



結構用扣件

文 / Laurence Claus

扣件有各式形狀、尺寸和設計，且幾乎在任何東西上都有使用。雖然有很多產品分支，扣件製造商和供應商一般來說只專注在自己所在市場產業所需的產品。這也是為什麼專精汽車扣件的製造商可能對航太或建築扣件市場一無所悉。因此，每一種扣件市場類別皆維持各自發展，且擁有自己的一小群競爭者。若再深入去細究，通常可以再細分為更細的產品品項。以汽車扣件為例，整個產業服務體系由許多競爭者一起構成，但當談到內引擎組件時，整個數量可能驟減成只剩一些。

同樣的，當談到建築扣件產業，就會有很多屬於建築扣件領域的競爭者出現，但每一個都有各自專屬的專業。或許在這種「領域下的領域」最關鍵的部分之一就是結構性栓合。這些就是我們每天倚賴用以組合支撐辦公大樓、基礎設施和橋樑的耐重扣件。在數量上，結構用扣件只佔每年所生產和使用扣件的一小部分，但可以說佔有最關鍵和最重要的一部分。

當談到這個領域，結構性栓合似乎是最完美合適的形容。不過這樣說可能容易讓人產生誤解，因為這樣的說法似乎字面上只有提到螺栓。事實上，不像其他扣件，**結構用扣件通常是以精密調校過的螺栓、螺帽和一個或多個墊片組裝而成進行販售**。它們上貨櫃前通常已經預先組裝和潤滑完成。使用者是受過完整訓練並被要求要小心存放、安裝和組裝。

結構栓合，雖然看起來很簡單，實則不然。這個主題領域需要大量的工程專業。這些產品的供應商本身就是專家或是身邊就有很多在結構栓合領域知識相當豐富的專家。事實上，扣件產業中這一小部分中，相較於其他更大範圍的扣件品項可能有更多樂於分享專業的專業工程師、博士和大學教授。雖然很多厚重的書籍都有探討這個科目，但要用短篇文字綜合寫出來是不可能的。本文將嘗試

帶讀者初步認識結構用扣件這個有趣的世界，並整理出幾個大要供參考。

什麼是結構用扣件？

與一般分開採購或僅生產所需外螺紋、內螺紋和墊片組件的扣件採購不同，結構栓合應用通常會由一個可自由空轉的螺栓、螺帽和墊片組成。為了保證它們的效能能跟宣稱的一樣，它們通常會被預先組裝至結構性螺栓組合件中，並被仔細地包裝在密封貨櫃中。

在應用中，多數結構螺栓都會遇到剪力負荷問題。雖然一定有扣件會遇到張力負荷的領域，大多數還是以剪力應用為主。當開始想到這些扣件是被用在那些地方那就顯得合理了。大多數是被用於鋼鐵結構來固定主要用以支撐往下重力負荷的樑柱。(見圖1) 因此這些扣件承受垂直於荷重方向的負荷，也就是剪力負荷。此外，這些扣件常會把不能移動的多個零件擠壓在一起。因此結構接合常常被形容為「滑移關鍵」和「非滑移關鍵」接合。滑移關鍵接合必須在接觸面之間產生大量的摩擦力(在此領域稱作接合面)，因此它們不會彼此相對移動或滑移。非滑移關鍵接合倚賴螺栓來扮演剪力銷的角色，同時完全地承受負荷。



圖1

無論是在剪力負荷和承受張力負荷的接合，達到最大的安全預負荷通常是最想要的結果。因此，大多數結構性接合都是關鍵性連結，也是為什麼多數結構用扣件都以組裝件形式販賣。這些組裝件都已經通過測試來確保可以在到達工區之前達到所要的預置負荷，而且會在使用之前在工區再被驗證一次。雖然正常來說不像汽車和航太組裝廠有昂貴高精度的安裝工具可以使用，受過適當安裝法訓練的鐵工只要按部就班也能達到相當一致的安裝控管。



結構用螺栓與設計用在一般應用的螺栓有兩種顯著不同。首先是頭部的尺寸不同。它們被設計成螺栓頭部上的六角區域與螺帽完全相同。這對安裝者有益，因為他們的扳手或內六角扳手可以與螺栓頭部或螺帽完全吻合。第二個顯著的不同是無螺紋區的長度。雖然有很多例外，但結構用螺栓有比一般用途螺栓還要短的螺紋長度。理由在第一次看到時或許沒那麼明顯。回想一下大多結構用螺栓都受到剪力負荷。因此有這麼多螺紋(在剪力下強度比本體弱)在剪力面外是有高度優勢的。藉由控制本體長度，要把螺紋完全排除在剪力面外是可能的。縱使要完全排除螺紋是不可能的，更嚴格的本體製造管控和螺紋長度可以達到只有很小比例的螺紋或是只有螺紋尾部會落在剪力面，若多數螺紋皆落在剪力面將產生弱點。

結構用扣件有自己的標準。在結構用扣件的世界，有三種很重要的標準樣式。首先是產品尺寸標準。這是ASME B18.2.6 (目前是2019年版)，「結構應用扣件」。第二種是原料標準。有很多都屬於這一類，雖然最主要的是ASTM F3125/F3125M (目前是2019年版)，「高強度結構螺栓，鋼和合金鋼，熱處理過，英制尺寸120和150ksi...」。最後一個標準是結構用連結研究委員會制定的「使用高強度螺栓進行結構接合的規範」。

ASME B18.2.6

ASME B18.2.6是結構扣件的產品標準。該標準描述了尺寸並提到五種不同產品的合適原料規格。

1. 重型六角結構螺栓
2. 重型六角螺帽
3. 硬化扁平墊片
4. 可壓縮張力指示墊片
5. 扭斷螺栓

這標準的第二部分提供生產重型六角結構螺栓的詳細尺寸和綜合資訊。與一般用途螺栓最大的不同是頭部高度短了一些，且與本體直徑有關的長度公差更加嚴格。這些產品的原料標準是ASTM F3125/F3125M A325級、A325M級、A490級和A490M級。

這個標準的第三部分提供生產重型六角螺帽所需的詳細尺寸和綜合資訊。這些基本上顯示出可在一般用途重型六角螺帽中找到的相同尺寸要求。這些產品的原料標準是ASTM A563和ASTM A194/A194M。

這個標準的第四部份提供生產硬化扁平墊片的詳細尺寸和綜合資訊。此標準適用兩種不同墊片樣式-圓形扁平墊片和方形斜面墊片。這些產品的原料標準是ASTM F436/F436M。

這個標準的第五部分提供生產可壓縮張力指示墊片的詳細尺寸和綜合資訊。這些墊片大多是使用於結構螺栓的獨特設計，可以讓使用者知道已經達到所要

的張力。它們有精密的外凸設計可以與螺帽或螺栓的受力面接觸。這些外凸被設計來在達到所要的張力值時會回塌至墊片表面。這些有一些是以矽設計而成來填補外凸部下面所形成的凹部。當材料回塌至墊片會把矽向外推，提供一個辨別螺栓是否達到所要張力的方式。這在業內被稱作「Squirters」。這些產品的原料標準是ASTM F959/F959M。

最後，這個標準的第六部分提供生產扭斷結構用螺栓的詳細尺寸和綜合資訊。扭斷結構用螺栓是一款在末端有尖頭創新設計的螺栓。有圓頭和六角頭的樣式。使用特殊的安裝工具，螺帽被鎖上零件，然後使用尖頭來轉動螺栓。一旦達到規定的扭力，設計有尖頭的溝槽會把尖頭剪斷。理論上，如果一切都做得妥當且扭力-張力關係被適當地理解，尖頭部分就會在達到張力時分離。安裝者接受適當訓練以及每日測試結構扣件組零件達到所要的扭力張力關係是很重要的。這些產品的原料標準是ASTM F3125/F3125M F1852和F2280級。

ASTM材料標準

2015年 ASTM F16扣件委員會完成了把六種不同結構螺栓的標準整合成一種的重要任務。這份文件稱為ASTM F3125/F3125M。這項標準整合了六項先前的結構扣件樣式進入同份文件，並以等級標示進行識別: A325級、A325M級、A490級、A490M級、F1582級和F2280級。這個新標準包含了英制和公制設計。本質上，A325級和A325M級的版本分別具有120ksi和830MPa的拉力強度。A490級和A490M是較高的強度版本，拉力強度分別達到150ksi和1040MPa。F1582和F2280則是扭斷結構螺栓設計的英制和公制版本。F1582有120ksi/830MPa的最小拉力強度以及F2280 150ksi/1040MPa的最小拉力強度。

螺帽受ASTM A563所規範，鋼和合金螺帽使用一般用途標準，高溫下的鋼和合金鋼螺帽用ASTM A194/A194M標準。經硬化的扁平墊片涵蓋在ASTM F436/F436M標準內，而張力指示墊片涵蓋在ASTM F959/F959M標準。

使用高強度螺栓結構接合的規範

結構用連結研究委員會保留了「使用高強度螺栓結構接合的規範」。這個標準的最新版本是2014年版，雖然最大幅度的改版還在進行，但應該在不久後就會釋出。

此文件被視為結構扣件組零件安裝人員的參考資源權威。內容資訊非常豐富，且提供結構扣件安裝相當易懂的指引。文件完整將近100頁，內含10個部分，包括扣件組裝零件、接合要求、安裝和檢測。縱使結構扣件和安裝不是你每天會遇到的工作，擁有一本這樣的標準書也不錯。這本標準書可以免費在委員會官網www.boltcouncil.org取得。

總結

結構用扣件是建築扣件中非常令人感興趣的部分。雖然製造廠商的數量較少，但應用上卻相當重要，且我們也都高度依賴這些具備生產高品質產品知識的廠商。針對結構用扣件的討論真的很多。希望這簡短的結論可以幫助解決一些令人困惑的問題。

