

螺絲頭部 (溝)槽設計剖析

文/Laurence Claus

您搖搖晃晃地在梯子上保持平衡，一手拿著正要安裝的新燈具，另一手拿著螺絲起子，起子的頂端上精巧地停著一支螺絲。懊惱的是接著梯子開始有些搖晃，然後螺絲掉到了地上，只剩您一人在梯子上拿著無法裝上的燈具。即使您執行的是DIY作業，或是壓根不會碰到那種窘境，但這類的窘境每天會在世界各地以不同的樣貌發生好幾次。或許您遇到的結局會比前面所述的還要順利，也就是螺絲會固定在適當位置提供設計上應有的支撐力量。但那也只是因為螺絲在設計上自帶了驅動的特性，通常也就是所謂的內溝槽設計，它可以和螺絲起子的鑽頭嵌合，讓起子可以協助完成組裝。

自螺紋扣件出現以來，螺紋扣件已有某種設計或是功能，讓它可以被拿來鑽動。雖然大多數的內溝槽相對都還很新[出現不到100年]，但一字型插槽已經採用相當長的時間。一字型插槽很簡單，易於使用而且相當有效。然而，更新的設計採用大量技術，可處理扣件工程師以及設計師常須面對的許多挑戰。

本文將探究扣件工程師會碰到的那些與驅動螺絲有關的挑戰，也會探究不同溝槽如何解決這些問題。此外，也會討論四個主要的頭部溝槽設計：一字型溝槽、十字型溝槽、垂直牆面溝槽還有防拆螺絲溝槽。本文將提供這些溝槽類型各自的基本優缺點，並比較這些類型與做出對比。

工程設計上的挑戰

驅動螺絲的方法有很多種，但現代最常見的方法是使用內溝槽。使用內溝槽通常也造就出許多更為輕巧的螺絲頭設計，讓螺絲在組裝時更易於進入，且使用到的驅動工具也較少。然而，不是所有的溝槽都提供相同功能，而設計師與使用者在指定或選用的正確溝槽時，通常必須考量到限制。最常見的限制包含：容易滑脫、轉移扭力的能力與效率、“起子頭能否插牢”、起子頭壽命、以斜角的方式與起子頭貼合的能力，還有驅動工具的可取得性。

大多數的人都曾有過驅動螺絲所需扭力超過溝槽強度然後溝槽被弄壞，而無法驅動或鬆開螺絲這樣令人沮喪的時候。這被稱為“溝槽滑脫”，也是使用者抱怨的情形中排名第一的。除了可能造成螺絲無法使用的情形外，也常有會造成溝槽傷痕累累與不美觀的情形。這個問題的幫兇，通常是某些設計會促使起子鑽頭在達到臨界的扭力量時或是在產製的作法不佳時向後退出來，導致鑽頭無法貼合溝槽。

溝槽的主要功能是於安裝期間傳遞扭力。有些溝槽，特別是垂直壁面型的溝槽，具有較好的設計，比其他設計更適合提供此種功能。事實上，這些垂直壁面型的溝槽中有些能夠傳遞相當高的扭力負荷，而且在最適合使用內溝槽且需使用高預加負荷的應用情境下，深受設計師以及使用者所喜愛。

最令人沮喪的事，莫過於螺絲和對應的螺帽對齊了，卻在安裝前從起子頭的端點上掉了下來。使用者與跨領域的不同產業都深受其苦，所以許多有創意的人們設計出新的溝槽或是改良舊款，只為提供所謂的“起子頭能插牢”的性能，或是讓起子頭即使在完全不受支撐的水平或倒立位置上能夠接合與固定溝槽的能力。

選擇溝槽時一個常被忽視的考量是起子頭的壽命。因為起子頭的成

本上升但壽命卻減少，相關營運成本實際上可以說相當龐大。因此，指定方應將起子頭的預期壽命納入考量。有數個最近進入市場的產品經實證測試顯示，擁有比前一代以及競爭者明顯更長的使用壽命。因此，將接頭的總計成本與處理此問題時納入考量時，一年可省下數千美元。

內部溝槽最大的一個限制因素，就是當起子從斜角接近溝槽時，溝槽的相對驅動能力。在一些例子中，由於是以盲視[無法清楚看見]的方式接近孔洞或是因為有阻礙讓零件無法筆直地鑽入接頭，所以溝槽與起子頭無法平行對齊。若此不對齊的程度過大，則接合度會降低，並增加滑脫的可能性。垂直牆面溝槽的斜角的作業方式下驅動能力特別低。

市場上新推出的溝槽設計最大的挑戰之一就是工具的可取得性。即使溝槽比其他較舊款的替代品更能處理這些其他的限制，但這個絆腳石常讓溝槽無法廣為採用。實際上，OEM廠商不樂見產品在實際運用時受到工具可得性的阻礙。

一字型溝槽

一字型溝槽可以追溯到最早期的商用螺絲。值得注意的是，這一段時間以來，設計沒有太大改變。現在的插槽可以使用機具適當地切割出來[此機具可於轉盤中移動零件，讓

零件通過一個含有旋轉切割鋸的固定機軸，或是在鍛粗作業期間形成。一字型螺絲頭可接受一般平口螺絲起子。雖然此技術已經採用多年，但插槽可能相當淺所以螺絲起子的刀刀容易滑出插槽，造成螺絲頭附近連帶的損害。此外，扭力的傳送並不是相當理想。



圖1所示為一字型螺絲頭操作的範例。

一字型溝槽的後續改良版包括高扭力Hi-Torque® (或是鴿尾Dove-tail)溝槽。圖2顯示的就是此類溝槽。兩端點展開成鴿尾狀，好讓起子的接合可以更好，降低起子滑動的機會。



此設計也有更好的扭力傳輸性能。其專門設計給航空航天工業使用。

十字型溝槽

1932年時，波特蘭奧勒岡的John Thompson發明了一款之後由Henry Phillips買去並改善的起子與溝槽。這款十字溝槽成為許多類似設計的創舉並普遍被稱為Phillips®溝槽。圖3顯示的就是Phillips®溝槽，通常也被稱為ASME 1型，或是ISO H型溝槽。有4個相同的“腳”建構出十字型。每支腳的外壁向下朝向所有四腳的匯聚點形成錐形。此錐形結構也造成此溝槽設計的主要限制；施加臨界的扭力量時，起子頭會開始向上推然後跑出溝槽。因為起子頭與溝槽的接合越來越少，最後就脫落。這讓許多安裝人員想要咒罵這該死的螺絲。此外，因為其有把起子頭或鑽動工具推出的特點，Phillips®溝槽比一字型螺絲頭的扭力傳輸更好，因此在當時被認為是重大改良。此溝槽大大的解決起子斜角插入的問題。



隨著時間過去而有許多改進。這些包含Phillips®溝槽與四方型溝槽特色所形成的Phillips® Square-Drive®並在溝槽與起子中都增加了肋紋以提供起子插牢的能力，被稱為Phillips® ACR®。圖4顯示的是Pozidriv®溝槽。這是Phillips®的改良款並讓每個腳的外壁接近垂直，並在各腳之間增加小型肋紋。接近垂直的外壁排除了起子頭會被推出的可能，此外增加的肋紋雖小但增加了傳輸扭力的能力。Pozidriv®通常被稱為ASME 1A型或是ISO Z型。與其他十字型溝槽類似，Pozidriv®展現出優良的斜角能力。



圖5顯示的是Torq-set® Drive，或也常被稱為偏位十字槽。此設計主要於航空航天工業並可輕鬆透過各



腳彼此偏移的特徵來識別。同樣的，扭力傳輸與斜角能力相當好。

市面上也有其他十字型溝槽。像是Frearson®、Quadrex®、Totsupura®以及Camera Cross。這些在市場接受度上更受限制，通常在個別產業或是特定地理區域中較受歡迎。

垂直牆面溝槽

身為溝槽的一種，垂直牆面溝槽的扭力傳輸最佳。然而，因為它們依賴的是起子頭與溝槽緊固接合，使用起子以斜角方位操作時通常效果不好。

圖6顯示的是六角頭的溝槽，有時會稱其為內六角溝槽。這是第一



個垂直壁面設計，且常見於帽螺絲與內六角螺絲。利用成形良好的溝槽以及正確的接合，它有絕佳的扭力傳送但在螺絲頭較薄的設計中成效不佳，在自動生產中不易執行，且斜角操作性能相當不好。此外，六角頭尖端容易出現細微裂縫。

圖7顯示的是Torx®溝槽，常被稱為六瓣或是ASME VI型。Torx®於1972年研發，且其瓣型呈現圓形的幾何形狀。Torx®出色的扭力傳輸以及組裝容易讓汽車螺絲有革命性的進步，現在得到了接近普及的接受度。近來的改良像是Torx® TTAP®提供了起子頭插牢功能，以及ClearDrive™能對付溝槽塞住的問題。

圖8顯示的是Torx Plus®溝槽。Torx Plus®是改良自Torx®，呈橢圓形幾何形狀。Torx Plus®比Torx®的扭力轉移性更佳。雖然不是為此研發，但實驗證明此設計顯著提升起子頭的壽命。與溝槽上方的直角進入斜面結合，自動組裝期間，此設計在導引旋轉的起子頭進入溝槽時效果相當好。也被稱為Autosert®。Torx Plus® TTAP®版本提供起子頭插牢的能力。



圖8顯示的是Torx Plus®溝槽。Torx Plus®是改良自Torx®，呈橢圓形幾何形狀。Torx Plus®比Torx®的扭力轉移性更佳。雖然不是為此研發，但實驗證明此設計顯著提升起子頭的壽命。與溝槽上方的直角進入斜面結合，自動組裝期間，此設計在導引旋轉的起子頭進入溝槽時效果相當好。也被稱為Autosert®。Torx Plus® TTAP®版本提供起子頭插牢的能力。



圖9顯示的是方型溝槽，被稱為Robertson Drive。此溝槽提供良好的扭

力傳輸並常用於甲板螺絲上以及家具應用中。



圖 10 顯示的是 Mortorq® 溝槽。此款設計與其配對的產品 Mortorq Super®, 近來才於市場推出。

此獨特形狀的垂直壁面設計有絕佳的扭力傳輸以及比其他垂直壁面溝槽還要少的起子頭接合面。這是優點，因為螺絲頭可設計比較淺的溝槽深度，並因此有較低的螺絲頭高度。在低矮應用中可有顯著優勢。

其他垂直壁面設計包含 Spline Drive 與 12 端點的溝槽。

防拆螺絲

沒有任何設計可完美地“防盜”但很多設計都有防盜性能。製造商不希望拆裝太過容易時，這些設計就會被採用。這些常見的用途像是監獄、公用廁所以及遊樂場。



圖 11 顯示的是 Torx® 防拆。設計上結合了中央的一個柱體避免用戶使用標準起子頭來接合。不幸

的是，有創意的人會在端點中加一個孔，使其仍然可以插入。因此，發行 Torx Plus® 的時候，防拆螺絲版本從六瓣變成五瓣並有中央柱體。以此方式，就無法使用改過的起子頭，也僅有受控管的防拆螺絲起子頭能發揮效用(參考圖 12)。



其他防拆螺絲的設計包含單向螺絲頭、Tri-Wing® (也於航空航天工業使用)，還有大量與一般相異(或是一次性設計)的溝槽。

結論

在考慮效能特性的情況下，表 1 提供不同溝槽設計以供參考：

溝槽	扭力傳輸	斜角能力	起子頭插牢能力
一字型	不良	不良	有限
Hi-Torque®	中等	不良	中等
Phillips®, 1型	中等	優良	有限
Phillips® ACR®	中等	優良	優良
Phillips® Square-Driv®	優良	中等	中等
Pozidriv®, 1A型	中等	優良	有限
Torq-Set®	優良	中等	有限
Frearson®	中等	中等	有限
Quadrex®	中等	中等	有限
Totsupura®	中等	中等	優良
Torx®	優良	不良	有限
Torx Plus®	卓越	不良	有限
Torx® TTAP®	優良	不良	優良
Torx Plus® TTAP®	卓越	不良	優良
Mortorq®/Mortorq Super®	卓越	中等	有限
六角(內六角)	優良	不良	中等
Spline Drive	卓越	不良	中等
Twelve Point	優良	不良	有限

現在有許多優秀的內溝槽操作可供選擇。設計師僅須配合其功能要求與不同的溝槽優點即可。