



文/ Guy Avellon

//// 直流式電動工具 ////

許多早期的螺帽扳手都含電線，但直流式電池驅動的電動工具可攜帶性比較高且人體工學設計更易用於狹窄空間。

更精密的直流式電動工具可以設定，會儲存多個扭力值，有資料庫可以偵錯。某些款式有線性轉換功能可做X、Y軸定位。

較常見以及便宜的直流式電動工具是透過20伏特的可充電式鋰電池來供電，這些工具大多由承包商來使用和維護，其中大多不可調整輸出速度。若使用者不小心，小螺絲(例如木用地板螺絲與木螺絲)的頭部可能容易被扭斷。若使用者鎖固的是木用地板螺絲，且使用 $\frac{1}{2}$ " 20V的鑽具，可能會有許多失敗的狀況。

比較一下不同知名製造商的規格，其中一家的 $\frac{1}{2}$ " 20V動力工具每分鐘轉速範圍是400-1200-1900，產生扭力為700~1200 lb-ft的初始衝擊力。另一家的同產品產生600 lb-ft扭力，但在事先設好轉速範圍為0-900-2,000的狀況下，只能調整330 lb-ft的初始扭力。

其他機型則提供單位為英寸/磅的扭力，例如1825 lb-in (152 lb-ft.)或1400 lb-in (116 lb-ft)。還有 $\frac{1}{4}$ "12V的款式，產生1300 lb-in (108 lb-ft)的扭力，足以迅速有效地鎖固扣件。

//// 氣動式動力工具 ////

多數氣動式動力工具都稱為衝擊式扳手，它們以空氣驅動，在扳手的砧座上產生重複的衝擊力。 $\frac{1}{2}$ "的款式常用於汽車與卡車維修廠打造車框架，以

為扣件選用正確的組裝工具

組裝者使用錯誤的動力工具可能會導致扣件失效。市面上有幾種新的螺帽扳手和螺帽套筒，其動力範圍廣，輸出扭力的選項多。扭力太多，會導致不樂見的失效現象。

現代的組裝廠使用的是比維修用工具更精密的動力工具，這些工具大多是數位化的，會指示出螺栓鎖固的順序和做法，以及施加的扭力。例如若在設定好的順序中漏掉了編號2的螺栓，工具就不會允許鎖固編號3的螺栓，除非編號2的扣件先鎖固好。以相連結的多個扣件來說，這是設計很好的序列鎖固程序。

汽車組裝線使用這些種類的工具、排式螺帽以及套筒扳手。幾個套筒會在組裝過程中同時套在多支螺栓上，例如引擎的帶頭螺帽或輪胎用螺帽，然後慢慢同時降低所有螺栓的扭力。這會減少關鍵零件組裝時發生回彈的機率。

螺帽扳手與動力螺絲起子是透過氣動或電動動力輔助的工具。螺帽扳手產生的扭力低，可以很精確，它們被用來在鈹金上鎖緊螺帽、法蘭帶頭扣件，以及 $\frac{1}{2}$ "或12 mm以下的凹頭扣件。



及裝輪胎的廠房。某些體積更大的款式用來鎖固尺寸較大的1 ½" (38 mm) 螺栓。

氣動式動力工具的好處在於高扭力和高速。½" 的中荷載氣動式扳手在每分鐘7,300轉的狀態下會產生600 lb-ft的扭力，每分鐘打擊1,000次。這樣的扭力足以摧毀任何7/8"以下強度八級的螺栓。½"的重荷載氣動式扳手在每分鐘7,500轉的狀態下會產生650 lb-ft的扭力，每分鐘打擊1,100次。有些舊款式會產生450 lb-ft扭力。

¾" 氣動式扳手在每分鐘6,200轉的狀態下會產生1,000 lb-ft的扭力，每分鐘打擊750次。若是更小的款式，3/8"氣動棘輪扳手會產生65 lb-ft扭力。

氣動式動力扳手的缺點是，較常見的便宜款式沒有控制扭力的功能，輸出的扭力不精確，且在使用過程中可能變動。價格較高的款式可以調整輸出的扭力，其優點是力道以及速度，適合大型扣件以及用來卸除老舊生鏽的螺栓。

這些動力工具的供氣是靠一個產生器來將空氣壓縮進儲存槽，空氣會保持一定的氣壓，大約在115-120 psi，氣動扳手需要動能時，空壓槽會輸出此壓力值的空氣。在預先設定的用量下，氣壓會自然下降到90 psi左右，此時壓縮器會再啟動以加壓到120 psi。

要注意此時若還鎖固數支扣件的話，會導致組裝的扭力不一致。若同時還有人操作另一台氣動式工具或車輛舉升機，氣壓會下降更劇烈，扭力的不均會更明顯。面積較大的修車廠可能會採用工業級重荷載的兩階段式空壓機，它比起常見的單階段式空壓機，更能維持住氣壓。

//// 扭力扳手 ////

扭力扳手有兩種，手動式和轉矩角式。手動式扳手最常見，有許多形式。基本款有刻度規和可移動的臂部位。某些會有可調整的彈簧，可以調校到某個扭力數值，當達到該數值時，扳手會發出喀搭聲。有些則有百分表來量測和標記開始和結束的扭力，可在施加扭力後讀取數值。還有另一種電動扳手的款式可以傳輸數據到控制模組進行偵錯。

大多數都是低成本、可攜帶且可深入到狹小空間的扳手，依據不同款式和價格，精準度範圍在正負2-20%之間。發出喀搭聲的款式若掉到地上可能會遺失校正的設定，其他的款式則可能損壞而無法修復。

所有的手動式扳手都要仰賴操作者和安裝過程發生的變數。這種扳手只會裸視100%的扭力，不會偵測摩擦

力的變化。操作者可以在鎖固螺栓時加快或慢下來，或變化鎖固的速度，他可以從鎖固螺帽改成鎖固螺栓頭部。這些都會直接對應精準度和夾持荷載。

所有的扭力值都只能作為參考值來使用。扭力值大多是在螺紋乾淨且乾燥狀態或處於原有狀態下的數值。只有在螺栓的螺帽用知名的潤滑劑劑來潤滑的前提下來使用手動式扳手，才能算是有精準度的使用方式。

扭力是摩擦力的一個作用。摩擦力可能來自碎屑、毛屑等等。潤滑劑可以克服組裝時產生的大多數摩擦力，並產生一致的夾持荷載。

維修手冊登載的所有引擎適用扭力值都被視為「濕的」扭力，但含頭螺栓、銜接桿螺栓等等零件之所以不會鬆脫，是因為在使用油來潤滑的狀況下，夾持荷載都一樣大而且一致。C5A、Moly-Lube等等潤滑劑產品可以實現同等的一致性，而且非常精確。只要確認是依據所使用的潤滑劑來套用適當的低扭力值就好。

//// 轉矩角式扳手 ////

這種扳手連接數據處理器來量測施加於旋轉角的扭力，此旋轉角是螺栓或螺帽旋轉的角度。這是堅硬的硬質接合件可用的最精準工具。在多數情況下，旋轉角會抵消摩擦力的變數，因此會預先施加扭力來打好基底，不會發生接合件壓縮的狀況。

然而，在某些情況下，不代表一定會達到預先施加的荷載，這有賴如何觀測數據。若在某個特定百分比範圍內有拿到扭力和旋轉角，那麼接合件就不會出問題。

然而若旋轉角大幅超過預期的公差才達到適當的扭力值，這就代表接合件不堅固且有干擾，例如有毛邊或甚至是不合規的零件產生的壓縮或抗力。若扭力變高而且沒達到旋轉角，可能代表要調查螺紋是否含有碎屑，或發生咬牙或其他狀況。若都沒這些異常狀況，而操作者就只是直接輸入扭力值，就會有後續的問題。

//// 結論 ////

一般來說，若有接到抱怨提到扣件失效或組裝失敗，在使用氣動式工具的狀況下，就要檢查所使用的工具與壓縮器。底線是當生產線出現急遽失效的狀況，若沒有出現其他抱怨的情事，一定要詢問是怎麼安裝的，以及使用什麼工具。問題大多是發生在操作者身上或是因為設備出錯。 ■

