

扣件博士 - 電偶腐蝕問與答



此期的扣件博士將探討電偶腐蝕的問題。雖然這一直是扣件工程師所關心的問題，因為他們需要連接與扣件材質不同的部件，但近年來，由於人們對輕量化的興趣，這一話題受到了特別關注。事實上，當今設計人員經常採用的策略之一就是利用混合材料結構，即扣件材料與夾緊部件的材料不同。因此，與過去相比，因應電偶腐蝕發生機率調整設計可能是一個更重要的優先事項。因此，扣件製造商、供應商和工程師必須熟悉這種失效機制和應對策略。

問 什麼是電偶腐蝕？

答 電偶腐蝕是一種電化學腐蝕機制，當兩種電位不同的材料在導電電解質的存在下相互接觸時，就會產生電偶腐蝕。當條件合適且兩種接觸材料存在電位差時，就會產生一個電路，將電子從惰性較低（陽極）的材料中剝離，並傳導到惰性較高（陰極）的材料中。簡單地說，陰極性較強的材料會對陽極性較強的材料造成腐蝕。

問 電偶腐蝕機制是如何運作的？

答 當兩種不同的材料相互接觸且電位明顯不同時，電位較低的材料將成為陽極，電位較高的材料將成為陰極。在有電解質的情況下，電荷透過電子傳導從陰極進入陽極，透過離子傳導從陽極進入陰極。當電荷離開陽極時，金屬離子解離，導致陽極材料腐蝕。

問 您能舉幾個例子說明這種現象嗎？

答 當然。這種現象最常見的例子之一就是老房子裡的冷熱水管道和系統經過多年的添加和替換。75年前，水管的常用材料是鍍鋅鐵。大約三四十年前，管道材料轉變為銅，情況發生了變化。近年來，許多經過改造或翻修的房屋通常都有鍍鋅鐵和銅材質相接的管道。擁有這樣房屋的人很可能會遇到水壓降低和管道內有沉澱物的問題。對這些連接處進行檢查後會發現，銅管似乎完好無損，但鐵管已嚴重生鏽和腐蝕。最終，這些連接處將完全失效，

鐵管將失效，或被大量腐蝕所產生的副產品填滿，以至於不再能使水流通過。另一個常見的例子是鋼材電鍍鋅所提供的保護機制。當鍍鋅鋼部件暴露在電解液（如雨水）中時，鍍鋅層就會充當陽極，犧牲自己（腐蝕）來保護下面的陰極鋼。當鋅完全被腐蝕掉時，底層鋼就會開始生鏽。

問 必須具備哪些條件才能觸發電偶腐蝕？

答 發生電偶腐蝕必須具備三個條件。首先，兩種不同的材料必須相互接觸。其次，這兩種材料必須具有明顯不同的電位，這樣，當它們相互接觸時，就會觸發反應，惰性較高的材料為陰極，惰性較低的材料為陽極。第三，必須有電解質，以便電荷從陰極傳導到陽極。

問 請您解釋電位差表

答 電位差表（見表1）列出了不同金屬的電位。圖表的最上部代表惰性較低的材料，因此將作為陽極。圖表的最下方代表惰性較高的材料，因此表現為陰極。設計人員可以利用此表瞭解不同金屬配對的效果。兩種異種材料之間的距離越遠，兩者之間形成的迴路就越強。例如，鉑金這種陰極性很強的材料與鎂這種陽極性很強的材料配對就會產生很強的電化學迴路。在一般電解質條件下，這種配對可能會導致鎂材料立即發生嚴重腐蝕。該表的另一個特點是色帶。每個色帶代表具有相似電勢的金屬。將這些金屬配對在一起會導致極弱的配對，一般不會有問題。例如，將鎂和鋅配對在一起就不會有問題。



表一：電位差表

腐蝕端 (陽極)	鉛錫接合物	鎳 (惰性)
鎂	鉛	英高鎳合金 (惰性)
鎂合金	錫	鉻鐵 (惰性)
鋅	鎳 (活性)	304 不鏽鋼 (惰性)
鋁 (1100 系)	英高鎳合金 (活性)	316 不鏽鋼 (惰性)
銅	哈氏合金 (活性)	哈氏合金 (惰性)
鋁 (2024-T4)	黃銅	銀
銅鐵	紅銅	鈦
鑄鐵	青銅	石墨
鉻鐵	銅鎳合金	黃金
耐蝕鎳鑄鐵	蒙乃爾合金	鉑金
304 不鏽鋼 (活性)	銀接合物	保護端 (陰極)
316 不鏽鋼 (活性)		

問 什麼是電解質？

答 任何可以進行離子傳導的物質。電解質通常是水...等液體，但也可以是泥土或沙子...等物質。

問 解釋弱電解質和強電解質的區別？

答 並非所有電解質都一樣。事實上，含有更多礦物質和離子的電解質比不含有礦物質和離子的電解質更強。例如，海水是一種強電解質，而蒸餾水或去離子水則是一種非常弱的電解質。電解質的強弱對電解池的反應速度非常重要。在弱電解質中，即使是高強度異金屬配對也會反應非常緩慢，甚至根本不會發生反應，而在鹽水中，即使是強度一般的異金屬配對也會很快引發電偶腐蝕。這就是為什麼冬天暴露在路鹽中的汽車比在溫暖乾燥氣候下的汽車腐蝕得更快的原因之一。

問 解釋接合部件的尺寸如何產生影響？

答 將一個 M8 扣件與 5 公尺乘以 5 公尺的金屬板接觸。試想一下，扣件由鋁製成，而金屬板由 300 系列鈍化不銹鋼製成。查閱電位差表，可以明顯看出這兩種材料之間的電位差很大。這意味著這兩種材料之間會產生很強的電化迴路。在這種情況下，鋁扣件是陽極（相當小），不銹鋼板是陰極（相當大）。在電解質強度一般的情況下，鋁扣件的腐蝕速度會非常快，因為陰極的作用大大超過陽極。現在將這種情況反過來。大鋼板是鋁，成為陽極，扣件是不銹鋼，成為陰極。這裡仍然會產生電偶，但由於陰極與陽極的尺寸相比非常小，因此腐蝕影響很小。在這種情況下，扣件邊緣表面周圍的鋼板可能會出現少量腐蝕或點蝕。因此，陽極和陰極之間的尺寸差異會對連接處的腐蝕程度產生很大影響。

問 如何保護扣件或連接處免受電偶腐蝕？

答 保護連接處或扣件免受電偶腐蝕的最有效方法是消除發生電偶腐蝕所需的觸發因素之一。這意味著要隔離不同的材料防止它們相互接觸，使用電位表中電位相似的材料，以及消除或保護連接處與電解液的接觸。要解決這些問題，需要採取以下幾種常見措施：

1. 隔離不同材料的接觸。用於隔離具有電位差的材料接觸的絕緣體稱為雙電層。在扣件上，這些絕緣體可以是放置在軸承表面下方的塑膠墊圈、不僅隔離軸承表面而且隔離整個連接處夾具的塑膠套管或扣眼，以及噴灑在扣件與其他連接處部件接觸區域的隔離材料。
2. 消除與電解液的接觸。保護接合處不與電解液接觸或持續存在電解液，可以減緩或完全消除電偶腐蝕。這可以透過精心設計位置、塗漆或密封或保護層來實現。
3. 使扣件成為陰極。由於扣件通常比其連接的接縫材料小，利用尺寸差的影響是明智之舉。因此，選擇一種能使扣件成為陰極的材料或表面處理是一種明智的策略。

問 電偶腐蝕能為我們帶來好處嗎？

答 是的，而且很常見。犧牲式電鍍耦合器通常用於保護地下鋼罐和管道。透過將鋼罐和鋼管與犧牲式鋅或鎂塊連接起來，它們可以得到更長時間的保護。另一個電鍍保護的例子是海底石油作業中使用的設備，這些設備都經過陰極電鍍，以保護其免受鹽水浸泡的影響。■

著作權所有：惠達雜誌
撰文：Laurence Claus

