

扣件螺紋

基本原理及應用

文/王維銘

1. 螺紋原理

繞圓柱體上三角形的斜邊在圓柱表面所形成的曲線就成為一螺旋線，如圖1所示，圖中的鄰邊長AC應取與圓柱之圓周長(D)相等，在旋繞一周之後，A點與C點重疊，此時圓柱上的AB'距離等於CB距離，在周邊上AB'兩位置是在同一直線方向上的相鄰點，其距離稱為導程(lead)，斜面AB之傾斜角 α 稱為導程角(lead angle)，此導程角之餘角 β 稱為螺旋角(helix angle)。設導程為L，圓柱直徑為D，導程角為 α ，螺旋角為 β ，則

$$\tan \alpha = \frac{L}{\pi D} \quad \text{或} \quad L = \pi D \tan \alpha$$

$$\tan \beta = \frac{\pi D}{L} \quad \text{或} \quad L = \pi D \cot \beta$$

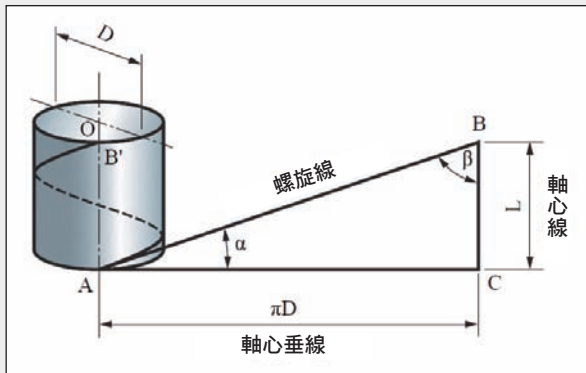


圖1 螺旋線之形式

螺旋線僅為理論之曲線，如圖2(a)所示。若在圓柱上依此螺旋線用刀具切削或加工形成一條螺旋凹槽，就是所謂的螺紋，如圖2(b)、圖2(c)所示，依凹槽形式之不同，即成為各種不同的螺紋，以應各種不同的需要。

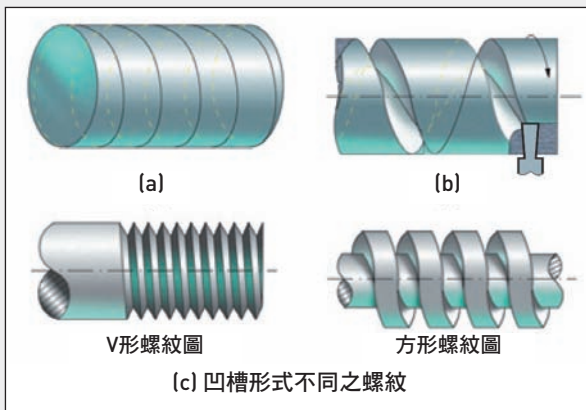


圖2 螺旋線圖及螺紋圖

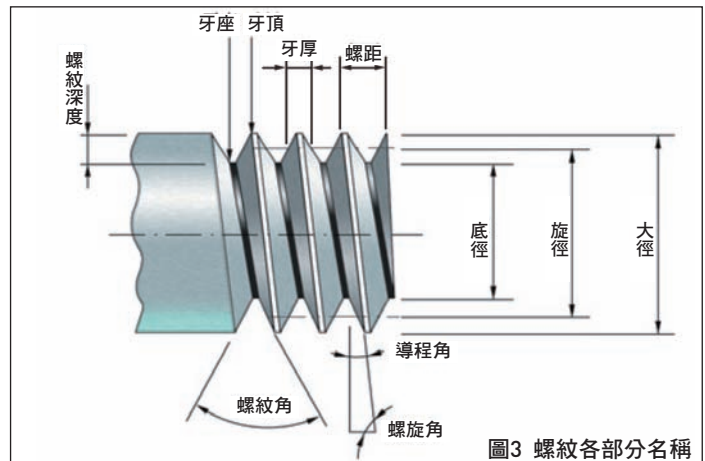


圖3 螺紋各部分名稱

螺紋各部分名稱，如圖3，其定義如下：

- (1) 大徑 (major diameter)：又稱「公稱直徑」，在陽螺紋時稱為外徑 (outside diameter)，在陰螺紋時稱為全徑 (full diameter)。【註】在機件外側之螺紋稱為外螺紋，如：螺栓之螺紋；在機件內側之螺紋稱為內螺紋，如：螺帽之螺紋或機件上內孔攻螺紋。
- (2) 底徑 (core diameter)：螺紋的最小直徑。
- (3) 節圓直徑 (pitch diameter)：簡稱「節徑」，為一假想的圓柱直徑。其圓周經過螺紋的地方，造成牙厚等於螺距之半。
- (4) 螺距 (pitch)：螺紋上任意一點到相鄰同位點，與軸線平行之一段距離稱之，常用符號「P」表示。
- (5) 導程 (lead)：當螺帽固定不動，螺桿旋轉一周所移動之軸向距離稱之，常用符號「L」表示。單螺紋之導程等於螺距。
- (6) 螺紋角 (thread angle)：為螺紋兩牙面間的夾角，或稱牙角。
- (7) 導程角 (lead angle)：又稱「螺紋導角」，節徑上螺旋線之切線與軸心垂直線所夾的角(α)，以相同的力鎖緊螺紋時，導程角小的螺紋鎖得比較緊，而且不易鬆脫。
- (8) 螺旋角 (helix angle)：節徑上螺旋線之切線與軸心線所夾的角(β)。
- (9) 牙頂 (crest)：螺紋之頂部。
- (10) 牙底 (root)：螺紋之底部。
- (11) 螺紋深度 (thread depth)：牙頂至牙底的垂直距離，或稱牙深。



螺紋加工是用螺紋加工工具加工各種內、外螺紋的方法，使螺紋各部分達成必要之精度要求。主要之螺紋加工的方法為：

(a) 外螺紋機械加工法

主要之機械加工為車削、銑削、攻絲套絲磨削、研磨及旋風切削等。車削、銑削及磨削螺紋時，工件每轉一轉，工具機的傳動鏈保證車刀、銑刀或砂輪沿工件軸向準確而均勻地移動車床銑床上車削螺紋可採用成形車刀或螺紋梳刀。用成形車刀車削螺紋，由於刀具結構簡單，是單件和小批生產螺紋工件的常用方法；用螺紋梳刀車削螺紋，生產效率高，但刀具結構複雜，只適於中、大批量生產中車削細牙的短螺紋工件。在專門化的螺紋車床上加工螺紋，生產率或精度可顯著提高。對工件上已加工的螺紋存在螺距誤差的部位進行正反向旋轉研磨，以提高螺距精度。淬硬的內螺紋通常也用研磨的方法消除變形，提高精度。

(b) 內螺紋機械加工法

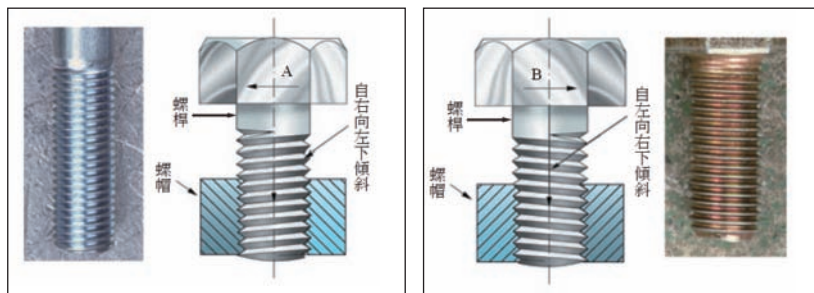
在攻絲或套絲時，刀具（絲錐或牙絲攻）與工件作相對旋轉運動，並由先形成的螺紋溝槽引導著刀具（或工件）作軸向移動。攻絲是用一定的扭距將絲錐旋入工件上預鑽的底孔中加工出內螺紋。攻絲或套絲的加工精度取決於絲錐或板牙的精度，攻絲和套絲可用手工操作，也可用車床、鑽床、攻絲（攻牙）專用機。

(c) 外螺紋滾壓加工法(軋牙加工法)

軋牙加工是一般扣件生產過程中，應用最廣泛之外螺紋成型法，用成形滾壓模具使工件產生塑性變形以獲得螺紋的加工方法螺紋滾壓，一般在軋牙機上進行，適用於大批量生產標準扣件和其他螺紋聯接件的外螺紋。滾壓一般不能加工內螺紋，但對材質較軟的工件，可用無槽擠壓牙絲攻擠壓內螺紋，工作原理與攻絲類似。螺紋滾壓軋牙成型的優點是：

- ① 表面粗糙度小於車削、銑削和磨削；
- ② 滾壓後的螺紋表面因冷作硬化而能提高強度和硬度；
- ③ 材料利用率高；
- ④ 生產率比切削加工成倍增長，且易於自動化；
- ⑤ 滾壓模具壽命很長。但滾壓螺紋要求工件材料的硬度不能過高(不超過HRC40為主)；對毛坯尺寸精度要求較高；對滾壓模具的精度和硬度要求也高，製造模具比較困難；不適用於滾壓牙形不對稱的螺紋。

圖6 右螺紋及左螺紋



(a) 右螺紋，俗稱右牙，以「R」或「RH」符號表示。

(b) 左螺紋，俗稱左牙，以「L」或「LH」符號表示。

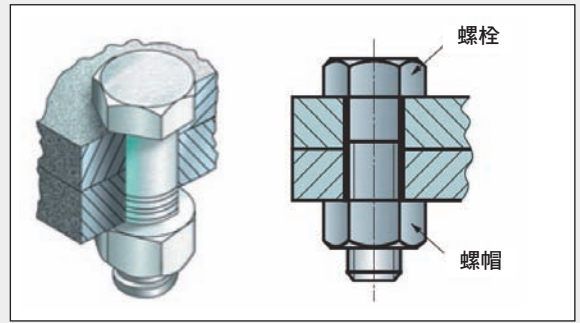
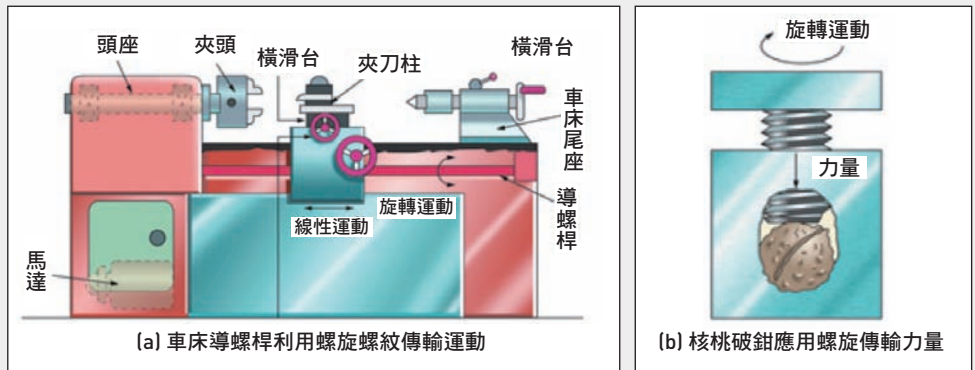


圖4 螺帽及螺栓利用螺旋鎖緊物件

圖5 利用螺旋螺紋來傳達運動或動力



2. 螺紋之功用及應用

螺旋螺紋之功用甚為廣泛，主要者有下列：

- (a) 鎖緊物件：螺帽及螺栓利用螺旋鎖緊物件，如圖4所示之螺栓和螺帽，利用螺紋而將兩個以上之機件予以鎖緊，成為一體。且整個螺紋的鎖緊力，是由作用的牙頂數乘上每一牙頂所能承受的力而得。此類螺紋大都用V形螺紋。
- (b) 傳達運動或動力：如圖5(a)及圖5(b)所示，利用螺旋螺紋來傳達運動或動力。此類螺紋的效率由最佳到較差排列為滾珠螺紋>方螺紋>梯形螺紋>鋸齒形螺紋。
- (c) 調整機件的距離及張力：例如，機車利用螺旋來調整鏈條之鬆緊及張力，車床之刀座利用螺旋來調整加工刀具進給量之大小。

依螺旋螺紋之繞軸的方向可分為右螺紋及左螺紋，一般使用之螺紋，大多是右螺紋，左螺紋只用在特殊用途上，如大卡車輪胎或砂輪機左邊之固定螺帽及乙炔桶、瓦斯桶之開關等，都必須使用左螺紋，以防止在迴轉中鬆脫，促進安全。因此如果沒有特別標示，則所有的螺紋皆為右螺紋。右螺紋及左螺紋之區分如下：

(a) 右螺紋如圖6(a)所示，由側面觀察螺紋自右向左下方傾斜者，或螺帽固定，螺桿依順時針方向旋轉而向下移動者，俗稱右牙，以「R」或「RH」符號表示，通常省略不標。

(b) 左螺紋如圖6(b)所示，由側面觀察螺紋自左向右下方傾斜者，或螺帽固定，螺桿依逆時針方向旋轉而向下移動者，俗稱左牙，以「L」或「LH」符號表示。

依螺旋螺紋之螺紋線數之不同可分為單螺旋螺紋、複螺旋螺紋，一般使用的螺紋大多為單線螺紋，但需求快速進退之構件，則可使用多線螺紋。其區分如下：

(a) 單螺旋螺紋：圓柱上只有一條螺旋槽者稱之，也就是螺旋之端面只有單牙口者，如圖7。

(b) 複螺旋螺紋：圓柱上切有兩條或兩條以上互相平行之螺旋槽者稱之，也就是螺旋之端面有雙牙口或以上者，如圖8(a)、圖8(b)、圖8(c)。

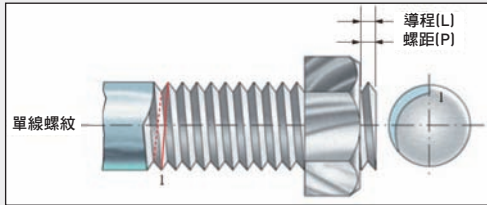


圖7 單螺旋螺紋

螺紋之螺紋線數與導程之關係為：

$$L (\text{導程}) = n (\text{螺紋線數}) \times P (\text{螺距})$$

單線螺紋之導程 $L = P$ 。

雙線螺紋之導程 $L = 2P$ ，螺紋線端相隔 180° 。

三線螺紋之導程 $L = 3P$ ，螺紋線端相隔 120° 。

四線螺紋之導程 $L = 4P$ ，螺紋線端相隔 90° 。

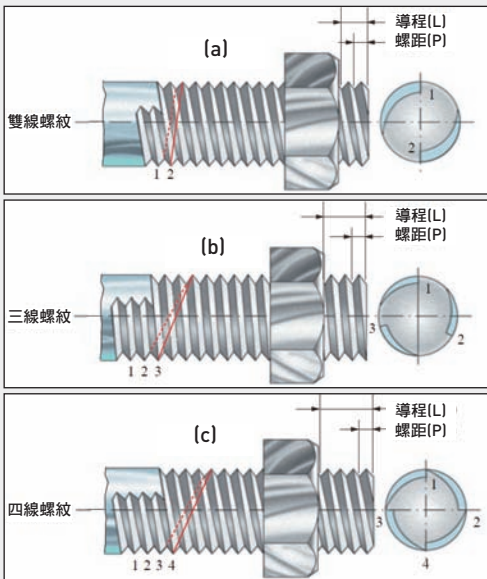


圖8 複螺旋螺紋

3. 標準螺紋及應用

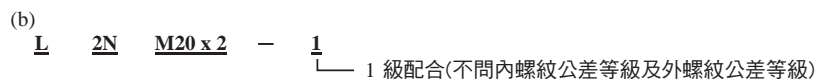
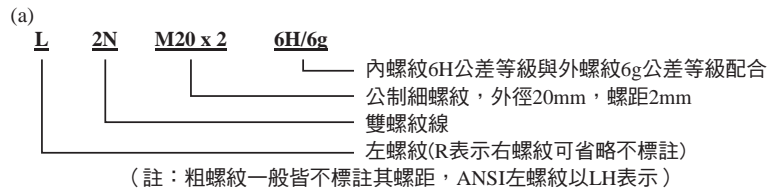
螺紋等級是指內外螺紋裝配的鬆緊程度，亦代表加工的精密度。凡是標準化的螺紋，為了使螺紋裝配具互換性，都要有一定的配合等級。一般常用之標註方法應依據各類扣產品之應用標準，例如：ANSI, IFI, ISO, EN...等標註標準螺紋。

(1) 連接緊固用標準螺紋

連接緊固用之螺紋通常為V形標準螺紋，V形標準螺紋又可分為尖V形螺紋、美國標準螺紋、統一標準螺紋、國際公制螺紋及韋氏螺紋，其斷面為三角形，螺紋角除了韋氏螺紋為 55° 外，其餘的V形螺紋的螺紋角皆為 60° ，而連接用的螺紋其個別相關介紹及說明，如表1所示。

一般常用之螺紋分為公制螺紋及英制螺紋兩種，其一般常用之標註方法如下：

公制螺紋表示法：依螺紋旋向—螺紋線數—公稱尺度—螺紋公差等級，順序表示，例如：



英制螺紋(統一標準螺紋)表示法：依公稱尺度—螺紋等級—螺紋線數—螺紋方向，順序表示之。例如：

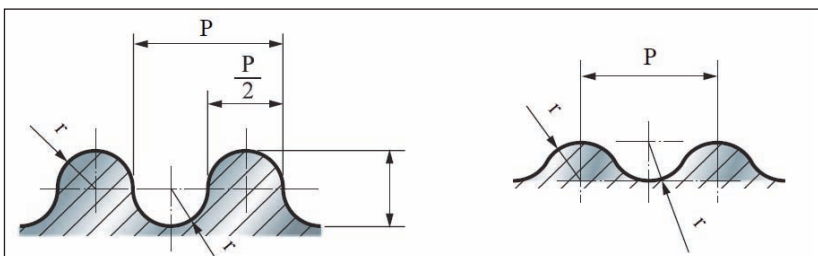
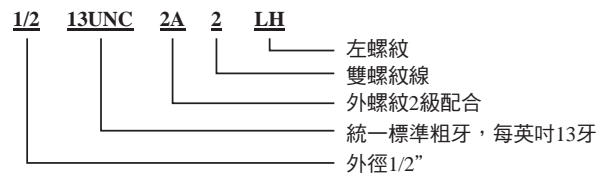


圖9 連接緊固用圓形標準螺紋

除了V形標準螺紋，連接用螺紋尚有圓形標準螺紋(Knuckle Thread)，可用衝模製成，用於電燈泡上的螺紋、橡皮管之連接螺紋、保特瓶蓋上的螺紋，代號為Rd，以DIN 405圓形標準螺紋為主，其尺度如圖9。

(2) 管用標準螺紋

管用螺紋主要功用為防止洩漏使用，分為直管標準螺紋及錐形管標準螺紋，管用標準螺紋類別其介紹及說明，如表2所示。



表1 V形連接緊固用標準螺紋

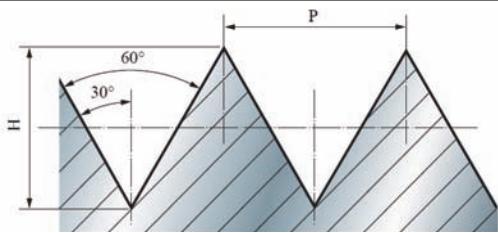
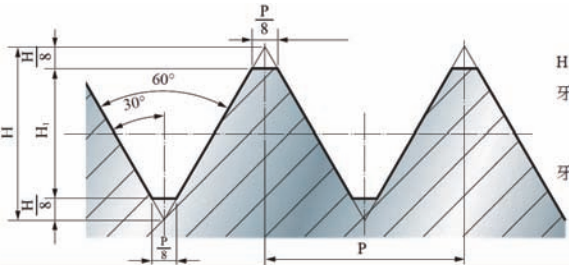
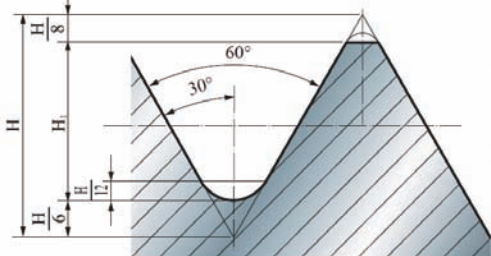
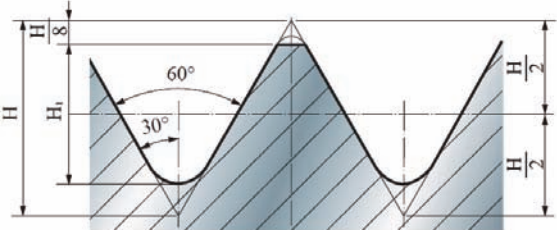
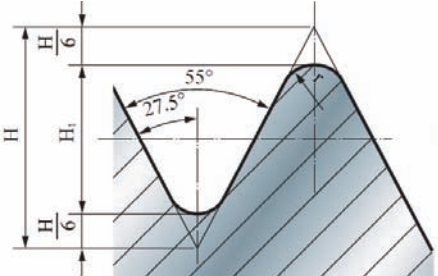
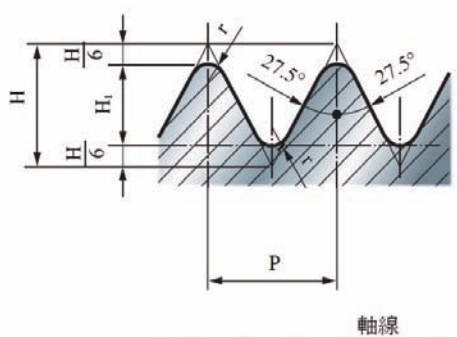
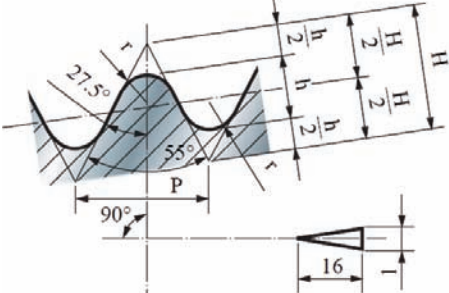
V形標準螺紋類別		特性
a. 尖V形螺紋	 <p>牙深 $H = 0.866P$</p>	(1) 轉角尖銳易壞。 (2) 使用率低，僅用於永久接合、防漏接合及為了得到機件精密的調節效果使用。
b. 美國標準螺紋	 <p> $H = 0.866P$ 牙深 $H_1 = H - 2 \times \frac{1}{8}H$ $= \frac{3}{4}H = 0.65P$ 牙頂寬或牙底寬 $= \frac{1}{8}P$ </p>	(1) 分成粗牙(NC)、細牙(NF)、極細牙(NEF)三級。
c. 統一標準螺紋	 <p> $H = 0.866P$ 外螺紋牙深 $H_1 = H - (\frac{H}{8} + \frac{H}{6})$ $= \frac{17}{24}H = 0.6134P$ 內螺紋牙深 $= H - (\frac{H}{8} + \frac{H}{6} + \frac{H}{12})$ $= \frac{15}{24}H = 0.54125P$ </p>	(1) 根部小圓弧，其峰可製成平面或圓弧，是由美國、英國、加拿大三國協議而制訂。 (2) 分成粗牙(UNC)、細牙(UNF)、極細牙(UNEF)三級。
d. 國際公制螺紋	 <p> $H = 0.866P$ 外螺紋 $H_1 = 0.65P$ 內螺紋牙深 $= H - (\frac{H}{4} + \frac{H}{8})$ $= \frac{5}{8}H = 0.54125P$ </p>	(1) 外螺紋螺底為小圓弧以增加螺紋強度，為目前最常用的螺紋系列，通行於歐洲公制國家，如英、法等國，代號：M。 (2) 分成粗牙及細牙二級，粗牙用於一般裝配；細牙用於防振、儀表及鎖緊使用。
e. 韋氏螺紋	 <p> $H = \frac{P}{2} \cot 27.5^\circ = 0.96049P$ 螺紋之牙深 $H_1 = H - 2 \times \frac{H}{6} = \frac{2}{3}H$ $= 0.6403P$ $r = 0.1373P$ </p>	(1) 韋氏螺紋稱為英國標準螺紋，較美國標準螺紋為佳，適用於滾壓法製造。 (2) 代號：W。

表2 管用標準螺紋

管用標準螺紋類別		特性
a. 直管螺紋	 <p> $H = 0.960491 \times P$ 牙深 $H_1 = 0.640327 \times P$ $r = 0.137329 \times P$ </p> <p style="text-align: center;">軸線</p>	(1) 直管螺紋：又稱為平行管螺紋，螺紋角為55°，多用於低壓管接頭。 (2) 代號：PF (美制：NPS；英制：PS)。







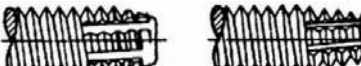



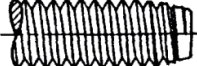


管	管	管
b. 錐形管螺紋	 $H = 0.960237 \times P$ $\text{牙深 } H_1 = 0.640327 \times P$ $r = 0.137278 \times P$	特性 (1) 螺紋角多為55°，亦有60°，錐度T=1：16，多用於高壓管接頭。 (2) 代號：R (美制：NPT；英制：PT)，為錐形外管螺紋；「Rc」為錐形內管螺紋；「Rp」為與錐形外管螺紋配合的平行內管螺紋。

(3) 自攻螺絲標準螺紋

自攻螺絲(Self-tapping screw)是一種可以不須先鑽孔就可以自己攻螺紋的螺絲。對於諸如金屬或硬塑料的硬質基底，自攻螺絲通過在螺絲上的螺紋的連續性中切割間隙而產生，從而產生類似於螺紋上的螺紋。因此，普通的螺絲不能在金屬基板中敲擊其自身的孔，但是自攻螺絲可以在(在基板硬度和深度的合理限度內)。對於諸如木材或軟塑料的較軟基材，自攻螺絲能力可以簡單地從逐漸變細至內緣點的尖端(其中不需要凹槽)發生。類似於釘子或金屬釘的尖端，這樣的點通過周圍材料的位移而不是任何形成切屑的鑽孔/切割/抽真空動作來形成孔。除了螺紋外，螺絲尾部末端還具有不同應用之組合，例如：具有初級鑽狀凹槽鑽尾末端之鑽尾螺絲(Self-drilling screw)。自攻螺絲將鑽孔、攻絲及安裝動作合而為一，因此其標準螺紋必須與螺紋尾部末端的形狀併同考量各種硬基板預期用途之應用。自攻螺絲標準螺紋及螺絲尾部末端形狀應用，如表3所示。

表3 自攻螺絲標準螺紋及螺絲尾部末端之標準螺紋

管	管
管	管
管	管
(1) AB牙Type AB (ANSI B18.6.4/ B18.6.4M) Spaced Threads with the same pitch as Type B and a gimlet point(end)	
(2) B牙Type B (ANSI B18.6.4/ B18.6.4M) Spaced Threads with the same pitch as Type B and a blunt point(end) with incomplete entering threads	
(3) BP牙Type BP (ANSI B18.6.4/ B18.6.4M) Spaced Threads with the same pitch as Type B and a conical point(end) extending beyond the incomplete entering threads	
(4) BF牙Type BF (ANSI B18.6.4/ B18.6.4M) Spaced Threads with the same pitch as Type B and one or more cutting edges and chip cavities, tapered thread may be complete or incomplete.	
(5) BT牙Type BT (ANSI B18.6.4/ B18.6.4M) Type 25 Spaced Threads with the same pitch as Type B and a blunt point(end) with incomplete tapered thread and cutting edges.	
(6) Type D (ANSI B18.6.4/ B18.6.4M)/ Type 1 Machine screw diameter-pitch Thread (Type C) and a blunt point(end) and tapered entering threads having one or more cutting edges and chip cavities, tapered thread is complete	
(7) Type F (ANSI B18.6.4/ B18.6.4M) Machine screw diameter-pitch Thread (Type C) and a blunt point(end) and tapered entering threads having one or more cutting edges and chip cavities, tapered thread may be complete or incomplete.	
(8) Type G (ANSI B18.6.4/ B18.6.4M) Machine screw diameter-pitch Thread (Type C) and a blunt point(end) and tapered entering threads having one or more cutting edges and chip cavities, tapered thread is complete	
(9) Type T (ANSI B18.6.4/ B18.6.4M)/Type 23 Machine screw diameter-pitch Thread (Type C) and a blunt point(end) and tapered entering threads having one or more cutting edges and chip cavities, tapered thread is complete	
a(10) A牙Type A (ANSI B18.6.4/ B18.6.4M) Coarse spaced Thread Type A and a gimlet point(end)	
(11) Type C (ANSI B18.6.4/ B18.6.4M) Machine screw diameter-pitch Thread (Type C) and a blunt point(end) and incomplete tapered entering threads	

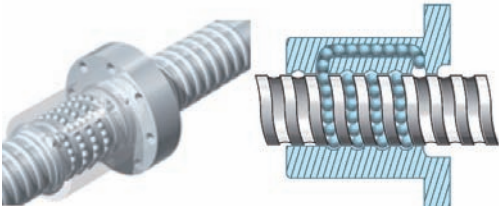
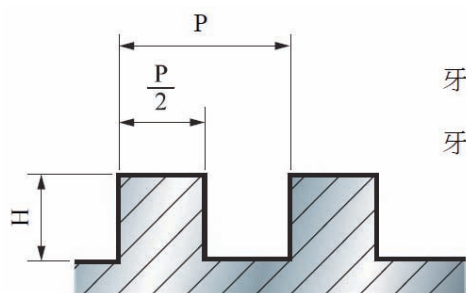
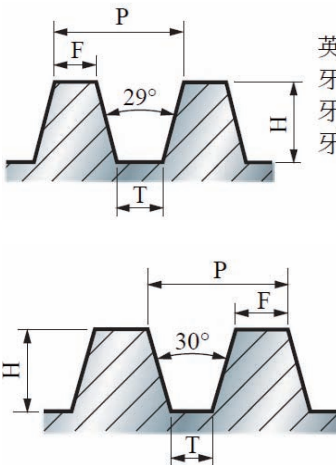
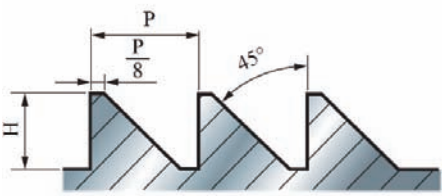


管用標準螺紋類別	特性
(12) Type U (ANSI B18.6.4/ B18.6.4M) Metallic Drive Screw, with multiple start threads of large helix angle and with a pilot point	
(13) Type TT (IFI 112 High performance thread rolling screws)	
(14) Type RL (IFI 112 High performance thread rolling screws)	
(15) Type TR-3 (IFI 112 High performance thread rolling screws)	
(16) Type SF (IFI 112 High performance thread rolling screws)	
(17) Type SW (IFI 112 High performance thread rolling screws)	
<p>(18) ISO Tapping Screw - Thread(ISO 1478), thread ST profile and end types</p>	
(19) Type BSD (IFI 113 Self-Drilling Tapping screws) Threads conforming to Type B tapping screw with drilling point	
(20) Type CSD (IFI 113 Self-Drilling Tapping screws) Threads conforming to Type C tapping screw with drilling point	
(21) ISO Self-Drilling Tapping screws(ISO 10666) Threads conforming to Thread ST of ISO 1478 with drilling point	
<p>(22) European Self-Tapping or Self-Drilling fasteners</p> <p>a. Fasteners in accordance with EN standards or ISO standards.</p> <p>b. Fasteners for gypsum plasterboard systems(EN 14566:2008+A1:2009)</p> <p>Self-tapping Small thread with sharp point Medium thread with sharp point High thread with sharp point</p> <p>Self-Drilling Small thread with cutting point</p> <p>c. Other Self-Tapping or Self-Drilling fasteners intended to construction purpose, such as roof, concrete, or masonry structure.</p> <p>The Self-Tapping or Self-Drilling screws shall be applied and intend to construction purpose. It shall be conforming to the regulation CPR in EU. If the thread, end and specification of those Self-Tapping or Self-Drilling screws are not conforming to EN harmonized standards, the thread and end shall be assessment and verification of constancy of performance by European Technical Assessment in accordance CPR in EU. Kinds of thread, end and specification of those Self-Tapping or Self-Drilling screws shall be approved and revealed in European Assessment Documents after European Technical Assessment in accordance CPR in EU.</p>	

(4) 傳達運動或動力用標準螺紋

任何一機械，欲使其運動，必先加作用力(外力)於主動件上，再傳遞至從動件輸出力量(如擠壓、舉起工作物等)使機械運動。基於此理，其輸出力量對加入之作用力之比值，稱為此機械之機械利益(mechanical advantage)，或稱力比(force ratio)。一般機械因摩擦或轉動能量之損失，結果輸出功恆較輸入功為小，而其比值即稱為機械效率(mechanical efficiency)，應用於傳達運動或動力用標準螺紋必須考量機械利益及機械效率，用於傳達運動或動力用標準螺紋分為方螺紋、滾珠螺紋、鋸齒形螺紋及梯形螺紋，其傳動效率最好為滾珠螺紋，其次為方螺紋、梯形螺紋，而鋸齒形螺紋較差，其說明如表4所示。

表4 傳達運動或動力用標準螺紋

傳達運動或動力用標準螺紋類別		特性
a. 滾珠螺紋	 <p>a. 滾珠螺紋</p>	<p>(1) 目前工業上傳達動力最好的螺紋。</p> <p>(2) 以滾珠置於凹下的內螺紋與外螺紋之間傳達動力，用於數值控制工具機之導螺桿。</p> <p>(3) 螺紋精密度高、加工製造成本極高為其缺點，甚少於扣件製造廠進行螺紋生產製造。</p>
b. 方螺紋	 <p>牙深 $H = \frac{1}{2}P$</p> <p>牙頂寬 $= \frac{1}{2}P$</p>	<p>(1) 傳動效率高，僅次於滾珠螺紋。</p> <p>(2) 與V形螺紋及梯形螺紋相比，方螺紋在迴轉時，由於接觸面小、摩擦也較小，適合慢速較大動力傳達。</p> <p>(3) 缺點為磨損後不能藉開縫的螺帽進行補救。</p> <p>(4) 常用於虎鉗之螺桿及起重機之螺紋，可在外螺紋滾壓加工扣件製造廠進行客製化螺紋之螺旋椿生產。</p>
c. 梯形螺紋	 <p>英制： 牙深 $H = 0.5P + 0.01"$ 牙頂寬 $F = 0.3707P$ 牙底寬 $T = 0.3707P - 0.0052"$</p> <p>公制： 牙深 $H = 0.5P + 0.254\text{mm}$ 牙頂寬 $F = 0.366P$ 牙底寬 $T = 0.366P - 0.13\text{mm}$</p>	<p>(1) 傳動效率較方螺紋稍小。</p> <p>(2) 分為英制29°及公制30°兩種，其中英制梯形螺紋又稱為愛克姆螺紋。</p> <p>(3) 用於傳送輕、中動力，如車床導螺桿；螺紋磨損後可藉由對合螺帽調整貼合。</p> <p>(4) 代號：Tr (JIS標準中英制代號TW；公制代號TM)。</p> <p>(5) 可在外螺紋滾壓加工扣件製造廠進行客製化螺紋之螺旋椿生產。</p>
d. 鋸齒形螺紋	 <p>牙深 $H = 0.75P$</p> <p>牙頂寬或牙底寬 $= \frac{1}{8}P$</p>	<p>(1) 又稱為斜方螺紋，有方螺紋的效率，且有V形螺紋強度。</p> <p>(2) 適用於單向動力傳遞，運用於千斤頂、加壓機、槍砲的膛隙螺紋。</p> <p>(3) 代號：Bu。</p> <p>(4) 可在外螺紋滾壓加工扣件製造廠進行客製化螺紋之螺旋椿生產。</p>