

1.1 圖學及其重要性

現代工業講求專業分工，一項產品從設計、生產到銷售，須經過許多階段，由不同人員執行，人員之間往往無法面對面直接溝通，因此須藉助於其它的方式傳遞資訊。圖學(Graphic science)是以圖畫、符號及文字表達物體形狀、大小及製造等相關事項的科學，也是工程單位傳遞構想與交換知識的一種工具，亦可稱為圖畫語言，為工程人員必須精通的語言。圖畫語言對有形物體的描述能力非其他文字語言所能及，例如欲製造如圖1.1之物體，除非以圖學的方法表示，否則不易描述清楚。

學習圖學的目的，乃在於應用圖學原理與方法，依據指定之標準規範，以圖形及文字說明，精確的表達物體之形狀與製程，同時具備看懂他人所繪圖樣的內涵，因此學習圖學的目的，乃在於使學習者具備繪圖與識圖的能力，且繪圖時能達到正確、清晰、美觀、迅速等繪圖要件。



圖1.1 物體

1.2 圖學與工程圖之關係

圖學的內容包含投影幾何學、工程圖及圖解學等三大部分，合稱為工程圖學，工程圖為圖學的一部份。圖學各部分所包含的內容如下：

🔑 投影幾何學：投影幾何學是應用投影原理，探討三度空間之點、線、面及體轉換成以平面圖呈現的科學，如圖 1.2 所示，投影幾何學是學習圖學的基礎。

🔑 工程圖：工程圖係運用圖學的原理，藉由線條及文字說明，精確表達物體之構造，如圖 1.3 所示。由於皆運用相同的圖學原理繪製工程圖，因此同一物體世界各國之工程圖畫法相似，故工程圖有世界語言之稱。工程圖可依用途或內容分類：

★ 依用途分類：設計圖、工作圖、訂購圖、說明圖...

★ 依內容分類：組合圖、部份組合圖、零件圖、詳圖、流程圖、管路圖、配置圖...

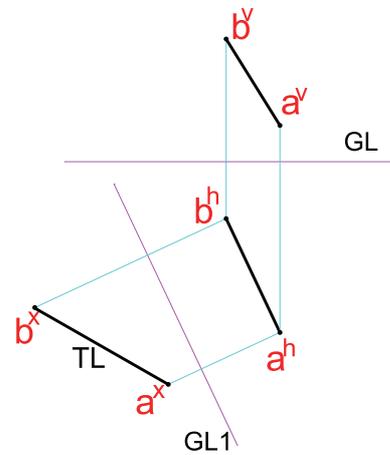


圖 1.2 投影幾何

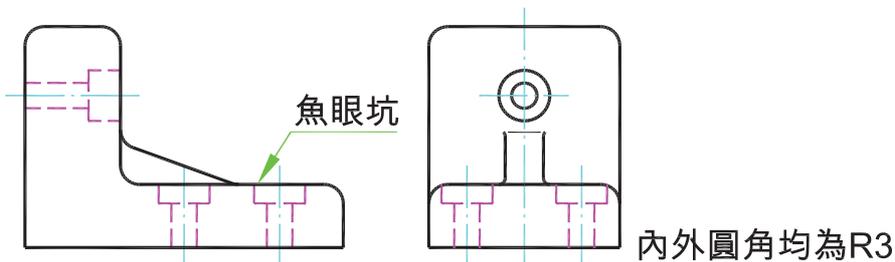
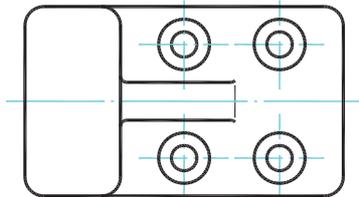


圖 1.3 工程圖

🔑 圖解學：圖解學係運用圖表、圖形及線圖，以作圖的方式提供科學的資料，作為比較、預測、分析及計算工程數據的依據，以解決問題，如圖 1.4 所示。

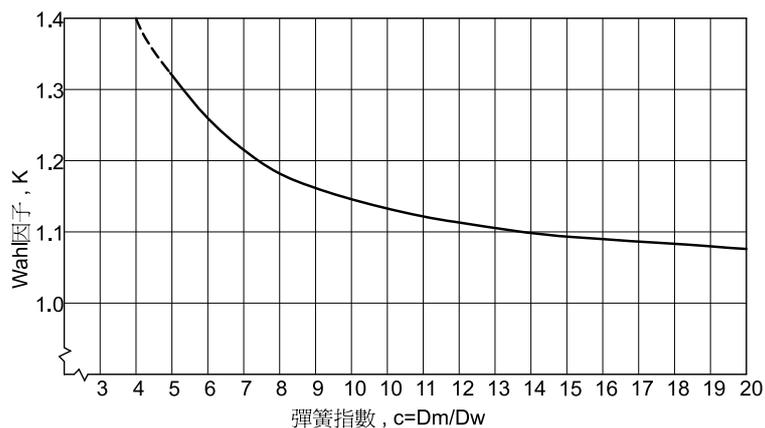


圖 1.4 圖表

1.3 各國之工業規格及ISO國際標準規格

工程圖是工業界各種產品設計意念的表達工具，也是製造物品的藍本，欲使所繪之圖形能簡便且準確的表達設計意念，無須再做口頭說明即能讓用圖者了解，圖面在交流中有共同的理解與唯一的解釋，不發生疑問，不引起誤解，則必須對工程圖之畫法制定統一明確的規定。各國皆根據自己的需求制定適合的工程圖標準，有關製圖規格，各國標準略有差異，表 1.1 為各國之國家標準的代號。

表 1.1 各國之國家標準代號

國家	代號	國家	代號	國家	代號	國家	代號
美國	ANSI	衣索比亞	ES.	匈亞利	MSZ	南非	SABS
澳洲	AS	埃及	ES.	巴西	NB	芬蘭	SFS
保加利亞	BOS	俄羅斯	GOST	比利時	NBN	以色列	SI
英國	BS	伊拉克	IOS	古巴	NC	瑞典	SIS
加拿大	CSA	印度	IS	荷蘭	NEN	瑞士	SNV
中華民國	CNS	伊朗	ISIRI	法國	NF	新加坡	SS.
斯里蘭卡	C.S.	國際標準	ISO	希臘	NHS	羅馬尼亞	STAS
捷克	CSN	日本	JIS	葡萄牙	NP	土耳其	TS.

國家	代號	國家	代號	國家	代號	國家	代號
墨西哥	DGN	南斯拉夫	JUS	挪威	NS	西班牙	UNE
西德	DIN	南韓	KS.	紐西蘭	NZS	義大利	UNI
丹麥	DS.	黎巴嫩	L.S.	波蘭	PN.	中華人民共和國	GB
歐洲地區	EN.	馬來西亞	MS.	巴基斯坦	PS.		

我國所制定的標準稱之為中華民國國家標準 (Chinese National Standards)，簡稱CNS，其中有關“工程製圖”標準的編號為CNS3-B1001及CNS4-B1002，全部內容分成如表1.2所示。

有鑒於各國所訂定之標準的差異，可能造成各國工程圖交流的障礙，國際標準化組織 (International Organization for Standardization，簡稱ISO)，乃訂定通用之工程製圖標準，此規格雖然未全面為各國所採用，但參考或應用的國家逐年增多，CNS標準也是參照ISO規格而訂定。

表1.2 中華民國國家標準

總 號	類 號	名 稱
CNS3	B1001	工程製圖<一般準則>
CNS3-1	B1001-1	工程製圖<尺度標註>
CNS3-2	B1001-2	工程製圖<機械元件習用表示法>
CNS3-3	B1001-3	工程製圖<表面符號>
CNS3-4	B1001-4	工程製圖<幾何公差>
CNS3-5	B1001-5	工程製圖<鉚接符號>
CNS3-6	B1001-6	工程製圖<熔接符號>
CNS3-7	B1001-7	工程製圖<鋼架結構圖>
CNS3-8	B1001-8	工程製圖<管路製圖>
CNS3-9	B1001-9	工程製圖<液壓系氣壓系製圖符號>
CNS3-10	B1001-10	工程製圖<電機電子製圖符號>
CNS3-11	B1001-11	工程製圖<圖表畫法>
CNS 3-12	B1001-12	工程製圖<幾何公差-最大實體原理>
CNS 3-13	B1001-13	工程製圖<幾何公差-位置度公差之標註>
CNS 3-14	B1001-14	工程製圖<幾何公差-基準及基準系統之標註>
CNS 3-15	B1001-15	工程製圖<幾何公差-符號之比例及尺度>
CNS 3-16	B1001-16	工程製圖<幾何公差-檢測原理與方法>
CNS 3-17	B1001-17	工程製圖<機件之邊緣形態及其符號表示法>
CNS 3-18	B1001-18	工程製圖<板金膠合、鉤合、壓合符號表示法>
CNS4-1	B1002-1	產品幾何規範(GPS) – 線性尺度之ISO公差編碼系統 – 第1部：公差、偏差及配合之基礎
CNS4-2	B1002-2	產品幾何規範(GPS) – 線性尺度之ISO公差編碼系統 – 第2部：孔及軸之標準公差 類別與限界偏差表

1.4 圖紙之規格

常用圖紙可分兩種：

1. 製圖紙：初學者或一般畫底圖常採用此種圖紙，其厚薄以「磅」數區分，係指500張全開紙之重量，一般採用厚度約150磅左右的道林紙。紙張有一面較為光滑，通常圖面繪於光滑面上。
2. 描圖紙(Tracing paper)：此種圖紙呈半透明狀，一般是先將草圖繪於製圖紙，再將描圖紙覆蓋在草圖上，再以針筆繪墨線於描圖紙上，以完成正式圖面，亦有以鉛筆直接在描圖紙上繪草圖，之後在描圖紙上直接上墨線。工程圖繪於描圖紙上的目的是用來製作藍圖。如以電腦繪圖，完成之圖面可直接以描圖紙出圖，亦可直接出圖在一般圖紙。

1.5 圖紙之大小

製圖紙的大小有一定的規定，以便於圖面之曬製、整理及保存，一般區分為A種及B種兩系列，如表1.3所示，A0的面積為 1m^2 ，圖紙之長寬比皆為 $1:\sqrt{2}$ ，可算得A0的長寬為 $841\text{mm}\times 1189\text{mm}$ ，A1為A0的對折，以此類推，如圖1.5所示。CNS規定圖紙大小採用A系列。

表1.3 A系列及B系列系列圖紙大小 (mm)

編號	A系列	B系列
0	841×1189	1030×1456
1	594×841	728×1030
2	420×594	515×728
3	297×420	364×515
4	210×297	257×364
5	148×210	182×257

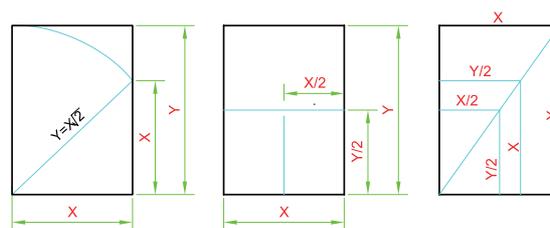


圖1.5 圖紙之長寬比

1.6 圖框

為使圖面在複製或印刷時能正確定位，圖紙應事先畫好或印好圖框，且視圖必須畫於圖框內不可超出。CNS標準對圖框距圖紙邊界有詳細的規定，如圖1.6及表1.4所示，圖紙越大邊框即越大，需裝訂成冊的圖紙，左邊框大小一律為25 mm。

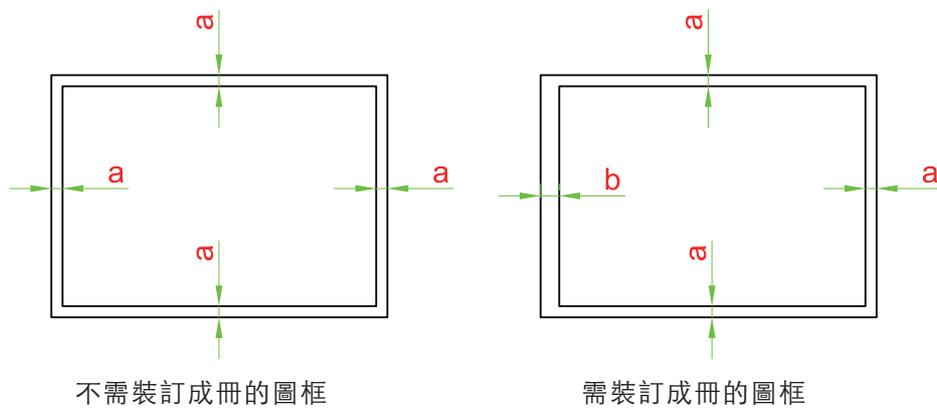


圖1.6 工程製圖標準圖框與紙邊之距離

表1.4 工程製圖標準圖框與紙邊之距離(mm)

格式	A0	A1	A2	A3	A4
a (最小)	15	15	15	10	10
b (最小)	25	25	25	25	25

按CNS標準之規定，圖框區可加註其他相關記號如下：

1. 圖面分區記號：為易於搜尋圖面內容，可於圖框外圍作偶數等分刻劃，如圖1.7，各刻劃間距約為25~75mm，刻劃線為粗實線，分區符號橫向以阿拉伯數字由左至右記入，縱向以大寫拉丁字母由上往下記入，分別置於兩刻劃線中央，並緊鄰圖框線。
2. 圖紙中心記號：為使圖面在複製或製作微縮片能正確定位，可於圖框區畫中心記號，中心記號為粗實線，向內延伸超過圖框約5mm。

3. 圖紙邊緣記號：為便於藍圖之製作及裁切定位，可於圖紙四個角落塗成實三角形代表圖紙邊緣記號，每邊長約10mm，如圖1-7，或為兩直交之粗短線，線粗約2mm，每邊長約10mm，如圖1-8。
4. 比例參考尺度：為了解圖面之尺度比例，可於下方中心記號兩側，於圖框外緣處繪比例參考尺度，如圖1.8所示，長最少100mm，左右對稱，每10mm一格，寬約5mm，以粗實線繪製。

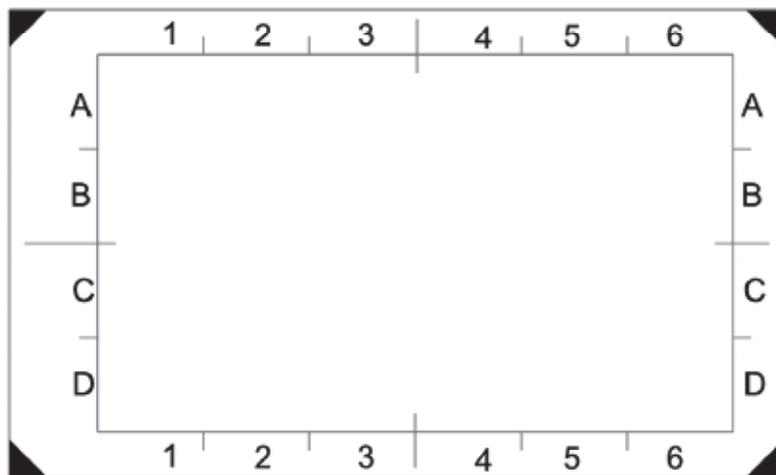


圖1.7 圖框區之相關記號

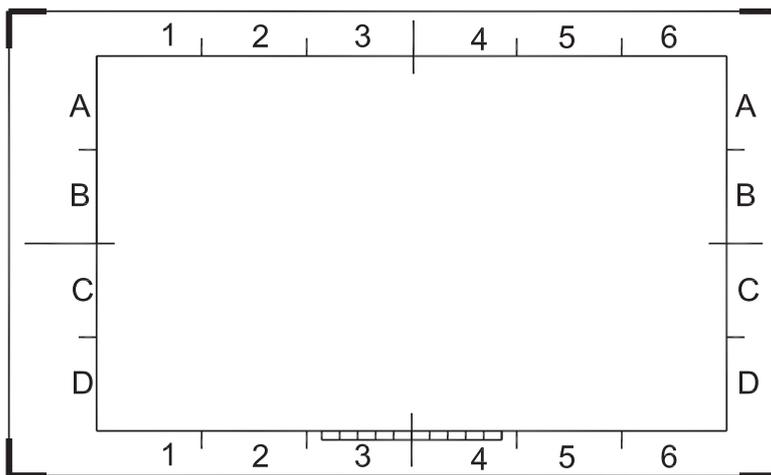


圖1.8 比例參考尺度記號

1.7 標題欄

如圖1.9所示，標題欄用以註明圖面一般事項，每一張工程圖均應有標題欄，標題欄應置於圖紙右下角，其右邊及下邊即為圖框線，標題欄所包含內容各使用機關可能稍有不同，但通常均包含下列項目：

1. 圖名。
2. 圖號。
3. 機構名稱。
4. 設計、繪圖、描圖、校核、審定等人員之姓名及日期。
5. 投影法(第一角法或第三角法)。
6. 繪圖比例。
7. 一般公差。

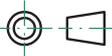
通用公差(一般公差):					
單位		數量		比例	
材料		日期			
繪圖	機構名稱				
設計					
校對	圖名		圖號		
核準					

圖1.9 標題欄

畫組合圖時，其零件表可連接在標題欄上方，零件表通常包括件號、名稱、數量、材料及備註。

1.8 圖面之摺疊法

為了便於裝訂成冊及歸檔管理，較A4大的圖紙通常摺成A4大小，摺疊時，圖的標題欄必須摺在最上面以便查閱。摺疊的方法分為裝訂式與不裝訂式兩種，如圖1.10及圖1.11所示，各摺線旁的數字為摺疊次序。

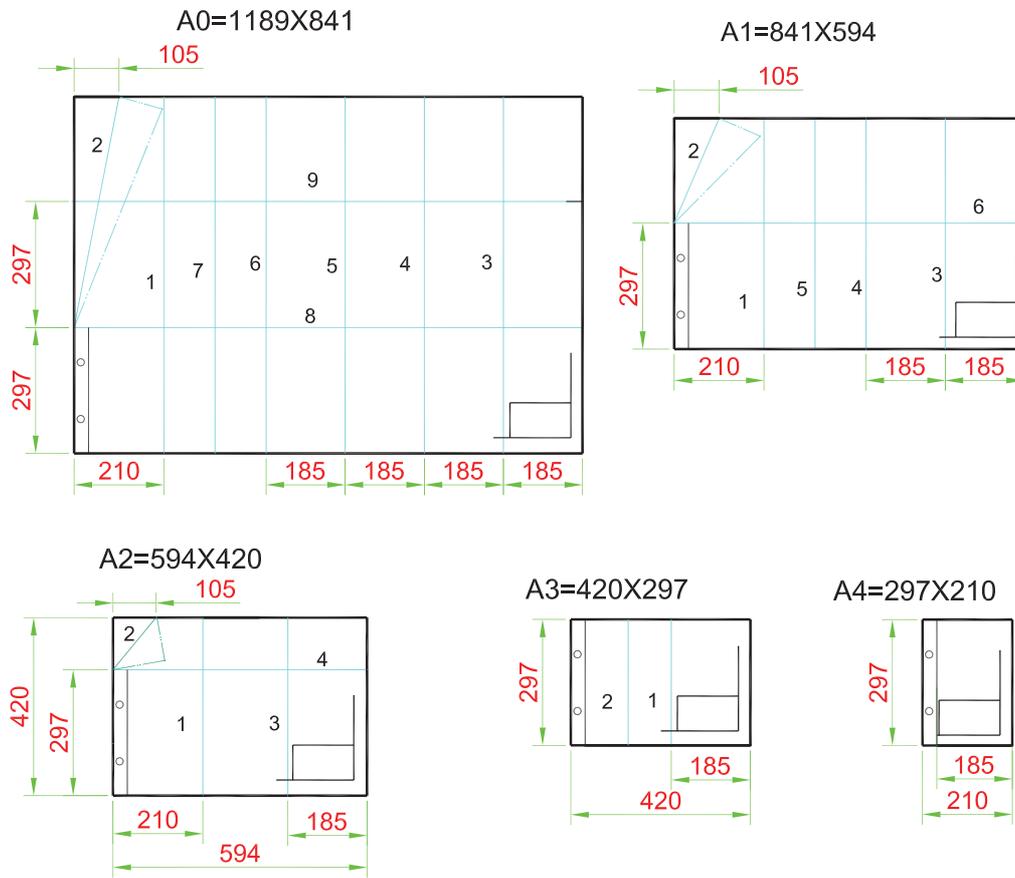


圖1.10 圖面之摺疊法

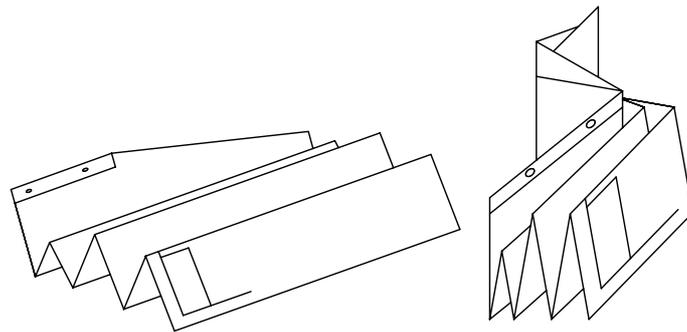


圖1.11 A0圖紙摺成A4大小



Chapter 2

工程字

文字與線條為工程圖之兩大要素，線條表現物體之形狀，文字則用來描述物體之內容，記述一切必要事項，如尺度大小、零件數量、加工方法、備註及標題等。在工程圖上所用之文字統稱為工程字。工程圖之線條與工程字皆須講求整齊美觀與正確清晰，工程字之重要性尤甚於線條，線條上的小錯誤有時閱圖者可自行發現，但工程字上的錯誤則很難發現。工程字體應力求字跡清晰、排列整齊、大小一致。

2.1 CNS標準工程字

工程圖上的工程字，可分中文字、拉丁字及阿拉伯數字三種。除尺度數字外，工程字的書寫一律由左至右橫寫，應力求整齊劃一，清晰易認，大小間隔適當。工程字皆以鉛筆或針筆書寫，以單筆（one-stroke）寫成，單筆之意為筆畫之粗細與鉛筆或針筆之粗細相等，無須做頓筆等任何修飾。CNS對工程字大小之規定，視圖面之大小而定，最小字高建議如表2.1所示。

表2.1 CNS建議最小字高

應用	圖紙大小	最小字高(mm)		
		中文字	拉丁字母	阿拉伯數字
標題圖號	A0,A1	7	7	7
	A2,A3,A4	5	5	5
尺度標註	A0,A1	5	3.5	3.5
	A2,A3,A4	3.5	2.5	2.5

因中文字之筆劃較多，最小字高較拉丁字及阿拉伯數字大。

2.2 中文字法

中文字以印刷鉛字中的等線體為原則，筆劃粗細一致，筆劃的粗細即筆尖粗細，以符合單筆劃的要求。中文字形分為方形、長形與寬形三種。如圖2.1所示，方形之字寬等於字高，長形的字寬為字高之 $3/4$ ，寬形的字寬為字高之 $4/3$ 。筆劃的粗細約為字高的 $1/15$ ，字與字的間隔約為字高的 $1/8$ ，行與行的間隔約為字高的 $1/3$ 。

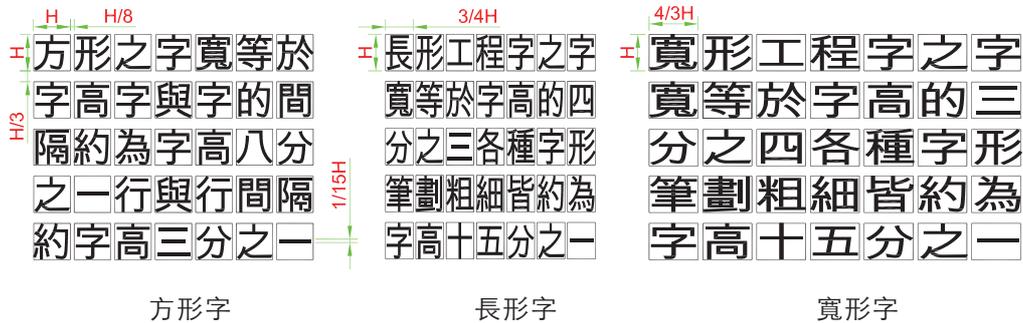


圖2.1 中文字形

2.3 拉丁字母與阿拉伯數字

拉丁字母與阿拉伯數字分直式(圖2.2)與斜式(圖2.3)兩種。斜式之傾斜角度約 75° 左右，筆畫的粗細約為字高之 $1/10$ ，工程字之線寬約為中線之粗細，行與行的間隔約為字高之 $2/3$ 。一般工程圖上，拉丁字母以大寫書寫為主，小寫拉丁字母僅限用於特定的符號與縮寫。



圖2.2 直式拉丁字母與阿拉伯數字



圖2.3 斜體拉丁字母與阿拉伯數字



Chapter 3

線法

3.1 概論

線條與工程字是工程圖的基本要素，透過兩者傳達工程圖的內容，工程圖中不同粗細與形態的線條各有不同的意義，繪圖時必須遵守相關規定，以正確的線條繪出，方能正確的表達設計意念，並避免讀圖的失誤。

3.2 線條之粗細

依照中國國家標準CNS3B1001的規範，線條粗細區分為粗線、中線和細線三個等級，粗線約為中線之1.5倍，中線約為細線之2倍。線條之絕對粗細並無硬性規定，但同一張圖所用之粗線、中線和細線必須保持一定比例，CNS建議之線寬組合如表3.1所示。

表3.1 CNS建議之線寬組合 單位：mm

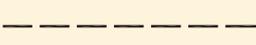
粗	1	0.8	0.7	0.6	0.5	0.35
中	0.7	0.6	0.5	0.4	0.35	0.25
細	0.35	0.3	0.25	0.2	0.18	0.13

圖面大者採取較粗的線條，例如A1圖紙可選用0.7mm，0.5 mm及0.25mm，A4圖紙可選用0.5 mm，0.35 mm及0.18mm。

3.3 線條種類與用途

CNS對線條種類區分為三種，各種類線條之畫法與用途如表3.2，圖3.1為線條之應用例。

表3.2 各種類線條之畫法與用途(CNS 98年修訂公布)

種類	式樣	線寬	畫法 (以字高h=3mm為例)	用途	
實線	A 	粗	連續線	可見輪廓線、圖框線等	
	B 	細	連續線	尺度線、尺度界線、指線、剖面線、作圖線、因圓角而消失的稜線、旋轉剖面的輪廓線、引線、投影線、折線、水平面等	
	C 		不規則連續線(徒手畫)	折斷線	
	D 		兩相對銳角高約為字高(3 mm)，間隔約為字高6倍(18 mm)	長折斷線	
虛線	E 	中	線段長約為字高(3mm)，間隔約為線段之1/3(1 mm)	隱藏線	
鏈線	一點鏈線	F 	細	空白之間格約為1 mm，兩間隔中之小線段長約為空白間隔之半(0.5mm)	中心線、節線、基準線
		G 	粗		表面處理面之範圍
		H 	粗細	與式樣F相同，但兩端及轉角之線段為粗，其餘為細，兩端粗線最長為字高2.5倍(7.5 mm)，轉角粗線最長為字高1.5倍(4.5 mm)	剖面線
	兩點鏈線	J 	細	空白之間格約為1 mm，兩間隔中之小線段長約為空白間隔之半(0.5 mm)	假想線

為求電腦圖檔之交換取得一致性，CNS對電腦上線條採用之顏色建議如參考表1所示，但黃色線印刷效果不佳，本書並未按照參考表編印。

參考表1

線條用途名稱	顏色	線條用途名稱	顏色
輪廓線	白	尺度線、尺度界線	綠
虛線	紫	中心線、虛擬線	黃
文字	紫	剖面線、折斷線	青
數值	紅	圖框線	藍

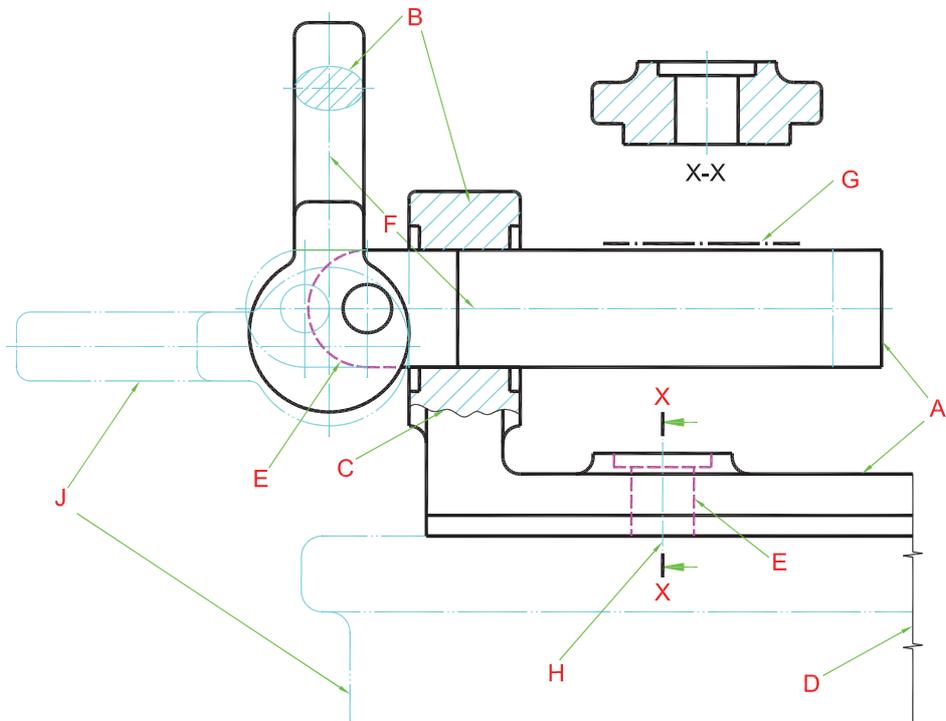


圖3.1 線條之應用例

3.4 虛線之畫法

虛線粗細為中線，如圖3.2，線段長約為字高，繪圖時儘量維持每段等長，每一空隙約1/3字高。如圖3.3虛線之起訖處必須皆為線段，不可為空隙。



圖3.2 虛線每段約為字高(字高以3mm為例)

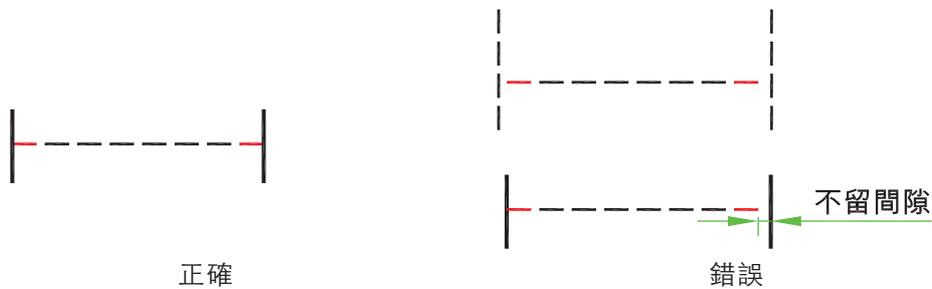


圖3.3 虛線之起訖處不留間隙

工程圖中各種線條相交處之畫法須加以注意，否則易造成誤解，特別是虛線之起訖與交接。茲將常遇到之交接情形說明如下：

1. 如圖3.4所示，虛線與虛線或實線相交時，儘可能相交於線段部份。

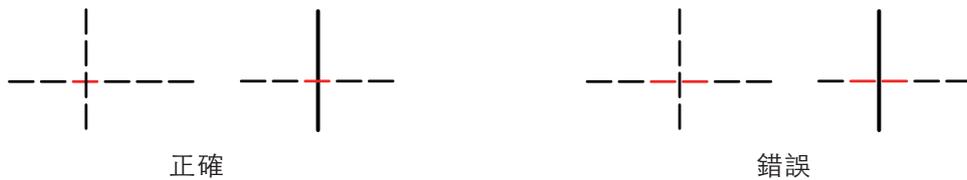


圖3.4 虛線與虛線或實線相交

2. 如圖3.5所示，虛線與虛線相接時，須相接於線段部份。



圖3.5 虛線與虛線相接

3. 如圖3.6所示，虛線與實線或虛線垂直相接時，虛線之開始不留間隙。

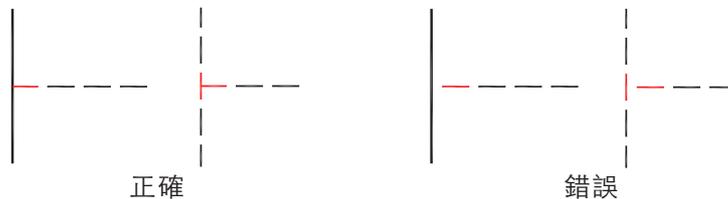


圖3.6 虛線與實線或虛線垂直相接

4. 如圖3.7所示，虛線為實線的延長時，虛線之起點前須留1mm空隙。

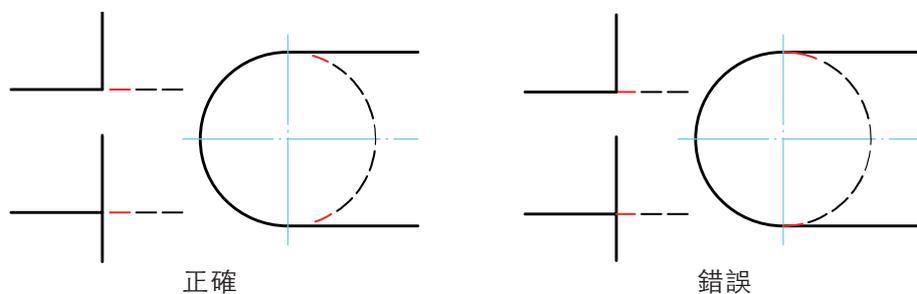


圖3.7 虛線為實線的延長

5. 如圖3.8，虛線之圓弧與直線相切時，虛線圓弧起訖點應在切點上。

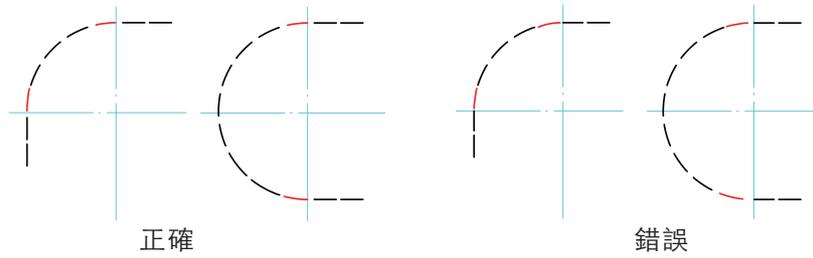


圖3.8 虛線圓弧與直線相切

6. 如圖3.9所示，兩平行虛線若相距甚近時，其線段之間隙須相互錯開，但若中間夾有中心線時則須對齊。

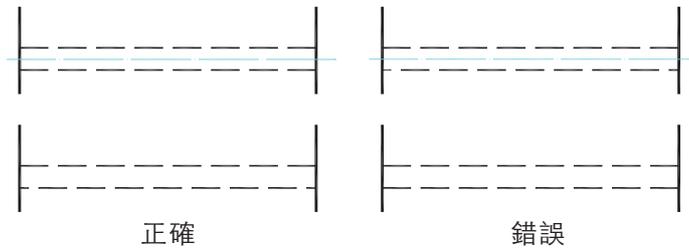


圖3.9 距離相近之兩平行虛線



Chapter 4

製圖儀器

學習圖學的主要目的在於製圖與識圖，能識圖者不一定能製圖，但能製圖者通常都能識圖，可見製圖之重要。俗話說「工欲善其事，必先利其器」，因此在學習工程圖學前，必須選擇適用的製圖儀器，並學習正確的操作方法，方能提升學習效果，達到製圖的四大原則：正確、迅速、清晰、美觀。

4.1 製圖儀器

常用的製圖儀器如圖4.1所示，內容有圓規、分規、針筆(如圖4.23所示)、自動鉛筆等主要繪圖工具，件數多寡不一，使用者可依各人需求選擇。



圖4.1 製圖儀器

4.2 鉛筆

製圖用具中，鉛筆是最基本的工具，鉛筆按筆心軟硬區分，等級從最硬的9H到最軟的7B，順序如圖4.2所示。表4.1 為筆心之硬度及其用途。

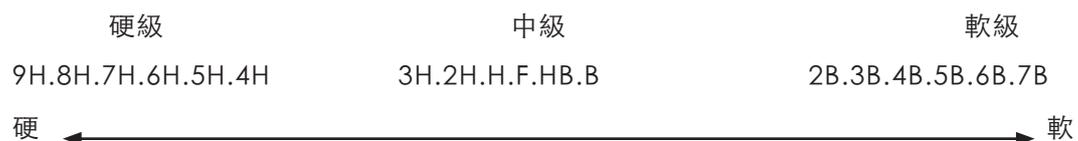


圖4.2 筆心軟硬等級

表4.1 筆心之硬度和用途

硬 度	用 途
3H ~ 2H	中心線、剖面線、尺寸線等細線條
2H ~ H	虛線、假想線、文字
H ~ HB	外形線、剖面線、文字、數字
HB ~ B	文字、圖號、符號、箭頭

近年來，自動鉛筆因使用方便且筆心粗細固定，已逐漸取代傳統鉛筆，如圖4.3所示。常見之自動鉛筆筆心粗細有0.3mm、0.5mm、0.7mm及0.9mm，因此可用0.3mm畫作圖線或細線，0.5mm畫中線或書寫工程字，0.7mm畫粗實線。



圖4.3 自動鉛筆

筆心之削法有三種：錐形尖、楔形尖及鑿形尖，如圖4.4所示。



圖4.4 三種筆心削法

錐形尖適用於寫字、畫線，楔形尖適用於畫線，鑿形尖適用於圓規線。

應用錐形尖鉛筆畫線時，如圖4.5所示，須朝運筆方向傾斜約60度，並適時旋轉筆桿，如此可避免磨粗筆心，並保持筆心尖銳，以獲得粗細一致的線條。使用鉛筆時，不宜為獲得較粗或較黑線條而用力過大，應選擇適當硬度與粗細的筆心畫線。

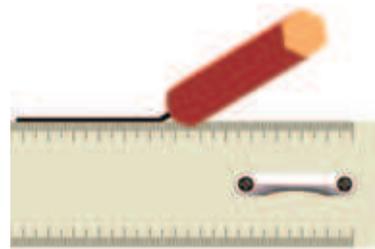


圖4.5 鉛筆畫線時朝運筆方向傾斜

4.3 丁字尺與三角板

4.3.1 丁字尺

丁字尺為畫水平線或當水平基準之工具，如圖4.6所示，丁字尺由尺身及尺頭所組成。尺身工作邊及尺頭都必須保持平直。丁字尺移動到任何位置畫水平線或當水平基準前，尺頭必須靠緊繪圖板，方能保持一致的水平。



圖4.6 丁字尺

4.3.2 三角板

製圖用的三角板一組有兩塊，如圖4.7所示：一塊為兩角皆為45度之直角三角形，另一塊為30度與60度之直角三角形，直邊有尺度刻劃，製圖最常用之三角板為300mm大小，係指45°三角板斜邊長或60°角對邊長。



圖4.7 三角板組

三角板可單獨使用，或與丁字尺配合使用，以畫出垂直線，或 30° 、 45° 、 60° 的斜線等，如圖4.8所示。

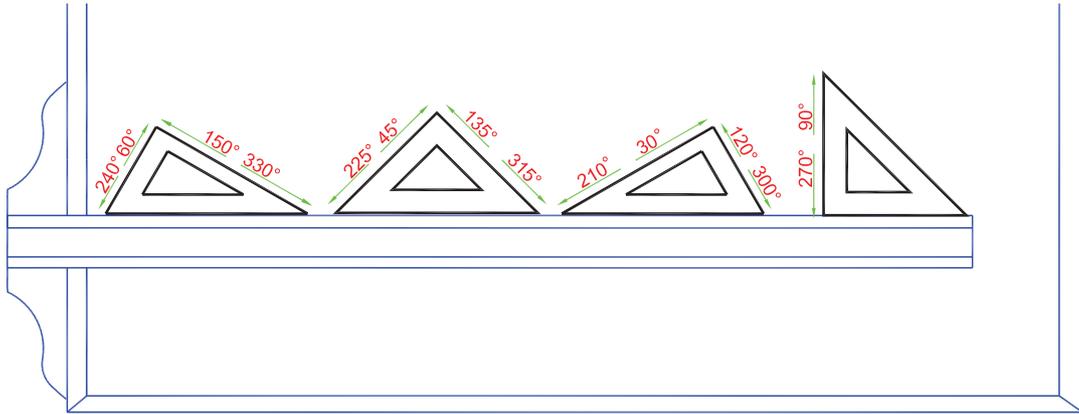


圖4.8 三角板與丁字尺配合使用

亦可合併兩塊三角板，畫出 15° 、 75° 、 105° 等 15° 倍數的斜線，如圖4.9所示。

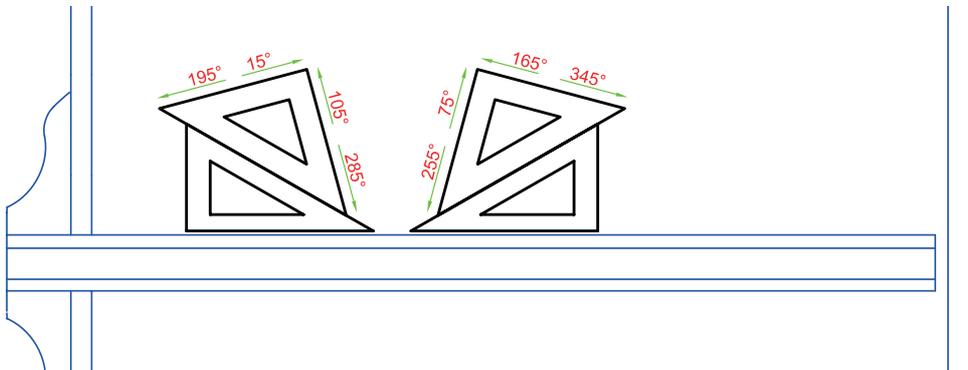


圖4.9 利用丁字尺與兩塊三角板繪任何 15° 倍數斜線的方法

當畫垂直線時，如圖4.10，先將丁字尺之尺頭靠緊製圖板，以一手固定丁字尺與三角板，另一手執筆由下向上畫線，同時筆朝外及前進方向傾斜。

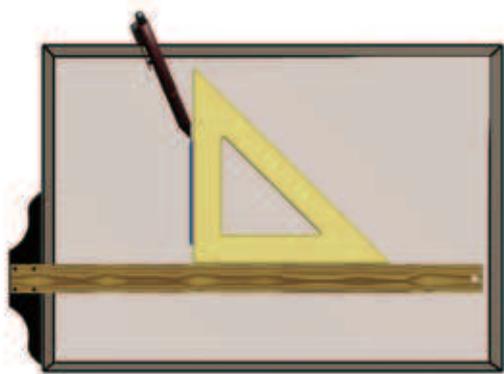


圖4.10 以丁字尺與三角板畫垂直線

4.4 圓規與分規

4.4.1 圓規

圓規是畫圓或圓弧的工具，圓規有各種不同大小，用以畫各種直徑的圓，如圖4.11所示，畫圓時須選擇適合的圓規。圓規之一腳可換裝不同接頭，用以畫鉛筆線圓或上墨線圓。



圖4.11 圓規



圖4.12 圓規兩腳保持與圖紙垂直

圓規使用前須先調整針尖，使針尖稍長於筆尖，長約為針尖刺入圖紙的深度。畫圓時，以大拇指與食指轉動規柄，並使圓規稍微朝畫線方向傾斜。畫鉛筆圖時，如粗細不足可重複畫圓，以加粗線條，但針筆圓則須一次完成。如圖4.12所示，畫大圓時，須彎曲圓規的關節，儘量使兩腳均與圖紙垂直。若要畫更大圓時，須使用延伸桿，如圖4.13所示。



圖4.13 圓規加裝延伸桿

4.4.2 分規

分規之外型與圓規相似，兩腳皆為針尖，如圖4.14所示。分規用來量測圖形尺寸以轉移到他處，或用於等分圓、線等。



圖4.14 分規

分規量測大尺寸時，與圓規相同，須彎曲分規的關節，儘量使兩腳均與圖紙垂直。在直線或弧量取數等分時，須旋轉分規規柄順時針與逆時針交錯，逐步旋轉前進，如圖4.15所示。

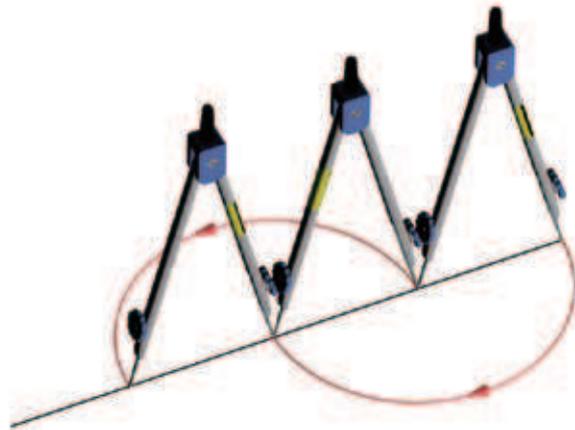


圖4.15 旋轉分規規柄順時針與逆時針交錯，逐步旋轉前進

如圖4.16所示，調整分規兩腳之距離時，可將大拇指與食指置於分規兩腳之外，中指與無名指置於兩腳內，以內側之兩指控制張開，外側之兩指控制內縮，以調整正確大小。



圖4.16 調整分規兩腳之距離

如圖4.17所示，以分規做三等分線段為例，先估計兩腳張開之距離約為線段長 $1/3$ ，置分規一腳於線端，另一腳於線上，交錯旋轉前進，若未等分則重估距離，調整量為所差之 $1/3$ ，重新量度，直至正確為止。



圖4.17 以分規等分線段

4.4.3 比例分規

比例分規呈X形狀，係利用相似三角形原理放大或縮小尺寸。腳規上有刻度，顯示樞紐到兩端針尖之距離比，即為其縮放比，若置樞紐於整數刻度，則比例分規即可當做等分之用。如圖4.18所示。

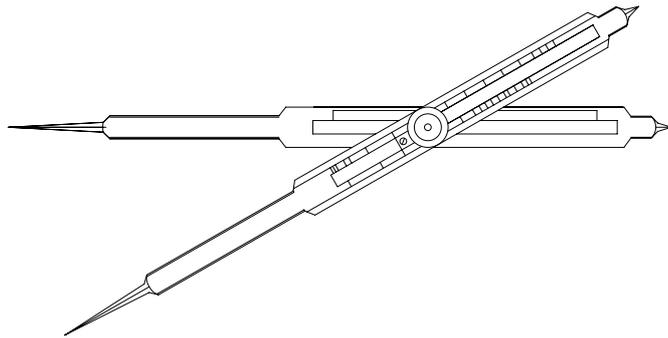


圖4.18 比例分規

4.5 曲線板與曲線規

4.5.1 曲線板

曲線板又稱雲型定規，為畫不規則曲線之規尺，目的在於將已知各點連接成不規則連續線，其曲線型式為橢圓、雙曲線、螺線形、或其他數學曲線連接而成。曲線板有單片式、三片組或多片組等多種，圖4.19所示為三片組。



圖4.19 曲線板

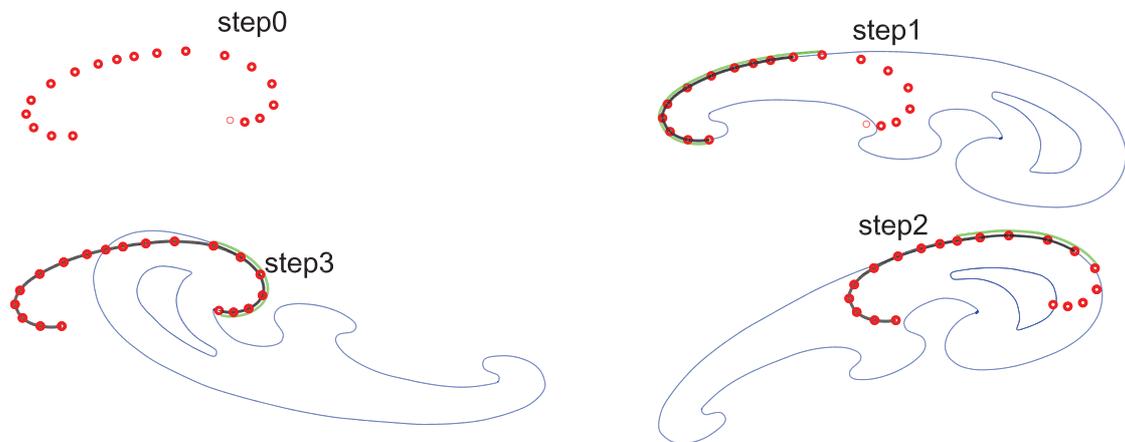


圖4.20 以曲線板繪曲線

如圖4.20所示，用曲線板連接各點之前，必須先嘗試找出曲線板適當的曲線段，與這些點吻合，吻合的點數越多越好，畫曲線時不可將吻合的點完全畫出，兩端應留下一小段，以便前後各段曲線接合時能順暢圓滑，即吻合的曲線段能互相重合。

4.5.2 曲線規

如圖4.21所示，曲線規（Adjustable Curve）是畫曲線的另一種工具，曲線規可撓曲成任意形狀，使用上較曲線板方便，但曲線規無法撓出太小的曲率，因此曲線規適合於畫曲率較大之不規則曲線。

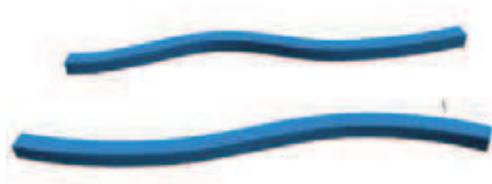


圖4.21 曲線規

4.6 比例尺

繪製工程圖時，當圖面須以某一倍率放大或縮小繪出時，為節省換算尺度的時間，可選用對應之比例尺，直接量取比例尺之刻度繪圖。繪製工程圖以2、5及10倍數的比例較常使用，表4.2所示為常用之比例尺。

表4.2 常用之比例尺

常用比例	以2、5、10倍數的比例為常用者。
實大比例	1:1
縮小比例	1:2, 1:2.5, 1:4, 1:5, 1:20, 1:50, 1:100, 1:200, 1:500, 1:1000
放大比例	2:1, 5:1, 10:1, 20:1, 50:1, 100:1

比例尺之斷面有各種不同形狀，最常用者為三角形斷面，如圖4.22所示。三面兩邊皆刻有比例數值，共有六組，分別為1/100、1/200、1/300、1/400、1/500、1/600等六種比例尺。1/100比例尺的意義為一公尺長分為100等分，可當成1:1比例尺，1/200為一公尺長分為200等分，可當成1:2比例尺，其餘類推。



圖4.22 三角形斷面比例尺

其他比例尺可由此六比例尺組合產生，如欲畫4/5比例時，可用1/400的刻度量取原圖的長度值，以1/500的刻度繪出對應之數值，即得所要的比例。

4.7 針筆

如圖4.23，針筆用於畫墨線。其筆尖如針故名針筆，針筆可畫出固定粗細的線條，其粗細範圍一般是從0.1mm至1.2mm之間，配合線條粗、中、細的規格，繪圖時選用適當筆尖粗細來畫線。

使用針筆書寫或繪線條時，須儘量保持筆尖與紙面垂直，如此方可畫出正確且粗細一致的線條，及避免用直尺畫線時墨水浸入尺內。針筆不用時，須馬上套上筆蓋，以避免墨水乾涸。



圖4.23 針筆

4.8 橡皮擦與消字板

4.8.1 橡皮擦

橡皮擦可用於擦拭不必要的線條或除去紙面上的污垢。橡皮擦有兩種，一種用於擦拭鉛筆線，一種用於擦拭墨線。橡皮擦以少用為原則，擦拭後產生的屑不可用手或吹氣去除，須以清潔刷拂除，以保持圖面之整潔。

4.8.2 消字板

消字板 (erasing shield) 常以塑膠或鋼質薄片製成，中間有各種形狀孔洞，如圖4.24所示，使用時將空隙對準所要擦去的線條，以精確擦去不須要的線條，及保留不欲擦拭的線條。



圖4.24 消字板



圖4.25 量角器

4.8.3 量角器

量角器常以塑膠薄片製成，如圖4.25所示，通常呈半圓形狀，半圓分為180個刻度，用以測量角度或作任一角度之直線。非15°倍數角度的線無法以三角板繪出，可用量角器繪出。製圖機有更精密的角度刻度，可取代量角器。

4.9 製圖板與製圖桌架

4.9.1 製圖板

製圖板用於安置圖紙，如圖4.26所示，通常以木材為底材，上鋪襯墊，以調整板面之硬度與彈性，有些襯墊具有磁性以吸引金屬壓條，便於固定圖紙。通常圖板兩側會加上特殊硬木或金屬鑲邊，以增加其平直度及防止變形或磨損。



圖4.26 製圖板

4.9.2 製圖桌架

製圖桌架用於安置製圖板及製圖機，有各種不同型式。製圖桌架通常可調整其高低及板架之角度，如圖4.27為常用之型式。



圖4.27 製圖桌架

4.10 製圖機

製圖機結合了三角板、丁字尺、比例尺及量角器等多種功能。製圖機有軌道式與手臂式兩種，製圖機上有兩支互相垂直的水平及垂直比例尺，手持握把可讓製圖機輕而正確的平行移動，以畫出平行與垂直線，旋轉刻度盤可畫出任何方向的斜線或平行線。

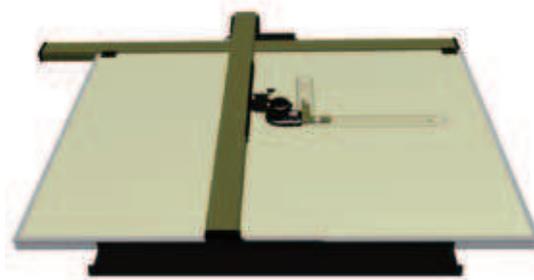


圖4.28 軌道式製圖機

»»» 軌道式製圖機 (Track type drafter)

此型式之製圖機，由直立軌與水平軌構成的機構，可作二軸平行位移，其特點為精度高，可繪製大型圖面，同時可垂直安裝在圖板上使用，如圖4.28所示。

》》》 手臂式製圖機 (Arm type drafter)

此型式之製圖機，係利用平行四邊形機構原理所構成，使繪圖尺不論移至任何位置均保持與起始位置平行，可安裝在各型桌面上，輕巧方便，如圖4.29所示。



圖4.29 手臂式製圖機

4.11 模板

模板常以塑膠薄板製成，中間有各種形狀孔洞。常用之幾何圖形、機件形狀、符號等，如做成樣板，繪圖時直接依樣板描繪，不但可節省繪圖時間，也可使圖面更整潔精美。常見之模板有圓圈板、橢圓板、字規、表面符號板、公差符號板、螺帽螺釘模板及熔接符號板等，如圖4.30~4.33所示。

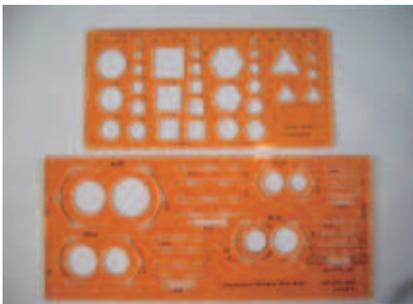


圖4.30 螺帽螺釘模板

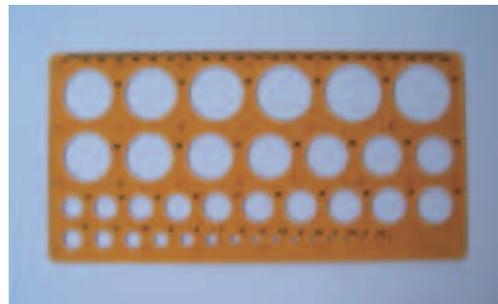


圖4.31 圓圈板



圖4.32 等角橢圓板



圖4.33 一般橢圓板



Chapter 5

應用幾何

一般物體的外型基於製造的便利或美觀的因素，大都由幾何型體所構成，這些幾何形狀主要有直線、圓弧或曲線等，熟悉幾何線條的畫法是學習工程圖的基礎。以下各節將說明各種幾何圖形的繪圖步驟。

5.1 線段、角與圓弧之等分法

5.1.1 線段、圓弧二等分法

- ◆ 已知：線段（或圓弧）AB。
- ◆ 求作：試將AB二等分。
- ◆ 作法：

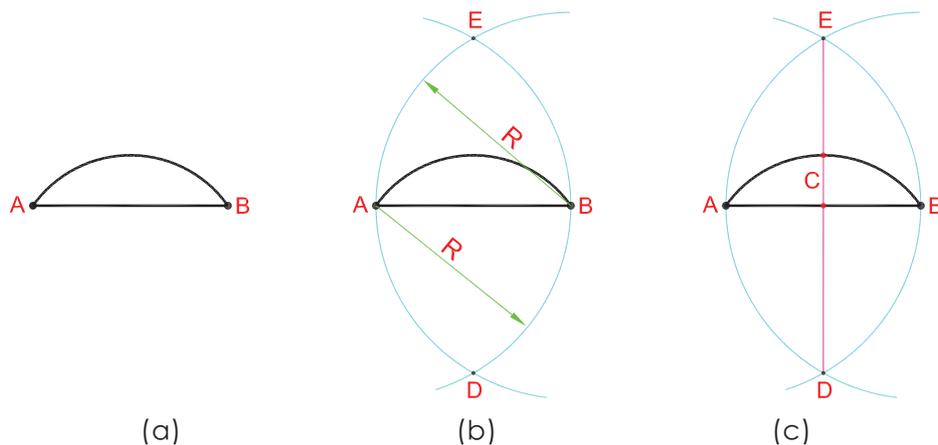


圖5.1 線段（或圓弧）之二等分法

1. 如圖5.1(b)分別以A和B兩點為圓心，大於 $1/2$ AB或等於AB之長為半徑畫弧，兩弧交於D、E兩點。
2. 如圖5.1(c)，以三角板或直尺連接D、E兩點，與AB交於C點，C點即平分線段AB或弧AB。

5.1.2 角之二等分法

- ◆ 已知： $\angle ABC$ 。
- ◆ 求作： $\angle ABC$ 之二等分。

◆ 作法：

1. 如圖5.2(a)，以頂點B為圓心，任意長R為半徑作圓弧交 $\angle ABC$ 兩邊於D及E。
2. 如圖5.2(b)，各以D及E為圓心，大於 $\frac{1}{2} DE$ 長為半徑作圓弧，兩弧相交於F。
3. 如圖5.2(c)，連接BF即得所求。

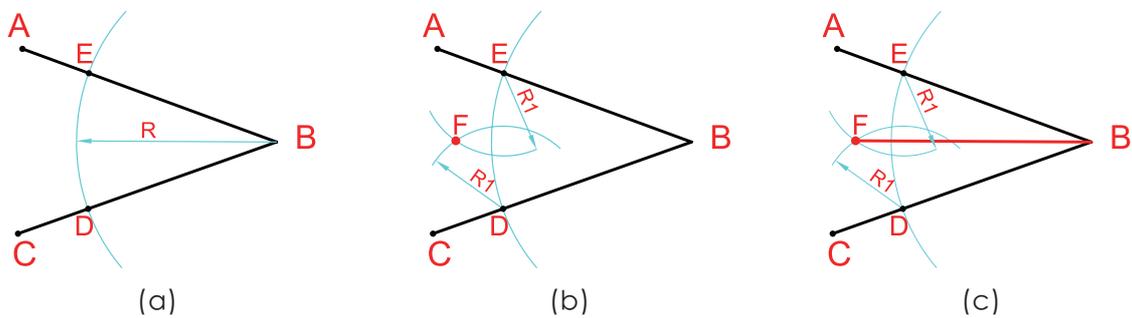


圖5.2 角之二等分法

5.1.3 線段之三等分

◆ 已知：線段AB。

◆ 求作：將線段AB三等分。

◆ 作法：

1. 如圖5.3(a)，分別過直線兩端點作 30° 線，相交於C點。
2. 如圖5.3(b)，過C點作與AB成 60° 之兩線交AB於U及V兩點，U、V兩點即線段AB之三等分點。

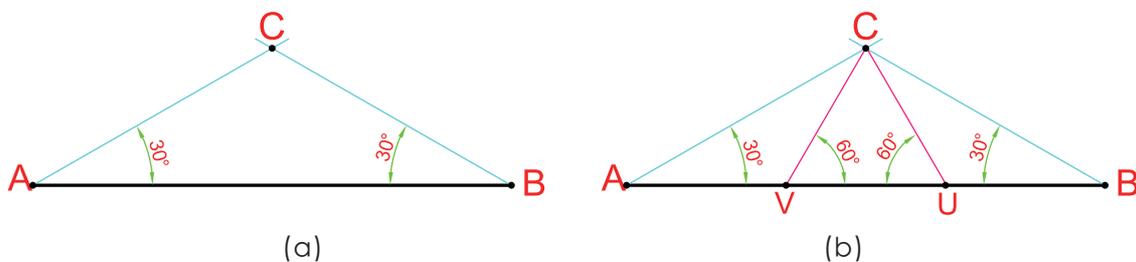


圖5.3 線段之三等分法

5.1.4 線段之任意等分

- ◆ 已知：線段AB。
- ◆ 求作：將線段AB任意等分（以五等分為例）。
- ◆ 作法：

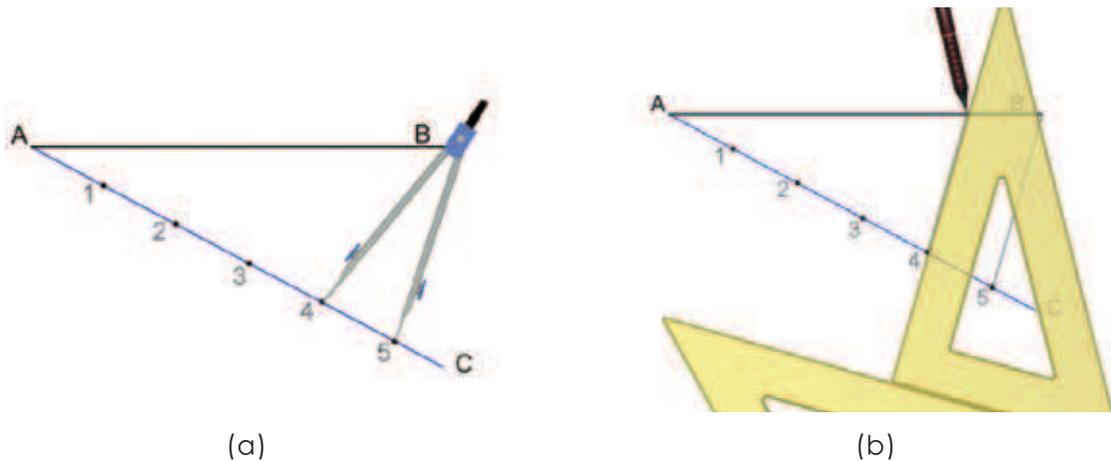


圖5.4 線段之五等分法

1. 如圖5.4(a)，過直線端點A（或B）作一斜線AC，以分規取任意距離，在斜線AC上由A點起量取五等分，得1、2、3、4、5。
2. 如圖5.4(b)，連接B5，分別過1、2、3、4作B5的平行線，與AB的交點即為等分點。

5.1.5 角之任意等分

- ◆ 已知： $\angle ABC$ ，如圖5.5(a)。
- ◆ 求作：將角任意等分（以三等分為例）。
- ◆ 作法：

1. 如圖5.5(b)，以頂點B為圓心，任意長為半徑作圓弧，交 $\angle ABC$ 之兩邊於E、D，及交AB之延長線於F，以D及F為圓心，DF線段長為半徑作圓弧，兩弧相交於G，連接GE，交BF於H。
2. 如圖5.5(c)，三等分HD（其等分數與欲等分之 $\angle ABC$ 相同），得等分點。

3. 如圖5.5(d)，過G點作線經各等分點，並延長至與圓弧相交，過圓弧上各點與 $\angle ABC$ 之頂點B連接，即可將 $\angle ABC$ 三等分。

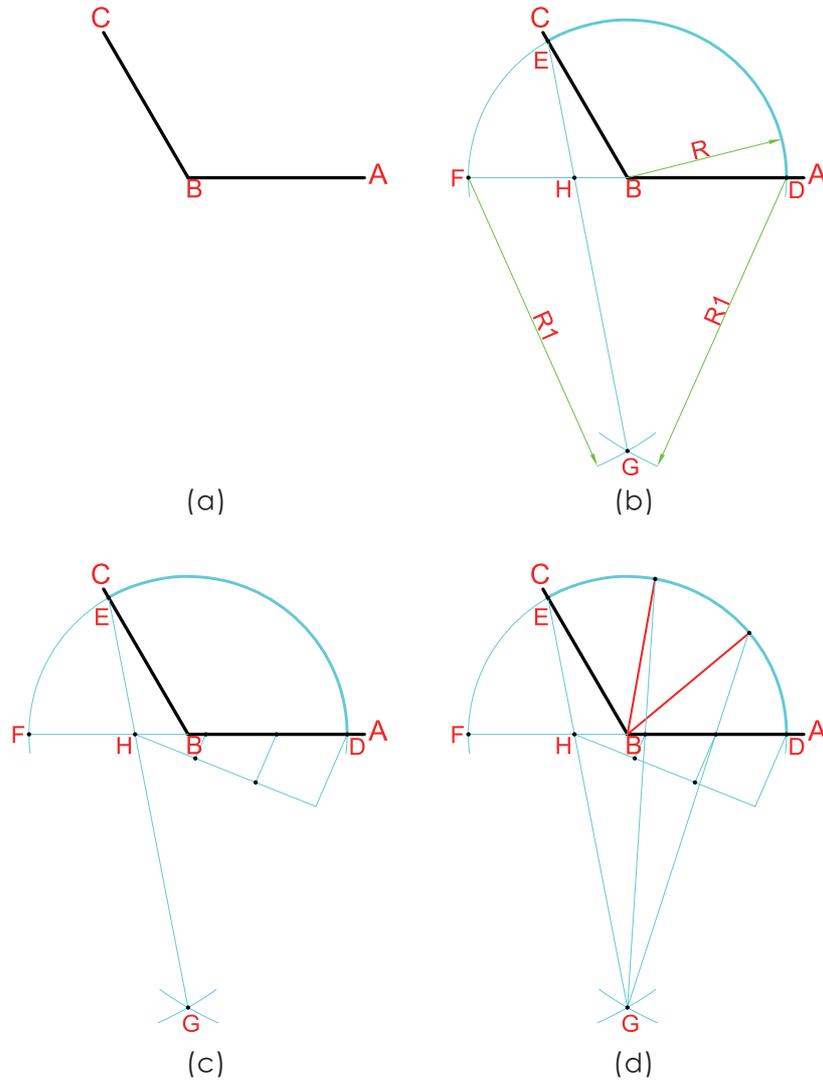


圖5.5 角之任意等分法

5.2 垂直與平行線之繪法

5.2.1 垂直線之繪法

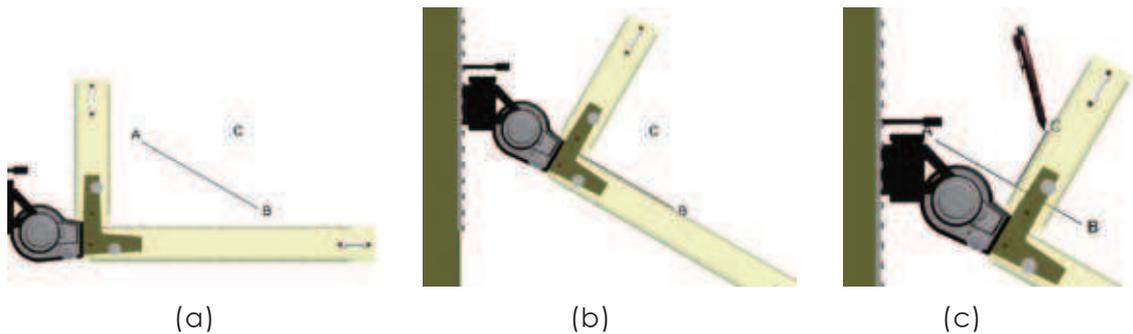


圖5.6 使用製圖機繪垂直線

如圖5.6(a)，已知直線AB及線外一點C，使用製圖機時，如圖5.6(b)，先鬆開角度固定桿，轉動分度盤使製圖機之水平尺與直線切齊，再旋緊角度固定桿。如圖5.6(c)，移動製圖機之垂直尺使之通過點C，沿垂直尺之邊過C繪出AB之垂直線，點C若位於AB線上，其繪法相同，若移動製圖機之水平尺通過點C，則可繪出與AB平行的直線。

若使用圓規與三角板則須分成三種情況：

5.2.1.1 過直線AB上之一點P作AB之垂直線

- ◆ 已知：直線AB及線上一點P。
- ◆ 求作：過點P作AB之垂直線。
- ◆ 作法：
 1. 如圖5.7(a)，以P為圓心，任意長為半徑作圓弧，交直線AB於C、D。
 2. 如圖5.7(b)，次各以C及D為圓心，大於二分之一CD長為半徑作圓弧，兩弧相交於E，連接PE即為所求之垂直線。

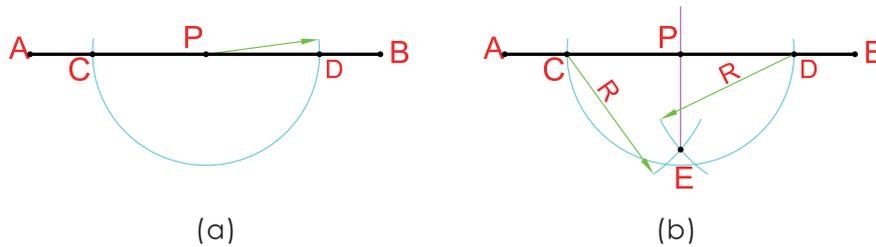


圖5.7 過線上一點作直線之垂直線

5.2.1.2 過直線 AB 上之一端點 B 作 AB 之垂直線

- ◆ 已知：直線 AB。
- ◆ 求作：過端點 B 作 AB 之垂直線。
- ◆ 作法：

可先過 B 點延長直線 AB，其餘跟 5.2.1.1 方法相同，另可用下述方法求作。

1. 如圖 5.8(a)，以 B 為圓心，任意長 R 為半徑作圓弧，交直線 AB 於 C。
2. 如圖 5.8(b)，次以 C 為圓心相同之半徑 R 作圓弧，交前述之圓弧於 D。
3. 如圖 5.5(c)，再以 D 為圓心相同之半徑 R 作圓弧，交 C、D 之延長線於 E，連接 E、B 即為所求之垂直線。

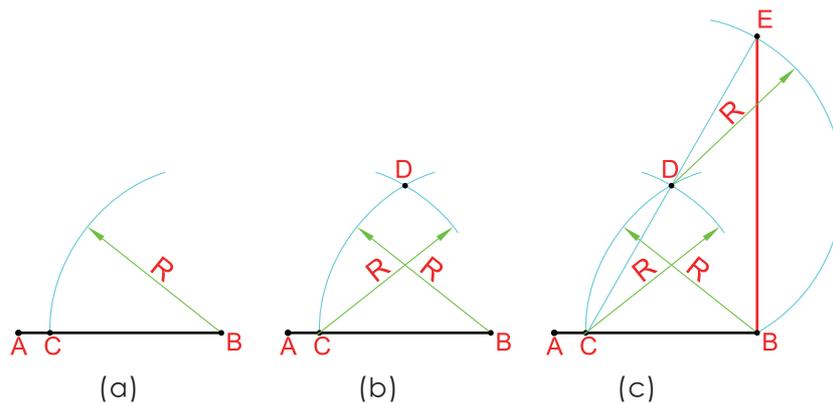


圖5.8 過直線 AB 上之一端點 B 作 AB 之垂直線

5.2.1.3 過直線外之一點 P 作 AB 之垂直線

- ◆ 已知：直線 AB 及線外一點 P。
- ◆ 求作：過點 P 作 AB 之垂直線。
- ◆ 作法：
 1. 如圖 5.9(a)，以 P 為圓心，任意長為半徑作圓弧，交直線 AB 於 C、D。
 2. 如圖 5.9(b)，次以 C 及 D 各為圓心，大於 $1/2$ CD 長為半徑作圓弧，兩弧相交於 E。
 3. 連接 PE 即為所求之垂直線。

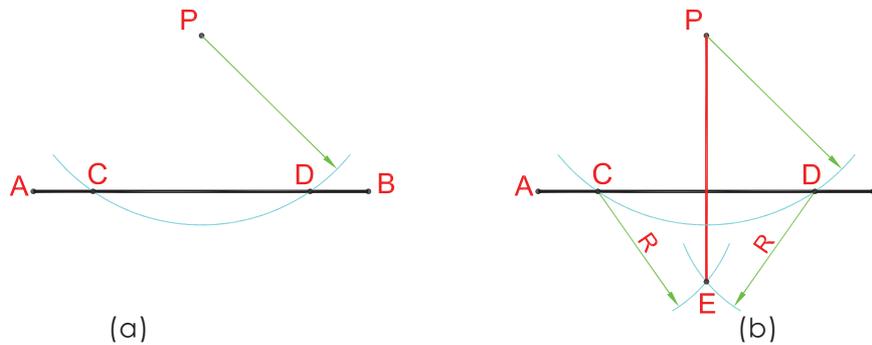


圖 5.9 過 AB 直線外一點 P 作 AB 之垂直線

5.2.2 平行線之繪法

5.2.2.1 過直線外之一點 P 作 AB 之平行線

- ◆ 已知：直線 AB 及線外一點 P。
- ◆ 求作：過點 P 作 AB 之平行線。
- ◆ 作法：

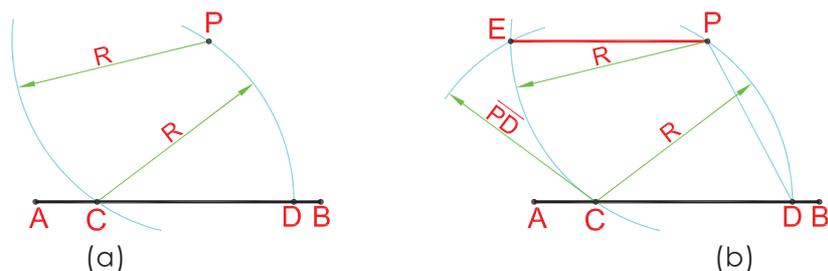


圖 5.10 過直線外之一點 P 作 AB 之平行線

1. 如圖5.10(a)，以P為圓心，任意長R為半徑作圓弧，交直線AB於C，以C為圓心，相同之半徑R作圓弧，交直線AB於D。
2. 如圖5.10(b)，以PD長為半徑，C為圓心作圓弧，交步驟1之圓弧於E，連接P、E即為所求之平行線。

5.2.2.2 已知距離作一直線外之平行線

- ◆ 已知：直線AB及距離R。
- ◆ 求作：求作一直線平行於AB。
- ◆ 作法：
 1. 如圖5.11(a)，於AB上任取兩點C、D，過C、D作AB之垂線。
 2. 如圖5.11(b)，次於垂線上截取E、F兩點，使CE及DF之長為距離R，連接E、F即為所求之平行線。

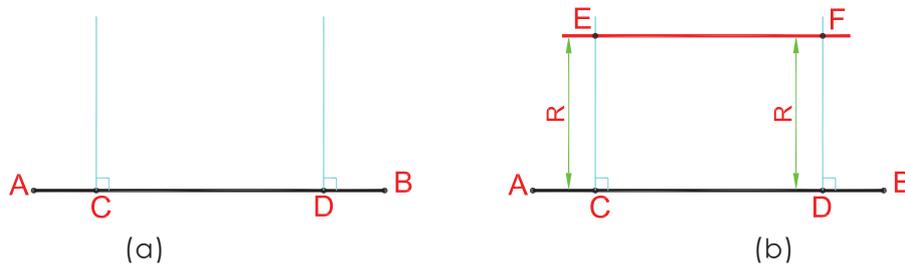


圖5.11 已知距離作AB直線之平行線

5.3 相切與切線

平面上一圓弧與直線（或一圓與圓弧）若相切，則兩者僅有一交點，此交點即為切點，該直線為圓過此切點之切線，切線之求作基於兩個幾何性質：

1. 如圖5.12(a)，一直線若與一圓相切，則切點T與圓心的連線與該直線垂直。
2. 如圖5.12(b)，兩圓若相切則切點T位於兩圓之圓心的連線上，兩圓若外切則兩圓心的距離為兩圓之半徑和。如圖5.12(c)，兩圓若內切則兩圓心的距離為兩圓之半徑差。