



扣件測試 實驗室 測試類型



圖片提供/ 聯信檢測股份有限公司

文/ Michael P. Oliver

在接合測試中，整套組件皆需同時進行測試，扣件以及構成這接合的所有東西都一起測試。以扭矩傳感器所產生的點陣圖不僅可以顯示扣件的降伏強度，且也顯示接合本身的降伏強度，這是個重要關鍵。

成立一實際測試螺紋扣件的實驗室不是個簡單任務，所需費用也不低廉。測試扣件作為一個必需的步驟，通常如果不是為了驗證扣件的生產製程，就是為了要確認扣件裝配狀況下的設計。但是，有哪些類型的測試可用來測試螺紋扣件？測試得出的資料又為何？在這篇文章中，我將討論哪些類型的測試可在螺紋扣件上執行，以及各類型測試的優缺點。

扣件測試實驗室往往以兩種類型存在。第一類實驗室測試的多為扣件之物理特性、材料的冶金和加工優缺點等。在第一類實驗室測試類型方面，我只說明螺紋扣件通常執行測試的各種情形，而不涉及細節。第二類實驗室的扣件測試，同時也測試扣件接合連接的情形。在這篇文章中，我要大篇幅討論有關第二類實驗室之測試。

第一類型扣件測試

第一類型實驗室測試的是扣件構成材料的物理強度。在螺紋剝離測試、楔形塊迫緊測試或剪切測試中，扣件材料的降伏強度或最終物理強度都必須與現有的標準（DIN，ISO，ANSI，ASTM等）相比較。這類型測試之進行，通常在一個以液壓或機電方式將拉伸力施於扣件的荷重測試台上。含有荷重元的量測施力，可記錄置於扣件的所有荷重。有時則使用拉伸器來測量發生在扣件螺桿部位的應變力。

物理測試的延伸測試為檢查或查出材料本身，可使用化學分析得知扣件構成材料。鋼材或鋁材製作使用的元素可以物理方法判

定，一般以重量分析計算，然後再與規範的標準相較。從材料分析也可測得金相試樣（稱為交叉切片）。這就是檢測時扣件要研磨、拋光，還常須蝕刻，以顯示材料紋理之情況。這種類型的檢查將揭示紋理的走向，顯示夾雜物或材料的不規則性，或由於鍛造加工或後續熱處理而產生的開裂。硬度測量也可在這個狀態下進行，一般是以顯微方式測試硬度。硬度值的測量，散裝部件可由核心處，甚至在螺紋區域測得。這些類型的測試將指出材料是10.9屬性類還是8號等級，是經過鍛造還是工具加工，或高強度鋼材還是不銹鋼。

第一類型的測試實驗室還可檢查扣件表面施作的塗層或電鍍層，以及表面處理與規定標準相比的效能（類似前段提過的標準）。典型的測試環境是鹽霧和濕度，熱效應也可能出於額外謹慎的考量而加入這類型測試。塗層或鍍層的厚度也可測量，通常以非破壞性的方式測量。這幾種厚度測試也可採用上述討論的交叉切片技術來測量，此為一種物理性破壞測量。

介於材料測試和接合測試之間有一種測試或測量的類型，是以物理方法測量螺紋的幾何形式。目前已被接受的測量方法分為三種等級，系統21，系統22和系統23。這三種等級的測試方法都受到標準規範，且不僅是製造廠商也是終端用戶共同的要求。最嚴格的方法是系統23，採用這種方法測試，收集到的數據會指示裝配上是否會有問題。有關於螺紋的幾何形狀或大小究竟在標準範圍中的表現如何，這種方法所進行的具體測量都能夠提供明確的資料。此方法也能指示是否存在有任何成型上的錯誤，以及這些可能是甚麼樣的成型缺失模式。

一個實驗室若是想盡量多收集螺紋扣件的數據，就應該設有量測螺紋內部和外部全套的系統23量測儀器。這些儀器也有能力收集即時數據，並輸入電腦作進一步分析。

第二類型扣件測試一 接合測試

所有規範第一類型實驗室的各種測試項目，也就是螺紋扣件的物理測試，卻都不會指出扣件在旋緊階段的性能表現。第一類型的實驗室測試也不會顯示螺紋扣件在設計所允許的組裝壽命期間與接合材料互動之情形。為了要得到有關這些後來提到的資料，就需執行接合測試。接合測試可細分為兩類，一類是在扣件鎖緊過程或自始至終旋入進程中收集物理數據進行測試，另一類是在扣件產品使用期間就接合部位進行測試（就是在接合部位鎖緊並放置定位，開始進行使用之後發生的狀況測試）。

1. 扭矩斷裂測試 (Torque-to-Fail Test)

對於這兩種類型的螺紋接合測試，需要所有從頭到尾完成接合使用的材料和部件。就是這個原因導致這類型的測試衍生許多費用。我們必須犧牲掉材料和部件才能獲得所需的數據。為了測試自始至終旋入進程鎖緊過程階段，需進行一項簡單的「**扭矩斷裂測試**」，這類型測試可測得接合處容許的最大擰緊扭矩力。在這類型測試的檢測中，通常是將扣件裝接上檢測機具以獲得夾緊負荷資料。這種儀器量測通常以超音波技術取得測試資料。壓力應變量測計也會使用，但由於成本和種種限制，這類型的量測計已漸淡出。如果扣件裝接上檢測機

具，所施加的扭矩和測得的夾緊負荷之間的相關性即可測定，所施加扭矩測得的方式是藉由一具扭矩傳感器或扭矩和角度傳感器。該傳感器的數據，以及夾緊負荷數據是輸入到數據採集單元，數據的點陣圖即可獲得。點陣圖不僅可顯示扭矩和夾緊負荷的相關性，也可表現出鎖緊過程的降伏點。

在此需要提到接合測試和扣件測試兩者之間的一個重要區別。在這篇文章前文第一部分中，我談到了扣件本身的測試，也說這些測試與扣件使用所在的接合無關。在接合測試中，整套組件同時進行測試，扣件以及構成這接合的所有東西都一起測試。以扭矩傳感器所產生的點陣圖不僅可以顯示扣件的降伏強度，而且也顯示接合本身的降伏強度，這是個重要的關鍵。接合件或接合件內部螺紋是鋁材，那麼鋁材的降伏很可能在鋼材扣件的降伏之前。像這樣的資訊最好能夠取得，尤其是當你不僅負責設計接合，同時也負責設計鎖緊過程的時候。扭矩傳感器所產生的點陣圖可能顯示扭矩相對於角度，或是夾緊荷重相對於扭矩。在通常情況下，測試會慣用生產中使用的同一支扭矩槍。電子槍使用的這些參數應該沿用於測試，如此，切換點和進程速度才能相當。速度對於夾緊負荷的產生有影響，因此運行速度過快將產生偏差的測試結果。

2. 殘餘扭矩測試 (Residual Torque Test)

第二種類型的接合測試也和發生在接合鎖緊之後夾緊負荷的狀況有關。在接上檢測機具的扣件鎖緊



之後，夾緊負荷值就被記錄下來，然後施加以一個或多個外部荷重。測試過程中，夾緊負荷可即時監控或者在所有外部荷重移除之後才測量。在這裡，我們也同樣可了解接合部位正在發生的情況，而不僅是扣件。另一種類型的測試可在這個組裝接合上執行，此叫「殘餘扭矩測試」（一種測量扭緊之後殘留或剩餘扭矩量的測試）。產生查核扭矩值的一個關鍵參數就是測試的接合部位必須扭矩到達裝配扭矩規範範圍的最小限度。通常情況下，必須將30個接合先扭緊到達扭矩規範範圍的底部，然後用一支具有儀表的扭矩扳手或外接扭矩傳感器的電子扭矩槍（轉速設定為10rpm）將扣件進一步扭緊讓它可以移動。扭矩與角度或扭矩與時間的點陣圖將顯示“第一次的移動”發生在哪個部位，這就表示殘餘扭矩的所在。品管人員然後將他們自己的“第一次偵測器”扭矩扳手設定成規範的扭矩值，這種實件測量通常在旋緊10分鐘內緊接著進行。品管人員依測試結果，在接合鎖緊後進行抽樣或100%檢查及審驗。我曾經見過這個測試，發現接合有扭矩不當，或有扣件熱處理缺漏，以及存在摩擦的問題。

3. 接合摩擦係數測試 (Joint Friction Coefficient Test)

測試實驗室另一個重要的接合測試是測量螺紋和頭部下方的摩擦係數。這項量測藉由扭矩/拉伸張力荷重元的輔助，荷重元測量產生出來的夾緊負荷力，以及螺紋的扭矩或在頭部下方的扭矩（取決於接合是鎖緊在荷重元的哪一邊）。此測試的一個關鍵參數在於測試接合部位的受力面必須與模擬的受力面相當，有效長度在此也必須釐清。對於未設計調整機制的荷重元在前述這兩項參數上都很難調整，但是調整所得到的結果會令人覺得麻煩費事，但卻很值

得。既然施加扭矩已知（從扭矩傳感器得知），還有頭部下方扭矩也已知（從荷重單元得知），螺紋的扭矩就可以計算出來（施加扭矩等於頭部下方扭矩和螺紋扭矩的總和）。一旦所有的扭矩值都是已知，再加上夾緊荷重，兩個摩擦值就可計算出來。兩個摩擦值的點陣圖也可以很容易繪製出來，因為收集的數據更是可能輸入到數據採集單元。運作這種測試可以替代實際的接合測試。這不是理想，只是有時候原型（prototype）或以生產為目的零件實在不易取得。

4. 全電腦化測試 (All Computerized Test)

我想談的最後測試是全電腦化測試。有人可能會說全電腦化測試不是測試，但我相當不同意。這個電腦測試正以3D 模式執行這個接合部位的有限元素分析（finite element analysis, FEA）。在雜誌前幾期裡，我曾經討論過這種類型的測試。在螺紋的接合上執行 FEA有許多陷阱，主要問題之一是扣件必須旋緊使之到達扭矩（藉由施加的運動而旋轉），而不是僅僅有所謂的預張力這個元素施加於其上。由於實際的接合在旋轉，所以模擬的模型也必須模仿這種旋轉。另一個製造模型的主要問題是螺紋與頭部下方的摩擦值必須和施於模型的扭矩大小相同，如同任何其他計算一樣，如果使用錯誤的值，得到的將是錯誤的答案。這種分析可以給設計師或工程師一大串有關接合的資料，特別是如果接合部位的受力面是鋁材，而在接合放置定位開始使用之後，又有溫度作為環境影響因素之一時。



結論

我堅信測試的功能。螺紋扣件本身的測試有已知的價值，但接合測試得知的資料更多。我見過太多次裝配線上或是使用零件成品進行組裝的現場，因太過保守的計算方式而造成問題。建立一個包含必要的設備以執行上述測試的實驗室，可能花費超過 20 萬美元，但在今天講求訴訟的社會，進行測試的設備投資及勞心勞力的成本與風險代價相比，可能便宜更多。