

識別扣件故障

墊圈篇

文 / Guy Avellon

先前幾篇文章中我們曾提過，因為品質緣故導致的緊固件故障很罕見，但偶爾確實會發生。最常見的故障起因是安裝錯誤，通常是用錯部件，或是部件尺寸規格不合於配置，卻硬是安裝上去。下圖為客戶抱怨的緊固件鬆動典型案例，並以此例作說明。

有一家公司使用鑄鐵製枕塊一組，鑄件中心部位承重 6,000 磅 (2.72 公噸)。枕塊鑄件製備有一凹槽，供緊固件將枕塊固定在裝配表面。裝配孔製備為中空，可供調整。客戶抱怨這些承重枕塊不到使用期限就已提早磨損，而必須更換。



這位客戶使用幾種不同尺寸規格的枕塊。以緊固件實際測量，其中一枕塊適合 5/8" 規格的螺栓，其他則適合 3/4" 螺栓。然而，在裝配的現場，我們發現如下所示的實例：



相對於裝配孔的尺寸，使用在接合處的螺栓及平扁式 SAE 墊圈都太小。墊圈和螺栓組配件緊扣在裝配孔內，但振動和常態運動使得裝配孔變得越來越大；甚至有一個枕塊組配件已出現龜裂。

進一步檢查儲藏室存放的裝配枕塊，我們發現這些部件無法與 3/4" 的螺栓接合。反倒是，應該接合 3/4" 螺栓的枕塊只能接合 5/8" 螺栓。同樣情形，應該接合 5/8" 螺栓的枕塊只能接合 1/2" 螺栓。裝配的結果如右圖所示。



因為勉強要尺寸過小的緊扣件裝配上去，他們設法先用一個 USS 平墊圈，然後再用一個 SAE 平墊圈去填補 USS 墊圈過大的內徑。



右圖顯示的是別的裝配組，他們只用單一個硬化的 USS 平墊圈。USS 平墊圈以其較大的空孔和較大的內徑，形成在邊緣部位的應力造成硬化墊圈龜裂。這會導致夾緊力喪失，並且造成承重支撐的移動。這種支撐一旦出現移動，會造成心軸不正，導致承重部位的磨損和故障。

基本上，以右圖顯示 USS 平式墊圈（左）和 SAE 平墊圈（右）對於螺栓所有承重的支撐能力兩者間的差異。只有 SAE 墊圈在螺栓頭部下方提供完全的支撐，較大的內徑只讓墊圈的一部分扣入裝配孔。



墊圈因此產生壓痕的這個事實也同樣是個重大的問題，因為這兩種墊圈都只是由普通鍛鐵製造。這些壓痕是緊固件以正常方式扣緊時造成的。使用中的承重也更進一步的嵌入。這些凹痕表示：螺栓失去如此多等量的預置荷重。根據胡克定律 (Hooke's law)，螺栓每鬆弛 0.001" 的承重長度，接合就失去 30,000 psi 的夾緊力。這可能表示相當於一個螺栓強度等級的損失。

藉由這些平墊圈的研究可看出，使用較大直徑的平式墊圈並不會提供比六角頭螺栓頭部更大的支撐面積。對於硬質材料，例如鋼製接頭，必然如此；然而，較大直徑平墊圈卻可為薄金屬片材，例如鋁材、木材和其他軟質材料提供最佳的荷重。唯一能夠提供比螺栓頭部更大支撐面積的產品是突緣頭螺栓。這是因為墊圈基本上是六角頭部的一部分。

為了解決這個客戶的問題，他們把枕塊原先較小的裝配孔洞擴大，以突緣頭螺栓和突緣螺帽作為標準，如此，維修人員知道這些突緣產品只有在這個特定用途情況才使用。

墊圈硬度自從 1990 年代初期以來趨向放寬。墊圈硬度通常規範在 42-46 Rc 之間，但有些硬度較高。由於普通鋼採用 AISI / SAE 1065 規範，結果某些應用的墊圈脆性非常高。如果部件電鍍沒有特別留意，墊圈吸收氫元素會脆化易於脆裂。下圖就是這樣的墊圈。墊圈背面沖壓標示是製造商標誌和墊圈尺寸。這樣的沖壓產生的應力點其實加劇脆化導致故障。可以看見圓形沖壓部位距離內徑三分之一，這是墊圈覆蓋孔洞的大小。由於這個孔稍嫌過大，平墊圈有些部分在旋緊或使用時被拉入孔內。

今天，熱處理平墊圈的硬度已降低，特別是依照 ASTM F436 規範應用於結構的硬化平墊圈，其硬度在 38-45 Rc 之間。此硬度範圍不像往昔一樣容易氫脆，但是這些淬硬鋼製品在清洗和電鍍時仍須特別小心。



為了免除脆化這類的問題又同時保有抗蝕性，許多製造商和分銷商指定機械鍍鋅，甚至有機塗料的塗裝和處理來因應。