

# 扣件腐蝕性等級及耐蝕防護

著作權所有: 惠達雜誌 / 撰文: 王維銘



## 前言

一般扣件產品使用時，可能暴露接觸環境包含：(1) 接觸使用於大氣中之空氣環境，一般稱為大氣腐蝕環境；(2) 浸漬於水或其他溶液之環境，可稱為水下腐蝕或溶液浸漬腐蝕環境；(3) 於固化物質環境中安裝或埋設於土壤環境，可稱為土壤腐蝕環境或固化腐蝕環境。在暴露環境下，腐蝕現象特徵隨暴露時間增加而顯現。因此，在預期之腐蝕環境條件中，以進行長期暴露試驗(為期1年或多年之試驗)，探討腐蝕因子與金屬腐蝕率之關係，多數以腐蝕環境條件暴露第1年計算評估金屬腐蝕率。不論暴露接觸環境為何，均可能造成材料暴露表面重量損失或重量增加變化。腐蝕生成物脫落即造成重量損失，腐蝕生成物附着則造成重量增加。因此，常以首年每單位暴露面積之腐蝕重量變化值或首年表面腐蝕深度衡量腐蝕速率。依據ISO 11845-2020，腐蝕重量變化或腐蝕深度，通常為去除腐蝕生成物後加以量測計算。扣件產品可參考ISO 11845、ASTM G4、ASTM G31、ASTM G50等標準實施為期1年以上之試驗。然而由於腐蝕重量變化量非常小，至少為期1年以上之長時間試驗往往曠日廢時。因此，國際標準、國家標準、協會試驗標準及認證標準以腐蝕環境條件定義相對之腐蝕耐受程度作為腐蝕等級分類依據。國際標準已定義分類之腐蝕環境條件及相對之腐蝕等級分類如表1。基於環境條件相對之環境腐蝕性程度，表面處理設計及腐蝕防護要因考量，扣件產品建議可參考ISO 11303選擇評估適當的腐蝕防護方法，選擇評估流程。由於扣件耐受度直接影響扣件使用安全，歐盟建築法規305/2011/EU(CPR)，明確列出預期使用於腐蝕等級C3以上之建築扣件，耐受度為產品CE認證技術文件功能聲明書(DOP)之必要項目。另外在其他國家或地區之認證，例如：美國ICC-ES，亦有相對耐受度之認證要求。

● 表1. 國際標準定義分類之腐蝕環境條件及相對之腐蝕等級分類

腐蝕環境條件	分類等級	環境腐蝕性	典型環境條件
大氣腐蝕	C1	極低腐蝕性	乾燥室內
	C2	低腐蝕性	乾旱城市內陸
	C3	中腐蝕性	沿海或輕工業區
	C4	高腐蝕性	平穩的海岸邊
	C5	極高腐蝕性	浪花拍岸的海濱
	CX	極端腐蝕性	海岸線浪花嚴重拍擊
浸漬腐蝕	Im1	清水浸漬腐蝕性	淡水湖泊、河川
	Im2	海水半鹹水腐蝕性	河川入海口、鹹水湖、潮間帶、大海中
土壤腐蝕	Im3	一般土壤腐蝕性	陸地土壤掩埋或埋入工程建物
	Im4	海水半鹹水土壤腐蝕性	河川入海口底、鹹水湖底、潮間帶底、海底之土壤或建物

## 扣件役期之環境腐蝕性

不論扣件有無表面處理，應至少不低於預期使用之環境腐蝕性，即為符合達成其役期環境之耐受度。以沿海或輕工業區



為例，扣件應不低於腐蝕等級C3。腐蝕等級C1或C2之扣件，不符合歐盟建築法規預期使用於戶外之規格。依據ISO 14713-1，環境腐蝕性分類等級定義之典型室內或戶外環境如表2。

● 表2. 環境腐蝕性分類等級定義之典型室內或戶外環境狀況對照表

分類等級	典型環境狀況	
	室內	戶外
C1	相對濕度低、污染不顯著的加熱空間， 例如：無冷凝的乾燥室內環境、辦公室、學校、博物館	乾燥或寒帶地區：污染非常低及低潮濕時間的大氣環境。 例如：某些沙漠、南北極。
C2	溫度及相對濕度變化的未加熱空間。冷凝頻率低，污染低，室內環境有臨時冷凝。 例如：存儲室、體育館。	溫帶：大氣環境低污染(SO <sub>2</sub> , < 5 μg/m <sup>3</sup> ) 例如：農村。 乾燥或寒冷地區，潮濕時間短的大氣環境(例如：沙漠、極地)
C3	生產過程廠房，冷凝頻率適中、污染適中的空間。例如：食品加工廠、洗衣店、啤酒廠、乳品廠。	溫帶：大氣環境中度污染(SO <sub>2</sub> : 5 μg/m <sup>3</sup> ~ 30 μg/m <sup>3</sup> )或氯化物具某些影響程度。例如：城市，氯化物沉積率低的沿海。亞熱帶及熱帶：大氣環境低度污染。(SO <sub>2</sub> , < 5 μg/m <sup>3</sup> )
C4	生產過程廠房，冷凝頻率高、污染嚴重的空間。例如：工業加工廠、游泳池。	溫帶：大氣環境污染高(SO <sub>2</sub> : 30 μg/m <sup>3</sup> ~ 90 μg/m <sup>3</sup> )或氯化物的實質性影響。例如：城市污染地區、工業區、沒有噴灑鹽水的沿海。亞熱帶及熱帶：中等污染的大氣。
C5	生產過程廠房，冷凝頻率非常高及/或污染嚴重的空間， 例如：礦物處理、工業用窯道或洞穴、亞熱帶及熱帶地區不通風的棚屋。	溫帶及亞熱帶：大氣環境污染極高(SO <sub>2</sub> : 90 μg/m <sup>3</sup> ~ 250 μg/m <sup>3</sup> )及/或具氯化物顯著性效應。例如：工業區、沿海。
CX	生產過程廠房，幾乎具永久冷凝或長時間暴露在極端濕度影響及/或高污染的空間。例如：潮濕熱帶地區不通風的棚屋，滲透室外污染，包括空氣中流動的氯化物及腐蝕活化物質或顆粒。	亞熱帶及熱帶[極高時間潮濕]：大氣環境中SO <sub>2</sub> 污染極高(高於250 μg/m <sup>3</sup> )包括伴隨腐蝕產生因子及/或氯化物的強力效應。例如：極端工業區、海岸及近海。

另外，在AS 4312標準中，以海岸線距離進行環境狀況及腐蝕性分類等級之對應建議，如表3所示。扣件產品可依據銷售之國家地區之分布，評估扣件銷售地區之環境腐蝕性等級需求。

● 表3. 以海岸線距離對應環境狀況及腐蝕性分類等級之建議 [資料來源：AS 4312]

地點位置	海岸線距離					
	0 ~ 50M <sup>a</sup>	50 ~ 100M <sup>a</sup>	100 ~ 500M <sup>a</sup>	0.5 ~ 1KM <sup>a</sup>	1 ~ 10KM <sup>b</sup>	10 ~ 100KM <sup>c</sup>
溫帶：浪花拍岸的海岸邊	CX	CX/C5	C5	C4	C3	C3
溫帶：半遮蔽的海岸邊	C5	C4	C4	C3	C3	C2
溫帶：海浪平穩的海岸邊	C4	C3	C3	C3	C2	C2
熱帶：海浪平穩的海岸邊	CX	CX	C5/C4	C3	C2	C2

依據歐盟標準EN 1993-1-4-2006+A1-2015，以海岸線距離或道路距離評估暴露於鹽水或除冰鹽中的氯化物之風險指標(F1)；以環境狀態評估暴露於SO<sub>2</sub>之風險指標(F2)；以清洗劑或暴露於雨水清洗狀態評估水氣暴露之風險指標(F3)；計算不銹鋼扣件對應環境狀況之腐蝕阻抗因子風險指標(CRF, CRF= F1+ F2+ F3)，再從腐蝕阻抗因子決定不銹鋼扣件材料腐蝕阻抗等級(CRC)。依據歐盟標準，海岸線距離<0.25公里，腐蝕暴露風險極高；海岸線距離0.25公里~1公里、道路距離≤0.01公里，腐蝕暴露風險高；海岸線距離1-10公里、0.01公里<道路距離≤0.1公里，腐蝕暴露風險中度；海岸線距離>10公里、道路距離>0.1公里，腐蝕暴露風險低。腐蝕阻抗因子風險指標愈小，腐蝕耐受性愈佳。風險指標大為低腐蝕阻抗能力。經歐盟標準完成不銹鋼腐蝕阻抗等級分為5類，如表4。



ISO 3506-1 A2類不銹鋼扣件等同於1.4301鋼種之腐蝕阻抗等級(II)；A3類不銹鋼扣件等同於1.4541鋼種之腐蝕阻抗等級(III)；A4類不銹鋼扣件等同於1.4401及1.4404之腐蝕阻抗等級(III)；A5類不銹鋼扣件等同於1.4571鋼種之腐蝕阻抗等級(III)。A1類鋼種之不銹鋼扣件為腐蝕阻抗能力低，風險指標大，不宜在無表面防護處理情形下直接當作腐蝕阻抗扣件使用。分別以農業環境、城市環境、工業環境、海洋環境，4種不同環境狀況評估，表5為ISO 3506-1不銹鋼扣件對應適用之不銹鋼腐蝕阻抗等級建議。

● 表4. 歐盟標準不銹鋼腐蝕阻抗等級分類

CRC	I CRF=1	II 0 ≥ CRF > -7	III -7 ≥ CRF > -15	IV -15 ≥ CRF ≥ -20	V CRF < -20
不銹鋼 鋼種 稱號	1.4003 (AISI 410L)	1.4301 (AISI 304)	1.4401 (AISI 316)	1.4439 (AISI 317 LMN)	1.4565 (UNS S34565)
	1.4016 (AISI 430)	1.4307 (AISI 304L)	1.4404 (AISI 316L)	1.4462 (AISI 318 LN)	1.4529 (AISI 926)
	1.4512 (AISI 409)	1.4311 (AISI 304LN)	1.4435 (AISI 316L)	1.4539 (AISI 904 L)	1.4547 (UNS S31254)
		1.4541 (AISI 321)	1.4571 (AISI 316Ti)		1.4410 (UNS S32750)
		1.4318 (AISI 301L)	1.4429 (AISI 316LN)		1.4501 (UNS S32760)
		1.4306 (AISI 304L)	1.4432 (AISI 316L)		1.4507 (UNS S32550)
		1.4567 (AISI 304 Cu)	1.4162 (UNS S32101)		
		1.4482 (UNS S32001)	1.4462 (AISI 318 LN)		
			1.4362 (UNS S32304)		
			1.4062 (UNS S32202)		
		1.4578 (AISI 303Cu)			

然而，ISO 3506-1各類不銹鋼扣件並無具體對應之國際標準腐蝕等級分類。除了鋼種化學成分之外，不銹鋼是否固溶化熱處理不良或於敏化區加工而造成敏化現象、是否加工變形量過大微觀組織變形造成影響、是否因加工應力集中造成耐蝕性降低，這些均為不銹鋼扣件腐蝕之成因。因此，不銹鋼扣件仍應依據ISO 11845、ASTM G4、ASTM G31、ASTM G50等標準實施相對之腐蝕等級分類(C1/C2/C3/C4/C5/CX)環境，為期一年以上之實際試驗，再觀察實際腐蝕速率，才能對照ISO 3506-1各類不銹鋼扣件對應之國際標準腐蝕等級分類實際腐蝕速率。

● 表5. 不銹鋼扣件對應環境適用之腐蝕阻抗鋼種類型建議表

不銹鋼扣件 對應材料鋼種	環境狀況及腐蝕風險											
	農業環境			城市環境			工業環境			海洋環境		
	低	中	高	低	中	高	低	中	高	低	中	高
1.4003, 1.4016 ISO 3506-1 F1級	Y <sup>1</sup>	X	X	Y <sup>1</sup>	X	X	X	X	X	X	X	X
1.4301, 1.4311, 1.4541, 1.4318. ISO 3506-1 A2或A3級	Y	Y	Y	Y	Y	(Y)	(Y)	(Y)	X	Y	(Y)	X
1.4362, 1.4401, 1.4404, 1.4406, 1.4571 ISO 3506-1 A4或A5級	O	O	O	O	Y	Y	Y	Y	(Y)	Y	Y	(Y)

低：例如透過低濕度或低溫進行回火。  
 中：典型腐蝕條件。  
 高：例如持續的高濕度、高環境溫度或特別激進的空氣污染物。

O：從腐蝕觀點而言，潛在可能的超規格。  
 Y：可能是耐腐蝕性及成本的最佳選擇。  
 Y<sup>1</sup>：僅限室內應用。應避免將肥粒鐵系不銹鋼用於鹽洗室或化妝室。  
 X：可能遭受過度腐蝕。  
 (Y)：可考慮採取適當的預防措施。





## 耐受性試驗及國際標準腐蝕等級

ISO 12944-1以耐蝕防護可能失效期間為基準，在每一腐蝕等級中再區分為4個可能防護失效之耐受程度與時間週期。(如表6)

● 表6. 耐蝕防護可能失效期間耐受程度及耐受試驗必要時數

腐蝕性分類等級 ISO 9223	耐受度ISO 12944-1		受試驗要求ISO 12944-2		
	耐受程度	可能失效再維護週期	耐受試驗必要時數(h)		
			ISO 6270 水氣冷凝試驗	ISO 9227 鹽水噴霧試驗	12944-6 循環老化試驗
C1	低	7年以下	未明確規範(不適用)	未明確規範(不適用)	未明確規範
	中	7年~15年			
	高	15年~25年			
	極高	25年以上			
C2	低	7年以下	48	未明確規範	未明確規範
	中	7年~15年	48		
	高	15年~25年	120		
	極高	25年以上	240		
C3	低	7年以下	48	480	未明確規範
	中	7年~15年	120	120	
	高	15年~25年	240	240	
	極高	25年以上	480	480	
C4	低	7年以下	120	720	未明確規範
	中	7年~15年	240	240	
	高	15年~25年	480	480	
	極高	25年以上	720	720	
C5	低	7年以下	240	1,440	未明確規範
	中	7年~15年	480	480	
	高	15年~25年	720	720	
	極高	25年以上	未明確規範	未明確規範	
CX	低	7年以下	未明確規範	未明確規範	未明確規範
	中	7年~15年	未明確規範	未明確規範	
	高	15年~25年	未明確規範	未明確規範	
	極高	25年以上	未明確規範	未明確規範	

以符合ASTM F1941或ISO 4042有鍍層系統之扣件或無鍍層系統之不銹鋼扣件為例，通常直接以滿足鹽水噴霧試驗時數顯示扣件產品耐受性。依據ISO 12944-2耐受試驗要求，扣件應以必要耐受試驗及時數驗證，如表6所示。耐受試驗方法包含ISO 6270水冷凝試驗、ISO 9227中性鹽水噴霧試驗或12944-6附件B循環老化試驗。

以符合鹽水噴霧試驗120小時之扣件為例，役期於腐蝕性強度C2穩定條件狀況下，7年以內幾乎無腐蝕修護風險，役期7年~15年間開始有維護風險；腐蝕性強度C3條件下，7年以內雖有腐蝕風險，但耐受度最高可達7年。對於要求腐蝕性等級C4、C5之扣件產品，由於腐蝕環境破壞風險極高，應確實驗證滿足耐受試驗要求，避免腐蝕破壞風險。鹽霧耐受試驗不滿240小時之扣件，無法滿足腐蝕性等級C4之基本防護，隨鹽霧耐受試驗時數減少，腐蝕風險增高，更容易破壞降低縮短役期，不適用在腐蝕性等級C4、C5、CX的環境。



腐蝕強度CX狀況下，扣件產品更應以實際之腐蝕環境條件、腐蝕防護設計及實際腐蝕速率因應更高的環境腐蝕風險，以明確規範必要耐受試驗之方法及驗證時數或驗證基準。例如：規範實施酸雨試驗，規範設定酸雨循環次數或時數。以耐受試驗顯示扣件產品之耐受性時，應明確顯示其耐受試驗方法及符合之驗證判斷基準。耐受試驗結果是否符合國際標準定義之腐蝕等級分類，可參考ISO 12944系列標準...等。基於扣件產品使用環境之不確定性，不能單純以腐蝕性分類等級顯示扣件壽命或僅以保證年限代表產品壽命。若扣件耐受試驗方法無標準規範為依據，不應以腐蝕性分類等級代表扣件役期之使用壽命。■

