



《認識防鏽技術》

/鋼橋防鏽 鍍鋅比上漆強 10 倍



(鋼構橋梁易遭酸雨、日曬、海水鹽分和車輛震動破壞。傳統上，人們會在橋的表面塗上抗鏽漆；更先進的做法，則是鍍上一層鋅來避免氧化。

圖／本報資料照片)



(不論鋼橋還是混凝土路橋都會遭鏽蝕，若不善加處理可能影響安全。 記者盧振昇、陳燕模／攝影)

國際上有越來越多鋼構橋梁取代傳統鋼筋混凝土橋，台灣也不例外。鋼構橋梁不但結構更輕盈、耐震，橋體也能回收再利用。但酸雨、日曬、海水鹽分和車輛震動等，都是鋼材表面塗料的破壞者，若保護層不能保護好，鋼橋也不是萬無一失。

橋梁造型越來越有變化，跨度越來越長，這全拜橋身採用鋼結構之賜。不過，大量採用鋼構橋梁，伴隨而來的是難以估算的維修成本，特別是防鏽、防蝕若無根本解決的作法，鋼橋恐成為浪費公帑的超級黑洞。以台北市麥帥二橋除鏽上漆工程為例，北市工務局再怎麼省，每次都要編近 2 千萬元做除鏽、上漆，且每 5~7 年就要重來一次。施工期間封閉橋梁的交通衝擊、空氣汙染等社會成本尚未估算在內。

台北市有 80 餘座大小不一的鋼橋，加總起來，光是維護鋼橋就是一筆大錢。不要以為每隔幾年把鏽刮除、上了新漆，問題就解決了；由於鋼橋的體型巨大，需要很多構件銜接，不論用哪一種除鏽上漆工法，都無法深入銜接處。材料界針對這種鋼橋死角，研發一種事前用熱浸鍍鋅的防鏽法。台電有些高壓電塔就採熱浸鍍鋅處理，用 50 幾年仍很健康，不須維修。

傳統上漆防鏽的作法，因變數太多，就算定期重新來過，效果也不穩定。例如除掉舊漆若不徹底，新漆易剝落；除去舊漆後太久才上新漆，效果也會打折；在空氣溼度太高的環境下上漆，也易結露（水汽）而影響漆的附著效果。另外，早期防鏽油漆添加重金屬鉛，除舊漆時常掉落河川，造成生態汙染；現在已不用這種俗稱「紅丹」的底漆，改在漆中添加無機鋅粉，也是看重鋅的氧化電位較高的防鏽效果。

防鏽漆容易受外在環境影響剝落，但如果把鋼材表面直接「包膜」，裹上一層鋅，防鏽更持久。利用攝氏 400~500 度高溫把鋅溶成液態，把鋼材浸入，冷卻後就成了鍍鋅防鏽膜，這層膜是鋅加鐵形成的合金層，鍵結强度高，不易分離，即使遭遇強力碰撞也不易脫落，這是防鏽漆做不到的。鋅的氧化電位比鋼鐵高，碰到水汽、鹽分（氯離子），鋅會為鋼鐵「犧牲」，逐漸氧化消失不見，直到露出鋼材為止。因此，一般鍍鋅防鏽層的厚度約 85~100μm。鋼橋的防鏽漆約耐用 5~7 年，鍍鋅防鏽可達 50 年，防鏽效果差 10 倍，但初期施工成本，鍍鋅比漆貴 1 倍。

/不鏽鋼抗鏽蝕秘訣 富鉻氧化膜

台灣夏天熱，許多住戶外牆都裝了冷氣機，但某些廠商安裝不牢，或用不良的材料當架子；長年風吹雨打，會讓這些架子生鏽、冷氣機不再牢靠。輕則傷害冷氣機，更恐怖的是，裝在高樓的冷氣機成了隨時可能墜落的大炸彈，危及行人安全。

「生鏽」是一種氧化狀態，鐵變成氧化鐵時，結晶會變得鬆散、脆化；如果此時溫度，濕度都提高，氧化（生鏽）速度會更快。關於固定冷氣機的鐵架，為了延緩鏽蝕的速度，可以選擇「鍍鋅」的材質，不鏽鋼架也可以考慮。鋅的化學活性比鐵大，比鐵容易氧化，在鍍鋅的鋼材裡，鋅可以「搶走」氧、自己氧化，讓鐵不易氧化，就不易生鏽。另一方面，鋅氧化後形成的氧化鋅會包覆原本的鋅材，讓內層不再氧化，反而有保護作用。

至於不鏽鋼，它是包括鐵、鉻、鎳、碳、矽等多種材質的複合金屬材料，主成分是鐵，鉻含量最少有 11%，甚至到 20% 以上。不鏽鋼的硬度好、材質安定、加工困難，它可以耐酸、抗鹼，是許多用品的首選材料；鋼的內部結構越均勻，腐蝕物入侵就越困難。不鏽鋼「不鏽」的秘訣就在於鉻，它在鋼材外表形成一層緻密的氧化鉻保護膜；不鏽鋼是一種合金，可以「壓抑」氧化進行，讓氧沒有辦法「趁虛而入」。但是，不鏽鋼並不代表真的不會生鏽。如果它表面沾附其他金屬元素的粉塵或顆粒，長期處在潮濕的空氣時，金屬與鋼材間可能引發電化學反應，破壞鋼材外的保護膜。此外，不鏽鋼表面如果沾到酸、鹼、鹽類或空氣汙染物質，再碰到水也可能會腐蝕。

家電業者也提醒，冷氣機的主要重量在機體後面，如果單純固定在窗戶上，容易「往後翻」。業者強調，如果是住在山區、海邊或多雨地帶，空氣比較潮濕，就應該要用不鏽鋼架固定冷氣機；若住戶在 2 樓以上，一樣要採用不鏽鋼架固定，以避免冷氣機掉落。不鏽鋼架要定期上油、檢查螺絲有沒有鎖緊，也可以噴漆防鏽。

/光電不鏽鋼 有請半導體上身

19 世紀時，人們就開始研究如何防鏽；有物理方法，也有化學方法。現今市面上的不鏽鋼超過 180 種，防鏽最簡單的方式就是常常擦拭、塗漆或上油。近年還有人用半導體開發「光電油漆」，延長鋼材的使用壽命。和鐵相比較，鋁的氧化物有保護作用，鋁的性質很穩定；但含鋁、含銅的合金還是有可能腐蝕。所以雖然氧化鋁可以保護材料內層，但通常相關產品還是會多經過一道「陽極處理」，用以加速、加厚氧化程度；氧化鋁的結構上有一些小孔，有業者加入染料，製成許多不同顏色的鋁門窗。

約 150 年前，人們在鐵的表面鍍上鋅防鏽，方法是把鋅加到高溫，變成液體後，鐵材就像「油條沾豆漿」一樣浸泡進去，稱作「熱浸鍍鋅」。近年來還有電鍍、真空蒸氣等其他方法；這裡的鋁、鋅都是要代替鐵氧化的，稱作「犧牲性鍍材」。現今人們經常使用不鏽鋼，它有許多編號分類方式，根據美國自動車工程師學會的分類，分成「200」、「300」、「400」、「500」、「600」共 5 種系列。平時常看到的不鏽鋼是「300」型，標準成分是 18% 鉻加 8% 鎳，其中最廣泛運用的是 304、316 型。其中 316 型添加鉬元素使它抗腐蝕，是造船、化學、濱海邊常使用的材料。

某些環境會造成鋼材容易生鏽，人們也採取不同方式防鏽。例如汽車水箱中都會添加防鏽劑、腐蝕抑制劑；早年的腐蝕抑制劑含鉻離子，毒性很強，現在逐漸以別的配方取代。另外，瓦斯或油管路上也會塗一層陰極防蝕漆。近年開發的「光電油漆」，則是在鐵表面上鍍一層半導體材料，它會進行光電反應，讓電子進入基材、電洞和空氣作用，鐵材就不會再和空氣接觸，由此達到保護鋼鐵的目的。



(混凝土路橋都會遭鏽蝕，若不善加處理可能影響安全。 記者陳燕模／攝影)