

SAE 扣件與 ASTM 扣件 的差異

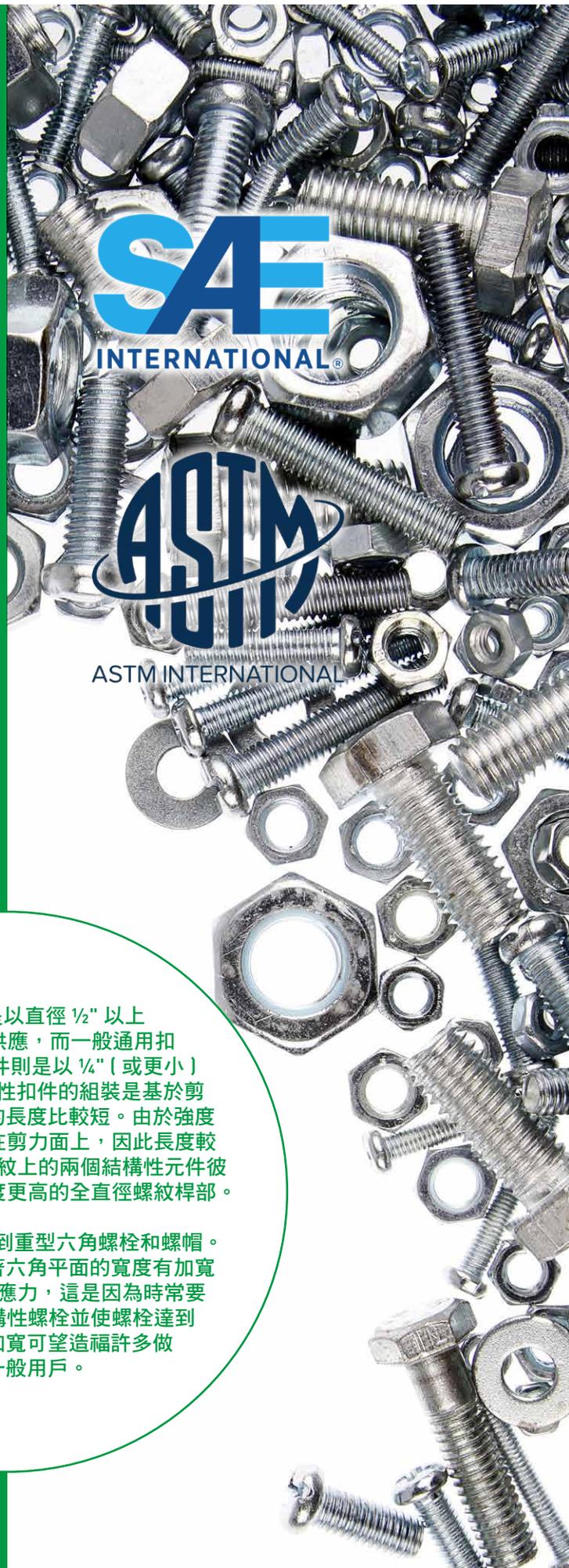
國際汽車工程學會 (SAE) 自 1949 年以來，透過其制定的 SAE J429 標準，負責研擬外螺紋扣件的力學特性要求與材質要求。這是汽車、卡車、巴士和重型設備等等用途最常使用到的標準。

美國材料與試驗協會 (ASTM) 成立於 20 世紀初期，負責為鋼材、其他材料與其產品的產業訂定生產標準以及測試方式標準，以符合產品的 QA 標準。ASTM 標準的扣件主要用於結構性的用途、管線、造船、造橋、工業建築與維修。但也有跨 SAE 與 ASTM 標準的通用性扣件產品。也有在 SAE 手冊中找不到的 ASTM 標準扣件，例如墊片、非鐵扣件和六角頭扣件。

直到 1974 年，美國材料與試驗協會旗下的 F16 扣件委員會成立，專責於扣件產品。其中對結構性建築領域來說最重大的首要貢獻是研發 A325 螺栓。

結構性扣件是以直徑 1/2" 以上的尺寸來供應，而一般通用扣件和 SAE 規格的扣件則是以 1/4" (或更小) 的尺寸來供應。結構性扣件的組裝是基於剪力的應用，因此螺紋的長度比較短。由於強度弱的螺紋絕不可出現在剪力面上，因此長度較短的螺紋可確保避免螺紋上的兩個結構性元件彼此剪力相觸，而不是強度更高的全直徑螺紋桿部。

ASTM 規格也會需要用到重型六角螺栓和螺帽。這裡的「重型」意味著六角平面的寬度有加寬來支撐比較大的組裝應力，這是因為時常要用動力扳手組裝結構性螺栓並使螺栓達到降伏點。尺寸的加寬可望造福許多做維修的一般用戶。



ASTM A307 是一種低碳的重型六角螺栓，有兩種強度等級。等級 A 是通用、非攸關安全性用途的六角螺栓，拉伸張力為 60,000 psi。等級 B 是鑄鐵管線的法蘭接合部位所使用的重型六角螺栓，拉伸張力為 60-100,000psi。這相當於強度接近等級 2 的 SAE 扣件，但又不完全相同。

A325 的類型 1 是一種重型的六角結構性扣件，通常有鍍鋅塗佈以適用於極端的戶外使用條件。類型 3 的螺栓是以耐候鋼製成來抗大氣腐蝕。類型 1 的扣件會有標示 'A325'，但也可能有三條相隔 120 度的輻射狀線條。這與 SAE 等級 5 的扣件強度相同，且同樣都有三條輻射狀線條的頭部印記。

ASTM A449 則完全等同 SAE 等級 5，它的化學要求與材質要求相同，包括頭部三條輻射狀的級別線條也相同。它的尺寸為標準六角帶帽螺絲，與 SAE 標準的產品相同。

BD 等級的 ASTM A354 扣件強度等同於等級為 8、降伏強度為 150,000 psi 與 120,000 psi 的 SAE 扣件，但有些許例外。最重要的一點是，所有 BD 等級的各尺寸扣件都必須以合金鋼來製造。SAE 標準對某些尺寸有規定非合金鋼的使用。其二，BD 等級的扣件必須測試安全荷載，測試結果必須記入材質測試報告中，此外也要做楔墊抗拉強度試驗並取得硬度的讀數。SAE 標準則未要求做安全荷載測試。

等級 8 的 SAE 扣件與 BD 等級 A354 扣件用於結構性用途的同級產品為 A490。然而根據美國的標準，A490 扣件與其搭配的螺帽決不會經過熱浸鍍鋅或電鍍處理以避免氫脆化，這是因為其強度與硬度高，且這種扣件為了保持一致性，會以工具組裝直到進入降伏點為止。

A325/A449 螺栓可能會在熱處理後做水淬。A490/A354BD 螺栓則全都要做油淬。這會產生出馬氏體晶粒結構，延展性達 14%，與 A325 扣件相同。

SAE 標準面對平墊片並沒有特定的等級區分，不是普通處理的（經過退火且變軟）、就是經過熱處理或硬化處理的。經硬化的平墊圈在商業市場上流通，並沒有標示以在兩個種類之間做區分，不過經過全硬化的平墊圈用於汽車重型設備的關鍵用途。ASTM 包含 F436 規格，此規格沒有指定材質和熱處理硬度。這些硬化的平墊圈的設計要能承受很高的降伏荷載，不可凹陷或導致大幅的應力鬆弛，其中一面會有 'F436' 的標記。

因此在非結構性與非剪力的應用中，可以用等級 5 的 SAE 扣件來取代 ASTM A449 或 A325 扣件。同樣地，在非剪力與非結構性的應用中，可以用 BD 級 A354 扣件來替代 A490 扣件。BD 級 A354 扣件可在任何用途中取代等級 8 的 SAE 扣件，但等級 8 的 SAE 扣件必須在取得買主的確認後才能取代 BD 級 A354 扣件。

若有某個規格需使用 ASTM A193 扣件，則不可用任何 SAE 扣件來取代。A193 涵蓋抗高溫的合金鋼扣件和不鏽鋼扣件。A193-B7(簡稱 B7) 扣件是以牙棒或重型六角扣件的形式做供應。這種材料常用於高溫（達攝氏 593 度）高壓的載體，例如 ASME SA193。B7 牙棒和螺絲可以用來取代等級 5 的 SAE 扣件，但絕不能反過來，因為 B7 的強度為 125,000 psi，比等級 5 的 SAE 扣件 120,000 psi 的拉伸強度還要高一些。B7 扣件的降伏特性比等級 5 的 SAE 扣件還要好，且它的材質是 4140 合金鋼，而不是中碳鋼。

螺帽又是完全另一回事了。ASTM 對結構性螺帽與普通螺帽有幾項指定的規格。其典型的螺帽包括重型六角螺帽、六角螺帽和厚的六角螺帽。這些螺帽列載於 A194 標準當中。

重型六角螺帽有更多的質量，例如它的平面寬度更寬，以在結構性扣件進入降伏點時提供更大的支撐。等級為 D 的 ASTM A563 的安全荷載為 150 ksi；等級為 DH 和 DH3 的則為 175 ksi。與普通的六角螺帽相比，等級 B 的安全荷載為 120 ksi，等級 D 為 135 ksi，等級 DH 與等級 DH3 為 150 ksi。等級 DH3 的材質是耐候鋼，來搭配類型 3 的鋼鐵螺絲。因此等級 DH 的重型六角螺帽或一般六角螺帽可以搭配等級為 8 的扣件。

所有 SAE 螺帽不論其等級，尺寸都相同。例如：等級 2 的 1/2" 螺帽規格等同於等級 5 的 1/2" 螺帽以及等級 8 的 1/2" 螺帽。不同之處在於熱處理與鋼材化學性質。從技術上來說，若螺帽夠厚，等級 2 的螺帽可用在等級 8 的扣件上，螺帽的直徑至少要是扣件的 2.5 倍。

厚度與硬度之間的關係很類似攻孔的深度與長度的關係。長久以來的經驗法則是孔洞的深度只需要和扣件的直徑一樣長就好，這可透過將凹頭扣件裝入高硬度工具用鋼來應證。若凹頭扣件裝入較軟的冷滾軋鋼，孔洞必須更深才能有更多螺紋來輸送扣件的荷載。基於和扣件硬度的相關連性，基底材料越軟，孔洞就必須越深才能支撐扣件所需的荷載。

不論使用 SAE 或 ASTM 規格，你可以確信該扣件的材質和加工處理都經過指定以提供最佳性能。■

文：Guy Avellon 著作權：惠達所有

