

# 扣件博士 - 自主鬆脫及預防方法



## 💡 何謂自主鬆脫？

答：使用者偶爾會發現螺絲或螺栓鬆脫，甚至完全脫落。此現象多因螺絲承受橫向震動而自行鬆脫。儘管專家對確切機制尚有分歧，但普遍認同：除非內外螺紋間的摩擦力極低或完全消失，否則扣件不會鬆脫。當「固定」外部扣件與內部螺紋部件的摩擦力極低或完全消失時，外部週期性力（例如：震動力）便可能導致扣件滑動鬆脫。極端情況下，扣件甚至可能會完全脫落。

## 💡 在何種條件下， 扣件會產生自主鬆脫現象？

答：導致**自鬆現象最常見的載荷情況是震動**，尤其是橫向振動。橫向震動是指將週期性載荷垂直施加於零件軸線的情況，與沿零件軸線施加的軸向振動相對。雖然軸向震動可能使夾緊力降低 30% 至 40%，但橫向震動常導致夾緊力完全歸零。因此，橫向振動是比軸向震動更嚴重的載荷條件，更容易導致自主鬆脫現象。在可能同時承受軸向與橫向震動的接合處，震動對夾緊力的影響可能導致其降低、增加或完全不變。除震動外，任何類型的週期性載荷皆可能引發自主鬆脫現象，其他週期性載荷包括熱循環、彎曲及彎折所產生的載荷。

## 💡 是否有預測接合處能有效抵抗 自行鬆脫能力的測試法？

答：答案是肯定的，但需附帶警示說明。目前有測試裝置可對零件施加震動，同時測量其對夾緊力的影響。最著名且可能最常用的測試是容克測試 (Junkers Test)。容克測試裝置會對測試接合處施加橫向載荷。此為極嚴苛的測試，多數缺乏卓越「鎖固能力」的系統幾乎會立即出現夾緊力急劇下降，許多系統在數秒內便會喪失全部夾緊力。另一種稱為 ALMA 測試的儀器，會將測試接合處 / 扣件置於測試裝置的通道中進行上下循環。但須謹慎解讀測試結果，因涉及眾多變因，未能精準模擬實際接合處條件的測試接合，其表現可能與真實接合存在顯著差異。

## 💡 可採用哪些策略來抵抗自主鬆脫？

答：自主鬆脫現象需滿足兩項條件：首先，接合處必須承受橫向循環載荷；其次，螺紋啮合面或承力接觸面之間必須存在滑移現象。因此，如果要抵抗自主鬆脫，必須採用能分離或消除其中一項或兩項因素的解決方案。故抵抗震動與自主鬆脫最常用的四種策略為：>>>>>>>

1. 維持足夠高的預緊力，使其超過任何試圖鬆脫螺帽的力道。
2. 設置防止螺紋啮合面或承力接觸面產生滑動的機制。
3. 降低螺紋螺旋角。
4. 提供預緊扭矩或鎖固作用，以抵銷摩擦力  
被震動力「壓過」後的鬆脫傾向。



### 何謂預緊扭矩？

答：預緊扭矩是指扣件在產生任何夾緊力之前，抵抗旋轉的阻力。許多預緊扭矩扣件的共同特徵在於，它們具有某種變形結構或附加元件，能在螺紋或承載接觸面之間產生摩擦力。

### 利用預緊扭矩抗震是否有任何「棘手之處」？

答：是的，許多預緊扭矩扣件仰賴變形、凸起或楔形作用來增加摩擦力。問題在於，某些設計所產生的預緊扭矩值可能存在顯著差異。若預緊扭矩過高，可能導致安裝扭矩過大而耗盡裝配人員力氣、引發扭力失效，或增加咬合磨損的風險。反之，若結構特徵未能產生足夠預緊扭矩，則可能無法達成鎖固功能，導致「鎖緊」作用力不足。為確保預緊扭矩值既不過高亦不過低，且能在首次裝卸循環後持續存在，零件需通過性能標準測試。最常見的預緊扭矩性能標準來自美國工業扣件協會（IFI）所制定的 IFI 100、IFI 107、IFI 124 及 IFI 155 標準。這些測試程序將同時檢測首次與第三次裝卸扭矩循環的表現。

### 對抗自主鬆脫的最經濟實惠的方法是什麼？

答：**抵抗震動最簡單且經濟的方式，是建立並維持足夠的預緊力。**請牢記預緊力與失效之間的關係屬於一階關係，且對成功至關重要。換言之，若預緊力大於作用於系統的負荷，接合處便不會發生任何問題。

### 能否提供常規扭矩扣件的實例？

答：常規扭矩扣件可能是最常用的「鎖固」扣件與系統類型。其分為內螺紋與外螺紋兩種版本。在外螺紋類別中，可細分為全金屬、尼龍墊片及塑料嵌件三種款式。全金屬型通常依靠某些螺紋偏轉或可對標準內螺紋產生干擾的特殊設計。防鬆膠扣件是在外螺紋單側覆蓋細珠尼龍，安裝時這部位將扣件另一側楔入內螺紋，從而增強摩擦接觸並提高預緊扭矩。圓形塑膠嵌件或塑膠條亦能達到相同效果。在內螺紋螺帽部分主要分三類：側鎖式、頂鎖式與嵌入式鎖緊螺帽。側鎖式設計中，會將銷壓入一個或多個六角平面。此凹陷結構在螺帽螺紋區形成凸起，當與外螺紋扣件組裝時產生干涉作用並增強摩擦力。頂部鎖緊螺帽頂端設有兩個或三個凹槽，能有效偏轉頂部螺紋或使螺帽頂部產生橢圓變形。這兩種狀態在與外螺紋扣件嚙合時，均會產生干涉與摩擦作用。最後，尼龍嵌件鎖緊螺帽內置圓形尼龍環，其內徑小於插入螺帽頂部的外螺紋扣件外徑。當兩個部件組在一起時，較小直徑的環體會與外螺紋扣件產生干涉與摩擦，從而產生預緊扭矩。

### 防鬆膠零件與預塗膠零件有何差異？

答：有。防鬆膠零件靠螺紋單側防鬆膠產生不平衡的機械楔入作用來產生摩擦力。而黏著劑環繞外螺紋 360 度塗佈，藉由化學作用將扣件黏合固定於定位。防鬆膠零件預期需承受多次裝配拆卸循環，而黏著劑通常僅設計為單次使用。化學鍵結強度可調控，使扣件能設計為僅提供適度黏著力（便於拆卸），或形成極強鍵結（除非損壞扣件或接合處，否則幾乎無法分離）。

### 是否有能確保扣件不會完全鬆脫遺失的防鬆系統？

答：在合理範圍內，確實存在。某些情況下，夾緊力喪失雖屬不良，但扣件遺失則可能導致災難性後果。例如懸吊連桿的固定扣件。夾緊力喪失可能導致連桿鬆動並引發系統震動，但若因扣件脫落導致連桿分離，駕駛人可能完全喪失車輛控制權而引發車禍。針對此類情況，常見三種解決方案：1. 鎖固線—將金屬線穿過螺帽孔洞並編織固定，即使扣件斷裂仍能防止其移動或遺失。2. 開口銷與開槽螺帽—於外部螺紋部件鑽孔，安裝開槽螺帽後將開口銷穿過孔洞，並將凸出端纏繞於開槽螺帽的凸耳上。3. 凸耳墊圈—配備可折疊凸耳或六角切口的特殊墊圈，旨在防止螺帽旋轉或系統分離。

## 💡 螺旋彈簧防鬆墊圈是否有效？

答：若將十位專家置於一室並提出此問，必然有七八人答否，二三人答是。筆者持之見解為：其效益不足以支應額外零件成本。然亦有研究指出，特定情境下此類墊圈或具一定助益。

### 💡 斜楔墊圈如何運作？

答：此類墊圈在市場上有多種品牌名稱。它們以配對形式運作，每片墊圈的一面帶有鋸齒狀凸緣，相對面則為一對相互咬合的斜楔結構。墊圈的鋸齒面需緊貼螺栓或螺帽的承壓面，以及被夾緊材料的接觸面。齒狀結構會「咬入」接觸面以防止墊圈旋轉。另一側的斜楔結構相互咬合，當緊固系統受力時，這些斜楔會相互頂升，直至緊固件達到預載位置時鎖定到位。這些楔形結構的凸輪角大於螺紋導角，因此一旦鎖定到位，楔形結構便不可能自行鬆脫。此機制使系統牢固固定。此系統是少數能在組裝後實際維持夾緊力的設計，使其成為關鍵接合處的強力選擇—尤其當設計師需確保夾緊力得以保留時。

### 總結

還有許多其他特殊扣件或方法能提供抗震動與防自主鬆脫的特性。然而這些方法並非完全相同，某些應用情境下，部分方案可能比其他方案表現更優異。舉例而言，頂部鎖固的全金屬防鬆螺帽通常能提供比側面鎖固型更穩定的預緊扭矩。但若因空間限制導致螺紋延伸至螺帽頂部的長度不足，頂部防鬆螺帽可能失效，此時側面鎖固型反而更為合適。由此可知，設計師應釐清自身需求，在眾多選項中尋求最佳解決方案。■

著作權所有：惠達雜誌 / 撰文：Laurence Claus



廣告 | 目錄 | 海報 / 名片

**GOOD DESIGN**

**FASTENER**  
WORLD  
[www.fastener-world.com](http://www.fastener-world.com)

相關訊息請洽 業務部

📞 06-295 4000

**新思維方式  
風格不設限**

**擴大客戶的市場  
讓你的產品更有價值**

**擴大客戶的市場  
讓您的產品更有價值**

廣告 | 目錄 | 海報 / 名片

網站設計 / 架站管理

