

小螺絲，大價值

文 / Jozef Dominik

很久很久以前，有一個很小的螺絲，連同別的螺絲一起把兩片巨大的鋼板緊緊的接合起來。橫越印度洋長久的航海旅途中，這個小螺釘感覺有些緊繃不適，因此試著要舒解壓力。有一圈螺紋真的掉落下來。

這讓其它的螺絲轉過頭來對它說：“如果你鬆了，我們也會跟你一起鬆掉。”

巨大的鋼板聽見了，就開始抱怨說：“拜託！待在那兒別動！你不撐下去，天曉得我們會出什麼事！”

小螺絲舒展念頭的消息一波波像材料紋理延伸，迅速擴散開來。沒有多久的時間，所有的樑，肋材，鋼板及其他構件都傳達相同的訊息，勸說小螺絲留下來，否則整艘船會下沉。小螺絲因為有這樣的關注，感覺到自己的重要性，最後決定留下來。

吉卜林（*1865-1936年）是第一位英國的諾貝爾文學獎得主。（上文由作者略微改編）

引言

吉卜林雖然是門外漢，將近100年前就已精確的描繪出栓合接頭的重要性和作用。實際上，沒有了栓合接頭，任何技術工作就不存在。栓合接頭無處不在。人類文明建立在螺絲之上，這句話不假。毫無疑問，栓合接頭是最常用的裝配系統，而且不僅止於機械學方面。

達芬奇被稱為栓合接頭之父，許多事物自從達芬奇時代以來改變許多，許多事物也將因應未來而改變。現今時代在科技大學學院內有很多專門的研究部門和研究領域，探討全世界栓合接頭的相關問題。這些中央部門，加上地方上一些栓合接頭的生產製造大廠的研究開發就是未來發展的保證。「發展=改善」，這是個有效的陳述。能夠將最新研究的結果應用到實用領域並視此為公司自然的策略的地方，就是能夠獲得改善的地方。另一方面，停留在生產標準普通栓合接頭的階段只是迫使生產者專注於計算產品價格而非附加價值。定位在低成本產品就會忽略從長遠角度看事物的觀點。

很多栓合接頭生產製造廠忽略研發成本的支出，尤其是中歐的國家。即連達芬奇都聲稱：「沒有理論的實踐就像海上一艘沒有羅盤或掌舵的船隻，沒有人知道它會航向何方。」

現在有許多企業了解這個道理，他們預留了相當的研究開發資金，尋找這些基本問題的答案：

- 在安全和質量得以確保的同時，如何減輕產品重量
- 如何節省成本
- 如何有效結合混合材料
- 在量產的情況，如何確保組裝合理簡單化
- 如何減少對環境的影響

德國是歐洲在這個領域居領導地位的國家。例如將質輕的鎂合金應用在新

型的六汽缸油發動機，BMW寶馬得以減重10公斤，推進劑的使用量因此相對減少。對這些根本問題的思考也涉及螺絲。由於接觸腐蝕和不同熱膨脹係數的風險，常用的鋼質材料至今尚無法令人滿意，因此BMW寶馬公司為此使用超級堅硬的鋁材螺絲。

汽車製造廠要求高品質的栓合接頭。如果市場無法及時提供所需，他們就必須轉向設有連鎖開發基地所謂頂級高檔的廠家，就是那些能靈活因應他們特定需求尤其是自動化生產的廠家。其中一例是中國崑山的NEDSCHROEF緊固件公司於2013年在錦溪生態工業園區設立汽車用螺絲生產製造廠。然而，不僅是汽車產業跟進機械接合的發展趨勢。電工、電子、工程、家具產業，以及骨科或牙科技術都各有特定狀況的需求，必須被了解、尊重，並給予適當的關注。

發展趨勢

圖1顯示未來研究開發產能預期集中的類別。



本文所提到的趨勢也關係到目前機械接合的品質。即如瑞典SKF公司所指出，栓合接頭最常見的錯誤起因在組裝不正確(近50%)、生產製程、設計

和熱處理(圖2)。發展當然不能忽視這方面的知識。

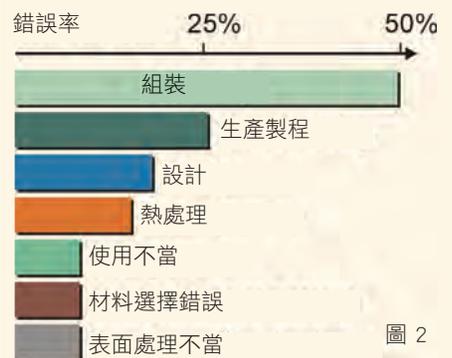


圖 2

容易組裝的設計

一般以符合國際規範的方式生產的栓合接頭無法使用於自動化生產(圖3)。這問題先前已經在惠達螺絲世界雜誌第147期提過，可能的解決方案在該期文中也敘述過。

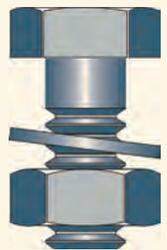


圖 3

材料與熱處理

最大的增長可能在新材料的開發及其熱處理的開發。如前文所述，質輕且堅硬度足夠的Mg-Al系合金已開發，比普通鋼材質更能承受高溫，更具抗腐蝕性。美國德拉瓦州達姆施塔特技術大學(Technical University Darmstadt, DE)正專注於研究這些材料。

這個研究角度也探索塑料和超輕複合材料。主要是瑞士Icotec這家公司的貢獻。這個公司以Icotec材質為骨科和牙科技術開發特殊的螺絲。此材料也同時應用在生產輕型飛機和自行車，螺釘也不例外。

當然，螺栓材料的重要部分還會繼續以鋼和不銹鋼製造。關於熱處理，防護氣體下的淬火以及自鑽自鎖螺絲表面硬化處理還是維持基本的方法。在特殊情況下，局部以高頻淬火，或藉由激光或

電子束，這類熱處理方式可見廣泛使用。

摩擦學（摩擦的研究）

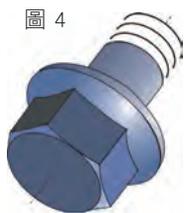
栓合接頭的摩擦是一個奇特的現象，因為在組裝過程中它是一個障礙，但在完成裝配後，為了防止栓合接頭免於受振動引起的損害，摩擦反而是必需的。

如已知，只有大約25%的旋入緊固力矩用來作為螺絲的預置應力，其餘的則消耗在克服螺絲頭部下方和螺紋的摩擦。同時，具有恆定的摩擦非常重要，否則栓緊時會造成預置應力大量消失。下一個發展的任務將是確保栓合接頭穩定的摩擦條件。將使用來自奈米摩擦學領域的最新知識。

鬆動阻抗

栓合接頭因振動和動態負載所引起的鬆動阻抗與其摩擦密切相關。兩者關係成正比，這意味著該摩擦在接觸表面較高，結果，栓合接頭較穩定。栓合接頭自外部鎖定有幾種方法，但只有少數符合自動裝配的條件。尤其是各種類型的華司墊片增加了區隔線和組裝件的數量，卻無別的用處。

只有整合型突緣的螺釘或螺帽證明是成功的，(圖4)發展可能會朝這趨勢。由於有實作的根據，各種膠水，如LockTite將更受肯定。



扭緊最佳化

如圖2所示，裝配是栓合接頭缺陷最常見的根源。其原因是施加緊固方法的誤差(表1)，以及摩擦係數的散失。

表 1、各種力矩緊固方法的緊固荷載準確度 (依據法國標準NF E 25-030)

緊固方法	準確性 預置荷載	γ
<ul style="list-style-type: none"> 校準過的扭矩扳手 依應用情況定期校準的電動扭緊工具 (測量螺絲的伸長率，或使用校準扭矩扳手測量扭矩值) 	±20%	1.5
<ul style="list-style-type: none"> 具有剛度調整的衝擊扳手，並且依應用情況定期校準 (使用校準扭矩扳手按批次別測量扭矩值) 	±40%	2.5
<ul style="list-style-type: none"> 用手扭緊 衝擊扳手 (無校準標定) 	±60%	4

γ = 緊固負載不確定性因素(Uncertainty factor on tightening load, 以 F_0 表示) = F_0 最大值 / F_0 最小值

高緊固負載不確定性因素 γ ，連同摩擦係數大量散失的結果是不受控制的緊固，以及所有負面影響。在某些情況下，甚至 $\gamma=1.5$ 仍不夠準確，因此必須使用液壓式無力矩扭緊，即如圖5所示高壓清洗

機的情況，其中 γ 值趨近於1。不論任何緊固方式，緊固工具都必須定期校準。



扭緊準確度並不只決定於工具的性能，同時也依賴扭緊的形式。標準的六角形逐漸被更有利的內部或外部頭型取代(圖6)，如星形能夠承載更高扭矩。

多功能性

顧名思義，我們了解螺絲不僅具接合功能，仍需滿足其他功能的特性。圖7所示的自鑽螺釘圖就是個典型的例子。它能夠在螺紋下鑽孔，鑿斷螺紋本身，然後滿足華司墊片的功能。

這是一個具有現代感，複雜度高，而實用性也高的緊固用部件，它節省了許多成本。這種螺釘不僅以膠結材料製成，而且也以防蝕性優越的馬氏體不銹鋼製成。

腐蝕抗性

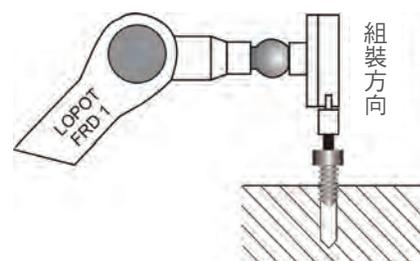
只要螺絲存在，它就必須面對腐蝕的問題。這是一個嚴重的社會現象，因為與腐蝕的對抗消耗了國民收入的大部分。儘管在腐蝕防護領域的發展進步顯著，我們不能說已充分發展。問題的根源在於，普遍性腐蝕防治根本不存在。在一種情況下有效的，在其他條件下未必有效。設計者具有不可替代的角色。他們必須了解腐蝕過程的機制，也就是未來設計發揮功能所處的條件。他們還必須能夠選擇最佳的防護系統。



談到腐蝕防護，我們不能忘記提及對環境的保護。由於歐盟已禁止含有六價鉻的有害塗料，可以預期的是三價鉻不久也將被禁止。這對於發展適合生態的表面處理方法帶來另一個新希望。到那時候，來自奈米技術的最新知識也可以派上用場。

無螺帽的栓合接頭

這個主題和自動裝配尤其相關。含有螺帽的栓合接頭代表兩個裝配趨勢，對於機器人系統而言，這是一個顯著的障礙。



除此之外，螺帽在大多數情況下需要華司墊片。這樣的狀況不僅讓物流複雜化，也增加不必要的接觸面數量。現代的汽車設計很少使用螺帽，電工和電子產品也是如此。

尺寸最佳化

專業人士都同意，目前，藉助螺絲接合的機械部件技術最薄弱的部分在於使用過多無用的螺絲。一方面，這是設計者恐懼責任的自然結果，另一方面，則是缺乏使用FEM(有限元素法)進行虛擬模擬可能性和強度的計算。最新的設計方案已經將有限元素模組列入，所以對一個熟練的設計者來說，使用這些模組不會是一個問題。可能的問題是選定計算所需正確的邊際條件，因為沒有任何的程式可以任何方式提供設計者的角色。大多數FEM有限元素程式較弱的方面是無法接受材料機械特性的各向異性。

結論

栓合接頭是最重要和最廣泛的機械接合部件類型。這種看似結構設計簡單的部件將持續是研究機構和著名生產大廠研發中心永久感興趣的對象。本文已闡述未來發展趨勢。扣件產業不會自行發展，而是平行於汽車產業和電子產業的發展趨勢，因為這兩個分支在經濟體系中發展最蓬勃。以這兩個分支高度自動化的特點，栓合接頭和裝配技術因此必須因應配合其發展趨勢。