繪圖亦運用剖面來顯示建築物的內部和建築細節。

剖視建築繪圖顯示櫥櫃、廚房和浴室等的位置



(e) 建築繪圖比例

最常見的樓層平面圖和視圖比例為 1:100，換言之，繪圖上 10 毫米的代表實際建築物的 1000 毫米（1 米），對於小型建築物，會用 1:50 等相應較小的比例，以顯示更多細節。

較小型建築物的地盤平面圖比例約為 1:200，較小型可到 1:500、甚至 1:1000。換句話說，建築物在地盤平面圖上的尺寸，可能只及樓層平面圖上的 0.5、0.2 或 0.1 倍。

(f) 建築繪圖尺寸標註

正投影圖的尺寸標註規則亦可應用在建築繪圖上，建築繪圖的尺寸通常以毫米為計量單位，以方便單位轉換，如由 37.5 米轉為 37,500 毫米，反之亦然。建築物的整體尺寸，須於工程展開前決定下來。

至於建築物內部物件的尺寸，可在建築物繪圖外的投影線側加上，在許多情況下，為免令繪圖過於擠逼，投影線均非源自有關實際物件。

2.3.2 建築電工繪圖

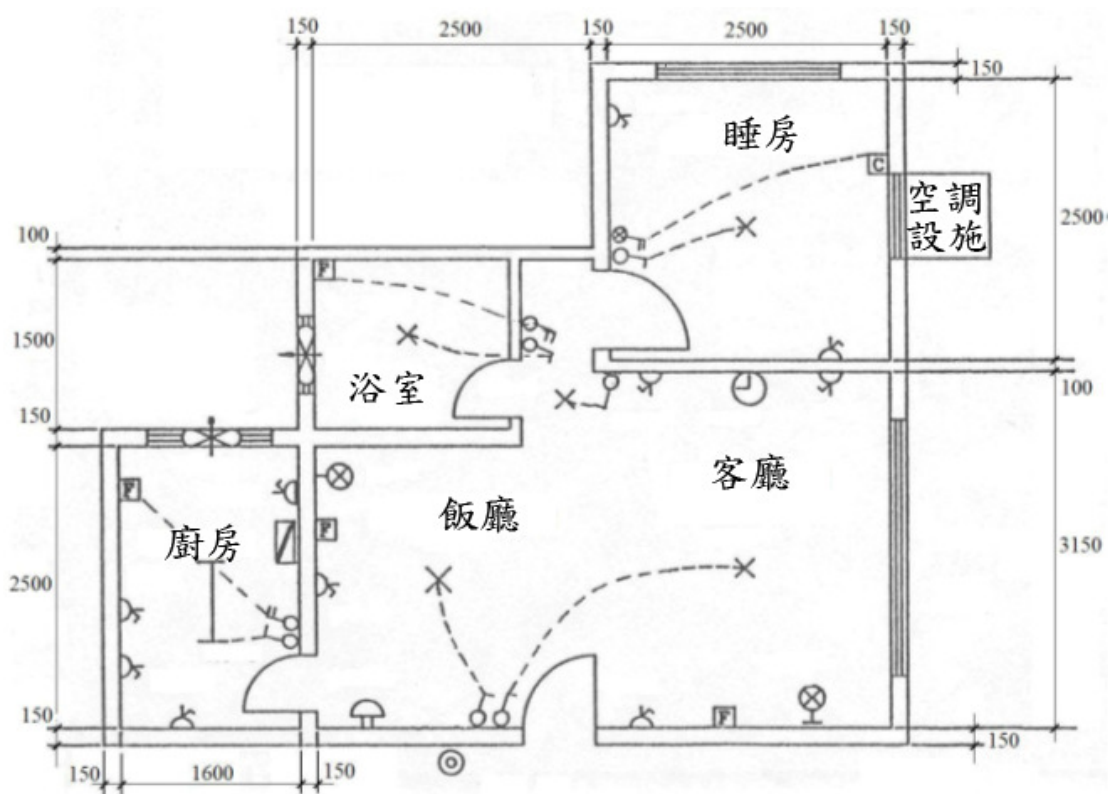
(a) 符號的使用

通常在大型建築項目，建築師會為不同工種的工人製作不同繪圖，如空調設施、升降機、強化物料、電話和公共廣播系統、消防設施、水務設施及電力裝置等。較小的建築項目則只會有水、電繪圖。

內 容 特 寫

電工繪圖

下圖是一幅為電工而設的樓層平面圖，主要介紹有關插座的電力線路符號，例如固定裝置、多用途插座、電燈和開關。



於樓層平面圖而言，比例 1:100 最常見，符號必須以「適當尺寸」但可能不按比例來繪畫。所謂適當尺寸，指有關符號太大，誇大了實際尺寸；卻又不能太小，以致難於繪畫，例如，在樓層平面圖上，一個 3.5 毫米大的插座無疑是過大的，因為它代表了一個大至 350 毫米的插座，但另一方面，若合乎比例地用小至 1 毫米大的多用途插座，設計師則難以繪畫之餘，讀者亦難以察覺。

設計師通常只畫出插座、開關、固定裝置等符號的大概位置，實際安裝的位置由電工技術員自行決定。

停 一 停 想 一 想

電力線路接駁

設計師通常是會用哪種繪圖方法來表達開關與設備間的電力接駁？

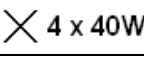
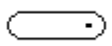
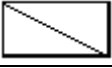
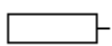
(b) 電工建築符號

不同的國際組織採用不同的符號標準，因此，圖例有助於電工技術員瞭解符號的含意。部份建築、電工協會為電工符號訂立標準，如：

- (i) 澳洲標準
- (ii) 英國標準
- (iii) 〔中華人民共和國〕國家標準（國標）

由於符號不時修訂，工程師必須在每次製作電工繪圖前清楚瞭解這些符號有沒有更新。

例子：英國標準的電力符號

種類	說明	符號
白熱(照明設備)	電燈插座	
	掛牆電燈插座	
	一組電燈的數量及功率〔4 個 40 瓦特的電燈〕	
	多用途投射器	
螢光(照明設備)	單管螢光燈	
	雙管螢光燈	
	放電燈〔通用符號〕	
開關箱	微型斷路器配電板〔俗稱「大掣」〕	
電器	在此通用符號內標示標準縮寫，以說明電器的類型。	
	EF：抽氣扇	
	AC：空調設施	
	DW：洗碗碟機	
開關	單向：單極開關	
	單向：兩極開關	
	單向：配備指示燈兩極開關	
	單向：三極開關	
	拉線開關：單極開關	
	按鈕	

種類	說明	符號
連接插頭盒	在此通用符號內標示標準縮寫，以說明其實際類型。	
	F: 2A 保險絲 F : 2A 保險絲	
	C: 15A F : 15A 保險絲	
	S: 20A F : 20A 保險絲	
插座	多用途插座	
	多功能插座〔兩個〕	
	掛牆電話插座	
	座地電話插座	
其他	電鈴	
	電子鐘	
	抽氣扇	

停 一 停 想 一 想
電工符號 1. 試舉出其他類型的電工符號 2. 目前香港較常用哪類的電工標準符號？ 是國標，還是英國標準呢？為甚麼？

(c) 功能及符號

符號是因應其所代表物件的外觀特徵而繪製，大部分都採用單線圖案。使用符號有利設計師繪圖之餘，亦方便讀者識別。

停 一 停 想 一 想
符號 試按以上原則，為電腦製作一個符號

(d) 符號和樓層平面圖

電力線路圖和樓層平面圖都記載著有關電力裝置的操作指示，包括：

- (i) 接線方法和物料
- (ii) 一般佈置方法
- (iii) 使用配件的類型
- (iv) 安裝開關和插座的高度

(e) 符號大小

符號的大小與插座或電器的實際大小並無關係。通常符號的大小與視圖字樣相約。例如，如果字樣高 3.5 毫米，電燈插座符號的直徑亦為 3.5 毫米左右。

符號的大小通常在 3.5 毫米與 5 毫米之間，否則，過小的符號可能令讀者難於閱讀，或過大則難以容納於圖內。

(f) 符號的應用

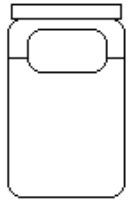
一套完整的電力裝置包括電源、開關箱，以及各為插座和電器供電的分支電路。

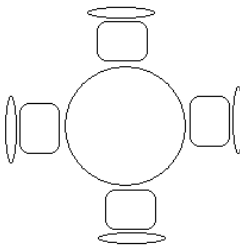
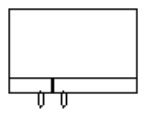
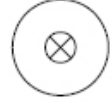
開關箱的位置通常標示在電力樓層平面圖上，在較大型的裝置會安排一間特別房間以安裝總開關箱，再輔以個別配電板，並在符號內以 DSB (總開關箱) 來標示。

開關與插座之間會以短劃虛線來標明兩者之間的連接，然而，短劃虛線並不是表達電力線路的位置。

2.3.2 傢具和電器符號

建築繪圖內的傢俱和家用電器佈置，對整體的室內設計非常重要，現時並未有特定的符號標準，以下列舉一些較能令人明白的符號作例子：

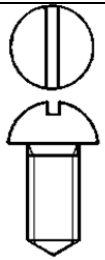
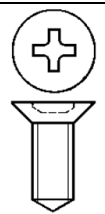
牀	
沙發	
椅子	
桌子	

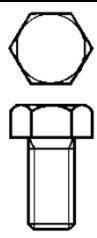
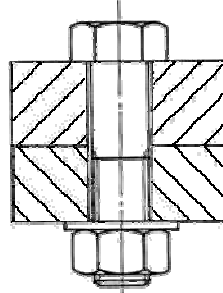
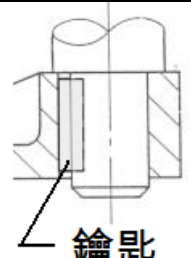
餐桌連椅	
雪櫃	
電腦顯示屏	
電腦鍵盤及滑鼠	
燈	

2.3.3 繫固裝置符號

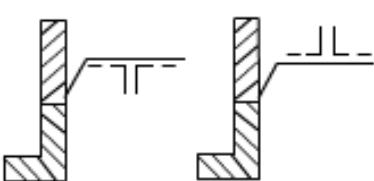
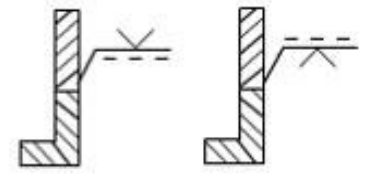
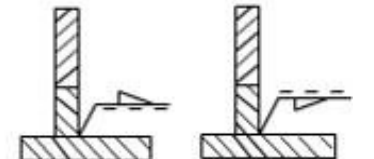
「臨時繫固」指可以在隨時收回或替換的裝置，如螺絲、螺栓、螺帽和鑰匙。
 「永久繫固」指在拆除時，會破壞其鄰近物件的裝置，如鉚接和焊接。

(a) 臨時繫固的例子

螺絲	埋頭	
	圓頭	
	槽頭	

	六角頭	
螺栓及螺帽		
鑰匙		

(b) 永久繫固的例子

鉚釘	
方形對接焊縫	
單面 V 形對接焊縫	
角焊縫	

2.4 數據演示

以下資訊必須清楚地傳遞給觀眾：

- (a) 設計的特點
 - (b) 收集到的數據和經分析的資料
 - (c) 使用該設計所帶來的好處
- 並將研究結果、結論和建議客觀地演示出來。

2.4.1 演示類型

(a) 非正式演示

在作出非正式演示的場合，觀眾通常是一群對設計有頗深認識的業內人士。

(b) 正式演示

在正式演示的場合，觀眾通常是一組人數較多、且代表著不同利益的人士。例如，工程業人士會較關注該設計的功能和認受性，而投資者會關心該項目的盈利能力等。

2.4.2 視覺輔助工具

如在演示中加入圖表和模型等視覺輔助工具，較諸只憑講義講解，更能提高演示的溝通成效。以下是有關準備視覺輔助工具的建議：

- (i) 每一種視覺輔助工具最好只應用於單一概念；
- (ii) 加入插圖、顏色等較容易吸引觀眾的注意力；
- (iii) 在演示投影片中應只顯示重點；及
- (iv) 應使用大字體，以方便觀眾閱讀。

(a) 圖表

在設計過程中可能需要處理大量數據，為了方便日後分析，可借用圖表來表達。

(1). 條形圖

以下是七個科目的考試合格率：

科目	英國語文	中國語文	數學	通識教育	設計與應用科技	地理	經濟
合格率 (%)	78	80	87	70	78	72	70

條形圖可以用來顯示合格率。

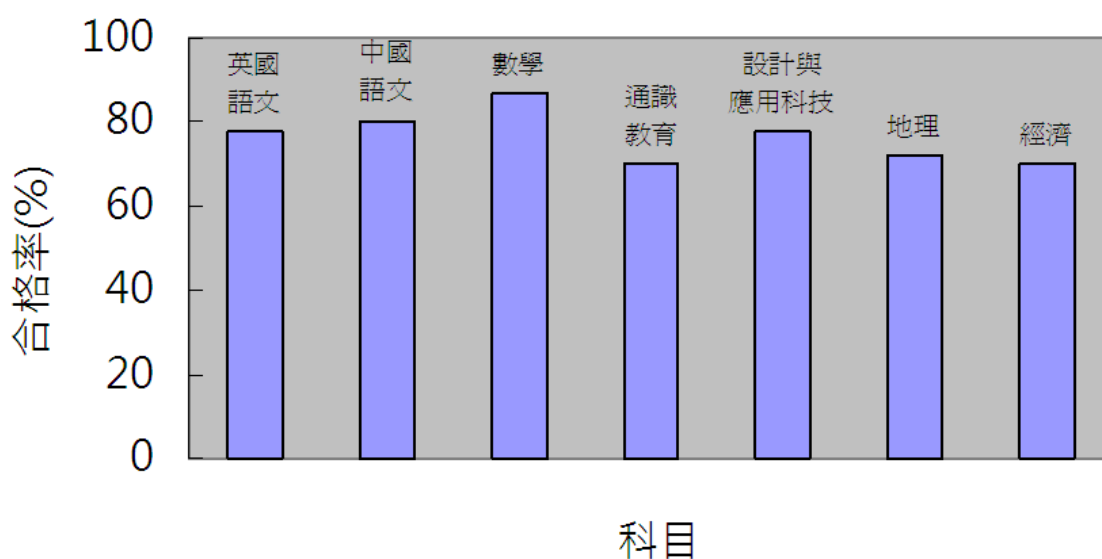
停 一 停 想 一 想

條形圖

條形圖通常用來比較數據。讀者只需按條形的高度就能比較數據的高下。為方便比較，棒與棒之間，必須留有足夠空間。X 和 Y 兩軸亦必須清楚標明。

試舉出一個條形圖的日常用途。

七個科目的合格率



(2). 圓形圖

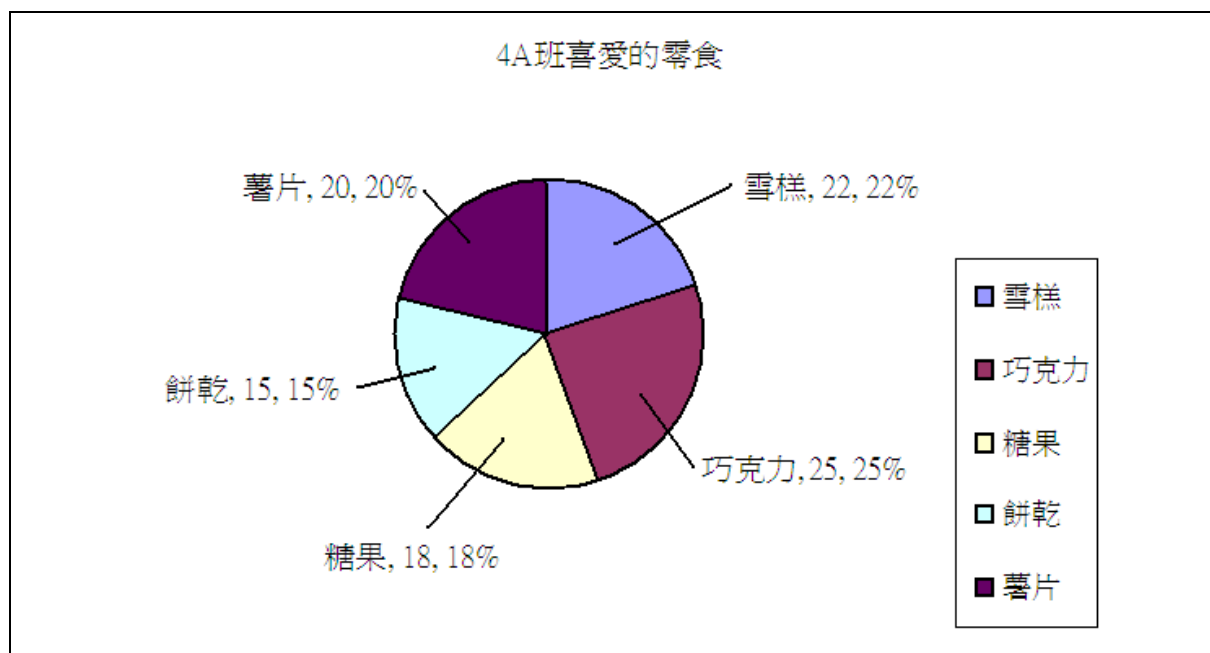
圓形圖是用來顯示組成部分在整體中所佔的比率。所有的項目的總和是 100%。

停 一 停 想 一 想

圓形圖

以下圓形圖列出 4A 班學生的零食愛好分佈情況，並顯示了各入選零食所佔比例。在五種入選零食中，巧克力最受歡迎。

試舉出一個圓形圖在日常生活中的用途。



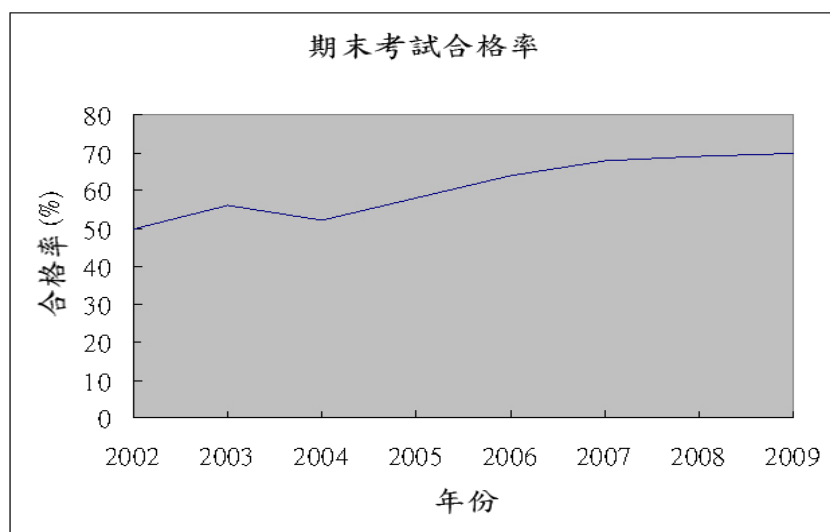
(3) 線圖

線圖可以顯示個別項目的數量變化，因此適合顯示一個項目在一段時間內的表現。

停 一 停 想 一 想

折線圖

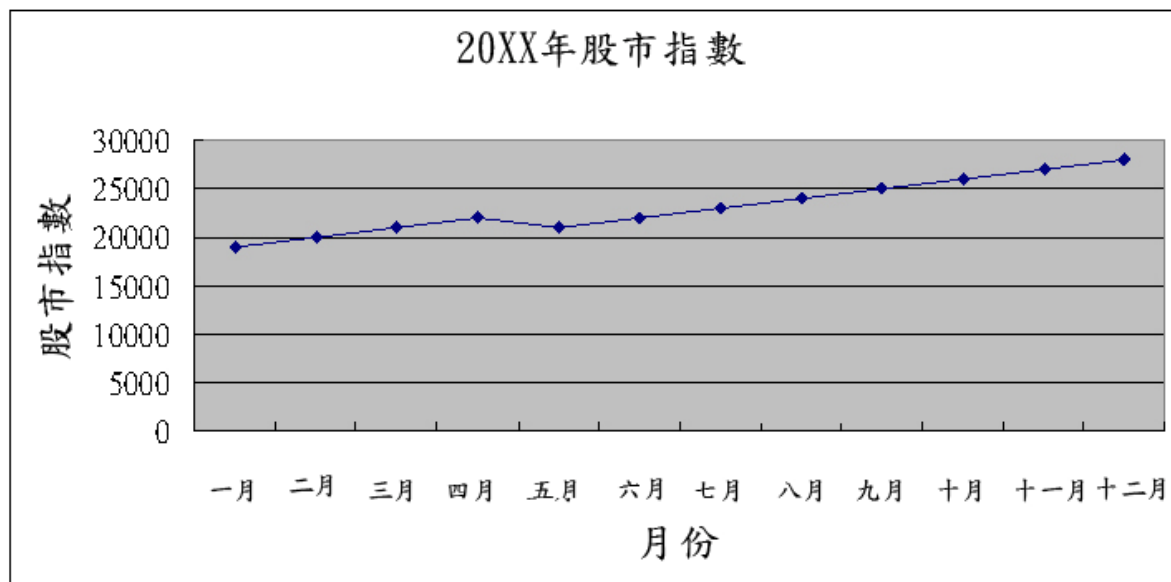
以下例子顯示由 1999 年至 2006 年間，期末考試的合格率。圖表顯示，合格率持續攀升。試舉出一個折線圖在日常生活中的用途。



內 容 特 寫

折線圖的其他用途

線圖可以用來顯示股市指數在一段時間內的升跌情況。



(b) 插圖

為了吸引觀眾的注意力，提高演示成效，演示投影片可加入不同顏色的插圖，但不宜使用白色背景，以免令到觀眾眼睛疲累。



運用大寫字母和行距的插圖例子

(c) 模型

模型是最實際和最具說服力的視覺輔助工具以表達最終設計的意念，模型的大小按實際需要而決定，但基本原則是要讓觀眾能看得清楚，但為加強演示成效，講者可同時提供該模型的不同角度特寫照片以作輔助。

停 一 停 想 一 想
插圖及模型 使用插圖及模型有甚麼好處？

(d) 多媒體演示

講者可利用等坊間軟件來製造演示投影片。如果觀眾是個別小組，投影片可以在電腦上顯示。如果觀眾人數眾多，則可把投影片投影至大螢幕上。

- (i) 演示投影片的文字可以採用不同顏色、樣式和大小；
- (ii) 演示投影片可加插多媒體效果，如照片、影片、特殊效果和動畫等。

停 一 停 想 一 想
PowerPoint 多媒體 舉出兩種可以加到演示投影片的多媒體應用類型，並解釋為何這樣運用。

2.4.3 演示講稿

講者通常會準備演示講稿，列出演示的重點。

2.4.4 演示台

演示期間，講者可在螢幕旁或站或坐，講者可一邊提及演示投影片，一邊面向觀眾，講者更可用指示棒指向螢幕，以強調幕上的要點。

2.4.5 演示技巧

佈置：一個好的演示，應有一個吸引的引子、合理的起承轉合，以及明確的結論。演示內容的次序，應以幫助觀眾理解內容為依歸。

視覺輔助工具的安排：圖表和多媒體視覺器材等演示工具，必須妥善安排以突出重點。

運用非語言溝通：講者在演示期間運用姿勢和眼神接觸等非語言溝通，可以令訊息更有效地傳遞。

第三章 — 電腦輔助設計

本章包括下列課題：

- 3.1 虛擬原型
- 3.2 電腦模塑技術的準則
- 3.3 電腦輔助設計軟件
- 3.4 電腦輔助設計對設計流程的影響

此課題包含學習材料和活動，以幫助學生：

- (a) 識別虛擬原型製作的基本知識
- (b) 認識原型製作的三個階段
- (c) 比較幾何模塑和原型製作
- (d) 瞭解虛擬原型的好處及其在產品開發過程中的角色
- (e) 瞭解虛擬原型相關的關鍵技術
- (f) 瞭解電腦輔助設計的檔案格式轉換
- (g) 識別不同模塑技術的圖元法及功能法
- (h) 識別構造實物幾何法
- (i) 瞭解模塑技術的優點、缺點和限制
- (j) 認識電腦輔助設計軟件在圖象設計、多媒體製作、室內與建築設計、工程設計和產品設計方面的應用
- (k) 認識電腦輔助設計對設計流程的影響

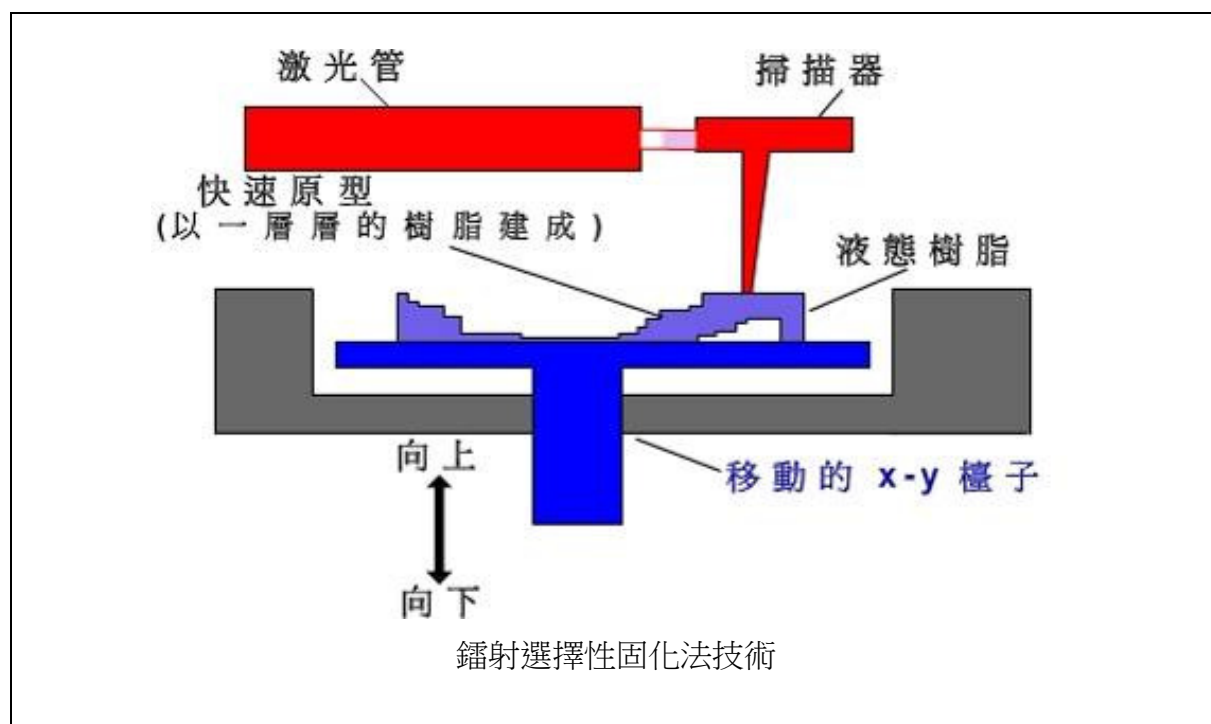
3.1 虛擬原型

電腦輔助設計系統自 1950 年代開發以來，取得長久發展。電腦輔助設計系統結合硬體和軟件，讓用家製作、修改和保存繪圖。電腦輔助設計系統起初只能繪製平面繪圖，但時至今日，已能繪製立體模型了。由於電腦輔助設計系統以數學方法處理立體模型，讓用家可因應需要隨時修改。此外，商業立體模型軟件更能快而準地把手繪的物件草圖，如瓶樽、傢俱及飛機等，製作成虛擬原型。

3.1.1 虛擬原型製作的基本知識

虛擬原型是一個以電腦為基礎的模擬系統或子系統；在此虛擬世界裡，虛擬原型的功能與實物近似。「虛擬原型製作」一書 (Virtual Prototyping: Concept to Production by Garcia、Gocke and Johnson)，美國弗吉尼亞州國防管理學院出版社 1994 年出版，指出，「虛擬原型製作」是指以虛擬〔而非實物〕原型，來審查和評估個別設計的某些特徵的過程。

在新產品推出前，為滿足客戶而需多番修改實物原型，此等修訂實有助於改良設計，如製訂後備設計方案、工程分析、生產規劃及產品視像化等。製作實物原型，需要使用傳統但成本較高的手製方法。為在短時間內能準確地製作原型，可以利用快速原型系統，製作虛擬原型。在製造過程的初段，快速原型系統是利用高質素的電腦輔助設計、電腦輔助製造或電腦輔助工程軟件來構建虛擬模型的設計幾何圖形，接著以「鐳射選擇性固化法」製作虛擬原型。虛擬原型較實物原型的優勝之處，在於其高速及低成本。



停 一 停 想 一 想

- 使用如「Pro/Engineer」、「Unigraphics」、「SolidWorks」或任何一款立體設計程式，製作一個虛擬原型
- 闡釋虛擬原型較實物原型優勝的地方
- 嘗試把立體電腦輔助設計模型檔格式轉換成「鐳射選擇性固化法」格式，然後利用原型製作機製作實物原型

3.1.2 製作原型的三個階段

模型製作一般指在大規模生產前，把只有概念而未有實體的設計，以原型形式製作出來。「原型」乃是實驗性產品，故會採用不同材料、方法等製成。原型是一件物件的初步模型。



第一階段 —— 手製或硬體原型製作

數百年來，原型製作一直是產品開發的重要一環；惟當時的模型十分簡陋，而且都是人手製作，因此製作所需時間較長。

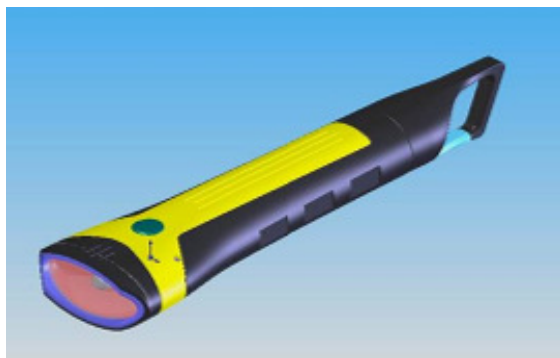


手製或硬體原型

第二階段 —— 虛擬或軟體原型製作

原型製作在 1980 年代初結合先進的電腦輔助設計、電腦輔助製造和電腦輔助工程軟件，進展成虛擬或軟體原型製作。如實物原型般，虛擬原型也可經越趨複雜的測試及分析。

例如，用家把指定材料特徵與質量輸入虛擬原型軟件後，系統可以準確地計算出產品的應力因數，製作出比手製更精準的虛擬原型。若為產品模型配以不同的天然或自訂材料，經虛擬原型製作的原型，更適用於產品的運動學及動作分析。



虛擬或軟體原型製作

第三階段 —— 快速原型製作

快速原型是原型製作進展的第三階段。它包括「立體光固化製造」、「桌面製造」及「增層製造」等技術。相對於 1970 年代，現時所生產的零件已複雜得多，而往往要求的生產時間亦要更短，因此，此階段的發展，被喻為「時代的分水嶺」。



快速原型製作

3.1.3 幾何模塑與原型製作比較

幾何模塑	原型製作
第一階段：平面線框 ● 開始：1960 年代中期 ● 平面線框應用，如 1. 管道和佈線系統的建築草圖 2. 以俯、主及側三面視圖來演繹實物 ● 手製繪圖技術	第一階段：手製原型製作 ● 傳統做法 ● 手製原型應用，如 1. 機械物件的實物模型 2. 更清晰和準確的製圖 ● 手製原型技術

幾何模塑	原型製作
第二階段：表面模塑 - 開始：1970 年代中期 - 更複雜 - 提供更多關於表面形狀、大小、方向及相關的表面屬性的資料	第二階段：虛擬原型製作 - 開始：1970 年代中期 - 更複雜 - 可作壓力測試和模擬
第三階段：實物模型 - 開始：1980 年代初 - 綜合參數式、約束為本和功能為本主的模塑技術，以製作立體實物模型 - 可作動態分析 - 可找出零件之間的相互幹擾 - 更清晰的演示	第三階段：快速原型製作 - 開始：1980 年中期 - 硬體原型製作所需時間較短及具成本效益 - 可作有限度測試 - 可作銷售和市場營銷 - 更清晰的演示

3.1.4 虛擬原型的優點

虛擬原型是一種廣泛應用的技術，其優點如下：

1. 讓買家留下良好印象

- 能與買家交流
- 能透過虛擬原型的動畫及移動能力，演示產品用途及特別功能，並證明產品是物有所值，以提升議價能力

2. 更廣濶的銷售管道

用最低的額外成本，以電子方式廣發產品資訊給潛在買家

3. 低成本開發

易於修改，令修訂成本低於修訂實物原型所需

4. 精緻的設計

由於修改容易及成本低，令定型產品能以最精緻的狀態面世，並把出岔子的機會減至最少

停 一 停 想 一 想
- 試舉出一種快速原型製作技術，並說明之。 - 試闡釋虛擬原型技術製作及快速原型製作兩者的關係。

3.1.5 快速原型製作技術

快速原型製作是一種利用立體電腦輔助設計數據，為快速比例模型構建零件或組件的綜合技術。虛擬原型製作以逐層製造材料的「分層製造技術」，製作出快速原型。詳情見第3.4.5節的〈內容特寫〉。

除了將產品視像化，快速原型製作可製造測試用的實物模型。例如，

1. 用作風洞化驗測試的翼型模型
2. 用作矽膠模具等模具的插入式配件
3. 定型零件
4. 形狀複雜的模型和零件

快速原型製作商業用途舉例如下：

- 鐳射選擇性固化法
- 鐳射選區燒結法
- 分層實物製造
- 選擇性熔覆法
- 固態基礎熟化
- 噴墨列印技術

3.1.6 產品開發過程

典型的產品開發過程有五個組成部份，即：



- (a) 設計；設計師利用電腦輔助設計或電腦輔助工程軟件來設計新產品
- (b) 分析；若客戶接納有關設計，設計師便會再利用軟件分析和優化該設計，並撰寫製作過程的詳細規格文件
- (c) 製造；定型產品投產，進入製造階段
- (d) 檢查；工作人員會檢查定型產品，確保產品符合客戶的要求
- (e) 生產（組裝）；產品開發人員會整理產品開發過程中收集得來的資訊，然後便開始大規模生產

事實上，在產品開發過程中，有部份階段或會因種種原因而同時進行。例如，同時進行設計和製造，是現時工程界的一種普遍的做法。

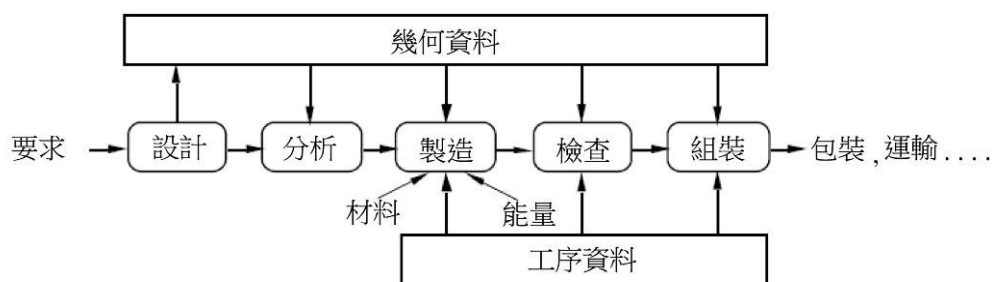
3.1.7 虛擬原型製作在產品開發過程的角色

為了撰寫生產部件用的詳細規格文件，設計師需以源自市場和客戶要求，在設計過程式

中，提供對產品的功能要求、限制和準則。

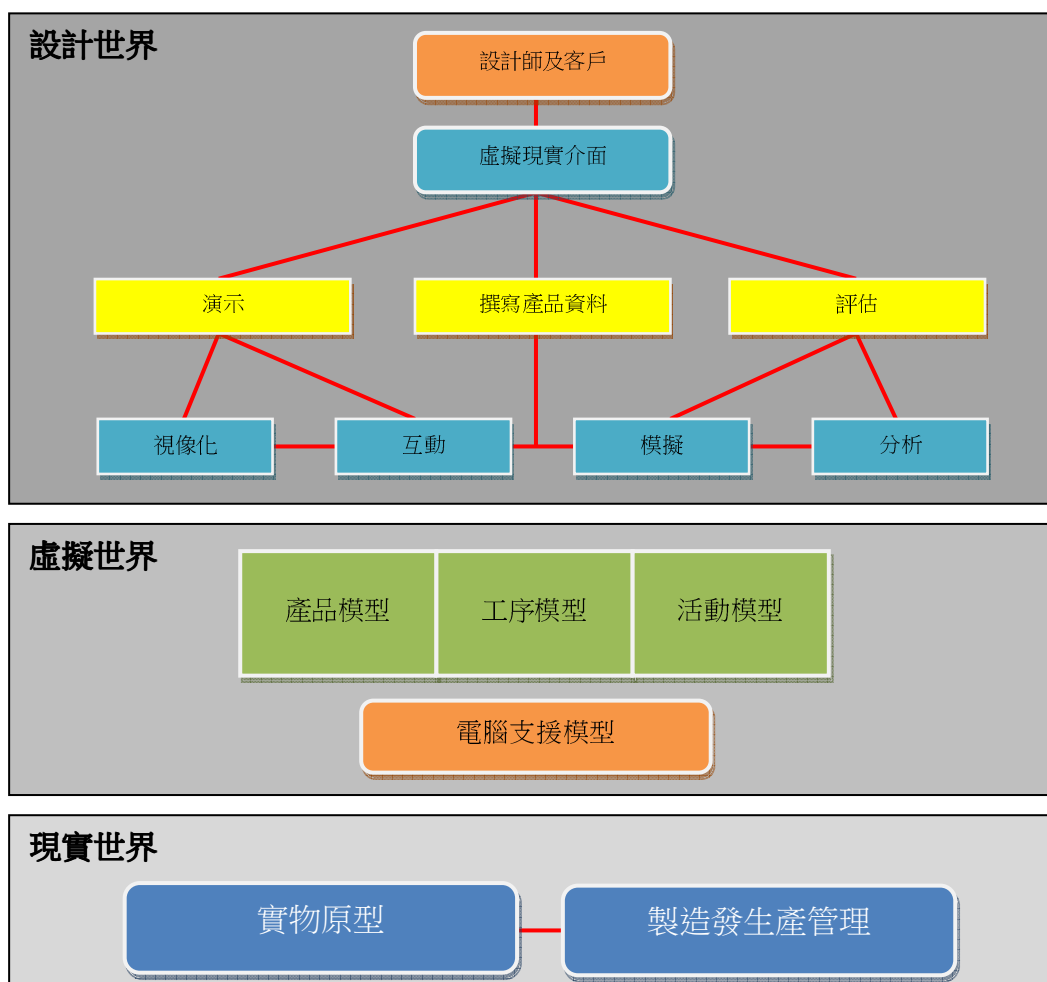
規格檔包含幾何及非幾何物件資料，非幾何資料指材料、硬度等。傳統上，由於幾何資料只是來自工程繪圖，故有部份資料並不能明顯表達出來，而虛擬原型製作則可彌補這方面的缺憾，而虛擬原型製作的數據更可給與產品開發過程中的相關人士參考以提升產品質量。

產品開發過程的基本活動顯示如下：



組裝完成後，產品便可推出市場銷售。

虛擬原型製作可以讓設計師製作逼真的電腦計算原型，作為操作及分析實物的複製品之用，並將模塑、模擬、目標產品及生產等元素結合在電腦的虛擬世界中，體現設計世界與虛擬世界的互動。虛擬設計需要由產品定義、設計工程和製造等三方面構建而成。虛擬原型製作輔助設計的原則：



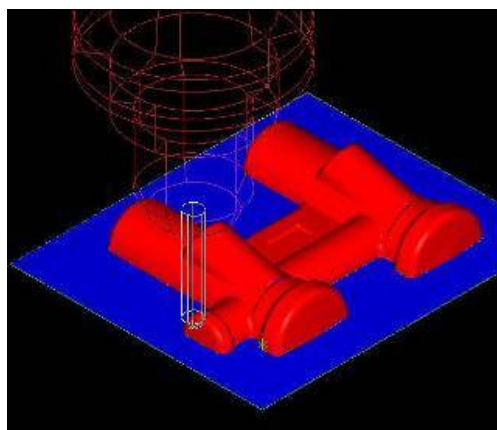
內 容 特 寫
(a) 產品設計 (i) 能盡量減低生產時間及成本的情況下，增加零件的複雜性及多樣性 (ii) 減少耗費在討論和評估有關生產時各種可能性的時間 (b) 工具設計和製造 (i) 優化工具設計、製造和核實程式 (ii) 減少零件數量 (iii) 減少刀具磨損 (c) 組裝及測試 (i) 減少製造的勞動力，如機械加工、鑄造、檢查和裝配等 (ii) 降低材料成本，如處理廢物，運輸，備件和庫存 (d) 功能測試 避免不同人對設計有不同演繹，盡量做到「眼見即所得」，所謂「WYSWYG」

3.1.8 虛擬原型製作的關鍵技術

(a) 模塑及模擬

1. 模擬通常是用於評估產品在各種情況下的性能。於生產運作過程而言，以虛擬原型為電腦模擬可減省產品於推出後，所需要的潛在時間和人力去修正錯誤。
2. 模擬有利於測試一個新的製作程式之可行性。模擬結果可以協助設計師在投資設備和設施前，以最有效的方法設計產品。
3. 模塑與模擬提供有用的數據來改善運作，並可以在不影響日常生產下測試其他替代運作方案。

以下概述模塑與模擬如何幫助有關運作和產品開發



過程：

- 在生產運作過程中可迅速檢測出對影響產品質量的任何變化
- 在複雜程式中，梳理出問題的根源
- 在短時間內，展示出產品的長遠表現
- 在實際投產前，測試生產控制及產品流程
- 規劃生產線和工序，以落實生產活動的安排
- 研究各種方案和變數，以找出最佳方案

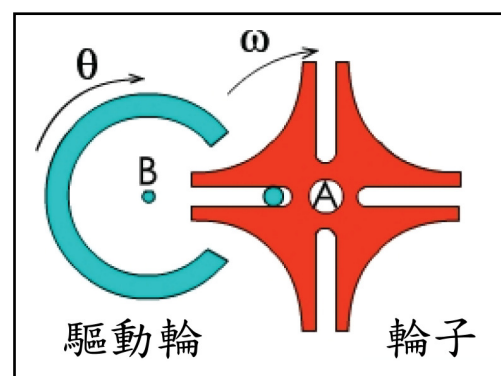
在電腦上模擬生產運作過程

(b) 運動學分析

「運動學分析」是直接在運動模型施力及考慮機械動作的表現，商業用的運動學程式能夠製作出機械裝置，結構複雜的立體模型和動畫圖象等。

運動學分析能提供以下優點：

- 將設計在現實環境中的表現視像化，並計算有關速率、加速度和負載
- 能以慢動作動畫揭示可能潛在問題，例如多餘的振動和危險的變形
- 旋轉立體模型，以測試零件在組裝時是否適用於作業
- 檢測含有週期或重複動作的部份，如齒輪及連結
- 模擬車禍在現實中瞬間所發生於的事件
- 進行在現實生活中不可能進行的測試，如義肢、人造器官、深海鑽油和衛星等



運動學分析圖表

停	一	停	想	一	想
● 試闡釋何謂「運動學分析」。 ● 試舉出運動學分析的應用實例。					

(c) 產品實現和修訂

虛擬模塑有兩大好處，即

- 製作真實物件的代替品
- 為問題梳理出可行解決方案

常見的設計程式，基本上是以平面技術性手繪圖及手工生產為基礎。因此，要對產品作出修訂實在耗費時間與資源。漸漸地，設計師會以電腦輔助設計系統繪製立體線框、表面模型和實物模型等圖。時至今日，使用「SolidWorks」、「Unigraphics」和「Pro/Engineer」

等電腦輔助設計、電腦輔助製造和電腦輔助工程軟件，已可製作出非常複雜和精緻的立體模型。

虛擬模塑的主要發展概括如下：

- **參數式模塑技術**

參數式模塑技術令立體模塑製作變得靈活，用家可以輸入參數，以控制立體參數式模型的形狀及大小等屬性

- **約束為本模塑技術**

約束為本模塑技術與參數式模塑技術相似，但功能更強。用家透過輸入設計元素的約束條件來製作模型，如「A 和 B 平面表面配對」及「A 和 B 孔洞的直徑相同」。即使設計曾經修改，約束條件仍然有效

- **功能為本模塑技術**

功能為本模塑技術，允許用家透過指定功能以創建立體模型，如凸轂、導角、內圓填角，孔洞和小塊，並配以特定的邊緣和表面。當重新編造或修改模型時，模型的邊緣及面會相應地改變，但與功能的關係則維持不變



利用參數式模塑實現產品

3.2 電腦模塑技術的準則

現時先進立體模塑技術已被普遍使用，但設計師在展示作品時，各有風格，例如，設計師或許會運用不同類型的繪圖和投影法，以表達其設計概念。

先進立體模塑技術除了易於製作立體模型外，還協助設計師評估產品開發過程中各種不同的情況。此外，先進立體模塑技術可編造不同的平面及立體投影圖，讓設計師和其他與項目有關的人士能「見模型如見實物」。

本節有助提升學生對圖形系統的基本概念的理解，學生預期可以

1. 理解立體模塑的原理及基本技術
2. 瞭解相關的限制
3. 掌握每種方法的優點與缺點

3.2.1 圖形系統的基本知識

電腦圖象可分為光柵圖和向量圖兩類：

光柵圖像是一點一點堆砌而成的圖樣，通常稱為「點陣圖象」。可建立並操縱光柵圖象的電腦圖形系統，稱為「畫圖程式」如「Adobe Photoshop」及「Corel paint」。

向量圖象包括以數學公式表示的線、正方形，矩形、圓圈等，其圖形元素是可以結合，同時保持每個元素在電腦數據庫中的完整性及獨立性，因此，它們可以被獨立選取、修改及調整大小。製作及操作向量圖象的電腦圖形系統稱之為「繪圖程式」如「AutoCAD」、「CorelDraw」、「Adobe Illustrator」及「Freehand」等。



上圖顯示將向量圖象及光柵圖象放大之後的效果。左邊的標籤為一向量圖象。右上角的圓圈所顯示的圖，是經繪圖程式放大的向量圖象。而右下角的圓圈所顯示的圖象，則為畫圖程式放大的點陣圖象。

停	一	停	想	一	想
(a) 利用微軟視窗附屬的小畫家程式製作及儲存一個標誌。 (b) 道出並闡釋所製作的圖象為向量還是光柵圖象。 (c) 道出並闡釋小畫家為繪圖還是畫圖程式。					

停	一	停	想	一	想
(a) 舉出五種繪圖程式 (b) 舉出五種畫圖程式 (c) 比較畫圖及繪圖程式的好處及壞處					

電腦顯示屏和列印機是流行的光柵裝置。顯示屏以點陣或「圖元」來顯示圖象，在顯示屏上顯示向量圖象，需先由硬體或軟件把圖象轉化為點陣模式，即「光柵化」。此外，列印向量圖象前，亦必須把圖象光柵化，轉成油墨點模式。同樣地，光學掃描器和傳真機亦會把文本及圖象檔光柵化為點陣圖象，方能進行處理。

停	一	停	想	一	想
● 掃描及儲存一些圖片 ● 利用程式將影像作 90°、180°、270° 及 360° 旋轉 ● 描述旋轉後的圖象 ● 利用程式將圖象放大兩倍、20 倍及 40 倍 ● 描述比例經調整的圖象					

(a) 光柵圖象

光柵圖象是由許多獨立方格或不同顏色的像數所組成，以圖元或解像度為計量單位，每一吋點數越多，解像度越高，圖象質素則越佳，例如，在網上的圖象可以是每吋 72 點數的圖象，但高解像度的圖象要求每吋 300 點數或更高。「馬賽克」是一種光柵圖象，在遠處看似平滑，但細看時不難發現每點圖元。

停	一	停	想	一	想
試道出並闡釋光柵圖象的輸出效果，會否受列印機或顯示屏等輸出設備的解像度所影響。					

1. 光柵圖象的解像度

與光柵圖象相類似，列印機和掃描器的解像度亦以為每吋點數來量度。列印機和掃描器的輸出質素，同時取決於正處理的圖象的原來解像度，因此，以一部每吋 300 點數及每吋 600 點數的鐳射列印機列印一幅每吋 300 點數的光柵圖象，效果並無分別。

當利用圖象程式放大一幅每吋 300 點數的光柵圖時，其細小的圖元會變得越來越大、鋸齒邊緣越見明顯。若圖象回復原來大小時，方格會變細，鋸齒邊亦逐漸消失。這說明圖象的原來解像度、列印設備的效能，以及影像有否放大等因素均影響光柵圖象的列印質量。

點陣圖象



當點陣圖象放大十倍時會出現鋸齒邊。

2. 光柵圖象的檔格式

無論是向量或是光柵原畫，掃描後都會變成光柵圖象。以下列舉一些常見的光柵圖象檔格式：

- (i) BMP (視窗點陣圖)
- (ii) CPT (Corel PhotoPaint)
- (iii) GIF (圖形互換檔格式)
- (iv) JPEG (聯合圖象專家小組規範)
- (v) PCX (Paintbrush)
- (vi) PNG (便攜式網絡圖象格式)
- (vii) PSD (Adobe PhotoShop)
- (viii) TIFF (標誌圖形檔案格式)

停 一 停 想 一 想

- 利用小畫家製作一幅圖象。
- 把影像轉換成 BMP、GIF 及 JPEG 格式檔案。
- 比較三種檔格式，並找出檔案容量最小的格式。

(b) 向量圖象

向量圖象是透過連串數學程式運算而成的數碼圖象，在物理世界，一幅向量圖象同時表現數量與方向，因此，一個向量圖象檔案，其實儲存了一套相關的向量敘述指令。

向量插圖程式在建立一幅向量圖象時，會加入節點或圖點；與此同時，節點、直線和彎線會連接在一起。而圖形軟件根據數學方法可顯示每個有關節點、直線、彎線及向量物件，及文本物件的連接節點、直線和彎線，所以，每個文字的字形開始時都是向量物件。

向量圖象是物件導向的，而光柵圖象則是圖元導向。因此，向量物件的顏色下有一個「線框」，可被視為骨架上的衣服，使「CorelDRAW」及「Illustrator」等的用家在創作文字

及物件時，比較易於使用及操控。

停	一	停	想	一	想
● 利用繪圖程式製作一個標誌 ● 利用程式把圖象放大兩倍、20 倍和 40 倍 ● 描述比例經調整的圖象 ● 道出並闡釋所建立的圖象是光柵還是向量圖象 ● 道出並闡釋向量圖象的輸出效果，會否受列印機或顯示屏等輸出設備的解像度所影響					

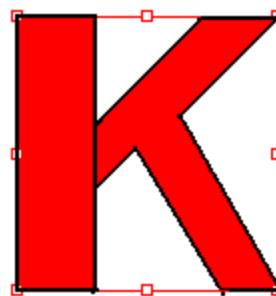
一般而言，動畫圖象會以向量製作。例如，「Shockwave」的「Flash」程式製作平面及立體動畫，在傳輸時仍為向量檔案，不過當它抵達目的地後便隨即光柵化。

1. 向量圖象的解像度

相對光柵圖象，向量圖象更適用於電腦上，因為對列印機或掃描器的解像度，沒有任何限制。

向量圖象是由數學程式而非圖元所界定，當放大或縮小圖象時，繪圖程式只需要利用比例因數把物件的數學描述相乘，所以，影像放大或縮小，質素亦不會因此而下降，例如，一個一吋的方形物件，是利用比例因數 2 把長度增加一倍，數學程式將重新計算並將物件擴大，這說明為甚麼向量圖象被常用於插畫的原因。

向量圖象：



這向量圖象由紅色方格內的八個定位點所包圍。利用鼠標拖曳任何一個定位點，物件的大小即能擴大或縮小。

2. 向量圖象的檔格式

一些常見的向量圖檔格式臚列如下：

- (i) AI (Adobe Illustrator)
- (ii) CDR (CorelDraw)
- (iii) DXF (AutoCAD)
- (iv) EPS 包封附言格式 (Encapsulated PostScript)
- (v) PLT 惠普圖形語言繪圖檔案格式 (Hewlett Packard Graphics Language Plot File)
- (vi) SVG 可縮放向量圖象 (Scalable Vector Graphics)
- (vii) WMF (Windows Metafile)

停	一	停	想	一	想
(a) 請指出並闡釋向量圖象能否轉成光柵圖象 (b) 請指出並闡釋光柵圖象能否轉成向量圖象					

3.2.2 電腦輔助設計的檔案格式轉換

如上所述，向量圖象以數學程式來描述，而光柵圖則以圖元來表示。點陣圖象檔案亦稱為光柵圖象檔案，從技術角度來看，「光柵」是一個更能表達此類二分水準及黑白性質檔案的用詞。

「PostScript」可被視為一種能在電腦上將向量圖象轉為光柵圖象的電腦語言。由於向量檔案可由任何大小的光柵圖象所產生出來，因此，毋須特別指明其解像度。可惜，把光柵圖象轉換為向量圖象殊不簡單，因在電腦為光柵圖象內建立一個如同向量圖象、以圖元組成的圖案而確定方向之前，必先擷取圖元的形狀，儘管市面上的軟件亦具備此等轉換功能，但其性能仍有待改善。

此外，向量圖象說明瞭圖象是如何繪製，並包含光柵資料，以及光柵圖象可以嵌入在向量圖象內。相反，光柵圖象則不能載有向量資料。若要把向量圖象加入進光柵圖象內，唯一的方法，是先把向量圖象轉成光柵圖象。

停 一 停 想 一 想
● 在網頁內插入向量圖象 ● 在網頁內插入光柵圖象 ● 比較光柵及向量圖象 ● 指出並闡釋哪種格式在哪些情況下有較佳的應用效果

內 容 特 寫
以正確的檔案格式來儲存圖象非常重要。錯誤的格式或會損害圖象的質素。 本節探討圖象檔案格式的基本概念，並說明如何為特定的作業選擇適當的格式。

3.2.3 立體模塑

立體模塑的兩大障礙，在於耗時與需要以高速的電腦來計算及顯示圖象。儘管如此，立體模塑提供了以下優勢：

1. 大大提高設計和製造應用的效率；較以往可以更容易處理大量複雜的繪圖，如喉管安裝、構造以及工廠的佈置等
2. 自動分析物理屬性——屬性乃指地心吸力、慣性力矩，重量等；藉著立體模塑，可以解決複雜的物體在互相協調和互相貫穿等的幾何問題
3. 在電腦輔助設計或電腦輔助製造系統上進行刀具運作及機器人模擬
4. 處理在產品開發期間所有主要數據及資料，以協助設計

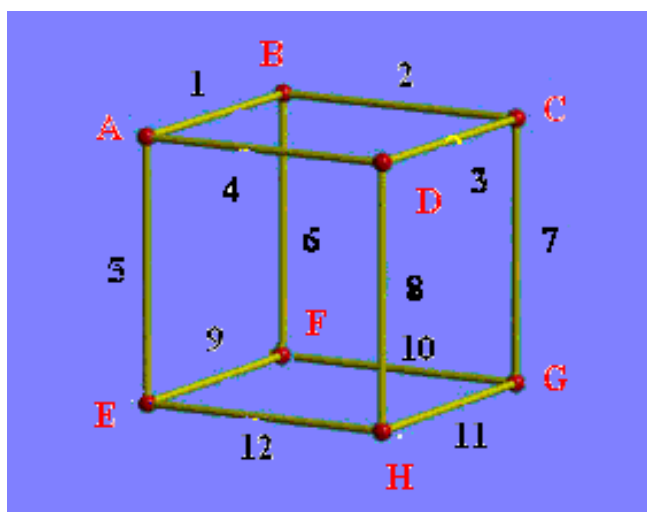
在電腦輔助設計或電腦輔助工程系統中的三種立體模塑類型，即：

- 線框模塑
- 表面模塑
- 實物模塑

(a) 線框模塑

頂點表和邊緣表組成一個線框模型，被視為最原始的立體物件模型。頂點表記載每個頂點與相應坐標，而邊緣表則記載每條邊緣所連接的頂點。

以下立方體，顯示 8 個頂點及 12 條邊緣，以及分別以紅色及黑色表示的相應標籤。



頂點表			
頂點	x	y	z
A	0	0	1
B	0	-1	1
C	1	-1	1
D	1	0	1
E	0	0	0
F	0	-1	0
G	1	-1	0
H	1	0	0

邊緣表		
邊緣	頂點起點	頂點終點
1	A	B
2	B	C
3	C	D
4	D	A
5	A	E
6	B	F
7	C	G
8	D	H
9	E	F
10	F	G
11	G	H
12	H	E

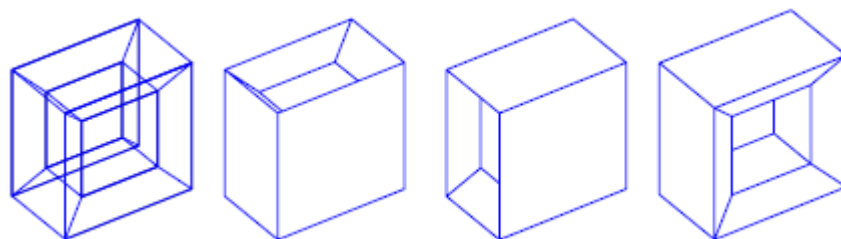
線框模塑的優點及缺點

優點

- 容易操作，而由於它源自繪圖的延伸部份，因此易於構畫
- 毋須多加訓練，使用者亦可輕易構建
- 相對於表面及實物模塑，它需要較少的時間和系統記憶體用以建造模型
- 只要把表面演算法應用在表面數據上，它可以修改成一個簡單的表面模型，線框數據庫包含點、線條及弧度的基本表面數據

缺點

- 它的方向和投影平面含糊，或會使用家感到困惑。
- 以投入的時間來計算，隨著物件複雜性較高，其時間的有效使用率便會降低
- 它需要同時運用拓撲與幾何數據，而實物模塑則只需利用幾何數據
- 由一個 2D 模擬出 3D 環境的物件稱謂 2.5D 或偽三維或假三維，是圖象處理的一種方式，好處是可免去 3D 圖象處理所涉及的大量計算工作，但它並不可以用來計算該物件之體積、質量屬性等數據。



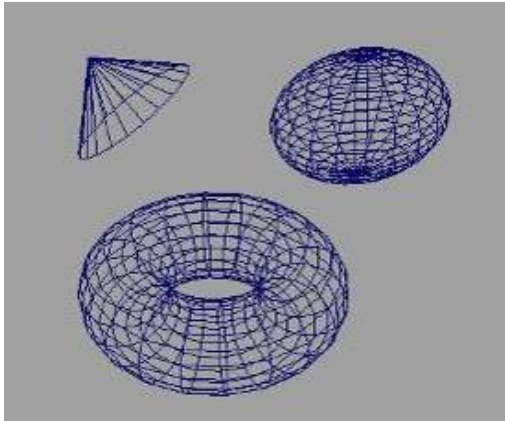
(b) 表面模塑

表面模塑是建基於點、線條及表面上，因此，相對於線框模型，表面模塑可被視為更高層次及更靈活。以下是它較線框模塑優勝之處：

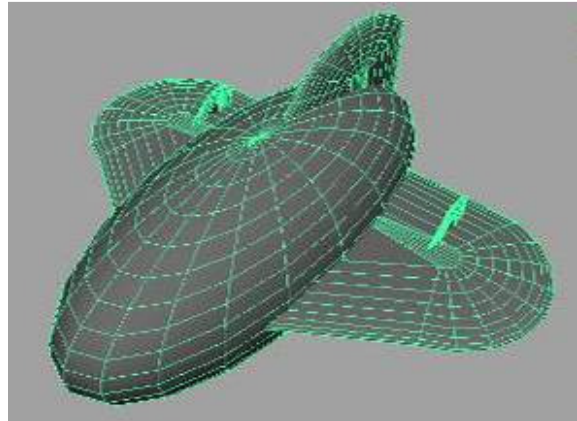
- 它可以識別並顯示複雜的曲線輪廓
- 透過其面部識別能力，它可以創建立體陰影面
- 它可以識別面部特徵，如小孔
- 它可為多軸機器操作和複雜的形狀顯示優質的立體工具軌跡模擬

在效率方面，表面模塑的最低要求為 16 位元系統，惟它在 32 位元微型電腦設備更可取得較佳表現，實物模型較表面造型更為複雜，然而，表面模型仍然被視為設計及製造複雜曲面的最合適選擇，如顯示汽車車身。

表面模塑的例子



表面分析



自由形態，曲面，或雕塑曲面

(c) 實物模塑

實物模塑被視為可在 32 位元系統中最新及最先進的處理方法。實物模塑以該實物模型所佔體積的容積形狀來計算。這是迄今為此唯一可以為立體形狀提供全面及明確描述的技術。

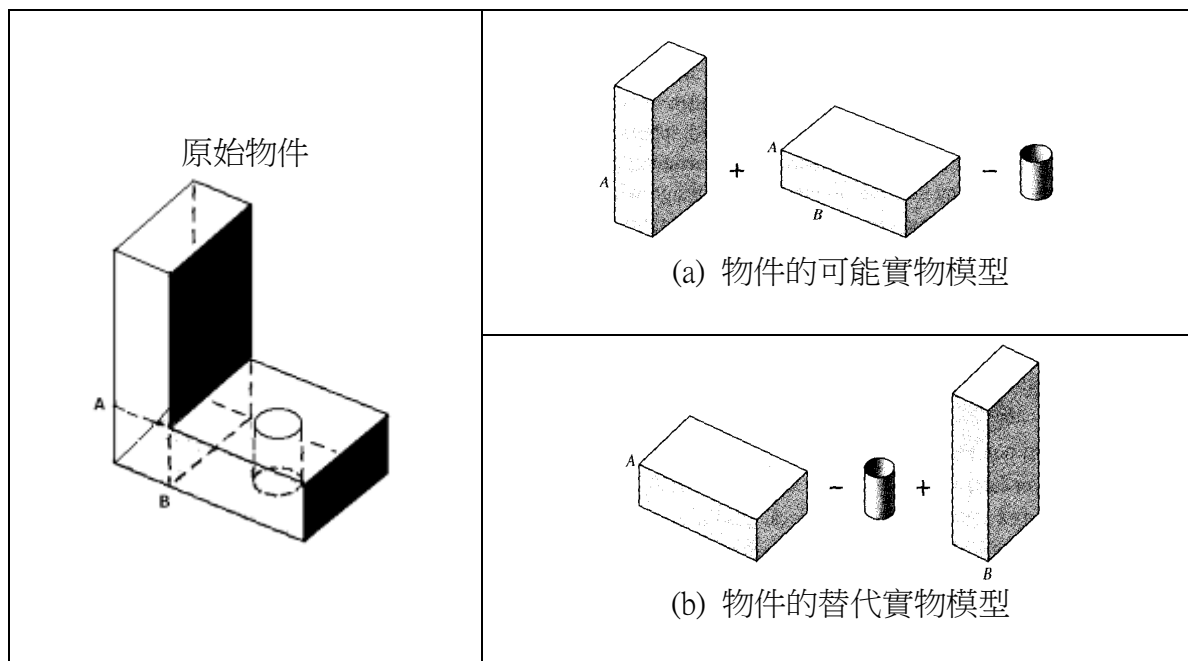
實物模塑的優點有：

- 可以區分物件的外部及內部，為物件的容積形狀提供充分的釋義
- 可以看到物件內部，有助檢測零件間不必要的幹擾
- 沒有包含隱線
- 即使是複雜的組件，它亦可清楚顯示立體的剖面
- 可以協助分析及顯示質量屬性，並構建限定元件
- 可以操控光暗效果，並以顏色和色調創造色彩光暗。因此，它大大提高形狀、零件及剖面的視像化
- 可以改善機械動力、工具軌跡程式及機械手臂處理的模擬

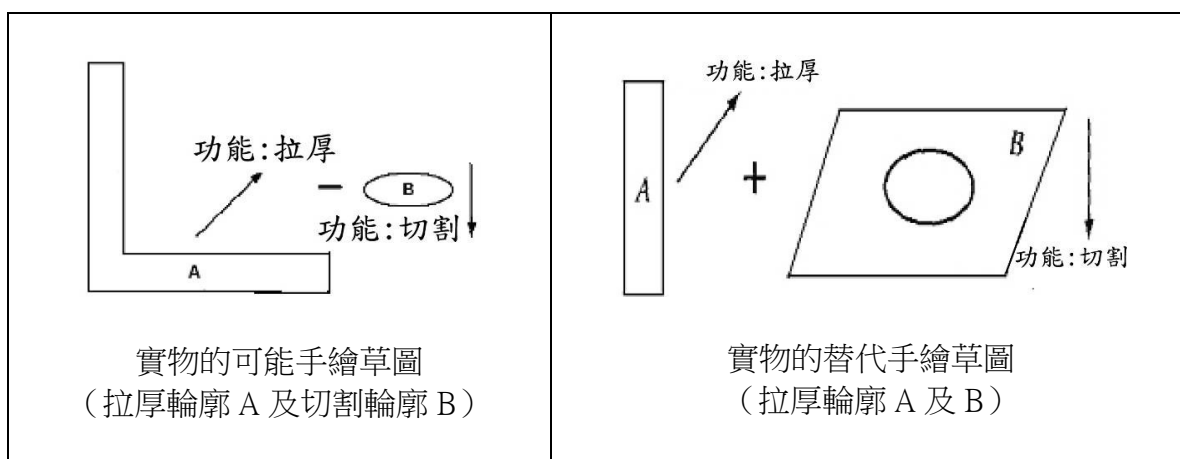
3.2.4 圖元及功能法

兩種以電腦輔助設計系統處理實物模塑的方法，即圖元法及功能法

- 圖元法利用預先確定的形狀——即「圖元」，以創造複雜的實物，圖元可以是方塊、圓錐體、圓柱體，球形、楔形或環面（圈）等，通過匯聚這些圖元可建立實物模塑，此外，設計師可以加入或刪去其他物件，或採用交集容量〔即布爾運算〕，以建造新立體物件。



- 功能法在構建複雜物件的靈活性較圖元法高，例如，透過沿軌跡掃掠平面物件或在軸心的周圍旋轉，便可以簡易地製作一個全新物件。

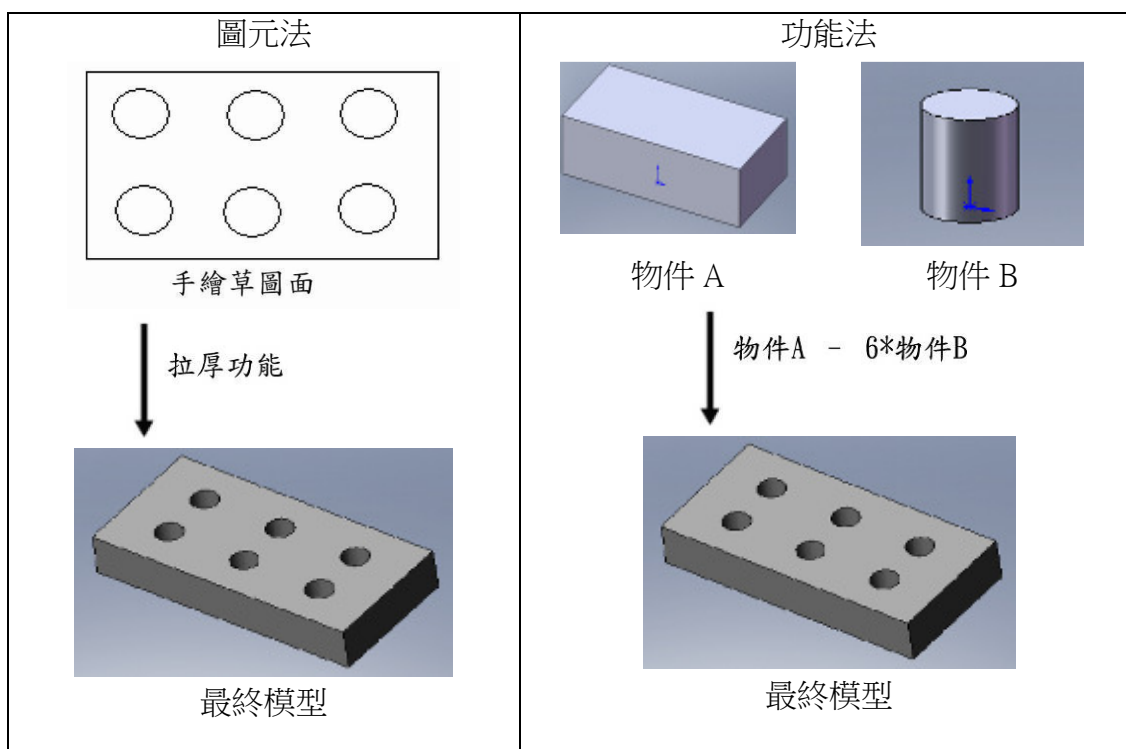


內 容 特 寫

利用以下的物件來說明兩種方法：

- (a) 建立一個方塊，並從它減去 6 個圓柱（圖元法）
- (b) 在俯視平面草圖內建立一個附有 6 個圓形的矩形，並拉厚它（功能法）

一些電腦輔助設計系統，如「Unigraphics」、「CATIA」及「I-DEAS」軟件，提供兩種方法，而其他軟件如「SolidWorks」及「Pro/E」，則僅提供的其中一種功能。



停 一 停 想 一 想

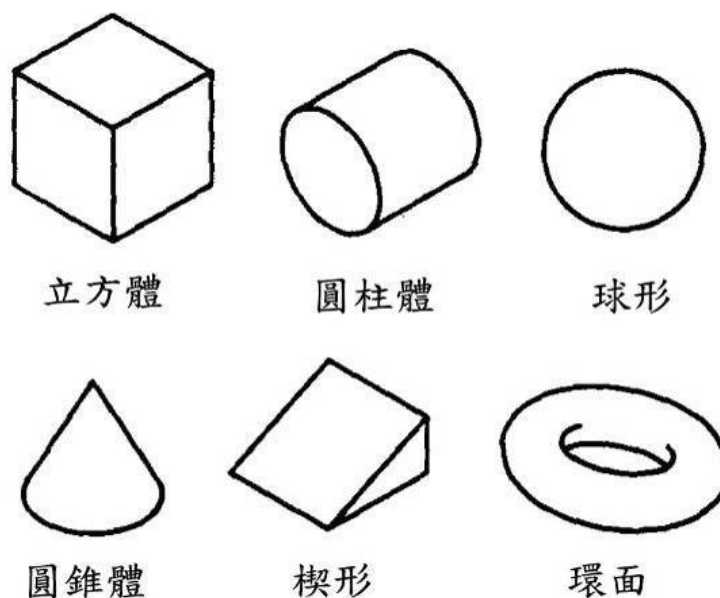
舉出實物模型為電腦輔助製造軟件提供的好處。

3.2.5 構造實體幾何法

所有的實物模塑系統都允許用家建立、修改和檢查立體實物模型。但這些模型在電腦上的表現可能有所不同。這 6 種不同的類型大致歸納如下：

- ▶ 邊界表示法
- ▶ 細胞分解
- ▶ 構造實體幾何
- ▶ 廣泛掃描
- ▶ 簡易基本元件表示法
- ▶ 空間佔用法

構造實體幾何法是最受歡迎的一種方法，標準的構造實體幾何圖元包含方塊、立方體、三角棱柱、球形、圓柱、圓錐及環面，利用這些基本、標準的圖元加上布爾運算符，可建立構造實體幾何模型。構造實體幾何法猶如一棵樹，其葉片是簡單的圖元，而節點則是布爾運算符，每個節點運算符，接連兩片葉片或下麵的子實物：

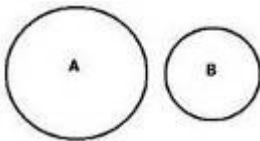
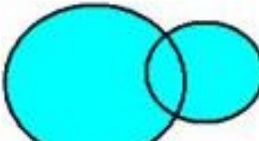
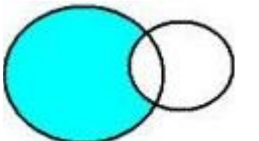
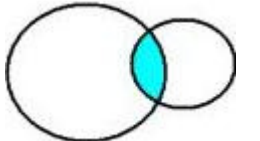


由實物模塑系統提供的圖元

布爾運算

布爾運算是建構構造實物模型幾何的基本工具，它界定連接圖元間的關係。布爾運算符是以代數理論發展而成分別有聯合、差集及交集。

下表顯示實物模塑每個布爾運算符的概略及例子：

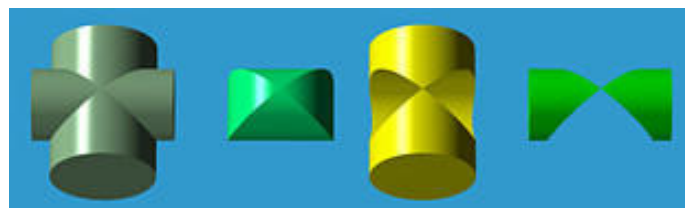
集理論	聯合 (U)	差集 (-)	交集 (∩)
			

聯合 (U) 是兩個結合主體形狀範圍內的面積，A 和 B 兩個圓圈的聯合，即 $A \cup B$ 所覆蓋的陰影面積，被認為是單一的物件。

差集 (-) 是由一個形狀與另一重疊下範圍內剩餘的面積，由此產生的面積以 $A - B$ 符號來表示。

交集 (∩) 是兩個重疊範圍內的面積，它由 $A \cap B$ (或 $B \cap A$) 符號來表示。

內 容 特 寫



$A \cup B$ $A \cap B$ $A - B$ $B - A$

假設 A 是一個直立圓柱體而 B 是一個橫向圓柱體。以下由左至右的插圖，顯示來自 $A \cup B$ 、 $A \cap B$ 、 $A - B$ 及 $B - A$ 的 4 個物件。

以下的另一個例子，是建立一個附有一個孔洞的支撐架狀物件：

1. 如圖 1 所顯示，開始時為兩個方塊及一個圓柱體
2. 如圖 2 所顯示，按比例排列三個物件
3. 從平、較長的方塊減去圓柱體
4. 聯合兩個區塊成一 L 形物件
5. 如圖 3 所顯示，擺置 L 形物件

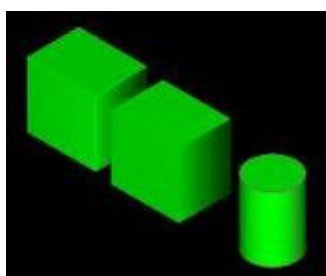


圖 1

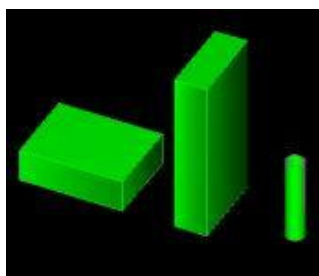


圖 2

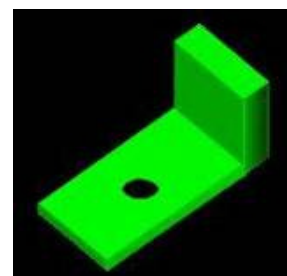
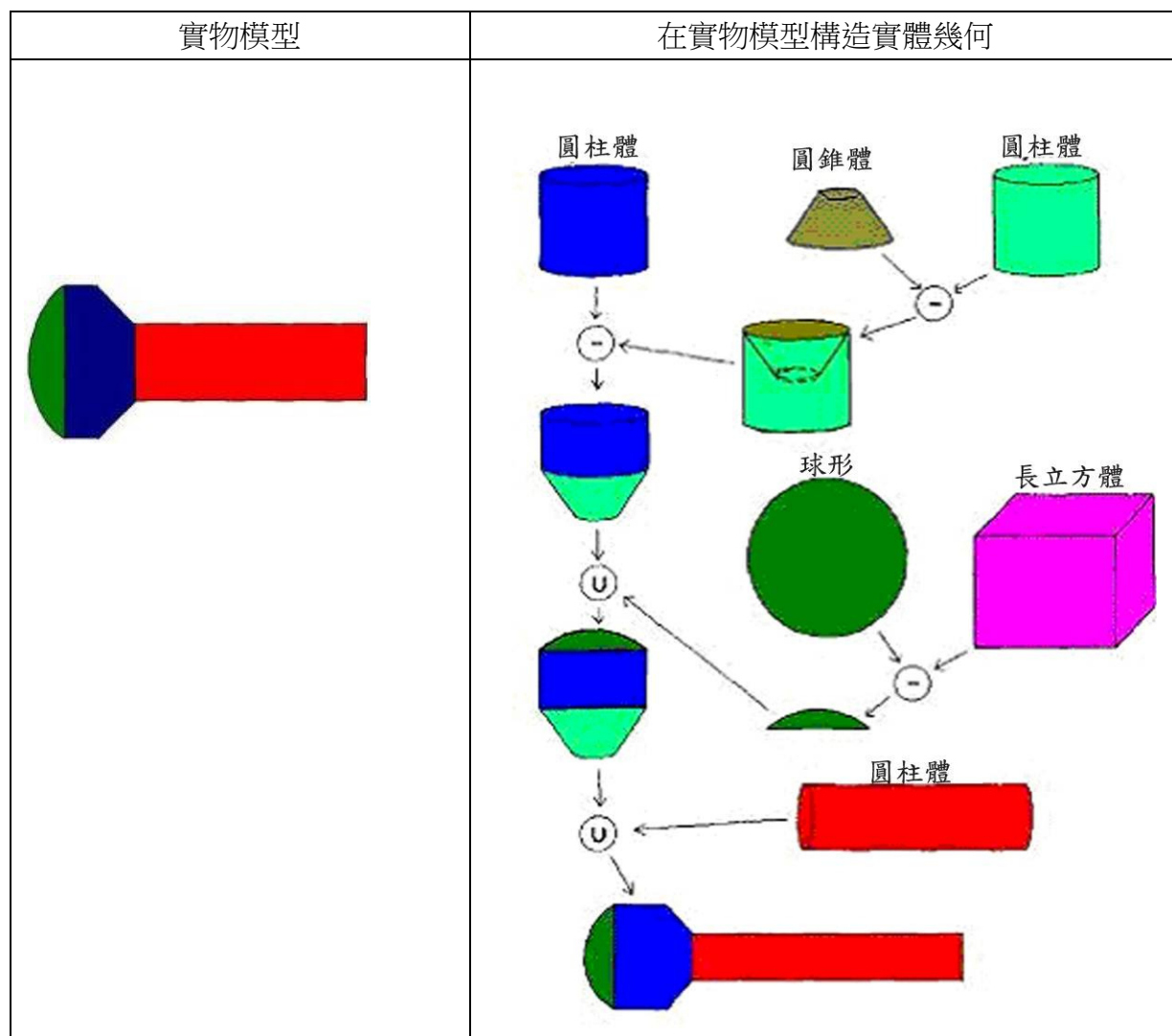


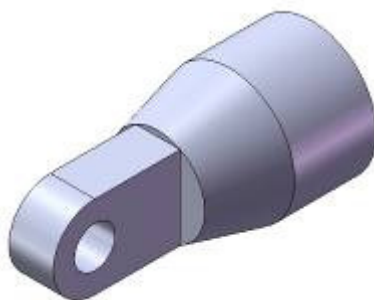
圖 3

以構造實體幾何法構建以下實物模型：



停 一 停 想 一 想

使用構造實體幾何法構建以下立體實物模型組件。



停 一 停 想 一 想

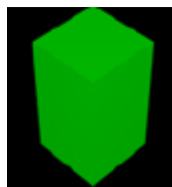
試以圖元 A 至 E 構建立體實物模塑組件（物件 Z）



物件 A



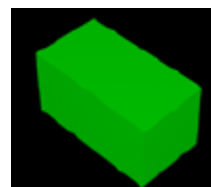
物件 B



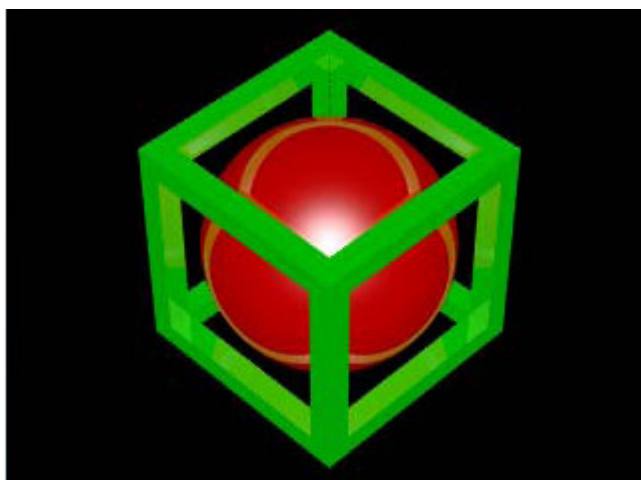
物件 C



物件 D



物件 E



物件 Z

3.2.6 立體模塑的優點

儘管建立一個平面模型是比較建立立體模塑容易及省時，但立體模塑擁有以下優點：

- 許用家從任何角度觀看模型
- 製造可靠的標準和輔助平面
- 去除隱線，擁有逼真的陰影
- 檢查幹擾
- 促進涉及限定元素的工程分析
- 提取作進一步處理製造數據
- 輸出數據用來製作動畫

3.2.7 實物模塑的約束條件

大部份商用電腦輔助設計、電腦輔助製造及電腦輔助工程軟件都支援幾何約束。一些基本的命令顯示如下：

- 同步
- 同一直線
- 交叉
- 並行
- 垂直
- 切線

實物間的幾何約束由設計師決定，幾何約束條件可加諸於實物模型的手繪草圖，或界定實物邊界的線框實體。因此，實體間彼此的幾何約束下，任何一個實體的改變都會影響其他相關實體。

要建立準確的幾何關係，設計師需要留意有關幾何約束的一些系統基本原則，不同實物模擬系統有不同做法，例如，一些模擬系統會自動訂定約束條件，一些則讓用家自行訂定，還有一些可按需要而訂立條件，並讓用家自行刪改。

3.3 電腦輔助設計軟件

電腦輔助設計是利用各種電腦為本的工具，以協助工程師、建築師、產品設計師等的設計工作。電腦輔助設計用及軟件和圖形輸入設備及圖形顯示螢幕等特殊硬體。

電腦輔助設計系統協助設計程式的多個方面，例如，設計師可以

1. 探索概念性的計劃
2. 以較短的時間，創立更多不同的設計品作選擇
3. 更迅速完成設計
4. 使用共同的數據庫，減少一個使用者傳輸數據至另一使用者時可能發生的潛在錯誤
5. 透過電腦輔助設計系統的圖象處理功能，以真實的立體描繪傳達設計意念及最終計劃
6. 讓用家能在電腦以各種模塑技術創立平面和立體數據，並在螢幕上顯示如線框、表面或實物模塑，以輔助用家的設計工作。隨後，定稿設計的模型數據，更可用於生產最終設計繪圖及創造設計所需的數據等

在以下分節，會討論各種電腦輔助設計系統的應用。

3.3.1 圖象設計

圖象設計是一種結合文字和圖象，以視覺傳達及表達意念及資訊的藝術方式，這種方式經常應用在設計徽標、圖形、小冊子、通訊、海報、標誌和其他視覺傳意等。

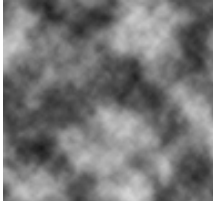
設計師應用圖象設計原理，例如調整、平衡、一致性、對比、近距離和白色空間等，及使用圖象設計元素，例如線條、形狀、質量、質感和顏色以增加設計的可讀性、外觀形狀和訊息傳達。

而質感往往提供一個設計的視覺或表面觸覺之特性。在設計中找出或建立視覺質感很容易。四種結合視覺質感的基本方法如下：

(a) 在相片內的物件

 質感：蠟筆有頗為平滑的表面，而水泥則是粗糙的	 質感：兩個玻璃瓶和隔熱墊布料是平滑的	 質感：用舊了的錘及草
---	---	---

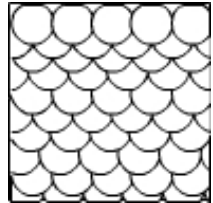
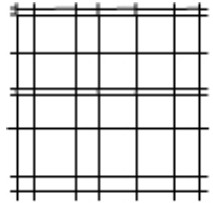
- (b) 由相片編輯軟件所創建的圖象
 以下是模擬出實際或經想像的質感

 質感：模擬窗簾或光滑布料的褶位	 質感：模擬一個粗糙及岩石般的表面	 質感：隨機的柔和圓圈創造一種虛構的質感
--	---	--

- (c) 從掃描或數碼相片的實際質感數碼圖象

 質感：草蓆	 質感：這是一塊由舊輪胎製成的門墊	 質感：這是樹皮
--	---	--

- (d) 以線條或形狀創建質感符號
 這些圖案顯示各種質感。他們表示意念或物件，如符號或圖標

 質感：波浪線條，象徵水、浪或旋轉的地形	 質感：重疊的圈子看起來像魚鱗	 質感：網格線條模擬格子或亞麻布、窗紗或其他材質
--	---	--

然而，顏色對一個好的設計而言並非是最重要的因素，但如果使用得當，它可增強效果，以牽動情緒及製造強而有力的展示。

以下網站提供在互聯網上可找到的圖象設計軟件：

<http://www.download.com/Graphic-Design-Software/>

3.3.2 多媒體製作

電腦輔助設計系統可用於多媒體製作，以製作平面或立體漫畫模型、動畫及電腦遊戲。以下的圖片顯示了人體的立體模型，它是由一個三角形或多角形網格所製成。



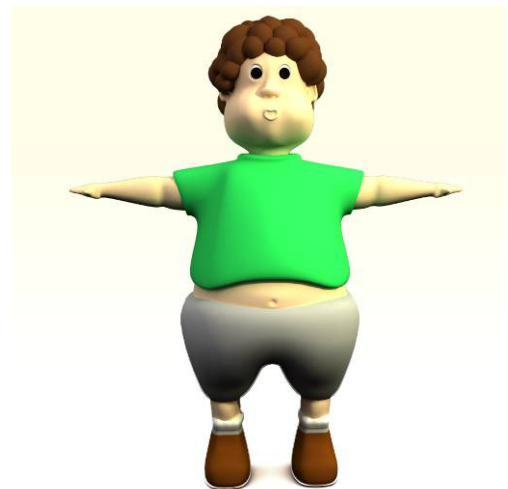
立體頭部模型的粗糙網格

第一個立體模型看起來並不真實：三角形的尺寸大於身體的曲率，令模型輪廓上的彎角顯得十分鮮明，如果大大縮減三角形的大小，如第二幅圖象所顯示，模型會變得更加順暢及看起來更像真實的人體。



立體頭部模型的細緻網格

當描繪這個模式，如第三個圖象所顯示，它看起來更像一個人的造型。



描繪後的人的造型

一般來說，用以製作模型的三角形越小，模型與真實物件的形狀越接近。其結果是

1. 需要更多數據以表達模型
2. 需要更多計算以描繪模型
3. 需要更多時間計算

以下網站提供在互聯網上可找到的可供動畫、視像和聲音製作等的多媒體軟件：

1. <http://www.educational-software-directory.net/multimedia/>
2. http://www.itvdictionary.com/itv_video_production_software.html
3. <http://emusician.com/editing/index.html>
4. <http://www.animationschoolreview.com/animation-software-basics.html>

3.3.3 室內和建築設計

室內和建築設計的繪圖是以透視圖、色調和陰影、和反射鏡圖象等用作視覺傳意及意念表達，是製造出感知狀態及視覺思維的媒介。

很多時候，建築師需要為樓層平面、屋頂、地基、傢具、室內及室外建設、物件及各種場所製作多視繪圖。而利用立體模塑軟件設定攝影機位置、燈光概念、材料製作及陰影等數據，更可製作有如相片般逼真的圖象，以輔助建築師，設計師或其他相關人士將其設計視像化。此外，不同技術的立體模塑，動畫，燈光，材料，透視圖等也可用於製作出虛擬演練。



在建築設計上採用電腦輔助設計軟件



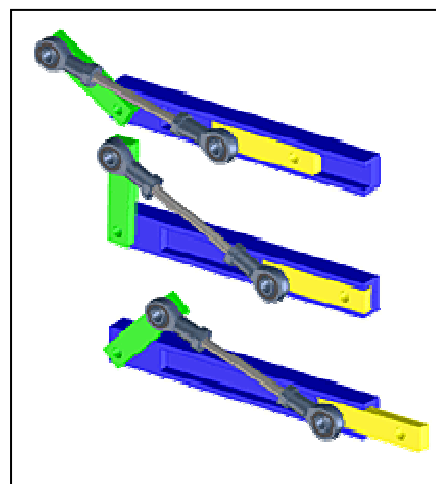
在室內設計採用電腦輔助設計軟件

以下網站提供在互聯網上可找到的建築及室內設計軟件：

<http://www.archiexpo.com/cat/architecture-software-conception-calculation-modelling/2d-3d-architecture-software-R-905.html>

3.3.4 工程繪圖

電腦輔助設計系統可以協助工程師去設計一些大型的項目，例如建築物或船舶，又或是一些細小的件物件如螺栓或螺母等。工程師在敲定最後設計前，往往會利用數學程式來分析這個設計不同的可能性，例如，曲柄在立體電腦輔助設計系統中順序移動的動作，及識別有可出現撞擊和幹擾的現象。



立體電腦輔助設計系統
中順序移動的動作

此外，電腦輔助設計系統可以：

1. 編造立體動畫，例如，裝配和拆卸序列，以供設計師把情況視像化
2. 將複雜、龐大的組件簡化並分拆為較小及較簡單的設計套裝
3. 基於單一的零件，以至完整的組件，去為不同的部件創製其他替代的立體設計
4. 編製立體檢測計劃
5. 透過有效利用電腦輔助設計系統的資料，促進設計團隊與其工作團隊、供應商及外部團隊之間的溝通
6. 透過立體電腦輔助設計模型以代替平面繪圖，促進下游團隊的工序，例如常見問題與答案、製造、文件處理、及製模等

內 容 特 寫
工程設計 工程設計主要是識別需要、界定問題、進行研究、尋找不同解決方案、分析各方案、選定方案、演示產品，以至最後傳達和銷售產品。

停 一 停 想 一 想
工程設計 列出提升電風筒設計所需的工程分析。

以下網站提供在互聯網上可找到的可供立體模塑、應力分析、熱分析、製造等的工程設計軟件：

http://metals.about.com/od/cadcam/CAD_CAM_Software.htm

3.3.5 產品設計

電腦輔助設計系統在產品設計中已越來越受歡迎。這種系統：

1. 讓設計師能以較少的人力來傳達、視像化及分析設計意念
2. 能夠迅速、靈活和順應變化地處理產品的設計程式
3. 在整個產品設計程式中，能夠快速而有效率地創建及管理產品設計的數據或模型
4. 快速而有效率地管理現有產品的設計數據
5. 加強設計團隊間的溝通
6. 促進公司內設計項目的管理
7. 讓設計師能在產品製造之前，在電腦上創造及把產品模型各個不同的視面視像化



產品的不同面可在電腦螢幕上視像化

內 容 特 寫

產品設計

產品設計涉及對一項實物或服務的意念創造、概念開發、測試和製造，或實踐等。產品設計師結合藝術、科學和商業，以製造這些物品並把它們在市場銷售。

停 一 停 想 一 想

產品設計

- (a) 以電風筒為例，闡釋如何利用電腦輔助設計軟件將產品創作意念製作成模型。
- (b) 闡釋初步的產品設計如何得以改善。

以下網站提供在互聯網上可找到的產品設計軟件，此等軟件往往結合工程設計軟件一起使用：

http://metals.about.com/od/cadcam/CAD_CAM_Software.htm

3.4 電腦輔助設計對設計流程的影響

設計師可透過全面的電腦輔助設計系統，更有效地設計及開發其產品意念。這種系統可以編造圖象、電腦模型，例如平面或立體的產品設計、立體動畫、建築和室內設計模型，並以視像化的形式傳遞給客戶。以下探討這些優點如何應用於產品設計上。

3.4.1 設計效率

時至今日，設計師可以使用電腦輔助設計工具創造、開發、傳達及記錄產品設計資料。這種電腦設計資料的準確性及互換性較高，從而締造出比起傳統技術繪圖更佳的设计，以及更快捷地更新的程式，因此提升了整個設計程式的效率。

3.4.2 產品圖象的質素

電腦輔助設計系統使設計師能對圖象質素有更全面的控制。例如，設計師可以

1. 選擇質感，如木材或金屬模式
2. 選擇材料，如反射或不反射材料
3. 在電腦輔助設計環境中，操控燈光發射條件及攝影機鏡頭

此等功能促使創造更多具真實感的產品圖象，令設計師能將產品的最後設計以視像化展示。



由電腦輔助設計所創造的富真實感產品圖象

3.4.3 虛擬產品 (參考課題 3.1.1)

一些電腦輔助設計系統可讓客戶和用家在虛擬現實環境中從不同角度或距離觀察產品，產品零件甚至其內部運作和動作，也可將之視像化。這種功能讓設計師和工程師可更清晰地向客戶及用家展示設計、機械裝置及結構。



虛擬產品的示範

3.4.4 自動更新和重繪

一些先進的電腦輔助設計軟件更支援自動更新和重繪功能，自動更新和重繪是指當修改了產品的某些部份時，其他相關部份會自動更新或重繪，大大提升設計程式的準確性和效率。

3.4.5 快速原型製作 (參考課題 3.1.5)

快速原型製作是一種結合電腦模塑技術至電腦輔助設計系統的實物模塑方法，當立體數碼模型匯入快速原型製作系統，實物模型隨即產生，快速原型製作幫助設計師

1. 更有效地向客戶傳達設計的開發過程
2. 發掘產品的潛在技術問題



快速原型製作機



手提電話的立體模型

內 容 特 寫

快速原型製作

快速原型製作利用快速原型製作機，把虛擬設計由電腦視像設計換成實物模型。此等機器擷取電腦輔助設計數據和輸出連續的液體，粉末或薄板層。其後，這些層會結合在一起並自動成形，差不多大部份形狀和幾何特徵，也可以利用這種方式製作。

「快速」一詞是相對的：建構一個模型要視乎所使用的方式、模型大小及複雜性等，需時可能要數小時至數天的時間。

立體印刷是快速原型其中的一種，將於其後的「主題為本課業」一章加以闡釋。

第四章 — 應用

本章包括下列課題：

4.1 電腦輔助設計及視像化

本章課題的學習材料和活動旨在幫助學生：

- (a) 瞭解電腦輔助設計及視像化技術在日常生活和工業上的使用情況
- (b) 瞭解現今的電腦輔助設計技術水準

4.1 電腦輔助設計及視像化

電腦輔助設計廣泛應用在世界各地不同的行業。例如建築、工程、教育和醫療等行業的專業人士，都會利用電腦輔助設計提高工作質素，視像遊戲中的虛擬角色，亦是電腦輔助設計在日常生活中的常見例子。

4.1.1 電腦輔助設計以保護文物

受到各種環境因素和城市發展的影響，香港的文物保護工作非常困難。在 2002 年，測量業引進立體掃描技術，此技術可協助建築物維修保養、文物保護和基礎建設等工作，例如，舊天星碼頭、舊葡公碼頭、李鄭屋古墓、新田大夫第、滅火輪「葛量洪號」等具歷史價值的建築和文物，以至護土牆與斜坡等，都已掃描並製成立體模型，以數碼形式記錄下來作日後處理之用。



量師正掃描建築物

電腦輔助設計應用在保育之餘，還有其他用途，例如，製造業的快速原型、開發地理訊息系統，為電影及視像遊戲製作立體角色，以及擷取牙齒訊息。

內 容 特 寫
立體掃描 「立體掃描」收集物體的立體座標，並以此建構數碼立體模型和圖象，是一種分析及掃描現實世界的物件和環境的新技術。

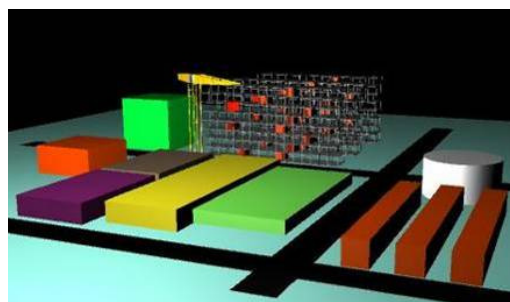
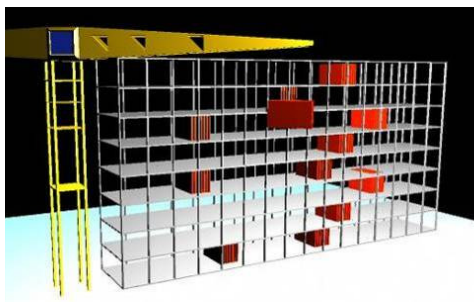
停 一 停 想 一 想
立體掃描的程式 使用立體掃描需要一定的工具和步驟。試指出是利用哪些工具來進行專門的掃描讓物件重現虛擬環境中。請說明掃描工具是如何運作。

4.1.2 物流模擬上的電腦輔助設計

生產線的物流設計是工廠的成敗關鍵。設計優良的物流系統必須考慮周全，如工廠的控制系統、機械及電機工程等。然而，物流系統的效能如何，往往要待工廠建成後方能好好評估，有關物流設計的電腦模擬軟件因此應運而生。

在沒有電腦模擬幫助預測運作效果的年代，物流系統的成敗往往要依賴工程師的個人經驗。今天，設計師則可以利用物流模擬軟件和立體動畫來預測系統的操作情況，以防患未然，在安裝設備前，可望能解決任何可能阻礙系統的嚴重問題。例如，利用模擬軟件及立體動畫，亦可在工廠興建前，以不同系統參數來預測相關影響。

為應付業務增長，工廠難免要定期更新設備和基礎設施。然而，設計師往往很難預測這些改變能否與現存的物流系統配合。一旦兩者不協調，現存系統或無法正常運作，甚或受損。透過模擬軟件，設計師可以在事前更準確地評估更新計劃的可行性。



模擬工廠的物流情況

以下網站提供汽車業等不同工業運用視像化和虛擬現實等技術，模擬相關的設計和製造過程的例子：

<http://www.sme.org/cgi-bin/find-articles.pl?&03jam002&ME&20030122&&SME&#article>

停 一 停 想 一 想

運輸物流

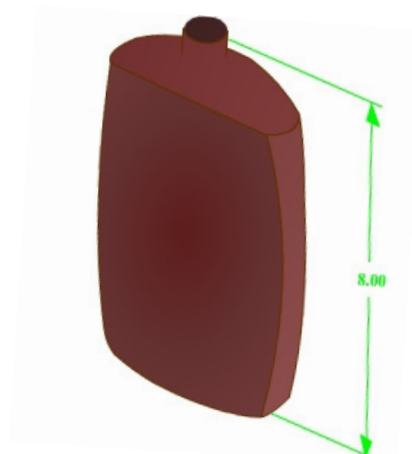
電腦輔助設計軟件模擬工廠的物流之餘，能否模擬香港的公共交通物流情況？如果可以的話，這類軟件如何有助於解決塞車等交通問題呢？

4.1.3 質量屬性分析

產品設計過程中往往需要知道質量、體積和面積等質量屬性。電腦輔助設計系統正可幫上一把。

以下圖為例，假設瓶身由一種比重為 0.92 的物料製成。物料的體積為 4.38 立方釐米（毫升）。瓶高約 8 釐米。

因此，瓶子的質量為 $4.38 \times 0.92 = 4.03$ 克。



內 容 特 寫

質量屬性

「質量屬性」指物件的質量、重心、轉動慣量等資料，對產品設計非常重要。

停 一 停 想 一 想

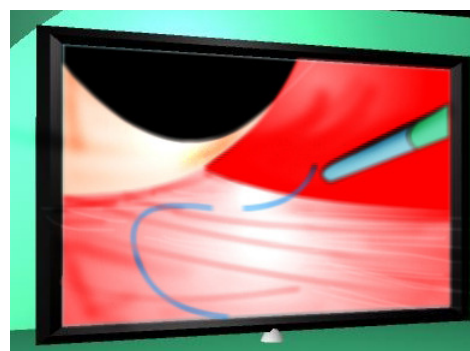
質量屬性的計算

- 如何利用電腦輔助設計軟件來計算瓶子的外部面積及內部體積？
- 如何利用電腦輔助設計軟件來計算凸輪等旋轉零件的重心？
- 如何利用電腦輔助設計軟件來計算 1 毫米厚瓶子的容量？

4.1.4 虛擬現實

虛擬現實是一種技術，讓用家能在電腦模擬的立體環境下，與物件互動，用家可以利用鍵盤、滑鼠，或其他如有線手套、頭盔顯示器及操縱桿等特別設備，與環境互動。往後的〈內容特寫〉內的〈虛擬現實設備〉將逐一介紹這些設備。「模擬世界」可能純粹是虛擬現實遊戲中的空中樓閣，又或者是模擬現實的世界。

虛擬現實已應用在不同行業。例如，醫學界便引進了高傳真度的模擬裝置，以進一步確保病人的安全，外科醫生可在正式進行複雜的手術



虛擬手術

前，透過螢幕來排練，如控制虛擬手術儀器及進行模擬手術，這種裝置更可記錄虛擬手術的錯誤之處，以及量度其效率和成效，因此，它既可用於教學，又可用以驗證外科醫生的技術。

虛擬現實也應用在建造業上，以訓練機器操作員為例，其優點如下：

- (a) 學員可在受監控及安全環境下發展技能
- (b) 訓練安排又不會受天氣影響
- (c) 學員所需訓練時間較少
- (d) 機器運行成本較低



虛擬駕駛建造業用車輛

由於訓練有素，操作員正式使用真實機器時便得心應手。

內 容 特 寫

虛擬現實的設備

個人電腦通常是開發及運行虛擬現實環境的基本設備，有時亦會用上一些特殊裝置，令虛擬現實更逼真和更互動。此等裝置的例子有：



頭盔顯示器是一個內置兩個小型顯示器的耳機，每個小型顯示器供一隻眼使用，以展示聲色俱全的立體虛擬世界。



「自動虛擬環境間」是一個把影像投影在牆壁、地板及房間天花板上的系統。



追蹤系統是用來識別用家在虛擬世界的位置



數據手套、操縱桿、手持指揮棒等是用以與虛擬現實系統互動的工具

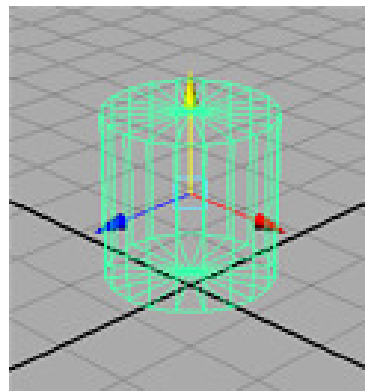
停 一 停 想 一 想

增強現實

「增強現實」是一種與虛擬現實相似的視像化技術，試在互聯網上搜尋有關資料，並解釋增強現實和虛擬現實的分別。

4.15 電腦輔助設計和視像化技術的教學用途

大多數電腦輔助設計軟件都可以在螢幕上顯示立體的立方體及三角錐等幾何圖形，讓學生使用此等應用程式輕鬆地瞭解幾何概念和理論。



電腦輔助設計應用和視像化，亦有助於教授科學學科，例如，電腦輔助設計可以用來

- (a) 模擬化學反應
- (b) 把生物概念視像化，如基因組織
- (c) 把地理形狀的特別景觀視像化，如懸崖和峽穀
- (d) 解釋空間概念



使
用電腦輔助設計把基因組織視像化

4.1.6 結構分析

「結構分析」計算結構內的應力、應變及拉力，結構分析可以是結構設計的整體工序之一，又可以是一項瞭解現有結構性能的獨立工序。分析的結果可以與相關準則比較，以指出結構會在什麼情況或條件下受到破壞。

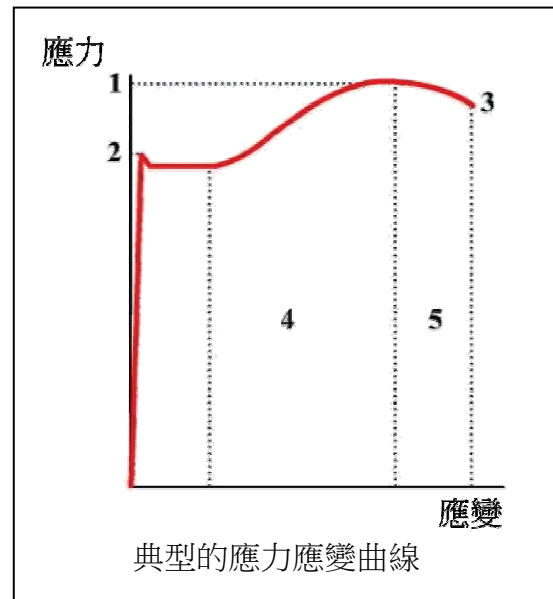
「應力」是力在物體內的分佈情況，它平衡並回應外施荷載，應力強度是以每單位面積所承受的力來計算。

「應變」是指每單位長度的變形，它量度物體受力引起的應力方向。

應力應變曲線是以拉伸試驗中的量度數據，顯示兩個參數間的關係。曲線的性質，會因應不同材料而異。

一個典型的鋼材結構的應力應變曲線包括以下部份：

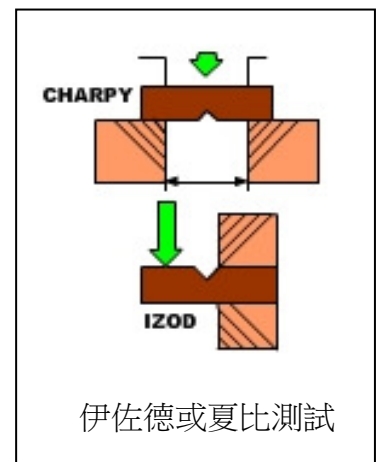
- (1) 極限強度
- (2) 抗屈強度
- (3) 破裂點
- (4) 應變硬化區
- (5) 頸縮區



「衝擊測試」是另一種量度物料強度的常見測試方式，分析目標物料的樣本如何回應衝擊等突如其來的外施荷載，其結果說明有關物料是堅韌還是易碎的。

「伊佐德」法和「夏比」法為較常用的兩種衝擊測試法。不論所用何法，測試樣本通常都要呈下圖所示的 V 形缺口。

伊佐德法與夏比法皆為美國材料試驗學會的標準物料強度測試方法。夏比法主要測試材料的衝擊堅韌度，是標準的高應變速率測試，其測試結果通常以拉破測試樣本所用的能量〔ft lbs 或 KJ 為單位〕計算。



伊佐德或夏比測試

右圖為衝擊測試機，機器的懸臂置於特定高度，測試時釋放懸臂，以擊打樣本，樣本的衝擊強度為它在分裂時所吸收的能量。

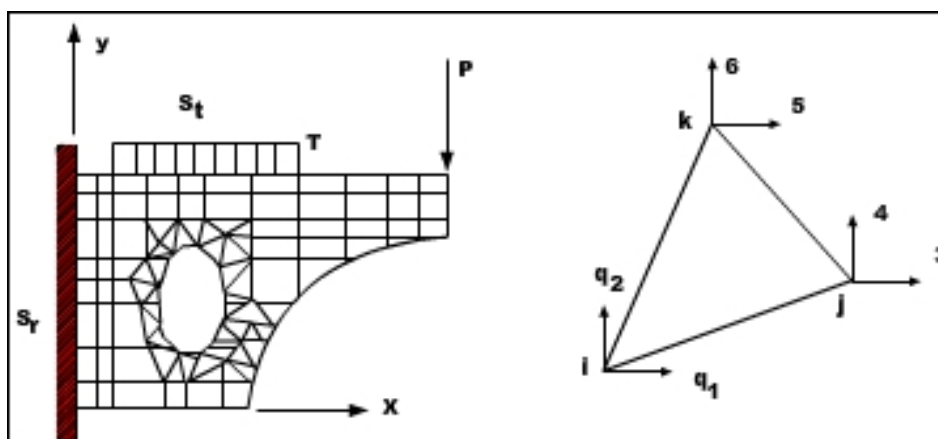


衝擊測試機

內 容 特 寫

有限元分析法

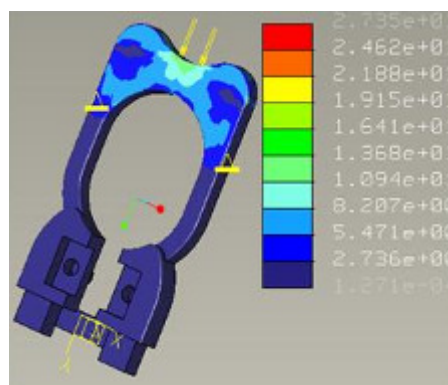
有限元分析法是一種電腦模擬技術，它利用一種稱之為「有限元法」的數值技術進行結構分析。有限元法以矩形或三角形等的有限元素，製作結構系統模型。此等元素互相聯繫，連結稱為「點節」。元素各有其物理屬性，如熱膨脹系數、密度、「泊松」比、剪切模量、厚度和楊氏模量等。



一個為懸臂樑而設、以三角形及矩形元素組成的簡單有限元網格



鉸接式機械手臂



相關有限元分析圖

停 一 停 想 一 想

應力應變曲線

物料的典型應力應變曲線通常有五個部份。試從互聯網或圖書館找出每部份的含義。

有限元分析法

電腦輔助設計軟件經常用於有限元分析，以進行結構建模，及把分析計算得來的物件結構視像化。試從互聯網或圖書館搜索資料，以舉例說明電腦輔助設計軟件對物件建模作有限元分析，及把結果視像化有何幫助。

主題為本學習課業

立體建模 — 以紙板或發泡膠製作遙控器底座

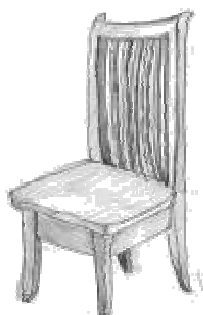
本課業旨在加強學生對課題 1.2 內容的理解。

背景

按比例繪製立體模型的原因很多，例如：

- (a) 在產品開發初期，工程師需要用合乎比例的模型來測試特定設計的可能表現
- (b) 在建築物興建前，建築師需要合乎比例的「建築」模型來評估和推銷意念
- (c) 電影製作人需要合乎比例的模型來拍攝電影
- (d) 器械和汽車等重型物品的銷售員，需要合乎比例的模型來幫助推銷

靈巧的模型更能傳情達意。下圖哪幅較佳？



平面手繪草圖



相片

以上兩幅圖象放在一起，高下立見。

延伸活動：

參考家中的遙控器，以紙板或發泡膠設計及製作一個遙控器底座。

製作模型程式

1. 選擇 1:1 的模型比例
2. 選擇瓦通紙板或發泡膠作為材料
3. 畫線
4. 切割
5. 接合

應考慮遙控器座是如何固定在牆壁上



遙

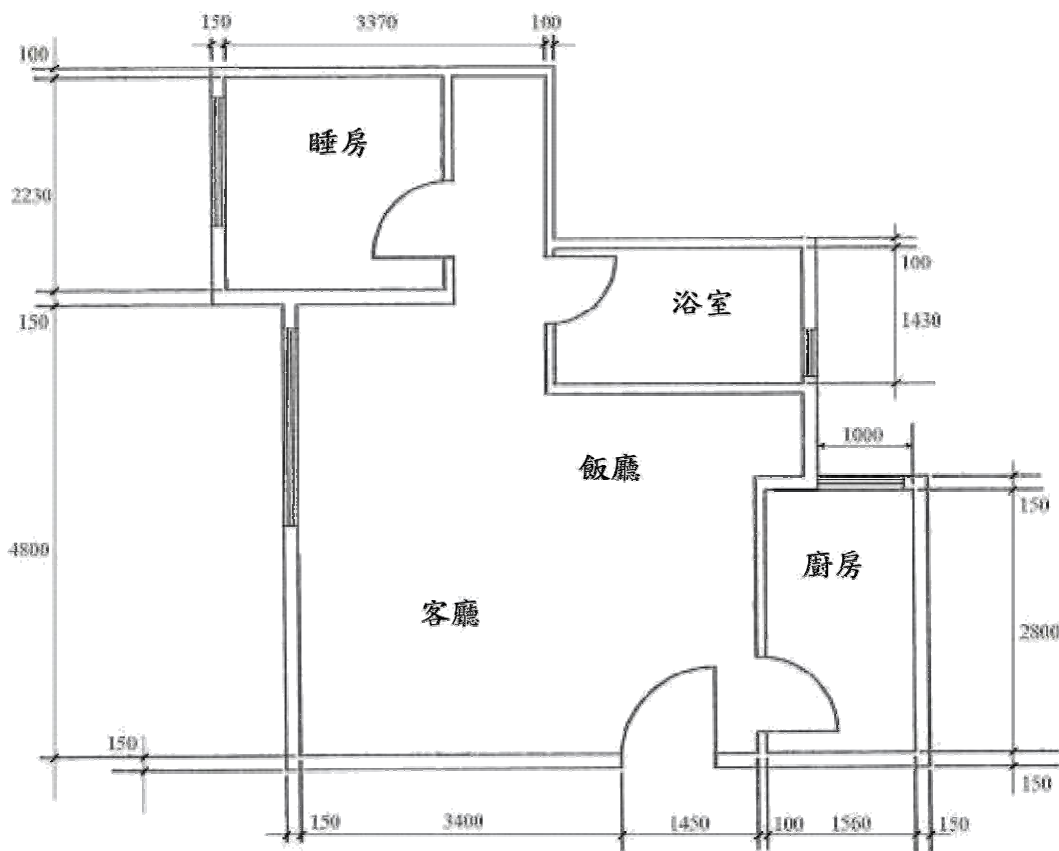
底座

立體建模 — 建築及電工平面繪圖

本課業旨在加強學生對課題 2.3 內的建築繪圖及電工樓層平面圖之理解及準備。

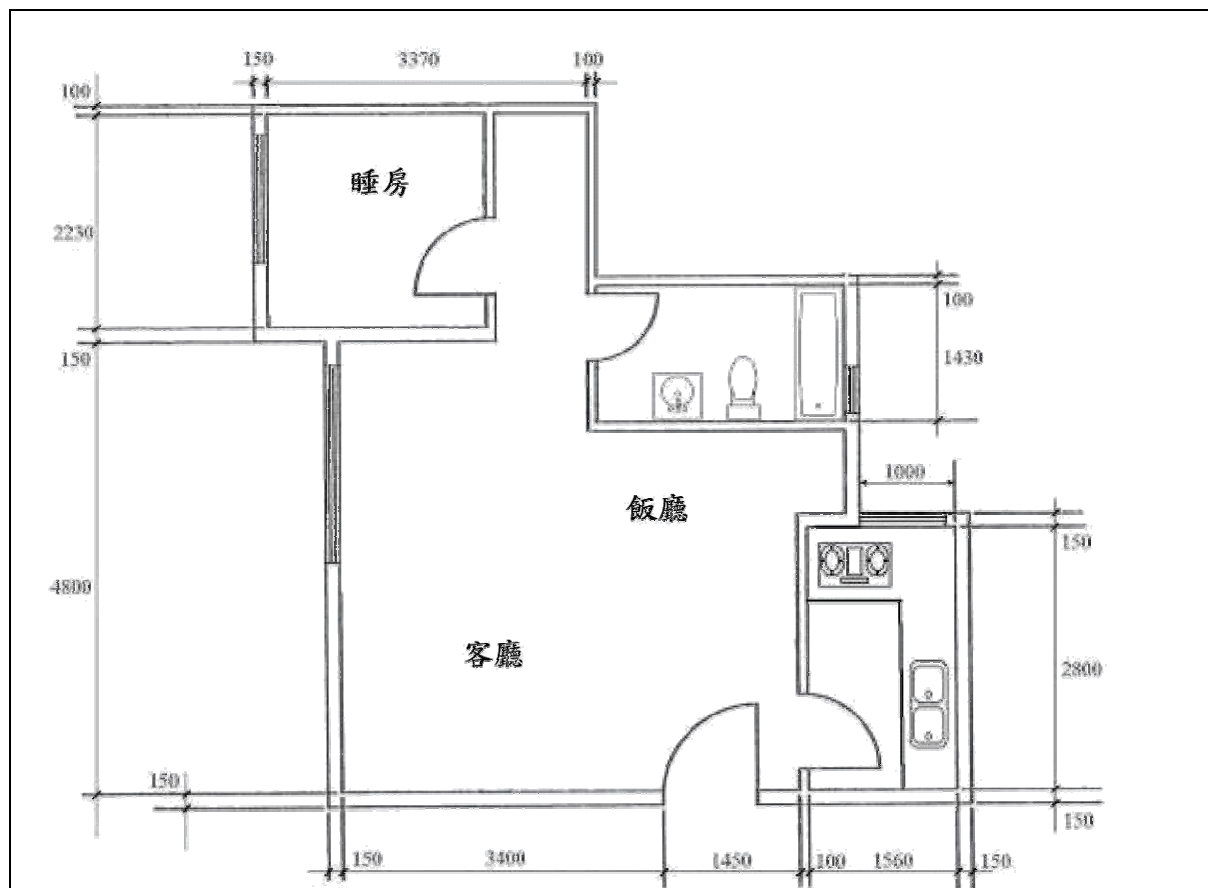
背景

日常生活中最常見的建築平面繪圖，莫過於「樓書」〔物業銷售小冊子〕。下圖說明一個包括睡房、客廳、飯廳、浴室和廚房的典型住宅單位。圖中顯示了牆壁、窗門、其他室內物件，以及建築物尺寸的標示方法。



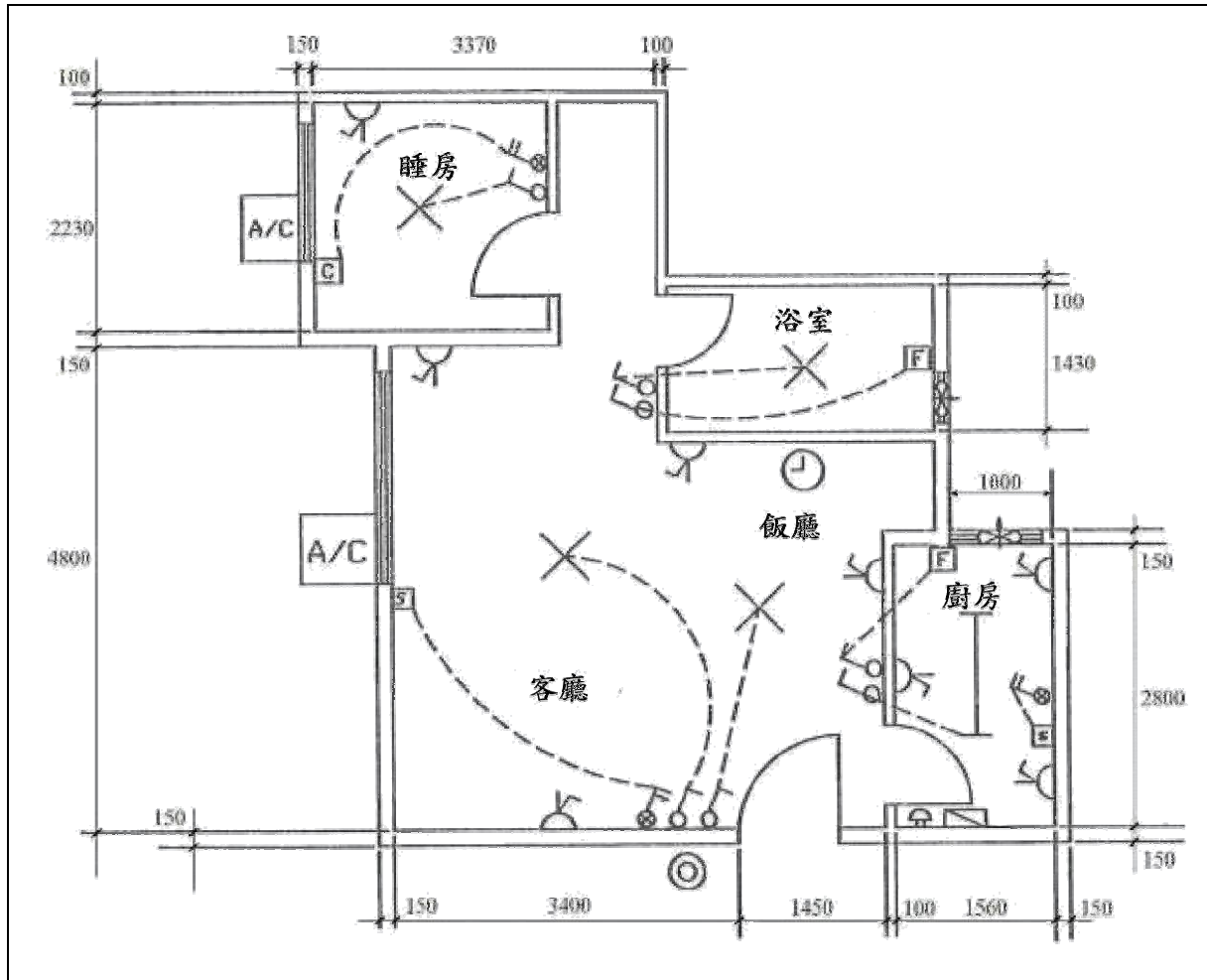
廚房及浴室的標準配件

衛生潔具及廚房配件幾乎是標準住宅樓層平面圖所不可或缺的。洗手間及廚房內最常見的配件，有洗滌槽、廁盆、浴缸和嵌入式爐具等。此等配件的符號，或因不同發展商而異。



電工樓層平面圖

「電工繪圖」通常以樓層平面圖為基礎，加上電工符號製作而成。最常見的符號為照明點、空調、微型斷路器、連接插頭盒、時鐘、門鐘、光管、按鈕、插座及開關等。開關和電器在繪圖上以虛線連接。為方便讀者閱讀，圖中所用符號和說明通常會記錄在「圖例」中。詳情可參閱〈參考課題 2.3〉。



延伸活動

根據以下提示，檢索和分析其他住宅單位的樓層平面圖：

- 盡量搜索更多住宅單位的樓層平面圖
- 選擇其中一個單位
- 識別單位內的固定裝置
- 識別單位內的電器
- 為固定裝置及電器建立一套符號
- 為單位繪畫一份住宅樓層平面圖
- 在樓層平面圖上使用已建立的固定裝置及傢具符號
- 繪畫另一份樓層平面圖
- 在樓層平面圖上使用已建立的電器符號
- 為使用的符號繪製一份圖例

快速原型的娛樂技術用途 — 「Timberland」 原型立體印刷

引言

快速原型製作是一套運用立體電腦輔助數據以快速製作模型的技術，而立體印刷便是快速原型製作的一種，立體印刷通常較其他快速原型製作更快、更經濟及更易使用。

以下是立體印刷「Timberland」鞋履的例子。試閱讀以下資料並想像立體印刷有甚麼其他用途。

背景

「Timberland」以製鞋聞名於世。「Timberland」製鞋不但考慮潮流元素，亦顧及人類足部的工程學，基於這個目的，設計師和工程師利用電腦輔助軟來設計、改善及製造原型。由於傳統原型的製作成本高達 1,200 美元而製作時間更長達一星期；加上單單從平面電腦輔助設計的繪圖未必能為產品開發提供足夠的資料。

有見及此，「Timberland」使用了立體彩色印刷，可以更便宜及更快速地製作實物原型。有了立體彩色列印機，製作一個彩色原型的成本及所需時間，可分別削減至 35 美元及 90 分鐘。一方面縮短整體開發時間，另一方面讓工程師和設計師的合作更緊密。

再者，彩色原型並非其他原型製作技術所能製作出來的，創製栩栩如生的物件之餘，立體印刷更能製作物件作應力分析、產品標籤及突出主要零件等功能，有了更逼真的原型，客戶便可更實在地評價產品及提供意見。



它們是怎樣製成的？

- (a) 用戶可擷取載有設計的立體電腦輔助設計檔案至立體列印機
- (b) 以立體列印機列印鞋履的原型，一般需時 90 分鐘
- (c) 立體列印機是以添加製造方法，逐層列印及黏合起來，製作出實物立體模型

原型的製造物料可以是液體、粉末或片材。固化模型可能用上熱力、紫外光、化學反應或鐳射等。在某些情況下，列印機可以噴射彩色粘合劑至粉末狀的材料，以製作彩色立體實物模型。



立體彩色印刷機

延伸活動

分組進行下列作業：

1. 研究

- (a) 從互聯網找出兩家銷售立體列印機的公司
- (b) 從每家公司挑選一部列印機
- (c) 比較它們的功能

2. 問題

- (a) 除鞋履外，舉出最少兩種適合採用立體列印技術的產品。
- (b) 相對於傳統原型製作法，使用立體彩色列印有甚麼優勢？
- (c) 使用立體彩色列印有甚麼缺點？

密歇根州大橋的結構分析

本課業旨在

1. 介紹有關分析和模擬個別元素性能的通用方法
2. 在不同情況和環境下使用電腦輔助設計的整體結構

背景

興建密歇根州大橋的目的，是要改善底特律機場與市中心之間的交通，為令該大橋保持最佳狀態，有關方面採用了應力分析軟件來

1. 優化拱門輪廓
2. 檢查吊架在固定負荷和可變負荷下的力度
3. 決定對吊架所需的懸空應力



大橋建設

大橋包含兩對拱門及單一跨樑，拱門和拱肋都採用方形管。

兩對拱門在不同水準上興建，外拱門建於下路，而內拱門則在跨樑上，為了確保跨樑具有一個適當的垂直間隙，拱肋是以 25° 傾角連接到各自的拱門上，每對拱門，都由五個橢球形狀支撐物所支撐。

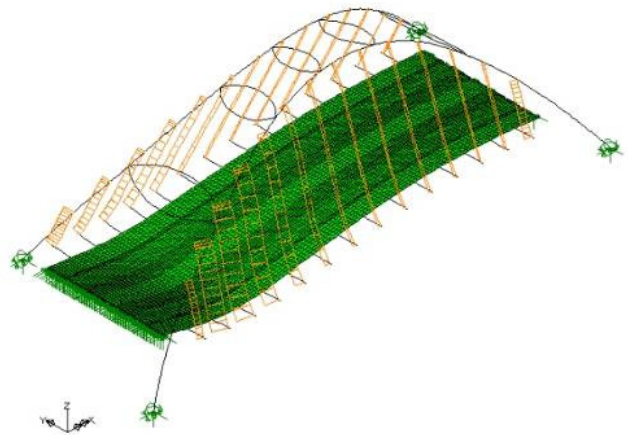
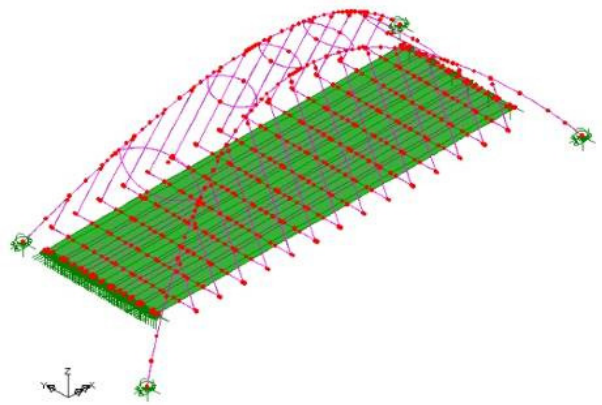
結構建模

詳細的結構分析，可以協助研究大橋在不同荷載情況下的性能，以及決定拱肋的最終輪廓。

所得結果

決定幾何設計後，利用結構分析軟件，檢查大此等因素的結合負荷中的表現。

許多結構分析軟件都可以因應大橋的可變負荷同組件在支援交通負荷時的相互反應有更深入



作為香港的地標，青馬大橋是是全球第二長的單跨懸索吊橋。

延伸活動

分組進行以下活動：

1. 研究

- ▶ 試舉出兩個提供有關世界其他類似大橋資訊的網站。
- ▶ 試就上述兩條大橋的特色，與青馬大橋作比較。

2. 問題

- ▶ 試述青馬大橋的主要組成部份。
- ▶ 試解釋青馬大橋是如何建造。

虛擬現實 — 船隻模擬操控系統

本課業旨在介紹船隻模擬操控系統，作為課題 4.1.4 中虛擬現實的應用。

背景

職業訓練局海事訓練學院的大欖湧校園，設有船隻模擬操控系統作培訓學生成為各級船隻操作人員之用，船隻模擬操控系統為航海訓練的甲板值班船員、船舶駕駛人員和舵手提供靈活及真實的船隻模擬操控。

透過電腦模擬，船隻操控訓練可與理論課程互相補足，學員通過操控不同類型的船隻，在模擬的天氣和海上情況下於世界不同海道上練習航行，自可提升船隻操控能力。



船隻模擬操控系統

在海事訓練學院的船隻模擬操控系統，包含主次兩個船舶駕駛室，如下圖所顯示的立體平面圖模擬系統。

主船舶駕駛室

主船舶駕駛室是船隻模擬操控系統的核心部份，它具備高度精密儀器的舵手室，一如真實的船舶駕駛室，船舶駕駛室包括船長和船舶駕駛人員及所有必需的控制和通訊設備。各種情況，如接近港口、淺水，通道狹窄、迎面而來的船隻、廣闊的海洋等，亦能以特別設計的軟件模擬出來。該船舶駕駛室乃根據人體工程學而設計，海洋的變化會根據學員及導師的操作而作即時反應，此外，系統亦可加入引擎噪音、自己或往來船隻的哨聲和海面聲音等音效。



在海事訓練學院的船隻模擬操控系統的
立體平面圖

船隻模擬操控系統設有一個直徑 80 呎及高度 30 呎的 360°弧形投影螢幕，該 240°水準視角的視覺效果由電腦以七個投影機模擬出來。



主船舶模擬室

次船舶駕駛室

次船舶駕駛室配備一個 60°的視覺顯示系統，主要是用來模擬雷達，在船隻模擬操控系統的協助下，可以準確複製不同船隻的操作特性，並模擬在不同地理位置的日間及晚間操作。另外，亦可建構其他海域以滿足不同的要求，導師室可讓導師建立、設計、修改、控制和監測演習。



次船舶駕駛室

延伸活動

分組進行以下活動：

1. 研究

- (a) 試搜尋其他提供虛擬模擬(VR)應用資料的網站；及
- (b) 試與同學分享一個有趣的虛擬模擬應用例子。

2. 問題

- (a) 試舉出船隻模擬操控系統的主要組成部份。
- (b) 試解釋船隻模擬操控系統的弧形螢幕上的圖像是如何產生和投影。

實習活動

功能為本建模技術

學習目標

- ▶ 瞭解平面手繪草圖和輪廓
- ▶ 瞭解立體實體模型如何由平面輪廓創製而成
- ▶ 運用功能為本建模法，製作一個立體實體模型，包括使用
 - 拉厚功能以加入物料
 - 拉厚切割功能以刪除物料
 - 孔洞、圓角/內圓填角及空殼功能以修改功能

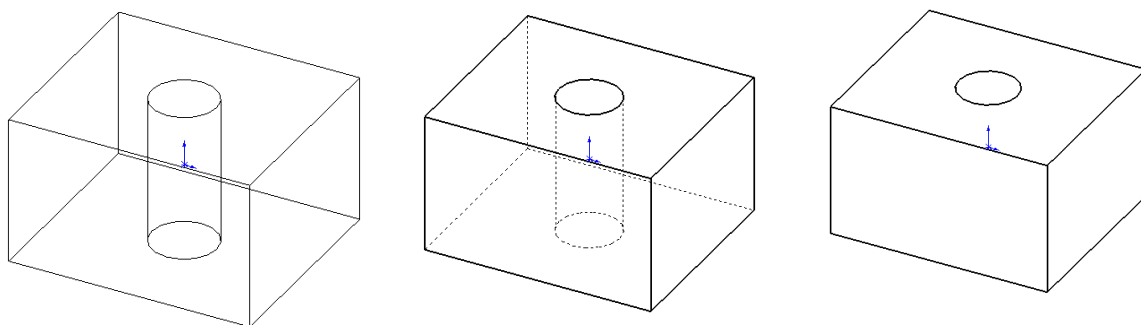
引言

電腦輔助設計系統可讓設計師或其他項目相關人士在產品設計初期把物件視像化，以及分析產品，而產品的立體幾何模型，亦可透過電腦輔助製造出來。

幾何建模系統有三種類型，即

- (a) 線框建模
- (b) 表面建模
- (c) 實體建模

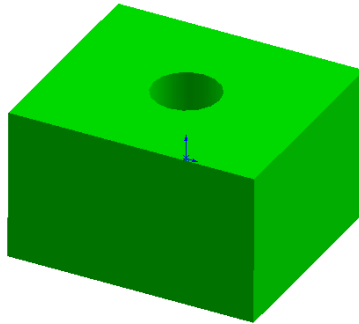
線框建模系統利用邊界輪廓來表達一個產品，該系統只記載線條及終點，表面背後的邊界線可以是隱線、虛線或實線，令圖象更清晰。



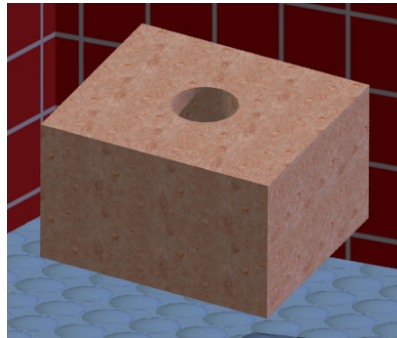
線框建模

表面建模利用表面程式記錄表面的資料，由表面建模製作的產品外觀，可用明暗法及彩色效果圖來顯示。

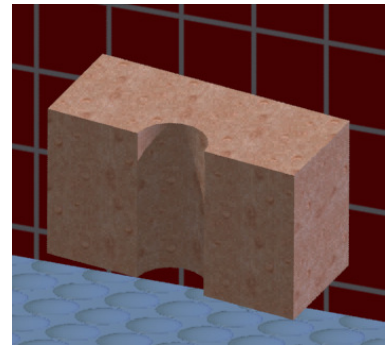
實體建模系統以閉合體積的實體模型，製作一個實體，密度等材料屬性可儲存在實體模型內。



明暗法



彩色效果圖



剖視面

檢視立體實體建模方法

立體實體模型以下述方式表達並儲存於電腦：

1. 構造實體幾何模型
2. 邊界表示模型
3. 混合模型，是「構造實體幾何模型」及「邊界表示模型」的混合體

構造實體幾何的圖元包含方塊、圓柱、圓錐、球形、環面及其他簡單實體形狀。透過布爾運算——即聯合、差集及交集運算，把圖元結合成更複雜的形狀。

在界定一個非常複雜的實體模型時，邊界表示模型較構造實體幾何模型更常用。然而，製作邊界表示模型所需的時間較長，因為用家需要輸入每一個實體表面的資料。

例如，以構造實體幾何法製作一個矩形方塊，用家只需要輸入方塊的寬度、長度和高度。至於以邊界表示法製作模型，則八個頂點及六個表面的數據均需輸入。

現今，大多數的立體實體建模系統都採用混合法。這種系統在基本形狀上應用構造實體幾何法，並以邊界表示法來進行局部修改。

以圖元製作的程式

製作立體模型有兩種方法，即以圖元製作，以及從平面輪廓發展而成。由於簡單易用，現時大部分的電腦輔助設計軟件，都利用平面輪廓以製作立體實體模型。

以圖元製作模型

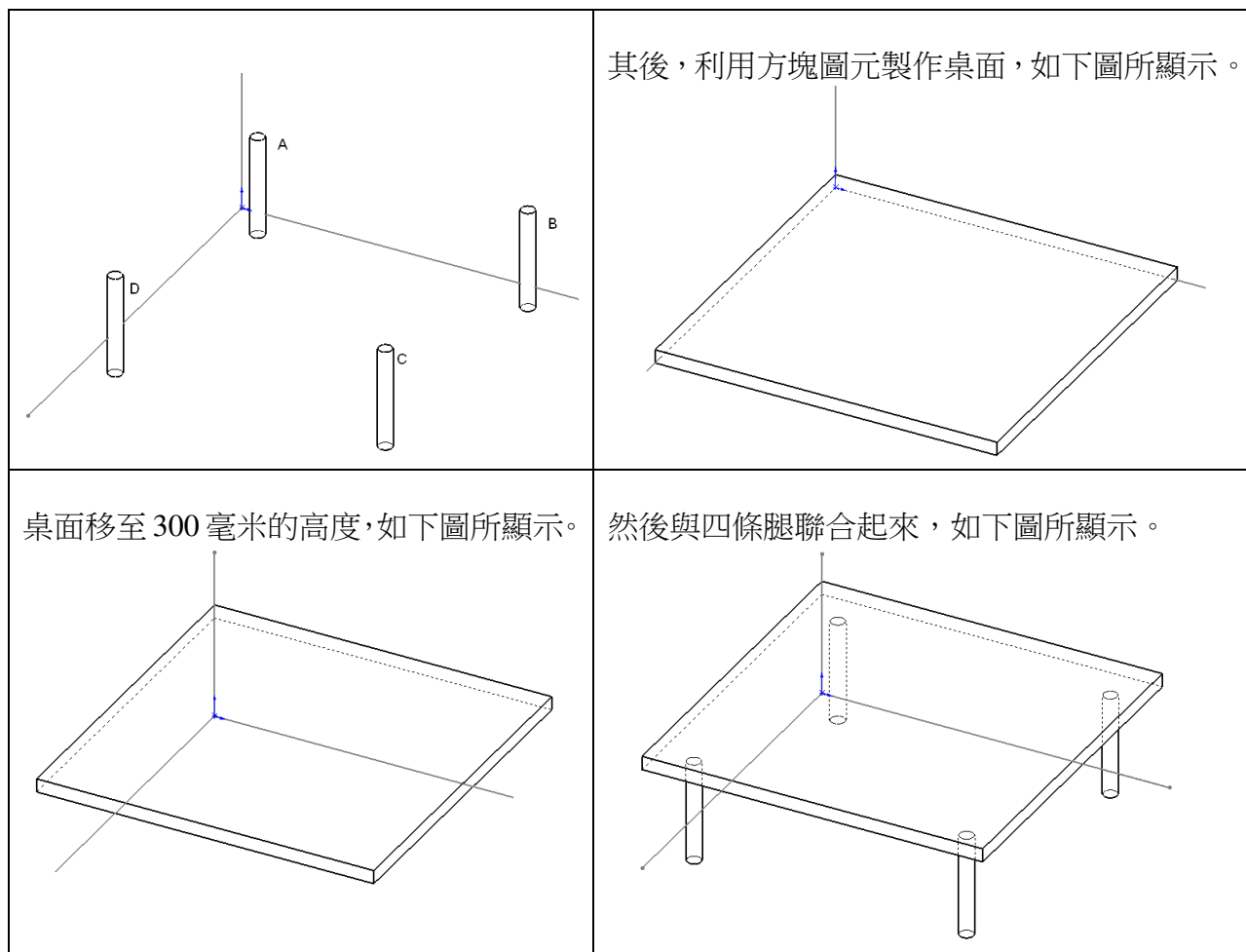
傳統上，由圖元所製作的模型如下：

- (a) 選定圖元類型
- (b) 決定尺寸
- (c) 把圖元設置於立體座標系統

例子 1

製作一個具備桌面及四條腿的桌子立體實體模型，桌面的寬度、長度和厚度分別為 1000 毫米、1000 毫米及 15 毫米，高度為 300 毫米，每條腿的直徑為 40 毫米。

通過使用構造實體幾何法，桌面將以 1000 毫米×1000 毫米×40 毫米的方塊來表示，在製作桌子模型時，四條腿是透過移動圓柱圖元至適當位置而成，如下圖所顯示。



由平面至立體

以上立體實體模型的製作過程如下

1. 製作圖元
2. 移動圖元至適當位置
3. 利用布爾運算把圖元結合起來

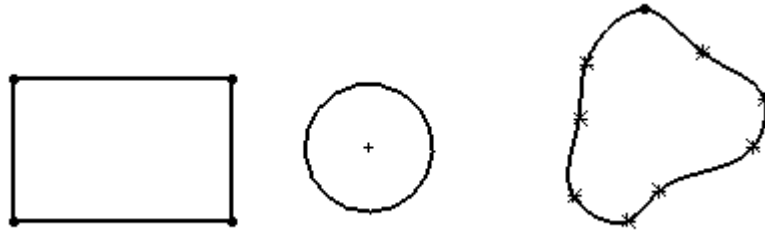
這個方法相當耗時，困難之一是在平面的顯示屏上，製作立體物體，而大多數的立體電腦輔助設計軟件，都由以下的平面手繪草圖（平面輪廓）製作立體模型：

- (a) 在建模顯示屏上選擇或製作一個平面
- (b) 在平面上製作一個閉合的平面輪廓
- (c) 利用特別功能，把平面輪廓轉化成立體實體模型

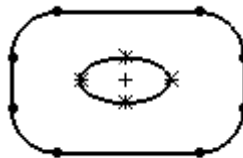
大部分圖元也可以應用此方式製作。

輪廓

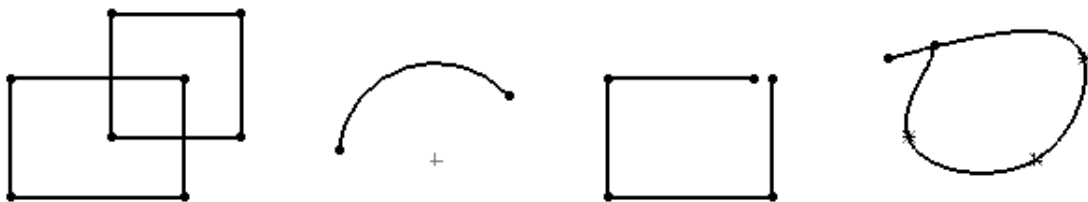
閉合輪廓，是指一個由連續輪廓線所圍起的面積，一些有效的閉合輪廓手繪草圖顯示如下：



如下所顯示，可作套疊：



一些無效的閉合輪廓顯示如下：

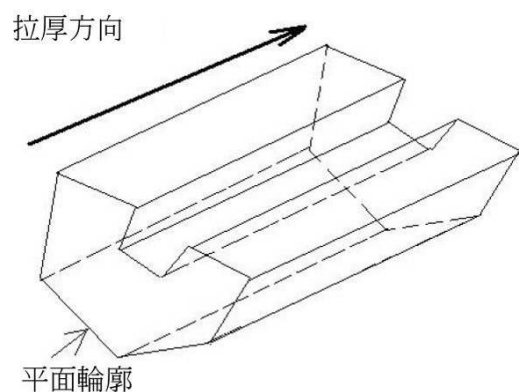


製作立體實體

以下是以平面輪廓製作立體物件的四個常用方法：

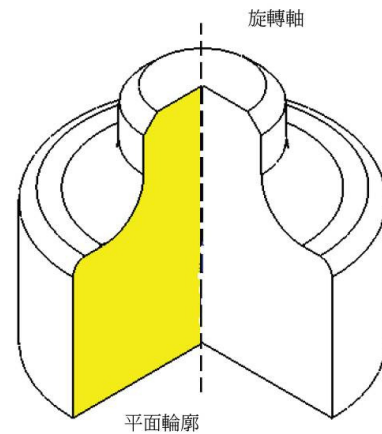
1. 拉厚(線性掃描)

拉厚是指沿直線移動平面輪廓，以製作一個立體物件。這是最常用的方法。



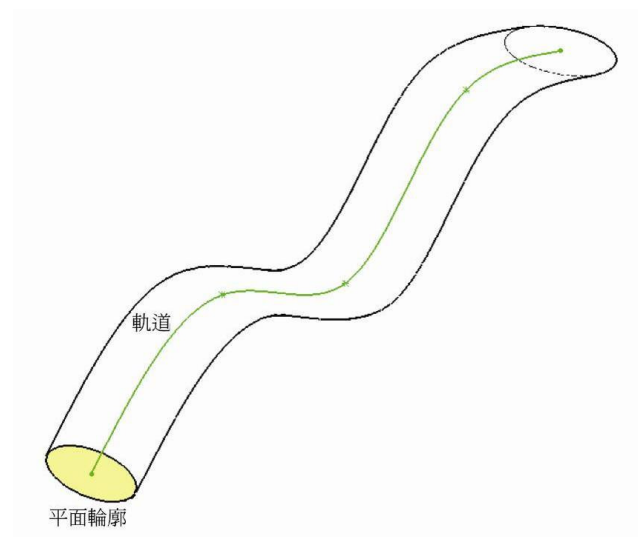
2. 旋轉(旋轉掃描)

旋轉意指在軸上旋轉平面輪廓以製作立體實體。



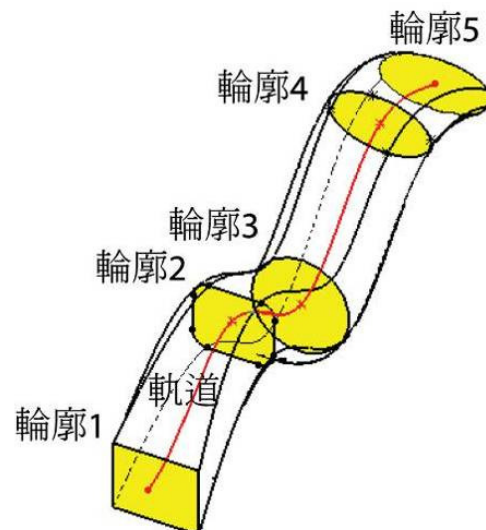
3. 掃描(非線性掃描)

「掃描」一詞是常用在電腦輔助設計軟件中，沿預設軌道移動輪廓，以製作一個立體物件。與拉厚相類似，掃描可以產生更複雜的形狀。



4. 延伸

「延伸」是指集結一連串的輪廓以製作立體物件，軌道可有可無，當立體物件的剖面是已知的，如以下插圖的輪廓1至5，便會採用這種方法。



停 一 停 想 一 想

開放輪廓

上述方法使用了閉合輪廓來製作立體實體，若在開放輪廓使用拉厚、旋轉，掃描和延伸功能，會產生甚麼類型的物件形狀？

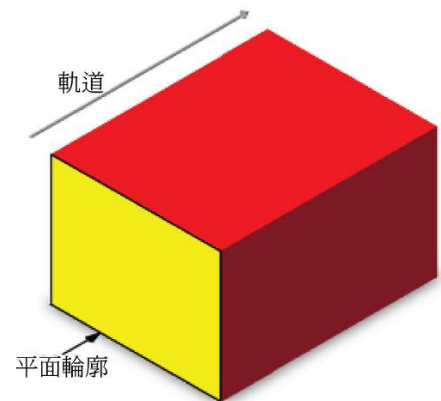
拉厚

拉厚被視為用於製作立體模型的最基本功能，亦可由這個功能製作方塊、圓柱及楔形物圖元。

例子 2

以拉厚製作方塊圖元

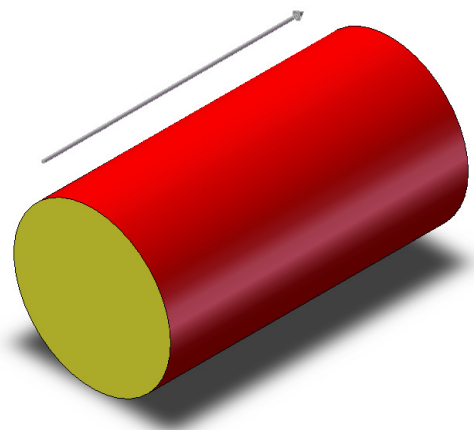
採用一個閉合矩形平面輪廓，沿直軌道的轉移動作，拉厚輪廓以製作一個立體實體。



例子 3

以拉厚製作圓柱圖元

同樣地，圓形輪廓可以創製出一個圓柱，以拉厚功能建成一個立體實體。



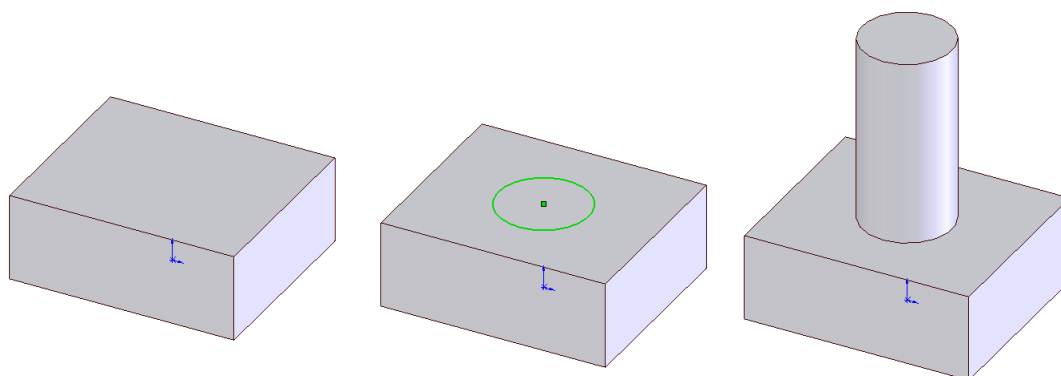
停 一 停 想 一 想

楔形物圖元

如何以拉厚功能製作楔形物圖元？

結合物件

複雜形狀可透過結合不同形狀的圖元而製成，拉厚功能可應用在現有模型的平面上；例如，在現有方塊加入一個圓柱，如下圖所示，當製作新圓柱後，電腦輔助設計系統便會自動把兩件方塊聯合。



現有實體

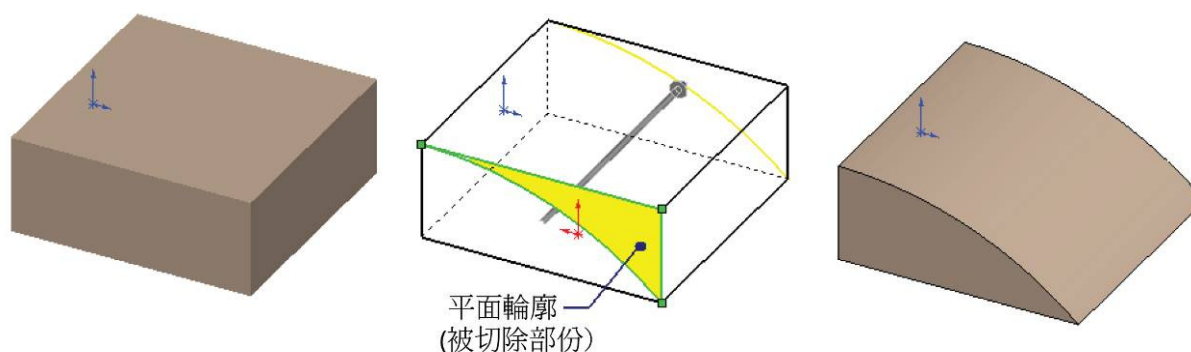
選取頂部及繪畫一個圓形輪廓 以拉厚製作一個圓柱

在製作平面手繪草圖前，用家需要決定在哪個平面上繪畫草圖，以上插圖以一個方塊狀的現有實體為基座，並以方塊為手繪草圖的平面，在其上畫上圓形，為製作圓柱之用。

切割

拉厚、旋轉、掃描和延伸，均可用來刪除材料，拉厚切割是沿一條直線移動輪廓，把材料從實體中刪除——此為構造實體幾何法中的差集運演算法，同樣地，旋轉切割、掃描、切割和延伸切割，也可用於刪除材料。

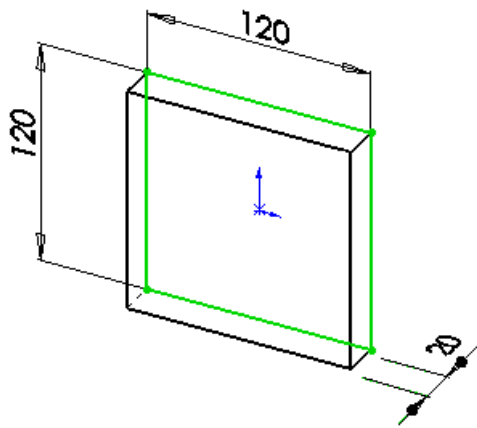
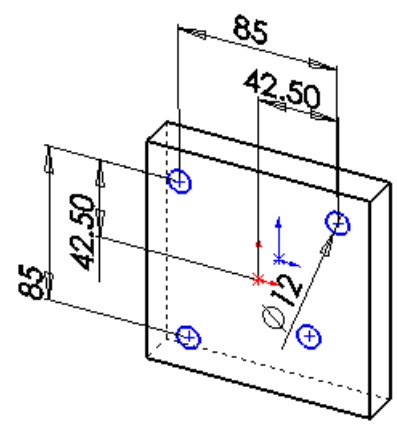
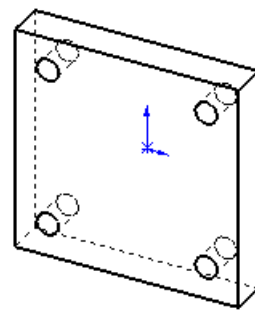
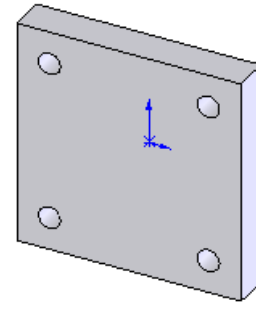
拉厚切割的例子：



實習題 1.1

製作一個帶有 4 個孔洞、120 毫米× 120 毫米的方塊如下：

1. 選擇「前面」為手繪草圖平面
2. 使用矩形功能，繪畫一個 120 毫米×120 毫米的方形
3. 把手繪草圖拉厚至 20 毫米深度
4. 在方塊的前面，畫上四個圖形
5. 在四個圖形上應用拉厚切割功能，以形成四個孔洞

 步驟 2 及 3 繪製一幅手繪草圖及拉厚	 步驟 4 在方塊前面畫上四個圖形
 線框模型	 附有隱線的光暗模型

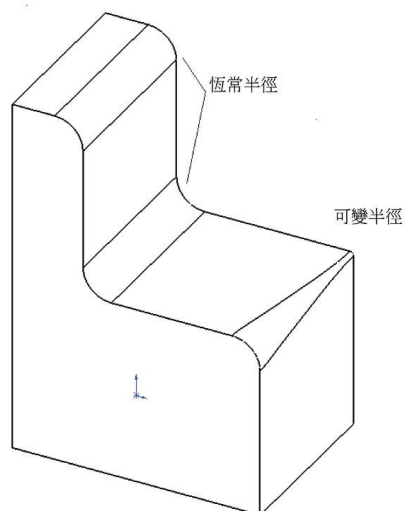
步驟 5 利用拉厚切割製造四個孔洞

功能為本建模

功能為本建模，讓設計師能以組成實物的形狀元素創製立體模型，設計師只需界定有關功能的訊息，「功能」是指個別形狀，如前所述，一些功能是由平面輪廓所製作，而其他如孔洞，內圓填角和導角，則是修改現存立體物件而成。

孔洞功能

「孔洞」功能利用鑽削以做製刪除材料的效果，孔洞有多種類型，如埋頭直孔、埋頭錐孔及螺孔，它們有不同標準，例如國際標準化組織(ISO)、英國標準(BS)、日本工業標準(JIS)及美國國家標準化組織(ANSI)。使用孔洞功能，設計師只需要選擇所需標準、種類、大小和位置，電腦輔助設計軟件便會處理其他細節。

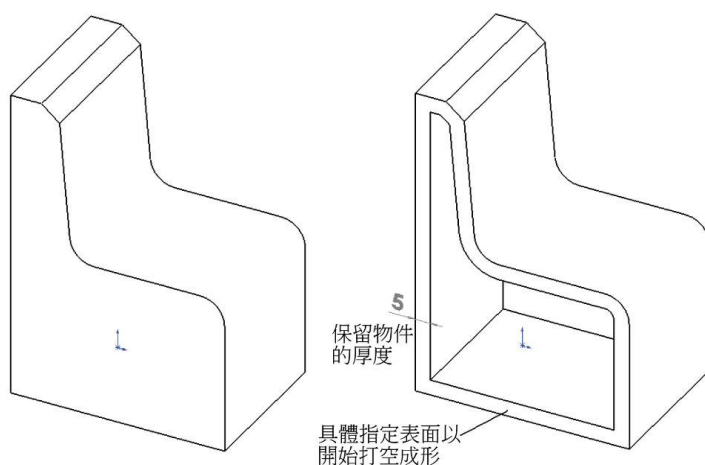
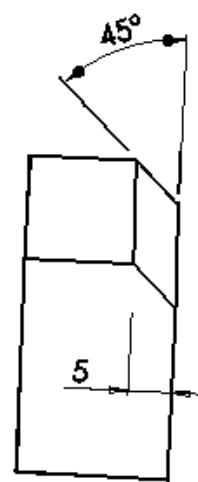


圓角/內圓填角功能

圓角/內圓填角功能令邊緣或角落變得平滑，這功能可以透過不變的半徑製作出簡單/的圓角/內圓填角，或以不同半徑製作出多重的圓角/內圓填角。

導角功能

導角功能與圓角/內圓填角功能類似，不過它採用平直鋒利邊緣而非圓邊，以此功能製作模型，用家需具體指定邊緣長度及邊緣相關的傾斜角，例如，以下插圖，5x45°指從垂直邊緣的長度為5毫米及呈45°。

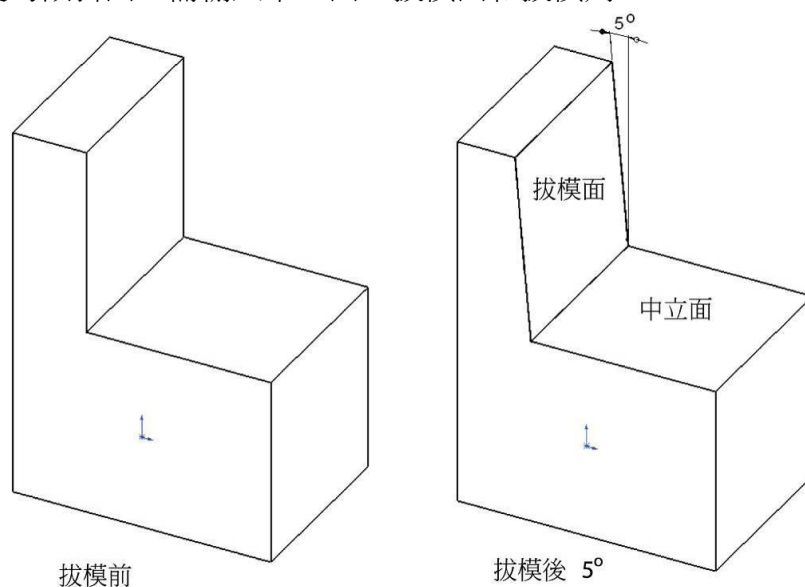


空殼功能

空殼功能可挖去立體物件的部份物料，從而製作出空殼物件，用家先設定物件的開始面及空殼厚度，電腦輔助設計系統便會從該開始面挖去物料，直至殼身達到預設的厚度。

拔模功能

拔模功能起初用於塑膠零件設計上，以造出小角，方便注射塑膠後的製模過程，設計師製成有特定角度的傾斜面，需輸入中立面、拔模面和拔模角。



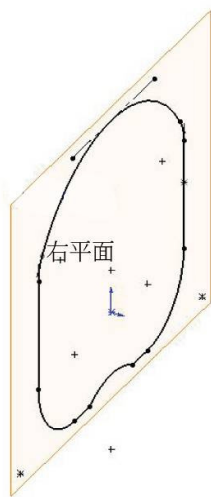
停 一 停 想 一 想

比較孔洞及拉厚切割功能

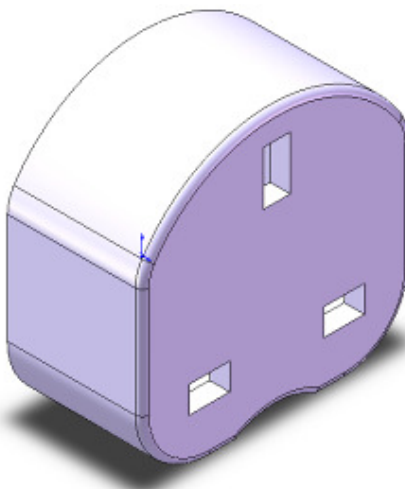
以上例子的孔洞功能，亦可使用拉厚切割製作，如何以拉厚切割功能製成呢？比較兩種功能製作孔洞的所需步驟。哪一個較易使用？

實習題 1.2

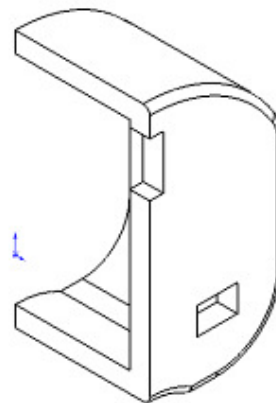
以平面手繪草圖製作一個電插頭插座



平面手繪草圖



製作模型



步驟

1. 開啟課堂上提供的「EP1_Sketch」檔案，該檔案包含上述平面手繪草圖中的輪廓，下一節將介紹如何繪製這種平面輪廓
2. 使用拉厚功能把指定輪廓拉厚至 20 毫米
3. 使用空殼功能製作一個厚度 3 毫米的空殼，利用後側面作為物料刪除的開始面
4. 使用拉厚切割功能，在插座的頂面切割三個矩形孔洞
 - (a) 選擇前面作為手繪草圖平面
 - (b) 手繪草圖平面上繪製三個矩形
 - (c) 以「所有」選項，拉厚切割矩形，即以特定方向切割整個材料
5. 在中心附近，製作一個 3 毫米的埋頭錐孔
6. 以 1 毫米半徑把前緣製成圓角(導角)
7. 指定材料並計算重量

內 容 特 寫

屬性

當選定材料後，便會得悉立體物件的密度，物件的屬性，如體積和重量，可使用電腦輔助設計系統計算如下：

質量=10.65 克

體積=10444.46 立方毫米

面積= 7525.92 平方毫米

質量中心(毫米)

$$X = 12.27$$

$$Y = 7.87$$

$$Z = -0.00$$

慣性主軸和主慣性矩（克*平方毫米）

記錄自質量中心

$$I_x = (0.00, 0.00, 1.00)$$

$$P_x = 2104.67$$

$$I_y = (-0.01, -1.00, 0.00)$$

$$P_y = 2217.74$$

$$I_z = (1.00, -0.01, 0.00)$$

$$P_z = 3497.39$$

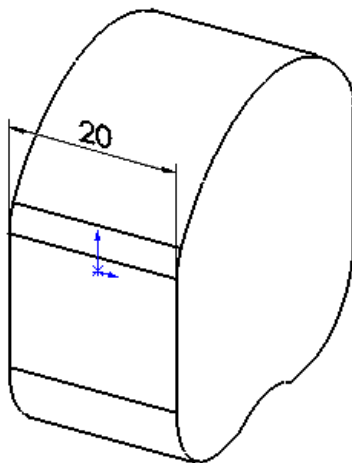
慣性矩[g * mm²]

記錄自質量中心，並與輸出座標系統相符：

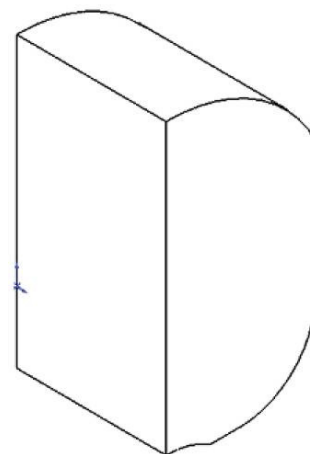
$$L_{xx} = 3497.32 \quad L_{xy} = 9.63 \quad L_{xz} = -0.00$$

$$L_{yx} = 9.63 \quad L_{yy} = 2217.81 \quad L_{yz} = 0.00$$

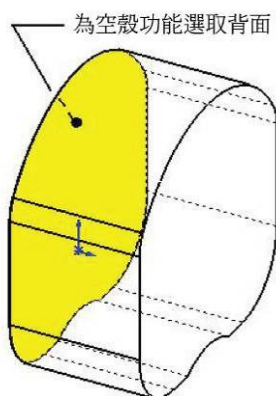
$$L_{zx} = -0.00 \quad L_{zy} = 0.00 \quad L_{zz} = 2104.67$$



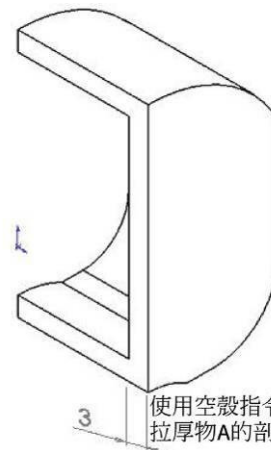
步驟 2



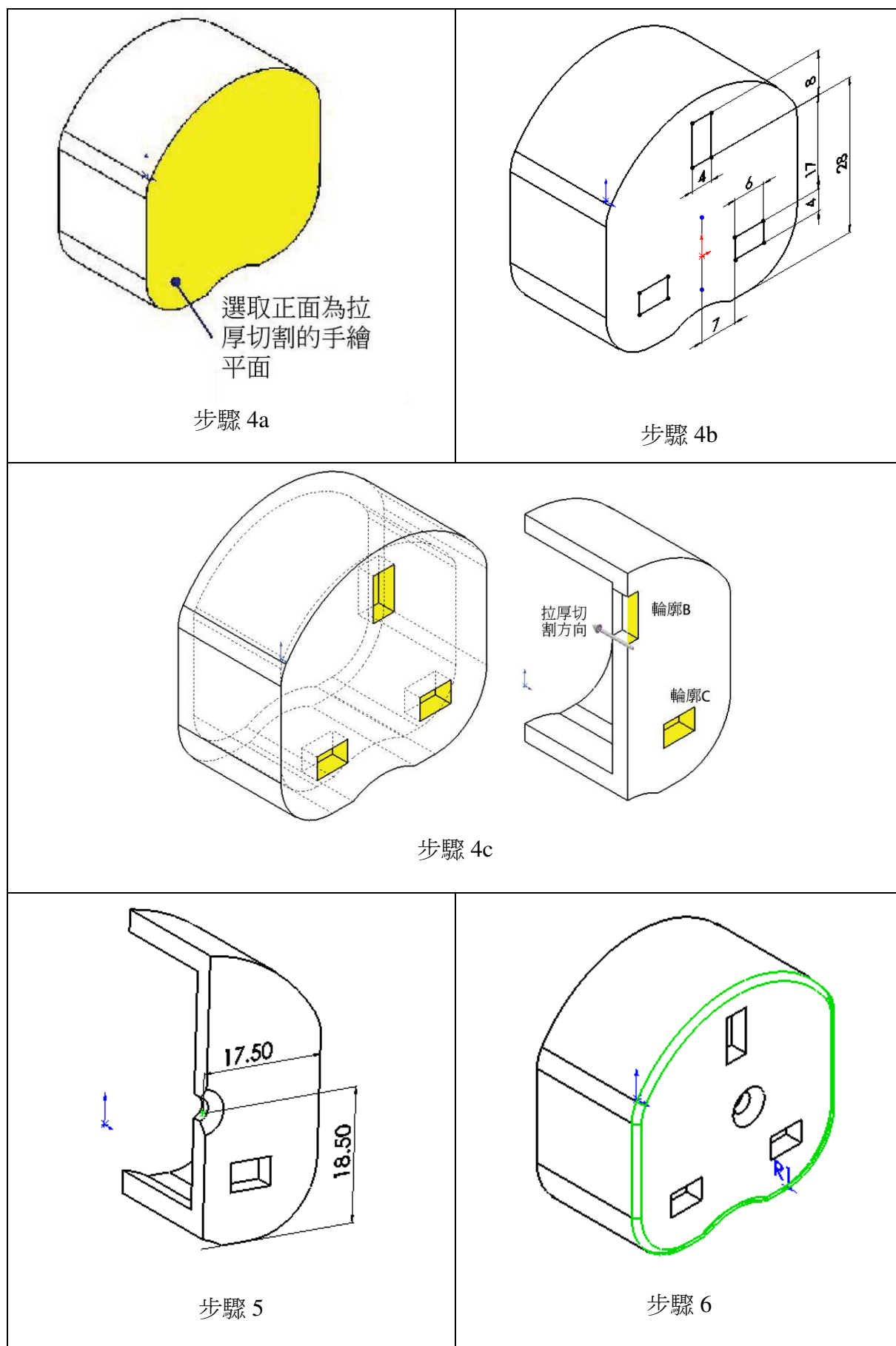
使用空殼指令前
拉厚物A的剖面



步驟 3



使用空殼指令後，
拉厚物A的剖面



參數式建模和平面手繪草圖

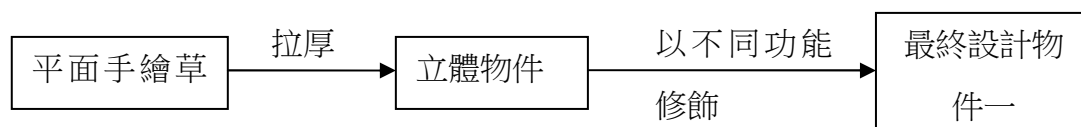
學習目標

- ▶ 瞭解參數式建模的概念
- ▶ 瞭解幾何約束的概念
- ▶ 使用參數式建模技術，繪製平面手繪草圖及輪廓，當中包括
 - 利用平面實體：線條、弧形、圓形及矩形
 - 利用操作工具，以修改手繪草圖：修剪、內圓填角和擦除
 - 全約束平面輪廓

引言

大部分電腦輔助設計軟件都以平面手繪草圖來製作立體模型，完成後，平面手繪草圖將會由拉厚、旋轉、掃描或延伸功能，轉換成立體。

〈活動一〉說明如何透過拉厚功能把平面手繪草圖轉換成立體實物模型，繼而以旋轉、掃描或孔洞等其他功能修飾。在概念上，以平面手繪草圖為始，製作一個立體設計的過程如下：

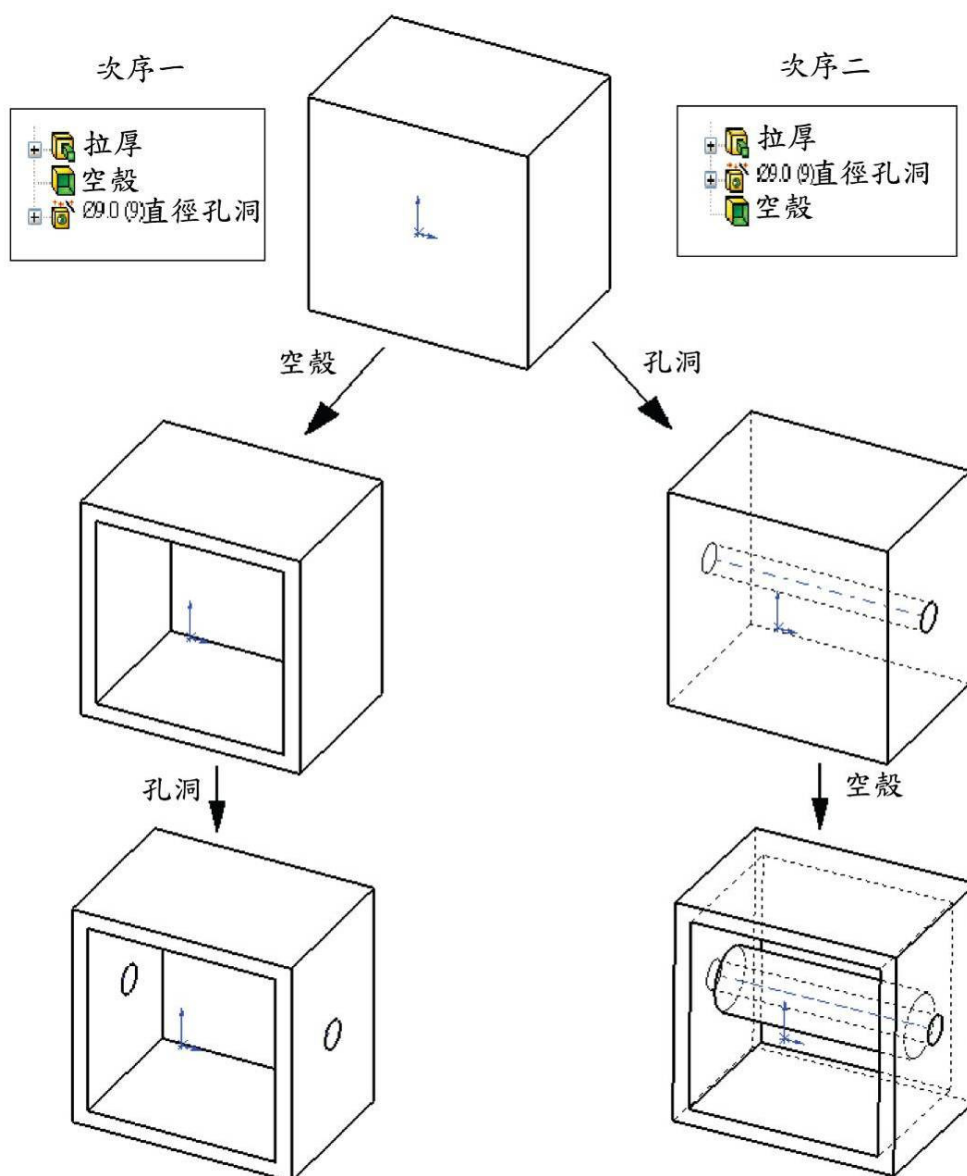


最終設計與平面手繪草圖所製成的立體物件有著密不可分的關係。

停 一 停 想 一 想
製作模型的相關考慮 1. 您認為修改平面手繪草圖會否改變最終設計？ 2. 功能的應用次序，對製作模型是否有關鍵影響？ 3.

例子一

次序一及二同樣在以拉厚功能製作的方塊上開始，次序一先採用空殼功能，然後孔洞功能，次序二先使用孔洞功能，再用空殼功能，剛好與次序一倒轉，最終製成的模型，形狀並不相同。



停 一 停 想 一 想

功能的次序

闡釋兩個次序為何會產生不同的模型形狀。

參數式建模

在設計過程的初期，設計的尺寸及形狀通常並未固定，在製作模型過程中，當要決定尺寸時，適宜同時考慮有關的幾何約束，幾何約束說明元素間的關係。例如，一個 5×3 矩形可以用兩種不同方式來描述：

方法一(只標示座標)

以四條附有準確座標的線來描述矩形，例如：

線	起點座標	終點座標
1	0, 0	5, 0
2	5, 0	5, 3
3	5, 3	0, 3
4	0, 3	0, 0

方法二(標示附有幾何約束的尺寸)

使用四條明確標示幾何約束及尺寸的連續線：

線	幾何約束 固定起點在 (0,0)	尺寸
1	水準線	長度=5
2	垂直線	長度=3
3	水準線	長度=1
4	垂直線	長度=2

方法一、二同樣能完全描述矩形的形狀、大小和位置。然而，設計過程的初期通常未有準確的尺寸，而上述例子中的長度（如 5 及 3）也不過是近似值而已。設計師最終以 4×3 或其他尺寸為定案絕不稀奇。

停 一 停 想 一 想

修改手繪草圖

1. 如果使用方法一，設計師如何改變設計的長度？方法二又如何？
2. 哪種方法可讓設計師更容易修改大小不同的矩形？

參數化建模乃指以尺寸及幾何約束來製作立體模型的過程，尺寸或幾何約束的任何改變，都會影響製作出來的模型的形狀。

手繪草圖

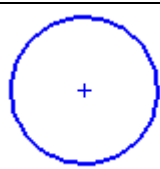
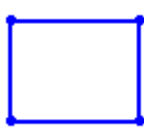
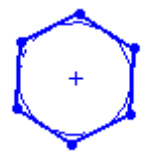
製作立體實體由平面外框輪廓開始，平面外框輪廓則由手繪草圖製作出來，手繪草圖包含一系列平面物件，如線條及弧形，大多數立體電腦輔助設計系統都以參數化建模來製作平面輪廓，方便日後修改，輪廓的形狀乃由幾何約束及尺寸所決定。

實體

「實體」是由電腦輔助設計指令或其他方法製成的單一物件。以下為一些平面手繪草圖

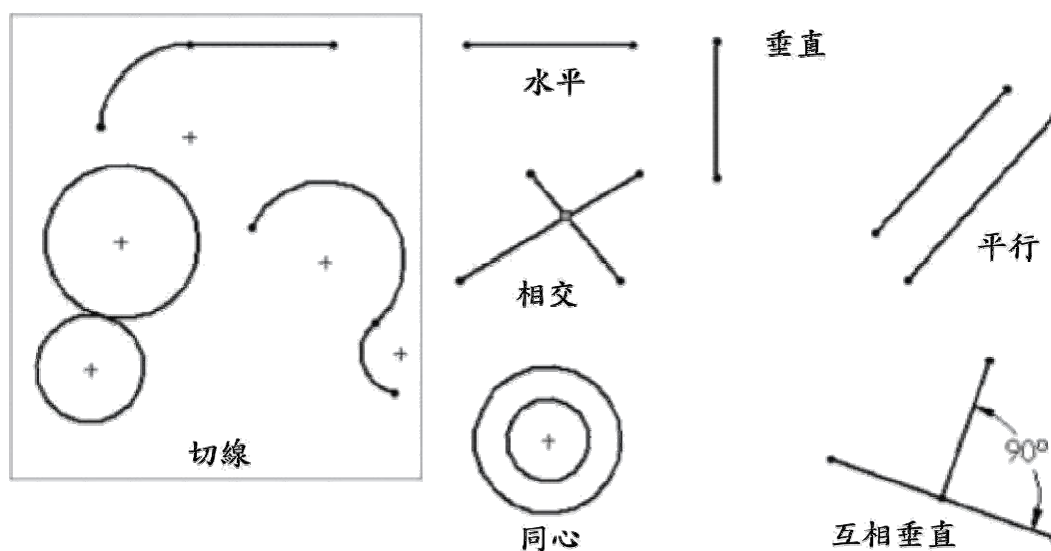
的基本實體：

- (a) 點
- (b) 線
- (c) 作圖線
- (d) 弧形
- (e) 圓形
- (f) 橢圓形
- (g) 矩形
- (h) 多邊形
- (i) 曲線

 點	 線	 作圖線
 弧形	 圓形	 橢圓形
 矩形	 多邊形	 曲線

幾何約束

「幾何約束」說明存在實體間的幾何關係。以下為一些例子：

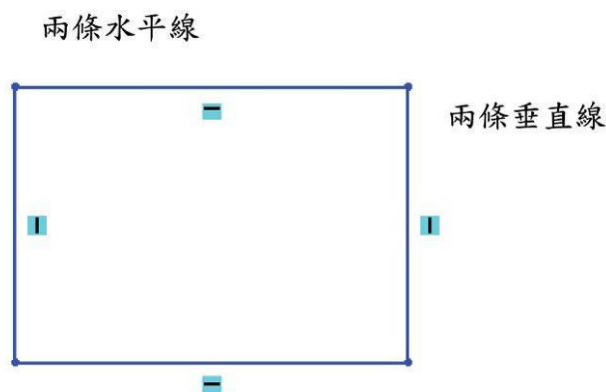


尺寸

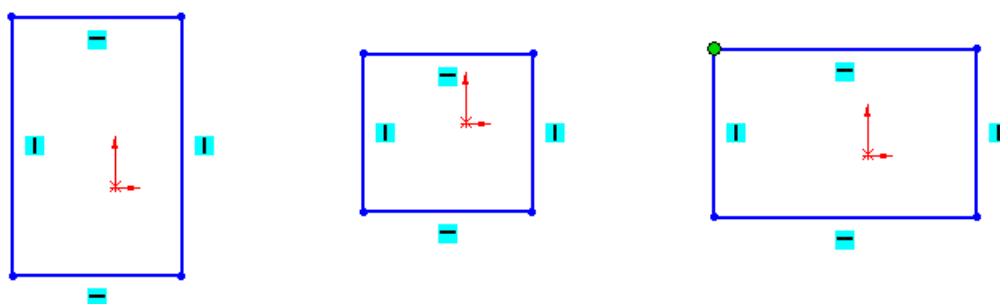
「尺寸」說明實體的大小，如長度、半徑、角度和兩點間的距離等。

全界定模型

使用參數化建模時，部份幾何約束條件及尺寸可以省略，令修改外框輪廓時更靈活和容易。試想像一個由兩條水準線及兩條垂直線所組成的矩形：



事實上，許多矩形都能滿足這些約束條件，例如，



「少界定條件」讓設計師可在顯示屏上自由拖拉及改變形狀，由於物件只受幾何關係所控制，因此無論怎樣改變，它依然是一個矩形。

當加入幾何約束條件及尺寸，使有關輪廓成為指定、無歧義的形狀，此等約束條件及尺寸統稱為「全界定條件」。

若更進一步，加諸多餘的尺寸或約束條件在全界定手繪草圖上，此等約束條件及尺寸統稱為「多界定條件」。電腦輔助設計系統會即時發出提示警告或錯誤訊息，要求設計師刪除此等不必要的條件。

停 一 停 想 一 想

全界定條件

上述的矩形要在電腦輔助設計空間的大小、形狀和位置無歧義，需要加入多少幾何約束條件和尺寸呢？

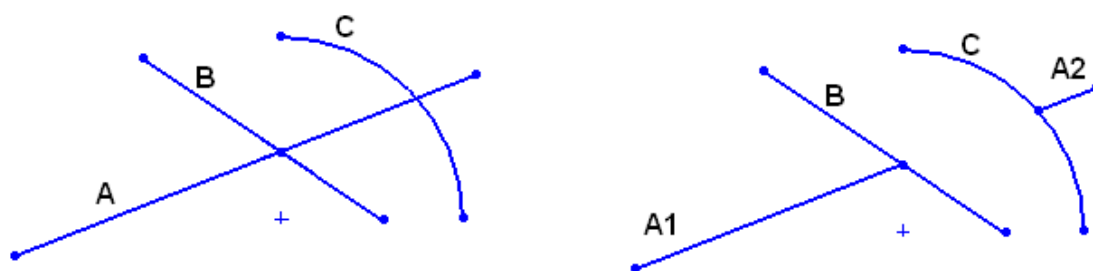
操作工具

為加快製作手繪草圖的速度，大部分電腦輔助設計系統都備有一套工具，以修改由基本實體製成的外框輪廓。以下是一些常用工具：

- (a) 內圓填角
- (b) 導角
- (c) 變暗
- (d) 修剪
- (e) 陣列
- (f) 旋轉
- (g) 移動
- (h) 複製
- (i) 鏡子
- (j) 位移
- (k) 擦除
- (l) 方格
- (m) 正射
- (n) 快拍
- (o) 物件鎖定

擦除 — 從手繪草圖刪除實體

修剪 — 清除部分實體



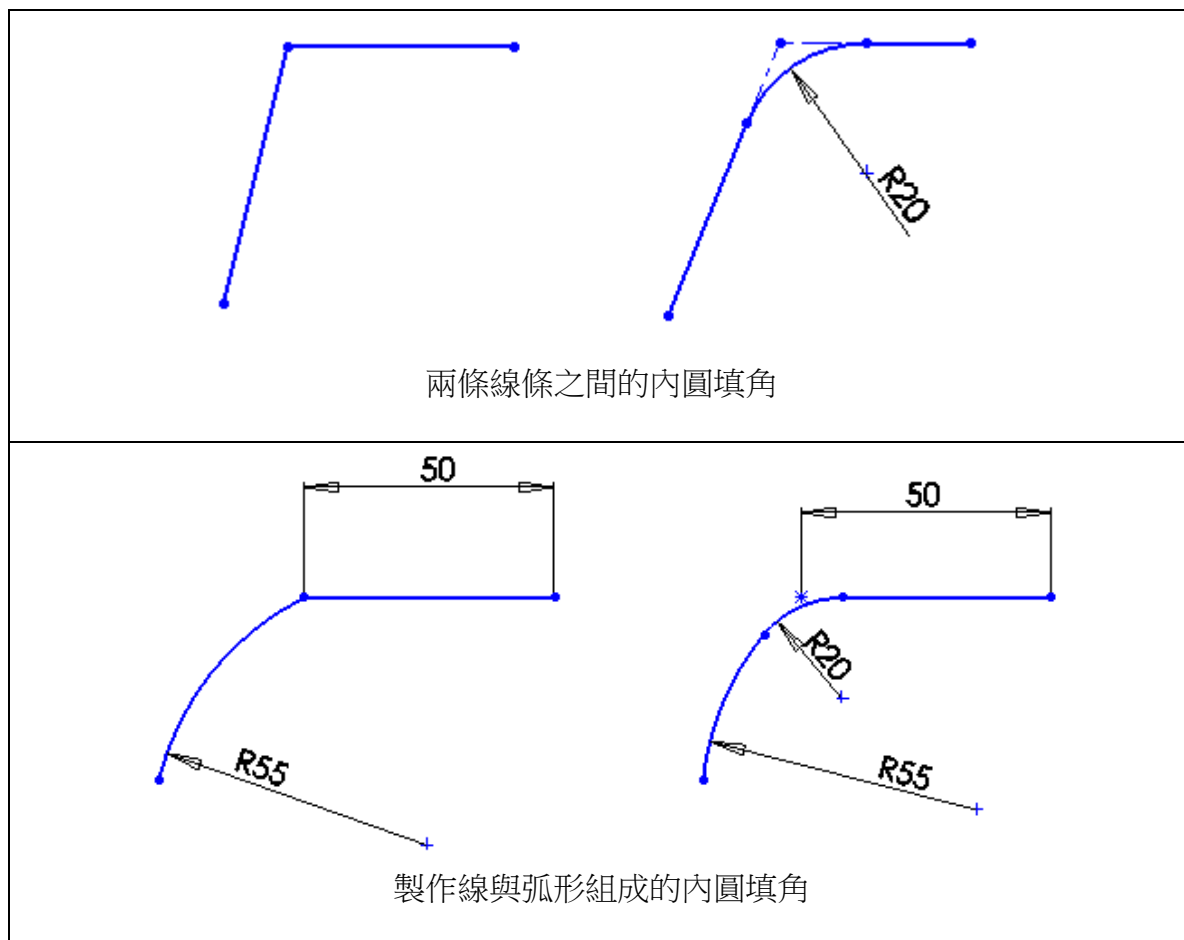
修剪置於 B 線及 C 弧形間的部分 A 線

停 — 停 — 想 — 想

修剪

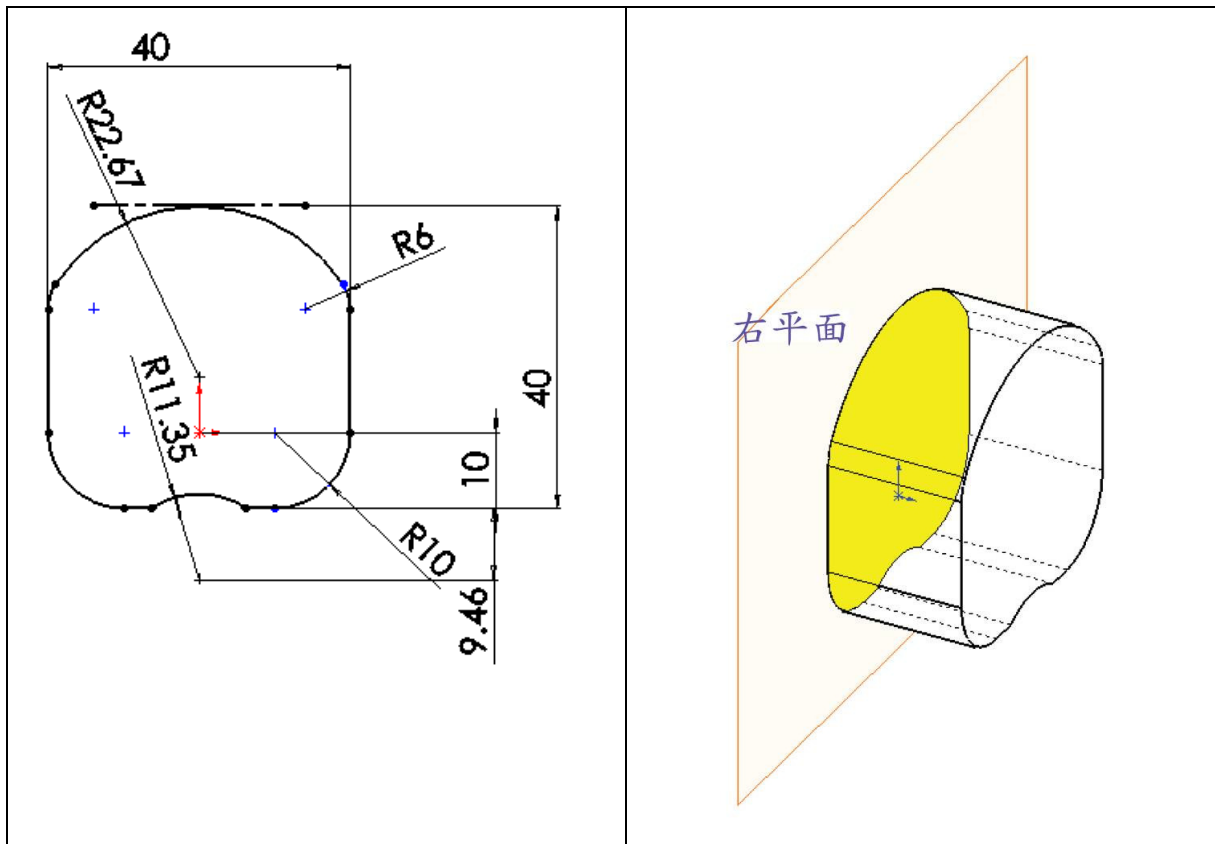
A 線經修剪後，是否仍是單一實體？還是已成為兩個實體？

內圓填角 — 修剪兩個手繪草圖實體的交匯角落，製成一個切線弧形。



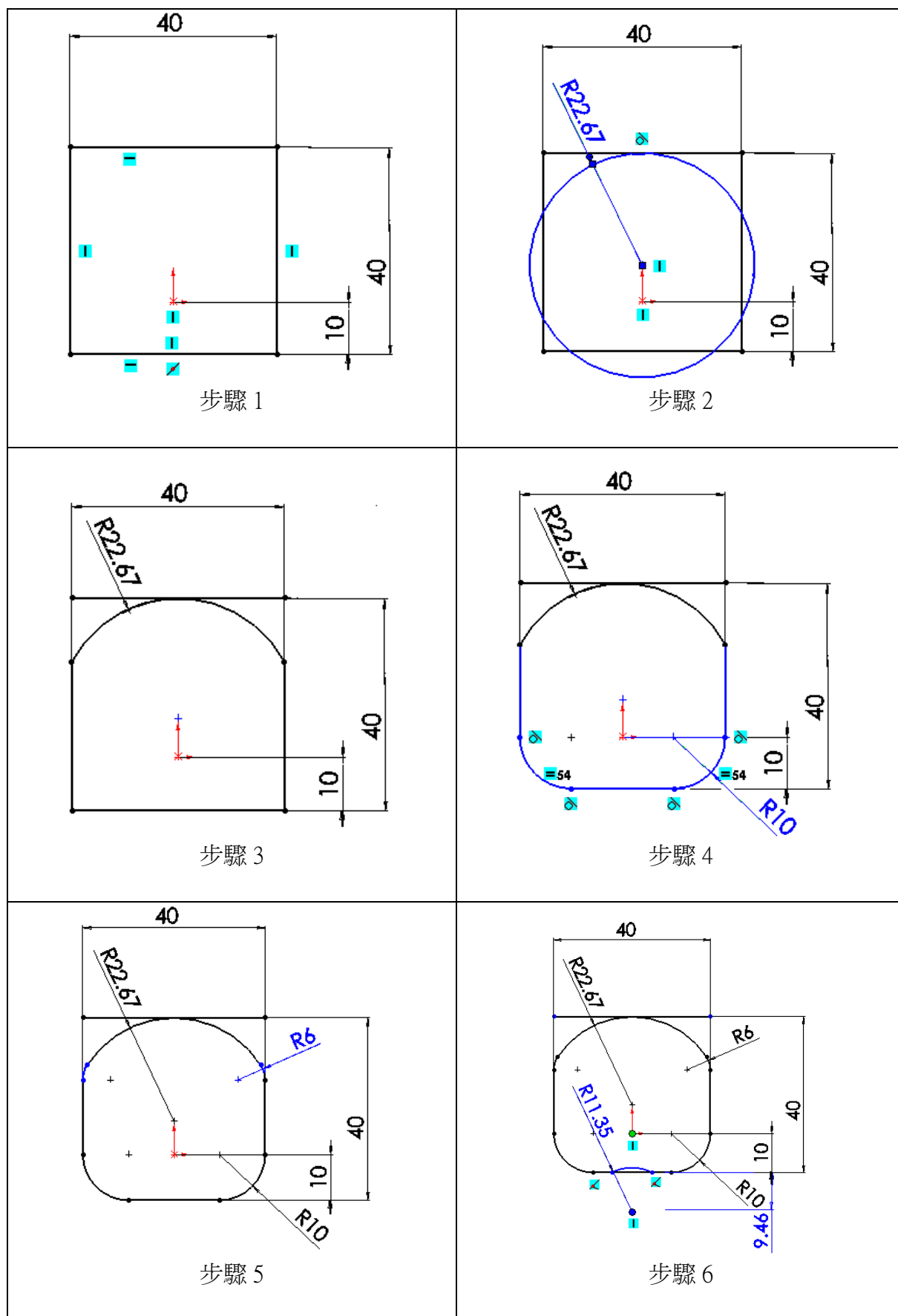
實習題 2.1

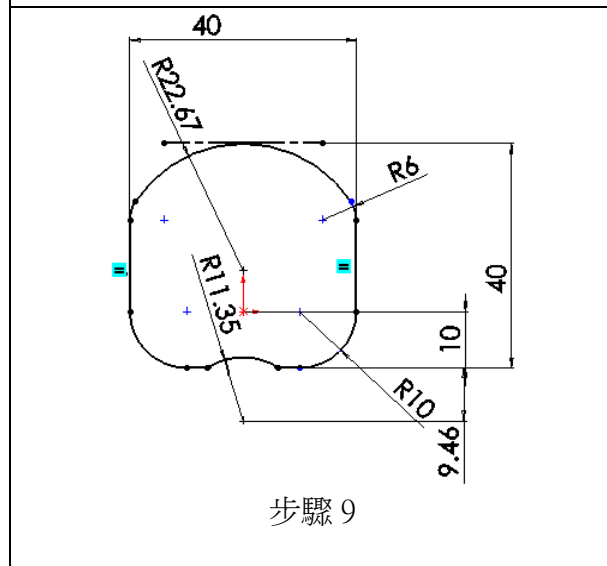
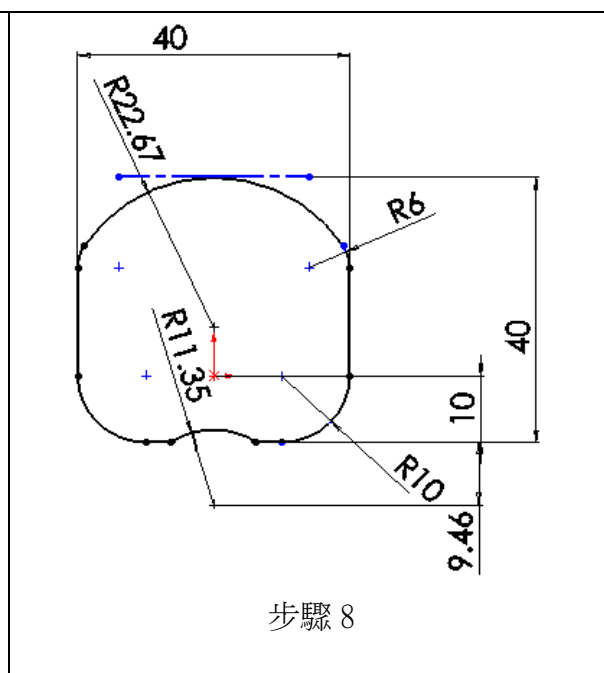
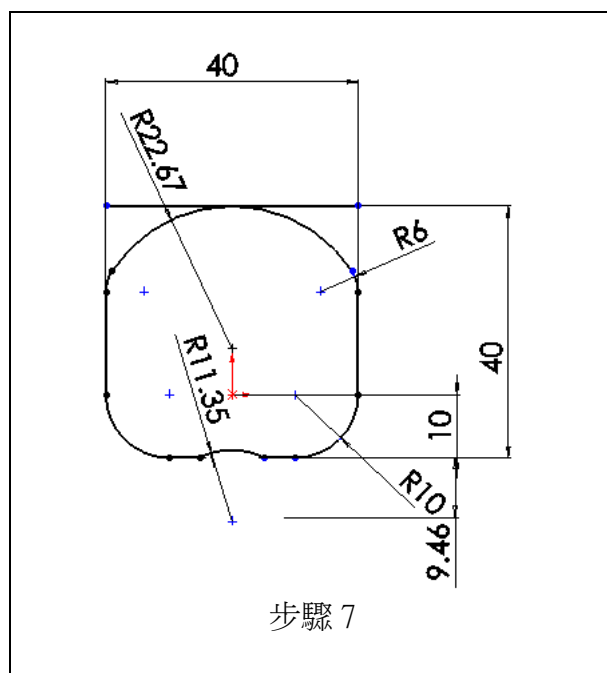
製作以下的電插頭平面外框輪廓：



步驟：

1. a. 繪製一個 40×40 正方形：選擇兩條平行線以標示尺寸，但不標示頂點，因為頂點可能會在修改輪廓時被擦去
b. 約束條件：把下方水準線的中間點與原點垂直對齊
2. a. 繪製一個半徑為 22.67 的圓形
b. 約束條件：把圓形中心與原點垂直對齊。圓形上方的切線，為正方形的頂水準線。
3. 如圖所顯示，修剪外框輪廓
4. 把正方形下方兩角各製作成半徑 10 的內圓填角：在弧形與內圓填角線間畫上切線符號
5. 把正方形上方兩角各製作成半徑 6 的內圓填角
6. a. 繪製一個半徑為 11.35 的 3-點弧形
b. 約束條件：弧形兩端置於矩形的下水準線。垂直對齊弧形的中心與原點
7. 剪去弧形兩端以外的線段
8. 縮短正方形的頂水準線轉換成作圖線：當平面手繪草圖轉換為立體模型時，作圖線只作參考，而不屬於外框輪廓
9. 把矩形的兩條垂直線設成定成相同長度





旋轉、延伸及掃描功能

學習目的

- ▶ 瞭解參考幾何的概念
- ▶ 利用旋轉、延伸和掃描功能製作立體模型

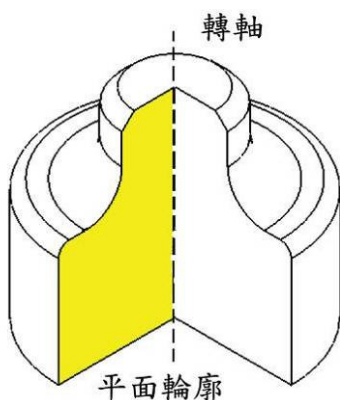
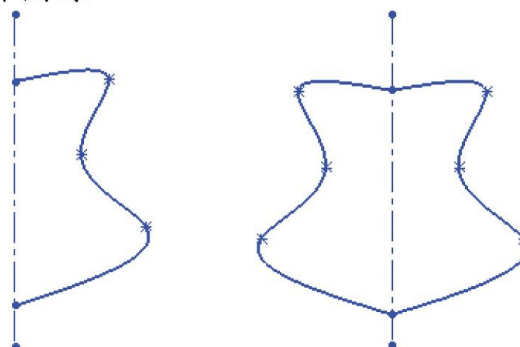
參考幾何

參考幾何有助製作平面實體及立體功能

在平面手繪草圖中，作圖實體是用來作為製作其他實體的參考，例如，作圖線可用作製作對稱手繪草圖的軸，此直線雖然不是形狀的一部分，但在圖中繪出有助於「鏡像操作」。

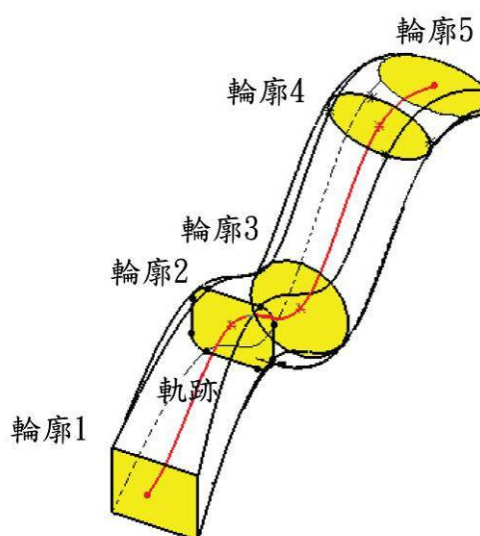
在立體建模中，可供使用的參考幾何形狀包括軸、平面、座標系統以及點。例如，

作圖線



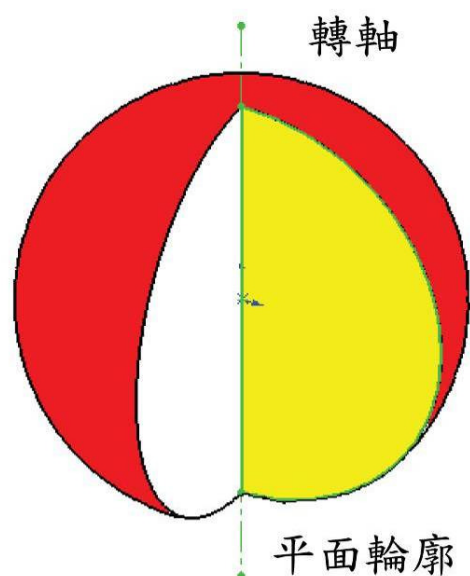
參考軸——使用旋轉功能的先決條件是定出旋轉軸。此軸心可以是平面手繪草圖上的作圖線，或是由其他現存功能所製作。

參考平面——使用延伸功能需要最少兩個繪畫在參考平面上的輪廓。以下例子顯示五個繪畫在五個參考平面上的輪廓。



旋轉功能

旋轉功能把平面輪廓沿一條軸心旋轉，轉換成圓柱體或球體等圓角立體物件。以下插圖顯示一個由半圓形旋轉 270° 而成 $3/4$ 球體。



停 一 停 想 一 想

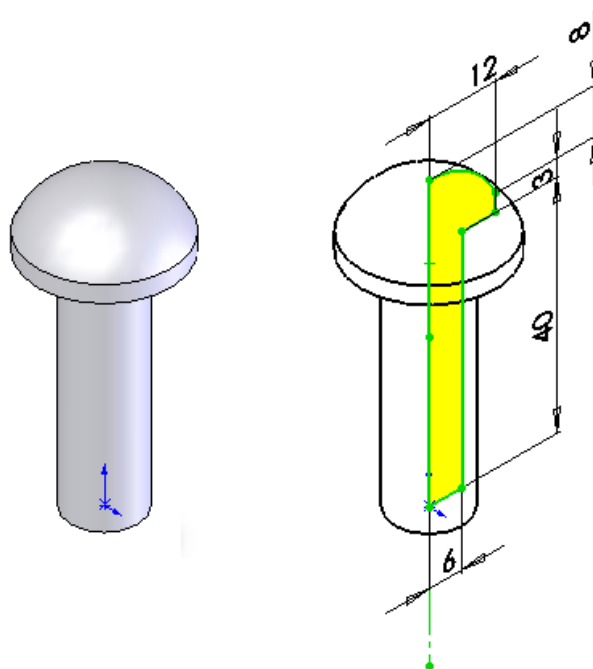
旋轉物件

若旋轉以下輪廓 360° ，會產生甚麼立體物件？



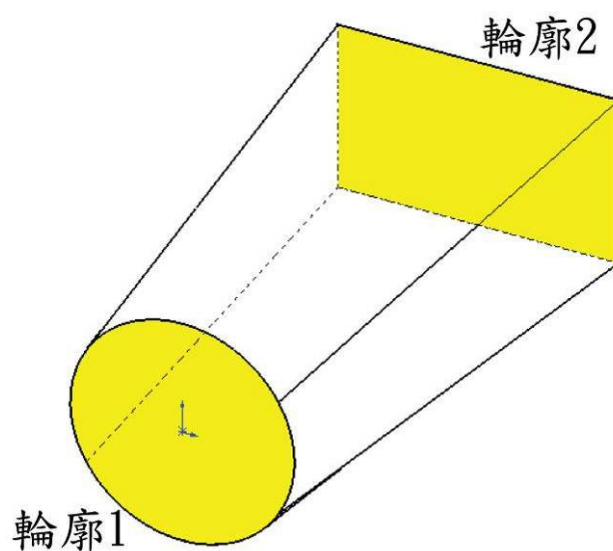
實習題 3.1

利用旋轉功能製作一口釘



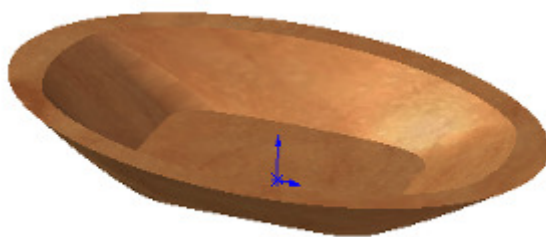
延伸功能

延伸功能接駁兩個或以上的輪廓而製成立體模型。最簡單的模式是連接兩個在平行面上的輪廓。利用延伸功能，設計師只需指出開始及終結的輪廓，便能製作出立體物件。



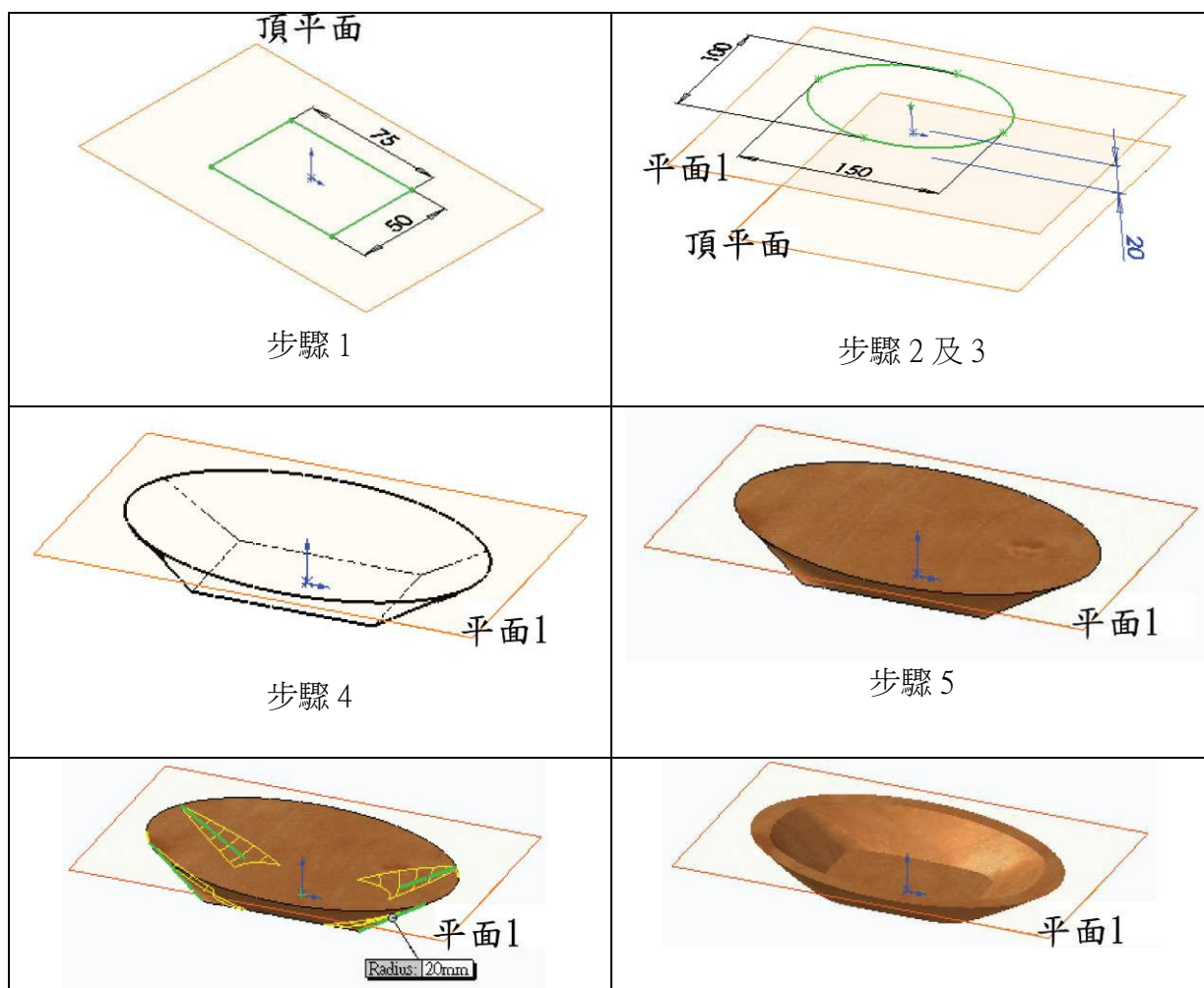
實習題 3.2

利用延伸功能製作一個木籃



步驟

1. 在頂平面繪製一個 75 x 50 的矩形。
2. 在頂平面上〔距離 20〕，製作一個參考平面〔平面一〕。
3. 在平面一上繪製一個 100 x 150 的橢圓形
4. 在矩形和橢圓形之間，使用延伸功能。
5. 給實物模型指定如楓木等製作材料；把顯示模式改成「以邊緣覆蓋」(Shaded with Edge)。
6. 將與橢圓形相接的矩形四邊修成內圓填角，半徑為 20。
7. 以空殼功能製造厚度為 5 的空腔。



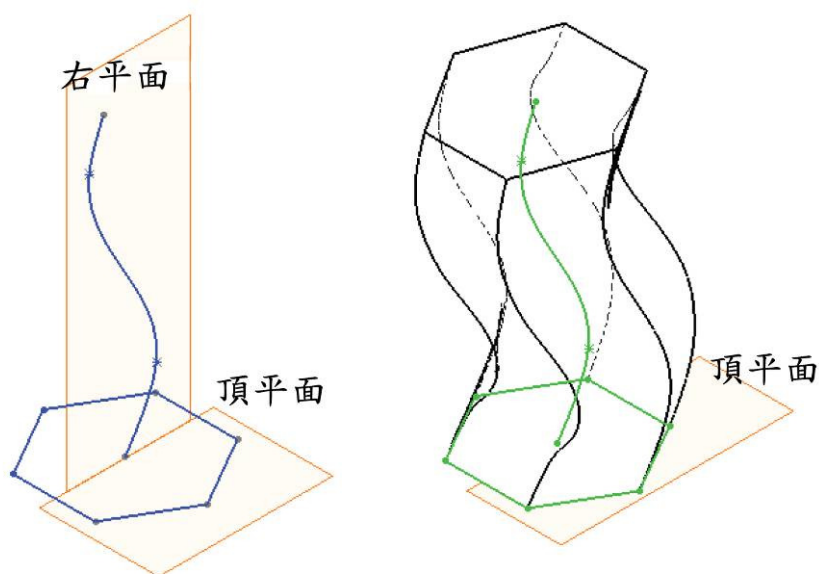
步驟 6

步驟 7

掃描功能

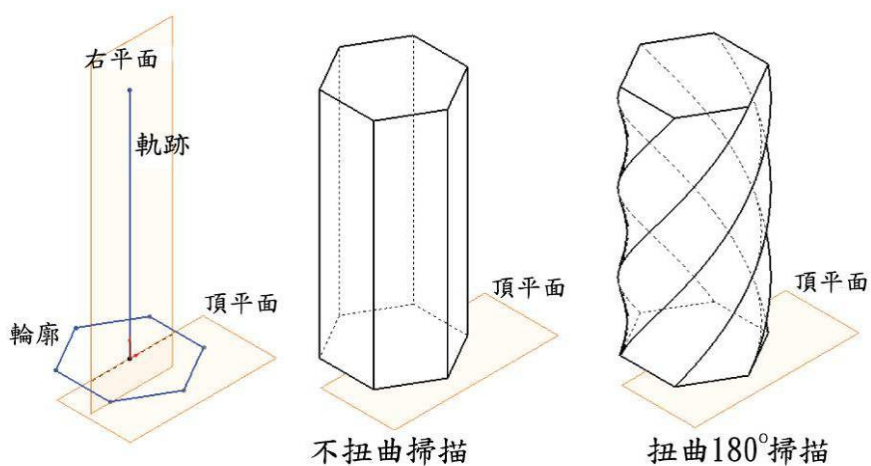
掃描功能把輪廓〔又稱「剖面」〕沿特定軌跡移動，製成立體實物。軌跡的起點為輪廓所在的平面。輪廓、軌跡或掃描功能所產生的實物不能互相交纏，否則會出現錯誤。

拉厚功能被視為掃描功能的簡化版——其掃描軌跡為一條直線。掃描功能可用於任何連續軌跡，如直線、曲線或一組模型邊緣。以下插圖顯示掃描功能把一個六邊形輪廓沿雲形曲線〔或不規則曲線〕軌跡製成立體實物：



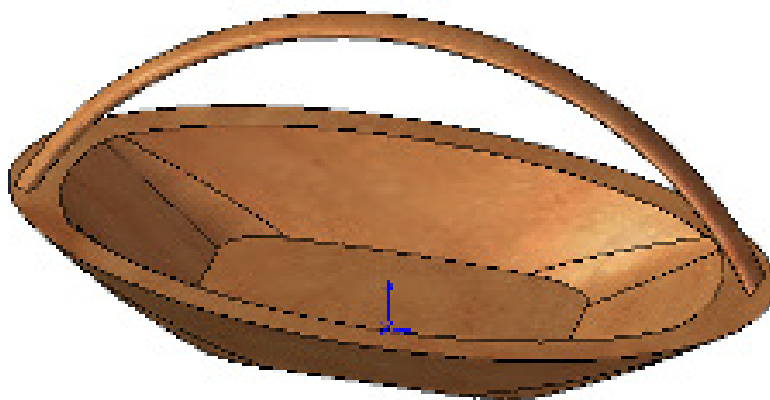
沿軌跡扭曲

掃描功能亦可在掃描期間加入扭曲形態。下圖顯示一個六角形沿直線掃描時，加入及不加入扭曲形態的結果。



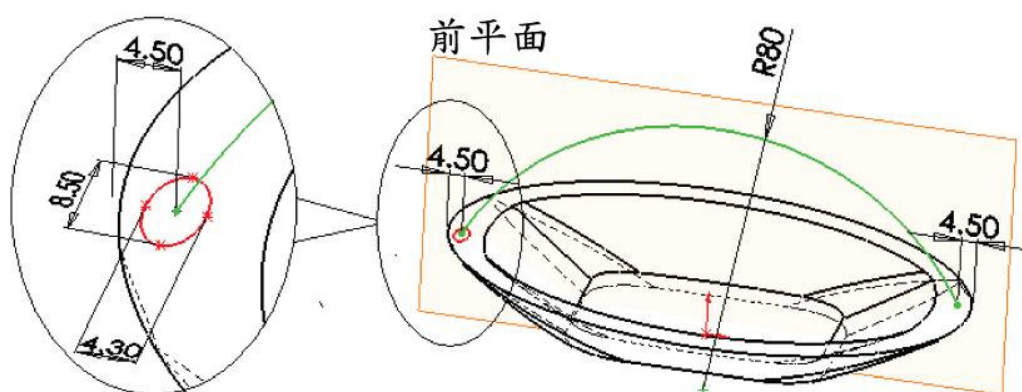
實習題 3.3

製作籃子手柄



步驟：

1. 在前平面上製作一個半徑 80 的弧形，弧形的兩端，各距離籃子相應一端 4.5。
2. 在籃子上表面任何一端，製作一個 8.5×4.5 的橢圓形。橢圓形的中心應該與在步驟一所製的弧形的其中一端重疊。
3. 以橢圓形作為剖面、弧形為軌跡，利用掃描功能製作手柄。



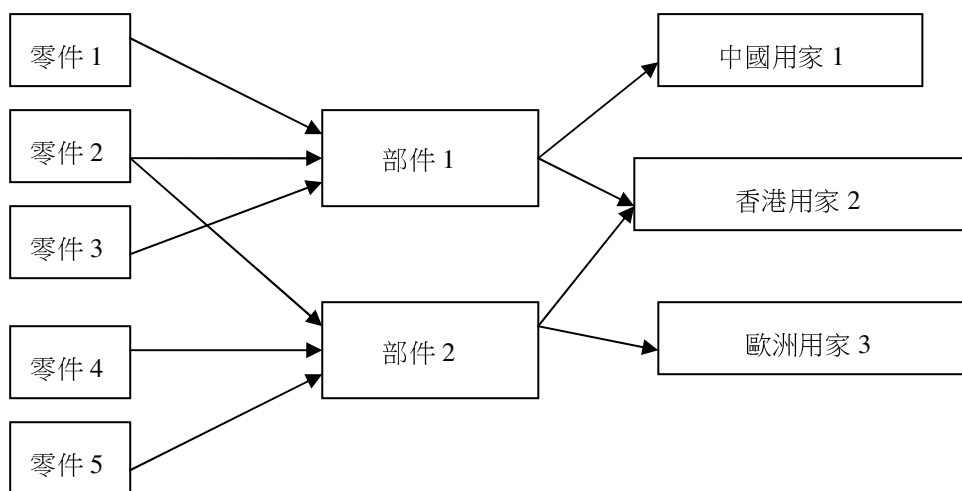
部件

學習目標

- ▶ 瞭解零件和部件的關聯關係
- ▶ 瞭解平移自由度及旋轉自由度的概念
- ▶ 瞭解部件的配對條件
- ▶ 利用配對條件製作部件
 - 軸心重合
 - 平面重合
 - 平面並行

零件和部件的關聯關係

「部件」由兩個或以上零件組成，「部件檔案」乃儲存部件零件的檔案，同一款零件可用於製造不同部件，以下圖為例，零件一、二和三組成部件一，而零件二、四及五則組成部件二。零件及部件形成「關聯關係」，零件的任何變化都會令相關部件改變；同樣，因應部件的任何變化，零件都會自動更新。



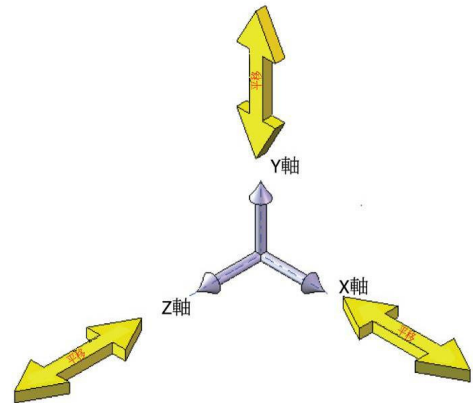
自由度

部件內的每件零件都被視作單一物件，簡言之，部件的組裝過程，不過是平移〔移動〕或旋轉零件至特定位置，並調整零件間的特定位置和方向，「自由度」有六種——三種平移和三種旋轉——用以描述物件在立體空間內可自由移動的程度。



平移

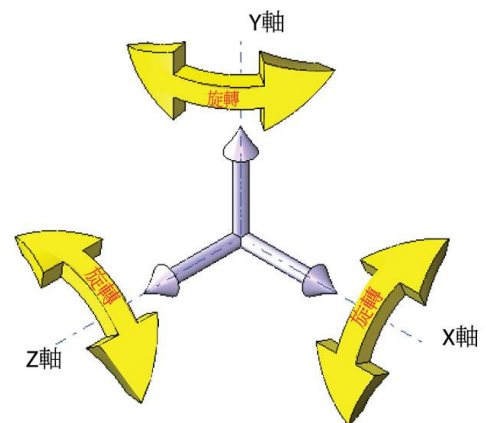
「平移自由度」有三，用以描述物件如何沿 X、Y 及 Z 三軸——即立體空間的任何方向——移動。



旋轉

「旋轉自由度」亦有三，描述物件如何繞 X、Y 及 Z 三軸旋轉。

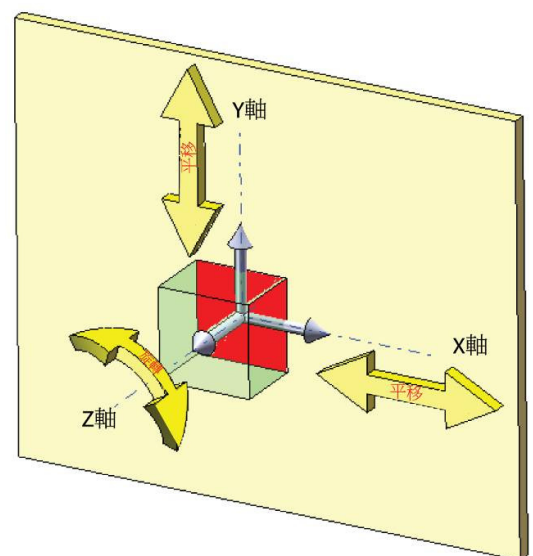
物件一旦固定了此六個自由度，其位置及方向即受到所謂「全界定」。



配對條件

配對條件描述兩個零件的相對位置和方向。指定配對條件的常見方式有數種：

- (a) 平面重合：「平面重合」指兩件物件的各一個表面互相長期接觸的情況，如下圖所示，紅色一面為綠色方塊與黃色底板間的「配對面」，產生三個自由度，即綠色方塊可沿 X、Y 兩軸自由移動，並可沿 Z 軸旋轉。



平移			旋轉		
X	Y	Z	X	Y	Z
可以平移	可以平移	不可平移	不可旋轉	不可旋轉	可以旋轉

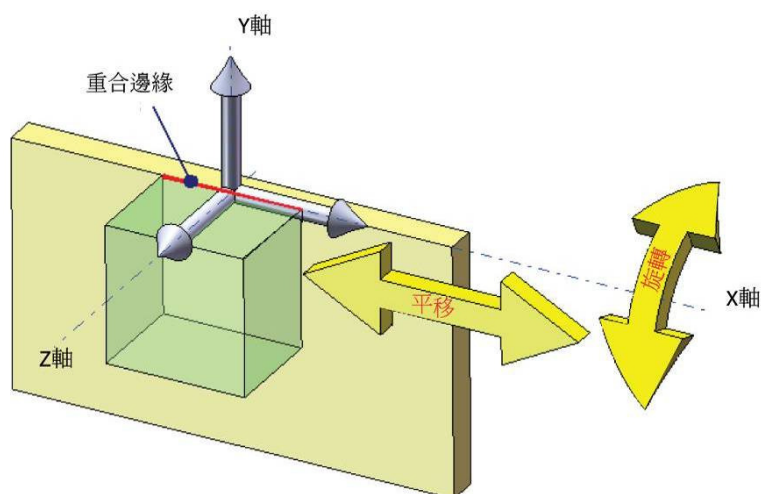
停 一 停 想 一 想

自由度

解說上述例子中的物件為何不能沿 Y 軸旋轉。

- (b) 邊緣重合：「邊緣重合」指兩件物件的各一條邊緣互相平行的情況，兩條邊緣因此可沿同一條無限長的直線移動，其自由度顯示如下。

平移			旋轉		
X	Y	Z	X	Y	Z
可以平移	不可平移	不可平移	可以旋轉	不可旋轉	不可旋轉



停 一 停 想 一 想

頂點配對

若兩個零件的頂點可以重合，此情況有哪些自由度？

配對條件有多種，如平行、垂直、相切和同心，當中，以重合最常用。

結合配對條件

不同的配對條件可在同一模型上應用，配對條件越多，加諸自由度上的限制亦越多。

舉例而言，若兩件物件間既有表面重合、又有邊緣重合，兩件物件的移動就受到更多的限制。

其結果是：

平移自由度			旋轉自由度		
X	Y	Z	X	Y	Z
X-Y 平面重合					
可以平移	可以平移	不可平移	不可旋轉	不可旋轉	可以旋轉
邊緣重合					
可以平移	不可平移	不可平移	可以旋轉	不可旋轉	不可旋轉
最終結果					
可以平移	不可平移	不可平移	不可旋轉	不可旋轉	不可旋轉

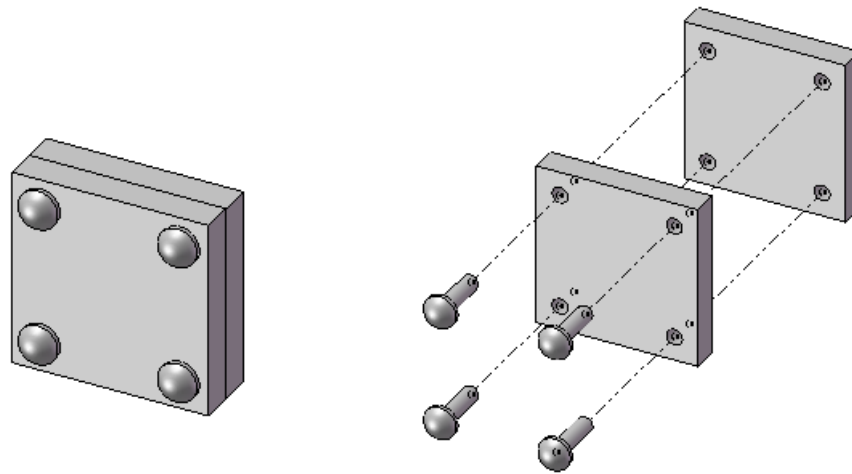
停 一 停 想 一 想

完全限制

在以上例子再加上什麼配對條件，會令到有關物件不能作任何平移或旋轉？

實習題 4.1

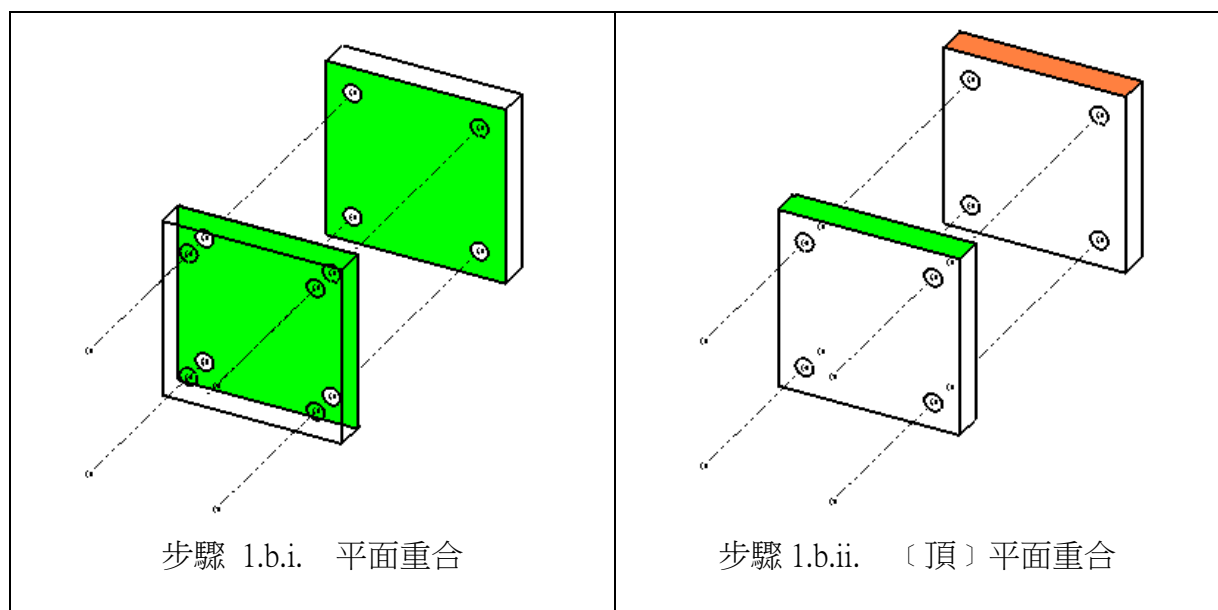
以早前製成的兩個方塊和四枚銷，製作以下一件部件。

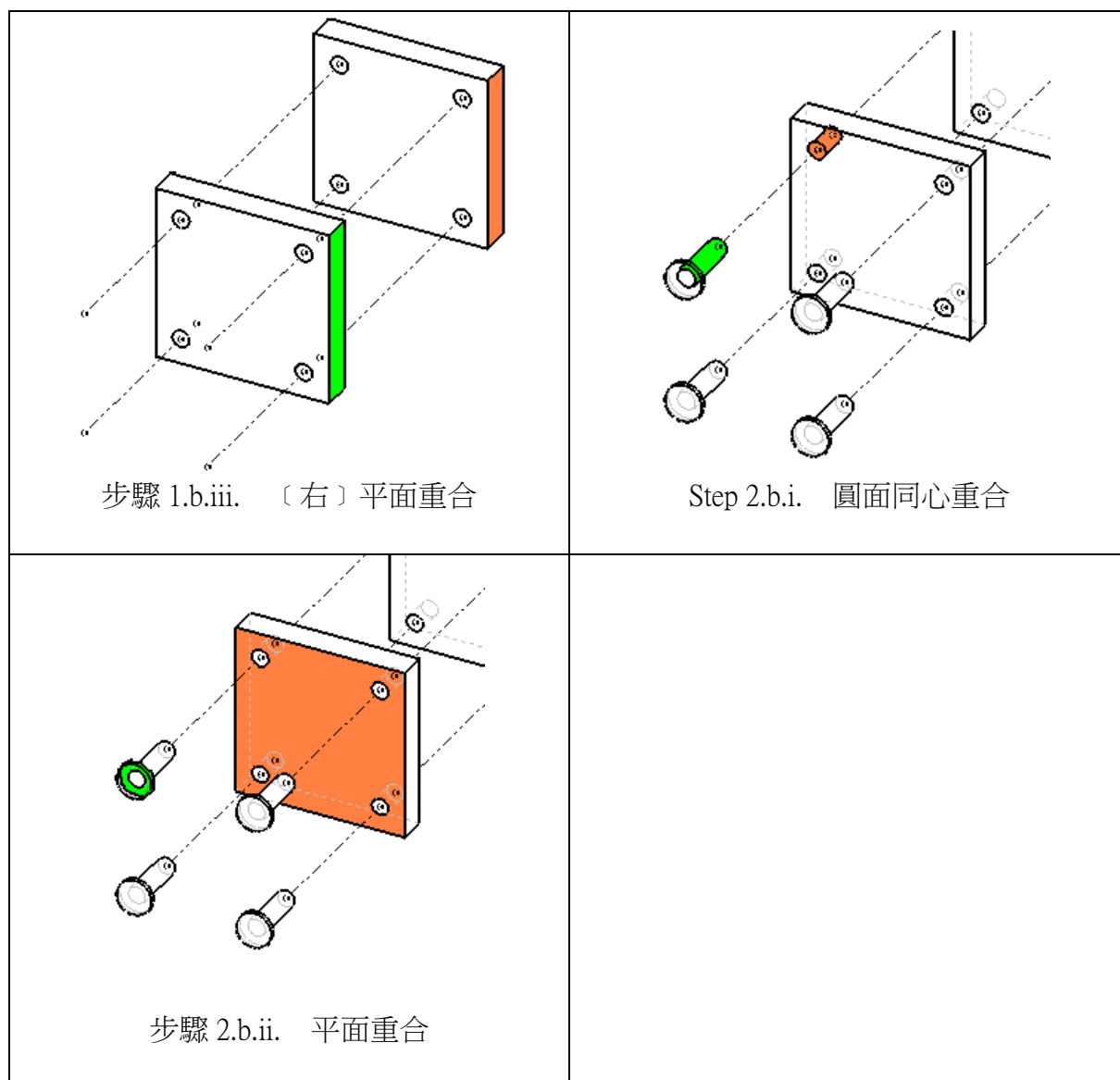


附有兩個方塊及四枚銷的部件

步驟：

1. 以下述三項配對條件，把兩個方塊組合成部件
 - i) 其一個方塊〔前方塊〕的背面與另一方塊〔後方塊〕的正面重合
 - ii) 兩個方塊的頂面重合
 - iii) 兩個方塊的右面重合
2. 以下述兩項配對條件，把四枚銷嵌入部件
 - i) 把孔洞及銷放置成同心圓
 - ii) 銷頭背面與方塊的正面重合





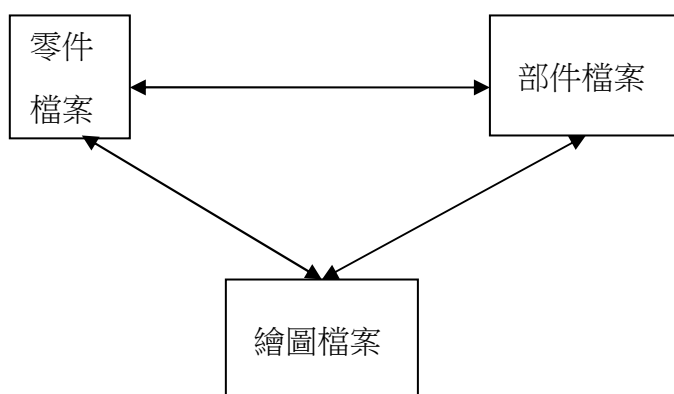
工程繪圖

學習目標

- ▶ 瞭解零件、部件及繪圖間的關聯關係
- ▶ 瞭解在繪圖製作中的圖紙及圖紙格式
- ▶ 以立體模型製作平面元件及部件圖
- ▶ 使用自動化工具為部件圖製作材料清單

關聯關係

電腦輔助設計系統常把立體零件和部件畫成工程繪圖，以方便溝通，每幅繪圖皆記錄了零件和部件間的關聯關係，並以獨立檔案儲存。如下圖所示，任何一件零、部件的變化，都會令其他零、部件的檔案自動更新。



零件和部件的形狀、尺寸等立體數據，可根據不同的工程繪圖標準——如國際標準化組織〔ISO〕、美國國家標準協會〔ANSI〕、英國標準學會〔BSI〕及德國標準協會〔DIN〕——投影至平面圖紙上。

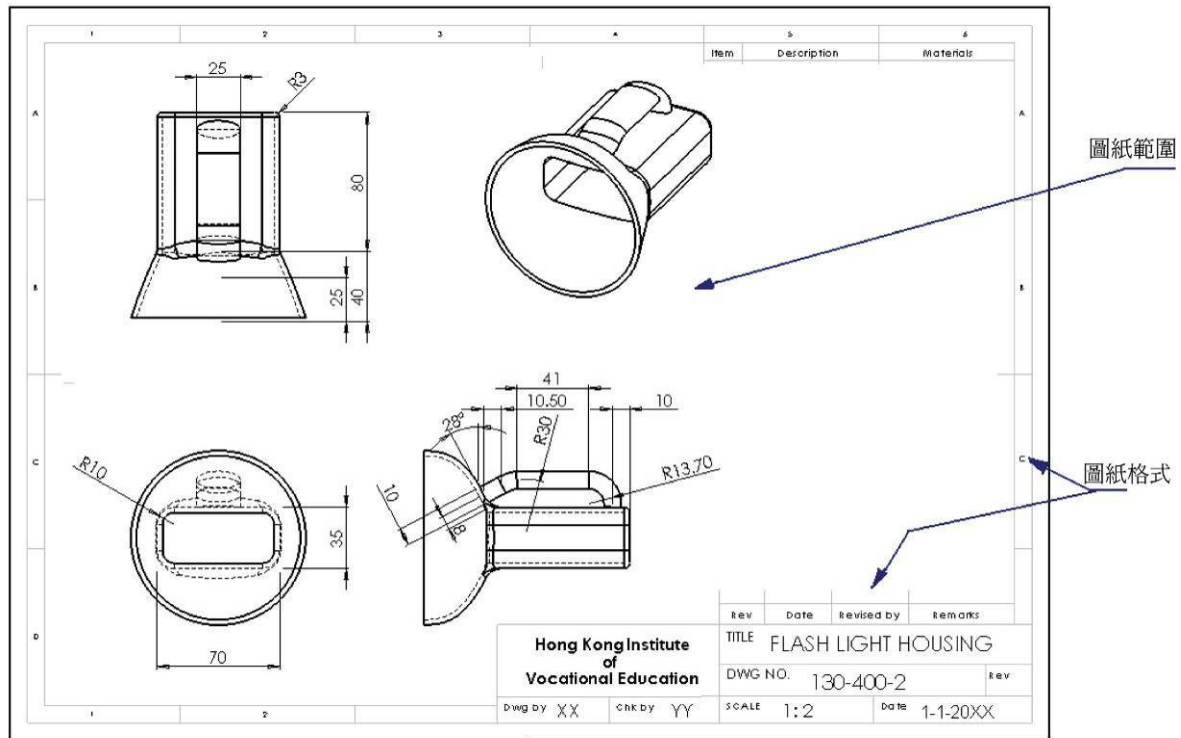
圖紙及圖紙格式

很多電腦輔助設計軟件將編輯功能列入「圖紙格式」及「圖紙」的範疇。

「圖紙格式」記錄繪圖的屬性——即繪圖主體以外的資料，例如圖紙的邊界、標題欄、材料清單等數據表和修訂紀錄等表格。此等資料主要以字母和簡單的平面圖形來表達。

「圖紙」記錄繪圖主體，如立體零、部件的形狀和大小。繪圖時或會用上其他草圖工具。

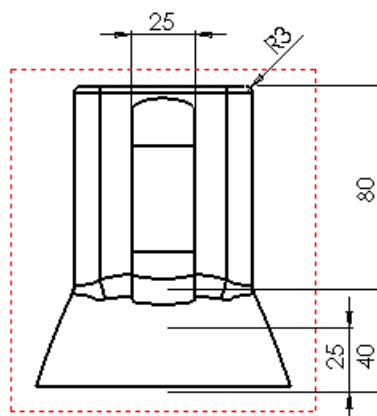
用家可以利用電腦輔助設計系統來修改「圖紙」或「圖紙格式」內容。然而，用家需要留意他們正在修改哪一部份——「圖紙」還是「圖紙格式」。



元件繪圖

圖紙可以顯示物件的不同視圖。舉例來說，上圖共顯示了四個視圖。每張圖紙附帶一個屬性表，以記錄繪圖所用比例、投影類型（第一、三角等）及大小。立體物件投影到圖紙上，成為不同投影視圖所處的地方，稱為「視埠」。

從立體零件直接匯入的尺寸，乃用來界定該立體物件。由於尺寸與立體物件的零、部件息息相關，因此繪圖尺寸的任何變化，都會影響有關的立體物件。



實習題 5.1

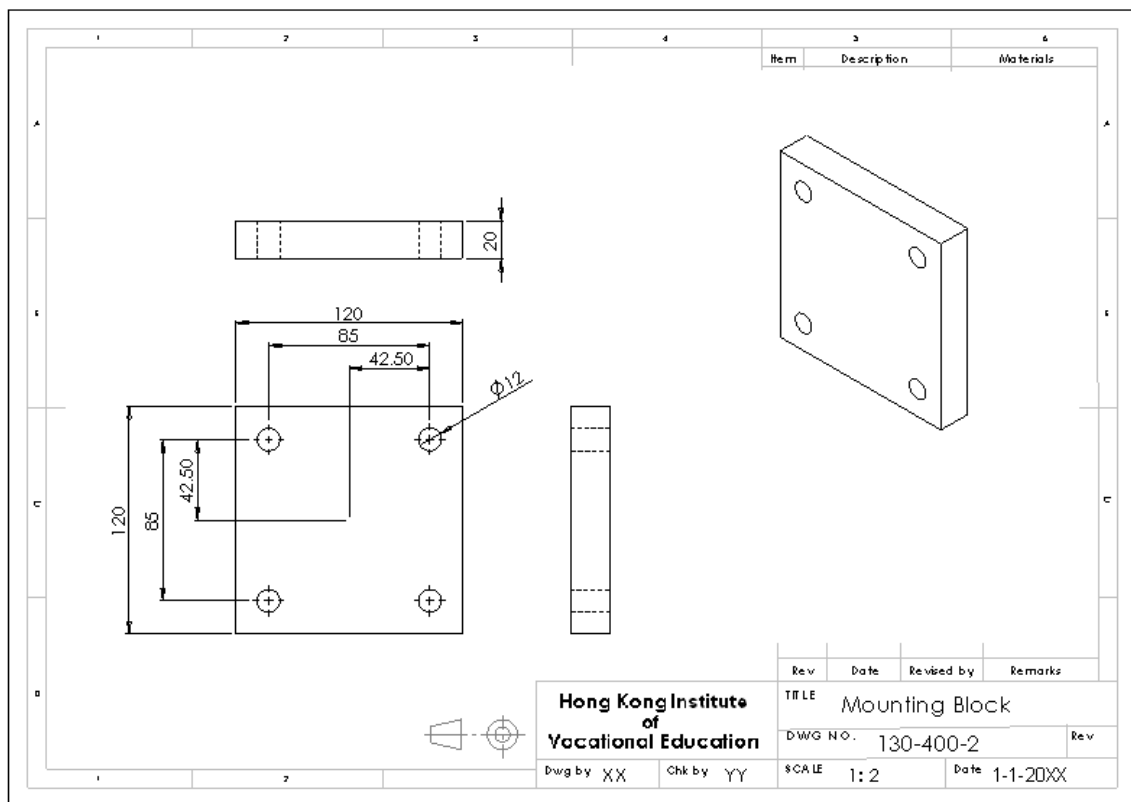
為上一個實習題所造的方塊部件，製作一件平面工程零件。

步驟：

1. 為新繪圖準備一張 A4 紙
2. 編輯圖紙格式，如建立邊界、標題欄和第一角投影符號等
3. 把邊界及標題欄儲存為繪圖樣板檔案，供日後使用

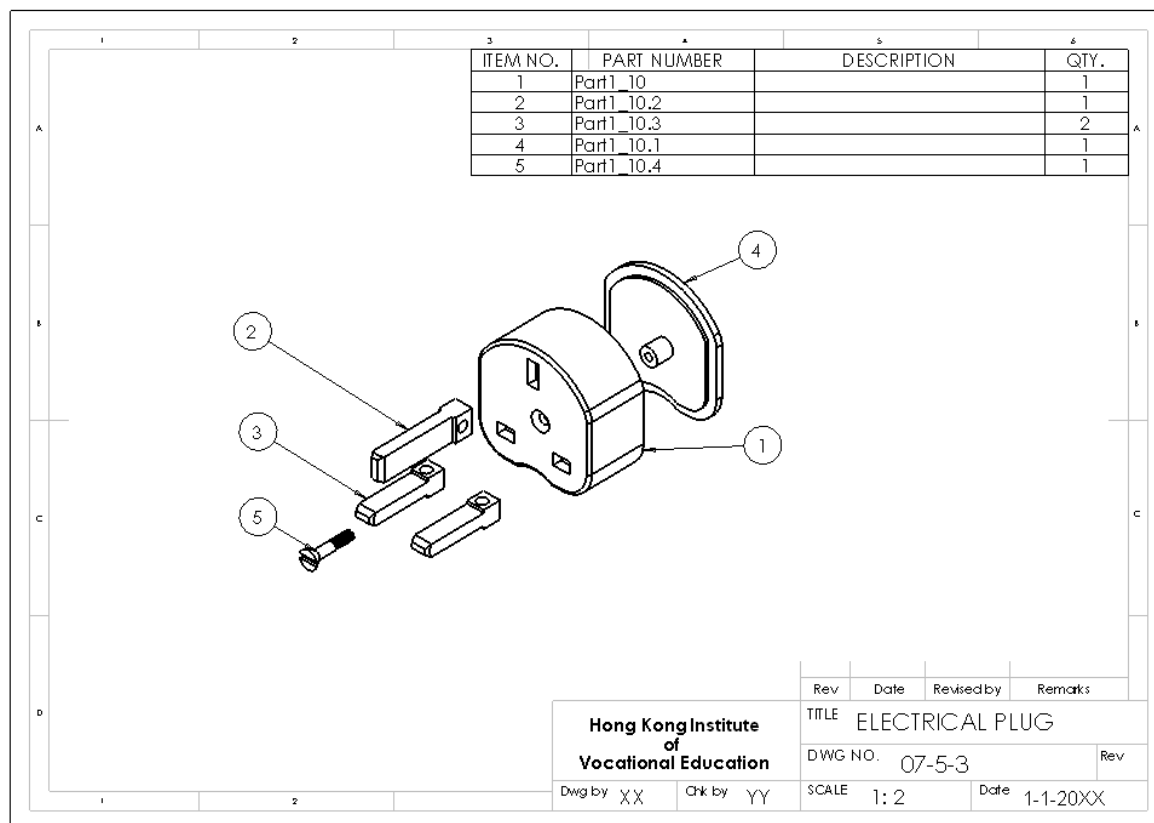
轉換至編輯圖紙模式；

4. 以「三標準視圖」，在繪圖上加入零件、製作俯、正、側面視圖
5. 選取圖紙比率為 1:2
6. 選取第一角投影
7. 在左上角插入一個等角投影



部件圖

用家可使用其他工具，自動化繪製下圖所顯示的材料清單及汽球工具等，每一零件的檔案均以零件編號來命名，而「數量」欄由系統自動計算，用以顯示每件部件所需有關零件的數量。

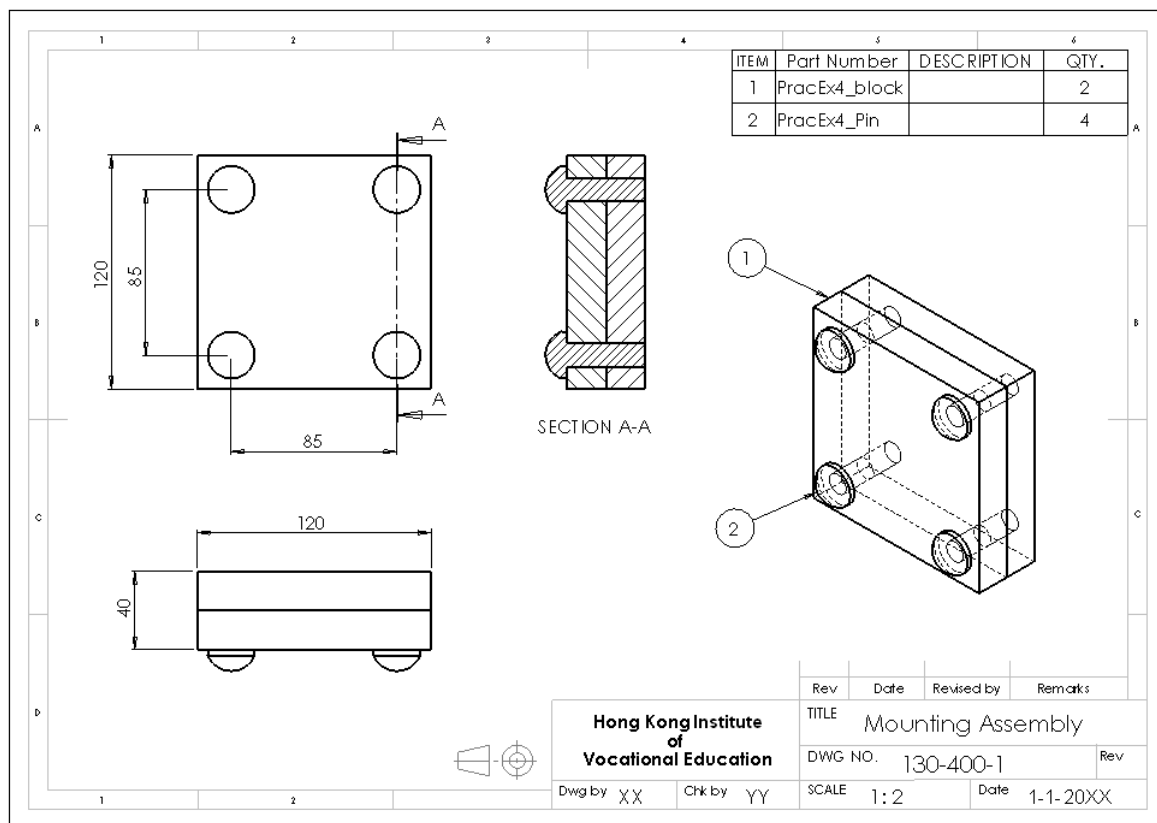


實習題 5.2

為組裝架部件製作一幅部件圖。

步驟

1. 開啟在實習題 5-a 所建立的繪圖樣板檔案
2. 選取圖紙格式模式
3. 輸入標題、繪製編號及日期
4. 改成圖紙模式
5. 設置圖紙屬性：第一角投影、比例 1:2
6. 加入部件，以頂面視圖及正視圖表達
7. 輸入尺寸
8. 在正視圖加入剖面線，以建立一個 A-A 視圖
9. 在繪圖的右面插入等角投影
10. 利用「材料清單工具」製作材料清單表；製作時或需刪除圖紙格式的欄目標題、零件編號等資料
11. 利用「註釋/汽球工具」來製作汽球說明



明暗運用及彩色效果演繹

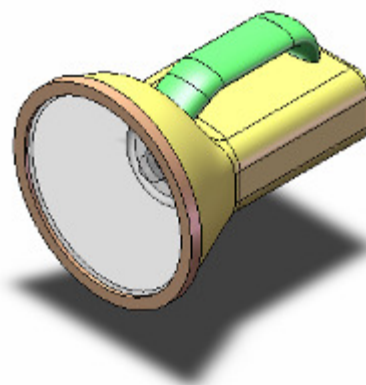
學習目標

- ▶ 瞭解「明暗運用」的概念及不同的明暗法
- ▶ 瞭解不同類型的光源，包括點光源、定向光、投射光和環境光
- ▶ 利用彩色效果演繹為 3D 模型創造具真實感的圖象

彩色效果演繹

「彩色效果演繹」十分普遍，是利用不同繪圖技術來繪製逼真的模型圖象，有時更會為產品的立體模型髹上色彩，以加強產品外觀的效果。

電腦系統可為每種材料事先設定一種顏色，即所謂「原色」。若果用家指定物件模型的顏色須依材料而定，那麼電腦系統便依每種材料事先設定的顏色，為物件模型自動會髹上原色，用家也選擇髹上其他非原色，例如，設計師可以為零件或零件的某些部份髹上非原色，以取得不同效果，如以下手電筒：

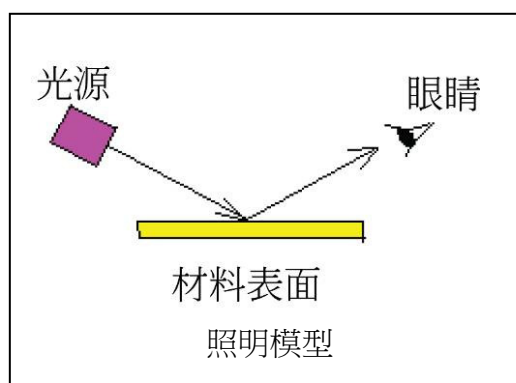


「明暗運用」與「光線追蹤」是在顯示屏上顯示立體模型顏色的兩種常用方法。

明暗運用

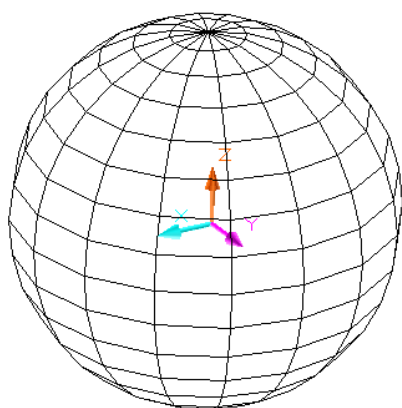
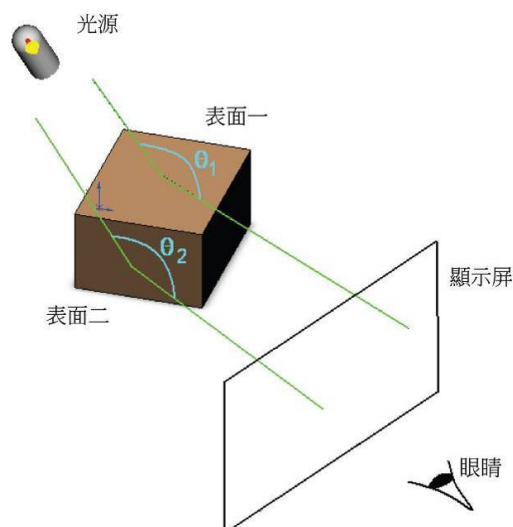
明暗運用假設有虛擬光源照射目標物，模擬出立體模型表面當時的顏色，物件表面的顏色源自光的反射，顏色因光線的位置、方向和屬性，以及物件表面的特徵而異。因此，觀者或會因不同光源的原故，而看到在同一表面上出現不同的顏色。

在右圖中，「照明模型」可利用數學公式來描述反射光或折射光的多少，用家可用電腦來計算在特定表面上應顯示的顏色。





在右圖中，觀者觀看表面一，與光源間形成角度 θ_1 ；觀看表面二，形成 θ_2 。電腦可以根據 θ_1 和 θ_2 ，計算出觀者在兩個表面上看到的顏色。



若物件呈曲面，電腦先會把表面「分解」成小而平的多邊形，造成用以一個仿立體物件的「網格」，而多邊形的面積越小，網格的仿真度越高，電腦的運算時間亦越長。

左圖顯示一個以 16×16 網格描畫的球體

明暗運用種類

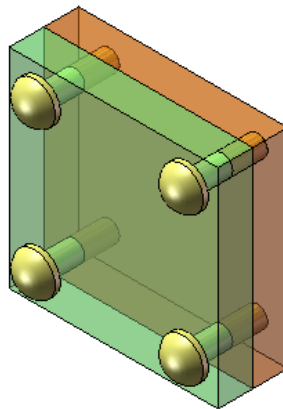
平面、高氏及龐氏是電腦繪圖中三種最常用的明暗運用，當中以平面法的速度最快，效果亦較差。而龐氏法所需運算時間最長，但效果最好。高氏法則介乎兩者之間。

思 前 想 後			
以下三個球形運用了三種不同的明暗運用。試比較結果，並說明不同之處。			
			
平面	高氏	龐氏	

實習題 6.1

步驟

1. 開啟在實習題 4-a 完成了的組裝架部件檔案
2. 選取前面的組件
3. 設定顏色為淺綠色（紅 128、綠 255、藍 128）
4. 設定透明度度數為 0.5
5. 選取後面的組件
6. 設定顏色為淺棕色（紅 232，綠 113，藍 8）
7. 設定透明度度數為 0.5
8. 選取四枚銷
9. 設定顏色為淺黃色（紅 255，綠 255，藍 128）

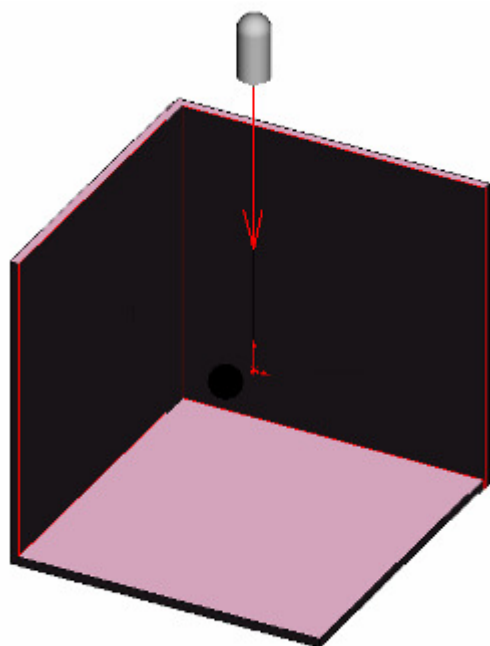


燈光

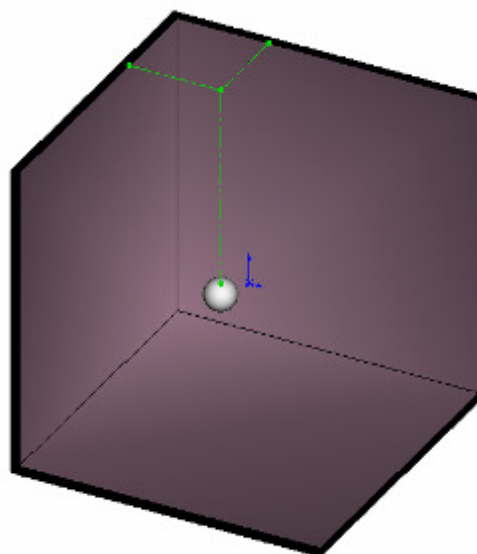
光源屬性包括光源的位置和方向、光譜〔顏色〕和衰減程度等，都會影響明暗運算的效果。「衰減程度」是用來描述光源的減弱效果，換言之，物件與光源的距離越遠，照明效果越弱。為方便，明暗運算一般假設沒有衰減問題，又把光源分為定向光、點光、投射光及環境光四類。

「定向光源」指所有光線從同一光源和方向平行射出，非常遙遠的光源〔如陽光〕，即可視為定向光源。

「點光源」指光線從單一點向幾乎所有方位同時發放，燈泡即為點光源一例。



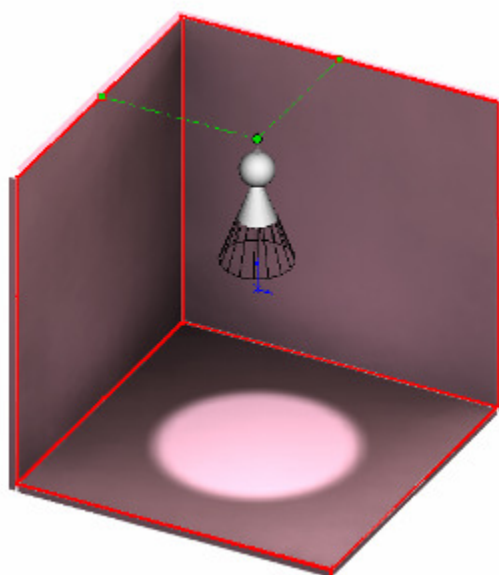
定向光



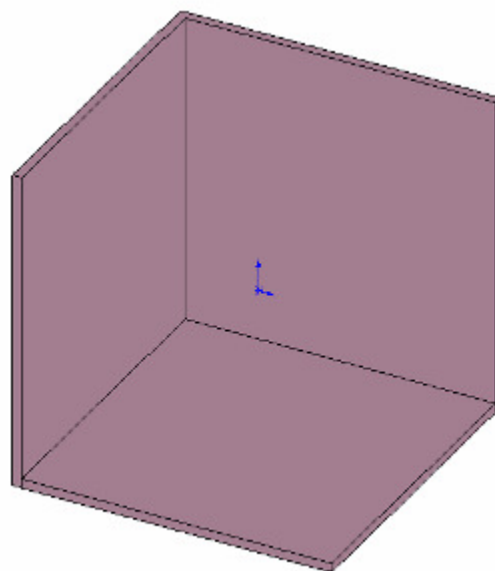
點光

「投射光源」的光線始於一點並以錐形發放開來，在焦點範圍以外，並沒有任何光。

「環境光」用以模擬四周存在多個不同光源的照明效果，在此情況下，光線以同樣強度照到物件的所有表面，不論個別表面所向，照明範圍外則漆黑一片，除非設計師另作調較。



點光



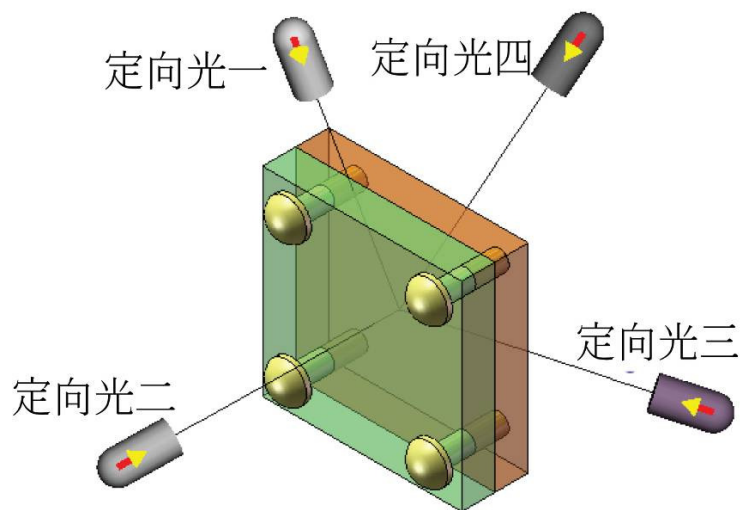
環境光

實習題 6.2

探討物件上的光源效果。

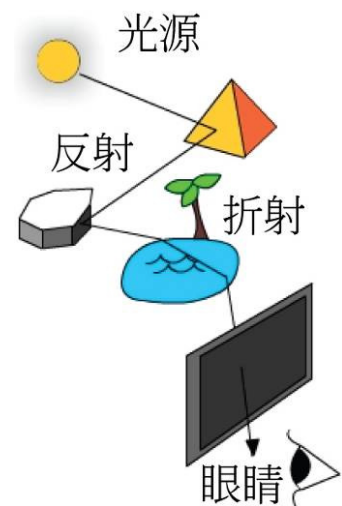
步驟

1. 顯示在以前活動中所介紹光源的位置
2. 移動光源位置
3. 改變光源參數
4. 探討物件上的光源效果



光線追蹤

明暗運用之所以有助於設計，在其快速製成立體模型圖象的效果，讓設計師看到產品的外觀，然而，為易於運算，明暗運用常假設一些因素不存在，如沒有從其他物件反射來的反射光和折射光。因此，設計師需要運用「光線追蹤」來改善圖象質素，顧名思義，光線追蹤是追蹤光線顯示在物件上的反射和折射效果。

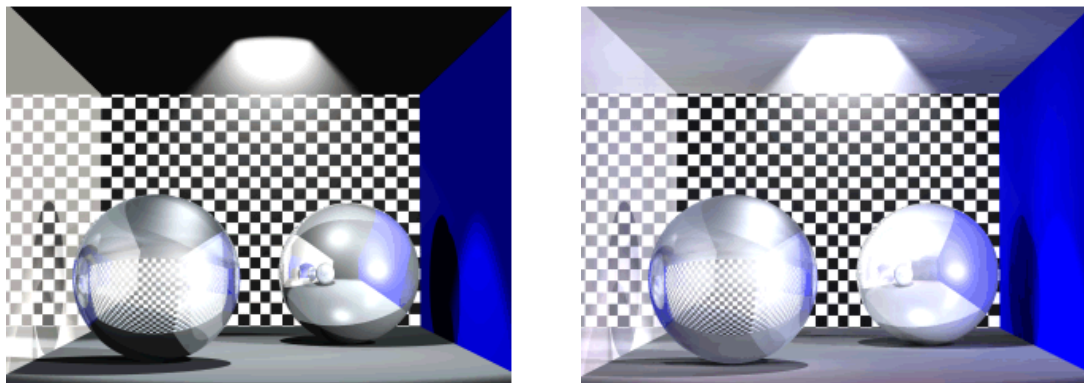


用家可以把需要的反射及折射作用的參數輸入電腦輔助設計系統，反射及折射作用越多，圖象效果越好，但運算時間亦越長。

停 一 停 想 一 想

照明反射

比較以下兩圖，左圖運用了「間接照明」，右圖則沒有。



1. 試述以上兩圖的右牆、天花板和地板不同之處。
2. 試解說右圖反射球體會褪色較多的原因。

材料屬性

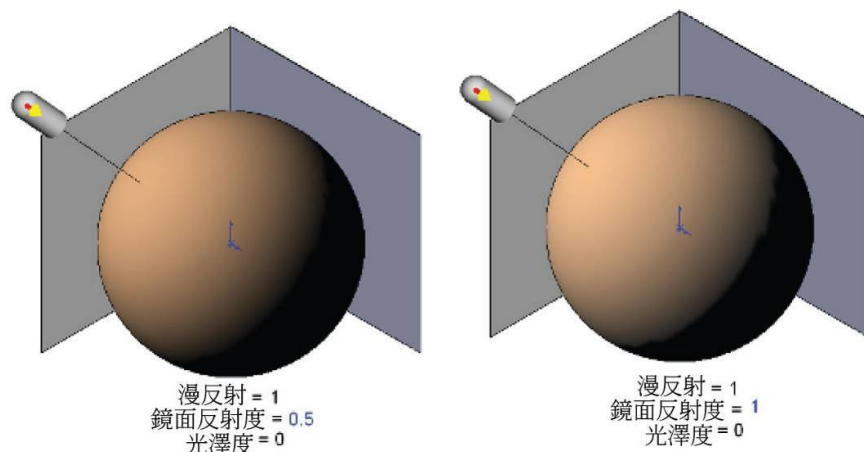
立體物件的外觀會受光屬性及以下材料屬性影響：

- (a) 透明度
- (b) 漫反射度
- (c) 鏡面反射度
- (d) 光澤度
- (e) 發射度

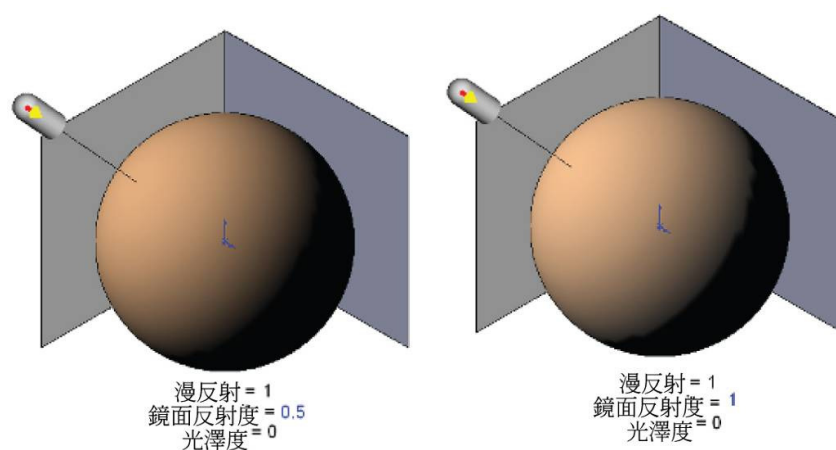
「透明度」是指貫穿物件的光線多少，透明度越高，透明物背後的物件便越容易為人所見。

「漫反射」是指「入射光線」的散佈情況，漫反射出現在粘土和粉筆等非常粗糙的表面，與完全反射不同，因完全反射把所有入射光線反射到同一方向。

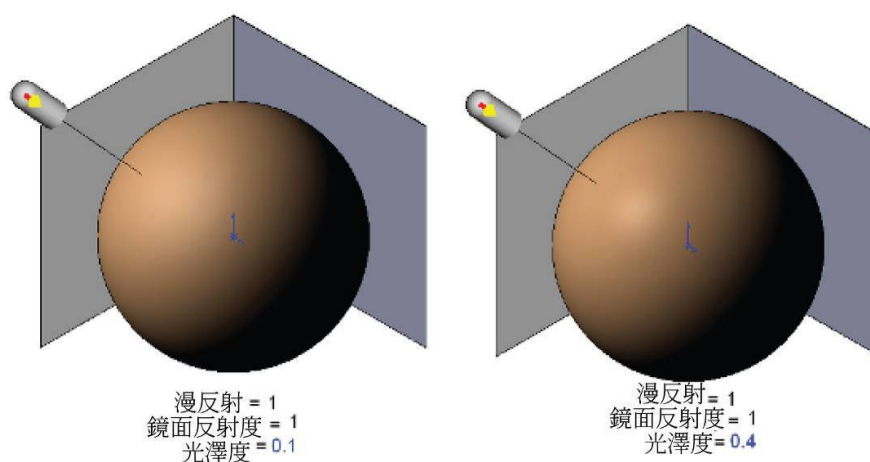
在照明模型中，「漫反射」的效果取決於光源角度，而與視角無關，電腦輔助設計軟件中的漫反射功能，能調較在一個完全漫反射面上其反射光的強度。



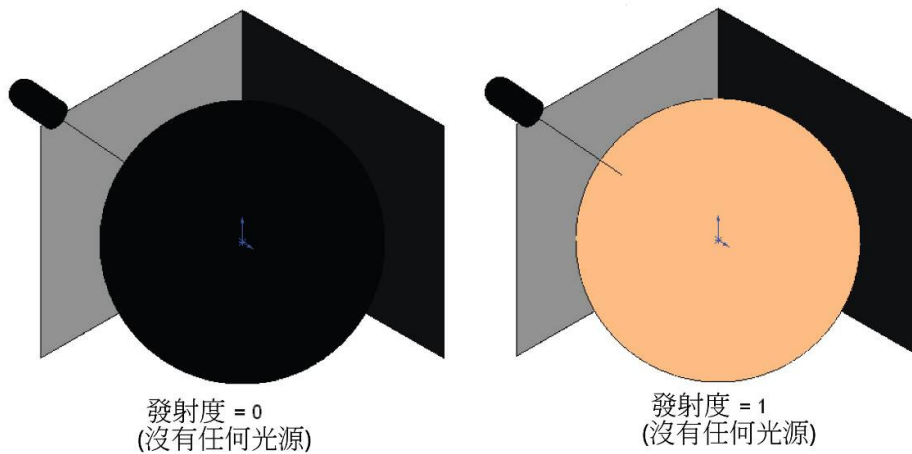
「鏡面反射」與漫反射剛剛相反，在完全鏡面反射情況下，所有光線皆朝同一方向反射出去，沒有任何散射，鏡子即為完全鏡面反射一例。



「光澤度」指視野移離完全反射光的時候，反射光強度的減少速度，光澤度越低，強度下降越慢，光澤度越高，強度下降越快。

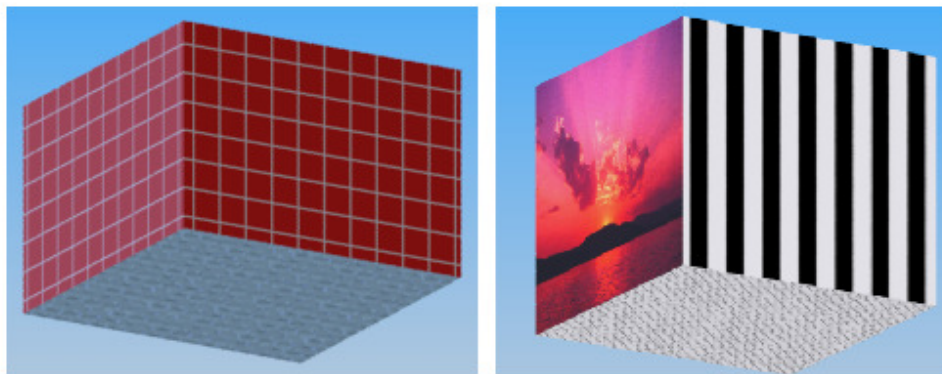


「發射度」控制在沒有外來光源的情況下，由物件本身輻射出來的光線。



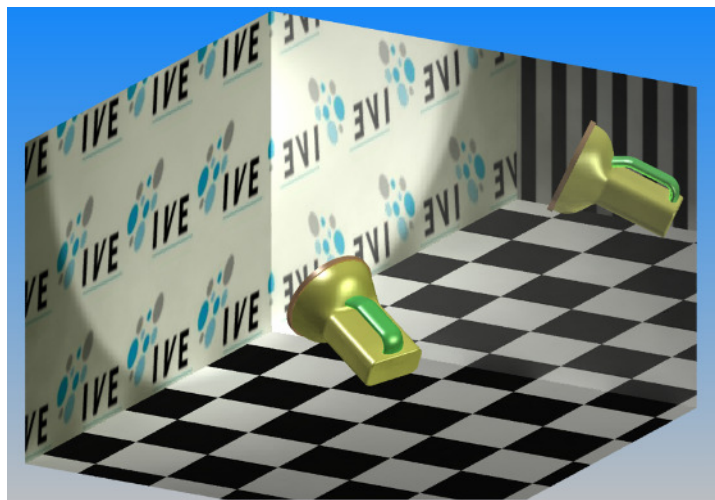
場景

製作立體物件的彩色效果圖時，加入場景十分常見，無論是矩形方塊或是球體，都可以在製作彩色效果圖時，輕鬆地加入場景，以下是一些場景應用例子：



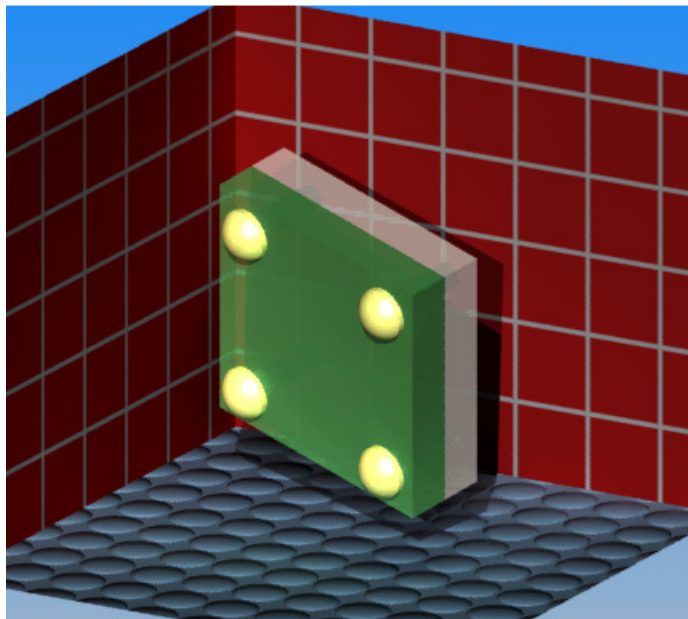
彩色效果圖例子

「光射追蹤」可在產品製作前，給設計師製作逼真的圖象，下圖顯示一個放置在場景中的手電筒，左牆放置了一幅圖，形同牆紙。右牆放置了一面鏡，把手電筒的光反射至左牆上。



實習題 6.3

以彩色效果製作一顯示的方塊。



步驟

1. 選擇場景
2. 開啟定向光及環境光
3. 調整光源及光學屬性
4. 觀察燈光效果

評估課業

設計作業

作業名稱：電風筒

【甲部】作業大綱

背景資料

一家電器生產商的市場推廣經理抱怨公司旗下的一款電風筒：

1. 外型不時尚
2. 輪廓太笨拙
3. 顏色太呆板

為維持市場競爭力，公司打算改革該產品，並決定：

1. 保留電風筒所用的電器零件，不作任何改動
2. 電風筒的開關掣及控制位置等可作修改
3. 電風筒外殼需重新設計

作業任務

1. 目標產品：電風筒
2. 設計小組：學生分為二至三人一組
3. 建議書：學生須將專題研究建議書提交給市場推廣經理〔即老師〕作審核，建議書內容以兩頁 A4 紙為上限，草圖和繪圖片不在此限，內容必須包括：
 - (i) 學生姓名及班別
 - (ii) 用簡單文字介紹有關所選定產品的功能、操作情況和專題研究的目標
 - (iii) 產品的手繪草圖
 - (iv) 專題研究進程的概略時間表

建議書獲核准後，學生須使用電腦輔助設計軟件，將電風筒模型繪畫在 A4 紙上，並作簡單的明暗處理，同時在組合圖上把所有零件按比例繪畫出來，並標示相關尺寸。

學生須演示其專題研究；演示時間以八分鐘為上限，另加三分鐘的答問環節。



電風筒模型

【乙部】作業內容

引言

工程專題研究為學生提供了一個初步接觸設計、研究和解決問題的機會。學生可藉此機會將所學的技術知識應用到複雜的專題研究上。在準備專題研究期間，學生須考慮運用合適的技術和美術創意。研究範圍包括機械系統、設計與草擬，以及計算過程等。

目標

假設你是一個設計作業小組的成員。小組的項目經理為電風筒的新設計訂定了以下準則：

- (1) 電風筒必須由聚合物材料（塑膠）製造
- (2) 電風筒必須能以單手拿住
- (3) 歡迎任何具創意和富想像力的設計

作業一：學生能計劃、安排日程和量度尺寸

- (1) 量度物件的整體尺寸，如闊度、高度、深度和厚度等
- (2) 選用合適的量度工具
- (3) 瞭解量度誤差及其對往後計算的影響

作業二：學生能手繪草圖

- (1) 利用紙張和鉛筆獲取、編製、處理和傳輸資訊
- (2) 手繪電風筒草圖
- (3) 標示尺寸

作業三：學生能認識設計的流程，並學以致用

- (1) 在陌生環境自發地開始和進行調查
- (2) 發掘技術上的發明或創新機會
- (3) 認識數學，並能有信心以數學與人溝通和解釋問題：
 - ▶ 把數學應用到現實世界
 - ▶ 集數字系統、幾何、代數、數據分析、或然率和三角學等各家之大成來解決問題

作業四：學生能製作機械零件及部件

學生能使用電腦輔助繪圖與設計軟件，並輔以簡單的明暗運用來製作模型。

作業五：學生能對設計世界〔材料和照明〕有一定瞭解

- (1) 學生能為模型表面配上適當的質感
- (2) 學生能製作既時尚、又配合會場氣氛的照明系統

作業六：學生能製作正式檔，並把內容演示出來

- (1) 學生能製作多媒體演示材料，並能表現出清楚知道演示對象和演示主旨
- (2) 學生能撰寫總結報告

【丙部】工作指引

第一階段：專題研究建議書

專題研究建議書

- (1) 建議書先交老師審核，核准後方可展開量度和重新設計等工作
- (2) 建議書內容以兩頁 A4 紙為上限，草圖和繪圖不在此限
- (3) 建議書必須包含以下各個項目：
 - (a) 學生姓名和班別
 - (b) 有關所選定產品的功能、操作情況和專題研究的目標等的簡單文字介紹
 - (c) 產品的手繪草圖
 - (d) 專題研究的概略時間表

第二階段：每週進度報告

學生每週需提交進度報告給老師。

第三階段：專題研究總結報告

專題研究總結報告乃全組共同參與的活動。學生可參考以下報告格式：

一《內容撮要》

此部份為整項專題研究的撮要，當中包含專題小組的建議。內容應包括原有產品和重新設計的產品，介紹新產品比對原有產品的優點和缺點等。

二《引言》

此部份

- (1) 介紹所選定產品的背景資料
- (2) 指出專題研究的重要性
- (3) 展示所選定產品的立體組合圖或展開圖，詳細內容則留待報告的往後部份交代
- (4) 略述報告的結構和內容

三《目標》

- (1) 清晰扼要地說明專題研究的目標
- (2) 不應與過程混淆

四《過程》

描述從開始研究到達成目標的整個過程。

五《設計與分析》

- (1) 展示和討論所設計的實物模型各個元件
- (2) 說明為方便製作以電腦為本的圖象時所作出的簡化假設
- (3) 提供簡化假設的理由
- (4) 融合所有圖表和文字
- (5) 為報告的圖表加入數字、題目和參考編號

六《結論與建議》

- (1) 不應在此部份加入新資料
- (2) 總結報告前文所得結果
- (3) 就結論提出解決方法

第四階段：口頭演示

口頭演示時間以八分鐘為上限，另加三分鐘的答問環節。

實踐課業及練習

實踐課業一（第一章）

實踐課業準則

- ▶ 學生分為四至六人一組
- ▶ 所需工具：鉛筆、間尺、界紙刀、剪刀、蠟筆和白膠漿
- ▶ 材料：硬紙板和發泡膠板

註：所有工具和材料皆可於文具店買到。

課業 1.1

在兩小時內，以適當比例為你所就讀的中學製作一套紙板建築模型。

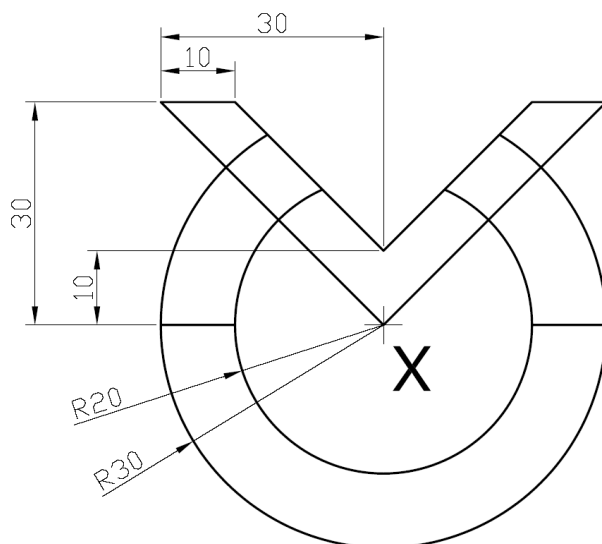
課業 1.2

在一小時內，以適當比例為一個六十平方米的住所製作一套發泡膠模型。

實踐課業二（第二章）

課業 2.1

以 X 作為端點，將下圖以 1:2 的比例繪畫出來，每作圖方格邊長為 5 毫米。

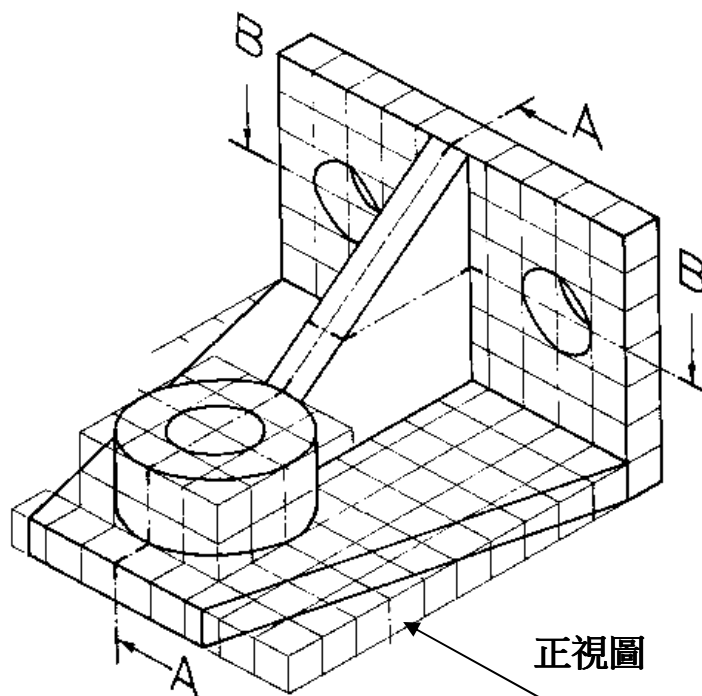


時限：二十分鐘

課業 2.2

以第一角投影法將下列各圖以原尺寸繪畫出來。

- (1) 為 A-A 繪畫正面剖視圖
- (2) 為 B-B 繪畫俯視剖視圖
- (3) 側視圖



務必把所有視圖放於正確位置。
每作圖方格邊長 5 毫米。

時限：六十分鐘

練習一（第二章）

練習 1.1：繪畫一點透視圖

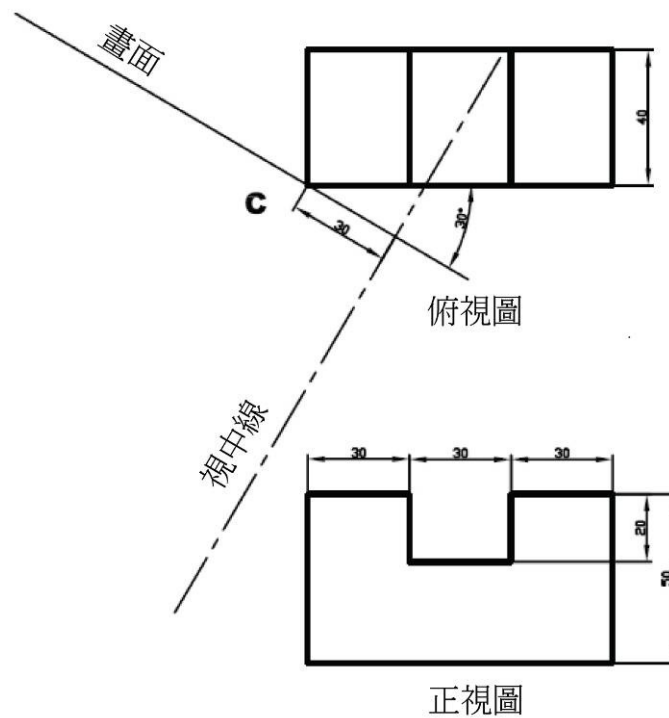
- (1) 決定消失點的位置
- (2) 為以下物件繪畫一點透視圖



練習 1.2：繪畫兩點透視圖

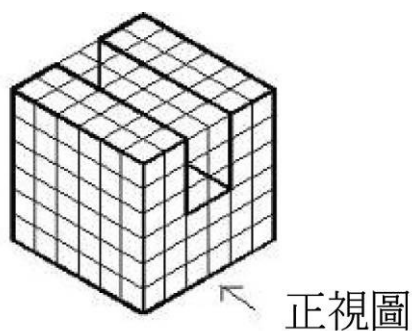
為以下物件繪畫兩點透視圖。已知資料：

- (1) 視點離畫面 60，離基面 150
- (2) 物件企立在基面上



練習 1.3：繪畫第一角正投影圖

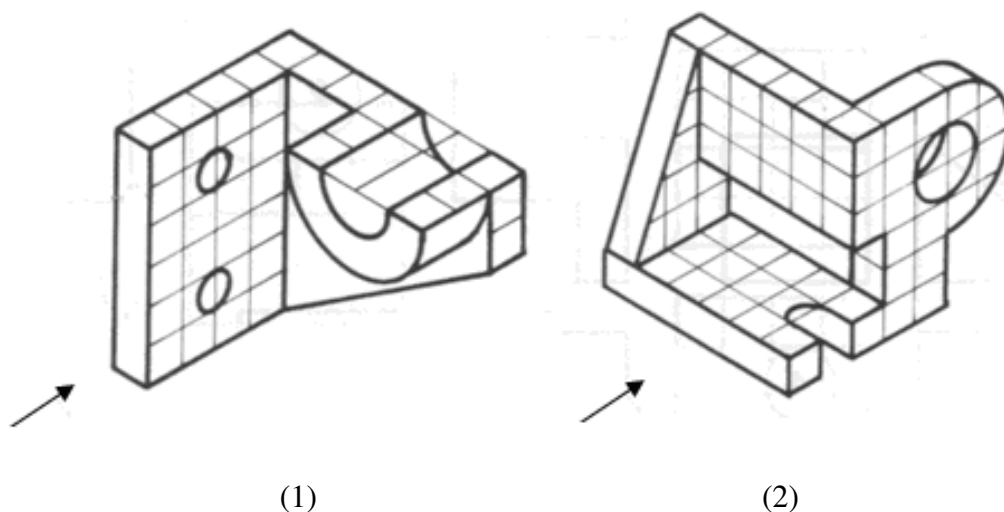
採用第一角正投影法，為以下物件繪畫三面投影圖。



練習 1.4：繪畫第三角正投影圖

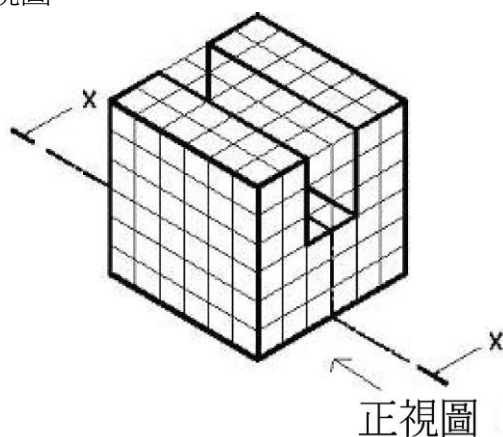
採用第三角正投影法，為以下元件繪畫原尺寸的繪圖。

註：箭頭所示一面為正面圖的方向。



練習 1.5：物件的剖視圖

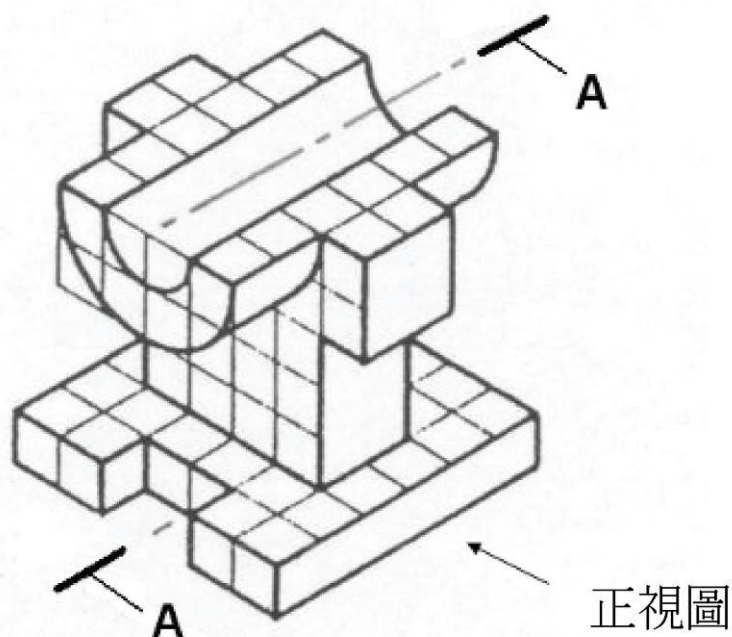
為以下立體物件，繪畫剖視圖。



練習 1.6：製作物件正投影和剖視圖

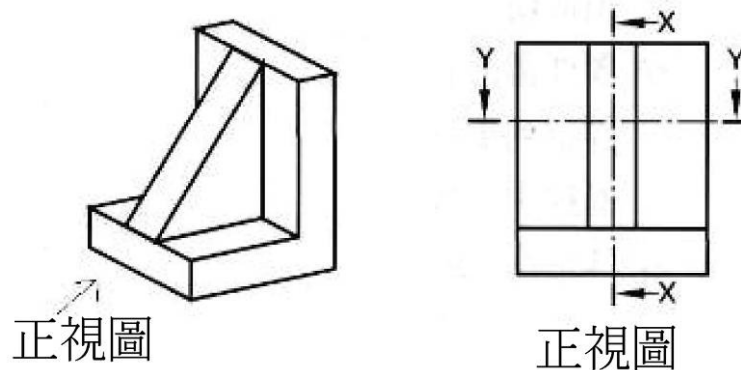
採用第一角投影法，以原尺寸繪畫下列各圖：

- (1) 平面圖
- (2) 為剖視線 A-A 繪畫剖面正視圖
- (3) 兩個側視圖



練習 1.7：為物件繪畫多面剖視圖

分別以 X-X 和 Y-Y 為剖視線，為以下物件繪畫剖視圖。

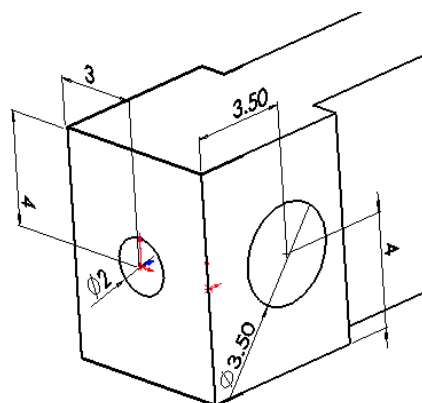
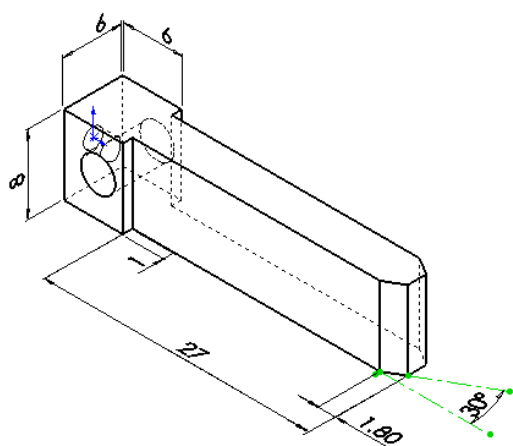


練習二（第三章）

練習 2.1

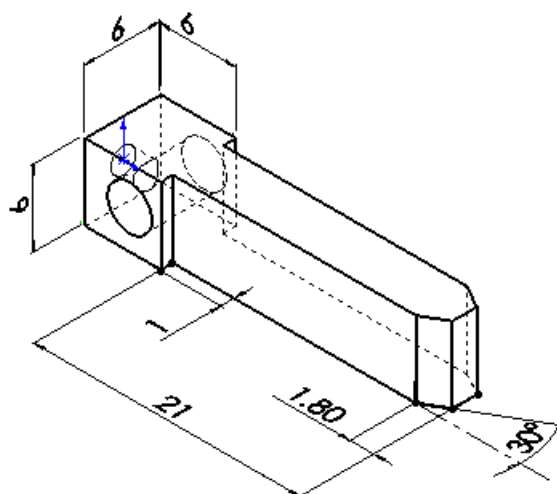
問題一

繪畫電插頭的地線接腳。



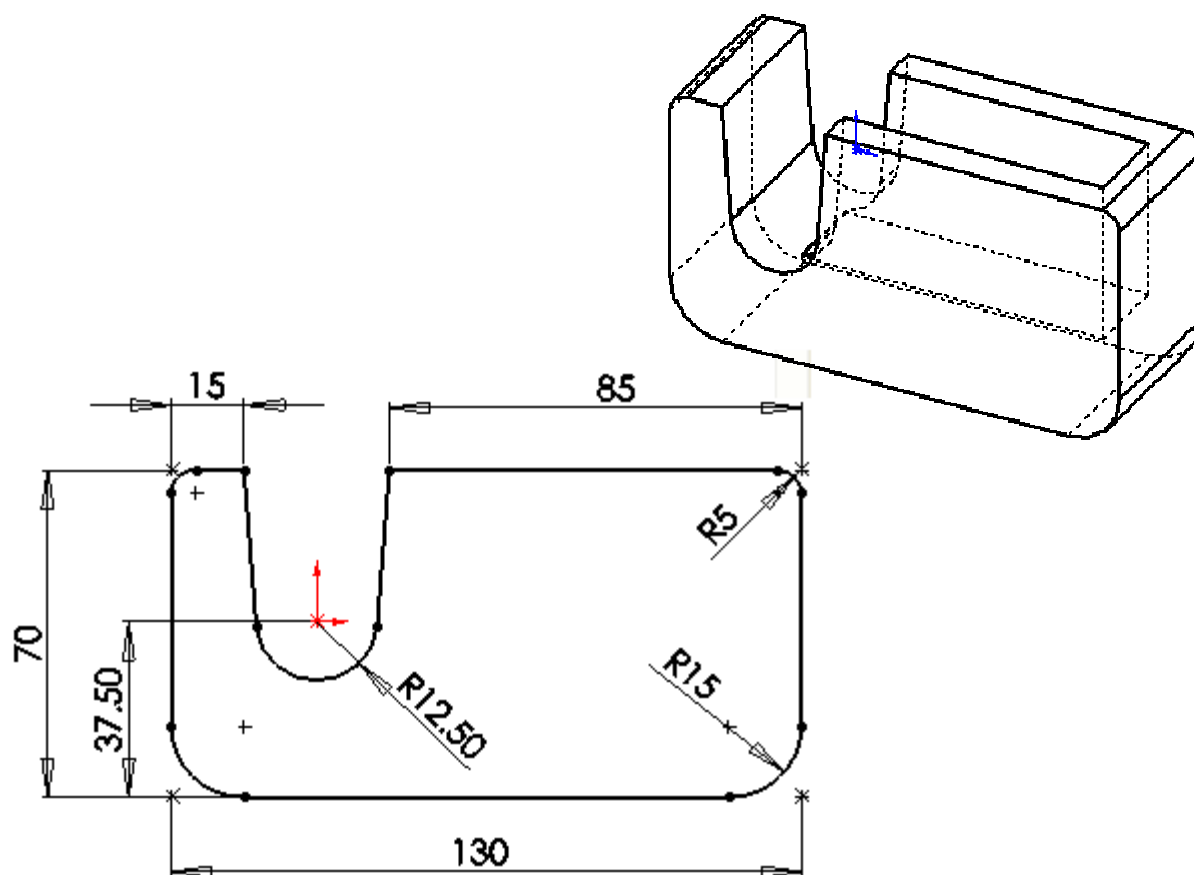
問題二

參照〈問題一〉的地線接腳，按以下尺寸來繪畫火線接腳及中線接腳。兩洞的直徑維持與〈問題一〉的直徑相同。



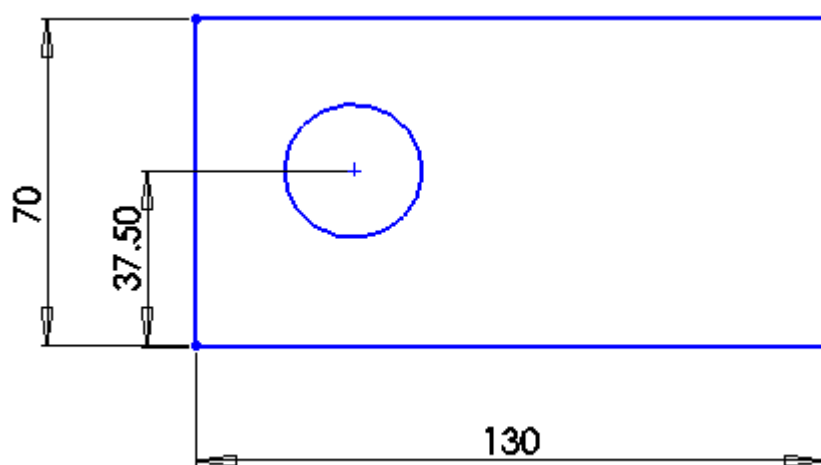
練習 2.2

設計及製作以下膠紙座的立體模型。

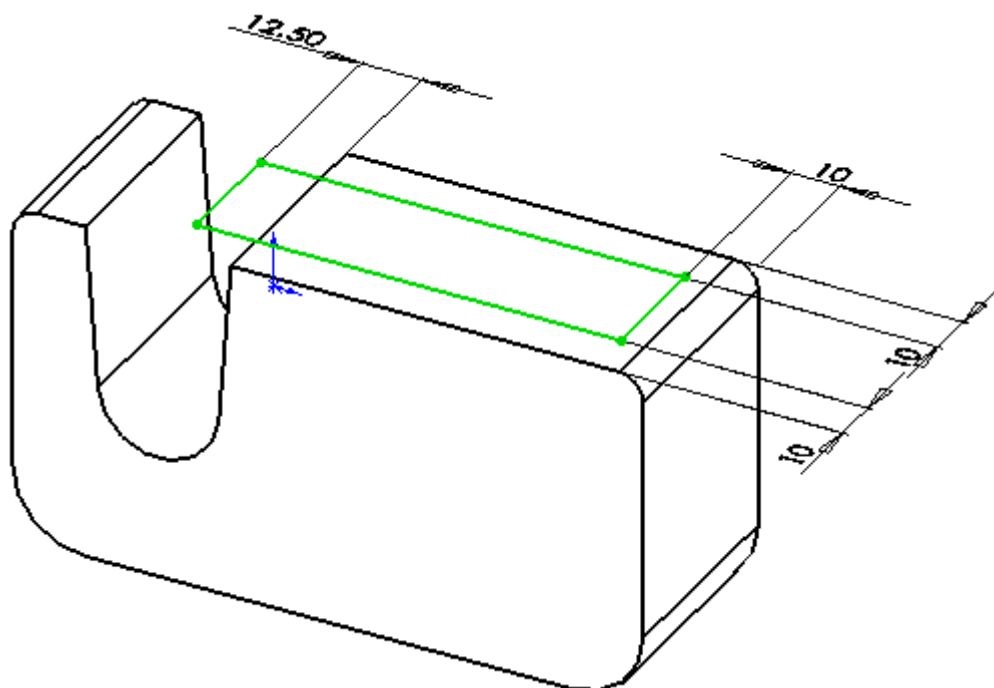


步驟

(1) 先以矩形和圓形繪畫一個平面輪廓如下。



- (2) 拉厚輪廓，深度為 45 毫米。
- (3) 在拉厚的頂面，製作一個矩形輪廓。



- (4) 以拉厚切割向下切入，深度為 45 毫米。

練習 2.3

問題一

為 AA 電池製作一個立體模型。

步驟

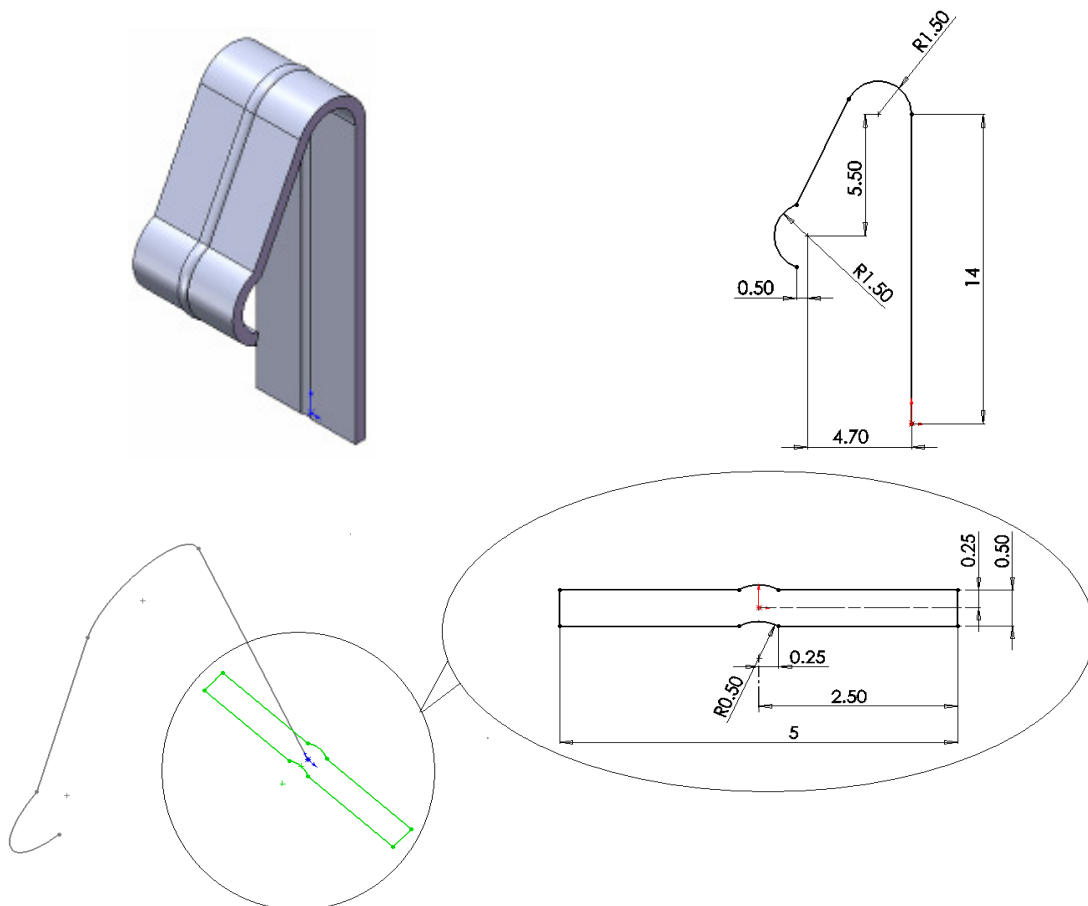
- (1) 量度 AA 電池的尺寸
- (2) 構思一個手繪草圖平面，作繪畫電池輪廓之用
- (3) 製作立體模型

問題二

使用「掃描」功能為下圖所示的電池彈簧製作立體模型。

步驟

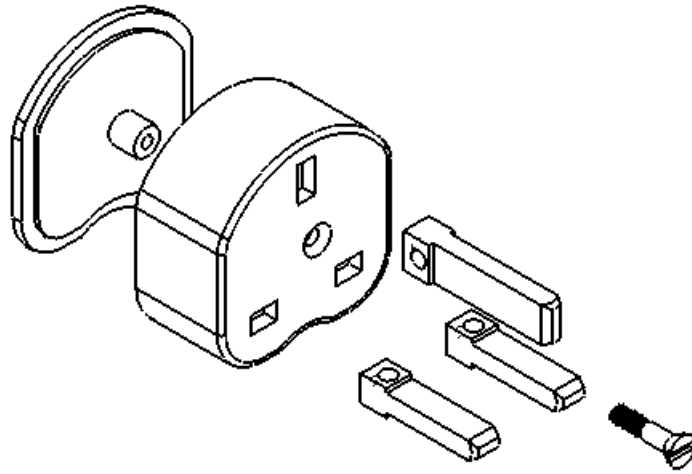
- (1) 在垂直草圖平面上繪畫一個輪廓，留為稍後「掃描」的軌跡用
- (2) 在水準草圖平面上繪畫一個輪廓，留為稍後「掃描」的剖面用
- (3) 以「掃描」製作有關零件



步驟 (2) 剖面輪廓的尺寸

練習 2.4

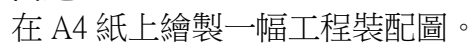
組合早前練習所製成的插頭。



步驟

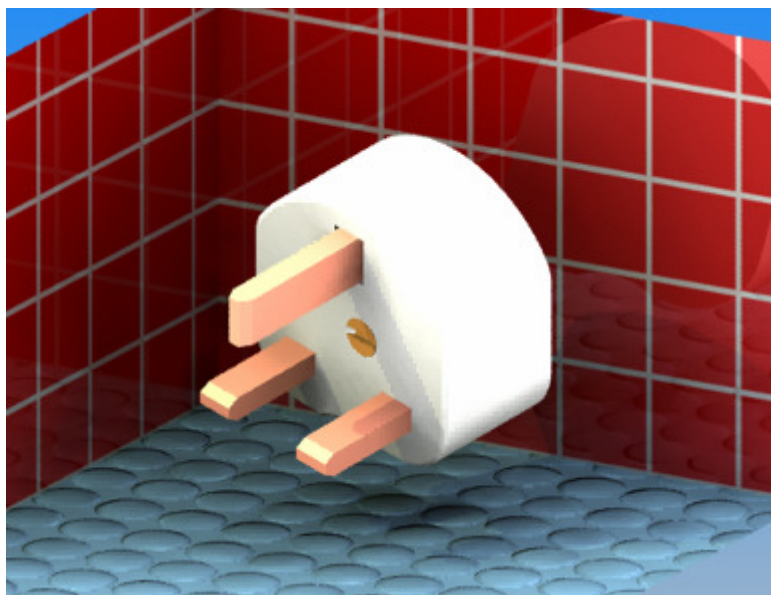
1. 將主體放在一個固定位置上，作為部件的第一件零件。
2. 按下列配對條件，將地線接腳插入部件
 - ▶ 三對平行平面重合。每對平面與另外兩對互相垂直。
3. 按下列配對條件，將火線接腳插入部件
 - ▶ 三對平行平面重合。每對平面與另外兩對互相垂直。
4. 按下列配對條件，將中線接腳插入部件
 - ▶ 三對平行平面重合。每對平面與另外兩對互相垂直。
5. 按下列配對條件，將插頭底托插入部件
 - ▶ 插頭底托的上曲線和主體重合。
 - ▶ 插頭底托的底部平面和主體重合。
6. 按下列配對條件，將螺絲釘插入部件
 - ▶ 螺絲的錐度面和埋頭孔重合。
 - ▶ 螺絲的頂面和主體的頂面重合。
 - ▶ 窄縫平面和主體底部平面互相平衡。

以立體模型為依據，在 A4 紙上繪製一口銷的工程零件繪圖。



練習 2.6 (自選練習)

製作一個與下圖相似的電插座彩色效果演繹圖。



實踐課業三（第四章）

課業 3.1：電腦輔助設計和視像化研究

- (1) 以四人為一組
- (2) 從互聯網或圖書館搜查資料，舉一例說明 CAD 和視像化如何應用於日常生活或行業之中。
- (3) 以五至八分鐘演示調查結果。

課業 3.2：電腦輔助設計和視像化對你有何幫助？

- (1) 以一百字為限，解釋我們在策劃開放日、陸運會和聖誕聯歡會等學校活動時，CAD 可以發揮甚麼效用。
- (2) 解釋在上述情況下，如何運用 CAD。

課 後 測 驗

課後測驗一（第一章）

多項選擇題

- (1) 下列哪項並**不是**提高物件外貌表現的技巧？
 - A. 著色
 - B. 繪畫線條
 - C. 運用強光手法
 - D. 彩色效果演繹圖

- (2) 下列哪種是暖色？
 - A. 藍色
 - B. 綠色
 - C. 白色
 - D. 黃色

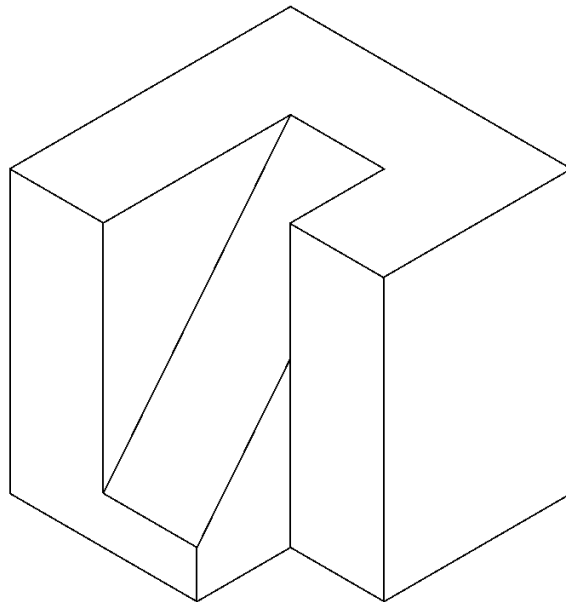
- (3) 下列哪種是冷色？
 - A. 黑色
 - B. 藍色
 - C. 白色
 - D. 黃色

- (4) X 光源可以是最強的光線，令陰影區的形狀更深更明確。在 Y 光源下，陰影區中形狀的輪廓較弱、較淺色和較模糊。

	<u> X </u>	<u> Y </u>
A.	主	主
B.	主	次
C.	次	主
D.	次	次

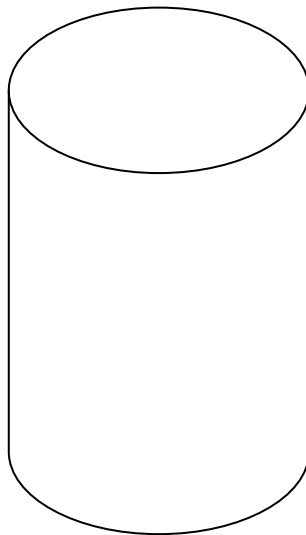
短答題

- (1) 以粗幼線條手法來改良以下物件的表達效果。



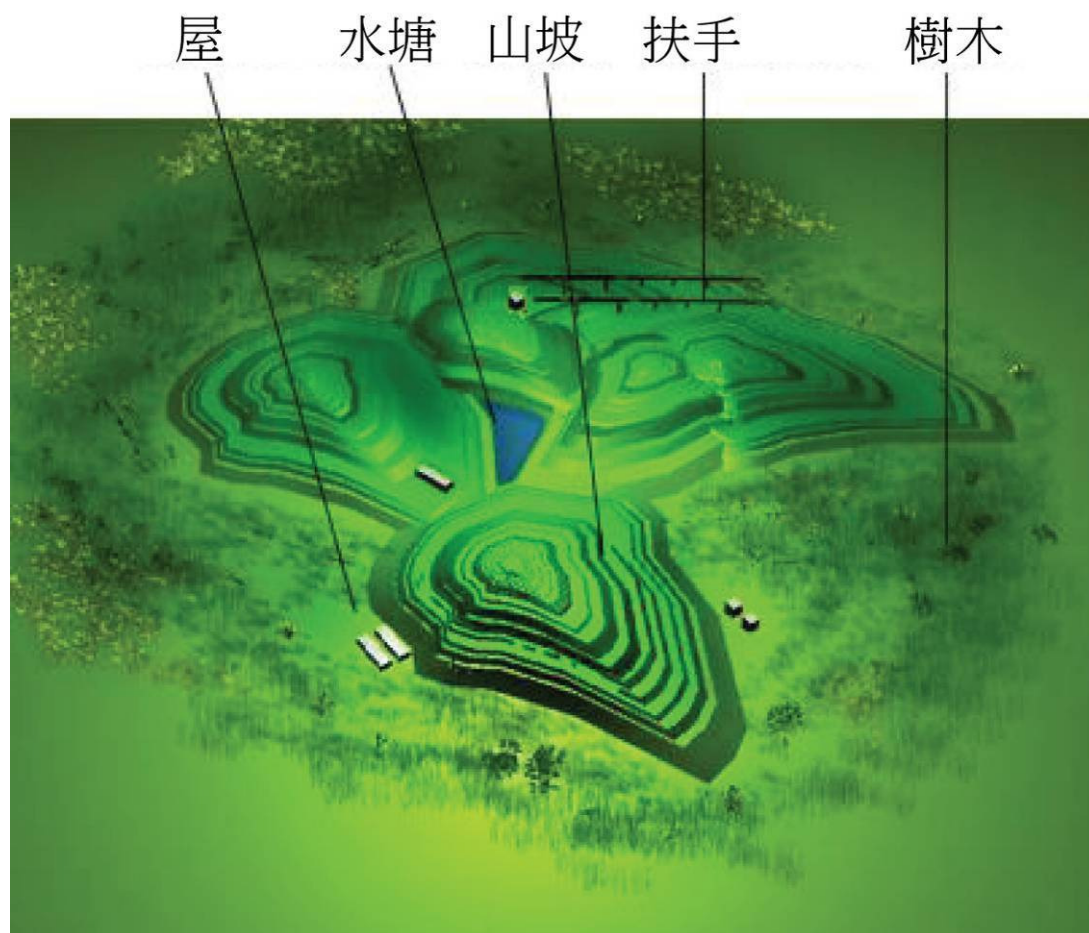
長答題

- (1) (a) 列舉並說明兩種「明暗法」
(b) 把 (a) 提及的兩種明暗法運用到下圖



下圖為一個公園的建築模型。

(a) 試為下列各項目提議最合適的材料。



(b) 試為以下模型選擇最合適的製作材料：

- i. 鏡子
- ii. 溫室
- iii. 三層高樓房
- iv. 液晶體電視機
- v. 舢舨
- vi. 家用櫃

(c) 試解釋為何平面俯視圖常被用來製作住宅的樓層平面圖。

課後測驗二（第二章）

多項選擇題

- (1) 下列哪種透視圖**並非**日常生活所常見？
- A. 一點透視圖
 - B. 兩點透視圖
 - C. 三點透視圖
 - D. 以上皆非
- (2) 下列哪個國家常用第一角正投影法繪圖？
- I. 美國
 - II. 中國
 - III. 法國
 - IV. 英國
- A. 只有 I、II 和 III
 - B. 只有 I、III 和 IV
 - C. 只有 II、III 和 IV
 - D. 以上皆是
- (3) 下列哪種剖面屬剖視圖？
- I. 全剖面
 - II. 半剖面
 - III. 偏移距剖面
 - IV. 部份剖面
- A. 只有 I、II 和 III
 - B. 只有 I、II 和 IV
 - C. 只有 II、III 和 IV
 - D. 以上皆是
- (4) 下列哪種建築繪圖可用以顯示室內碗櫃、廚房、浴室裝置和牆壁的位置？
- A. 剖視圖
 - B. 樓層平面圖
 - C. 單線圖
 - D. 正視圖

(5) 下列哪項不是訂立電工符號標準的機構？

- A. 澳洲標準
- B. 英國標準
- C. 國家標準
- D. 標準電工

(6) 下列哪項違反製作視覺輔助工具的指引？

- A. 每件視覺輔助工具只表達單一概念。
- B. 宜用插圖、顏色及吸引注意力的工具。
- C. 縮寫句子為重點，訊息表達清楚和扼要。
- D. 視覺輔助工具的文字宜小不宜大。

(7) 七、下列哪個符號代表插座？

- A. 
- B. 
- C. 
- D. 

(8) 八、下列哪個符號代表掛牆照明插座？

- A. 
- B. 
- C. 
- D. 

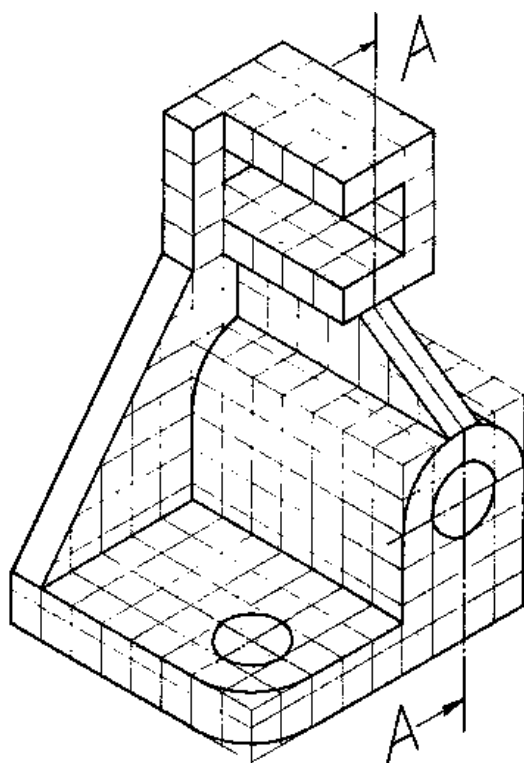
長答題

(1) 試用第三角投影法，以全尺寸為圖中托座畫出下列視圖：

- A. 以 A-A 為剖視線的正面剖視圖
- B. 右側視圖
- C. 俯視圖

備註

- (i) 所有視圖的位置必須正確。
- (ii) 每個作圖方格代表十毫米。

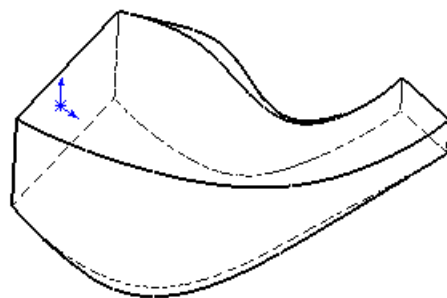


(2) 圖表有助於讀者處理資料和數據，及方便分析。試簡單介紹三款最常用的圖表。

課後測驗三（第三章）

多項選擇題

- (1) 立體實體模塑是以下列哪種輪廓為基礎？
 - A. 平面開路輪廓
 - B. 平面閉路輪廓
 - C. 立體開路輪廓
 - D. 立體閉路輪廓
- (2) 「旋轉」功能可以製作下列哪項出來？
 - A. 有垂直深度的物件
 - B. 立體球狀物
 - C. 形狀極不規則的物件
 - D. 連接不同輪廓而成的物件
- (3) 「拉厚切割」功能由下列哪項組成？
 - A. 聯合運算
 - B. 交集運算
 - C. 遞減運算
 - D. 以上皆非
- (4) 參數式模塑技術所造的模型，其形狀是由下列哪項主導？
 - A. 尺寸
 - B. 功能
 - C. 圖元
 - D. 草圖
- (5) 功能為本模塑技術所造的立體模型，其最終形狀……
 - A. 受到用家使用功能的次序所影響。
 - B. 不會受到用家使用功能的次序所影響。
 - C. 間歇受到用家使用功能的次序所影響。
 - D. 只在用家需要時，才受到用家使用功能的次序所影響。
- (6) 下列哪項是平面草圖的內圓填角功能的用途？
 - A. 刪除實體的部份。
 - B. 刪除整個實體。
 - C. 以兩條直線取代角落。
 - D. 以一條弧線取代角落。
- (7) 下列哪項功能可以製作下圖出來？
 - A. 拉厚
 - B. 旋轉
 - C. 掃描



- D. 延伸
- (8) 如果兩件零件配對起來可任意獨立旋轉，卻不相對平移的話，其自由度應為多少？
- A. 一
B. 二
C. 三
D. 四
- (9) 如果零件和部件間有關聯關係，即……
- A. 任何零件的改變都會改動部件。
B. 部件的任何改變會改動零件。
C. A 和 B 皆是。
D. 以上皆非。
- (10) 製作下列哪項時，材料清單會自動製成？
- A. 零件
B. 部件
C. 繪圖
D. 汽球參考系統
- (11) 下列哪項明暗法能提供最佳的影像效果？
- A. 平面明暗法
B. 曲面明暗法
C. 高氏明暗法
D. 龐氏明暗法
- (12) 光線追蹤用於……
- A. 製作現實照片的影像
B. 快速顯示彩色立體物件
C. 解釋三原色的真實顏色
D. 解釋 HSV 的真實顏色

長答題

- (1) 試以圖表說明如何以 CAD 軟件系統來表達物件的立體模型。
- (2) 試述如何修改〈長答題一〉中的立體模型，使之能更逼真表達真實物件(如人的頭部)。另試述有關修訂對計算立體模型有何影響。

課後測驗四（第四章）

多項選擇題

- (1) 下列哪項是立體掃描器的主要用途？
 - A. 將可能損害立體系統的電腦病毒掃描出來。
 - B. 將文件掃描，作數碼紀錄和分發。
 - C. 計算掃描物件和掃描器之間的距離。
 - D. 掃描物件，作數碼紀錄和輸入 CAD 軟件作進一步處理。
- (2) 下列哪項不是以 CAD 軟件來模擬工廠物流情況的直接好處？
 - A. 設計出效能最佳的物流系統，毋須待工廠建成後方能評估。
 - B. 防患未然，在安裝設備前已解決瓶頸問題。
 - C. 提升產品銷量。
 - D. 在更新設備前，便能評估有關計劃能否與現存的物流系統配合
- (3) 下列哪項不是適合用作實施虛擬實境系統的裝置？
 - A. 頭盔顯示器
 - B. 快速原型機
 - C. 自動虛擬環境間
 - D. 遊戲控制桿

長答題

- (1) 試解釋何謂「虛擬實境」。
- (2) 試列舉並略述兩項虛擬實境裝置的功能。
- (3) 試列舉並略述兩個可利用 CAD 和視像化輔助教學的中學科目。

個案研究

個案	策略和活動
為一件家用產品繪畫正投影圖	● 選擇一件家用產品，如風扇、電視機或椅子 ● 以第三角正投影法繪畫三面投影圖 ● 量度產品的尺寸 ● 把尺寸標示在投影圖 ● 繪畫投影符號
為教室繪畫建築繪圖和電工繪圖	● 為指定的固定裝置和電器製定一套符號 ● 為一間有固定裝置和電器的教室繪畫建築樓層平面圖 ● 在圖上加添電器符號 ● 另紙繪製圖例
日常生活中的虛擬實境	● 列舉一些使用虛擬實境的行業，諸如電影業和娛樂事業等 ● 討論虛擬實境的功能和優點
電腦輔助設計如何輔助教學	● 討論電腦輔助設計如何應用在語文或其他科目 ● 陳述對繪圖和演示的見解

有用網址

課題 1.1

- <http://www.lowes.com/lowes/lkn?action=howTo&p=HomeDecor/ColorScheme.html>

課題 1.2.4

- <http://www.technologystudent.com/joints/joindex.htm>

課題 2.1

- http://www.khulsey.com/perspective_basics.html
- <http://www.cadalot.co.uk>
- <http://www.bsi-global.com/en/>
- <http://www.saiglobal.com/>

課題 2.2.4

- <http://www.design-technology.info/IndProd/drawings/default.htm>
- http://www.ider.herts.ac.uk/school/courseware/graphics/engineering_drawing/
- http://www.roymech.co.uk/Useful_Tables/Drawing/Mech_Drawings.html#GA

課題 3.1.1

- <http://en.wikipedia.org/wiki/Stereolithography>

課題 3.2.1

- http://desktoppub.about.com/od/graphicdesign/Graphic_Design.htm?terms=graphic+design
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Stereolithograph>

課題 3.2.2

- http://www.3dtotal.com/ffa/tutorials/max/head_tutorial/head.asp

課題 3.2.4 和課題 3.2.5

- <http://www.cocreate.com/products/Modeling-Overview.aspx>

課題 3.3.1

- <http://www.about.com>
- <http://www.download.com/Graphic-Design-Software/>

課題 3.3.2

- <http://www.educational-software-directory.net/multimedia/>
- http://www.itvdictionary.com/itv_video_production_software.html
- <http://emusician.com/editing/index.html>
- <http://www.animationschoolreview.com/animation-software-basics.html>

課題 3.3.3

- <http://www.archiexpo.com/cat/architecture-software-conception-calculation-modelling/2d-3d-architecture-software-R-905.html>

課題 3.3.4

- http://metals.about.com/od/cadcam/CAD_CAM_Software.htm

課題 3.3.5

- http://metals.about.com/od/cadcam/CAD_CAM_Software.htm

課題 4.1.1

- http://www.hkis.org.hk/hkis/html/upload/NewsPressRelease/nwpr127_0.pdf

課題 4.1.2

http://www.fhi.com.tw/english/d2_11.htm

課題 4.1.4

- <http://www.cat.com/cda/servlet/cat.vce.servlet.VeritySearchServlet?m=8703&x=7&searchField=Virtual+Reality>
- <http://www-vrl.umich.edu/intro/index.html>
- <http://electronics.howstuffworks.com/virtual-reality4.htm>

課題 4.1.6

- http://www.instron.com.tw/wa/products/impact/charpy_izod.aspx

主題為本作業四

- <http://www.lusas.com/case/bridge/index.html>
- <http://www.cityu.edu.hk/CIVCAL/book/bridge.html>

主題為本作業五

- <http://www.transas.com/products/simulators/>
- <http://www.shipanalytics.com/MS/SHS.asp>

實習活動六

- http://www.cs.brandeis.edu/~cs155/Lecture_16.pdf
- <http://prosjekt.ffi.no/unik-4660/lectures04/chapters/Introduction.html>

參考文獻

- AutoDesk Inc (2008). Building Your World, Conceptual Design and Visualisation with AutoCAD. AutoDesk Inc., 2008.
- Bedworth, D. D., Mark R. Henderson M. R., Wolfe, P. M. (1991). Computer-integrated Design and Manufacturing. McGraw-Hill, New York.
- Cooper, K. G. (2001). Rapid Prototyping Technology: Selection and Application. Marcel Dekker, New York.
- Dieter, G. E. (1991). Engineering Design : A Materials and Processing Approach. McGraw-Hill, New York.
- Earle, J. H. (2007). Engineering Design Graphics AutoCAD 2007, 12th Edition. Prentice-Hall
- Garcia, A.B., Gocke Jr. R.P., Johnson Jr. N.P. (1993). Virtual Prototyping: Concept to Production. Defence System Management College Press, Fort Belvoir, VA.
- Hart, K. R. (1975). Engineering Drawing with Problems and Solution. Edward Arnold .
- Hawkes, B. (1977). The CAD/CAM Process. Pitman Publishing.
- Jacobs, P. F. (1996). Stereolithography and Other RP&M Technologies : From Rapid Prototyping to Rapid Tooling.
- Society of Manufacturing Engineers in cooperation with the Rapid Prototyping Association of SME, 1996.
- Lam, C.L., Chan, K.W. (2004). Creative Design and Technology Book 1. Chinese Technical Press.
- Ostrowsky, O. (1989). Engineering Drawing for Technicians volume 1. Edward Arnold.
- Szalapaj, P. (2000). CAD Principles of Design, An Analytical Approach to the Computational Representation of Architectural Form. Architectural Press.
- Yee, R. (2003). Architectural Drawing, Second Edition. John Wiley & Sons Inc.
- Yuen, P. C. (1993). New Design and Technology for Hong Kong Book 3. Pilot Publishing Company Ltd.
- 陳忠偉，馮景堂 (1998)。中學會考設計與科技第一冊、第二冊。現代教育研究社。

辭彙表

用語	說明
2D	平面〔的〕
3D	立體〔的〕
AutoCAD	一套由 Autodesk 公司開發、流行的電腦輔助設計軟件
C-REP	構造實體幾何法
DWG	AutoCAD 繪圖的電腦檔案格式
EX	練習/實踐課業
Pro/Engineer	一套由 "Parametric Technology Corporation" 開發的電腦輔助設計、電腦輔助製造和電腦輔助工程軟件
SolidWorks	一套用於機械設計、起草、實物模塑和產品組裝的電腦輔助設計軟件
Unigraphics	一套可用於產品設計、起草、立體實物模塑、工程分析、項目管理、電腦輔助製造等方面的軟件。很多汽車、飛機、醫療植入設備和機械工具等的大型製造商都採用。
VP	消失點
切割	在電腦輔助設計的環境中，切割是指透過移動垂直輪廓移除實物上的材料
文物保育	保養和維修現存的歷史事物
木屑壓合板	一種由小木屑混合膠水而成的硬材料；通常用來製造傢具，取代木材。
半剖面	在切割面橫越物件一半至中心線時所出現的一面。用於對稱物體
布爾運算	「布爾運算」利用數學上「集」概念的運算——即聯合、交集及差集，將兩個或更多的實物結合成一件新實物物件。此法亦可將簡單的圖元結合成複雜的實物物件。例如，構造實體幾何法讓用家以布爾運算，分層將結構簡單的圖元結合成複雜的立體實物物件。 (a) 交集運算($\cap$) 此運算以「$A \cap B$」標誌，把每個原始實物的共同區域界定為新實物。交集運算與邏輯運算符 AND 相對應。 (b) 聯合運算($\cup$) 此運算以「$A \cup B$」標誌，把所有原始實物結合成新實物。聯合運算與邏輯運算符 OR 相對應。 (c) 差集運算($-$) 此運算以「$A - B$」或「$B - A$」標誌，新實物是一件原始實物減去另一件原始實物後剩餘下的部份。差集運算的次序非常重要，因為 $A - B$ 的結果與 $B - A$ 不同。差集運算與邏輯運算符號 NOT 相對應。

用語	說明
白熱燈泡	一、第一代電燈； 二、在十九世紀初出現； 三、由於發光效能低，現時已有一些國家禁止使用
立體模塑〔技術〕	「立體模塑」是一種電腦輔助工程技術，用於製作電腦模型物件。當中涉及立體幾何資訊，並能製作不同投射視圖，提升視像化的效果。
光柵圖象	「光柵圖象」是由多個不同顏色、極微小的獨立方格〔圖元〕組合而成。圖元越多，圖象效果越佳，反之亦然。
全剖面	在切割面橫越物件時所出現的一面
向量圖象	「向量圖象」是指通過一系列的指令和數式描述線條和形狀在平面或立體空間的位置，從而製作數碼圖象。放大縮小向量圖象都不會影響其輸出質素。
合金	一種金屬與金屬、或金屬與非金屬混合而成的金屬
多媒體	結合文字、圖象、視頻、動畫和聲音等不同類型內容，作廣告、娛樂、公共資訊、培訓和教育等用途
亞加力膠	由一種酸性物製成的化學物質
延伸	在電腦輔助設計的環境下，延伸是指集結一連串的輪廓連接，製成立體物件
拉厚	在電腦輔助設計的環境中，拉厚是指沿直線移動平面輪廓，以構建立體實物。
物流	通過規劃、實施和管理，令貨物、服務、能源和相關資訊等資源得以適當地送遞及存儲。
紙板	一種如硬紙板的材料；通常為淺棕色
動畫	快速顯示一連串的平面圖象而造成的連續動作效果
參數式模塑	一項電腦輔助設計軟件功能，用以設計尺寸未定的產品，又可用於設計產品系列中的新型號
基礎建設	社區的建築物、系統或服務，如公路、電力、電話服務和公共交通
彩色效果	在電腦輔助設計的環境中，「彩色效果」指以電腦程式把物件的電腦模型製作成圖象。此模型以立體物件為對象，以特定電腦語言或數據結構製成。這類模型包含了幾何、視點、質感、光線和光暗等資訊。「彩色效果」這個用詞在英文原文中，相當於「藝術家〔對某一場景〕的描繪」。彩色效果圖技術已用於建築、電子遊戲、模擬系統、電視電影的特殊效果及視像化設計。
掃描	在電腦輔助設計的環境中，「掃描」功能把輪廓沿預設軌跡移動，以製作立體物件
旋轉	在電腦輔助設計的環境中，「旋轉」功能把平面輪廓沿轉軸旋轉，以製作立體實物

用語	說明
發泡膠板	一種由發泡膠製造的顯示板
等距繪圖	用來顯示一件物件的三邊的繪圖，按照立體比例而非實際形狀來繪畫
虛擬原形	以虛擬原型來代替實體原型，為候選設計的特徵作標示及評估。
虛擬實境	虛擬實境是指模擬真實或想像的環境，以體驗立體的視覺效果，而且還可以提供一個互動視覺體驗，包括即時聲音和其他形式的回應。最簡單的虛擬實境形式是以立體圖象，一般是通過操縱鍵或滑鼠，可以在個人電腦互動探索，使影像的內容得以移動、放大或縮小。
視像化	一種使用電腦系統製作圖片、圖表或動畫的技術，旨在傳達訊息及演示數據
視覺表達	一種透過感知視覺系統演繹的視覺表達模式。另一類則用來表達視覺信息。
開關箱	一個操作開關、斷路器、保險絲和電表等電器設備的控制板
電源插座	電源插座的洞口連接電器插頭，以傳送電力
電腦輔助設計	電腦輔助設計，即利用電腦來輔助設計工序
電腦輔助設計/電腦輔助製造	即利用電腦來輔助設計及製造工序
電腦輔助製造	電腦輔助製造，即利用電腦來輔助製造工序
電線	用來傳電的絕緣導線，及在建築物及建築結構內供電的設備
電器（家庭）	家用電器、機器或設備，如電飯煲或洗衣機
圖元	在圖形系統中最小的顯示點
實體模型	一個原尺寸結構模型，可用於教學、示範或設計測試
構造實物幾何	構造實物幾何是一種以布爾運算為基礎的圖象系統
演算法	一種解決問題的運算方法
螢光	利用電力刺激在氫氣或氖氣內的水銀蒸氣，以產生會製造短波紫外線的等離子。這種光隨後會令磷產生螢光體，繼而發光。由於產生的熱量較少，因此效能較高。
輔助面	一塊平行於特定線條、或代表特定表面邊緣線條的平面
標示尺寸	在繪圖上附加尺寸、說明和線條
樓層平面圖	一幅按比例繪畫成的房間或建築物平面鳥瞰圖
質感	物質表面的外觀和粗糙、光滑等感覺
質感構造	在物件上加添質感細節的過程
應力分析	一個計算材料和結構在受力或負載下的應力的工程學科
點陣圖	一種圖象電腦檔案格式，其延伸檔名為 BMP ，為一張以位元（即 0 和 1）組合而成的「繪圖」。當這些位元元組合在電腦螢幕時，會顯示成一幅特定圖片。

鳴 謝

作者對以下人士/組織准許使用其相片及影像，致以衷心的謝意:

- LUSAS (P. 121-122)
- Solidworks (P. 52, 142, 171 及 173)
- Transas Ltd. (P.123-124)
- University of Michigan Virtual Reality Laboratory (P.110 – 內容特寫)

我們已就所用的相片及影像，盡力確認有關的版權。如有意外的版權抵觸，我們謹致歉意，並樂意就版權事宜與擁有者商討合適的安排。

A wireframe illustration of a hand pointing towards a glowing point of light. The hand is composed of a grid of white lines on a dark green background. The point of light is a bright, glowing sphere with a smaller, even brighter sphere inside it, creating a lens flare effect. The background is a gradient of dark green to light green.

香港特別行政區政府教育局
課程發展處科技教育組

職業訓練局
高峰進修學院製作