

了解扣件強度

文/Laurence Claus

為了解為何扣件要被生產成不同強度等級，首先就要了解扣件打算被用在哪些地方。為了讓工作更加妥善，扣件在被鎖固時必須具備一些韌性和拉伸度。對許多人來說或許有點違背直覺，因為舉例來說，一支大型1"線徑的鋼鐵螺栓看起來幾乎就不像是會拉伸的東西。不過，若要完成它本身想達到的作用就必須進行拉伸。

圖1是讓人比較容易理解栓合作用的示意圖。要進行這樣的示範，必須把拇指、食指和中指放在一起，繞兩圈寬的橡皮筋，然後試著在阻力下撐開三指。在示意圖中的第二部分，再繞一圈橡皮筋在手指上，然後再次試著以手指撐開。實驗者會發現綁上第三圈橡皮筋時，橡皮筋變得更加高度拉伸，且手指難以撐開的程度變得越加明顯。

這個示意圖清楚顯示了螺栓接合應該是怎麼運作的。當螺栓被進一步拉伸，其會把接合處抓得更緊，變成更難被外部負荷扯開的狀態。這顯現出一個基本事實：螺栓被拉伸程度越大，接合處的抓緊力就更加強大。雖然這或許不是在任何接合處都很重要，但對接合處是很重要的一部分時就很重要。

圖2以圖像式的方式解釋這種現象。圖片顯示出兩種不同的區域。較下面的區域是非常陡峭的斜線，這是螺栓或螺絲拉伸和在接合處產生有利擠壓負荷的彈性區。在這個區域，若負荷被移除了，螺栓或螺絲就會回到原先的長度。不過，這種線性作用並非無窮盡。如圖表所示，過了某一時時線性作用會轉成水平發展變成幾乎水平。在這個區域，材料會遭遇明顯拉伸且就算移除負荷也不會再回復到原先長度。這就是塑性區域。持續拉扯最終會造成材料的過度負荷，部件也會一分为二。

圖2幫助解釋一些上述描述相關作用的術語。首先就是從線性作用轉為非線性作用的轉折點。這就是所謂的降伏點。當進入降伏點過程之後，圖表持續上升，但僅僅少量地增加直至達到沿著Y軸(荷重)的高點隨後開始下降。這個高點就是材料失效的起始點，也是所謂的拉伸強度或最終拉伸強度。在設計扣件的時候，大多數人可能會使用或載明拉伸強度，因此這也許是最常被使用的扣件強度標準。

最後一點，但也是最重要的數值就是安全強度或驗證荷載。這個值正常來說約是降伏強度的85-95%。使用安全負荷的優點是部件可以被測試到這個值而不會損害到該部件。測試通過後可讓測試者有信心在不犧牲掉該部件的情況下達到想要的機械要求。

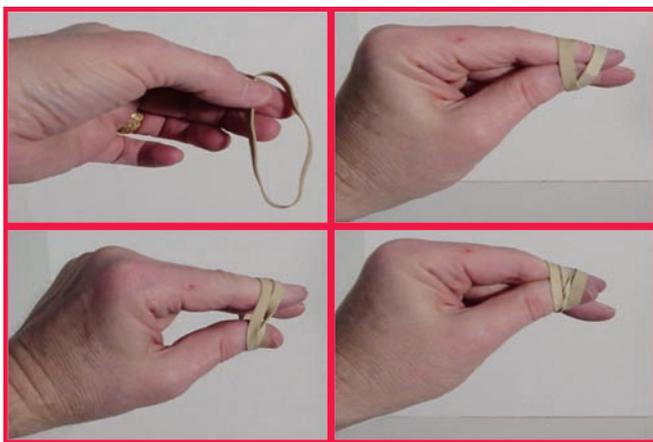


圖1: 栓合示意圖

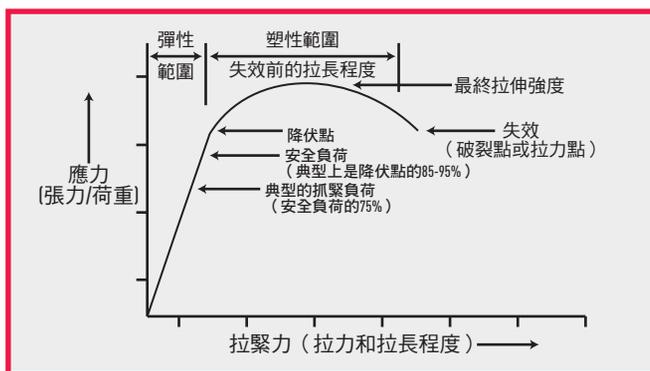


圖2: 荷重與拉長程度的對應關係

什麼是強度？

特性是用以形容某種材料本質上的特色。特性可以被區分成很多不同的子類別，像是機械、物理和電子等。對扣件來說，也許最重要的特性是機械性能：強度、堅固度和硬度。

什麼是強度？這對某些人來說可能有點困惑。舉例來說，我們可以挑出一支3/8英吋線徑、等級8的螺栓以及1英吋線徑、等級8的螺栓，把它們放在相對的手上，並說它們屬於相同的強度等級。不過兩支握有不同扣件的手可以清楚地辨別出1英吋線徑的扣件所能承受的荷重比3/8英吋線徑扣件所能承受的還要高。這引導我們去尋找強度的定義。材料上所呈現的應力限制值即是強度。這表示兩種部件可以承受相同強度，縱使它們的尺寸和真正的能力非常不同。

強度可解釋為每塊區的荷重，像是每支英制扣件每平方英吋所承受磅數或是每支公制扣件每平方公釐所承受的牛頓數。舉例來說，一支SAE、等級5的扣件最小拉力強度為120,000 psi。讓我們假設扣件有一個每邊一英吋的方形斷面。這樣產生的拉力負荷會是120,000磅。現在假

定我們有一支類似的方形扣件但每邊只有1/2英寸。這支扣件將會有30,000磅的最小拉力荷重。因此，我們可以看到兩支部件雖然強度一樣，但其尺寸支配著其最終荷重能力。

在類似的比較中，假設我們有上述相同的方形扣件，但其中一支為SAE規範、強度等級2，另一支為強度等級5。如果我們去查詢這些等級所代表的涵義，我們會發現等級2的扣件具備60,000 psi的最小拉力長度，而等級5的扣件則具備120,000 psi的最小拉力強度。因此，若我們有兩支各邊都是1英寸的部件，我們就會發現其中一支有60,000磅的最小拉力長度，另一支則有120,000磅，縱使兩支都是鋼製且尺寸一樣。

扣件設計師應該怎麼做？

現在我們稍稍認識了強度的基本概念，也就可以更加瞭解設計師應該要怎麼做。設計師必須試著去了解所有可能存在於接合處的各種負重，然後使用到部件上。這常常會是複雜的例行公事，因為可能會有許多施加到產品上的不同荷重，或是產品需要許多螺栓或螺絲來將部件固定。在任何情況下多數設計師都會考量到這些變數並施加安全因子做更完整的保障。

一旦設計師有螺栓或螺絲必須抵抗到多少荷重的想法，他們會開始在尺寸和材料上做出選擇。雖然大多數扣件是鋼製，而且鋼料提供設計師非常好的彈性表現，但也不是所有設計師都會選擇使用鋼料。事實上，他們可能也有自己要做出平衡的其他要求。舉例來說，他們可能會因為重量限制轉而使用鋁或鈦扣件。或是也許他們所處環境非常容易氧化，所以需要一種不會輕易腐蝕的扣件。在這些案例中，他們也許必須放棄鋼製品轉而使用不鏽鋼系的替代品。

一旦設計師決定要使用哪種材料，接著就必須選擇合適的尺寸和強度等級。舉例來說，若他們決定需要有一支可以支撐400,000磅的扣件，他們可以很清楚地知道使用一支1/4英寸、強度等級2的扣件是不可能達到目標的。

不同強度等級

在常用的標準中可以找到各式不同的扣件強度等級。一般來說，常用的標準會隨區域和產業不同而變化。不過，扣件的主要標準有分別針對公制外螺紋扣件產品和內螺紋產品的ISO 898第一和第二部分，以及分別針對英制外螺紋產品和內螺紋產品的SAE J429和SAE J995。有許多其他也提供這些資訊的標準，包括ASTM、JIS和NAS，但ISO和SAE仍是最廣為人知的。

在鋼製扣件部分，這些規範提供強度很重要的參考指引，從SAE的約60,000 psi和ISO的400 MPa一路到SAE的150,000 psi和ISO的1,000 MPa。雖然有很多更高的強度選擇且鋼材也有本身的強度，但很少聽到鋼鐵扣件強度能達到180,000 psi以上或1,200 MPa。

若是設計師要求大於180,000 psi (1,200 MPa)的強度或在更高溫度下維持住高強度，那麼他們就必須轉而使用鎳基超合金。這些原料有一些具備超過260,000 psi的室溫最小拉力強度，且在溫度超過1000° F時仍能維持優異的拉力強度。

您會選擇什麼材料？

紙本上最常見的材料註解大概是像「Material per ISO 898/1 Property Class 10.9 (符合ISO 898/1特性、等級10.9的材料)」這是必須非常小心的部分。當提及這樣的規格時，他們很快地發現並沒有任何特定尺寸和特定材料樣式的指示。取而代之的是，他們面臨到很多材料樣式的選擇，像是有添加某些成分的低碳鋼、中碳鋼或合金鋼以及有各種允許範圍的化學組成表。在這樣的案例中如何選出正確的材料？

以下是一些決定要素：

1. 化學組成範圍的限制必須被考量進去。舉例來說，若碳的組成範圍比例介於.25%至.55%之間，就會立刻排除掉碳組成少於.25%的材料。
2. 尺寸是非常重要的因素。部件越大，整支部件要獲得一致強度的結果就會變得更具挑戰性。這牽涉材料的可硬化性，有些材料，甚至是合金鋼，都沒有可硬化性來讓整支部件達到一致強度。因此，在為較大線徑的部件選擇正確材料時也要格外注意。
3. 腳註常出現在與強度要求有關的表格中。ISO和SAE都有要求90%以上鋼料必須轉化成麻田散鐵的腳註。這是在淬火和回火階段你積極想要達到的高強度鋼料樣式。若鋼的可硬化性不足，就沒有辦法完全達到想要的結構。
4. 不過決定要使用哪些鋼種最重要的部分即是最小回火溫度。這通常出現於緊接在可允許化學組成清單後的表格。在部件經淬火且已經轉變為麻田散鐵後，它會變得非常硬但也非常脆弱。基於這個理由，部件必須經過回火。回火可以回復堅韌性，表示部件再也不是脆弱狀態。這是必要的步驟，但也要付出代價。為了回復堅韌性，部件的拉伸要減少。一般來說這不會是問題，因為剛經淬火的部件硬度和強度都比最終強度要求來得高。回火溫度越高，發生得越快。因此，若鋼鐵不具備要求的可硬化性，高回火溫度將會使其降至要求的標準之下。基於此原因，最小的回火溫度值必須被載明。若材料無法承受最低回火溫度，它就不是可接受的選擇。

取得正確的材料是非常重要的步驟。扣件製造商必須了解這些規定，尤其是在部件截面變得更大之時。

結論：

部件的強度極度重要。這會牽涉到很多變動的部分，從設計師思考螺栓或螺絲需要承受到怎樣的荷重到製造商需知道部件要採用甚麼材料生產都是。幸運的是，有許多可以協助製程順利進行和確保扣件被正確地製造並達到預設性能的標準。