

# 電腦輔助機械製圖能力本位訓練教材 標註硬度

編號：PMT-CAD0609

編著者：林本源、康鳳梅

審稿者：黃泰翔、林瑞乾、鄭光臣、許榮添

主辦單位：行政院勞工委員會職業訓練局

研製單位：中華民國職業訓練研究發展中心

印製日期：九十年十二月

## 單元 PMT-CAD0609 學習指引

當你在學習本單元之前，你必須能說出各種加工方法與製程，以及熟悉 CAD 軟體的使用。假如你能勝任上列工作，請翻開第一頁開始練習。假如自認無法勝任上列工作，請將本教材放回原位去請教你的老師。

## 引言

材料的機械性質當中，硬度(hardness)是很重要的一種性質，因為材料的硬度與耐磨耗性、切削性及抗拉強度等性質有密切的關係。由於硬度試驗的方法比較簡單，所以硬度也是材料的機械性質中最被重視的一種。

## 定義

### 硬度：

材料表面受到集中壓刮時，表面層抵抗它，而不起壓痕或刮痕的能力，稱之為硬度。抵抗的能力愈強，亦即壓痕或刮痕愈小，其硬度值則愈高。

## 學習目標

- 一、不使用參考資料，你能夠正確地說明硬度的相關知識。
- 二、在無他人幫助的情況下，給你一張圖，你能夠在視圖上指定的位置正確的標註硬度。

---

假如你認為能夠勝任以上學習目標的能力，請翻至第 23 頁做測驗。  
假如你需要更多學習的話，請翻至下一頁。

## 學習活動

本講義之學習活動分二部分：包括相關知識與實際上機操作。在實際運用電腦標註硬度之前，我們必須了解與硬度有關之知識，你可以由下列之二條途徑中選擇一途徑去學習。

- 一、參閱本教材之第 5 頁至第 22 頁。
- 二、參閱 機械材料 黃振賢著 文京圖書 P.104!~P.110 1994 年。  
參閱 材料實驗 林本源、林啟瑞著 高立圖書 P.93~P.158 1990 年。

### 本單元的第一個學習目標是

不使用參考資料，你能夠正確地說明硬度的相關知識。

---

假如你認為能夠勝任以上學習目標的能力，請翻至第 頁做測驗。  
假如你需要更多學習的話，請翻至下一頁。

莫式硬度是最早的硬度表示法。是德國礦物學家，莫氏(Mohs)以天然礦石的硬度做為劃分依據：滑石的硬度為 1、岩鹽為 2、方解石為 3、氟石為 4、磷灰石為 5、長石為 6、石英為 7、黃玉為 8、剛玉為 9、鑽石為 10。其中以鑽石硬度最高，可以在其他礦石上刻劃出刮痕而本身不受傷。這種莫氏硬度標至今仍然被珠寶工業所採用，但在金屬工業上，則採用勃氏、洛氏、維克氏或蕭氏硬度標。這四種硬度的計算方各有不同，但基本目的都是在測試材料受到壓痕器的集中力壓刺時，抵抗被壓凹的能力，壓凹的痕跡愈小，則材料的硬度愈高。

### 一、勃氏硬度試驗

勃氏硬度計是試驗材料抵抗被壓凹能力的一種極普遍儀器。其壓痕器採用直徑 5mm 或 10mm 的硬化鋼球或碳化鎢球，而負荷則可選用 500kgf~3000kgf 等。

#### (一) 勃氏硬度(Brinell Hardness number, BHN 或 HB)

勃氏硬度試驗的壓刺過程，如圖 1，壓痕器壓著在材料的時間是 30 秒，然後利用凹痕量測鏡將凹痕放大量取直徑，如圖 2，採相互垂直的兩個數值的平均值作為凹痕直徑  $d$ ，代入公式 1 便可求得勃氏硬度。

$$\text{BHN 或 HB} = \frac{P}{A} = \frac{P}{\frac{\pi D}{2}(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1)$$

$P$  = 負荷，kgf。

$A$  = 凹痕的圓弧面積， $\text{mm}^2$ 。

$D$  = 壓痕器所用的鋼球直徑，mm。

$d$  = 壓痕平均直徑，mm。

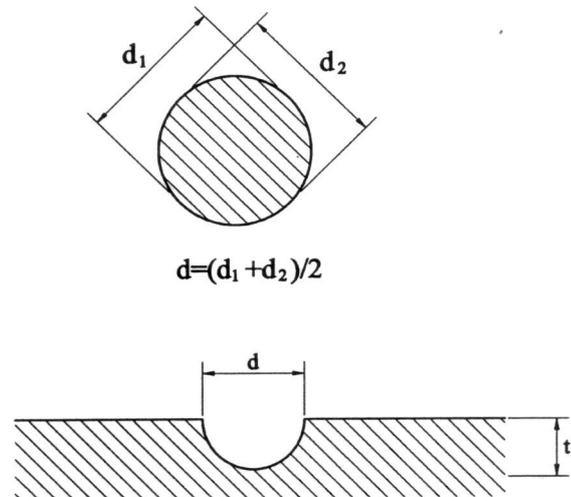
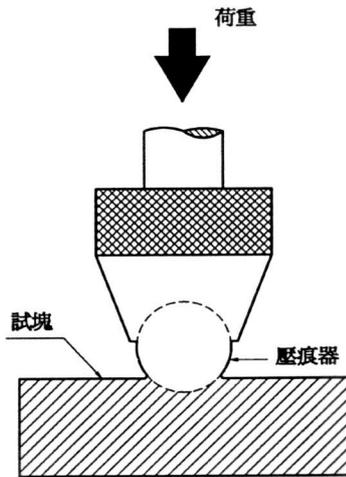


圖 1 勃氏硬度試驗的壓刺過程

圖 2 勃氏硬度試驗壓痕直徑  $d$  的量測

## (二) 勃氏硬度的表示

1. 硬度之數值在 50 以下時，算至小數點後第一位，超過 50 時算至個位數。
2. 硬度之數值上須附記試驗時之條件，但若壓痕器為 10mm 鋼球，荷重為 3000kgf 時，則可省略之。

例：鋼球直徑 = 10mm，荷重 = 2500kgf，勃氏硬度 92 時  
HB(10/2500)92

例：鋼球直徑 = 10mm，荷重 = 3000kgf，勃氏硬度 92 時  
HB92

## 二、洛氏硬度試驗 (Rockwell Hardness Test)

洛氏硬度計也是測試材料抵抗壓凹的試驗機。其主要是利用槓桿原理，用一定負重，以小鋼球或鑽石圓錐為壓痕器壓入試片，再將其壓痕深度利用機構原理轉換成指示盤中之刻度，此刻度即是洛氏硬度。由於測試迅速、精確，而且適用材質廣泛，是一種普遍被採用的硬度試驗方法。

## (一) 洛氏硬度標(Rockwell scales)

洛氏硬度隨所加的負荷 P，及所使用壓痕器的種類而有卅種不同的硬度標。表 1 是常用硬度標所用之負荷及壓痕器的組合，負荷隨不同的硬度標可為 60、100 或 150kgf。表中同時列出所用之硬度計算公式、直接讀取刻盤的顏色及適用範圍等。

表 1 各種洛氏硬度標的規定

硬度標	壓痕器	負荷(kgf)	計算公式	刻盤	適用範圍
A	120° 鑽石錐	60	$R_A = 100 - 500t$	黑	燒結碳化物，薄鋼片以及表面硬化層甚淺鋼片
B	1/16"鋼球	100	$R_B = 130 - 500t$	紅	軟鋼，退火狀態鋼，銅合金，鋁合金
C	120° 鑽石錐	150	$R_C = 100 - 500t$	黑	鋼，硬鑄鐵，波來鐵展性鑄鐵，深度表面硬化鋼及 HRB>100 之其他材料
D	120° 鑽石錐	100	$R_D = 100 - 500t$	黑	中度表面硬化之鋼，波來鐵展性鑄鐵
E	1/8"鋼球	100	$R_E = 130 - 500t$	紅	鑄鐵，鋁合鎂合金，軸承金屬
F	1/16"鋼球	60	$R_F = 130 - 500t$	紅	退火黃銅，極軟之薄金屬

壓痕器則有兩種類型，一種為 120° 的鑽石圓錐壓痕器，主要使用於硬化鋼和燒結碳化物等材料。另一種為硬化鋼球壓痕器，鋼球直徑包括有 1/16"、1/8"、1/4"和 1/2"等數種，主要用於退火鋼，較軟等級鑄鐵以及非鐵金屬等材料。洛氏硬度標除表 1 所列的六種指標適用於金屬材料外，尚有使用鋼球直徑為 1/4"或 1/2"而用來測定塑膠材料硬度的 M、P、R 及 S 等指標。

## (二) 洛氏硬度(Rockwell Hardness)

洛氏硬度的值，是以壓痕的深度來表示，壓痕深度愈深，則硬度值愈低。洛氏硬度實驗時，須先預加一小負荷(10kgf)，然後再將主要負荷完全加工。預加小負荷其目的是要消除儀器本身齒隙(back-lash)所引起對精確度的影響，以及避免因試片測試面上些許的不平，而造成對壓痕器的損壞。10kgf 預加負荷的施加，可以將試片高度繼續提高到刻盤上的一個

短指針指到一固定的記號點時為止。主要負荷施加在材料上的時間以 30 秒為準，這可用手動或自動的方式來控制時間。圖 3 是洛氏硬度試驗壓痕深度的示意圖，圖中  $t$  為預加小負荷與主要負荷所造成塑性變形的深度差。 $T$  也就是表 1 中洛氏硬度計算公式中所用的  $t$ ，單位 mm。以 C 指標為例，洛氏硬度一個刻度即代表壓入深度相當於 0.002mm，也就是 HRC60 的壓入深度比 HRC59 淺 0.002mm。

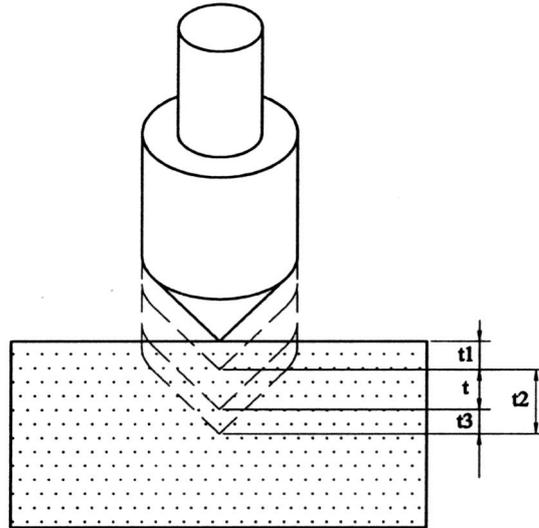


圖 3 洛氏硬度試驗壓痕深度示意圖

$t_1$  = 預加小負荷產生之壓痕深度。

$t_2$  = 主負荷產生之壓痕深度。

$t_3$  = 除去主負荷留下小負荷時，彈性變形恢復的大小。

$t_4 = (t_2 - t_3)$ ，預加小負荷與主要負荷所造成塑性變形的深度差。

### (三) 洛氏硬度的表示

洛氏硬度值必須將測得的數值與符號連同硬度標一起標示。

例：HRC40

表示在洛氏 C 硬度標中，其硬度值為 40。

### 三、維克氏硬度試驗 (Vickers Hardness Test)

維克氏硬度與勃氏硬度相似，以施加負荷除以壓痕表面積，得到的商作為硬度的讀數，所不同者維克氏硬度試驗係使用鑽石角錐為壓痕器。維克氏硬度試驗適用於表面硬化層、脫碳層，熔接層等，或不欲形成大壓痕之工件表面如切剖面、螺紋面之試驗。

## (一) 壓痕器及負荷

維克氏硬度計的壓痕器採用  $136^\circ$  的金字塔型的鑽石角錐，負荷從  $5\text{kgf} \sim 100\text{kgf}$ 。適用於微小結構之硬度測量的微維克氏硬度計 (Micro Vickers Hardness)，其壓痕器仍為  $136^\circ$  之鑽石角錐，負荷則從  $1\text{gf} \sim 1\text{kgf}$ 。

## (二) 維克氏硬度 (Vickers Hardness)

克氏硬度 (簡稱 DPH，或 HV) 的計算公式為：

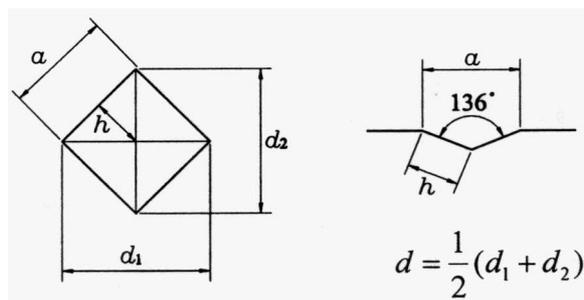
$$\text{DPH 或 HV} = \frac{P}{A} = \frac{2P \sin 68^\circ}{d^2} = \frac{1.854P}{d^2} \quad (2)$$

$P$  = 負荷， $\text{kgf}$ 。

$d$  = 壓痕兩對角線的平均值， $\text{mm}$ 。

$A$  = 壓痕表面積， $\text{mm}^2$ 。

壓痕的形狀，對角線的量測及面積的計算如圖 4 所示。維克氏硬度計的壓痕表面積在理想狀況下，其形狀幾乎都相似，並且與負重成正比例，所以採用不同的負荷，得到不同的  $d$  值，但卻可以得到相同的 DPH。這可以說是維克氏硬度標的最大特色。對於微維克氏硬度計之硬度的測定，亦相同而不失去意義。不論是大負重型的維克氏硬度或微維克氏硬度壓痕對角線的長度  $d$  的量測都必須利用附有微尺的顯微鏡來量測。量測的方法如圖 5 所示。在測得  $d$  值後，可代入公式 (2) 求出 DPH。



$$A = 4 \times \left( \frac{1}{2} a \cdot \frac{a}{2} \sin 68^\circ \right) = \frac{a^2}{\sin 68^\circ} = \frac{a^2}{2 \sin 68^\circ} \therefore \text{DPN} = \frac{P}{A} = \frac{2 \sin 68^\circ P}{d^2}$$

圖 4 維氏硬度壓痕對角線  $d$  的測量與壓痕面積  $A$  的計算

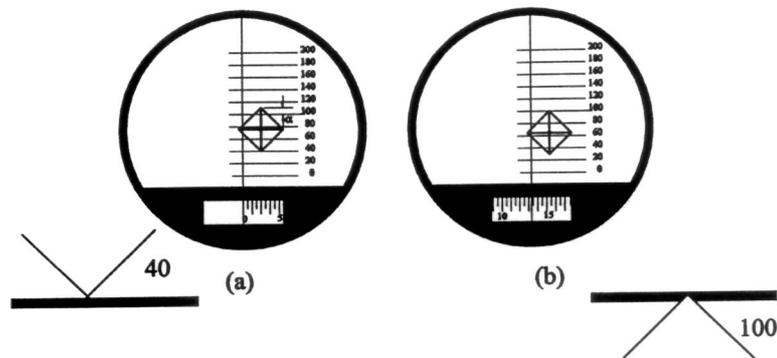


圖 5 以微尺量測壓痕直徑的示意圖

### (三) 維克氏硬度的表示

維克氏硬度原則上以整數表示之。

例：HV250 或 DPH250

HV2500 或 DPH2500

假如有需要表示負荷時，表示法如下：

例：試驗負荷 30kgf，維克氏硬度值 250 時

HV(30)250 或 DPH(30)250

### 四、蕭氏硬度試驗(Shore Hardness Test)

蕭氏硬度計量測硬度的原理與前述三種略異，它是利用裝有鑽石尖端的一個小錘從一特定的高度上放開，自由撞到試片的表面，撞凹試片後，受材料彈性彈回的高度來定出材料的硬度。因為材料被撞凹而塑變時會吸收大量的機械能，吸收的能量愈多，變形愈大，彈回的高度愈低，所以硬度愈小。由於小錘的反彈高度與材料的彈性係數有關，所以蕭氏硬度比較適用來比較具有相同彈性係數的材料硬度。其優點是測試方便，迅速，並且其凹痕微小。

#### (一) 蕭氏硬度(Shore Hardness)

以鑽石小錘撞擊經水淬硬化之 AISI W5 工具鋼試塊，將平均反跳高度  $h$  定做蕭氏硬度 100，然後再將  $h$  分為 100 等分，圖 6 為其示意圖。

蕭氏硬度計可以測量比水淬工具鋼更硬的材料，故硬度計上之刻度均大於 100。

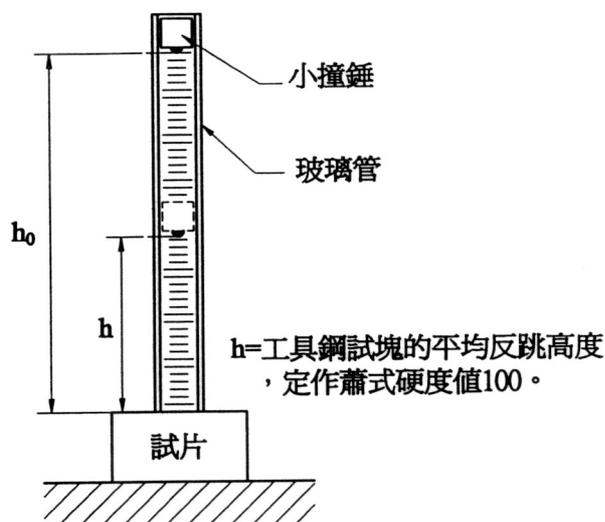


圖 6 蕭氏硬度之表示法示意圖

## (二) 蕭氏硬度的表示

蕭氏硬度值的表示如下：

例：HS55，HS70

## 五、各種硬度與抗拉強度的關係

上述的四種硬度測試法，所用的壓痕器及原理皆有差異，所以沒有理論公式可以用來轉換各硬度標之間的關係。在實用上，對同一類材料，例如鋼類，則可以用相同的試片以不同的硬度計量出各硬度，而列表出來。如表 2 便是鋼材的各種硬度標對照表。由於上述四種壓痕硬度的量測與塑性變形的能力有關，所以硬度值與抗拉強度也有密切的關連。從表 2 可以看出，以鋼為例，DPH 的數值與抗拉強度的數值比是  $3.00 \pm 0.15$ 。所以在無法做拉伸試驗的場合時，利用量測到的硬度值，亦可以估計該材料的抗拉強度。

表 2 鋼鐵材料硬度換算及近似抗拉強度對照簡表

洛氏 HrC	維克氏 DPH kg/mm <sup>2</sup>	勃氏 BHN kg/mm <sup>2</sup>	洛氏 HrA	洛氏 HrB	蕭氏 Hs	抗拉強度 $\sigma_{TS}$ kg/mm <sup>2</sup>
68	940	—	86	—	97	—
66	865	—	85	—	93	—
64	800	—	83	—	89	—
62	746	—	82	—	85	—
60	697	—	81	—	82	—
58	653	—	80	—	78	—
56	613	—	79	—	75	—
54	577	—	78	—	72	205
52	544	500	77	—	69	192
50	513	475	76	—	66	179
48	484	451	75	—	63	166
46	458	432	74	—	61	155
44	434	409	73	—	58	146
42	412	390	72	—	56	136
40	392	371	70	—	54	128
38	372	353	69	—	52	120
36	354	336	68	—	50	114
34	336	319	67	—	48	108
32	318	301	66	—	46	101
30	302	286	65	—	44	96
28	286	271	64	—	42	91
26	272	258	63	—	40	87
24	260	247	62	100	38	83
22	248	237	62	99	37	79
20	238	226	61	98	36	76
(16)	222	212	—	96	34	72
(12)	204	194	—	92	31	65
(8)	188	179	—	90	—	61
(4)	173	165	—	86	—	57
(0)	160	152	—	82	—	53

**學習評量一**

請不要用參考資料或書籍，回答下列問題。

- ( ) 1. 下列何者為勃氏硬度的表示方式 (1)HS 54 (2)HRC 40 (3)HB371 (4)HV 392。
- ( ) 2. 下列何者為洛氏硬度的表示方式 (1)HS 54 (2)HRC 40 (3)HB371 (4)HV 392。
- ( ) 3. 下列何者為維氏硬度的表示方式 (1)HS 54 (2)HRC 40 (3)HB371 (4)HV 392。
- ( ) 4. 下列何者為蕭氏硬度的表示方式 (1)HS 54 (2)HRC 40 (3)HB371 (4)HV 392。
- ( ) 5. 冷作模具鋼 SKD11 經淬火回火處理後，應選擇下列何種洛氏硬度標做試驗較為適當 (1)A (2)B (3)C (4)D。
- ( ) 6. SS41 軟鋼材料，應選擇下列種洛氏硬度標做試驗較為適當 (1)A (2)B (3)C (4)D。
- ( ) 7. 採用 10mm 硬化鋼球為壓痕器的硬度計為 (1)勃氏硬度計 (2)洛氏硬度計 (3)維氏硬度計 (4)蕭氏硬度計。
- ( ) 8. 採用 120° 鑽石圓錐為壓痕器的硬度計為 (1)勃氏硬度計 (2)洛氏硬度計 (3)維氏硬度計 (4)蕭氏硬度計。
- ( ) 9. 利用撞擊試片後的回彈高度來測量硬度的硬度試驗計為 (1)勃氏硬度計 (2)洛氏硬度計 (3)維氏硬度計 (4)蕭氏硬度計。
- ( ) 10. 適合於測定表面硬化層硬度的是 (1)勃氏硬度計 (2)洛氏硬度計 (3)維氏硬度計 (4)蕭氏硬度計。

## 筆記欄

### 學習評量一答案

1. ( 3 )
2. ( 2 )
3. ( 4 )
4. ( 1 )
5. ( 3 )
6. ( 2 )
7. ( 1 )
8. ( 2 )
9. ( 4 )
10. ( 3 )

如今你已能了解各種硬度的定義及相關知識，本教材的第二部份是要你能夠在工作圖上正確的標註硬度。

### 本單元的第二個學習目標是

在無他人幫助的情況下，給你一張圖，你能夠在視圖上指定的位置正確的標註硬度。

## 一、硬度的標註

機件之一部份須標註硬度時，將該部位用粗鏈線平行而稍離於輪廓線表示之，同時以指線指在此粗鏈線，並將硬標註於指線上，如圖 7 所示。

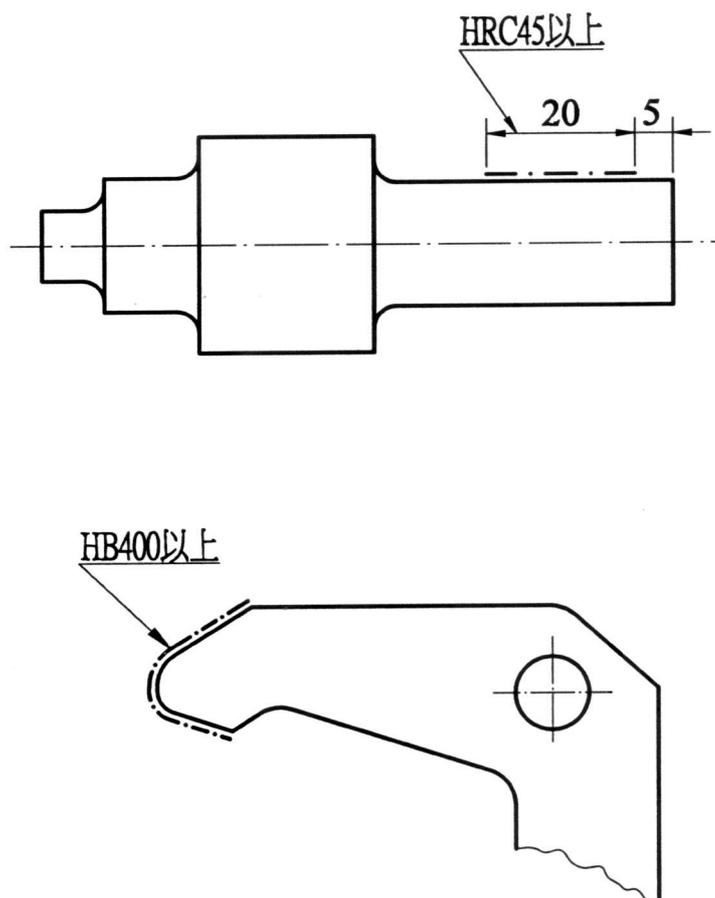


圖 7

## 二、利用電腦標註硬度的方法

(一) 在機件須指定硬度的部位繪製粗鏈線：

如圖 6，基本符號為與其所指面之邊線成  $60^\circ$  之不等邊  $\nabla$  字。

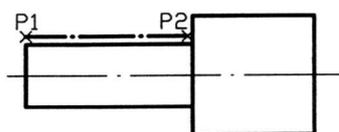


圖 8

1. 選定粗鏈線的線型及顏色。
- 2.

Command: line                   ‘你也可從下拉功能表或螢幕功能表中找到 line 指令。

From point:                   ‘選取 P1 點。

To point:                   ‘選取 P2 點。

To point:                   ‘鍵入  。

Command:

(二) 以指線指在粗鏈線上，並標註硬度值：

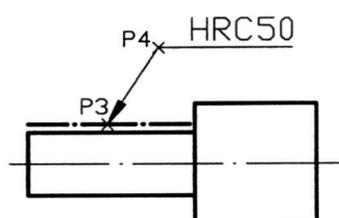


圖 9

Command:dim

Dim:leader ‘你也可從下拉功能表或螢幕功能表中  
Dimension 的欄位中找到 leader 指令。

Leader start: ‘選取 P3 點。

To point: ‘選取 P4 點。

To point: ‘鍵入  。

Dimension text◇:HRC50 ‘輸入硬度值。

Command:

## 學習評量二

請不要用參考資料或書籍，回答下列問題。

- 一、機件之硬度值應如何標註？請在下圖中箭頭所指的位置註明洛氏硬度 C 的值必須為 50 以上。

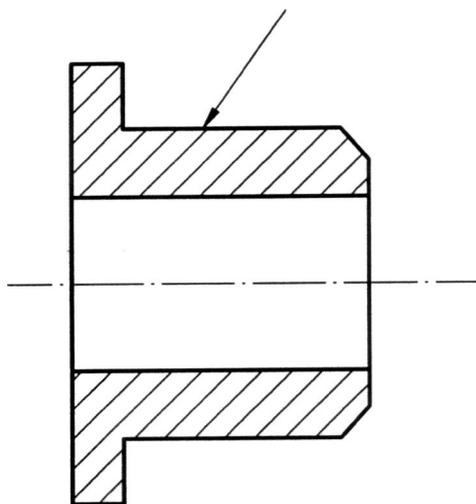


圖 10

## 學習評量二答案

- 一、機件之硬度值應如何標註？請在下圖中箭頭所指的位置註明洛氏硬度 C 的值必須為 50 以上。

解答：（一）機件之一部份須標註硬度時，將該部位用粗鏈線平行而稍離於輪廓線表示之，同時以指線指在此粗鏈線，並將硬標註於指線上。

（二）

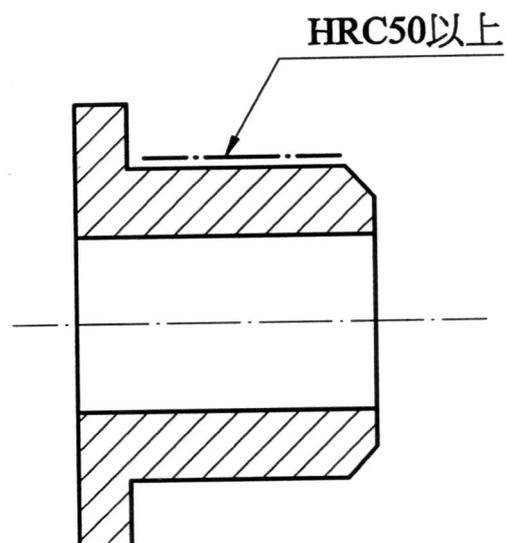
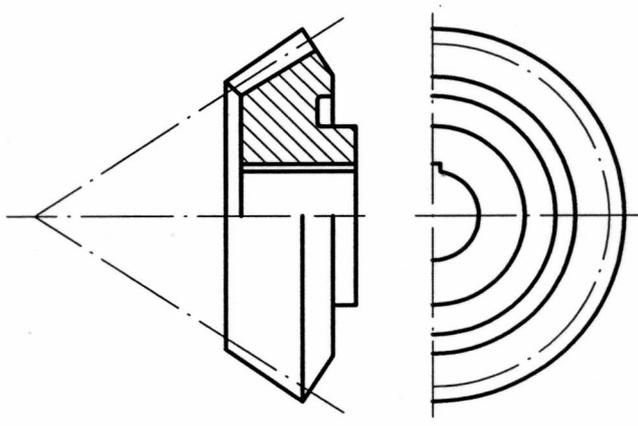


圖 11

## 學後評量

### 作業單

單元名稱	標註表面符號	作業編號	PM-CAD0609																												
作業名稱	斜齒輪零件圖	學習目標	能夠標註出適當之硬度值，並置於視圖正確位置																												
作業時間	1 小時																														
<p>一、說明：</p> <p>(一) 本試題為斜齒輪零件圖，以 1:1 之比例繪製此視圖，並列表。</p> <p>(二) 在齒輪面上正確的位置，標註適當之洛式硬度值。</p> <p>(三) 圖中的線條、數字、符號應依 CNS 標準繪製。</p> <p>二、評量要點：</p> <p>能正確的繪製出視圖；能正確的標註硬度。</p> <p>三、題目：</p>																															
		<table border="1"> <tr> <td>齒數</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>模數</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>壓力角</td> <td>14.5</td> </tr> <tr> <td>齒製</td> <td>標準</td> </tr> <tr> <td>節圓直徑</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>節錐半徑</td> <td>108.186</td> </tr> <tr> <td>節錐角</td> <td>33° 41'</td> </tr> <tr> <td>切削角</td> <td>30° 37'</td> </tr> <tr> <td>齒面角</td> <td>36° 20'</td> </tr> <tr> <td>*弦齒厚</td> <td></td> </tr> <tr> <td>*弦齒冠</td> <td></td> </tr> <tr> <td>嚙合齒輪件號</td> <td></td> </tr> <tr> <td>嚙合齒輪齒數</td> <td>36</td> </tr> <tr> <td>軸間角</td> <td>90°</td> </tr> </table>		齒數	24	模數	5	壓力角	14.5	齒製	標準	節圓直徑	120	節錐半徑	108.186	節錐角	33° 41'	切削角	30° 37'	齒面角	36° 20'	*弦齒厚		*弦齒冠		嚙合齒輪件號		嚙合齒輪齒數	36	軸間角	90°
齒數	24																														
模數	5																														
壓力角	14.5																														
齒製	標準																														
節圓直徑	120																														
節錐半徑	108.186																														
節錐角	33° 41'																														
切削角	30° 37'																														
齒面角	36° 20'																														
*弦齒厚																															
*弦齒冠																															
嚙合齒輪件號																															
嚙合齒輪齒數	36																														
軸間角	90°																														

評 量 表

評量要點	評量標準	評量標準				
		自我評量		教師評量		
		滿意	不滿意	A	B	C
一、視圖繪製	視圖繪製是否正確					
二、表格繪製	表格繪製是否正確					
三、硬度的標示	標註的位置及方法是否正確；硬度值是否適當					
評量說明：						
教師：						

## 參考資料

- 一、康鳳梅(1994)，工程圖學，師友工業圖書，台北，P. 391。
- 二、林本源、林啟瑞(1990)，高立圖書，材料實驗，台北，P. 93~P. 158。