

# 太陽能模組支架熱浸鍍鋅使用指引

## 1. 目的與範圍

為確保太陽能模組支架於各類腐蝕環境能提供良好、長久服務的防蝕機能，本指引將說明模組支架進行熱浸鍍鋅所需鍍鋅之材料、設備、施工、檢驗等相關規定。

凡太陽能模組支架之契約圖說中規定熱浸鍍鋅構件，其所需鍍鋅之一切人工、材料、機具與機械設備、動力、試驗等均屬於本指引之適用範圍。

## 2. 相關國家標準（CNS）

- (1) CNS 1247 熱浸鍍鋅檢驗法
- (2) CNS 4237 熱浸鍍鋅螺栓及螺帽
- (3) CNS 8503 熱浸鍍鋅作業方法
- (4) CNS 10007 鋼鐵之熱浸鍍鋅
- (5) CNS 14771 鋼筋混凝土用熱浸鍍鋅鋼筋
- (6) CNS 15257 熱浸鍍鋅層損傷及裸點修補

## 3. 太陽能支架在台灣的腐蝕環境

採用熱浸鍍鋅構件所設置之太陽能支架，在大氣環境中受腐蝕因子影響而產生劣化或破壞的現象，稱為大氣腐蝕。圖3-1為鋅金屬在2007年5月～2008年8月暴露期間之大氣腐蝕分類等位圖；圖中，等位線區間的顏色依ISO 9223之鋅金屬最初第一一年之腐蝕速率來區分，C5等級以上(CX)以紅色表示，C5等級以粉紅色表示，C4等級以藍色表示，C3等級以綠色表示，C2 等級以黃色表示，C1等級則以淡黃色表示。

一般而言，除了在山區的試驗位址外，鋅金屬在台灣的大氣腐蝕環境分類多為 C3 以上，甚至在西北部海岸，腐蝕環境可達 CX(2012 年 ISO 9223 將超過 C5 等級的腐蝕等級稱 CX)。在平行海岸線方面，以高鐵沿線為例，針對鋅金屬而言，台灣西部大氣腐蝕環境的分類可以大甲溪為界，大甲溪以北地區(如通霄以北之苗栗、新竹、桃園、台北市)多為 C4 等級，大甲溪以南台中市至台南市之間多為 C3，但高雄市附近為 C4，沿海地區則為 C5 至 CX 等級。

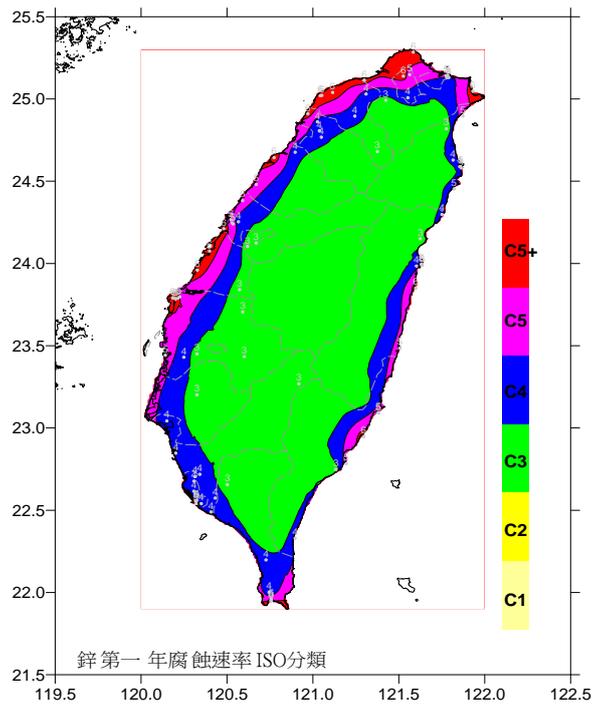


圖 3-1 鋅第一年腐蝕速率之 ISO 分類 (資料來源：工業技術研究院)

#### 4. 熱浸鍍鋅腐蝕防治設計

根據 ISO 9223，金屬的大氣腐蝕環境可分為 C1、C2、C3、C4、C5、CX 六個等級，其中 C1 表示腐蝕性非常低(very low)，C2 表示腐蝕性低(low)，C3 表示腐蝕性中等(medium)，C4 表示腐蝕性高(high)，C5 表示腐蝕性非常高(very high)，CX 代表腐蝕性極嚴重(extreme)。鋅金屬在各個環境分類下的第一年與 10 年、30 年的平均腐蝕速率如表 4-1 所示。

表 4-1 鋅的大氣腐蝕速率

腐蝕等級	第一年腐蝕率 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	10 年平均腐蝕率 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	30 年平均腐蝕率 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	腐蝕性
C1	$r_{\text{corr}} \leq 0.7$	$r_{\text{av}} \leq 0.5$	$r_{\text{lin}} \leq 0.36$	非常低
C2	$0.7 < r_{\text{corr}} \leq 5$	$0.5 < r_{\text{av}} \leq 3.6$	$0.36 < r_{\text{lin}} \leq 2.86$	低
C3	$5 < r_{\text{corr}} \leq 15$	$3.57 < r_{\text{av}} \leq 10$	$2.86 < r_{\text{lin}} \leq 7.85$	中等
C4	$15 < r_{\text{corr}} \leq 30$	$10 < r_{\text{av}} \leq 20$	$7.85 < r_{\text{lin}} \leq 15.7$	高
C5	$30 < r_{\text{corr}} \leq 60$	$20 < r_{\text{av}} \leq 40$	$15.7 < r_{\text{lin}} \leq 31.4$	非常高
CX	$60 < r_{\text{corr}} \leq 180$	$40 < r_{\text{av}} \leq 114$	$31.4 < r_{\text{lin}} \leq 92.8$	極嚴重

資料來源：ISO 9223- 2012 與 ISO 9224- 2012

一般大氣腐蝕環境分類常區分為海洋環境、工業環境、硫氮環境、都市及鄉村環境，參考台灣過去大氣腐蝕腐蝕調查的數據比較，其與 ISO 9223 腐蝕環境分類的對照如表 4-2 所示。

表 4-2 大氣腐蝕分類對照表

一般大氣腐蝕環境分類	ISO 9223 大氣腐蝕環境分類
鄉村、山區	C1、C2
都市	C3
海洋環境、工業環境、硫氮環境	C4、C5、CX

根據 ISO 9224-2012 定義之平均腐蝕速率(10 年的平均腐蝕率)估算，熱浸鍍鋅附著量 550 g/m<sup>2</sup> 在腐蝕性中等的 C3 環境中可保有 49.5 年以上的防蝕壽命，於腐蝕性很嚴重的 C5 環境中也可維持 12.4 年以上的防蝕壽命，CX 環境應加塗裝作為雙重防蝕。鍍鋅附著量與防蝕壽命的關係如圖 4-1 所示。各種鍍鋅附著量在各種環境之耐用年限參考值如表 4-3 所示。鍍鋅層耐用年限，係以鍍鋅層附著量之 90%除以鍍鋅層所處大氣腐蝕性環境之腐蝕速率評估之。而同一支架結構中各構件之鋼材、厚度不同，其耐用年限可能各有不同。

鋅的耐久年限 (ISO 9224-2012)

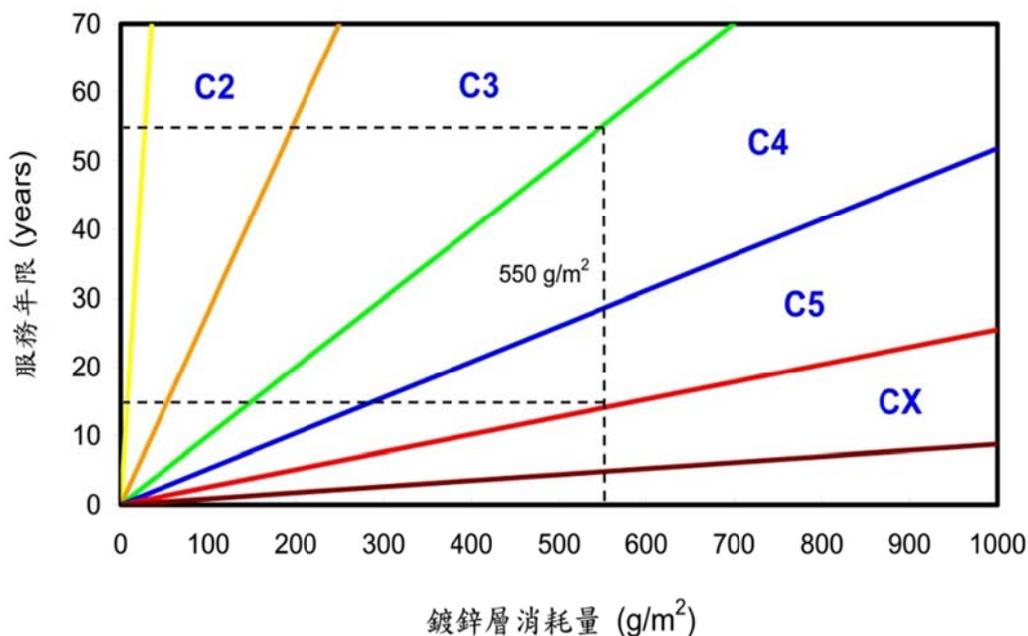


圖 4-1 鍍鋅附著量與防蝕壽命的關係(資料來源：工業技術研究院)

表 4-3 各種鍍鋅附著量在各種環境之耐用年限參考值

腐蝕性分類	鋅金屬10年平均腐蝕率( $r_{av}$ , g/m <sup>2</sup> )	耐用年限(年)		
		600 g/m <sup>2</sup>	550 g/m <sup>2</sup>	350 g/m <sup>2</sup>
C1	$r_{av} \leq 0.5$	>100	>100	>100
C2	$0.5 < r_{av} \leq 3.6$	>100	>100	87.5~100
C3	$3.57 < r_{av} \leq 10$	54~100	49.5~100	31.5~87.5
C4	$10 < r_{av} \leq 20$	27~54	24.75~49.5	15.75~31.5
C5	$20 < r_{av} \leq 40$	13.5~27	12.4~24.75	7.88~15.75
CX	$40 < r_{av} \leq 114$	4.7~13.5	4.3~12.4	2.19~7.88

註：1.本表之耐用年限係指純鍍鋅層，不包含表面塗裝之效應。

熱浸鍍鋅支架在不同的適用環境下之防蝕設計可將其區分為Z1、Z2及Z3等三種系統。

各防蝕系統之防蝕層組成及其一般適用環境，如表 4-4 所示。

表 4-4 各暴露環境之防蝕系統

系統	暴露環境	防蝕層組成
Z1	C4以下	熱浸鍍鋅
Z2	C4以下並有景觀、視覺需求	熱浸鍍鋅加外觀性塗裝
Z3	C5及C5X，亦可使用於C1~C4	熱浸鍍鋅加防蝕性塗裝

## 5. 熱浸鍍鋅與施工

### 5.1 材料

#### 5.1.1 鋅料

依 CNS 8503 第 5.2 節及第 5.3 節之規定。

#### 5.1.2 模組支架

(1) 模組支架用之鋼料材質須符合 CNS 2473 SS400 或 A36 或 SM400

以上等級並經熱浸鍍鋅處理，其鍍鋅層附著量不得低於 550g/m<sup>2</sup>。

(2) 熱浸鍍鋅層附著量應依 CNS10007 第 4 節之規定如表 4-5。

表 4-5 熱浸鍍鋅層適用底材與附著量

符號	鍍鋅層附著量(g/m <sup>2</sup> )	適用底材(參考)
HDZ35	350	厚度 1 mm 以上，2 mm 以下之鋼材、鋼鐵製品，直徑 12 mm 以上之螺栓、螺帽及厚度超過 2.3 mm 之墊圈。
HDZ40	400	厚度超過 2 mm，3 mm 以下之鋼材、鋼鐵製品及鑄鍛造品。
HDZ45	450	厚度超過 3 mm，5 mm 以下之鋼材、鋼鐵製品及鑄鍛造品。
HDZ50	500	厚度超過 5 mm 之鋼材、鋼鐵製品及鑄鍛造品。
HDZ55	550	嚴酷腐蝕環境下使用之鋼材、鋼鐵製品及鑄鍛造品。
<p>備考 1.若要求為 HDZ 55 之鍍鋅層，其底材之厚度宜在 6 mm 以上。若厚度小於 6 mm 者，由買賣雙方協議之。</p> <p>備考 2.所示的厚度及直徑，係為標稱尺度。</p> <p>備考 3.嚴酷腐蝕環境，例：C5 環境以上之地區。</p>		

### 5.1.3 螺栓

#### 5.1.3.1 模組支架用螺栓

- (1) 模組支架用螺栓應符合 CNS 3934 強度區分 4.6 以上等級並經熱浸鍍鋅處理，其鍍鋅層附著量不得低於 350g/m<sup>2</sup>。
- (2) 搭配之螺帽、墊圈亦應符合前述附著量要求。
- (3) 螺帽之擴孔 (tapped oversize) 不得大於 0.8mm。

#### 5.1.3.2 基礎螺栓

- (1) 基礎螺栓須符合 CNS 3934 強度區分 4.6 以上等級。螺栓於工廠製造完成後施以熱浸鍍鋅處理，其鍍鋅層附著量不得低於 350g/m<sup>2</sup>。搭配之螺帽、墊圈亦應符合前述附著量要求。

### 5.1.4 鋼筋

- (1) 模組支架用之基座熱浸鍍鋅鋼筋應符合 CNS 14771 規定，如表 5-1。

表5-1 鋼筋混凝土用熱浸鍍鋅鋼筋與鍍鋅層附著量

鍍鋅層等級	竹節鋼筋稱號	鍍鋅層附著量(g/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>
等級一	D10	915
	D13 以上	1,070
等級二	D10 以上	610

註:

1. 竹節鋼筋之表面積依 CNS 560 之標稱周長計算後，再乘以 1.2 倍以求算鍍鋅層附著量。
2. 等級一適用於嚴酷腐蝕環境，例：C5 環境以上之地區。

## 5.2 施工

### 5.2.1 一般規定

- 5.2.1.1 模組支架之鍍鋅鋼材，均應於裁切、鑽孔等製作工作完成校對無誤後再行鍍鋅，鍍鋅之後，除必要之變形矯正及鍍鋅缺陷之修補外，不得再行裁切或打孔。
- 5.2.1.2 除設計圖說另有規定外，鍍鋅層附著量依 CNS 10007 第 3.2 節之規定。
- 5.2.1.3 模組支架若處於大氣環境分類 C5 或 CX，支架(含螺栓、螺帽、墊圈)除經熱浸鍍鋅處理外表面需再經塗裝處理以增加耐蝕性。
- 5.2.1.4 模組支架用之基座若處於魚塭、海水、鹽灘地中或大氣環境分類 C5 或 CX，基座用熱浸鍍鋅鋼筋，鍍鋅層附著量不得低於 1000g/m<sup>2</sup> 之規定。
- 5.2.1.5 熱浸鍍鋅工廠必須具備 ISO 9001 品質認證資格，並為中華民國熱浸鍍鋅協會認證合格之資格廠。

### 5.3 熱浸鍍作業

- (1) 依 CNS 8503 之規定。
- (2) 鍍鋅表面應平滑，不得具有使用上之缺陷
- (3) 熱浸鍍鋅層損傷及裸點修補依照 CNS 15257 規定辦理。

### 5.4 物件鍍鋅前之加工

- 5.4.1 物件鍍鋅前之裁切毛邊應加以磨成 R $\geq$ 2mm 之圓弧狀。對於角鋼、槽鋼或鋼板銲接之重疊面，應將其邊緣加以銲封。
- 5.4.2 管狀製作品、空心結構件、箱型梁等，應有適當之通氣孔，通氣孔位置為每一組件之兩面或對角位置，通氣孔直徑應為內直徑或對角長度之[25%]以上，並符合 CNS 8503 之相關規

定。

5.4.3 槽鋼或梁柱上銲接之加勁板或連結板，應事先鑽孔或裁割端角，其大小應足以流通鋅液。

5.4.4 物件銲接時產生之銲渣，應於鍍鋅前完全清除。

## 5.5 成品檢驗

成品檢驗包括構件外觀、構件變形量、鍍鋅層附著量、鍍鋅層附著性及鍍鋅層膜厚之檢驗。

### 5.5.1 熱浸鍍鋅構件外觀

- (1) 外觀檢驗以目視方式進行之，並應進行 100%之檢驗。檢驗項目包括裸點、刮痕及殘渣附著。
- (2) 構件之燒灰、縫痕、變色及白銹，不影響構件之防蝕性或施工性，除契約另有規定外，不需檢驗。
- (3) 構件之接合面及接合板之接合面，除應進行第(1)項之檢驗項目外，尚需進行鋅垂滴、顆粒及粗糙等項目之檢驗，以保持接合面平整為原則。
- (4) 構件之最終成品不得有裸點。構件有裸點時，單一構件裸點之總面積大於全部表面積之 0.5%，或任一裸點之面積大於 5cm<sup>2</sup> 時，應依 CNS 10007 第 6.4 節(a)之規定辦理。其他較輕微之裸點缺陷，應根據 CNS 15257 之規定方法進行補修。
- (5) 構件之最終成品不得有穿透鍍鋅層之刮痕。構件有穿透鍍鋅層之刮痕時，根據 CNS 15257 之規定方法以鋅粉漆進行補修。
- (6) 構件之最終成品不得有殘渣附著。構件有殘渣附著時，應以銼刀或研磨機除去。

## 5.6 允收

- (1) 試樣取樣後，依 CNS 1247 進行鍍鋅層附著量檢驗。檢驗結果達到契約規定值以上時視為允收。
- (2) 檢驗不合格時，應就檢驗不合格項目加倍取樣進行複驗，必須全數合格方可允收。取樣方式需和第一次流程相同。
- (3) 檢驗不合格之同批構件可再去除鋅後，重新進行熱浸鍍鋅加工後，再次送請檢驗。

## 5.7 現場品質管制

5.7.1 熱浸鍍鋅後成品於工地儲放時，應放在通風、排水良好的地方，避免純鋅因氧化造成白銹 (white rust) 現象。

5.7.2 熱浸鍍鋅後之物件應防止脆化、翹曲與變形致影響施工品質之情況，若發生翹曲或變形時，不得使用熱整方式，以免影響鍍鋅品質。

- 5.7.3 鍍鋅構件，於運送前，應妥為包裝保護，無論運輸或架設時，如有碰擊損壞之鍍鋅面處，亦應依 CNS 15257 之規定以富鋅漆修補之。
- 5.7.4 鍍鋅物件經熱浸鍍鋅後，應作表面潔淨處理。
- 5.7.5 模組支架處於大氣環境分類 C5 以上，熱浸鍍鋅物件應再加以塗裝，則須經表面清潔處理或掃砂，並依據 ISO 12944 選擇適當的塗裝系統或測試方法。
- 5.7.6 鋼筋混凝土構件若使用熱浸鍍鋅鋼筋時，應依 CNS 14771 之規定。