腐蝕 · 電位序 · 異種金屬 · 技術參考文件 · 公開

電位腐蝕與 金屬相容性

哪些金屬可以互相接觸——電位序與陽極指數準則——以及其他腐蝕型態，和如何在組件設計中加以避免。

修訂	發行	負責	附件
1.0	June 2026	Ideambox 工程團隊	PDF 技術參考

摘要

兩種不同金屬在有電解質（即使只是濕氣）的情況下接觸時，較活潑的金屬會優先腐蝕——這就是電位腐蝕（伽凡尼腐蝕）。這是混合材料組件中最常見、也最容易避免的現場失效之一。電位序與幾條準則可以告訴你哪些金屬組合是安全的。

第 1 節說明電位腐蝕。第 2 節為電位序 / 陽極指數。第 3 節為相容性準則。第 4 節探討其他腐蝕型態。第 5 節為防治對策。第 6 節為檢核清單。



兩種金屬在電解質中耦合時，較活潑（陽極）的一方會腐蝕，以保護較貴重的一方。陽極指數差要保持小——並記住：小陽極對上大陰極，腐蝕會非常快。

目錄

1. 電位腐蝕
2. 電位序（陽極指數）
3. 相容性準則
4. 其他腐蝕型態
5. 防治對策
6. 檢核清單

1. 電位腐蝕

電位腐蝕需要**三個條件同時存在**——去除任何一個即可停止：

1. **兩種不同金屬**（貴重程度不同），
2. 連接兩者的**電解質**（海水、凝結水，甚至潮濕空氣），以及
3. 兩者之間的**電性接觸**。

較活潑（陽極）的金屬成為陽極，腐蝕速度比單獨存在時更快；較貴重（陰極）的金屬則受到保護。貴重程度差距越大、電解質導電性越高，腐蝕就越快。

陽極	較活潑的金屬——會腐蝕（材料流失）
陰極	較貴重的金屬——受到保護
陽極指數	金屬在 0（貴重）→ 1.75（活潑）尺度上的貴重程度；兩者的*差值*可預測風險
面積比	陰極面積 / 陽極面積——大陰極驅動小陽極是危險情況

2. 電位序（陽極指數）

由**貴重（陰極，受保護）**排列至**活潑（陽極，會腐蝕）**——兩耦合金屬的指數差可預測風險（MIL-STD-889 方式）：

金屬	陽極指數（V）
金、鉑、石墨	0.00
銀	0.15
不鏽鋼（鈍態）、鈦、鎳	0.30
銅、黃銅、青銅	0.40
錫、鉛、焊錫	0.65
不鏽鋼（活態）	0.50–0.85
碳鋼、鑄鐵	0.85
鋁合金	0.90–0.95
鎘	0.80
鋅（及鍍鋅）	1.25
鎂	1.75

鋅與鋁是刻意作為**犧牲陽極**使用——熱浸鍍鋅與富鋅底漆以自身先腐蝕來保護鋼材。不鏽鋼*在鈍態時*屬於貴重金屬，但在停滯、缺氧的縫隙中會趨向活態。

3. 相容性準則

陽極指數差應保持在該環境的門檻以下：

環境	最大指數差
嚴苛 / 海洋 / 戶外	≤ 0.15 V
一般室內	≤ 0.25 V
乾燥 / 溫濕度受控	≤ 0.50 V

同時注意**面積比**：*小陽極*供應*大陰極*時腐蝕非常快（例如鋼製扣件鎖在大片銅板上——不好；銅製扣件鎖在大片鋼板上——問題小得多）。扣件的貴重程度應至少與被接合件相同。

4. 其他腐蝕型態

型態	原因	防治方式
均勻腐蝕	全面性氧化	披覆、塗裝、較貴重合金、預留腐蝕裕度
孔蝕	氯離子破壞鈍化膜（不鏽鋼）	316 / 高鉬等級，避免液體停滯
間隙腐蝕	缺氧的縫隙（密封件下方、搭接處）	密封 / 消除縫隙、排水
應力腐蝕破裂	拉應力 + 特定環境	降低應力、耐蝕合金、珠擊
粒間腐蝕	敏化的不鏽鋼焊道（鉻碳化物）	低碳（304L/316L）或穩定化等級

5. 防治對策

- **選用相容的組合**——最便宜的解法是選擇指數差在容許範圍內的金屬。
- **必須混用時加以絕緣**：非導電墊片、扣件用的肩型墊圈 / 絕緣套管、在單面或雙面施加披覆（切斷電性路徑）。
- **有利的面積比**——讓陽極面積大或陰極面積小；絕不要把小的陽極扣件用在大的陰極零件上。
- **披覆陰極**（違反直覺但正確：陽極上的披覆缺陷會使腐蝕集中）。
- 大型結構使用**犧牲陽極**（鋅 / 鎂）；以**抑制劑 / 密封劑**隔絕電解質。
- **排水**——在設計上消除積水處與縫隙。

6. 檢核清單

- **列出所有接觸的金屬**（包含扣件、鍍層、彈簧）。
- **電解質？** 室內乾燥、潮濕、潑濺，或浸水 / 海洋環境。
- **指數差**——查出每種金屬的指數，並與環境上限比較差值。
- **面積比**——陽極相對於陰極是否偏小？扣件的貴重程度至少與接合件相同。
- **若不相容：** 加以絕緣（墊片 / 套管 / 披覆）、重新選材，或加入犧牲元件——並在設計上消除縫隙與積水處。可搭配*熱處理與表面處理*及*材料*技術參考使用。

This document is also a web page, kept up to date:
https://ideambox.com/zh-hant/downloads/galvanic-corrosion-chart/

Designing something that needs this? ideambox.com/contact