

# 扣件產業進程

文 / Jozef Dominik

**螺**栓接合常被認為是相對保守的結構元件，但其實仍然不斷出現新種類型式，原創性工藝和創新材料。如德國達姆施塔特工業大學(TU Darmstadt) M. Oechsner 教授所說：「…這個領域不可能停止發展。」機械式零件接合，尤其是相關太空探索、汽車產業發展，對輕質結構的需求，以及未來進一步朝自動化裝配的發展趨勢，這些應用的零件接合都需要特殊技術。然而，建構者雖有各式螺絲螺帽可選擇；但是對於新類型的的需求永無止盡。19世紀工業革命不僅大幅增加栓合部件的需求，對於部件品質的需求也連帶提高。這趨勢在今天當然還繼續下去。品質需求不只涉及結構建造，凡是相關製造生產技術，材料和表面處理都和品質有關。

## 歷史里程碑

藉由螺紋螺栓接合，機械式接合在18世紀展開新紀元，第一家螺絲生產工廠(Rudolf Kellermann Fabrik für Gewindeteile)在1935年於德國成立。他們開始生產簡單鋼質方頭用以栓入木材的錐形螺絲，鋼質頭部強度約400牛頓/平方毫米。這類螺絲在某種意義上是現今自攻螺絲的先驅。

凱勒曼公司與漢斯-克里斯托夫·克萊恩(Hans-Christof Klein)共同研究摩擦和預置應力間的關係，制定出後來成為 ISO 16047標準依據的凱勒曼-克萊恩公式(Kellerman-Klein formula)。亨利·莫茲利(Henry Maudslay)，特別是美國建築師約瑟夫·惠特沃斯(Joseph Whitworth, 1803-1897)，對於螺栓接合標準化的知識領域作出的貢獻最多。約瑟夫·惠特沃斯所研發頂角55°的螺紋至今仍然沿用。有一種公制規格，符合ISO標準，頂角為60°的螺紋就此在歐洲市場穩定下來。

第一個自動化螺栓生產與美國“螺栓製造機”的發展有關，其表現的確不凡，生產速率約每分鐘70顆螺栓。

技術變革需要機械品質較佳的材料來促成。相繼開發強度高達1,400牛頓/平方毫米的新鋼材、鉻鎳(鉬)不銹鋼，以及自攻螺絲表面硬化及膠結所需的鋼材。現今，強度等同於鋼，且質輕又耐高溫的鋁鎂合金是密集發展的領域。進一步的發展集中於墊圈的替代品，以及藉由螺栓突緣來擴展接觸面積，其次發展集中在緊固的極佳化或優化，但主要在找出防止扣件自行鬆脫的因應措施。

技術發展與建築業是平行並進的。當前現代化加工機台強調電腦數位控制，配置的切割工具表面塗層主要為鈦金屬，目的在使切割速度得以倍數增加，以提高勞動生產率。這樣的發展讓螺絲螺帽製造出現根本性變革，因為該領域主要的技術就是小零件以機械加工的操作。標準車床(圖1)尚不足應付生產需求。



圖 1

類似趨勢也可從成型和沖壓兩方面發展看出端倪。新鋼材及採用物理氣相沉積(PVD)或化學氣相沉積(CVD)塗裝技術的沖壓成型工具促進許多冷鍛成型技術的顯著發展。表面塗裝發展同樣也經過顯著創新的歷程。六價鉻消除之後，三價鉻製程的逐漸消除也在預期之中。奈米科技領域的先進技術就是使用在此。

## 創新螺栓接合發展種類

本文不在蒐羅多年來螺栓接合發展的所有類型。而是僅就主要發展元素擇幾項在本文討論，且無關發展時間順序。以下討論項目中，略過那些為美觀而只是針對表面塗裝的發展，畢竟那些

對於機械式接合技術沒有顯著影響。多數例子中，生產者關心的只在避開現有專利和眾所周知的解決方案。例如對於Taptite®三角牙/三角螺栓自攻螺絲的各種修改。

## 多功能螺栓接合

ThreadLoc®螺栓(圖2)是這類具備以下三種特徵的例子：現代式的Torx®梅花頭(圖3)，化學鎖緊方式個別密封接合處及強化組合效果。

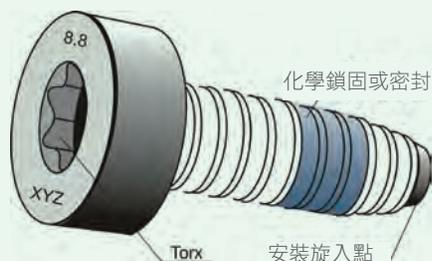


圖 2

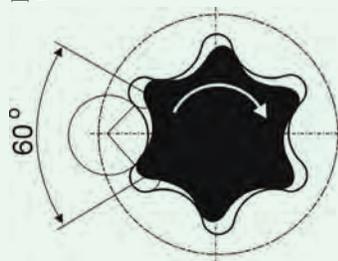


圖 3

各式多功能螺栓接合的典型代表自攻螺絲(圖4)。



圖 4

當然，這些高精密螺栓不能視為一種創新，但值得一提的是這些都是由於各式材料的結合嘗試才生產出來的。例如，為了改善材質等級而將不銹鋼和鋼混合。為了增加不銹鋼的抗腐蝕性，提高鑽孔性能以及降低成本，促使生產者努力朝材料混合方向發展。在所有類似例子中，必須記住，當兩種金屬混合時，在



每種材料特性的邊緣，各種電化電勢作用下產生的腐蝕現象。目前為止，以馬氏田鐵不銹鋼Marutex®製成的各種自攻螺絲仍未克服腐蝕現象。

旋入木材刨花板的螺絲經歷過一個有趣發展。現代具異質性結構螺紋的螺絲(圖5)或各種間距螺絲(圖6)就是從原本方形頭部結構發展出來。



圖 5、SPAX

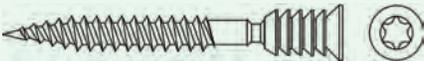


圖 6

### 承受預置荷重的高強度結構螺絲

談到高強度(HS)結構螺絲(圖7)的目的並不是因為這種螺絲是創新發展，而是強調這種螺絲對建築結構需求所帶來的影響，如鋼構橋樑、船舶桅杆、起重機、離岸建築、風力發電廠等。使用高強度螺絲比標準螺絲接合更能產生更好的拉伸和剪切強度。因此若荷重相同，螺絲的數量就必須減少，由此可知，經濟節約性和建築重量降低是必然結果。高強度螺絲的影響也反映在甫剛制定的EN 14399 標準。根據該標準，高強度結構螺絲必須符合歐規 Eurocode 3 所允許最小的預置荷重：

$$0,7R_m \cdot A_s$$

其中 $R_m$  是標稱抗拉強度，而 $A_s$ 是標稱荷重的螺絲截面。

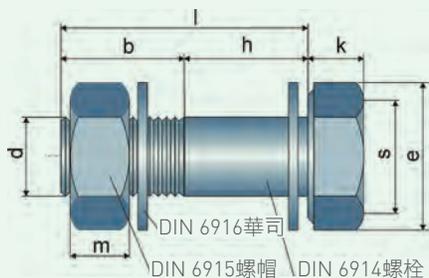


圖 7

隨附文件必須包括下述重要數據：

1. 符號：**CE**
2. 生產製造商或經銷商的識別標示，如：任意有限公司，郵政信箱 23，B - 1070
3. 生產年份最後兩位數，如：14
4. 合格證書類別編號，如：XXX / 2014年

5. 產品識別標示，如：螺栓 EN 14399

條件是具備合格證書適當水準，證書頒發依據以下標準的機械試驗：

- 適用於螺栓 EN ISO 898-1，以及 EN 10045-1
- 適用於螺帽 EN 20898-2
- 適用於華司 EN ISO 6507-4

該證書必須依請求提交，作為隨附文件的一部分。如此，高品質必須加以確保，並且在可能事故發生時，責任隱匿加以排除。意外最常見的起因是氫的脆弱性。如今，有關研究發展的權威當局對於這個問題已增添許多關注。

### 螺帽

關於螺帽，發展的重點尤其是在旋緊部位的形狀，例如外部Torx®梅花型，以及對於旋緊同時因振動和動態螺絲荷重效應而產生鬆動的預防措施。專家的關注主要針對這嚴重現象。

眾多設計中，有三個首選解決方案。這是一個突緣螺帽上有兩個楔形墊圈的應用，以及榮獲德國司徒加特螺絲展以及美國扣件技術雜誌大獎的最新IstLock®車輪螺帽鎖定系統(圖8)。

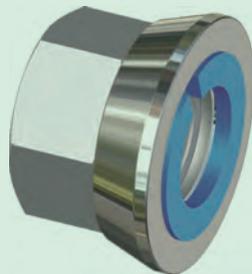


圖 8

關於螺帽，有一點必須說的就是這方面研究和發展仍然有值得回報的空間。缺乏管理的內螺紋滾軋技術就是證據。即使有某些特定解決方案的例子，螺帽仍然是螺絲接合最薄弱的一環，上文中提到的障礙須藉由更多的強化鞏固來獲得補償。

每個標準螺絲接合代表兩個組裝件的發展趨勢；因此才有無螺帽和無華司接合在自動組裝的主導地位。典型案例是汽車生產，其中螺帽和墊圈根本不使用。類似傾向也適用電工技術。在其他情況，螺帽是不可替代的。其發展正在進行中，約依循圖9所示的任意直線。

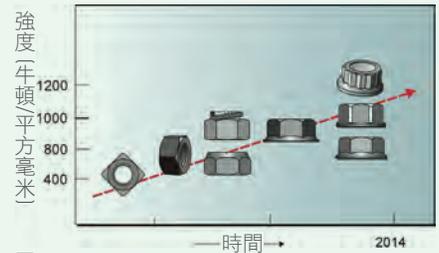


圖 9

### 華司

就螺絲接合功能而論，通常不需要華司，因為增加了區隔線的數量，更讓組裝和物流變得複雜。儘管如此，某些情況下它們是無法避免的。使用目的在延伸螺帽或螺絲頭部下方接觸面積，非用以作螺絲接合的外部鎖固。為達成目的，於是開發出肋狀/齒狀和楔狀墊圈。至此後這段期間，市場上再沒有出現其他新類型。以突緣螺絲(圖10)和螺帽取代墊圈的趨勢普遍存在。



圖 10

### 可預期的發展趨勢

- 螺絲螺帽的多功能性越來越高。
- 無螺帽和無墊圈螺絲接合的發展。
- 突緣整合複雜化的螺絲和螺帽。
- 防止振動和動態荷重鎖定方法的改進。
- 簡易組裝的結構建造。
- 藉由生態科技，利用奈米技術領域最新知識，增加抗腐蝕性。
- 新材料發展，主要是鋁鎂金屬合金。
- 以有限元素法分析螺絲接合應力狀態，並將強度計算最適化/最優化，以減少不必要強度。
- 改善緊固方式以達精確緊固，以最小分散達最大預置應力。
- 穩定摩擦在接觸面比例。
- 有關觸變潤滑劑研發，這種潤滑劑在組裝時和組裝完成後，即螺絲接合作工作狀態下，可提供差異的摩擦係數。
- 開發無扭矩緊固方法，並加以優化。