

聯信標準	材料選擇	版次	1988
材料文件類		類號	IFI 第六版
Q-LAB		規範	

導論

選擇一個不正確之材料可能會導致極其嚴重之後果，但通常在選擇材料，並不是謹慎從事，這是因為為操作狀況選擇適當材料是非常困難的事情。例如，如緊固件之主要要求為強度，可以考慮用碳鋼。如果操作狀況為腐蝕性環境時，可以使用表面處理緊固件，如更加嚴重時，考慮不銹鋼及抗蝕材料。

如使用在必須避免磁性之場合，可以考慮使用沃斯田鐵不銹鋼，鋁或銅合金或塑膠材料。

如需高導電性則使用鋁或銅，如不導電為主要考慮因素則使用不導電材料。

節省材料重量時鋁為最佳材料，如考慮減輕重量及高強度請使用鈦材料。

工作場合為高溫或極低溫時，使用不銹鋼或超合金。

一個設計者並不一定必須是個材料專家，材料之選擇及設計所必須考慮最大前題為安全，因此基本材料選擇範圍大為縮減。

每一項基本材料——如碳鋼——均有不同之化學成份可供選擇，因此可依不同之使用場合選擇合適之材料依製造及處理技術達成要求。

設計師們並不須要了解各項材料細目，但製造者則必須了解各項材料及特性，以便能選擇最適切之材料。如果設計師選擇了基本材料及使用場合要求，則產品材料細目須由製造商選擇，設計師只賦予基本要求，製造商自由度越多則越能發揮其製造技術，製造商因成本考慮而自行選擇材料是可以的，規定越多只是增加成本。

基本考慮因素

強度：

如果緊固件使用之場合為負荷狀況時，請使用鋼，鋼是最便宜，最多樣式之材料，事實上，比鋼貴之材料只使用於特殊場合要求之選擇。

低碳鋼之抗拉強度規定為 60000 PSI 以上，中碳鋼熱處理為 120000 PSI 以上，低合金鋼為 150000 PSI 以上，一些超合金鋼更可以達到 260000 PSI 以上，緊固件強度超過 400000 PSI 在設計及製造上是可能的，但此類緊固件並非業餘人員使用，事實上，除航太用緊固件外，很少使用緊固件場合需要 180000 PSI 以上的。

三種類型之不銹鋼材料：沃斯田鐵系，肥粒鐵系，麻田塞鐵系，具有不同之強度等級，沃斯田鐵系不銹鋼如 303, 304, 305, 321 等為不可熱處理的，其強度之改善有賴於冷間成型及加工硬化技術，固溶退火緊固件強度為 75000 PSI，冷間成型者接近 90000 PSI，加工硬化依產品尺寸可達 125000 PSI，肥粒鐵系不銹鋼如 430 及 430F 為不可熱處理，其強度為 70000 PSI，麻田塞鐵系不銹鋼如 410, 416, 431，經熱處理後強度可達到 180000 PSI。抗蝕合金中使用最廣的是鋁合金，鋁合金緊固件重量輕，具有高度之強度/重量比，良好之耐蝕性，耐高溫

聯信標準	材料選擇	版次	1988
材料文件類		類號	IFI 第六版
Q-LAB		規範	

且導電性良好。有成打之鋁合金可供製造緊固件，抗拉強度由純鋁的 13000 PSI 到最常用的 2024, 7075 合金的 60000 PSI。

銅合金(黃銅及青銅)是不熱處理的，強度範圍由 462 號海軍黃銅的 50000 PSI 到 630 號鋁青銅的 105000 PSI。

鎳合金具有高強度，高抗蝕性，高平滑度，能耐極大溫差，但成本較高，強度範圍由鎳銅合金的 80000 PSI 到鎳銅鋁合金的 130000 PSI。鈦，因其具有非常高之強度重量比，因此廣用於航太工業，飛彈及其它特殊要求場合。鈦合金 Ti-4Mn-4Al 及 Ti-6Al-6V 具有 150000 PSI 強度以上，目前鈦製緊固件實用強度已達 200000 PSI 以上。

有某些場合使用非金屬材料，但並不多。同時基於強度上之考慮，塑膠材料強度不高。但令人驚訝的是，某些塑膠材料之強度重量比比低碳鋼還高。以最常用的尼龍而言，其強度為 10000 PSI。

腐蝕因素：

腐蝕因素在金屬材料使用上佔一相當重要之因素，它相當浪費且不可忽視，控制困難又耗費成本，且經常導致緊固件失去效用。腐蝕耗費了美國消費者數億美金，且無法回收。當分析緊固件之適用性，設計人員首先注意到的是使用場合(環境)，緊固件是否在腐蝕環境下使用？否定的答案很少，肯定的答案迫使設計人員必須去評估腐蝕環境，並採取措施。因為腐蝕因素相當重要，不只是暴露於大氣中腐蝕，它包含了電氣腐蝕，高溫氧化及應力腐蝕等，請參考本規範腐蝕章。

鋼製緊固件使用於大氣中通常採取不同之表面處理方式。一般而言，塗層越厚，抗蝕能力越佳，對厚塗層如熱浸鋅等方式表面處理者，通常必須修正其螺紋之配合以保證其組合能力，同時當結合時負荷越大，應力腐蝕就越嚴重，緊固件超過 HRC 39 度者，其應力腐蝕就是一個真正的問題。

數年前一種鋼鐵新材料被發展出來，它對空氣腐蝕具有良好之抵抗能力，因此廣用於構造物像橋樑，建築，鐵塔，此種低合金鋼含有銅因此會在表面生成氧化覆膜，因此對腐蝕具有抵抗能力。

在腐蝕更激烈之環境下(如船舶，化學工廠，紙漿廠等)，碳鋼製品連表面處理亦無法勝任，可以使用不銹鋼或抗蝕合金，不同合金有不同之抗蝕性，為避免麻煩，通常只選擇其中少數幾種材料，如 T316 不銹鋼對抗鉻酸相當優良，其它不銹鋼，銅，鋁，鎳合金則無法勝任，請參考本規範腐蝕章之指南。

溫度變化：

高溫狀況：

聯信標準	材料選擇	版次	1988
材料文件類		類號	IFI 第六版
Q-LAB		規範	

大部份材料之性能對溫度之變化相當敏感，金屬材料在溫度升高時會對強度有不良影響，在溫度升至華氏 500 度或更高時，其它問題將一一產生，包括表面處理的破壞，高溫氧化或腐蝕，熱膨脹，或過熱故障。

有一些抗蝕材料可耐高溫，避免使用非金屬材料，通常使用中碳鋼或超合金，使用在華氏 450 度以下使用中碳鋼或低碳合金鋼，在華氏 450 到 900 度時可以使用 ASTM A193/A193M, ASTM A194/A194M 所規定之不銹鋼或鉻鉬鋼。在更高溫度之使用狀況下，可以使用超合金 A-286 和 Inco 718，可在華氏 1200 度的環境下仍然保持良好之機械性能，鎳-鈷合金如 M252, Rene 41, Waspalloy, Udimet 可達華氏 1600 度，超過上述溫度時設計人員必需尋求含鉛，鉬，鉭，鎢之超合金，此類合金可耐華氏 3000 度之高溫。

也許某一些問題會伴隨溫度變化而產生，不只是強度變化，如表面處理，如鍍鎳，在華氏 450 度時就融化了，此時應改鍍鋅以保持之，在華氏 900 到 1400 度時應採用鍍銀，在更高溫度狀況下，目前尚未發現適合之塗層材料。

幸運的是，使用環境溫度超過華氏 900 度的狀況相當少，因此設計者在選擇材料上，尚不需面對各項疑難雜症。

低溫狀況：

當溫度降至華氏-30 度時，大部份金屬緊固件仍可正常使用，但如長期使用在 0 度狀況下時緊固件之性能將受影響，一般來說，溫度越低，抗拉強度，降伏強度，抗剪應力會增加，但延展性及粗度變差可能使緊固件破裂，通常，金屬材料均有其敏感特徵，如低碳鋼就不適用於低溫狀況。

在 ASTM A320/A320M B-83 頁列有適用於低溫狀況下之合金，如 AISI 4340 和 4037 就適用於低溫大氣下之使用狀況，富鎳合金 AISI 4340 及 8740 可適用到華氏-100 度，沃斯田鐵系不銹鋼在華氏-300 度狀況下仍可正常使用。

其它適用於低溫狀態下之材料有鋁，特別是 2024-T4。許多鈦合金，一些銅及黃銅材料，甚至非金屬材料，如鐵弗龍(Teflon)。

在某些處理液態瓦斯或石油氣場合中，其溫度範圍為華氏-250 到-450 度之間，選擇及測試這些緊固件相當不容易，適用的材料有 Inco 718, Unitemp 212, A-286, Rene 41, 這些合金同樣適用於高溫狀態。

成本：

緊固件之材料成本約佔製造成本之 30 - 80 %，最便宜的材料大概是低碳鋼，當碳素或其它成份增加時，成本同時增加，但是中碳鋼及低合金鋼成本仍低於其它金屬數倍，如在大多數一般條件下，300 系列不銹鋼成本為中碳鋼之 2.5 倍，銅合金則為 5 倍，鋁合金為 6 倍，A-286 為 12 倍，Monel 為 20 倍，鈦為 75 倍，其它耐高溫及低溫材料則為超過 100 倍以上。

聯信標準	材料選擇	版次	1988
材料文件類		類號	IFI 第六版
Q-LAB		規範	

設計人員應注意選擇材料時，依要求狀況選擇合適之材料以免造成浪費。

緊固件性能：

緊固件使用所考慮包括物理，機械及使用性能。

物理性能(Physical Properties)：

物理性能(Physical Properties)為緊固件材料之物理性質，如密度，膨脹係數，導電性，導磁性等性質。

機械性能(Mechanical Properties)：

機械性能(Mechanical Properties)為緊固件在負荷狀況下之性能，如硬度，抗拉強度，降伏強度等視製造狀況及處理方式而定。

使用性能(Performance Properties)：

使用性能(Performance Properties)為滿足不同要求狀況之各項製造功能性特徵，如鎖緊能力，扭力，或貫穿力等。

機械性能(Mechanical Properties)：

機械性能一般為緊固件之強度特徵及負荷能力。緊固件強度級數—為每一種緊固件機械性能定義—為大多數金屬材料一種標準化數值，大多數之規定可在 ASTM , SAE , ISO , IFI 找到，至於測試機械性能的方法可參考 ASTM F606 規定。

外螺紋產品之機械性能：

抗拉強度(Tensile Strength)：抗拉強度為緊固件所能負荷拉力至破斷時之最大值。一般而言，抗拉強度以應力—PSI(Pounds per Square Inch)—表示。至於緊固件之應力面積可參考 ANSI/ASME B1.1 規定。在拉力為 100000(45.5 噸)磅以下之測試應實施全尺寸測試，易言之，製造商之應具有 100000 磅以上之拉力設備。高拉力之緊固件准實施取樣測試，拉力試驗棒之尺寸可參照 ASTM F606 規定。

六角頭螺栓，螺絲，六角凸緣螺絲，六角孔沉窩螺絲，螺樁應採行楔片拉力試驗，其它外螺紋螺栓，螺絲以施行垂直拉力測試以決定其抗拉強度。在楔形拉力測試，一個經熱處理

聯信標準	材料選擇	版次	1988
材料文件類		類號	IFI 第六版
Q-LAB		規範	

硬化後之墊圈置於測試件頭部下方，螺樁的話則以螺帽代替，施以拉力時，因斜行之故，故測試件並非平均受力而是斜向受力的，測試之結果應符合規範之最低限制。應注意的是，破斷處於不可位於頭柄連接點，因為楔片試驗之目的就在於測試頭柄連接處之拉力是否正常以免產生斷頭危險，斜向角度因緊固件尺寸，強度等級，頭部型式，螺紋到頭部之距離之不同而為 4 到 10 度。

降伏強度(Yield Strength) :

所謂降伏強度為材料產生永久變形時之最小值。降伏強度在機械測試上相當簡單，這是因為樣本在應力長度內之應力面積無太大變化，但不幸的是因為在冷作過程中產生變化導至樣品與產品之差異使得測試準確性不高。測試全牙緊固件之降伏強度非常困難，因為頭部，螺紋部，柄部之鍛造比均不相同，因此較簡單之保證荷重觀念因而產生。

保證荷重(Proof Load) :

保證荷重為產品承受負荷不會變形之值，保證荷重為一絕對值而無所謂最大最小之分。在測試過程上，緊固件之全長應先予測量，施予保證荷重持續數分後放鬆，再測量其全長，長度之比較在量具公差及測量公差內為合格，保證荷重值不應超過材料之降伏強度。在大多數之緊固件等級中，保證荷重值大約為材料降伏強度的 90 - 93 %。當保證荷重值接近 (不超過) 降伏強度時，通常是用來作緊固件分析及選擇。

硬度(Hardness) :

硬度是材料抵抗磨擦及衝擊能力之數值。緊固件硬度之所以重要乃是因為其測量快速，簡單，無破壞性，而且碳鋼類緊固件之硬度與強度有正比關係，抗蝕材料及不銹鋼亦有類似特性，但比例不同。緊固件之硬度通常以洛氏硬度(Rockwell)，勃氏硬度(Brinell)，或維克氏硬度(Vickers)，洛氏硬度有數種尺度(A, B, 15N, 30N)量表，勃氏及維氏則各有一個量表。碳鋼硬度及抗拉強度對照表可參照 ASTM A370 或 SAE J417 表 1 規定。

大多數緊固件強度等級硬度標準係依照基本材料而訂定，所對應之強度亦為最低數值，一般硬度測試之部位通常位於頭頂，頭側，柄部或尾部。

一般調質熱處理緊固件，通常須測試表面硬度及心部硬度，如果表面硬度低於心部硬度過多，則可能是表面脫碳造成，如果表面硬度高於心部硬度過多，則可能是滲碳造成，這兩種狀況均可能造成緊固件使用失敗。

延展性(Ductility) :

聯信標準	材料選擇	版次	1988
材料文件類		類號	IFI 第六版
Q-LAB		規範	

延展性係材料在破斷前所能伸長之能力。如橡膠之延展性特佳，玻璃則反是。最通常拿來衡量延展性的方法是伸長率及斷面縮率，這兩項都很容易測量，但在實施全尺寸試驗時，因為破斷處通常位於螺紋部，所以常存在有相當之誤差量。延展性與降伏強度/抗拉強度比通常成反比關係，比率越低，延展性越佳，比率增加時，延展性降低。

堅韌度(Toughness)：

堅韌度是材料耐撞擊的能力，堅韌度之衡量單位是衝擊強度(Impact Strength)，衝擊強度測試在航太用緊固件使用較多。

剪斷強度(Shear Strength)：

剪斷強度是緊固件中軸承受水平力量不致斷裂之最大強度，單一剪力發生在平面之一側，剪斷時緊固件成為兩片，雙剪力時應力發生於兩側，破斷時緊固件成為三片。

扭矩強度(Torsional Strength)：

扭矩強度是一種負荷，通常使用扭矩，自攻螺絲通常須要測試扭矩。

螺帽機械性能：

保證荷重(Proof Load)：

螺帽保證荷重係延軸方向所能負荷重力不致產生變化之能力，為一絕對值而無極大極小之分。

測試時，結合螺栓或治具延軸方向施以負荷，放鬆，螺帽可以輕鬆的自螺栓或治具中旋轉。上述最後要求之所以被重視乃是因為它證明了螺帽不因負荷產生螺紋變形以致螺紋無法配合。

螺帽保證荷重級數視應力大小而定，每平方英寸承受磅數(PSI)為其計算單位，實用時先查出荷重磅數再除斷面積。

硬度(Hardness)：

硬度乃是螺帽機械性能相當重要的一項項目，不僅由於它快速且易測，更重要的是它是除了保證荷重外可以測試之項目，螺帽不像螺栓一樣有硬度及抗拉強度之相關表，這是因為其合金成份影響了螺帽之強度。

聯信標準	材料選擇	版次	1988
材料文件類		類號	IFI 第六版
Q-LAB		規範	

表 1 碳鋼緊固件抗拉強度，硬度關係表

抗拉強度 ksi	洛 氏 硬 度			勃氏硬度	維克氏硬度
	B	C	30N		
56	65.7	-	-	111	117
60	69.8	-	-	121	127
65	74.0	-	-	131	137
71	78.7	-	-	143	150
76	82.9	-	-	156	163
81	86.0	-	-	167	175
85	87.8	-	-	174	182
90	90.7	-	-	187	196
95	92.8	-	-	197	207
100	94.6	-	-	207	218
105	96.4	-	-	217	228
110	97.8	20	41.5	226	238
114	99.0	22	43.2	237	248
117	100	23	44.0	243	254
120	-	24	45.0	247	260
122	-	25	45.9	253	266
125	-	26	46.8	258	272
128	-	27	47.7	264	279
132	-	28	48.6	271	286
135	-	29	49.5	279	294
138	-	30	50.4	286	302
142	-	31	51.3	294	310
145	-	32	52.1	301	318
149	-	33	53.3	311	327
153	-	34	54.2	319	336
157	-	35	55.0	327	345
162	-	36	55.9	336	354
168	-	37	56.8	344	363
171	-	38	57.7	353	372
176	-	39	58.6	362	382
181	-	40	59.5	371	392
188	-	41	60.4	381	402
194	-	42	61.3	390	412
201	-	43	62.2	400	423
208	-	44	63.1	409	434
215	-	45	64.0	421	446
222	-	46	64.8	432	458

聯信標準	材料選擇	版次	1988
材料文件類		類號	IFI 第六版
Q-LAB		規範	

可焊性不良。含銅量超過 0.20%時有助於材料之抗腐蝕性。鎳可改善強度，低溫狀態之耐衝擊性，抗蝕性，並改善淬火硬化能使淬火品質穩定。鉻可以增加硬化能，改善抗腐蝕性，同時在高溫狀況下仍可保持強度。鉬可穩定淬火時之品質，防止淬裂，在高溫狀態下保持強度之效果非常好。硼對改善淬火硬化能具有最佳效果，通常使用於低碳鋼。

兩種合金元素之添加對鋼而言各有其效用，事實上，添加兩種同一效果之合金比僅添加一種合金之效果更好。近年來，低碳麻田塞鐵系鋼，如硼鋼，可以獲得與中碳鋼及某些合金鋼同樣強度級數之效果，而且省掉了成型前之退火處理，可塑性更佳，延長模具壽命，可得更精製之表面，常用之合金有 10B18, 10B21, 10B22 及含碳較高之 10B30。硼鋼易於以經濟之手法取得。

外螺紋緊固件之強度等級系統：

規定碳鋼外螺紋緊固件級數之標準至少有一百種以上，每一種都有其級數等級，強度區分及辨識符號。恐怕得要天才才能弄懂，因此只介紹幾種常用之規範。碳鋼外螺紋緊固件最常用的規範是美國汽車工程師協會所發展的 SAE J429，它包含了低碳鋼的級數 1 到合金鋼的級數 8。

關於其它重要的相關規定則有 ASTM A307, A449, A354, A325, A490。

表 2 彙整了基本材料，機械性能，強度區分，及級數辨識符號。

強度區分：

在 SAE 系統中強度區分由 1 到 8.2。數目之大小除了由小到大代表抗拉強度之增加外無其它意義，小數點以下代表相同強度級數但材料或處理方式不同。在 ASTM 之級數分類中係以其文件編號為主，有時在同一文件編號中有數種型式，這代表了材料的不同——如 ASTM A325 1, 2, 3 型——同材料而不同級數——如 ASTM A307 A, B 級。

辨識符號：

SAE 及 ASTM 中碳鋼及合金鋼緊固件均需打製級數印記，唯一的例外是割溝(Slot)及類似十字孔(Recess)之小螺絲，一般而言，小於 1/4"而頭部無法容納印記者。另外，更重要的是：這些標準亦要求碳鋼製外螺紋緊固件需由製造廠商打製印記。

印記是購買者品質最好的保證，印記須包含有級數及廠商印記，因此可實施產品追蹤，如因任何欺騙而導致產品使用故障，可追溯至生產廠商負責。

碳鋼螺絲如未打上印記時，就必須非常小心處理，無級數印記為規定低碳螺絲無須標記，如無廠商印記者則可能係來自北美以外地區或未按規定打印之問題產品。

聯信標準	材料選擇	版次	1988
材料文件類		類號	IFI 第六版
Q-LAB		規範	

高強度級數：

研究 SAE 及 ASTM 規範後可發覺它們只規定到 150000 Psi 強度級數，因此在選擇高強度之緊固件時，設計人員會面臨到無規範可循之危機。

在抗拉強度超過 160000 Psi 或硬度超過 HRC 40 時，如六角孔承窩螺絲及航太用緊固件，產品硬度超過 HRC 39 可能產生應力破裂。當規定之硬度增加，抗拉強度增加，製造商即應對材質及熱處理之各項事項加以注意。

其它級數：

ASTM 有四種相關於碳鋼外螺紋緊固件，分別是 A574, A687, A193, A320. A574 規定了六角孔承窩螺絲自 #0 到 4" 之規定，其抗拉強度在 1/2" (含) 以下為 180000 Psi，以上為 170000 Psi，A574 之強度級數規定不適用於其它緊固件，它是專門用於六角孔承窩螺絲 (Alloy socket cap screw)。

A678 規定專用於低溫狀態之耐衝擊緊固件，抗拉強度為 150000 Psi。

A193/A193M 涵蓋了數種沃斯田鐵系不銹鋼之規定。

A320/A320M 涵蓋了數種碳鋼及沃斯田鐵系不銹鋼在低溫狀態下使用之規定。

不銹鋼緊固件：

不銹鋼是一系列之抗蝕合金，至少含有鉻 12% 以上。鉻是一種不腐蝕之元素，含量越高，抗蝕性越佳。

所有的不銹鋼，除了含鐵及鉻之外，尚包含了一些碳素，但碳含量相當低且必須予與嚴格管制，這是因為鉻容易與碳結合生成碳化物，而鉻碳化物有礙於抗蝕性。一般而言為維持抗蝕性，當碳含量越多時，鉻含量亦應相對增加。

另外，不銹鋼尚含有一些其它元素，其中以鎳最重要，它可以改善抗蝕性，增加低溫狀態下之耐衝擊值，改善強度。其它元素尚有鉬，銅，矽，鋁，硫，硒，鉍，鈦等元素以符合各項功能。不銹鋼之所以不銹乃是因為它的金屬表面生成一層極薄之氧化膜，就算該層氧化膜脫落，也會再重新生成。

不銹鋼緊固件之製造通常以打頭或車製為主，在製造過程中，緊固件表面會弄髒，因此要將緊固件表面清洗(或酸洗)乾淨，因為如果表面不潔的話，還是會生鏽的。

鈍化 (Passivation) 是一種以硝酸及清水浸洗不銹鋼表面使髒物分解脫離之加工過程，清洗完畢不銹鋼表面會立即生成氧化膜保護不銹鋼不受腐蝕，為了抗蝕性，不銹鋼緊固件必需鈍化。

不銹鋼可以分成三群族群，沃斯田鐵系，肥粒鐵系及麻田塞鐵系。另外尚有一種混合群——析出硬化系——每種都有其不同之特性，請參考 ASTM F593 表 1 規定。

聯信標準	材料選擇	版次	1988
材料文件類		類號	IFI 第六版
Q-LAB		規範	

沃斯田鐵不銹鋼(Austenitic Stainless Steel) :

沃斯田鐵系不銹鋼有時又稱為 18-8 系列或 300 系列不銹鋼，其化學成份主要特徵為 18% 鉻和 8% 鎳。

沃斯田鐵不銹鋼之抗蝕性能比肥粒鐵系及麻田塞鐵系不銹鋼為佳，不能熱處理，其機械性能之改善來自冷作及加工硬化，在高溫及低溫狀況下機械性能仍良好，同時它不帶磁性。大約有 80% 以上之不銹鋼是沃斯田鐵系不銹鋼，包含有 25 種以上之不同成份，但用於緊固件者只有 9 種，可分為三組，每組之成份及性能都差不多。

305(17% - 19% 鉻, 10.5% - 13% 鎳), 因其高含鎳量，故其延展性亦佳，對打頭及壓造而言亦較容易。

XM7(17% - 19% 鉻, 8% - 10% 鎳, 3% - 4% 銅), 最近越來越受歡迎而且價格比 305 或 384 便宜。基本上而言，它是一種 302 修正改良其可塑性之材料。

303 及 303Se(17% - 19% 鉻, 8% - 10% 鎳), 為一良好之熱間壓造材料，並不適於冷作，通常用來製造機械用大型螺帽。

304 (18% - 20% 鉻, 8% - 10.5% 鎳, 0.08% MAX 碳), 為一種嚴格控制含碳量之不銹鋼，因為其含鉻量較高，所以抗腐蝕性亦佳，冷作或熱作之性能亦佳，通常用來打製較大尺寸之緊固件。

384 (15% - 17% 鉻, 17% - 19 % 鎳, 0.08% MAX 碳), 為由卡本特 10 號合金所發展而出(Carpenter Alloy NO.10), 特別適合於製造冷作十字孔小螺絲及螺帽，其高含鎳量亦使其加工硬化率相當高。但不幸的是，它成本相當高，384 在冷作之後仍不帶磁性，其它沃斯田鐵系不銹鋼在冷作後都會稍帶磁性而必須固溶退火後方不帶磁性。

316 (16% - 18% 鉻, 10% - 14% 鎳, 2% - 3% 鉬), 添加鉬元素改善其抗蝕性，同時其強度亦為同級不銹鋼中之佼佼者，但添加鉬及高鎳含量則增加其成本。

321 (17% - 19% 鉻, 9% - 12% 鎳)及 347(17% - 19% 鉻, 9% - 13% 鎳) 為安定之不銹鋼，321 添加鈦，347 添加鈮及鈦，在高溫超過華氏 1500 度仍可正常運作，因此適用於航太緊固件及耐高溫緊固件。

肥粒鐵系不銹鋼：

肥粒鐵系不銹鋼是一種鐵鉻合金，不含有鎳，對熱處理不產生效用，經由冷作亦不產生硬化，事實上本類緊固件製造幾乎完全回火，因為經由加工硬化所產生之強度變化有礙於延展性。

大體而言，肥粒鐵系不銹鋼之抗蝕能力比麻田塞鐵系不銹鋼好但比沃斯田鐵系不銹鋼差。肥粒鐵系不銹鋼都帶磁性，在高溫時其熱膨脹係數比沃斯田鐵系不銹鋼小。

肥粒鐵系不銹鋼佔不銹鋼之總量約 5%，通常使用 430(14% - 18% 鉻, 0.12% 碳 MAX), 430 之冷作及熱作之性質相當好，在某些情況下 430F(含硫)是更好之選擇。

聯信標準	材料選擇	版次	1988
材料文件類		類號	IFI 第六版
Q-LAB		規範	

選擇肥粒鐵系不銹鋼主要之目的為成本及抗蝕性之考慮。

麻田塞鐵系不銹鋼：

麻田塞鐵系不銹鋼為含有 12% - 17% 之鉻及適量之碳元素以便能熱處理，因為能作熱處理，所以可獲得高強度。麻田塞鐵系不銹鋼之抗蝕能力比其它系列差。因其可熱處理性，所以在高溫狀況之強度亦佳，但耐衝擊能力較差。麻田塞鐵系不銹鋼均帶有磁性，緊固件使用麻田塞鐵系不銹鋼之理由為強度，抗蝕，經濟。

約有 10% 之不銹鋼是使用麻田塞鐵系不銹鋼，包含 410, 416, 416Se, 431 等。

410(11.5% - 13.5% 鉻, 0.15% 碳 MAX), 其使用強度相當於 SAE 5 級和 ASTM A449 中碳鋼螺絲。如果處理得好的話，甚至強度還超過，410 可以冷作或熱作。而因為它含鉻量低，且不含鎳，所以它是不銹鋼中最便宜的，它可以考慮用來取代鍍鋅或鎳之 5 級緊固件。

416 及 416Se(12% - 14% 鉻, 0.15% 碳 MAX, 含硫或硒), 是所有不銹鋼中最好車削的一種材料，強度與 410 類似，添加硫或硒是為了增加其切削性，但這些元素有礙於其抗蝕性。

431(15% - 17% 鉻, 1.25% - 2.5 % 鎳, 0.2% 碳 MAX), 是強度最高之材料，經過適當熱處理，可得相當於 SAE 8 級或 ASTM A354 BD 級之緊固件，甚至可達 200000psi 以上。它具有麻田塞鐵系不銹鋼中最佳之抗蝕性，可冷作或熱作，但相當難以切削。

析出硬化系不銹鋼：

將近有 5% 之不銹鋼緊固件是以本系不銹鋼製造且有增多之趨勢，本系不銹鋼兼具有沃斯田鐵系不銹鋼之優良抗蝕性及麻田塞鐵鋼之高強度。

630(15.5% - 17.5% 鉻, 3% - 5% 鎳, 0.07% 碳 MAX, 0.15% - 0.45% 鈮+鉭), 亦被稱為 17-4 PH, 是析出硬化系不銹鋼中最常用之材料，它具有較佳之延展性且強度與 410 相當，不作熱處理，在冷作及加工硬化過程中控制其強度，在低溫狀態及高溫狀態下均具有優良之特性。

強度等級系統：

不銹鋼之化學成份，熱處理及強度規定於 ASTM F593 及 F594 中，每一規範均包含了 16 種合金。

外螺紋類緊固件之機械性能包括了抗拉強度，降伏強度，伸長率及硬度，並不須用保證荷重。有時冷作會增加抗拉強度，因此滾製螺絲在負荷時有時會從柄部破斷，但應力之計算仍以牙底應力面積計算而不以桿部斷面積計算。

不銹鋼不像高強度碳鋼一樣會產生應力破裂，其中沃斯田鐵系及肥粒鐵系更少，但高強度之麻田塞鐵系在承受應力狀態下則可能會發生，應予注意。

聯信標準	材料選擇	版次	1988
材料文件類		類號	IFI 第六版
Q-LAB		規範	

銅合金緊固件：

銅提供了一些相當優良的特性，其熱傳導，導電性及抗蝕性在大多數狀況下都是一流的。銅及其合金都不帶磁性，大多數之銅合金其強度相當高且展延性極佳，而銅合金展現了各種不同的顏色，而且顯現出光輝之外觀。

銅合金具有低度之強度/重量比，在低溫狀況下其強度之降低非常大，對應力腐蝕之敏感度非常高。大多數之銅合金強度是經由冷作及時效硬化而獲得，同時，為了避免應力腐蝕，通常在製造後加以應力消除。

銅合金：

作為商業用途之基本銅合金總共超過 220 種以上，其中有六種最常用於製造緊固件，另有 20 種常被選取。

純銅之定義為銅含量至少在 99.3 % 以上之銅，而銅合金為至少 40 % 銅含量之合金，黃銅主要是以鋅為主要成份之銅合金，鎳銅合金主要是以鎳為主要元素之合金銅，青銅指的是銅合金除鋅或鎳外，尚含有其它元素之合金銅。

純銅因為強度低且價格昂貴所以很少用以製造緊固件，純銅之導電性特佳，但隨著合金元素之添加，導電性會降低。110 號合金(含銅 99.9%)，就是相當典型之材料，導熱性佳，冷間或熱間成型兩相宜，適合製造小拉釘，插銷，墊圈及其它非構造用之小緊固件。

黃銅：

黃銅也許是使用最廣之銅合金，黃銅保持了大多數純銅之優良特性，而且兼具有一些新特性，且成本較低。黃銅之銅成份相當重要，銅比例越低，材料強度越大且硬度越高，當銅增加時，打頭性可以改善，尤以冷打為然。

海軍黃銅第 462 號(63.5 % 銅，其餘為鋅)，具有非常優良之冷打頭特性。第 464 號(60% 銅，其餘為鋅)，非常適合熱間成型，此二材料最為普遍。

黃色黃銅第 270 號(65 % 銅，其餘為鋅)，廣泛地應用在棒鋼製螺帽。

合金第 360 號(61.5 % 銅，3 % 鉛，其餘為鋅)，最常用於小螺絲機械零件。

錳青銅，合金編號第 675 號(58.5 % 銅，1.4 % 鐵，1 % 錫，其餘為鋅)，因為其鋅含量相當高，因此可以視為黃銅的一種，因其含有錫，鐵，錳，可以改善強度級數而不會影響到導熱性及延展性。

青銅：

青銅系最普遍之材料為矽青銅，矽青銅具有良好之強度及表面光滑度。同時因為其抗

聯信標準	材料選擇	版次	1988
材料文件類		類號	IFI 第六版
Q-LAB		規範	

蝕及不帶磁之特性，特別適合製造海軍之掃雷裝置，矽青銅緊固件需經過應力消除以防止應力腐蝕。

合金第 651 號(98.5%銅, 1.5 %矽)，為冷打頭最佳之材料，合金第 655 號(97%銅, 3 %矽)，必需熱作，合金第 661 號(95%銅, 3%矽, 0.5%鉛)適合於車修之零件。

鋁青銅是包含 4 - 10%鋁成份再加上其它少數之合金改善其強度，表面光滑度及延展性之銅合金。鋁青銅對抗高溫氧化相當優良，鋁青銅對海水或更惡劣的環境均有不錯之抗蝕性能，對無機酸或強鹼之抗蝕亦具優良之功能。

合金第 614 號(91 % 銅, 7 % 鋁, 2% 鐵)以及合金第 613 號(92.7 % 銅, 7 % 鋁, 0.3% 錫)，適合冷打緊固件選用，而 613 號也許是最佳之選擇，合金第 630 號(82 %銅, 10 %鋁, 5 % 鎳, 3 % 鐵)通常適合於熱間成型緊固件，合金第 642 號(91.2 % 銅, 7 % 鋁, 1.8% 矽)適合於熱打後尚需車修之零件。

磷青銅，合金第 510 號(94.8 % 銅, 0.2 % 磷, 5% 錫)，具有強度，表面光滑度，及良好抗疲勞強度特性，此外添加少量之磷尚有脫氧作用，對抵抗應力腐蝕具有一定之作用，添加錫可以改善強度，磷青銅適合於冷作，但其可熱作性及車修性較差。

銅鎳合金：

銅鎳合金最優良之特性就在於其對高濃度海水之抗腐蝕性，高鎳含量增加抗腐蝕性，同時對表面光滑度，延展性及抗應力腐蝕方面亦有相當之助益，鎳銅合金其特性確實優良，但成本卻太高了，比不銹鋼及其它抗蝕合金更高導致其實用性受到限制。

強度級數系統：

銅及銅合金之強度級數規定在 ASTM F468，內螺紋緊固件則規定在 F467，其中包含了各種合金，其強度及其化學成份。

鋁合金緊固件：

鋁，代表了重量輕，在追求小型化之現代工程哲學下，鋁之使用便越來越廣了。鋁合金之緊固件重量大約只有鋼鐵製品的三分之一，而一般所使用之鋁合金緊固件其強度亦具相當之水準，事實上，鋁合金緊固件之強度/重量比為商業緊固件之最。同時鋁合金緊固件不帶磁，熱傳導，導電性，延展性甚佳—約為銅之三分之二，同時具有可車修性，而其冷間或熱間成型均甚容易。

鋁合金之抗蝕性能適合於一般環境，但在電鍍後可以適合更激烈之環境。電鍍在金屬表面形成一層氧化膜，它並不能增加抗蝕保護，但可以阻隔空氣以避免更激烈之氧化。陽極處理可以提供各種顏色以供裝飾或識別。鋁受到腐蝕時，會在表面形成一層灰色之氧化鋁，

聯信標準	材料選擇	版次	1988
材料文件類		類號	IFI 第六版
Q-LAB		規範	

對其它大多數之金屬對腐蝕反應不同的是，這些腐蝕不會漸漸的腐蝕其鄰近之表面。

區別：

鋁合金有 100 種，使用四個數字加以區別，區別系統其第一碼代表了基本合金群之辨識，最後兩碼代表了各組合金之分項合金，第二碼代表了合金之修正。例如合金編號 1xxx 代表了純鋁，2xxx 代表了含銅合金，5xxx 為鋁錳合金之編號，6xxx 為鋁錳矽合金之編號，而 7xxx 為鋁鋅合金之編號。

編號尾端所接續之文數字代表熱處理及處理狀況。字母代表了基本處理狀況，數字代表了要求狀況。如 "O" 代表了全退火，"F" 代表了製造，"T" 代表了熱處理。如熱處理狀況為 "T3" 時代表了固溶化熱處理後冷間成型。"T4" 代表了固溶化熱處理後時效硬化後穩定狀況，"T9" 代表了固溶化熱處理後時效後冷間成型，"T73" 代表了 ALCOA 所發展之熱處理方式。

鋁合金：

純鋁之抗拉強度大約是 13,000 psi. 在加入少量之合金元素後以增加強度是可能的。合金群 2xxx, 6xxx, 7xxx 是可以熱處理的，通常具有螺紋之緊固件是由這三群合金所製造，其中又以下列四種合金使用最多。

合金編號 2024-T4(4.5 %銅, 0.6 %錳, 1.5 %鎂, 其餘為鋁)，為最普遍之材料，其適當之強度，抗蝕，穩定及經濟使其成為大多數外螺紋緊固件及一些螺帽之製造材料。

螺栓，螺絲，螺樁專用合金編號第 7075-T73(1.6 %銅, 2.5 %鎂, 0.3 %鉻, 5.6 %鋅, 其餘為鋁)，具有較高之強度，同時因其特殊之熱處理 T73 使得其大量改善因應力腐蝕破裂之危險，但因其價高導致用途受限。

合金第 6061-T6(0.6 %矽, 0.25 %銅, 1 %鎂, 0.2 %鉻, 其餘為鋁)，用於高腐蝕狀況下之內，外螺紋之緊固件。

合金第 6262-T9(0.6 %矽, 0.25 %銅, 1 %鎂, 0.9 %鉻, 0.5 %鉛, 0.5 %鉍, 其餘為鋁)，幾乎均用於螺帽，其具有較 6061-T6 較高之強度且抗蝕性相當。

6262-T9 全厚度之螺帽其強度足以匹配 2024-T4 或 7075-T73 之螺栓。機械螺絲螺帽 (MACHINE SCREW NUTS) 及其它 1/4" 或更小之螺帽通常以 2024-T4 製造。

上述之四種合金已涵蓋大部螺紋製品，其它種類之鋁合金大多用來製造其它種類之緊固件，插銷，拉釘使用 1100-F, 5052-F, 5056-F. 可熱處理合金 2017-T4, 2117-T4, 2024-T4, 6061-T6 及新發展之合金 7075-T73 具有較加之抗剪強度可用於攻鑽類而無需另行處理。

平面墊圈通常使用 2024-T4 製造，彈簧墊圈使用 7075-T6，自攻螺絲使用 7075-T6 製造，另一種通用鋁合金 2011-T3(5.5 %銅, 0.5 %鉛, 0.5 %鉍, 其餘為鋁) 則適用於螺絲機械零件。

聯信標準	材料選擇	版次	1988
材料文件類		類號	IFI 第六版
Q-LAB		規範	

強度等級：

由 2024-T4, 6061-T6 及 7075-T73 製造之外螺紋緊固件強度級數請參閱 ASTM F468, 由 2024-T4, 6061-T6, 6262-T9 所製造之螺帽之強度級數請參閱 ASTM F467. 鋁製及其它金屬所製造之外螺紋緊固件在強度級數上有兩個不同點必需注意：第一，負荷之能力實際上是由牙底半徑面積負擔而非較大之抗拉強度面積，在 ASTM F468 表 2 所規定之數值，其中車修取樣測試之抗拉強度及降伏強度測試值為實際值，而全尺寸測試之表列值實際上已經過調整，因此在計算應力負荷值時，計算值接近為實際值乘以較小之牙底半徑面積。

第二個不同點在於鋁合金之硬度並不重要，甚至規範亦不限制，而以剪斷強度測試代替，ASTM F468 包含了推薦值及測試方法。

鎳合金緊固件：

鎳合金提供了一些真正具有價值之各種特性，它具有很高之強度，特殊之光滑度及延展性，對抗應力腐蝕極佳，抗蝕性能更是沒話說，在高溫狀況及零下之低溫狀況均具有優良特性，且不具毒性。不幸的是，它極為昂貴。

鎳合金：

用於緊固件最廣之鎳合金有二，分別為鎳-銅合金及鎳-銅-鋁合金，鎳銅合金在室溫下具有磁性，鎳銅鋁合金則沒有。兩種合金在低溫狀況下強度實際上會稍為增加，更重要的是強度增加並未損及延展性，硬度及衝擊強度。

鎳銅合金(67 %鎳, 30 %銅, 1.4 %鐵, 1 %錳), 商業上之名稱又稱為 MONEL , CUNEL 及 D-H 400. 是強度, 光滑度, 抗蝕性, 經濟之最佳組合. 鎳銅合金不能熱處理, 其強度之改善有賴於冷作. 鎳銅合金具有兩種級數, A 級用於冷打頭, B 級因具有稍高之硫含量, 因此適合於二次車修加工. A 級之小尺寸緊固件因冷作之故通常具有較高之強度, 此外, 此二級之產品具有相同之強度級數。

鎳銅鋁合金(66 %鎳, 29 %銅, 2.75 %鋁, 1 %鐵, 0.75 %錳, 0.6 %鈦), 商業上之名稱又稱為 K-MONEL. 鋁及鈦元素使得本合金可以熱處理, 一般而言, 其強度級數超過鎳銅合金。

強度級數：

外螺紋緊固件強度級數規定在 ASTM F468, 內螺紋緊固件規定在 ASTM F467, 在這些標準, A 級鎳銅合金之編號為 400 號, B 級鎳銅合金編號為 405 號, 鎳銅鋁合金之編號為 500 號。

聯信標準	材料選擇	版次	1988
材料文件類		類號	IFI 第六版
Q-LAB		規範	

鈦合金緊固件：

鈦，作為工程用之材料，至今不過 50 餘年，看起來似乎很長，事實上，在材料工程之發展上而言，相當的短。它花費了相當長的一段時間去依使用之經驗來作資料庫上之分類及鑑別。

鈦最迷人的特徵在它具有非常非常高之強度/重量比，重量只有鐵之 57 %，而其級數足可與熱處理碳鋼合金相比，鈦通常用於外太空用途，噴射機引擎或飛彈之製造。其最不利之因素就是太貴，因此限定在上述之用途而無較大之改變。

鈦合金對最惡劣之腐蝕環境下具有最佳之抗蝕性能，這也是它也被使用於化學工廠之原因，它在高溫及低溫狀況下均具有優良之強度，無磁性，具有很低之熱延展性及熱膨脹係數。

在負面之觀點下，緊固件之製造相當困難，同時螺紋緊固件在結合上會產生牙緊磨擦之現象，同時也有一些證據指出鈦合金在高溫狀況下對應力腐蝕破裂具有敏感性，但這種可能性可作一些特殊處理而減低。

鈦合金：

非合金鈦為不可熱處理，事實上，很少緊固件是由純鈦製造。

鈦合金有很多種，大多數是有專利的，經過選擇，一些相當適合螺紋緊固件之製造。

Ti-6Al-4V 為最佳選擇，由此合金製造之緊固件具有 135,000 psi 之抗拉強度，高降伏強度及良好之延展性。

Ti-4Al-4Mn 具有良好之潛變抵抗力，易於壓造，強度與 Ti-6Al-4V 相當，但延展性稍差。

Ti-1Al-8V-5Fe 其抗拉強度可達 200,000 psi，如以同重量之鋼鐵緊固件而言，相當於 350,000 psi 之抗拉強度。

另外兩種常用於緊固件製造之合金為 Ti-6Al-12Zr 及 Ti-6Al-6V-2Sn。

強度級數：

鈦合金之機械性能請參閱 ASTM F468(外螺紋)，ASTM F467(內螺紋)，在此規範中，Ti-6Al-4V 之合金編號為 5 號。

超合金：

超合金為其使用具有相當特殊非上述材料所能勝任之用途，非常貴，因此此段予與省略。

聯信標準	材料選擇	版次	1988
材料文件類		類號	IFI 第六版
Q-LAB		規範	

非金屬緊固件：

非金屬緊固件佔所有緊固件總數尚不及 1%，但非金屬，尤其是塑膠，提供了一些金屬緊固件所無法提供之特性。

塑膠非常輕，抗蝕，導熱性很低，不導電，容易著色以供分類及識別。

而其弱點則為強度低，無法承受高溫，低溫時則會脆化。

在北美只有極為少數的公司對塑膠緊固件之製造有規定，同時，對此亦有某些經驗及論著。

塑膠：

使用於製造緊固件最廣之塑膠材料為尼龍 6/6(NYLON 6/6)，其強度，尤其是扭轉時之穩定性，還相當不錯，比較粗糙，對潛變及疲勞之抵抗力不錯，具有非常優良之彈性及恢復能力，對大多數之化學藥劑具有抵抗力，不會著火，但是很會受潮以致影響到尺寸的穩定性，同時，如果暴露在室外，則會因熱及外光照射而脆化。

高密度聚乙烯緊固件對尼龍緊固件而言，強度中等，不導電性強，更容易射出，同時比較便宜。

聚苯乙烯價廉且不導電性佳，但不耐衝擊及負荷。

聯信標準	材料選擇	版次	1988
材料文件類		類號	IFI 第六版
Q-LAB		規範	

螺栓及螺帽之配合

對於設計工程師而言，為適用之螺栓選擇適當之螺帽是一項相當不容易之事，事實上所作之選擇通常是基於直線法則進行，下述之各項綱領對選擇配合而言，相當具有幫助。

碳鋼緊固件：

對任何低碳鋼，不作熱處理之螺栓，螺絲或螺樁而言，基本上，緊固件之最低抗拉強度在 740000 PSI 或更低，因此任何等級之全厚度螺帽無論其孔徑是否加大均可適用。

對中碳鋼或合金鋼之螺栓，螺絲或螺樁而言，任何螺帽之保證荷重超過外螺紋緊固件之最低抗拉強度者均可適用。

如果組裝使用之主要考慮為安全問題時，可使用保證荷重超過外螺紋緊固件之最低抗拉強度 20% 以上之螺帽。

一般而言，為獲得更高強度而加厚或加大對邊之成本少於因熱處理而得到所需強度之成本。

選擇最適強度之螺帽可降低成本。

不銹鋼或抗蝕合金緊固件：

不銹鋼或抗蝕材料之保證荷重超過外螺紋緊固件之最低抗拉強度即可互相配合，一般而言，全厚度之螺帽均可配合相當之外螺紋緊固件。

綱領：

綱領 1：

最低強度等級之全尺寸螺帽為 ASTM A563A 級及 SAE J429 2 級螺帽，其保證荷重為 90000 PSI(細牙 A 級緊固件為 80000 PSI)，除下述狀態下其強度均可適用於 ASTM A307A 級及 B 級，SAE J429 1, 2 級之外螺紋緊固件。

當為配合容納大厚度之鍍層而加大孔徑時，螺帽之抗拉強度將急速降低，粗牙螺帽將降至 68000 PSI，而細牙緊固件將降至 60000 PSI。這些螺帽仍可適用於 A307 或 SAE 1 級之螺栓，但如用於 SAE 2 級螺栓時，可能會逸出強度範圍，基於絕對安全上之考慮，應考慮選用 A563 或 SAE 5 級螺帽。

聯信標準	材料選擇	版次	1988
材料文件類		類號	IFI 第六版
Q-LAB		規範	

綱領 2：

英制螺帽發展多年以來，一直使用其強度及外螺紋緊固件之強度作為互相配合之依據，但不幸的是，此一原則並非絕對適用。

典型之例子為 A563 B 級及 SAE 5 級螺帽與 A 449 及 SAE 5 級螺栓之配合，粗牙之不熱處理精製六角螺帽之強度足以配合相當等級之粗牙螺栓之最低強度，但細牙緊固件則否，這表示細牙精製六角螺帽經常其強度不如同級之螺栓，因此在配合上，螺帽可能必需加厚或熱處理，因而增加成本。

實際上，在大多數設計場合中，細牙之 A563 B 級及 SAE 5 級螺帽是可以配合 A449 及 SAE 5 級螺栓的，但如果使用狀況之需求強度超過螺栓規定之保證荷重時，設計人員應考慮改採其它較高強度之螺帽。

綱領 3：

當緊固件在結合過緊或使用負荷過大而造成結合失敗時，一個良好之設計是螺栓破斷而非螺紋崩壞，一般而言，它發生在螺帽之保證荷重超過螺栓抗拉強度之場合中，但會因下述之原因而有所例外。

在螺帽之強度符合其保證荷重但實際荷重變形接近其保證荷重，而螺栓之抗拉強度接近其規定之上限時，其互相結合之結果是螺栓之抗拉強度大於螺帽之實際荷重變形值，因此在配合時，螺紋崩壞將先於螺栓之破斷，這種情形應儘量予與避免。

在絕對需考慮上述之情形時，可以考慮螺帽之保證荷重大於螺栓之最大抗拉強度。

除了 ASTM A490 及 A307 B 級螺栓有規定之抗拉強度上限值外，其餘強度等級之螺栓並無規定。但可以由其規定之最大硬度估計出其最大抗拉強度。在 ASTM 及 SAE 之強度等級中，最大抗拉強度約高過規定下限之 20%。

綱領 4：

熱處理是一項相當高成本之製程。

當必需增加螺帽強度時，除了採用加大尺寸螺帽外，還可以實施熱處理，當然，加大尺寸比較經濟，但如果考慮到產品體積上之問題時，可以考慮使用熱處理螺帽。

綱領 5：

當設計一種較複雜之結構時，如車輛或其它設備，使用兩種以上不同強度等級之螺帽是常有的事。在此等場合下，經濟性要素可能是最先考慮之因素，如 SAE 2, 5, 8 級螺栓通常配以 SAE 2, 5, 8 或 ASTM A563A, B, D 級螺帽。

聯信標準	材料選擇	版次	1988
材料文件類		類號	IFI 第六版
Q-LAB		規範	

8 級螺帽，是最高需求選擇，使用較低之成本可以獲得較佳之功能，也可以避免一些因配合不良所產生之問題，緊固件多花幾文錢就可能節省產品之幾塊錢。

綱領 6：

因強度之原因，不銹鋼及抗蝕合金緊固件並不常見。其主要原因通常是其它之考慮，一般而言，螺帽之保證荷重等於螺栓之最低抗拉強度時，即可互相配合。

選擇這些材料首先必需注意的是螺栓及螺帽應為同一合金系。如果因為其它原因而必需採用不同之材料時，須特別注意因配合上所產生之問題。

磨擦及卡緊：

螺紋類緊固件最常被抱怨的問題就是磨擦及卡緊，磨擦發生於緊固件在旋緊之階段中，而卡緊有兩種情況，第一種是直接經由磨擦而產生，第二種狀況在使用時並不成問題而是發生在卸下緊固件時發生。

磨擦(GALLING)：

不銹鋼，鋁，鈦及其它會自行於表面生成氧化膜之抗蝕性緊固件最常發生磨擦損傷，在緊固件旋緊之過程中，因為接觸及滑動且加壓，因此表面之氧化膜會破壞，各種應力之施予導致螺紋之固著力越來越強，到最後，磨擦使得產品卡緊—螺紋互相凍結在一起。如果繼續施壓旋緊，將導致螺紋崩裂。

關於不銹鋼及抗蝕合金緊固件之磨擦傷害有不同之理論，足以說明這些材料之緊固件會造成許多設計人員所必需注意之問題。

下列之解釋對磨擦問題可能會有所幫助：

螺紋潤滑劑具有相當大之效力，其中最受歡迎之潤滑劑是那些含有二硫化鉬，石墨，雲母或滑石以及某一些蠟等。另一種形式之潤滑是鍍銀或鍍鎳。但也不能太滑，否則產生鬆動是可能的，另外使用潤滑劑時必須注意產品之用途，如用於食品處理設備之緊固件使用潤滑劑就必需小心。

不同之合金及不同之硬度其配合上之磨擦亦不相同，例如 416 之不銹鋼螺帽配以 305 之不銹鋼螺栓之磨擦就與 303 之不銹鋼螺帽不同。

螺紋表面越平滑，磨擦阻力越小，外螺紋牙徑在 1"(含) 以下之螺紋通常以滾製製造，其螺紋相當平滑。而切製或內螺紋使用攻製者，其螺紋表面就比較粗糙。不幸的是，目前無容易滾製內螺紋之方法(譯註：這個觀念是 1987 年觀念，目前已有相當優良的內螺紋滾製法及工具，但成本較高)。

聯信標準	材料選擇	版次	1988
材料文件類		類號	IFI 第六版
Q-LAB		規範	

熱會使磨擦更形激烈，而緊固件之高速組合及旋緊會產生熱，降低旋轉速度將會有所幫助。

卡緊(SEIZING)：

緊固件，經過一段時間的使用之後，可能會產生卡緊之現象。導致很難將緊固件卸下，不但浪費時間，而且可能會破壞緊固件，而不能重覆使用。因此，防止緊固件螺紋之卡緊是相當重要的。

導致卡緊現象之最重要之元兇為腐蝕，材料之腐蝕將使其氧化物填塞住螺紋之餘裕空間而使得螺紋互相糾結而導致非常難以旋出，甚至不可能旋出。

最通常採取之作法是直接選擇可以抵抗腐蝕之材料，不幸的是這樣將導致成本之大量增加，下列之方法也許對抗蝕選擇會有所助益：

抗蝕性比較差之選擇是表面處理，當表面處理後仍須保留配合公差時，螺紋代號以 2AG 表示(原 2A 之外螺紋)。

可以使用一些長效性之潤滑劑。可以獲得抗蝕能力同時亦可潤滑。

螺栓之尾端及螺帽之間最易腐蝕，應小心選擇適當長度之螺栓通過螺帽約一個牙距之距離。

螺紋表面之品質相當重要，應依標準規範製造，儘可能要求平滑，清潔，在結合前應小心處理其表面之塵埃。