

銑床教學講義

一、銑床

銑床是一種多樣加工型態的加工機，主要使用多刀(兩刀或以上)之刀具(銑刀)，將刀具鎖固在主軸上，經由主軸旋轉一併帶動刀具，並輔以床臺進給運動，進而針對待加工物件進行除料的加工方式。

二、銑床種類

(一) 柱膝式銑床：床身貌似坐著的工作者，軀幹即床柱；大腿惟床膝，可上下垂直移動；工作臺上面為床膝，可左右水平移動，故稱柱膝式，其中又可分為以下幾種。

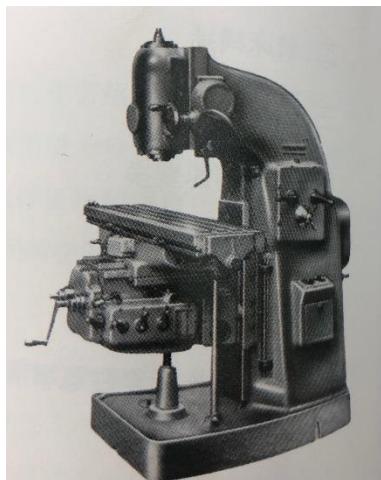


圖 1、柱膝式銑床[1]。

1. 臥式銑床：又稱普通銑床，主軸位於床柱，軸向與床臺平行。



圖 2、臥式銑床[1]。

2. 萬能銑床：主要構造與一般臥式銑床相同；主要差別在於萬能銑床能調整床臺可做特殊角度的偏至的加工，一般萬能銑床可調整 30 度至 45 度。

銑床教學講義



圖 3、左圖為萬能銑床[1]；右圖為可調整的角度的床臺機構。

3. 立式銑床：主軸與床臺垂直，除主軸的位置與臥式銑床的架構不同外，其餘構造大致相同。



圖 4、立式銑床[1]。

4. 砲塔式銑床：主軸如同立式銑床一樣與床臺垂直；屬於較靈巧之加工機，切削動力集中在銑床頭，囊括馬達、變速機構等，其特色是銑床頭可作兩軸或三軸的偏置，另懸臂亦可作前後移動的調整。



圖 5、砲塔式銑床[1]；本系實習工場的機型即為砲塔式銑床。

銑床教學講義

(二) 龍門銑床：床臺只能作縱向運動，橫向即垂直方向則由銑床頭控制；銑床頭的支撐機構一般設計為雙柱的門型或單柱的開側型，門型的銑床頭較為穩固，因此龍門銑床適合作重切削。



圖 6、龍門銑床[1]。

(三) 數值控制銑床(Numerical Control; NC)：數值控制銑床是近期的工具機發

展的趨勢，利用數值控制的加工方式可以達到自動化的生產，並配合電腦輔助製造的軟體，方便且高效能地加工出傳統機臺難以達成的加工目標，同時亦可保持加工精度；但是購買成本以及後續的維修保養都比一般前述的傳統機臺高出許多，因此如何在成本即利潤之間取得其平衡成為各加工廠的經營課題。

1. 數值控制銑床：現今的數值控制已經配合電腦作控制，即電腦數值控制(Computer Numerical Control; CNC)，其各個軸向的運動皆經由電腦運算後的數值，控制數值馬達作精密的移動定位。



圖 7、數值控制銑床[1]。

銑床教學講義

2. 加工中心機：一般 CNC 銑床使用不同刀具時，須以人工方式作更換；假設 CNC 銑床裝配上自動刀具更換刀具裝置，即成為加工中心機/綜合加工機(Machinr Center；MC)。



圖 8、加工中心機[1]。

銑床教學講義

三、銑床各部元件介紹(以工場砲塔式銑床說明)

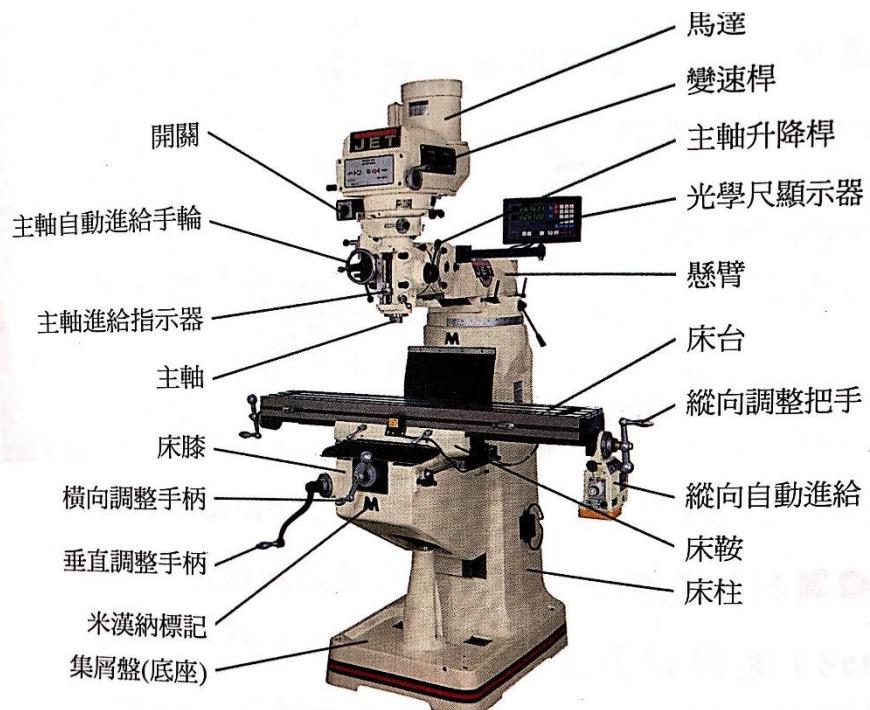


圖 9、銑床各部名稱[1]。

- (一) 床柱：銑床的主體，床柱與其銑床底座連成一體，床柱因須負擔整個機臺重量，以及加工中的震動，故以優越的耐磨性、抗蝕性及良好的吸震能力的米漢納(Meehanite Cast Iron)鑄造成型。
- (二) 床膝：附掛在床柱的滑軌，由螺帽及螺桿控制其垂直方向的運動、另床膝上有橫向滑軌供床鞍配合使用。
- (三) 床鞍：置於床膝上方的滑軌上，由螺帽及螺桿控制操作者前後方向的運動。

銑床教學講義

- (四) 床臺：置於床鞍上的滑槽上，螺帽及螺桿控制操作者左右方向的運動。
- (五) 懸臂：砲塔式的銑床頭固定於懸臂(Over Arm)，可依工作條件，適時調整懸臂位置至適當位置；但是隨著懸臂伸得越長，整體銑床的剛性越差，越易震動，所以除非工作需要，一般來說不會讓懸臂伸出太長。
- (六) 主軸：主軸置於銑床頭上，經由傳動系統帶動進而旋轉；主軸孔為孔，用於夾持刀把，並安裝銑刀於刀把上進行加工。
- (七) 固定桿：一般銑床的三個軸向皆有固定桿(Clamp Lever)，可以鎖固各軸，避免加工過程中因震動所產生的偏位，進而影響加工精度。

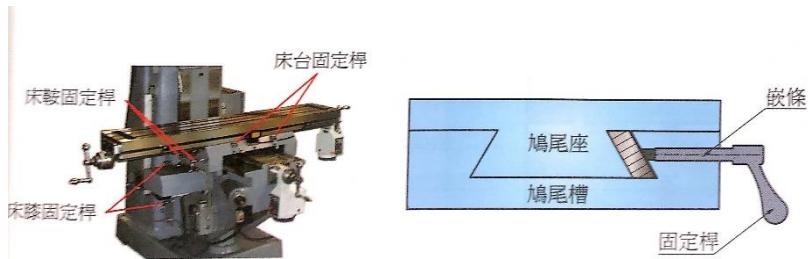


圖 10、固定桿及其固定機構[1]；轉動固定桿，利用其螺桿壓迫嵌條，利用嵌條向鳩尾座失力，頂緊鳩尾座以避免移動。

- (八) 調整手柄：銑床三個軸向皆有調整手柄或手輪，轉動手柄或手輪，利用其螺桿旋轉帶動各軸向的移動；X 方向調整手柄，即控制床臺的縱向移動；Y 方向調整手柄，即控制床鞍的橫向移動；垂直升降調整手柄則是用來控制床膝的升降。
- (九) 傳動與變速機構：主軸轉速變換機構主要有「階段變速」與「無段變速」兩類；階段變速必須以「變換塔輪」的方式來調整轉速；無段變速則是利用兩組具有錐形狀(V 形狀)的槽型滑輪，並配合皮帶封閉環繞在兩組滑輪間，利用兩組滑輪各別改變槽寬，迫使皮帶的接觸圓半徑作改變，達到變速的功能。

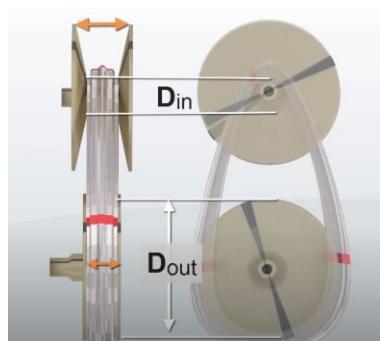


圖 11、無段變速機構。

銑床教學講義

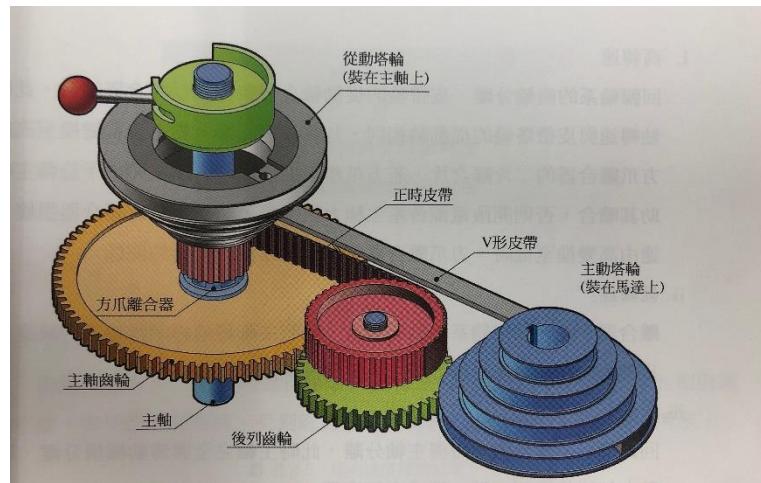


圖 12、階段變速機構[1]；主動輪小徑，從動輪大徑為低轉速；反之則為高轉速。

- (十) 主軸升降裝置：升降裝置主要用來作一些小範圍的移動，可配合適當刀具作鑽孔、攻螺紋等；主軸不升降時，應將主軸縮至最短，並以其固定桿鎖固，可使主軸剛性增大，不易產生撓曲。
- (十一) 主軸進給指示器：為一具有最小讀值 0.01mm 的分釐卡，利用主軸升降裝置操作時，可配合指示器之讀值設定主軸移動的最佳位置。

四、銑刀及銑刀相關設備

- (一) 刀軸(Arbor)：連接加工機(銑床主軸)與銑刀之間的夾具裝置稱之，其中與刀軸又與夾持銑刀的夾頭組合而稱「刀把」。

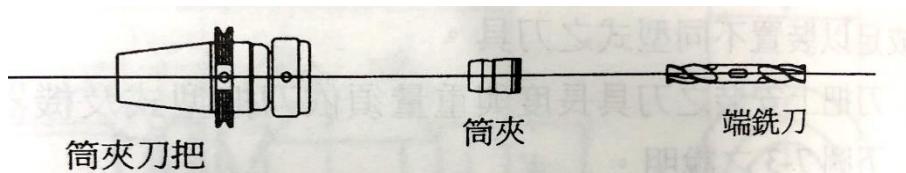


圖 13、刀把含刀軸及夾頭；另夾頭與筒夾連用以夾持銑刀。



圖 14、銑床常用刀把(刀軸+夾頭)[1]；其中紅框部分即為夾頭，配合錐度筒夾使用，並利用鉤形扳手對準夾頭上的溝槽轉動以收縮筒夾孔徑逼緊銑刀柄進而夾緊銑刀。

銑床教學講義



圖 15、銑床常見之錐度筒夾[1]；中間圓形孔即為銑刀柄放入處。

(二)銑刀：實習工場常用的銑刀，蓋分為兩類，一為面銑刀，另一個則為端銑刀，各別分述如下。

1. 面銑刀(Face Cutter)：刀體為一圓盤狀，刀片可為高速鋼、碳化物或其它材質刀片，使用鋸片式或捨棄式將刀片固定於刀面之外圓周；主要是利用刀面做大平面的銑削，側銑效果不佳，由於刀面較大，故銑削速度快。



圖 16、面銑刀(刀片為捨棄式)[1]。

2. 端銑刀(End Milling Cutter)：利用端面和側面的刀刃切削，故稱端銑刀；一體端銑刀，依刀刃數可分一刀、二刀、三刀、四刀及多刀等，一般工場使用較多的是二刀及四刀，二刀主要用在粗切削，並可鑽孔；四刀則用於精切削。

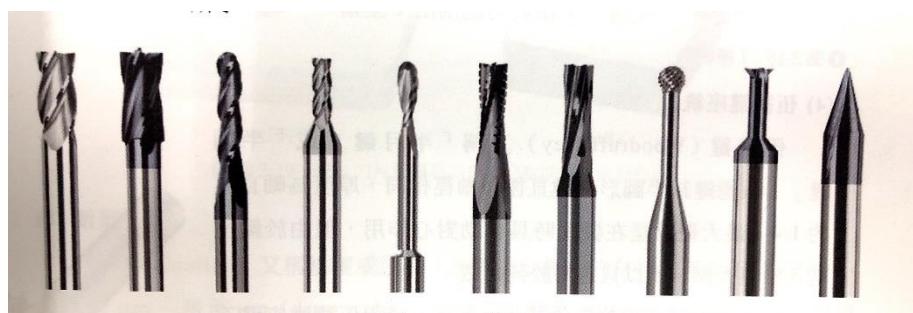


圖 17、各式端銑刀[1]。

銑床教學講義

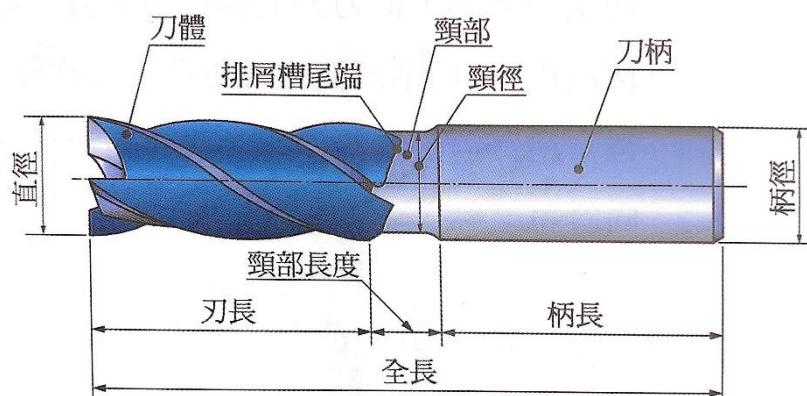


圖 18、端銑刀各部名稱(四刀為例)[1]。

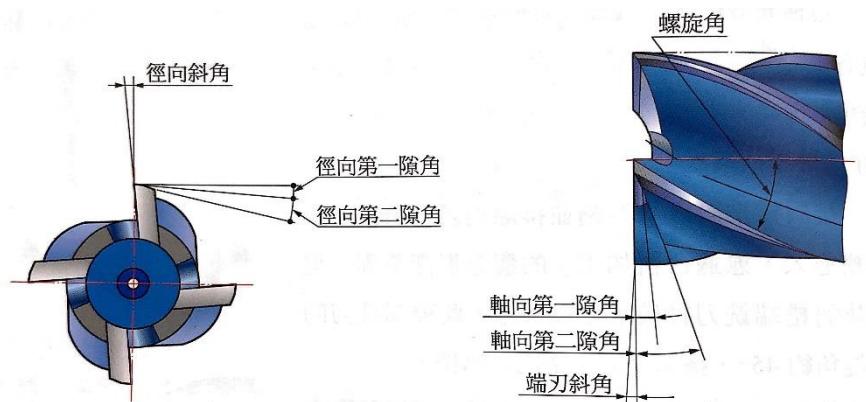


圖 19、端銑刀刀角[1]；隙角是要刀刃突出，得以切削工件，使刀刃後方部分可以產生支撑效果，亦不會與工件產生摩擦，所以隙角必須為正；斜角主要在引導切屑排出，斜角越大越鋒利，但刀刃強度越低，斜角可正可負，切削延性材料使用正角、切削脆性材料只用負角；螺旋角為刀軸與側刀角的夾角，可看作為後斜角，角度越大，可減少切削力，增加刀具使用時間。

四、面銑削順序及銑削法

(一) 面銑削順序：工件面銑削應由較大面開始銑削，然後以此為基準面，至於虎鉗固定鉗口，加工較小的兩面，最後再回頭加工未完的較大面的另一面。

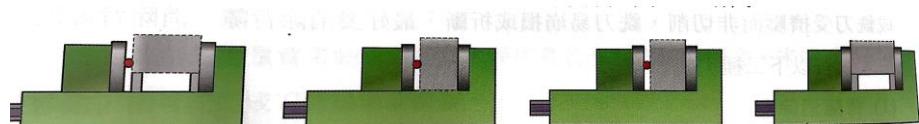


圖 20、面銑削加工順序圖[1]。

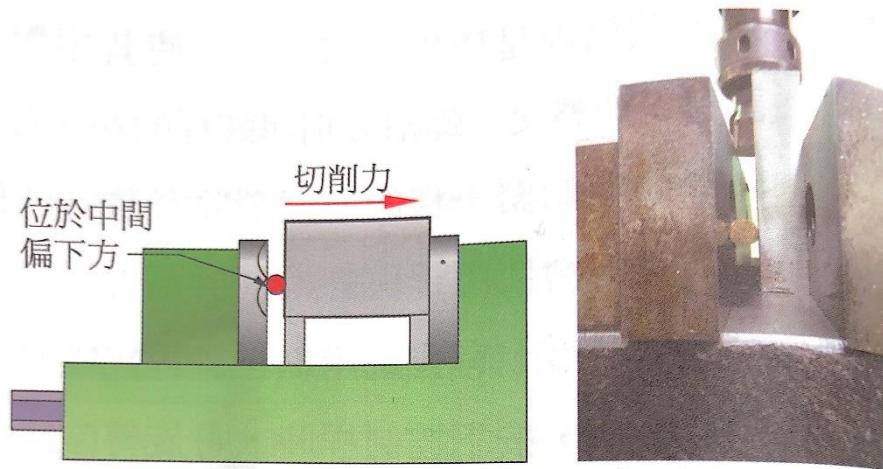


圖 21、圓柱銅條輔助面銑削說明[1]；對於粗胚面的工作而言，因無法保證虎鉗兩邊的工作表面是否平行，因此為確保基準面完全平貼在虎鉗固定鉗口，所以使用圓柱銅條至於活動鉗口與工作之間，這樣一來在虎鉗僅緊的過程中，讓圓柱與固定虎鉗及圓柱與工作之間自動調整最適當且貼合的線接觸，而非單點接觸。

(二) 銑削法：銑刀旋轉的切線方向與工作的移動方向會有兩種銑法，分述如下：

1. 逆銑法(Conventional Milling)：又稱上銑法，銑刀旋轉的切線方向與工作的移動方向相反；銑削過程因螺桿與螺帽緊密接觸，不會產生背隙；一般傳統的銑削以此法為主，其銑削過程的切屑由薄而厚。
2. 順銑法(Climbl Milling)：又稱上銑法，銑刀旋轉的切線方向與工作的移動方向相同；銑削過程因螺桿與螺帽未必會緊密接觸，故會產生背隙，若銑削過程銑刀的力量較大時，會拖拉著床臺移動，嚴重可能會損壞刀具，其銑削過程的切屑由厚而薄。

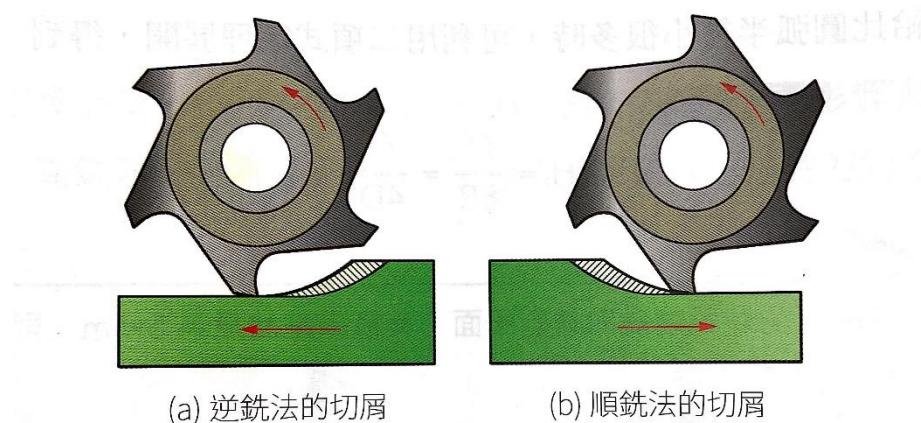


圖 22、順銑及逆銑法的示意[1]。

銑床教學講義

比較事項	逆銑法	順銑法
銑刀受力	切削力由小而大，銑刀刀齒不易斷裂。	銑削接觸時，衝擊力較大，銑刀刀齒容易斷裂。
切削穩定性	切削厚度由 0 開始，逐漸增加。開始接觸時，刀刃無法立即切入工件，造成刀軸或銑刀彎曲變形，並產生周期性振動。	切削厚度接觸後很快達到最大厚度，刀刃受力瞬間容易造成事故或崩裂。
工件夾持	銑刀切削力向上拉起，工件夾持不易。	銑刀切削力向下壓下，工件容易夾持。
工件狀況	適合銑削表皮堅硬的工件。 不適合銑削薄工件。	不適合銑削表皮堅硬的工件。 適合銑削薄長工件。
切屑排出狀況	切屑容易黏在刀刃上。 切屑容易伸長。	切屑容易飛脫。 切屑較短。
工具機剛性要求	適合傳統剛性較差的銑床使用。	銑床須剛性良好。 必須有背隙消除器。
優點	銑削時具自動除隙功能，適合傳統銑床使用。 不易發生床台被拉動現象。 濕式切削時，表面粗糙度良好。 加工表面被刀尖滑擦過，較具光澤。 加工表面堅硬或有砂孔的工件，銑刀較不易受損。	刀尖間隙面磨耗較少，銑刀壽命較長。 工件安裝較簡單。 切削抵抗較小。 乾式切削時，表面粗糙度良好。 床台進給動力消耗較小。 適合加工硬化性材料。
缺點	刀尖與工件表面的滑動摩擦，使間隙面磨耗較快，影響銑刀壽命。 工件容易被拉起，必須確實夾緊。 切削抵抗較大。 加工末端容易產生較大的毛邊。 加工硬化性材料，很容易產生硬化層。	銑床床台進給機構必須具備背隙消除功能。 加工表面堅硬或有砂孔的工件，銑刀極易受損。 切削劑的效用不大，反而有負面影響。
適用對象	使用高速鋼銑刀，進行濕式的細加工。 加工黑皮或有砂孔，或經表面硬化處理工件的第一次加工。 適合在剛性較差的銑床加工。	適合重切削及高效率加工，使用超硬銑刀加工。 適合具加工硬化特性的材料加工。 適合無背隙或裝置背隙消除器的銑床使用。

圖 23、銑床順逆銑比較表[1]。

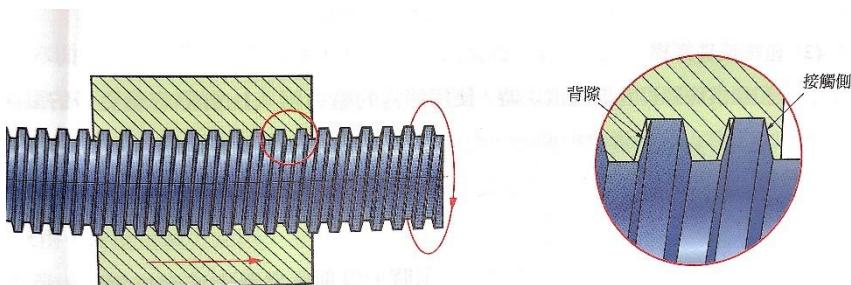


圖 24、背隙示意圖[1]；其中綠色為螺帽、藍色為螺桿，銑床床臺的移動即利用螺桿與螺帽配合，旋轉螺桿帶動螺帽作相對運動，因為彼此間要配合，故會留設裕度因而產生背隙；在逆銑的時候，螺桿與螺帽的作用力相反，所以螺桿轉動過程皆緊貼螺帽，故不會發生背隙；反之，順銑時兩個作用力同向，因此在某些行程狀態下會發生背隙，造成銑刀拉動床臺。

銑床教學講義

參考資料

[1]蔡俊毅(民 106)。機械加工實習(上)。新北市：台科大圖書股份有限公司。