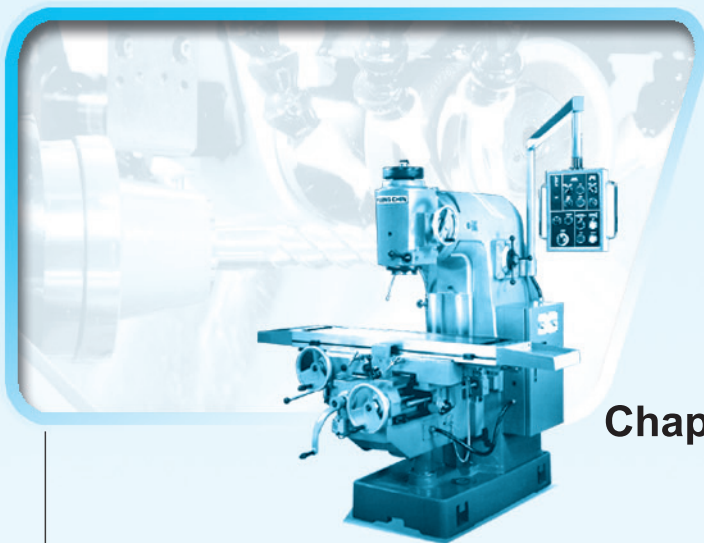




Chapter 5

端銑削

學習目標

- ◆ 1. 能正確選擇端銑的銑削速度與進給率
- ◆ 2. 能了解端銑刀的種類與規格
- ◆ 3. 能了解端銑削的注意事項
- ◆ 4. 能了解孔位對準的方法

相關知識

端銑削是利用端銑刀的主切刃(圓周刃)與刀端底部的副切刃對工作物做加工的一種切削工作，是銑床加工工作中最重要的項目之一。

端銑刀一般是由「高速鋼」材料製成，但依工作物材料之不同亦有使用碳化物材料製造的。利用端銑刀可作平面、側面、階級、肩角、輪廓、溝槽、銑孔等銑削工作，如圖 5-1 所示為端銑刀的加工情形。

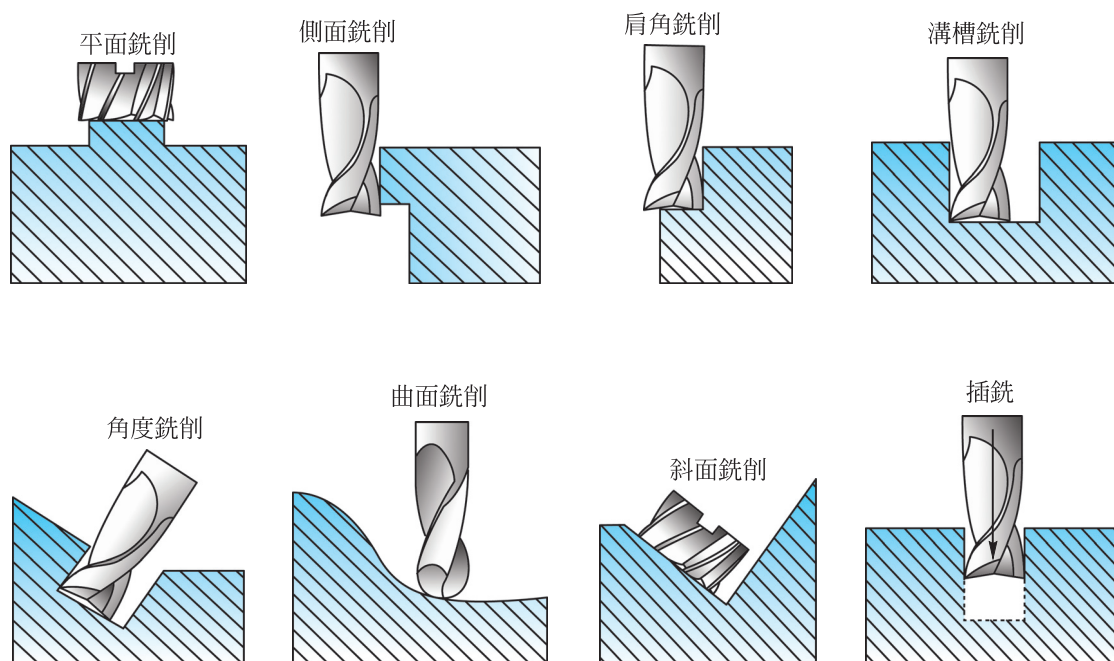


圖 5-1 端銑刀的加工情形

5-1

銑削速度與進給率的選擇

一、銑削速度(V)與主軸迴轉數(N)

銑削速度係銑刀刀刃切削工作物的線速度，亦即銑刀迴轉時的圓周速度，通常以 m/min (公尺／每分鐘)表示。以下為銑削速度的求法：

銑削速度 = 銑刀直徑 $\times \pi \times$ 迴轉數

$$V = \pi D N / 1000 \quad [5-1]$$

V ：銑削速度(m/min)

D ：銑刀直徑(mm)

N ：主軸每分鐘迴轉數(rpm)

銑床上變換銑削速度時，是以改變主軸之迴轉數，以得到適當的銑削速度，故實際工作時可依據已知的銑刀直徑與工件材料的銑削速度，求出主軸迴轉數。以下為主軸迴轉數(N)的求法：

$$N = 1000 V / \pi D \quad [5-2]$$

銑削工作時，需視工件的材料、銑刀的材質、銑削深度、進給量大小及銑床性能來選用適當的銑削速度。

工件材料軟，可提高銑削速度；工件材料硬，應降低銑削速度。

粗銑削加工時，銑削速度要慢；精銑削加工時，可提高銑削速度。

銑削高精度加工面時，要提高銑削速度；銑削黑皮材料或含砂鑄件時，要降低銑削速度。

選用高速鋼銑刀時，其切削速度約為碳化物銑刀的 $1/2 \sim 1/4$ 倍。

一般常用材料的參考銑削速度如表 5-1 所示。

例題 5-1

選用 $\phi 20$ mm 之端銑刀，以 20 m/min 的切削速度，粗銑削一低碳鋼之工件，則銑刀每分鐘的迴轉數應為多少？

解

已知：銑刀直徑 $D = 20$ mm，銑削速度 = 20 m/min

代入公式 $N = 1000 V / \pi D$

$$= 1000 \times 20 / 3.14 \times 20 = 318 \text{ rpm}$$

表 5-1 常用材料的銑削速度(m/min)

刀具材質 銑削材料	高速鋼銑刀		碳化物銑刀	
	粗銑	精銑	粗銑	精銑
低碳鋼	18~24	30~36	90	135
中碳鋼	22~27	27~36	75	75
高碳鋼	18~24	30	60	60
不銹鋼	30~36	30~36	72~90	72~90
鑄鐵(軟)	15~18	24~33	54~60	105~120
鑄鐵(硬)	12~15	20~24	42~48	75~90
黃銅	60~90	60~90	180~300	180~300
鋁	120	210	240	300

二、進給率(F)與每刀進給量(f)

進給率又稱進給速率，是指床台上工件對銑刀的移動速率，通常以「 F 」為代號，其單位以每分鐘多少公厘(mm/min)表示。

每刀進給量是指每一刀刃隨著銑刀迴轉的移動量，以「 f 」為代號，其單位以每刀的移動距離(mm/t；公厘／每刀)來表示。以下為進給速率的求法：

$$F = f \times T \times N \quad (5-3)$$

F ：進給速率(mm/min)

f ：每一刀刃的進給量(mm/t)

T ：銑刀的刀數

N ：主軸迴轉數(rpm)

銑刀在銑削時，加工面的粗糙度與每一刀刃的進給量有關，精銑時要降低進給量，粗銑時要增大進給量。銑削不同材料時，以端銑刀粗銑的每刀進給量如表 5-2 所示。

表 5-2 以端銑刀粗銑的每刃進給量(mm/刃)

銑削材料 \ 刀具材質	高速鋼端銑刀	碳化物端銑刀
不銹鋼	0.08	0.13
中碳鋼	0.13	0.18
低碳鋼	0.15	0.20
鑄鐵	0.18	0.25
黃銅	0.18	0.15
鋁	0.28	0.25

註：若為精銑時，上表的數字應減半或為其 1/3。

了解銑削速度與進給率的原理及計算方法後，在實際操作時仍得依銑床所提供的「主軸轉速表」與「床台自動進給速率表」做適當的選用。

例題 5-2

使用直徑 16 mm，刀數為 4 刃的端銑刀進行銑削工作，若銑削速度為 24 m/min，銑刀每一刀刃之進給量為 0.15mm，試求：(1)銑床主軸每分鐘迴轉數，(2)進給速率。

解

已知：銑刀直徑 $D = 16 \text{ mm}$

銑削速度 $V = 24 \text{ m/min}$

每刃進給量 $f = 0.15 \text{ mm}$

銑刀刀數 $T = 4 \text{ 刃}$

$$(1) N = 1000V/\pi D = 1000 \times 24 / 3.14 \times 16 = 478 \text{ rpm}$$

$$(2) F = f \times T \times N = 0.15 \times 4 \times 478 = 287 \text{ mm/min}$$

三、銑削深度與銑削寬度

銑削深度係指銑刀刀刃切入工作物的深度；銑削寬度是指一次的銑削中，工作物被切削的寬度。如圖 5-2 所示是銑削深度(d)與銑削寬度(W)的示意圖。

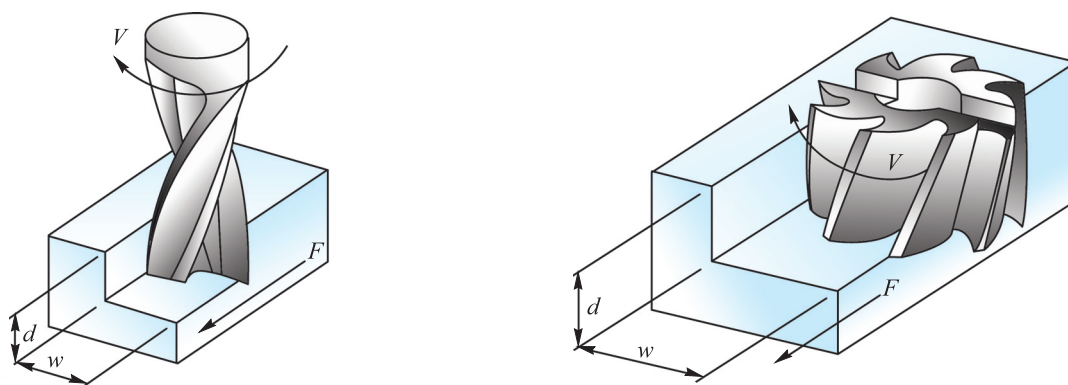


圖 5-2 銑削深度(d)與銑削寬度(W)

端銑刀之銑削深度在粗銑時，以不超過銑刀半徑為原則，精銑時約為 0.1~0.5 mm。

銑削時之銑削寬度不宜與銑刀直徑相等，約為銑刀直徑之 50~60 % 為宜，若工作物較寬，可分數次銑削。

5-2

端銑刀的種類與規格

端銑刀的種類繁多，本節僅依端銑刀的「刀體構造」及「形狀功能」來作介紹。

一、依刀體構造分類

依刀體構造可分整體式端銑刀及替換式端銑刀。

1. 整體式端銑刀

整體式端銑刀的刀體和刀刃，均是由同一材質所製成，其材質以高速鋼居多，少部份為碳化物。整體式端銑刀又可分成下列數種：

(1) 直柄端銑刀

直柄端銑刀為最常用之端銑刀，適於粗、精銑削作業。一般常製成螺旋刃，刀刃與軸心的螺旋角為 30° ，螺旋角大的端銑刀，銑削量大、排屑快，適合粗銑削。刃徑小於 10mm 之端銑刀，其刃徑一般小於柄徑。直柄端銑刀規格及標示方法，如圖 5-3 所示。

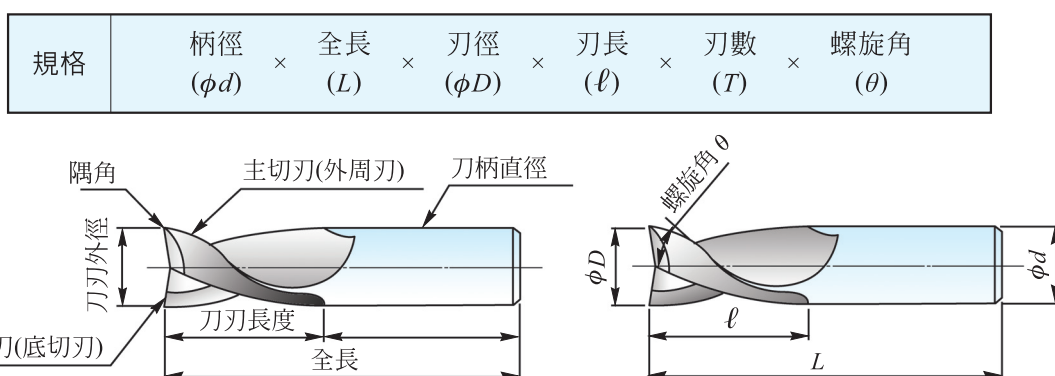


圖 5-3 直柄端銑刀規格及標示方法

(2) 錐柄端銑刀

錐柄端銑刀有莫氏錐度(M.T.)及銑床標準錐度(N.T.)等規格。

莫氏錐度錐柄端銑刀一般需配合套筒使用，其規格及標示方法，如圖 5-4 所示。

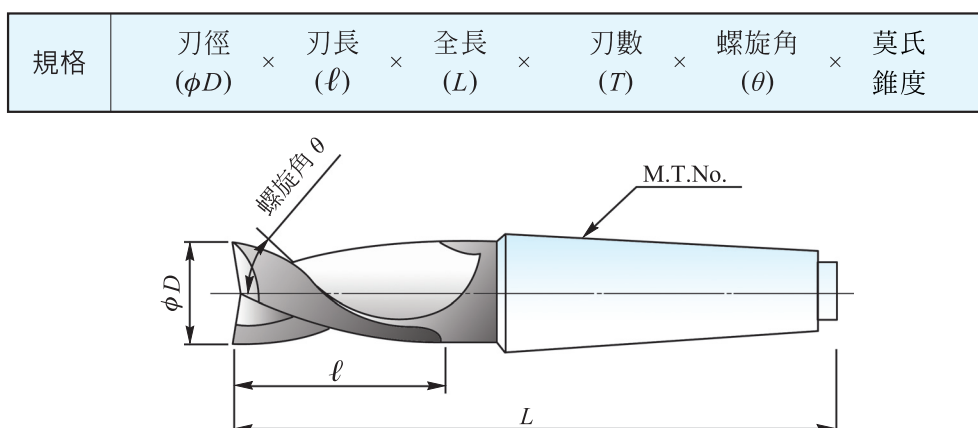


圖 5-4 莫氏錐度錐柄端銑刀規格及標示方法

銑床標準錐度錐柄端銑刀刀軸錐度為 $N.T.\frac{7}{24}$ ，直接套入銑床主軸內使用，其規格及標示方法，如圖 5-5 所示。

規格	刃徑 (ϕD)	×	刃長 (ℓ)	×	全長 (L)	×	刃數 (T)	×	螺旋角 (θ)	×	N.T.No
----	--------------------	---	------------------	---	---------------	---	---------------	---	---------------------	---	--------

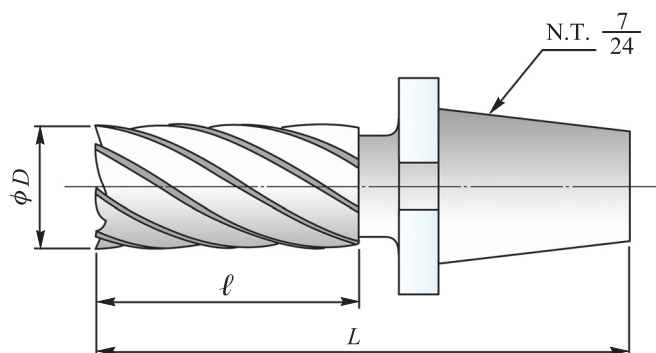


圖 5-5 銑床標準錐度錐柄端銑刀規格及標示方法

(3) 套殼端銑刀

套殼端銑刀又稱殼形端銑刀，使用時需裝置於 C 型刀軸上，刀軸錐度為銑床標準錐度 $N.T.\frac{7}{24}$ 。其規格及銑刀如圖 5-6 所示。

規格	刃徑 (ϕD)	×	厚度 (t)	×	孔徑 (ϕd)	×	刃數 (T)	×	螺旋角 (θ)
----	--------------------	---	---------------	---	--------------------	---	---------------	---	---------------------

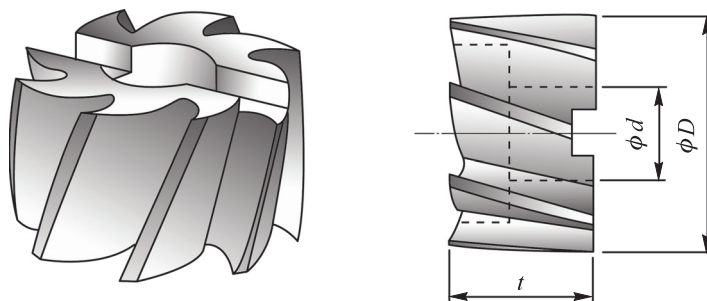


圖 5-6 套殼端銑刀規格及標示方法

2. 替換式端銑刀

除了整體式端銑刀之外，亦有製成刀片替換式的端銑刀。替換式端銑刀刀片的刃口若鈍化時，可更換刀片上的另一刃口，待刀片上的所有刃口均鈍化或崩裂時，則予以捨棄。其優點如下：

- (1) 節省刀具製作材料成本。
- (2) 節省刀具研磨時間。
- (3) 刀刃鈍化時替換方便，可直接在機器上更換刀片。

替換式端銑刀，直柄、錐柄、殼形銑刀均有規格化產品，而刀刃有直刃形與螺旋刃形的替換式設計。

下面為各式替換式端銑刀之規格表示及圖示：

表 5-3

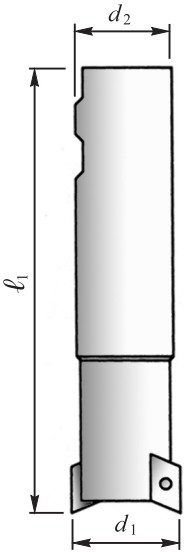
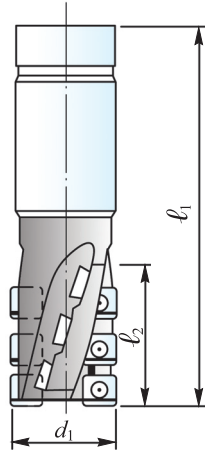
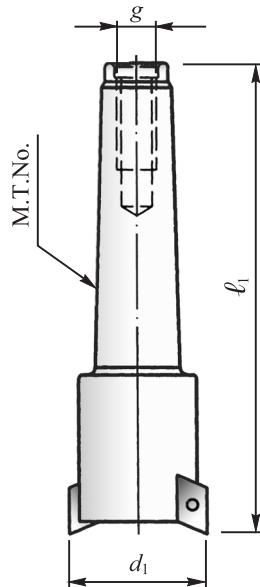
◎直刃形直柄替換式端銑刀	◎螺旋刃形直柄替換式端銑刀
 規格：外徑(d_1)×柄徑(d_2)×全長(l_1)×刃數	 規格：外徑(d_1)×全長(l_1)×切削深(l_2) ×刃槽數×刃數

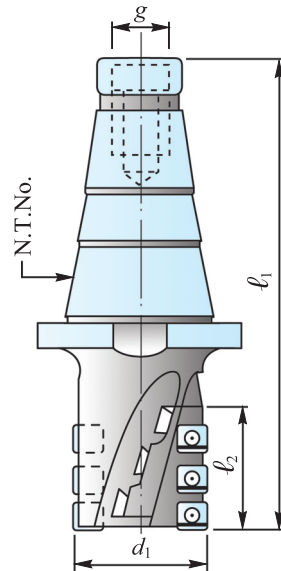
表 5-3 (續)

◎直刃形錐柄替換式端銑刀



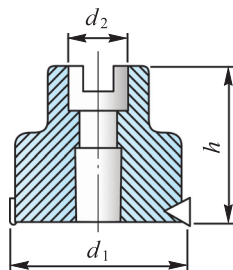
規格：外徑(d_1)×錐度號數(N0.)×內孔螺紋(g)
×全長(l_1)×刃數

◎螺旋刃形錐柄替換式端銑刀



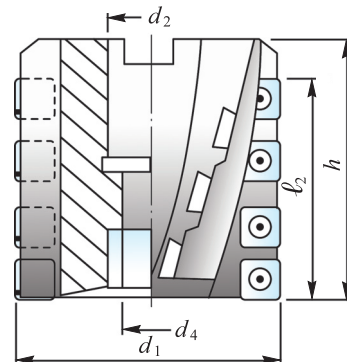
規格：外徑(d_1)×錐度號數(N0.)×內孔螺紋(g)
×全長(l_1)×切削深(l_2)×刃槽數×刃數

◎直刃形殼形替換式端銑刀



規格：外徑(d_1)×孔徑(d_2)×高度(h)×刃數

◎螺旋刃形殼形替換式端銑刀



規格：外徑(d_1)×高度(h)×切削深(l_2)×刃槽數
×刃數

二、依形狀功能分類

端銑刀的形狀功能可依「刀刃數」、「刀柄樣式」、「切刃樣式」、「螺旋線方向」做概略的分類，介紹如下：

1. 依刀刃數分類

(1) 雙刃端銑刀

雙刃端銑刀刀刃屑槽較大，排屑性佳，適用於粗銑削，但因屑槽大，銑刀斷面積較小而易於撓曲，故不適合高精度的銑削加工，如圖 5-7 所示。

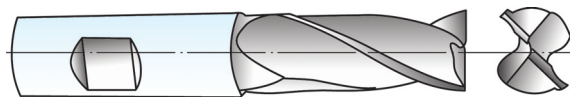


圖 5-7 雙刃端銑刀

(2) 多刃端銑刀

三刃或以上的多刃端銑刀屑槽小，排屑性較差，不適合大切屑的粗銑削，然其刀刃斷面積較大而強度高、撓曲小，適用於精銑削，如圖 5-8 所示。

2. 依刀柄樣式分類

(1) 直柄

直柄依柄身不同分成下列三種形式：

- ① **平直柄**：夾持時使用彈簧筒夾，此種刀柄使用最廣泛，如圖 5-9(a)所示。
- ② **切口直柄**：刀柄有切口，適用於夾頭側面有鎖固螺絲之夾持，如圖 5-9(b)所示。
- ③ **螺紋直柄**：柄端有外螺紋，直接鎖在夾頭內固定，可防止銑削時銑刀脫落，如圖 5-9(c)所示。

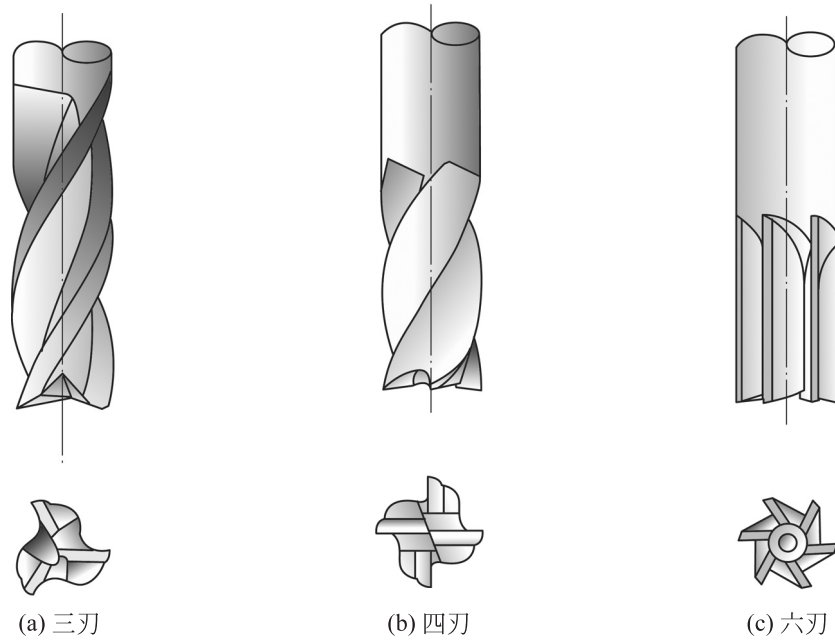


圖 5-8 多刃端銑刀

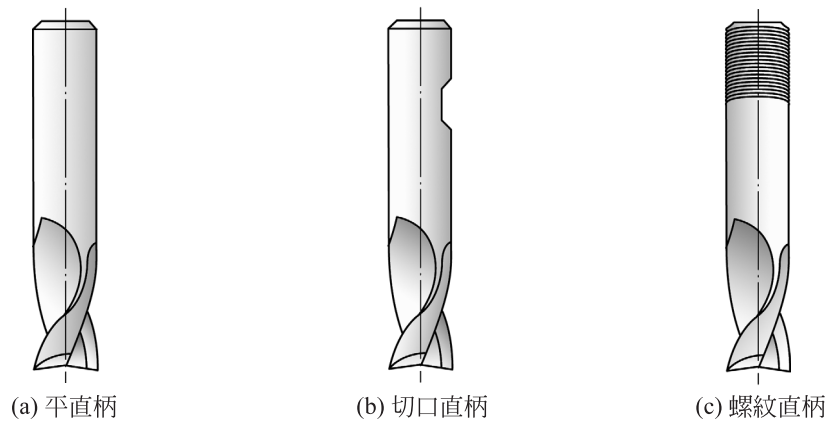


圖 5-9 直柄端銑刀的種類

(2) 錐柄

錐柄依固定方式不同分成下列二種形式：

- ① **樺舌錐柄**：錐柄末端呈扁平狀，配合錐柄式套筒使用，卸下時利用退鑽銷退出端銑刀，拆卸容易，如圖 5-10(a)所示。

- ② **螺紋孔錐柄**：錐柄末端有螺紋孔，安裝時配合拉桿與錐柄式套筒使用，夾持力量大，如圖 5-10(b)所示。

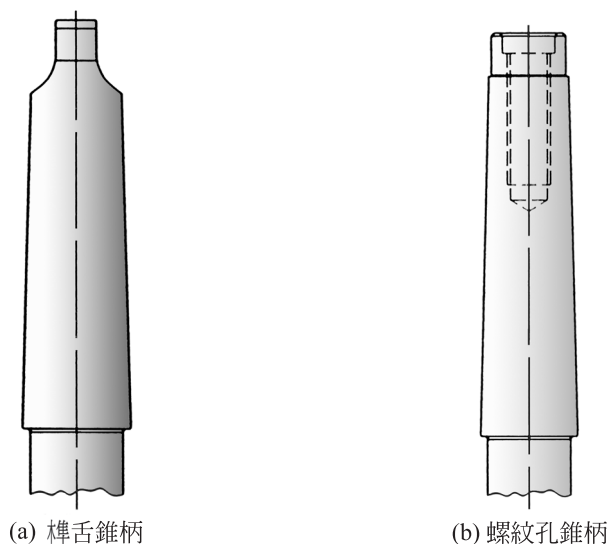


圖 5-10 錐柄端銑刀的種類

3. 依切刃樣式分類

端銑刀不但在銑刀外圓圓周上有切刃，在刀端底部也有切刃。在切削時主要是以外周切刃為主，所以又稱主切刃；精加工時則以底切刃為主，又稱為副切刃。

(1) 外周切刃

端銑刀外周切刃依形狀不同可分為連續刃、鋸齒刃；而依溝槽形式不同可分為直槽與螺旋槽。直槽適用於淺銑削或鑄件等切屑容易排出且切削性良好之材料，銑削鋼料應選用排屑性良好的螺旋槽端銑刀。

- ① **連續刃**：使用廣泛，種類最多，適用於各種溝槽、側面加工，其切削圓滑，銑削面精度佳，適用於各種粗、精銑加工，如圖 5-11(a)所示。

- ② **鋸齒刃**：切刃成波浪狀，可使切屑斷屑，切屑的排出性良好，銑削抵抗力小，適用於粗加工，但不適合於精加工，如圖 5-11(b)所示。

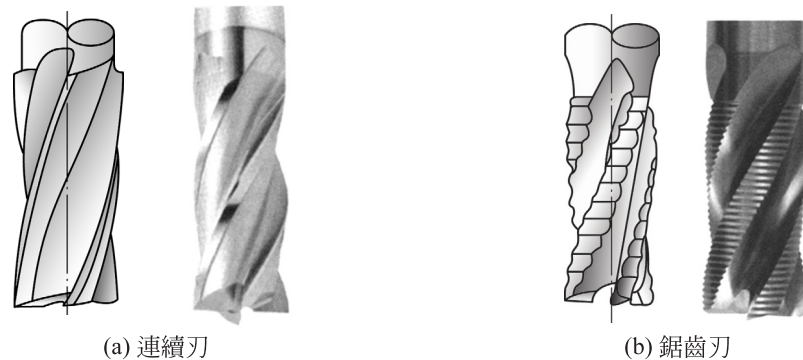


圖 5-11 端銑刀外周切刃形狀

(2) 底切刃

端銑刀底切刃又稱底刃或端刃，其依形狀不同有「切刃到軸心」及「軸心有中心孔」兩種。

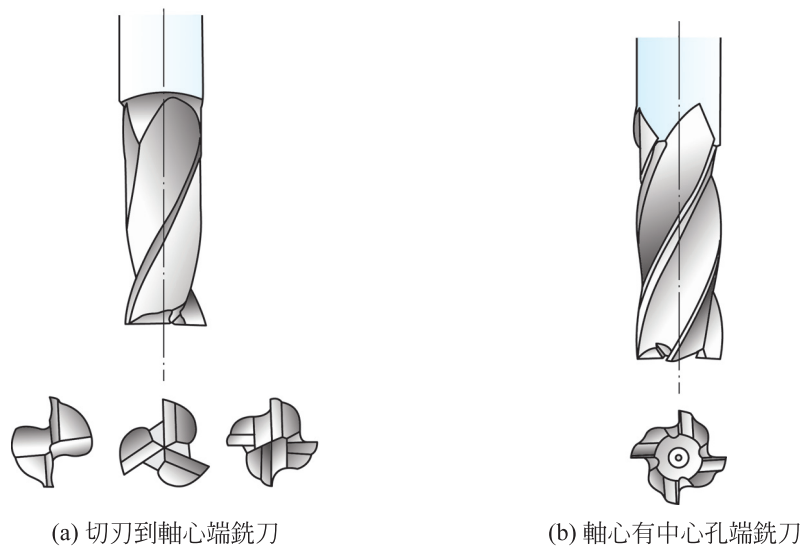


圖 5-12 端銑刀底切刃形狀

- ① **切刃到軸心**：其切刃有到軸中心，適用於溝槽、肩部、側銑、凹圓及孔的加工，如圖 5-12(a)所示。
- ② **軸心有中心孔**：中心有中心孔，方便鈍化時可用頂心支撐研磨，適合溝槽、肩部等一般加工，但不適合做孔的加工，如圖 5-12(b)所示。

4. 依螺旋線方向分類

端銑刀依其刃槽之螺旋方向有左螺旋和右螺旋之分，如圖 5-13(a)(b)所示。另有刃槽左右都不傾斜者，稱為直刃端銑刀，如圖 5-13(c)所示。

端銑刀左右螺旋之判別方法為：將端銑刀直立(不分正反向)，刀刃螺旋線向左上為左螺旋，刀刃螺旋線向右上為右螺旋。螺旋角在 40 度以上，適合於鋁及銅合金等之重切削，薄工件之銑削則應避免使用大螺旋角之端銑刀，以免工件因夾持力不足被銑削作用力推移而脫落，薄工件之銑削可選用直刃端銑刀。

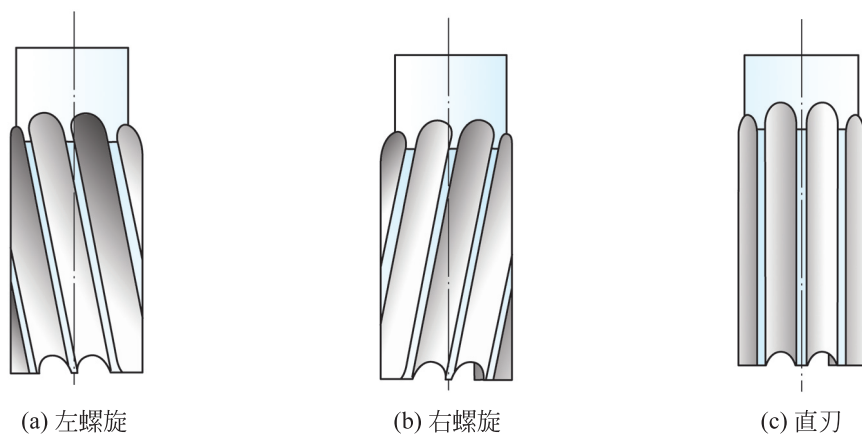


圖 5-13 端銑刀螺旋方向

5-3

端銑削的注意事項

1. 銑刀裝置或更換前，務必確實將夾頭、主軸錐孔、銑刀、拉桿擦拭乾淨。
2. 工件夾持前，需去除毛邊並擦拭乾淨。
3. 銑床使用前，須先校正銑床主軸垂直度及虎鉗平行度。
4. 利用虎鉗夾持工件時，工件露出鉗口頂面部份應盡量減少。
5. 銑削前須先確認銑刀迴轉方向是否正確，若反向迴轉會使刀齒崩裂損壞。
6. 安裝端銑刀時，刀柄不可伸出彈簧筒夾太長，以免銑削時因銑刀撓曲產生震刀現象。
7. 使用端銑刀時，銑削深度儘量不要超過銑刀半徑，必要時可分數次切削。
8. 鎖緊虎鉗時，不可用榔頭敲打虎鉗手柄。
9. 銑削時應使銑削力的方向朝向虎鉗固定鉗口側，如圖 5-14 所示。
10. 沒有進給的床台方向，切削時須將固定把手鎖緊，以增加加工穩定度，如圖 5-15 所示。

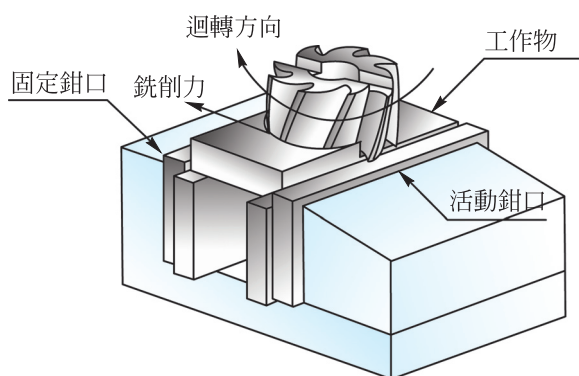


圖 5-14 銑削力朝固定鉗口側

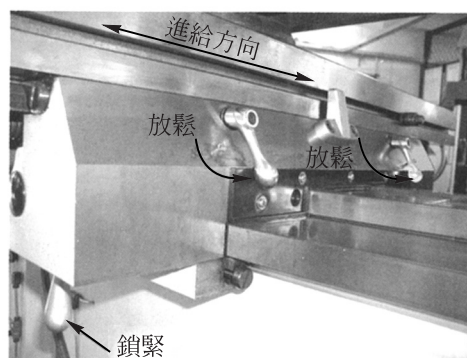


圖 5-15 進給外的床台固定把手應鎖緊

11. 銑削黑皮或含砂鑄件面時，以一刀能深入黑皮下切削為原則，因黑皮或含砂鑄件面硬度高，刀尖與其直接接觸易磨損。
12. 捨棄式端銑刀裝置刀片時，一定要注意刀片之裝置方向並確實鎖緊刀片，如圖 5-16 所示，裝置方向若錯誤將使刀片嚴重崩毀。
13. 銑削時務必配戴安全眼鏡。
14. 主軸停止旋轉後，方可進行測量工作或裝卸工件。
15. 在主軸旋轉時，不可用手或身體接觸旋轉中的主軸或刀具。

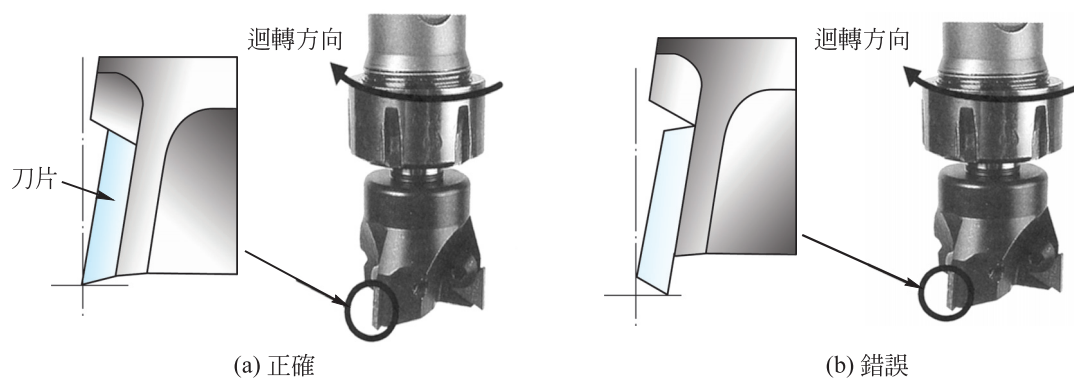


圖 5-16 捨棄式端銑刀刀片裝置方向

5-4 加工孔位對準的方法

在銑床加工中，可使用鑽頭或兩刃端銑刀(刀刃過中心)進行鑽孔工作。銑床上鑽孔方法有二，一是床膝搖升法(主軸管固定把手鎖緊，床膝上、下進給固定把手需鬆開)；二是主軸下降法(主軸管固定把手鬆開，各床台固定把手可鎖緊)。

在孔的加工時最重要的就是鑽孔位置的對準，下面就介紹幾種簡易常用之方法：

一、利用標準圓棒與奇異墨水

1. 將標準圓棒($\phi 10\text{mm}$)裝於主軸彈簧筒夾上，並在圓棒末端塗上奇異墨水，如圖 5-17 所示。
2. 啓動銑床，主軸旋轉，將工件基準面靠近圓棒，當圓棒的奇異墨水被工件稍微刮除或奇異墨水沾附於工件表面時，即表示工件與圓棒已接觸，此時將進給手輪刻度環歸零，如圖 5-18 所示。
3. 將工件降下(床膝下降)使工件離開圓棒，移動「圓棒半徑」(5mm)加上工作圖標示之「孔位尺寸」(20mm)，共移 $5\text{mm} + 20\text{mm} = 25\text{mm}$ 之後鎖緊床台固定把手。
4. 以相同方法完成第二軸向尋邊工作，移動 $5\text{mm} + 15\text{mm} = 20\text{mm}$ 之後鎖緊床台固定把手。
5. 卸下標準圓棒，換上中心鑽或二刃端銑刀進行鑽孔工作。

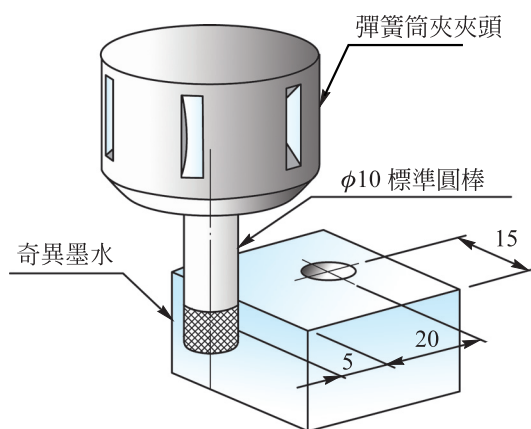


圖 5-17 利用標準圓棒與奇異墨水孔位對準法

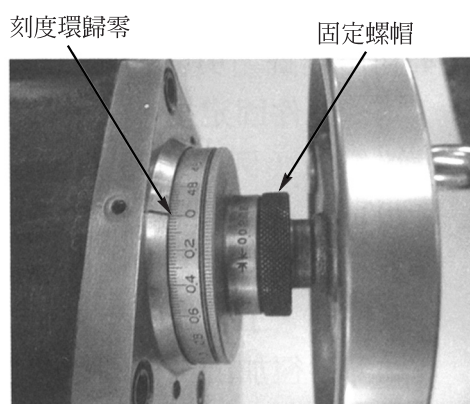


圖 5-18 進給手輪刻度環歸零

二、利用端銑刀與沾油薄紙

1. 工件固定於虎鉗後，以兩片薄紙沾油貼於工件兩側基準面上，如圖 5-19 所示。
2. 將端銑刀(例如 $\phi 10\text{mm}$)裝於主軸上，調整銑床適當迴轉數(約 800rpm)。

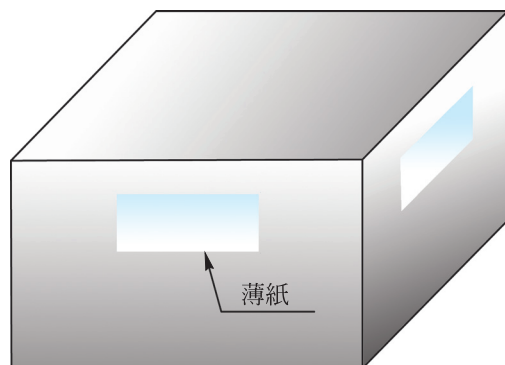


圖 5-19 以薄紙沾油貼於工件兩側基準面上

3. 啓動主軸迴轉，移動床台，使工件靠近端銑刀，當紙片被銑刀刮走時，即表示工件與銑刀之間隙約為薄紙之厚度，如圖 5-20 所示，此時將床台進給手輪刻度環歸零。
4. 將工件降下(床膝下降)使工件離開端銑刀，移動床台，床台移動距離為「銑刀半徑」+「薄紙厚度」+「孔位尺寸值」，鎖緊床台固定把手。
5. 以相同方法完成第二軸向尋邊工作，移動之後鎖緊床台固定把手。
6. 若將沾油薄紙貼於工件頂面對刀時，則可做為銑削深度之計算參考。
7. 搖升床膝進行鑽孔，可加切削劑以利銑削。

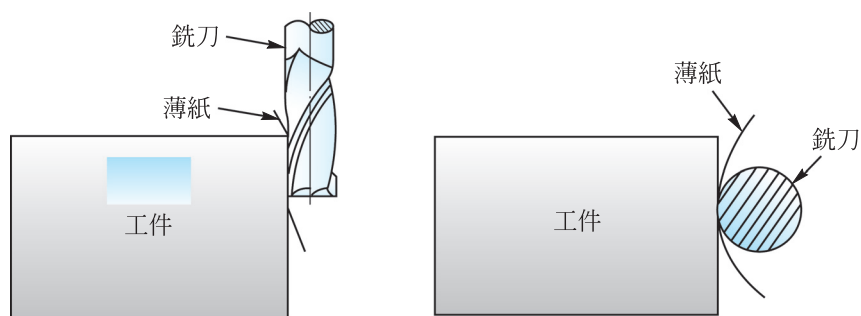


圖 5-20 工件靠近端銑刀之狀況

三、利用尋邊器

尋邊器又稱求心棒或測緣器，由上、下兩圓棒組合而成(測頭直徑一般為 10mm)，其間使用彈簧將上下兩部份結合在一起，其構造如圖 5-21 所示。

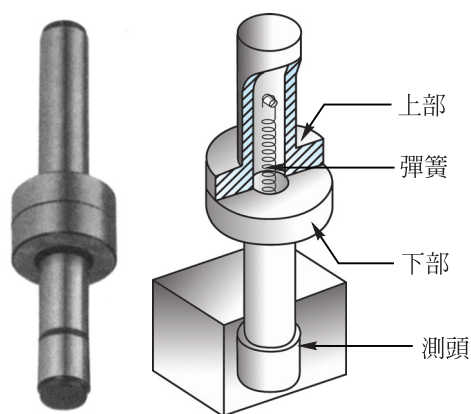


圖 5-21 尋邊器及其內部構造

尋邊器使用時是裝於主軸上，主軸轉速約為 400~600rpm，使用時是將工件慢慢移近尋邊器，主軸轉動尋邊器因為偏置的關係，上、下部位會偏離迴轉，如圖 5-22(a)所示。當工件與尋邊器接觸時，尋邊器之偏離狀況會漸漸縮小而歸於同心，如圖 5-22(b)所示。

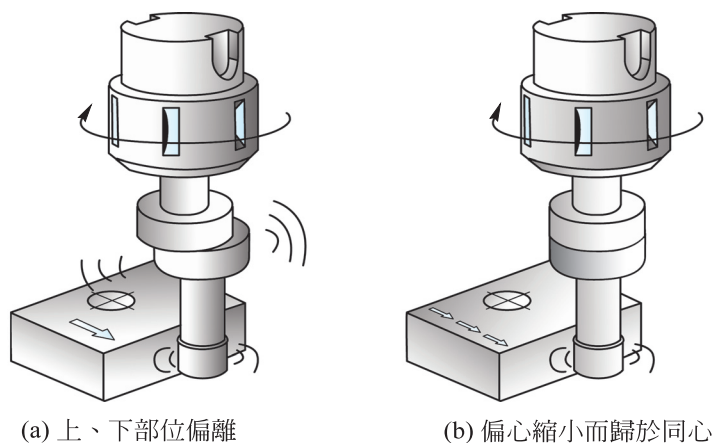


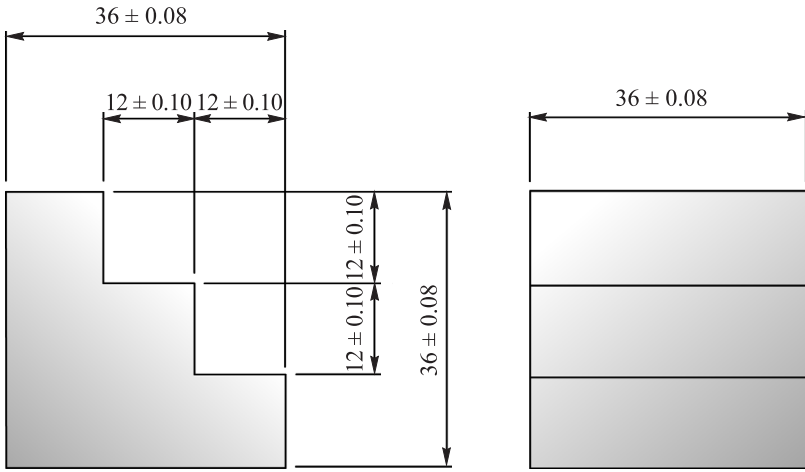
圖 5-22 尋邊器之使用法

利用尋邊器找到工件邊緣後，操作步驟如下：

1. 將床台進給手輪刻度環歸零。
2. 將工件降下使尋邊器離開工件。
3. 床台移動距離：「尋邊器半徑」＋「工作圖之孔位尺寸值」。
4. 鎖緊床台固定把手。
5. 卸下尋邊器，換上端銑刀進行鑽孔。

技能操作項目

一、階級銑削練習

實習名稱	階級銑削
使用材料	S20C， $\square 50\text{mm} \times 40\text{mm}$ 方鋼
工作圖	

➤ 步驟一：準備

1. 詳閱工作圖並檢查工件尺寸。
2. 安裝面銑刀(在此以 $\phi 100\text{mm}$ ，刀刃 6 刃之面銑刀示範)。
3. 設定主軸轉速：

V ：以碳化物銑刀銑削低碳鋼，查表取 90 m/min

D ： 100mm

$N = 1000V/\pi D$

$= 1000 \times 90 / 3.14 \times 100$

$= 286 \text{ rpm}$

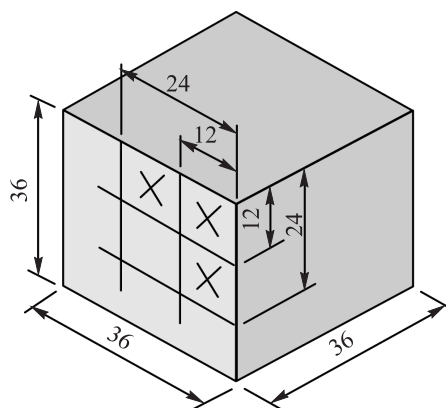
依銑床現有之轉速，取接近 286rpm 之主軸轉速來銑削。

➤ 步驟二：銑削六面體

將材料銑成尺寸 36mm × 36mm × 36mm 的六面體，各面均需成直角並符合公差要求。

➤ 步驟三：劃線

依工作圖要求劃線，並在欲銑削之位置塗色或做記號，以防誤銑。



➤ 步驟四：安裝端銑刀

1. 安裝端銑刀(在此以 $\phi 16\text{mm}$ ，刀刃 2 刃之端銑刀示範)。
2. 設定主軸轉速：

V ：18～24 m/min，取用 21 m/min。

D ：16mm

$N = 1000V/\pi D$

$= 1000 \times 21 / 3.14 \times 16$

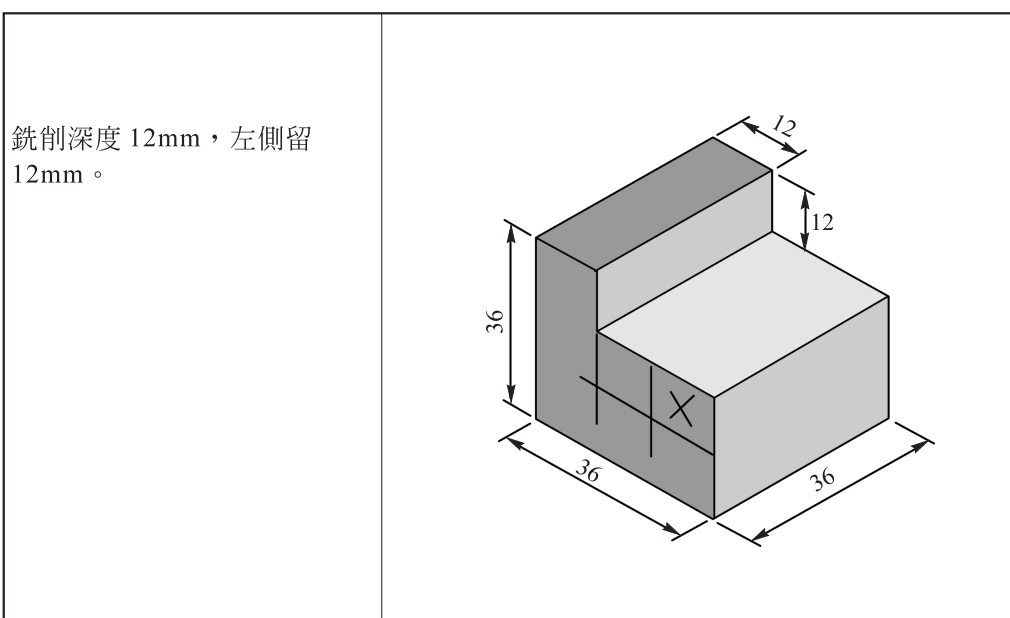
$= 418 \text{ rpm}$

依銑床現有之轉速，取接近 418rpm 之主軸轉速來銑削。

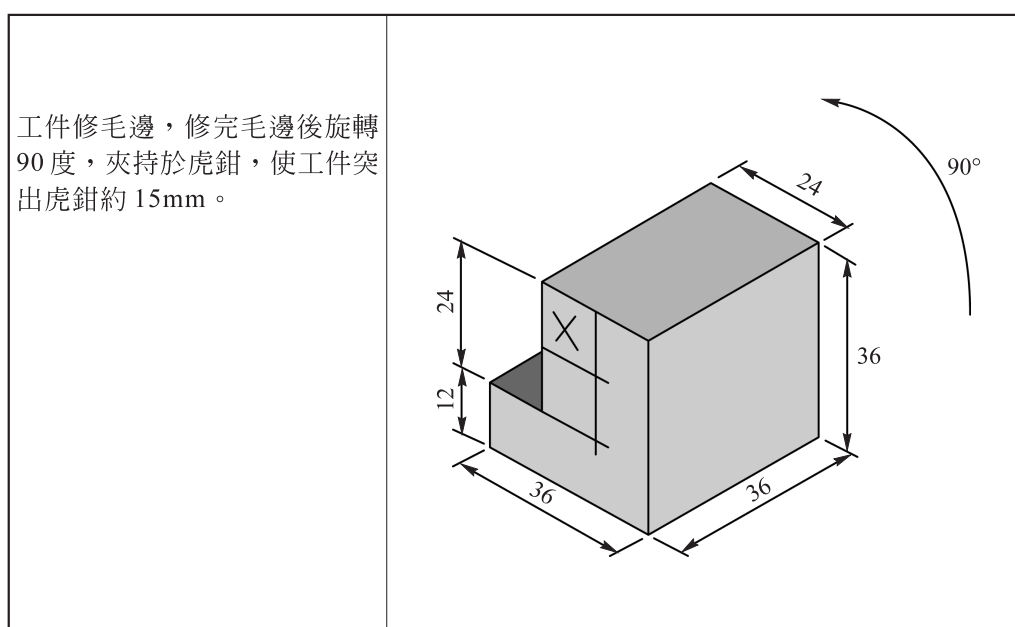
➤ 步驟五：工件夾持

將工件夾於虎鉗，下方墊適當的平行塊，使工件突出鉗口約 15mm。

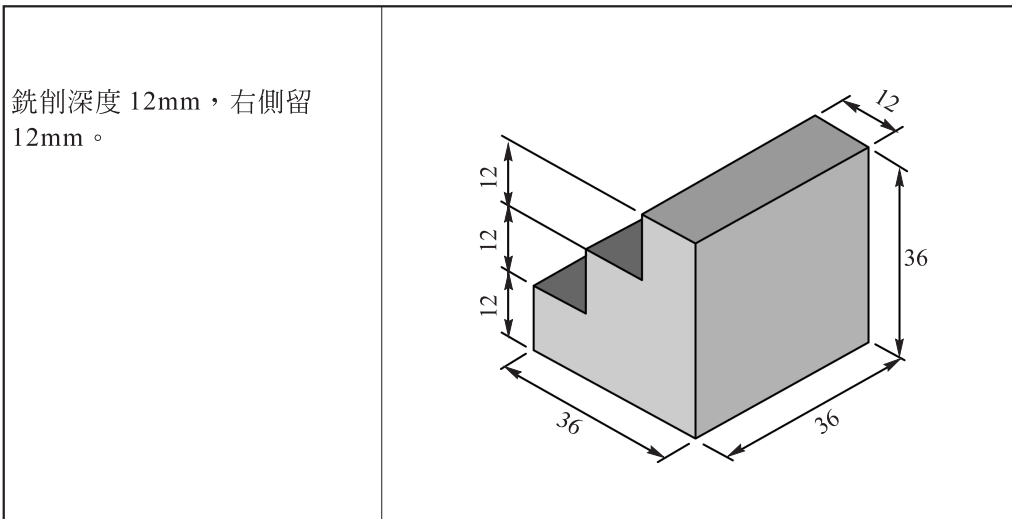
➤ 步驟六：銑削第一階級



➤ 步驟七：工件轉向夾持

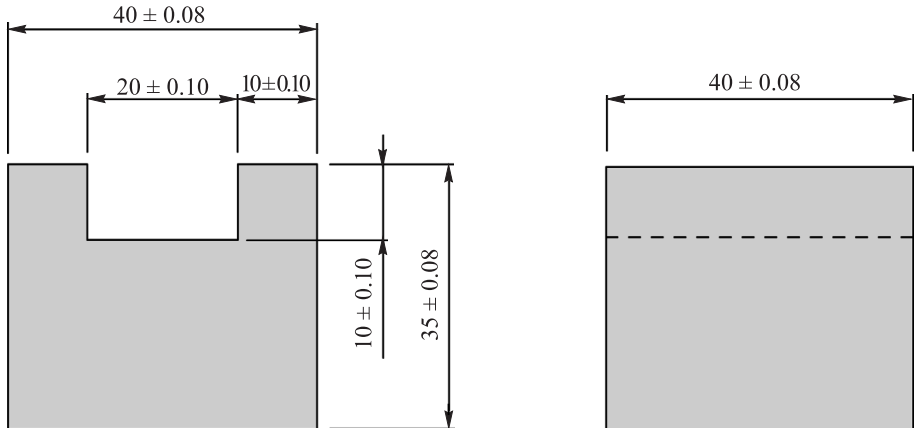


➤ 步驟八：銑削第二階級



➤ 步驟九：卸下工件，去毛邊

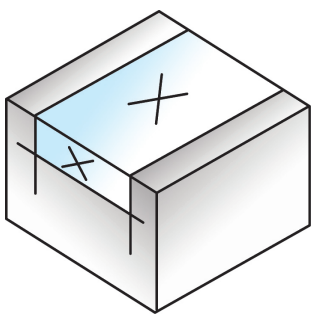
二、直槽銑削練習

實習名稱	直槽銑削
使用材料	S20C， $\square 50\text{mm} \times 40\text{mm}$ 方鋼
工作圖	

➤ 步驟一：銑削六面體

將材料銑成尺寸 $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 35\text{mm}$ 的六面體，各面均需成直角並符合公差要求。

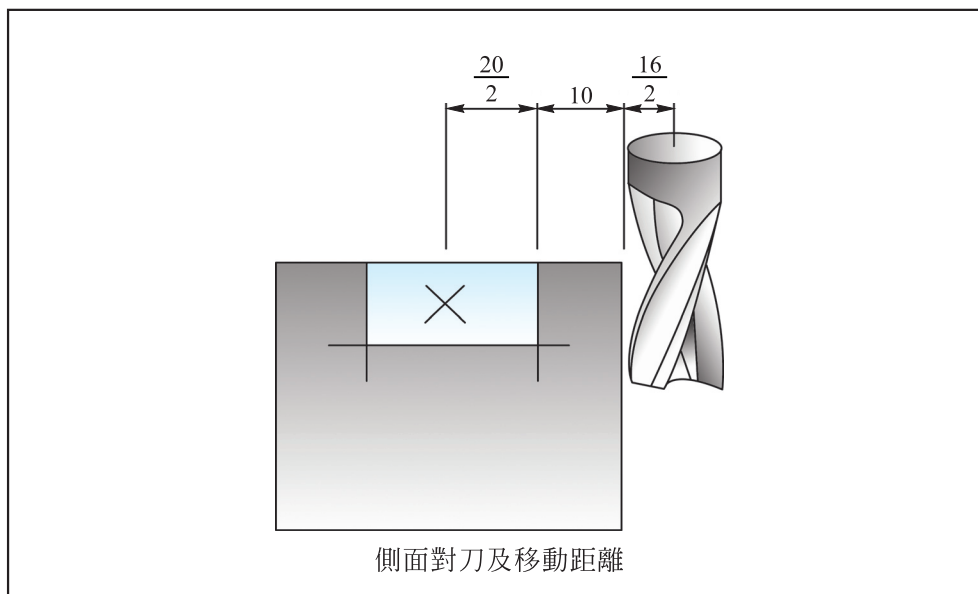
➤ 步驟二：劃線後夾持工件

- 依工作圖尺寸劃線，並在欲銑削之位置塗色或做記號，以免誤銑。 - 將工件夾於虎鉗中央，並使高出鉗口約 $12 \sim 14\text{mm}$。	
--	--

➤ 步驟三：安裝端銑刀並對刀

- 安裝 $\phi 16\text{mm}$ 端銑刀，調整主軸轉速約 418rpm 準備銑削。

2. 用兩張小薄紙片沾油貼在工件的頂面和右側面。
3. 啓動主軸，移動床台使工件右側靠近銑刀，當薄紙片被銑刀刮除時，將床台縱向刻度環歸零。



4. 降下床台，使端銑刀高於工件，精確的移動床台至溝槽的中心。
(移動距離：銑刀半徑 $8 + 10 + 20/2 = 28$ mm)
5. 上升床台，使工件頂面靠近銑刀，當薄紙片被銑刀刮除時，將床台的升降刻度環歸零。
6. 退出工件至準備銑削位置(工件前面，下刀深度 9mm)。

➤ 步驟四：粗銑溝槽

粗銑削溝槽，利用刻度環控制尺寸，各約留 1mm 做精銑削。

➤ 步驟五：精銑溝槽

1. 調整銑床主軸轉數為 650rpm 左右。
2. 利用刻度環及游標卡尺控制尺寸，將工件尺寸銑至公差內。

➤ 步驟六：卸下工件，去毛邊

三、斜度銑削練習

實習名稱	斜度銑削
使用材料	S20C， $\square 50\text{mm} \times 40\text{mm}$ 方鋼
工 作 圖	

➤ 步驟一：銑削六面體

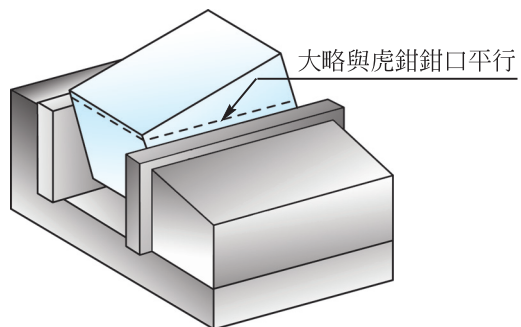
將材料銑成尺寸 $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 35\text{mm}$ 的六面體，各面均需成直角並符合公差要求，其中 35mm 是為銑削斜度大端 34mm 之預留裕度。

➤ 步驟二：劃線

1. 用高度規劃高度 34mm 和 26mm 的水平線。(斜度為 1:5，大端高度 34mm，小端高度 = $34 - (40 \times 1/5) = 26\text{mm}$) 2. 用劃線針和鋼尺，將斜線劃於工件上。	
--	--

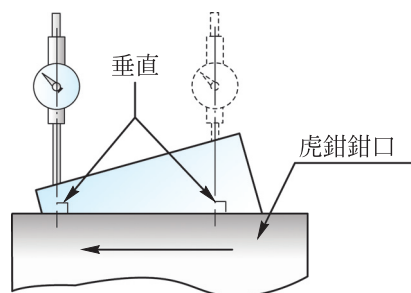
➤ 步驟三：工件夾持

將工件輕夾於虎鉗，剛剛所劃的斜線以目視平行於鉗口並高出約 2~3mm。



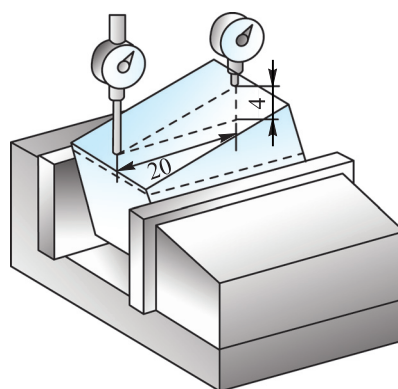
➤ 步驟四：安裝量錶

安裝量錶，測桿需與虎鉗頂面垂直，量錶測頭接觸工件較低端然後歸零。



➤ 步驟五：計算與校正斜度

1. 工件斜度為 1 : 5，床台縱向移動 20mm，量表指針會轉動 4mm(4 圈)，其誤差應於 ± 0.04 之內(即 $0.002 \times 20 = 0.04$)。
2. 校正完成後，確實夾緊工件。



➤ 步驟六：銑削斜度

以銑刀接觸工件傾斜的頂點，銑削約 2~3mm 的深度，分若干刀銑削至接近劃線處，測量工件大端的高度為 34mm(不必拆下工件即可測量)。

➤ 步驟七：卸下工件並去除毛邊

尺寸達成後卸下工件，去除毛邊。

四、斜溝槽銑削練習

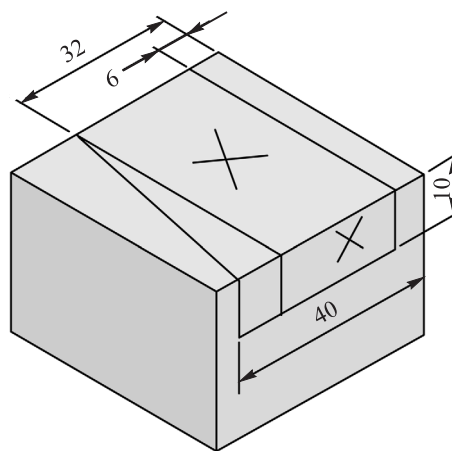
實習名稱	斜溝槽銑削
使用材料	S20C， $\square 50\text{mm} \times 40\text{mm}$ 方鋼
工 作 圖	

➤ 步驟一：銑削六面體

將材料銑成尺寸 $46\text{mm} \times 40\text{mm} \times 30\text{mm}$ 的六面體，各面均需成直角並符合公差要求。

➤ 步驟二：劃線

依工作圖尺寸在工件頂面和端面劃線，欲銑削之位置塗色或做記號，以防誤銑。



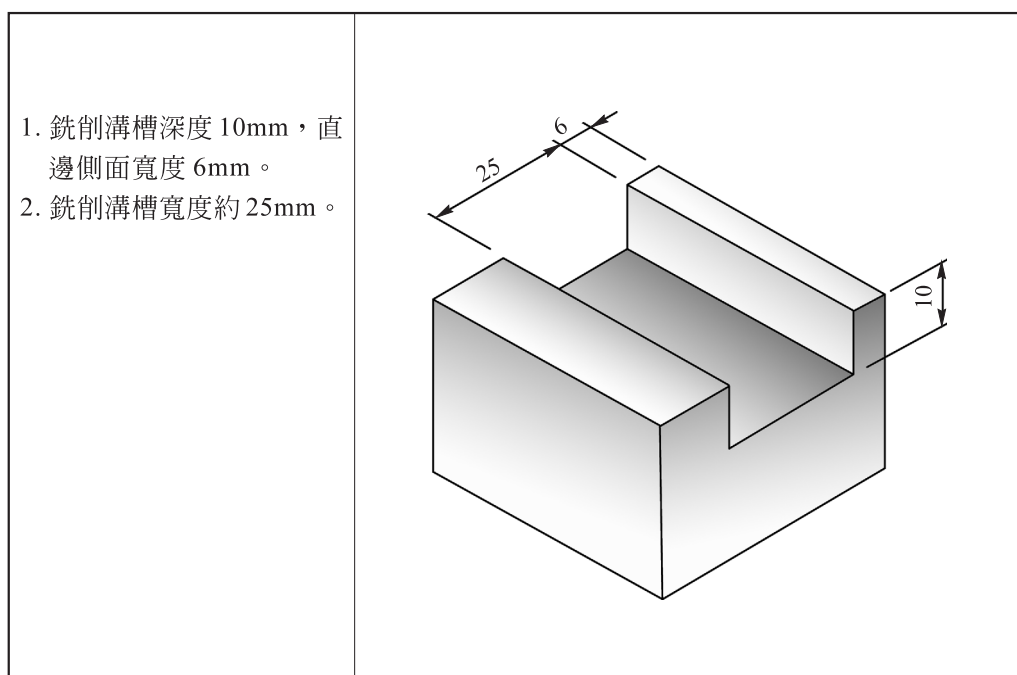
➤ 步驟三：工件夾持

將工件夾於虎鉗，下方墊適當高度之平行塊，使工件高出鉗口頂面約 14mm。

➤ 步驟四：安裝端銑刀並對刀

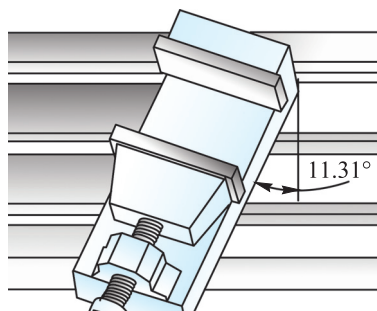
1. 安裝 $\phi 16\text{mm}$ 端銑刀，調整主軸轉速約為 418rpm 準備銑削。
2. 啓動主軸旋轉，上升床台，使工件頂面微微接觸銑刀底部(接觸工件欲銑削的部份)，將上下進給刻度環歸零。
3. 在工件側面貼上沾油薄紙，移動床台使銑刀至工件側面外，床台下降約 2mm，啓動主軸，將工件慢慢靠近銑刀，當薄紙被刮除時，將縱向(左右方向)進給刻度環歸零。

➤ 步驟五：粗銑削、精銑削直溝槽



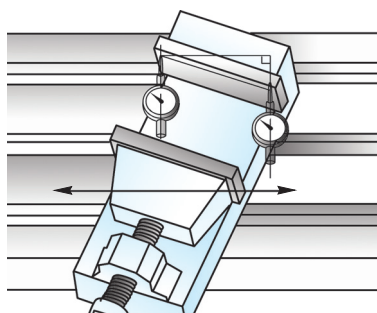
➤ 步驟六：調整虎鉗角度

鬆開虎鉗固定螺帽，調整虎鉗約 11.31° 的角度(銑削斜度為 $1:5 = 0.2$ ，所以 $\tan^{-1}0.2 = 11.31^\circ$)。



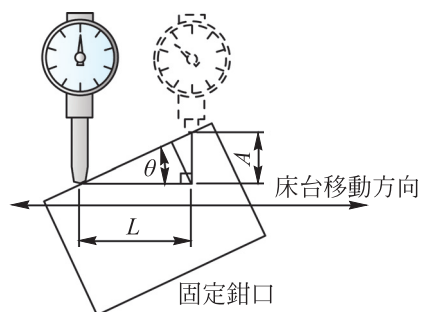
➤ 步驟七：裝置量錶

將量錶裝置於主軸上，使量錶測桿平行虎鉗底面。



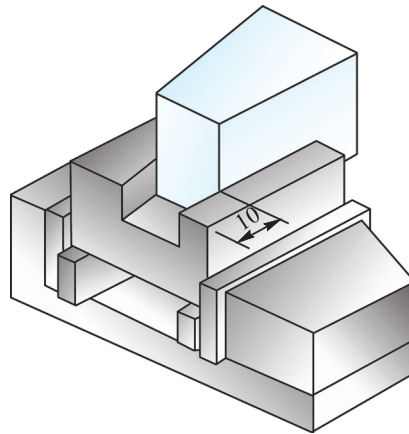
➤ 步驟八：校正虎鉗斜度

用量錶校正虎鉗，床台左右移動 20mm，量錶應轉 4mm(4 圈)，若誤差在 $\pm 0.04\text{mm}$ 之內($20 \times 0.002 = 0.04\text{mm}$)表示符合公差要求。



➤ 步驟九：銑削溝槽銼度側

1. 銑削斜溝槽，注意先不要使斜槽小端寬度超過 25.5mm。
2. 可利用「技能實習三：斜度銑削」的工件配入，量取段差，控制床台進給距離(補進距離 = 斜度 × 段差)，例如右圖尚有 10mm 段差時，即橫向進給需再進 $0.2 \times 10 = 2\text{mm}$ 才會使兩側面對齊。



➤ 步驟十：卸下工件並去除毛邊

將各尺寸銑至符合公差為止，拆下工件，修除毛邊。

學後評量

一、是非題

- () 1. 100mm 外徑銑刀，以 25m/min 速度銑切，其主軸迴轉數每分鐘約 550 轉。
- () 2. 銑床操作時，若有任何異常聲音，應立即停機檢查。
- () 3. 銑削進行中，如中途停止進刀，則停止位置會產生不良切削痕跡。
- () 4. 若加工工作物表面粗糙或有黑皮時，應降低每一刀刀的進給量。
- () 5. 雙刃端銑刀排屑性佳，適用於大切屑的粗銑削。
- () 6. 銑床之工具、刀具或附具，都須分開放置，以免損傷。
- () 7. T 型溝槽可直接用 T 型銑刀銑削而成。
- () 8. 凹槽之開槽銑削，因銑刀全部為工件所容納，故不需考慮逆銑或順銑。
- () 9. 刀刃較少之端銑刀，不適合用於強力銑削。
- () 10. 以端銑刀銑削側面時，需考慮逆或順銑法，惟一般接採用逆銑法。
- () 11. 校正虎鉗時，平行為校正固定鉗口，垂直度則校正活動鉗口。
- () 12. 所謂端銑刀，不但端面有刃口，其圓周上也有刃口。
- () 13. 用細而長的端銑刀銑削端面時，可得到很好的垂直度。
- () 14. 端銑刀可作平面、溝槽及側面等銑削，用途最廣。
- () 15. 銑削斜槽校正 1：5 斜度時，若床台左右移動 10 公厘，則量表指針伸縮量約為 0.5 公厘。
- () 16. 以尋邊器尋邊時，移動床台的距離，必須減去尋邊器的直徑。
- () 17. 端銑削時，每次切削寬度約等於銑刀直徑為最佳。

- () 18. 欲以銑削平面之方法來銑削斜面時，工件應先於平板上劃妥參考線，以便夾持、加工等。
- () 19. 以砲塔式銑床鑽孔時，其孔深可由昇、降床台或主軸管來控制。
- () 20. 銑床上鑽孔，為求精度穩定，鑽削時應將床台前、後及左、右床台固定把手鎖緊。

二、選擇題

- () 1. 以薄紙沾油法尋邊時，當薄紙被銑刀刮走後，應即刻停止進給，接著應優先作下列那些動作 (A)切斷電源 (B)手輪刻度環歸零 (C)加切削劑準備銑削 (D)將工件退出工件。
- () 2. 如要銑削單邊斜槽，大端 30 mm，小端 10mm，槽長 34.64mm，則迴轉虎鉗台之角度為 (A)19 (B)20 (C)25 (D)30 度。
- () 3. 銑削寬度 10 ± 0.01 公厘，深度 12 公厘之直槽，可用的銑刀外徑為 (A)8 (B)10 (C)12 (D)14 公厘。
- () 4. 在砲塔式銑床上銑削倒角時，除了可以使用各種夾具外，亦可用調整 (A)塔輪 (B)主軸頭 (C)刀軸 (D)離合器。
- () 5. 利用標準圓棒尋邊時，若圓棒直徑 5 公厘，薄紙厚度為 0.05 公厘，欲鑽孔其中心距離側邊為 20 公厘，則床台的距離應為 (A)12.55 (B)15.55 (C)22.55 (D)25.55 公厘。
- () 6. 以直徑 10 公厘的尋邊器求中心時，移動床台的距離必須 (A)-5 (B)+5 (C)-10 (D)+10 公厘。
- () 7. 有一斜面其斜度為 0.05，大端尺寸為 40，長度為 100 公厘，則其小端之尺寸為 (A)33 (B)35 (C)37 (D)38 公厘。
- () 8. 銑削直槽時，使用 4 刃的端銑刀作 (A)粗 (B)曲面 (C)高速 (D)精 銑削。

- () 9. 刀徑小於 10mm 的端銑刀，其與刀柄直徑的關係通常為
(A)柄部為錐柄 (B)刃徑大於柄徑 (C)刃徑小於柄徑 (D)
刃徑與柄徑相同。
- () 10. 直徑相同之銑刀適合於重銑削者為 (A)刀刃數多 (B)螺旋
角小 (C)刀刃數多、螺旋角小 (D)刀刃數少、螺旋角大。
- () 11. 一般之標準端銑刀，其刀刃與軸心的螺旋角為 (A)15 (B)
30 (C)60 (D)90 度。
- () 12. 以直徑 50mm 之端銑刀進行銑削，工作時若銑削速度為 30m/
min，則主軸迴轉數宜為 (A)160rpm (B)170rpm (C)
180rpm (D)190rpm。
- () 13. 在銑削 45 度斜面時，最簡易的方法是採用 (A)角度 V 型枕
(B)旋轉銑床虎鉗 (C)正弦虎鉗 (D)調整主軸頭。
- () 14. 一高速鋼螺旋銑刀刃有 12 齒，每刀齒迴轉進刀量 0.46mm，
若轉速 80rpm，則總進刀量為 (A)160.6 (B)250.6 (C)
360.9 (D)441.6 mm/min。
- () 15. 下列何者與銑刀每一刀刃的進給量無關？ (A)切削寬度
(B)切削速度 (C)切削深度 (D)主軸轉速。
- () 16. 就主軸迴轉速而言，硬質材料應比軟質 (A)低 (B)高
(C)相同 (D)以上皆非。
- () 17. 使用捨棄式刀片最大優點是 (A)適合小量切削 (B)適合於
成形銑削 (C)適合用於小銑床 (D)刀刃鈍化後，不必研
磨，且可快速更換。
- () 18. 銑削工件之精度不良，與下列何者無關？ (A)心軸套鬆動
(B)刀刃鈍化 (C)進給過慢 (D)進給過快。
- () 19. 銑削斜面的方法，下列何種不適宜擺斜度？ (A)工作台
(B)銑床頭 (C)工件 (D)虎鉗。

- () 20. 有關銑床加工，下述何者錯誤？ (A)床台如能旋轉角度，則稱萬能銑床 (B)螺旋平銑刀齒數較少適合於重銑削 (C)交錯側銑刀適合於重銑削和深切削 (D)銑削鑄鐵應採用順銑法。