

錨栓與地腳螺絲概述

施工人員準備好開始一天的工作。2013年3月1日早上，他們將進行最後的螺絲緊固作業，就像他們之前做過的數百次一樣。這項工作與其他工作並無不同，他們的任務是將96個3英寸直徑的高強度ASTM A354 BD級錨栓拉緊到其極限拉伸強度的69%。緊固工作是在舊金山-奧克蘭海灣大橋新建東跨段中的幾個關鍵抗震結構上進行。一切都順利，當他們完成這項任務後，即開始了下一項任務。

這種大型螺絲件的拉伸並不像把扭矩扳手放到螺帽上然後轉動直至正確扭矩那樣簡單。不，這過程有點複雜，通常涉及到拉伸後的檢查，以確保一切正常，並調整任何暫時的放鬆或張力損失。基於此原因，一周後的3月8日安排了一次裝配後檢查。檢查人員驚恐地發現幾個錨栓在混凝土中的頭部斷裂。在接下來的七天裡，更多的故障將發生，直到近三分之一的已安裝錨栓失效。

隨後對失效的分析顯示，這種材料極易受氫脆影響。當與錨栓所承受的高張力負荷和持續腐蝕產生的氫氣相配時，這些錨栓註定因氫脆而失效。

這本身就是非常有趣和引人注目的故事，但本文的目的並非要討論氫脆造成的扣件失效。反之，它是一個例子，說明很少有人想到，以及不起眼的扣件是如何受到關注。對於許多加州人來說，錨栓和扣件一度成為日常談話的話題，並使錨栓獲得了一些惡名和重要性，而在這事件前錨栓卻沒有享受到這般待遇。

本文我們將研究錨栓和全螺紋牙條的基本知識。探討一個通常不受人關注的產品是如何真正成為重要複雜的工程部件。

全螺紋牙條

當金屬桿/棒在整個長度上都有螺紋時，即稱“全螺紋桿”或有時稱作“螺紋棒”。當長度相對較短或部件是較長螺紋桿的截斷部分時，它們被稱為“螺柱”。**英制螺紋桿受ASME B18.31.3“螺紋桿-英制系列”標準規範**，該標準於2009年11月10日首次發佈。B18.31.3涵蓋直徑從4號到4英寸的公制粗螺紋系列(UNC)、直徑從4號到1 1/2英寸的公制細螺紋系列(UNF)、直徑從1 1/8英寸到4英寸的8UN螺紋系列以及直徑從1/4英寸到5英寸的Acme螺紋。這些棒材的標準長度通常為3、6、10和12英尺，不過也可以生產其他客製長度的棒材。

公制螺紋桿目前受DIN 976標準規範，它取代了DIN 975。這些螺紋桿都是一米長，由鋼或不銹鋼製成。直徑範圍從M2到M48。挑選鋼材時，該標準提供八種不同性能等級(強度)，4.8、5.6、5.8、6.8、8.8、9.8、10.9和12.9。不銹鋼有A2(UNS 30400)和A4(UNS 31600)兩種選擇。

儘管幾乎所有標準化螺紋產品(包括英制和公制)發表時都是搭配標準2A級螺紋，但UNC和UNF全螺紋桿是例外，其在電鍍前指定使用1A級螺紋。8UN系列被指定使用標準2A級螺紋。螺紋檢驗符合System 21(一種ERP系統)的要求，這意味著驗收取決於是否通過GO和NOT GO螺紋量規，並顯示出符合規格的主要直徑。兩端應允許配合的螺帽自由裝配，因此全長桿和較短的切斷件通常會在兩端進行倒角。

從尺寸上看，該產品並不複雜。然而因為有諸多潛在用途和所需應用，所以出現各式材料強度選擇。

- 符合ASTM A307 A級的低碳鋼 -- 這可能是最常見的材料選項，是指擁有最小拉伸強度60 ksi的低碳鋼。
- 36級 - 是指符合ASTM F1554 36級所有要求的低碳鋼。一個常見的錯誤是指出螺紋桿應符合"ASTM A36"。A36標準只是個原材料標準，因此不適合參考這些產品的機械性能。
- 符合ASTM A193/A193M B7級的中碳合金鋼 - 是指根據棒材直徑大小，擁有100 ksi至125 ksi的最低抗拉強度的中碳鉻鉬合金。
- SAE J429 1級和2級 - 是指根據桿件直徑大小，其最小抗拉強度在60 ksi和74 ksi之間的低碳或中碳鋼。
- ASTM A449 Type 1 - 是指根據棒材直徑大小，擁有最小抗拉強度120 ksi、105 ksi或90 ksi的普通碳鋼、碳硼鋼或合金鋼。
- ASTM F1554 105級 - 是指直徑在1/2英寸到3英寸之間，具有125 ksi到150 ksi抗拉強度的的碳鋼。





圖 1：作為吊架的螺紋桿



圖 2：環氧樹脂錨栓

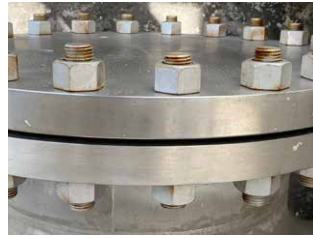


圖 3：管件法蘭連接中的螺柱



圖 4：雙臂式螺栓

- ASTM A354 BC 級和 BD 級 - 是指對於直徑 1/4 " 到 2 1/2" 的 BC 級，具有 125 ksi 的最低抗拉強度，對於直徑超過 2 1/2" 的 BD 級，具有 115 ksi 的抗拉強度，對於直徑在 4 " 以下的 BD 級，具有 150 ksi 的抗拉強度的合金鋼。
- SAE J429 8 級 - 是指直徑達到 1 1/2" 時擁有最小 150 ksi 拉伸強度的中碳和合金鋼。
- ASTM F593 合金組 1，條件 CW - 這包括 304 和 302HQ 等不銹鋼。
- ASTM F593 合金組 2，條件 CW - 是指 316 不銹鋼。
- 符合 ASTM F468 標準的黃銅 - 這表示供應商可以選擇符合 ASTM F468 標準的黃銅或海軍黃銅。
- 符合 ASTM F468 標準的鋁 -- 這表示供應商可以選擇符合 ASTM F468 標準要求的鋁。
- 其他 - 還有其他標準可以涵蓋採購商指定的任何其他材料。

預設表面處理是淺色油，但是買方可指定按 ASTM F1941/F1941M 進行電鍍鋅或按 ASTM F2329 進行熱浸鍍鋅。熱浸鍍鋅後的桿須由專門處理螺紋件的鍍鋅機處理，並且能在從鍍鋅槽中取出後立即旋掉多餘的鋅。ASTM F2329 是專為扣件編寫，用以取代對這類產品規定的 ASTM A153 C 級。該標準允許但用途較少的其他表面處理包括 Xylan、黑化和粉末塗料。

螺紋桿通常不受上述材料規格中的標記要求影響，除非買方指定這樣做。

螺紋桿的生產有兩種方式：「定長切割」和「從零開始」。

定長切割 - 當需要螺柱或較短的桿段時，通常會從較長的庫存桿件上切割。這是相對簡單的過程。第一步是用帶鋸將部件切割成需要長度。第二步是用切割工具對兩端進行倒角。最後一道工序是，如果需要，在末端蓋上等級標識。

從零開始 - 當需要較長的桿件或非庫存物品時，通常從頭開始製作。這涉及到上述過程中幾個額外步驟。第一步，在帶鋸上從圓棒切割出稍長的坯件。在第二步中，使用追線器從全尺寸圓棒上切出螺紋。在第三步中，該部件被第二次切斷。在搓牙中，會留下無螺紋殘段以固定零件。這必須被去除。接著兩端被加工倒角，一端被標記，如有必要，送去進行塗層。

螺紋桿在建築和工業應用中具有廣泛用途。幾個更常見用途包括。

- 吊架 -- 螺紋桿常被用作水管、暖通空調、電氣管道和管道的吊架系統一部分(圖 1)。螺帽或接頭一端安裝在天花板或地板結構中，另一端是安裝在被支撐物品上或周圍帶子或連接器，中間的螺紋桿將物品懸掛在天花板或地板上的適當距離。
- 環氧樹脂錨栓 - 圖 2 顯示螺紋桿或螺柱插入混凝土或磚石的鑽孔中，然後用環氧樹脂回填，使其牢牢定位。
- 延長器 -- 這並不罕見，特別是在錨栓設置過程中可把錨栓設置低一點。最簡單的解決辦法通常是用一段螺紋桿來延長它們。這可以使用一個連接螺帽和一個適當大小的螺紋桿切口來實現。
- 錨栓 -- 螺紋桿可以很快被改造成一個「錨栓」。它不如有的錨栓好，但它可能是令人滿意的替代物，而且製造容易成本低。為了在嵌入混凝土時提供錨栓的抗拉強度，嵌入的一端將組合一個螺帽或螺帽搭配墊圈，並將其粘焊到位。
- 管件法蘭螺柱 -- 從較長的螺紋桿上切割下來的螺柱常用於管件法蘭上(圖 3)。這些螺柱按照 ASTM A193/A193M B7 級或有時按 ASTM A307 b 級製造。
- 雙臂螺柱 - 螺紋桿(圖 4)與四個螺帽搭配使用，以固定木質電線桿兩側橫臂。



錨栓

錨栓又稱錨桿，作為結構件、柱子、設備和任何需要錨定物的錨點。雖然螺紋桿可用於這些目的，但錨栓則是專為這項工作設計。錨栓的定義是：「有部分或全部螺紋，一端用於澆築混凝土，另一端則從混凝土中突出，用於錨定其他材料。澆築混凝土中的一端可以是直的，也可以是具抗拔功能的，如：彎鉤、鍛造頭、攻絲或焊接附件。

錨栓受 ASTM F1554 標準規範。該標準包括筆直、彎曲、有 / 無頭的錨桿。不包括機械膨脹錨栓，粉末活性釘以及由變形桿製造的錨栓。該標準包括四種材料；碳鋼、中碳硼鋼、合金鋼和高強度低合金鋼。它指示了三種不同強度等級和兩種不同螺紋等級。下表 1 描述了本標準中的三種不同強度等級。

表 1. 錨栓強度等級	強度等級	拉力強度, ksi (MPa)	線徑範圍, 英寸
	36 級	58-80 (400-558)	1/2 - 4
	55 級	75-95 (517-655)	1/2 - 4
	105 級	125-150 (862- 1034)	1/2 - 3

根據 ASME B1.1 規範，螺紋應是 1A 或 2A 級公制粗 (UNC) 螺紋系列。除非特別指名 1A 級，否則配合螺紋應被理解為 2A 級。對於大於一英寸的尺寸，購買者可以選擇 8UN 螺紋系列。然而與螺紋桿不同，公制精細 (UNF) 螺紋系列沒有標準化的選擇。螺紋要按照 System 21 的要求進行檢查，這意味著它們須通過主要直徑的尺寸驗證，並通過一個 GO 和 NOT GO 的螺紋環規。

55 級和 105 級皆要進行熱處理。為了確保這些產品透過回火恢復冶金韌性，55 級的最低回火溫度要求為 800°F，105 級為 1100°F。這些最低回火溫度相當重要，因為在太低的溫度下回火會導致錨栓可能仍具脆性，這對這類型扣件來說是完全不可接受的。

其他重要考量還有：

- 36 級必須是可焊接的。
- 彎曲過程可以在高溫或低溫，但不可有裂縫，彎曲區域的面積減少不應低於直柄的 90%。
- 未經熱處理的彎曲溫度不應超過 1300°F。
- 彎曲 55 級時，添加的熱量應低於 700°F，105 級應低於 1000°F。
- 36 級和 55 級通常與符合 ASTM A563/A563M 標準的 A 級螺帽搭配使用，依據錨桿直徑可選擇六角或重型六角。
- 105 級錨桿應與符合 ASTM A563/A563M 標準的重型六角螺帽搭配。

關於螺帽的一項重要考量是，只要保持 " 螺帽搭配原則 "，即螺帽的證明載荷應力應等於或大於錨栓的最小拉伸強度，就可以用 ASTM A194/A194M 或 ASTM A563/A563M 中的其他等級螺帽來替代。這將確保錨栓會比螺帽更早失效。

與螺紋桿相似的是，錨栓有一般、鍍鋅、熱浸鍍鋅或機械鍍鋅的選項。錨栓和螺帽必須有相同塗層類型，但對任何成對墊圈來說，這不是必要條件。

螺紋桿沒有具體的標記要求，但錨栓有。預設的要求是 36 級螺栓突出混凝土的一端應噴成藍色，55 級螺栓應噴黃色，55 級螺栓突出的一端應噴成黃色，可焊接的 55 級螺栓被包覆住的一端應噴成白色，105 級螺栓應噴成紅色。如果採購商喜歡這種方法，也有一個替代或補充標記要求。對於突出的一端，36 級應打上「AB36」、55 級應為「AB55」，105 級應為「AB105」，也能額外要求要有製造商徽章或 ID。



圖 5：建築立柱用的錨固螺栓



圖 6：變電站



圖 7：風塔桅桿的錨固方式



圖 8：安裝有頭錨栓



錨栓適用於所有錨定應用。常見應用包括：

- 橋樑 - 錨固支座、引橋板和鋼欄桿。
- 鋼結構建築 - 錨固建築支柱和支承板 (圖 5)。
- 燈桿。
- 交通號誌。
- 工業設備。
- 儲水箱 - 錨定支柱和立管。
- 電氣 - 變電站設備、母線支架和電桿 (圖 6)。
- 地面安裝太陽能結構。
- 風塔桅桿 (圖 7)。

有頭錨栓 (圖 8) 有個成型頭部，被嵌入混凝土中，能起抗振作用。這些錨栓常用於混凝土基礎，以固定結構鋼柱、燈桿、橋樑軌道、變電站結構和風塔桅桿。

90° 錨栓 (圖 9) 有個彎曲部嵌入混凝土中用於提供抗拔力。這些錨栓常用於支撐鋼結構柱、燈桿、公路標誌結構、橋樑軌道和工業設備。



圖 9：安裝 90° 錨栓

錨桿可由螺紋桿製成，一端焊接有螺帽或螺帽和墊圈。雖然這些錨桿可能不如有頭錨桿好，但它們是常用的，當時間或可用性是個問題時就會別具優勢。

楔形桿螺栓是環氧樹脂錨栓的另一種設計，在嵌入的一端有壓痕以抵抗拉出，通常被用於公路工程。

總結

這些產品是非常重要的扣件，用於許多應用。雖然它們通常沒有獲得很多關注，但正如本文所述，有很多方面需要去瞭解。幸運的是，已有一些標準可以協助確保品質和性能可以得到很好的維持。■

撰文：Laurence Claus 著作權所有：惠達雜誌

