扣件博士：不同類型的螺紋

著作權所有：惠達雜誌／撰文：*Laurence Claus*

問：最常見的螺紋類型有哪些？

答：螺紋可分為三大類： 60 度螺紋、間隔式螺紋、動力螺紋。60 度螺紋是最常見的類型，廣泛應用於螺栓、螺絲、螺柱及機械螺絲。這類螺紋在公制系統中通常稱為「M 螺紋」，在英制系統中則稱為「統一（Unified）螺紋」。間隔式螺紋通常用於自攻螺絲，例如木螺絲、鈑金螺絲，以及許多專為塑膠、輕金屬及其他非鋼材設計的專有螺紋形式。動力螺紋的設計目的，是將大部分或全部合成作用力轉換為軸向力。這類螺紋在安裝或旋入時的效率不高，但由於能產生極大的軸向力，因此常用於舉升重物或產生極高的夾緊力。常見的動力螺紋包括梯形螺紋、鋸齒螺紋及方形螺紋。

問：可以簡要介紹這三種螺紋類別嗎？

60 度螺紋：

從截面觀察，60 度螺紋呈等邊三角形，具有牙頂與牙底，因此螺牙與螺牙之間的空間，其幾何形狀幾乎相同。一個螺牙結束後，下一個螺牙便隨之開始。60 度螺紋常見於大多數螺栓、螺絲、螺柱及管螺紋。此類公制螺紋會在公稱直徑前加上字母「M」作為標示。相對應的英制螺紋則依其系列分類，最常見的三種系列為 UN、UNR 及 UNJ。這三種形式的主要差異在於螺紋牙底的圓弧半徑，其中 UNJ 的牙底圓弧半徑最大。

間隔式螺紋：

間隔式螺紋常見於自攻螺絲，通常用於木材、金屬及塑膠。常見的標準設計包括木螺絲螺紋及鈑金螺絲螺紋。至於塑膠、輕金屬等其他材料，則有許多不同的螺紋設計可供選擇，但這些設計通常屬於特定廠商的專有設計，或是以專有設計為基礎發展而成的通用形式。

這類螺紋之所以稱為「間隔式螺紋」，是因為從側面輪廓觀察時，一個螺牙的末端與下一個螺牙的起點之間存在空間（空隙）。從輪廓來看，間隔式螺紋的牙型角通常介於 30 度至 60 度。用於金屬的間隔式螺紋需要較大的牙型角（通常為 45 度至 60 度），以確保強度；用於塑膠的間隔式螺紋則通常採用較小的牙型角（約 30 度至 45 度）。

動力螺紋：

從牙型輪廓來看，動力螺紋的受力側面通常會盡可能接近垂直。方形螺紋就是一個例子，其牙側面完全垂直。當作用力沿著垂直牙側面分解時，合成力的分量會完全沿著軸向作用。因此，這類螺紋能產生極大的軸向力，適用於需要產生高負載的裝置，例如夾具、壓床及千斤頂。以機械式拉伸試驗機為例，機器兩側或各個角落通常設有大型螺紋傳動螺桿，藉此產生極大的作用力，讓機器能夠對試樣進行測試。常見的動力螺紋包括方形螺紋、鋸齒螺紋（牙型呈不對稱楔形的螺紋）、梯形螺紋（牙型呈梯形的螺紋）、圓弧螺紋（牙頂與牙底均呈圓弧形或半圓形的螺紋）。



問：什麼是牙距？

答：牙距是指沿著螺紋軸線方向，從任一螺牙上的某一點，到相鄰螺牙上相同位置之間的線性距離。例如，從一個牙頂到下一個牙頂的距離，就是牙距。粗牙螺紋的牙距較大；細牙螺紋的牙距則較小。



問：粗牙與細牙螺紋有什麼差異？

答：英制螺紋依照「系列」分類，同一系列中的螺紋具有相同的牙型，但可依粗牙或細牙的間距區分。公制 60 度螺紋則不採用系列分類，而是在同一標準下，依不同的公稱直徑與牙距組合加以區分。公制螺紋的牙距選項包括粗牙（標準牙距）、細牙，以及在六種規格（M8、M10、M12、M18、M20 及 M22）中提供的超細牙。

細牙螺紋的螺牙間距比粗牙更小。粗牙螺紋因間距較大，組裝速度較快，也比較不容易發生螺牙碰傷、咬死及錯牙等問題，且較不容易受到電鍍層堆積的影響。細牙螺紋則具有較高的抗拉及抗剪強度，自行鬆脫的可能性較低；若螺紋需要用於調整位置或精確控制，細牙通常是較好的選擇。

問：英制與公制的 60 度螺紋有差異嗎？

答：有。最明顯的差異在於直徑與牙距的組合不同。換句話說，公制 M10 與英制 3/8 吋螺紋的尺寸雖然接近，但兩者並不相同，也不是設計來互換使用的。儘管某些公制與英制螺紋的直徑及牙距組合可能勉強旋合，但這並非理想的做法，也沒有任何一種螺紋是刻意以這種互換方式設計的。除了上述差異，公制 M 螺紋與英制統一螺紋的牙型輪廓也略有不同。公制螺紋牙型依據 ISO 68 標準規範，英制統一螺紋則依據 ASME B1.1 標準。

問：專爲塑膠鎖固設計的螺紋形式有何不同？



答：在塑膠材料剛開始普及的早期，可供選擇的螺紋形式相當有限，當時主要使用原本為其他用途設計的螺紋，例如木螺絲或鈑金螺絲的螺紋。雖然這些螺絲被大量使用，但其可靠性一直不佳，經常造成塑膠破裂，或使塑膠柱內的螺紋滑牙。到了 1980 年代，德國螺絲製造商及創新企業 EJOT 推出了 PT® 螺絲。這是第一種從零開始、專門為塑膠鎖固需求設計的螺紋形式。它迅速解決了其他既有螺紋形式無法有效處理的應用問題。近 40 年來，PT® 螺絲歷經兩代技術發展，如今 PT®、Delta PT®、EVO PT® 及後續推出的產品，仍持續協助使用者解決塑膠鎖固方面的挑戰。

PT® 螺絲的主要創新包括較低的螺牙輪廓，讓螺牙更容易進入塑膠材料，並降低徑向應力，減少塑膠柱承受的環向應力；增加了凹入式牙底，提供塑膠材料流動的空間，避免材料流動受到阻礙；最佳化了零件設計，讓螺絲在塑膠鎖固應用中，具備適當的機械性能。

問：爲什麼有些螺絲的螺紋採用多瓣形，而不是圓形？

答：上述螺絲通常泛稱為高性能滾牙螺絲，但更廣為人知的名稱是 Taptite®，這是由美國羅德島州米德爾敦的 Research Engineering and Manufacturing Inc. 公司所開發的創新產品。Taptite® 螺絲問世已久，與前面提到的 PT® 螺絲相似，也經歷了數代技術創新。Taptite® 螺絲最初是為了在低碳鋼上成形螺紋而開發，如今除了持續應用於此類用途，也能為輕金屬材料提供解決方案。

其主要特徵是具有三瓣形的螺絲本體。這種非圓形的橫截面設計，有助於在低碳鋼上進行滾牙成形，同時將安裝所需的扭矩維持在合理範圍內。

問：原廠專有螺紋設計真的比通用仿製版本「更好」嗎？

答：許多人認為，這個問題見仁見智。然而，我認為有充分理由可以支持一個觀點：原廠正品始終具有優勢。讓我說明原因。仿製一款扣件並不需要多麼高深的科學技術，但逆向工程的結果從來不可能百分之百完美。實際上，最容易被忽略的，往往是一些看似不重要、卻對產品正常運作至關重要的細微特徵，以及製造這些產品所需的經驗與製程知識。我記得多年前曾經參與一項高度工程化的汽車零件開發，該零件用於非常關鍵的煞車系統。這款零件量產數年後，一家售後市場煞車製造商推出了通用替代品，其中也包含這個工程設計零件。這款替代品存在幾項較嚴重的差異，包括以 M 螺紋取代原本的 MJ 螺紋、以鍍鋅加透明鈍化處理取代化學鍍鎳，以及完全缺少受控的噴丸強化表面處理。原始零件對防蝕能力及抗疲勞性能有極高要求。然而，這款經逆向工程製作的通用替代品，因為缺少部分提供這些保護功能的重要設計，顯然無法達到原有標準，甚至可能造成危險。同樣地，我也看過許多通用型螺紋及工具驅動槽設計，因為缺乏多年研發與量產經驗所累積的專業知識，最終在性能上不如原廠正品。

原廠專有設計的另一項優勢，是通常具有更高的品質要求。許多專有設計會透過授權方式提供其他製造商使用。為了維持品質一致性，獲得授權的製造商必須依照授權方嚴格的技術標準與品質要求生產。這些標準與要求，通常無法在未取得授權的製造商身上獲得相同程度的落實。

總結

螺紋具有各種尺寸與形狀，且經常是為特定應用需求而設計。使用者若能了解不同應用應選用哪一種螺紋形式，就能避免許多日後可能發生的問題。螺紋主要可分為三大類：最常見的 60 度螺紋、間隔式螺紋，以及動力螺紋。因此，扣件製造商與銷售商若能充分了解各種螺紋選項，並在客戶提出需求時提供可信賴的數據與技術資訊，就能為客戶及終端使用者創造更多價值。 ■