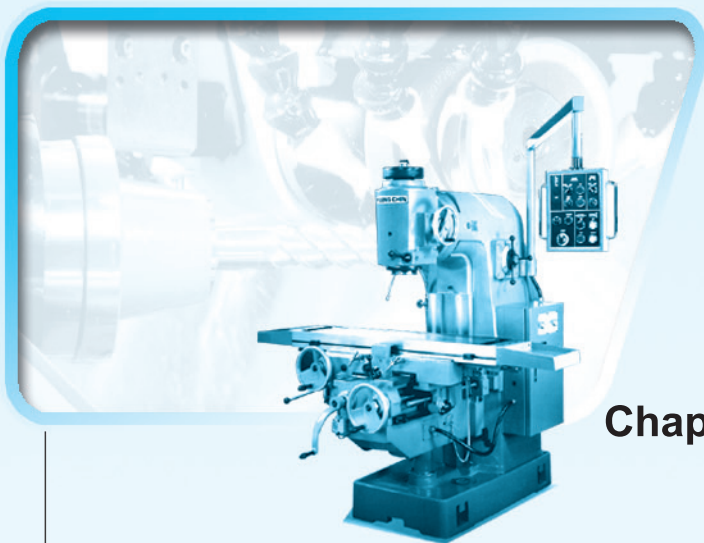




Chapter 4

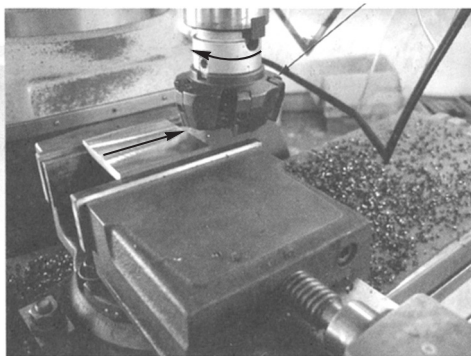
面銑削

學習目標

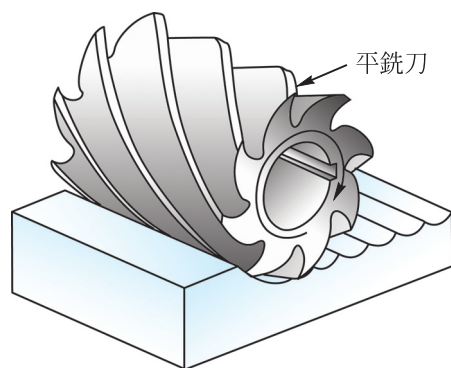
- ◆ 1. 能選擇正確的銑削速度與進給率
- ◆ 2. 能了解順銑法與逆銑法之不同及優缺點
- ◆ 3. 能了解切削劑的功用並正確選用
- ◆ 4. 能了解工件的銑削程序
- ◆ 5. 能確實遵守面銑削安全注意事項

相關知識

面銑削是銑床上最基本的操作，主要用於大平面的銑削，這種作業在「立式銑床」可使用面銑刀來銑削，在「臥式銑床」可使用平銑刀來銑削，如圖 4-1 所示。



立式面銑削



臥式面銑削

圖 4-1 面銑削

本章將介紹面銑削的「銑削速度」、「進給速度」、「背隙的消除」、「銑削方法」、「切削劑的使用」及「相關注意事項」。

4-1

面銑的銑削速度與進給的選擇

1. 銑削速度

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

$$V = \pi DN / 1000 \quad (4-1)$$

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。一般常用材料的參考銑削速度如表 4-1 所示。

表 4-1 面銑刀銑削各種材料的銑削速度(m/min)

銑削 材料 \ 刀具 材質	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
黃銅	60~90	60~90	180~300	180~300
鋁	120	210	240	300

2. 進給速度

進給速度又稱進給率或進刀，是指床台上工件對銑刀的移動速度，通常以「F」為代號，其單位以每分鐘多少公厘(mm/min)表示。以下為進給速度的求法：

$$F = f \times T \times N \quad (4-2)$$

F ：進給速度(mm/min)

f ：每一刀刀的進給量(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刀的進給量有關，精銑時要降低進給量，粗銑時要增大進給量。其銑削不同材料時銑刀每刀的進給量如表 4-2 所示。

表 4-2 面銑的進給量(mm/刃)

銑削 材料 \ 刀具 材質	高速鋼面銑刀	碳化物面銑刀
高碳鋼	0.15	0.25
中碳鋼	0.25	0.3
低碳鋼	0.35	0.4
銅	0.35	0.3
鋁	0.5	0.45

4-2 銑削法與背隙的消除

在銑削時，雖然銑床迴轉方向可選擇順時針和逆時針，但因為刀刃方向的關係，只能使用一種迴轉方向，否則銑刀會崩壞。而工件對銑刀的移動卻是可以左右移動的，因此，依銑刀的迴轉方向和工件進給的相對運動，可分為「順銑法」(向下銑削法)和「逆銑法」(向上銑削法)。

1. 順銑法

銑削時工件的進給方向與銑刀的迴轉方向相同，稱為順銑法，亦稱向下銑削法，如圖 4-2 所示。其切屑的深度由厚變薄，銑刀所受的切削力是由重而輕，加工面較光滑，刀具壽命較長。但因銑刀轉向和工件進給方向相同，螺桿若無背隙消除裝置，床台會有拉動現象，造成抖動、震刀之現象，造成表面粗糙與刀刃崩裂。

2. 逆銑法

銑削時工件的進給方向與銑刀的迴轉方向相反，稱為逆銑法，亦稱向上銑削法，如圖 4-3 所示。其切屑的深度由薄變厚，銑刀所受的切削力是由輕而逐漸加重，可避免刀刃因衝擊而崩裂，適於銑削黑皮工件；但刀刃口的磨損較快，刀具壽命短，加工面較粗糙，需較大動力，工件的夾持需較牢固，不適用於銑削薄工件。

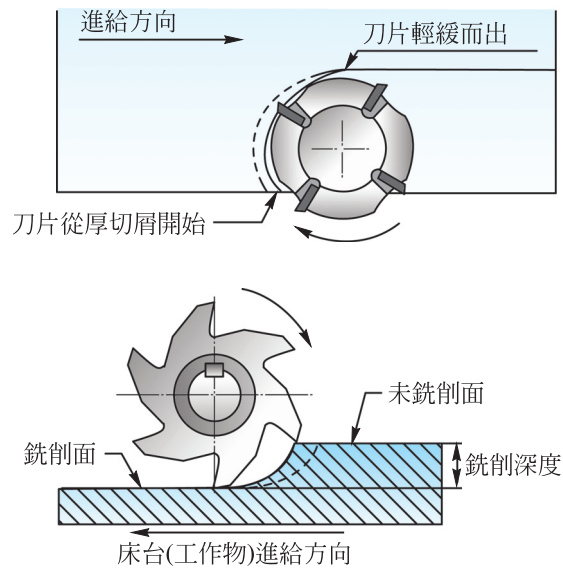


圖 4-2 順銑法—上為立式銑床面銑削(俯視圖)，下為臥式銑床銑平面

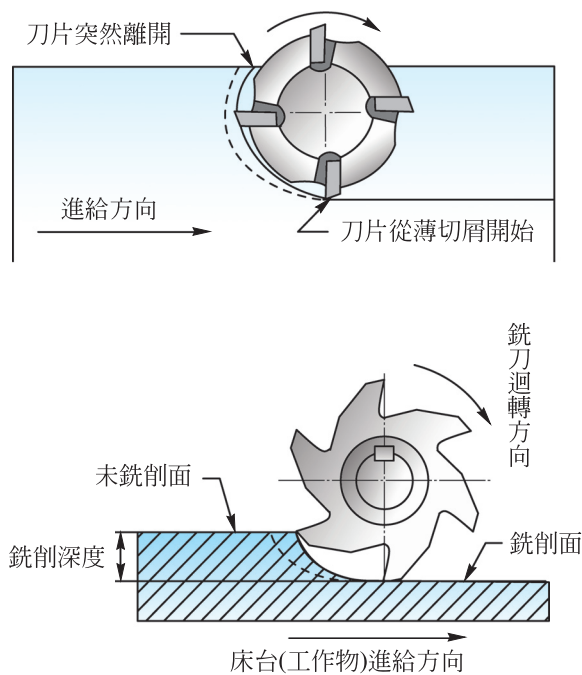


圖 4-3 逆銑法—上為立式銑床面銑削(俯視圖)，下為臥式銑床銑平面

3. 逆銑法(向上銑削法)與順銑法(向下銑削法)之比較

銑削法 優缺點	逆銑法(向上銑削法)	順銑法(向下銑削法)
優點	1. 刀刃受力由小變大，刀刃不易崩裂。 2. 適合黑皮面之銑削。 3. 銑削方向與進給方向相反，可自動消除螺桿背隙。	1. 工件夾持較穩固，適合薄且長之工件加工。 2. 銑刀刃口的壽命較長。 3. 表面粗糙度較佳。 4. 進給時的阻力較小。 5. 加工精度較高。
缺點	1. 工件的夾持需較牢固，不適合薄工件之銑削。 2. 刀刃口的磨損較快，刀具壽命短。 3. 銑削時易震刀，加工面較粗糙，精度亦較差。 4. 床台進給與進給方向相反，需較大動力。	1. 床台進給螺桿需有背隙消除裝置，否則工件易被切削力拉動。 2. 刀刃口由工件表面開始切削，不適合硬表面工件之銑削(鑄件及鍛件)，否則刀刃口易崩裂。

4. 背隙的消除

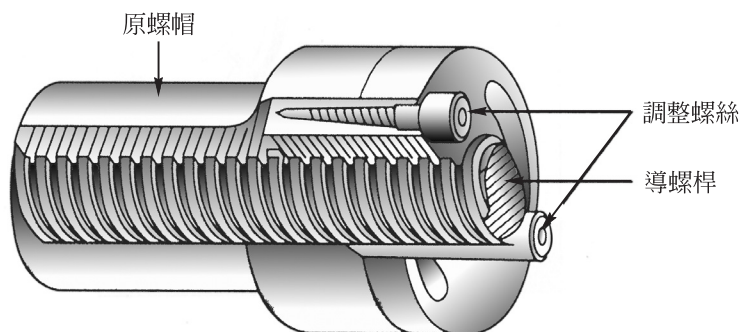


圖 4-4 背隙消除裝置

銑床床台是靠螺桿來移動，螺桿與螺帽間の間隙會隨著使用次數而漸漸增大。在使用順銑法(向下銑削法)時，會使床台有拉

動現象，造成抖動、震刀之現象，造成表面粗糙與刀刃崩裂，因此銑床床台需有背隙消除裝置。背隙消除裝置是在床台進給螺桿多加裝一個可調整的螺帽，旋轉調整螺帽的螺絲可以靠緊原螺帽與加裝螺帽，使螺桿與螺帽之間隙消除。如圖 4-4 所示。

4-3 工件的銑削順序

銑床上正確的銑削順序是非常重要的，因為會影響工件的垂直度、平行度與精度。工件銑削時，**通常選用最大的表面為基準面**，並最先銑削；接著以第 1 面靠於虎鉗固定鉗口，銑削第 2 面，使與第 1 面垂直；接著銑削第 3 面(與第 1 面垂直且平行於第 2 面)；再來銑削第 4 面(平行於第 1 面)；最後銑削第 5 面和第 6 面，如圖 4-5 所示。詳細六面體的銑削方式，將於後面「技能操作項目」加以解說。

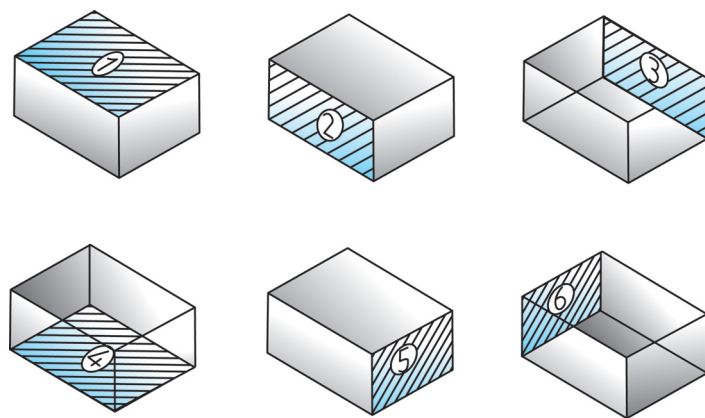


圖 4-5 六面體之銑削順序

4-4 切削劑的使用

在切削的過程當中，切削刀具和工件之間會產生很大的切削壓力，造成溫度上升、刀具刃口鈍化、工件變形、表面粗糙度不良…等現象。

為改善切削的效能，在切削過程中，適當的使用一些固體、液體或氣體物質作為切削劑，可以有效改善工件品質，增加刀具壽命。

1. 切削劑的功用

切削劑最主要的功用在於「冷卻」，降低加工時所產生的熱量；其次是「潤滑」，降低切削處的磨擦，減少刀具磨損，延長刀具壽命；第三是「沖屑」，沖除切削切屑，減少切屑堆積黏附在刀刃形成積屑刀口。

2. 切削劑的種類

切削劑一般可分為「水溶性」和「非水溶性」切削劑。

「水溶性切削劑」又稱「調水油」，主要目的是冷卻。常使用的水溶性切削劑又可分為乳化油及合成或含水的冷卻劑。乳化油使用時需與水混合，混合後會成為白色油水乳液狀，其混合比例通常以 1：10(重切削)、1：50(一般切削)、1：50～100(輕切削)。

「非水溶性切削劑」又稱「切削油」，主要目的是潤滑。切削油是石油產品，有不同黏度並含有添加物，可提高表面粗糙度及精度，通常用於中、低速切削。

3. 切削劑的選用

切削劑的選用原則，一般是視工件的性質及加工情形而定，但銑削鑄鐵、黃銅時，不用加注切削劑。表 4-3 所示為一般切削工作較常用到的切削劑。

表 4-3 切削劑的選用

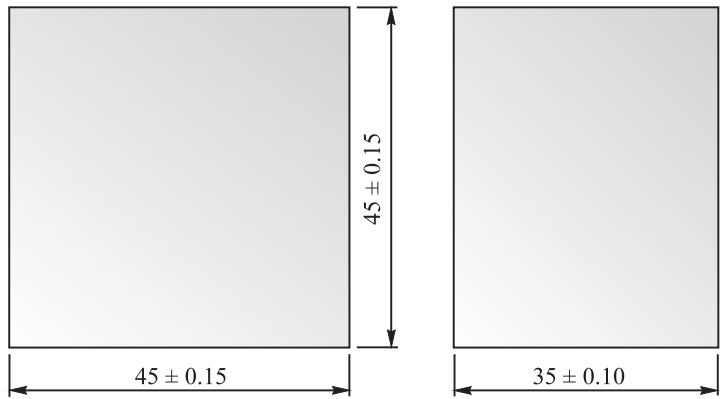
銑削之材料	使用的切削劑
軟鋼	調水油
硬鋼	切削油
鋁及合金	調水油

4-5 面銑削注意事項

1. 工件夾持時，不可高出虎鉗鉗口太多。
2. 銑削中要戴安全眼鏡。
3. 量具及工具不可放置於床台上。
4. 須待主軸停止迴轉後，才可進行材料裝卸、工件量測。
5. 每次銑削後，需先去除毛邊，才進行下一次的銑削。
6. 銑削時，應使切屑向銑床床柱飛出，不可向人員飛擊。
7. 鎖緊虎鉗扳手用手鎖緊即可，不可使用榔頭敲擊。
8. 銑削平面時若發現僅一、二刃進行切削，應重新調整刀片，使刀片高度一致。
9. 使用平行塊墊高工件時，須注意工件與平行塊及虎鉗底面需緊貼。

技能操作項目

一、六面體銑削練習

實習名稱	六面體銑削
使用材料	S20C，□50×40 方鋼
工作圖	銑成□45×35 

➤ 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. 主軸轉速：

V ：以碳化物銑刀銑削低碳鋼，查表 4-1，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：銑削第 1 面(基準面)

1. 選用最大之平面當作加工的第一面。
2. 選一對平行塊，使虎鉗夾持約 2/3 工件深。(如圖 A)

3. 開動機器，注意銑刀的轉向(由上往下看是順時針轉)，進行粗銑及精銑加工。
4. 精銑完成後，停止機器，卸下工件，去毛邊。



圖 A

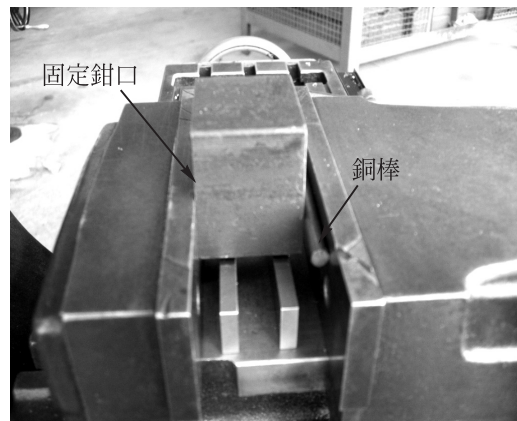


圖 B

➤ 步驟三：銑削第 2 面

1. 以第 1 面為基準面，靠於固定鉗口，工件和活動鉗口間放銅棒輔助夾持。(如圖 B)
2. 進行粗銑及精銑，完成後，卸下工件，倒角去毛邊。
3. 以角尺檢驗第 1、2 面之垂直度是否良好，若垂直度不良，可能是毛邊未修或機器問題。

➤ 步驟四：銑削第 3 面

1. 以第 1 面靠於固定鉗口，第 2 面貼於平行塊，用軟鎚敲擊工件使與下方平行塊抵緊，如有必要亦可於工件與活動鉗口間放置銅棒輔助夾持。(如圖 C)
2. 進行粗銑、量測尺寸及精銑，完成 45mm 之尺寸。完成後，卸下工件倒角、去毛邊。

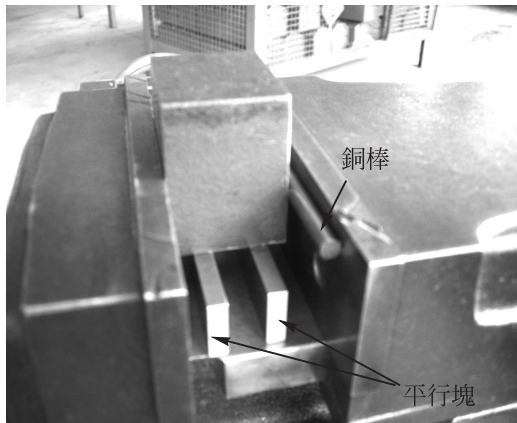


圖 C

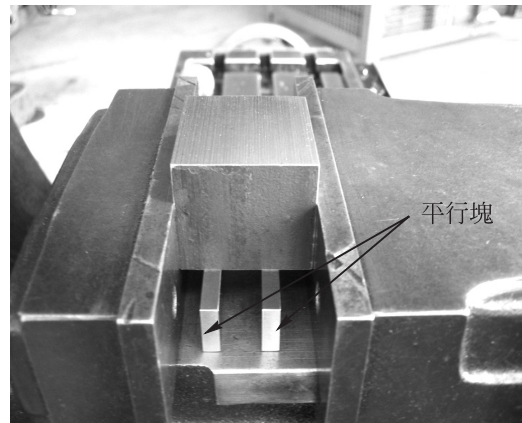


圖 D

➤ 步驟五：銑削第 4 面

1. 以第 2 面或第 3 面靠固定鉗口，第 1 面貼緊平行塊，無須用銅棒，以軟鎚敲擊工件使與下方平行塊抵緊並固定之。(如圖 D)
2. 進行粗銑、量測尺寸及精銑，完成 35mm 之尺寸。完成後，卸下工件倒角、去毛邊。

➤ 步驟六：銑削第 5 面

1. 校正垂直度：以第 1 面或第 4 面靠於固定鉗口，將角尺放在工件左側，角尺底面緊貼鉗口底，第 2 面或第 3 面緊貼角尺垂直面，夾緊之。(如圖 E)
2. 進行粗銑及精銑，完成後，卸下工件倒角、去毛邊。
3. 檢查第 5 面與第 2 及第 3 面之垂直度，若不良可再重複本步驟。

➤ 步驟七：銑削第 6 面

1. 以第 1 面靠固定鉗口，第 5 面貼於平行塊，用軟鎚輕敲工件使與平行塊抵緊並固定之。(如圖 F)
2. 進行粗銑、量測尺寸及精銑，完成 45mm 之尺寸。完成後，卸下工件倒角、去毛邊。

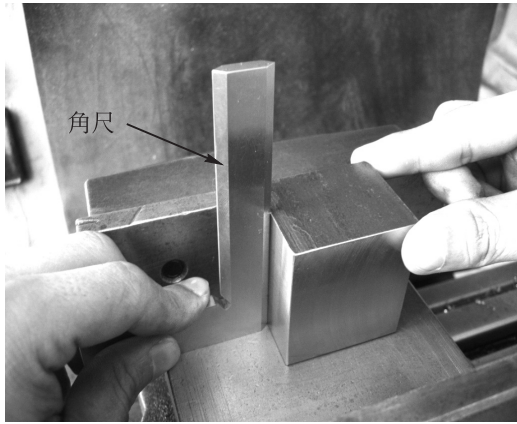


圖 E

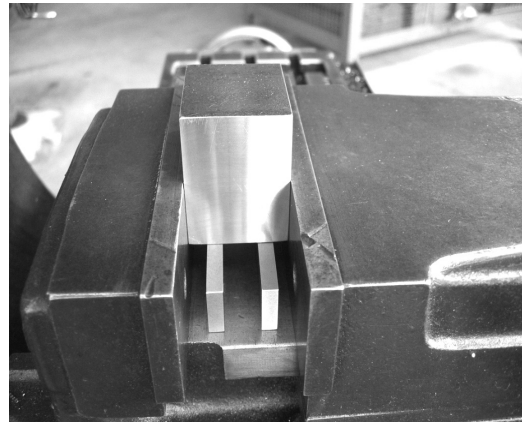


圖 F

學後評量

一、是非題

- () 1. 逆銑法必須有背隙消除裝置。
- () 2. 粗銑削的主軸迴轉數應該比精銑削慢。
- () 3. 由於薄而長的工件夾持不易，因此比較適合採用向下銑削法。
- () 4. 銑削過程中不用戴安全眼鏡。
- () 5. 銑削速度相同時，銑刀直徑愈大，則主軸迴轉數應愈低。
- () 6. 銑削黑皮工件宜使用逆銑法。
- () 7. 順銑法為床台進給方向與銑刀迴轉方向相反。
- () 8. 銑削六面體時，應先加工較小之工作面。
- () 9. 銑削平面如產生震動時，可以減少切削深度及進給速度來改善。
- () 10. 銑削平面時，如面銑刀上的刀片大部份脫落或崩裂可能是主軸反轉所致。
- () 11. 六面體要加工第二面的時候，已加工完成之第一面應靠於活動鉗口上。
- () 12. 使用面銑刀銑削時，加工面形成交叉網目痕，該現象係主軸垂直度不良所致。
- () 13. 相對兩面銑削後平行度不良，可能是工件夾持時基準面未抵緊平行塊。
- () 14. 銑削平面時，最好分粗、精銑兩次銑削，其主軸迴轉數應相同。
- () 15. 向上銑削法易引起振動，但刀具壽命較長。

二、選擇題

- () 1. 銑削鑄件黑皮時，應該使用 (A)順銑法 (B)逆銑法 (C)橫銑法 (D)以上皆可。

- () 2. 工件進給方向與銑刀迴轉方向相同，稱為 (A)逆銑法 (B)向上銑削法 (C)順銑法 (D)橫銑法。
- () 3. 適用於銑削鑄鐵的切削劑為 (A)礦物油 (B)空氣 (C)太古油 (D)機油。
- () 4. 大型工件之銑削，最好選用 (A)立 (B)臥 (C)萬能 (D)龍門式銑床。
- () 5. 銑削的速度，硬材料應比軟材料 (A)低 (B)高 (C)相同 (D)不一定。
- () 6. 銑削正六面體的第二面時，已銑削過的第一面應置於虎鉗的 (A)活動鉗口端 (B)固定鉗口端 (C)底面 (D)皆可。
- () 7. 銑削平面最有效率的銑刀是 (A)端 (B)平 (C)面 (D)套殼銑刀。
- () 8. 工件夾於虎鉗前，應先 (A)劃線 (B)倒角 (C)鑽固定孔 (D)修毛邊。
- () 9. 使用面銑刀銑削平面時，銑削寬度約為銑刀直徑的 (A)1/2 (B)3/4 (C)2 (D)3 倍為宜。
- () 10. 下列何者不是切削劑的功能？ (A)軟化工件 (B)冷卻 (C)潤滑 (D)沖屑。
- () 11. 可自動消除螺桿背隙的銑削法是 (A)順銑法 (B)逆銑法 (C)側銑法 (D)立銑法。
- () 12. 銑削 $20 \times 50 \times 80\text{mm}$ 之六面體時，最先銑削之面為 (A) $20 \times 50\text{mm}$ (B) $50 \times 80\text{mm}$ (C) $20 \times 80\text{mm}$ (D)任意皆可。

