

該用防鬆螺帽嗎？

文 / Guy Avellon

幾十年來關於防鬆螺帽之使用與放置位置之問題的爭論不斷：防鬆螺帽應該先放在第一個以結合產品的表面，而後再放標準螺帽？還是應該先將標準螺帽鎖在第一個以結合產品的表面，再鎖上防鬆螺帽緊貼著標準螺帽呢？

我回想起有一位朋友曾說到，在很久以前，大約 1950 年代，由 IFI 所發行的書中，有一本書的書名叫「扣件資料手冊」，裡面發表了一篇文章，文中有一則工程與圖示的案例，此案例先是放上防鬆螺帽，最後再放標準螺帽。該作者姓名不詳。然而，大家必須知道一件事，1950 年代那時，等級 5 的扣件是高強度的。不久以前我曾寫過一篇關於防鬆螺帽的文章，但隨後我很懷疑它們的使用。因此我決定自行實驗證明將兩個螺帽放在一起，究竟會發生什麼事。

我開始從五金行購買一些防鬆螺帽。我試著去找不同強度等級的防鬆螺帽，但是找不到，甚至在 MRO 供應商那邊也找不到，他們現有的都是 2 級的。事實上，IFI 手冊只說到材料的要求是 SAE 2 級或 ASTM A563 A 級。對於公制的六角防鬆螺帽，材料的要求也是如此，就是 ASTM A563M 的 4 級或 5 級。雖然對於厚度的差異並沒有通用的公式，但防鬆螺帽平均而言看起來是標準螺帽的 2/3 厚度。

我們進行的試驗是在數字型負荷計上，使用 SAE 2 級、5 級、8 級的 3/8-16 的螺栓，搭配螺帽與硬化過的扁平華司。在所有的例子中，沒有一個螺帽或螺栓是使用二次的。如前所述，防鬆螺帽是從五金店買來的標準等級螺帽。

先用 2 級標準螺帽：

使用 2 級的螺栓，其目標鎖緊荷重為 3,200 磅，我將標準螺帽鎖到 20 磅英呎，其鎖緊荷重顯示為

2,680 磅，而後鬆弛到 2,625 磅。我再鎖上防鬆螺帽，鎖緊荷重跳到 3,528 磅，而後鬆弛到 3,506 磅。當我放鬆防鬆螺帽，鎖緊荷重掉落到 2,960 磅。

當我鎖緊防鬆螺帽時，我看到該防鬆螺帽正使得標準螺帽因壓縮摩擦而移動。我接著安裝一支新的 2 級螺栓、華司與標準螺帽。這次標準螺帽的初始值是 2,500 磅。在我鎖緊防鬆螺帽時，我是用一支開口式的扳手來防止第一個螺帽轉動。其鎖緊荷重跳到 3,775 磅，產生了比之前還大的鎖緊荷重。在我放鬆防鬆螺帽時，該荷重掉到 2,345 磅。

先用防鬆螺帽：

我還是用 2 級的螺栓。我以相同的 20 磅英呎鎖緊防鬆螺帽，記錄下來之讀值為 3,000 磅，穩定值 2,956 磅。接著我加上標準螺帽，用相同的扭距，記下鎖緊荷重為 3,500 磅，而後鬆弛至 3,480 磅，當解下標準螺帽後，其荷重掉落到 2,900 磅。這是我第一回的測試，我發現上面的螺帽鎖緊時，底下的螺帽會轉動。所以我再測試另一回，這次則保持防鬆螺帽不會轉動。

先鎖緊防鬆螺帽，這次是產生 2,000 磅，保持住防鬆螺帽而鎖緊標準螺帽，產生了 3,060 磅的鎖緊荷重。拆解上面的螺帽，該鎖緊荷重掉落到 1,946 磅。

先用 5 級標準螺帽：

一支 3/8-16，5 級的扣件之目標鎖緊荷重是在 30 磅 / 英呎時，4,950 磅。先安裝標準螺帽，產生 5,800 磅的鎖緊荷重，鬆弛到 5,733 磅。鎖緊防鬆螺帽，其鎖緊荷重增加到 6,060 磅。拆解防鬆螺帽，讀值降到只有 5,886 磅。可是，這兩個螺帽不易拆解。

用一個新的標準螺帽與螺栓，鎖緊荷重為 6,260

磅。讓底下的螺帽不會轉動，而鎖緊防鬆螺帽，該荷重則增加為 6,444 磅。拆解防鬆螺帽，只降低整個鎖緊荷重到 6,422 磅。

先用 5 級防鬆螺帽：

將防鬆螺帽鎖到 30 磅 - 英尺，產生 5,800 磅的鎖緊荷重，但會鬆弛到 5,677 磅。加上標準螺帽，鎖緊荷重增加到 6,235 磅。拆解標準螺帽，鎖緊荷重降到 5,903 磅。

現在用新的螺帽與螺栓，令防鬆螺帽不會轉動，該防鬆螺帽產生 4,500 磅的鎖緊荷重。鎖緊標準螺帽，產生 4,856 磅的鎖緊荷重。拆解標準螺帽，鎖緊荷重降到只有 4,615 磅。

先用 8 級標準螺帽：

目標鎖緊荷重增加至 7,000 磅。當扭力到達 43 磅 / 英尺，其鎖緊荷重顯示為 7,165 磅，而鎖緊防鬆螺帽，該荷重則增加為 7,455 磅。拆解防鬆螺帽，鎖緊荷重降到 7,254 磅。可是，這兩個螺帽不易拆解。

先用 8 級防鬆螺帽先：

鎖緊防鬆螺帽只產生 5,600 磅的鎖緊荷重，而後鬆弛到 5,525 磅。增加標準螺帽，使鎖緊荷重升到 6,356 磅。拆解上面的螺帽，則鎖緊荷重降到 5,500 磅。我們判定上面的螺帽對於底下的螺帽，在此強度等級沒有效果。測試時並沒有用扳手來固定住底下的螺帽。

所有的測試都重複若干次。顯示的數值是來自平均抽樣。



摘要：

在所有的測試，用三種不同等級的螺栓，當鎖緊上面的螺帽時，鎖緊荷重會增加。很正常地，當鎖緊上面的螺帽而底下的螺帽轉動時，由於兩個螺帽之間的表面的摩擦使鎖緊荷重增加，造成底下的螺帽增加了鎖緊荷重。可是這只是 2 級螺栓的案例。按照比例來說，這個增加只是 400 多磅的差異，不管哪個螺帽先用。

在 2 級的螺栓上用第 2 個螺帽，確實會增加鎖緊負荷，從 524 磅的低數字到 1,275 磅。對於 5 級、8 級的扣件，此增量則不那麼大，平均 300 磅再多一點點。

先用防鬆螺帽對 8 級扣件一點作用都沒有，因為它只有標準螺帽 2/3 的厚度而已。因此它不會被設計來承載較高強度扣件的全部負荷。先用它，只產生不到 1,400 磅，低於目標鎖緊荷重。這是由於螺紋摩擦增加，而螺帽較螺紋軟，開始崩潰，材料就在結合產品的介面，塑性地散開來。防鬆螺帽與較低等級的扣件一起用，效果較好，因為它的保證荷重能力相似。

結論：

（在上面的）第二個螺帽是被鎖緊於結合產品的表面，而非另一個鎖緊於螺帽。原先我們假定上面的螺帽之壓縮力量會卸除底部螺帽的壓力，造成鬆弛。反而，很明顯地，當一個壓縮力量卸除發生時，拉伸的負荷會從上面的螺帽增加的螺紋發生，因此增加結合的鎖緊荷重。這從底下的螺帽被保持固定時，2 級扣件的鎖緊荷重大大減少，可得到證明：分別是 1,430 磅與 1,114 磅的下降。5 級扣件減少不多，但也增加不多。

雖然看起來 1950 年代的假定，防鬆螺帽要先用是對的，但這也只對 2 級螺栓有效，5 級螺栓只有某些程度的效果。防鬆螺帽則絕不該與任何 SAE 8 級或 10.9 級的扣件同時採用。

然而，另一個觀點也須檢驗：為了要配合多增加的一個螺帽，必須使用較長的扣件。較長的扣件與多的螺帽會增加成本，更不用說組裝時多增加的時間。使用較長的扣件可能會有更大的應力加在少少的剩餘螺紋上，這可能導致金屬疲勞。特別是在 SAE 8 級或 10.9 級扣件的時候，我們想要的「鎖定」能力也許可以用一個較短的扣件與防鬆螺帽來實現。