



文章標題的詞看起來是大家應該都知道的簡單字句，不過很多使用者通常都會將之混淆，或是更重要的，無法理解到不恰當使用會產生的狀況和許多會影響預期結果的變數。

扭力與張力都是在量測力道；某力道被用以完成另一個力道。力道的量測以施加能量的大小乘以距離單位為基礎。而扭轉則是施加扭力和張力的結果。

當扭力被施加於扣件，我們是把螺帽旋轉至螺栓的螺牙上。因此，扭力是一種旋轉力道，會沿著軸體-螺栓產生旋轉。該力道以牛頓-米或磅-吋標示。當螺帽接觸到接合表面且開始壓縮到接合處，螺帽就會面臨到抗力，這時就可以量測扭力，也就是在螺帽接觸接合處時持續旋轉1公尺或1英尺所需的力道。

當螺帽有額外施加的扭力，螺栓的螺身可能會感受到特定因螺帽和螺栓螺牙側之間接觸壓力所產生的扭轉力道。這種接觸壓力與摩擦力有關，這時就可以量測張力，也就是每平方公尺有幾牛頓力道或是每平方英寸有幾磅力道(psi)。不過，我們實際上量的不是張力本身，我們量測的是它後面產生的力道：抓緊荷重。一旦螺帽停止旋轉，扭轉力道就會立刻消失，然後就可以取得螺栓上的純張力。

因為螺帽仍然可以繼續在螺栓螺牙上前進，整支螺栓並不會感受到很多像旋轉螺帽會產生的扭轉，只有螺帽周圍的區域會。不過，當在緊固螺帽時，扭轉力道在螺帽頂部至螺帽或攻孔最底部的螺紋之間會產生扭轉。這就是為什麼從螺帽頂部進行鎖固會比從螺帽進行鎖固需要更多扭力的理由：大概多出10~15%。在這之後，螺栓會再放鬆回復至「正常」狀態。



扭力 、 扭轉 與 張力

文/ Guy Avellon



除了把螺栓頭部或螺帽擠壓接合處表面來獲得抓緊力道的外部表象外，施加扭力的機械目的是要讓螺栓本身具備彈性，好讓螺栓的彈性機械特性會產生對等反向的力道使其回復至原始長度。這就是產生抓緊荷重的地方。

不過，單單因為施加了扭力以及螺栓扭轉產生張力，並不代表就可以獲得想要的抓緊荷重。

當做任何形式的工時會產生摩擦力。在任何作業完成前，首先必須先克服摩擦力。摩擦力是當我們在鎖固過程旋轉扳手時可以感覺到的抗力。無論我們使用的是甚麼樣式的工具（扭力扳手或盒式扳手），我們會實際感覺到接合處隨著摩擦抗力提高到根本無法旋轉時變得更緊。

因此，摩擦力有兩種來源：螺帽頭部墊片面和接合處之間或是螺帽承力面和接合處之間的面，以及公母螺牙側彼此摩擦同時在扣件上產生應力以造成抓緊荷重的摩擦力。這些看起來都會產生100%摩擦力，但也會產生特定量的作工。

實驗室測試顯示我們在每一個螺帽頭部或螺帽的旋轉表面會因摩擦力消耗掉一半的扳動力道，同時有40%在螺紋側產生的力道被摩擦力消耗掉。這意味90%的扳動力道在螺帽被置於彈性張力處以產生抓緊力道前就被摩擦力消耗掉。這種力道分配看起來相當直接，那是甚麼原因讓扣件組裝後的結果不一致？



摩擦力

要特別了解的是：扭力就是摩擦力產生的。扭力扳手實際上測量的是摩擦力。你的手臂會感受到摩擦力。

摩擦力被克服後作業就完成。就以拿起地板上的盒子為例。為了把它移動一些距離，地心引力產生的重力所造成的摩擦力必須先被克服才能開始移動盒子。所以，這種摩擦力是如何影響接合處的抓緊荷重？這很重要。

接著，假設盒子置於平滑表面，且相同的盒子被置於更粗糙的表面。盒子的重量維持相同，但盒子和地板之間表面變得更加粗糙，讓兩個表面的摩擦力增加。現在它會需要額外的作工量來克服增加的摩擦力來把盒子移動相同距離。反過來說，若只有與先前相同的作工能量被施加在盒子上，盒子將無法移動如此距離。

一般在計算扣件扭力值時，會在驗證荷載之下增加25%安全係數以避免扣件拉伸入降伏點。不過，摩擦力留給我們的施加作工能量仍然只有10%。

應用扭力、張力、摩擦力和抓緊力之間的關係，我們可以透過下列圖表表示：

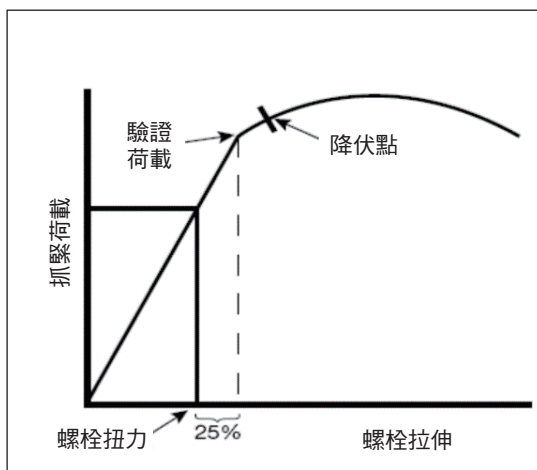


圖1 蓋螺絲的驗證荷載和抓緊力

此圖顯示扭力和摩擦力控制與抓緊力道之間的關係是多麼重要。因為有這麼多緊固能量被摩擦力消耗掉且只有10%剩下來可以用來拉伸螺栓，這清楚顯示縱使外部摩擦力稍稍改變，這層關係依舊脆弱。

在此可以很清楚地看到摩擦力只有增加2%可以對抓緊荷重造成甚麼影響。在摩擦力增加的情況下，所施加的扭力有92%被摩擦力消耗掉，僅剩8%可以拉伸螺栓。因為螺栓沒有被拉伸太多，只有8%（非10%），螺栓無法產生預期的抓緊力道。接合處因此變得容易鬆脫和可能發生金屬疲乏失效。

有很多摩擦力可能會增加的方式；接合材料的表面狀況、生銹、翹曲、偶合部件螺紋側的狀況、毛邊、金屬薄片、埋入等。

回憶起剛剛地板上盒子的案例了嗎？假設你現在把盒子加上輪子會如何？摩擦力會被大幅度降低且可以更加不費力地移動盒子。不過，若相同的能量被施加於曾經也有高表面摩擦力之處，盒子將會移動得更遠。這會產生許多意料外的嚴重問題。

虛線相對於右邊的實線代表摩擦力減少。若摩擦力減少10%，這意味20%的扭力能量被施加於拉伸螺栓。摩擦力降低太多會使其非常接近螺栓的安全係數和降伏點。

如圖所示，摩擦力的小小改變可以讓產生的抓緊力道變化更加巨大。因此避免這些變數和維持組裝技巧的一致是極度重要的事。 ■

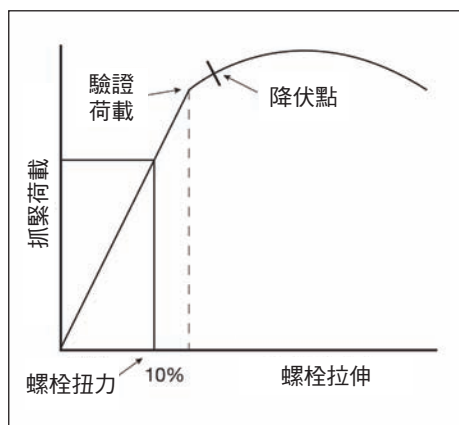


圖2 應用扭力、張力、摩擦力和抓緊力之間的關係

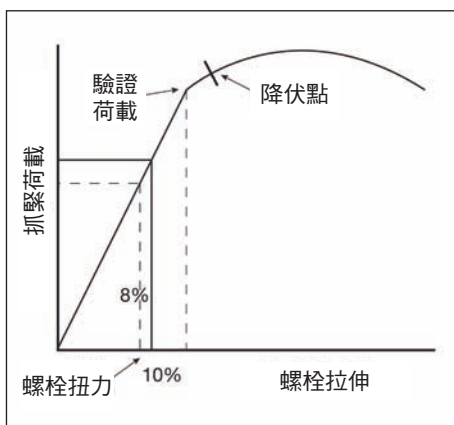


圖3 摩擦力增加2%對抓緊荷重的影響

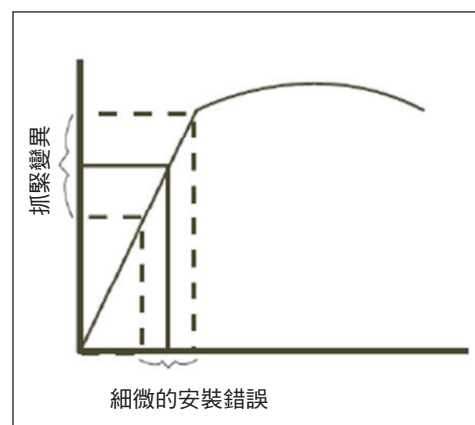


圖4 安裝錯誤v.s.抓緊變異