

塗裝設計及施工技術

陳文源* · 鄭錦榮** 論述

Design and Preparing Procedure for Painting

W. Y. Chen, J. R. Cheng***

摘要

近年來，工業發展的結果，酸雨與污染日益增加，再加上地域本身嚴酷之腐蝕環境，使得金屬材料加速劣化，影響其美觀與使用壽命。日本曾於1974年進行之腐蝕防蝕調查中發表1份統計資料，即用於防蝕費用中，塗料佔了壓倒性的比例，約63%，可見塗料塗裝在防蝕對策上是最經濟，簡單且最有效的方法。我們都知道塗料是半成品，應該正確的選擇及使用適當的機具與方法，配合施工管理檢查，才能發揮完善的塗膜效果，而塗料本身一定要經由施工形成塗膜，始能發揮機能，可見塗裝工程是多麼重要。

本文主要根據作者多年塗裝工程的經驗，介紹應用在鋼構上塗裝設計及施工技術，希望透過最新設備及技術資訊，能有效延長鋼材的使用壽命。

關鍵字：塗裝設計、表面處理

ABSTRACT

In these years, due to the growth of the industrial development, the continuous increasing of acid rain and air pollution and the existing adverse environment result in rapid corrosion of the structure materials not only in their appearance but also in its lifetime.

There was a survey in corrosion prevention in Japan, 1974. It was reported that coating possesses 63% of the total cost of anti-corrosion consumption. This fact indicates that coating always is the most economic, simplest and the most effective way for the corrosion control compared with other methods. However, one thing must be realized that coating material is a semi-product which requires adequate application, facilities, method as well as management and inspection before it can function properly and become usefully effective film for corrosion control. Consequently, the emphasis on the coating film performance is absolutely necessary and significant.

Recommendations contained herein are intended as a guide for painting design and preparing procedure. They are base to a considerable extent on the best current knowledge and experience by ourselves. This report is intended for the instruction and guidance in the techniques and practices used in steel structure. The purpose of this report is to present latest information about equipment and techniques used to obtain optimum life of coatings on steel.

Key words: Painting design, Surface preparation.

*柏林股份有限公司

**台灣電力公司電力綜合研究所

一、前 言

鋼鐵於自然環境下本來就會生鏽的，鋼鐵雖很有用，但因腐蝕的損失也很大，因而鋼鐵結構物為中心的各種鋼鐵製品都應給予適當正確的防蝕對策；如（表1）係日本於1974年腐蝕防蝕協會等調查之腐蝕對策費，由此表可看出以塗裝的防蝕費用佔壓倒性的大約63%，再由其用途別即建築、結構物、海運等共計佔了53%。

如上所述以塗裝的防蝕方法佔了防蝕對策上極重要份量，隨著近年社會上要求節省資源、重視安全性、淨化社會環境觀點益顯愈積極，同時防蝕塗料工業已有各種不同創新的開發，防蝕機能亦越高度化，但另一方面應注意不要只把塗料品質視為第一優先，而把塗料工程視為次要。

塗料本身，唯要經施工形成塗膜始能發揮其機能，除當重視材料外，亦應充分重視塗膜的形成過程，亦即塗裝工程才是。因不論塗料品質多好，若塗裝品質（施工技術）惡劣，亦無法期待得到要求之塗膜品質，施工品質容易受施工條件而變動，尤其防蝕塗料多以現場施工為主體關係，易受多種不同的環境因素的影響。因此防蝕設計時要提高對塗裝工程技術的理解度，預先檢討會影響塗膜耐久性之要因—工作環境、塗裝方法、工作期間等工程條件、經濟性等問題，再決定塗裝系統與工程亦可。

鋼結構物或建築物若一旦設置下來，有些部份其防蝕上的維持管理幾乎不可能，於重新塗裝維護上遭遇困難，受預算編列限制，再增加部份新設備，結果變成龐大的支出。若把觀念一改，像這樣條件下之塗裝設計要一開始就立定計畫做好完全的防蝕設計，即可大大的節省經費，且達到防蝕目的。

金屬的表面曝露於大氣下或水中、化學液中或地下，所直接接觸到的就是水和氧，再加上化學物與細菌甚至不同金屬，以致銹蝕之發生是不可置疑的，如果在這些金屬表面給於適當之各種

表1 各種防蝕方法所佔費用比例

| 防蝕方法 | 防蝕費用 (億日元) | 防蝕費所佔百分比 (%) |
|---------|---------------|-----------------|
| 1. 表面塗裝 | 15,954 | 62.55 |
| 2. 表面處理 | 6,476 | 25.39 |
| 3. 耐蝕材料 | 2,388 | 9.36 |
| 4. 防銹油 | 156 | 0.61 |
| 5. 抑制劑 | 161 | 0.63 |
| 6. 電氣防蝕 | 157 | 0.62 |
| 7. 腐蝕研究 | 215 | 0.84 |
| 合 計 | 25,509 | 100 |

防蝕塗裝選擇適用防蝕塗料，施於適當技術施工即可達成防蝕目的。依許多經驗，防蝕塗裝成功之要件如下：

1. 了解被防蝕金屬之一切條件一如金屬種類其成份、構造、形狀大小、施工前放置場所環境與施工後將來使用下之環境。
2. 了解各種防蝕塗料一如塗料構成或塗料性能、抑制劑性能、表面處理與施工性能，依其目的選擇適用塗料。
3. 適當而正確之表面處理—據先進國家防蝕技術專家實際統計防蝕塗裝影響防蝕塗料壽命與功過中最大莫過於前處理。
4. 防蝕施工技術

隨著防蝕工作之需要，施工設備與器具亦隨著實用而省力化、合理化，針對某一施工必定要選擇適用機具才可。其他的配合環境，注意氣象變化，運用適當施工技術，遵守施工規定才能發揮最高效果。

二、防蝕塗裝設計

通常依下列各項順序來企劃：

1. 依影響塗膜耐久性要因大小（如使用環境、塗料種類、表面處理、塗裝次數等）來規劃。
2. 選擇符合工程條件（如工作環境、塗裝方法、工程期間）的塗裝系統。
3. 考慮經濟性（如費用與耐用年限）來決定塗

裝系統。

4. 依被塗物的使用目的與使用環境設計、色彩與光澤等。

(一) 防蝕塗裝之構成要素及其基本方式

防鏽塗裝技術是由表面前處理技術、塗裝技術及施工管理技術連成一密不可分的總合技術，構成此要素者有二：

(1) 基礎要素—亦即被塗物的塗件………以 S 表示

S-Structures : {
 被塗物種類
 塗裝的目的
 期待耐用幾年
 設置環境

(2) 副屬要素—○使用塗料、塗裝之條件………以 P 表示

P-Paint : 塗料與塗裝系統

○表面前處理程度之條件………

以 C 表示

C-Cleaning : {
 表面處理程度
 表面粗糙度

○塗裝作業條件…以 W 表示

- ① 塗料之作業 (WP)
- ② 前處理之作業 (WC)

W-Working : {
 塗裝方法
 工期
 塗裝場所
 包裝等

所以我們選擇塗料開始先要知道被塗物條件，我們以 S 表示。再就是指使用塗料與塗裝要件，以 P 表示；至於表面處理程度之條件以 C 表示；塗裝作業條件以 W 表示，塗裝作業條件又分兩種一是塗料之作業之 WP 表示，一是前處理之作業以 WC 表示：

以 S 做基礎可分為六種基本方式：

① S → P → C → W 適用於 P 優先或受限制下用之

② S → P → W → C

③ S → C → P → W 適用於 C 優先或受限制下用之

④ S → C → W → P

⑤ S → W → P → C WP、WC 優先或受限制時適用

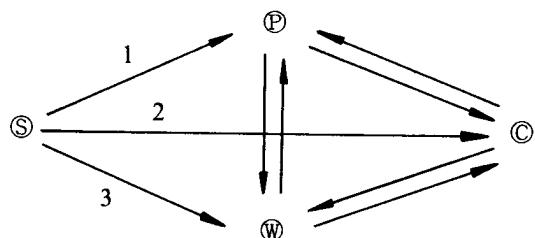
⑥ S → W → C → P 之

附用工事費預算 (以 M 表示之)

耐用年限 (以 Y 表示)

①～⑥ 中 S 以 (S+M+Y) 或 (S+M) 或 (S+Y) 實際應用之。

基本方式之活用



以 S 為基準如→印方向優先選用 1, 2, 3,，了解其互相間關係可得完全之設計技術，各項基本要素與副屬要素等，應確認事項如下：

(I) S，被處理鋼構造物的有關條件

- ① 要區別新設與既有鋼構造物之分別
- ② 被塗物的種類、構造、表面狀態之了解
- ③ 確認地域環境條件之環境
- ④ 確認作業之難易與施工方法之可行範圍

(II) P，有關塗料及塗裝系統的要件

- ① 選擇適用防鏽塗料之種類
- ② 確認其性能、性質、長處、短處、適用與否
- ③ 選擇適應 S、C、W 條件者

(III) C，有關表面前處理程度的要件

- ① 依被塗物鋼鐵構造物的種類與使用底漆類選擇其適當處理
- ② 必需適應 S、P、W 條件者
- ③ 一般的使用標準規格 SIS、SSPC、AS-TM

塗裝設計及施工技術

(iv) W，有關施工管理方法條件

- ①作業方法要選擇與 S、P、C 條件有互相關連者
- ②施工法種類與其長處、短處和限制事前都必需確認
- ③施工檢查與測定儀器之選擇

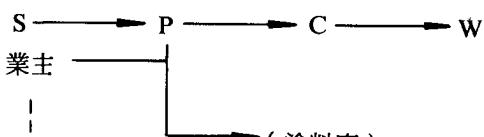
塗裝有新設計者與舊有被塗物的重新塗裝，故其設計順序如下

(A)新設：



如：

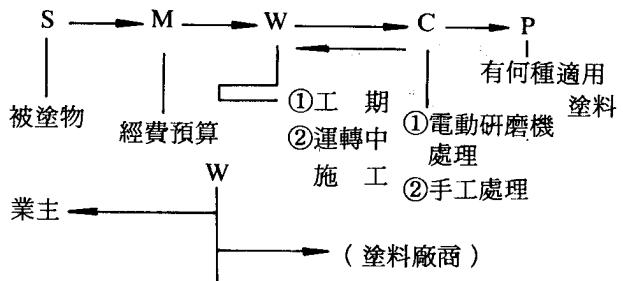
- ①橋樑 ①鉛系防銹漆 + MiO₂ + CR ①表面處理 SIS-MiO₂-CR ①中塗、底塗在工場施工
- ②架設方法 ②表面粗糙度 70 μm R_z ②面塗在現場
- ③設置環境：海岸區域 ③塗裝 5 道 ③工場以下噴塗現場用刷塗
- ④重塗週期 7 年 ③膜厚 200 μm ④工期最少要幾天
- ⑤最後面塗是淡色



----- 盡可能提供詳細情報

(B)舊有被塗物重塗：

- (1)舊有與新設計者比較，塗料廠商之檢討範圍有所限制，亦即需符合既有條件，提供適當之塗裝系統，塗料之性能才能有所發揮。
- (2)很難得到所期待之塗膜性能。



(3)重塗時另一難題是不知道舊有塗膜是那一種類。

(二)防蝕塗裝基本方式的選用

(1)一般或普通環境下的防銹塗裝選擇①或②鋼構造物 S 為被處理塗裝物，以它的必要條件為基準，選擇適當的塗料 P，然後再選擇適用 S→P 的 C，最後再選定最適當於 S→P →C 三要素的施工管理方法 W。

(2)化學工廠設備裝置或海岸設施的防銹塗裝選擇③或④鋼構造物 S 的條件非常嚴格受限制，因而 C 的程度亦受限制下應用之。

(3)因安全問題、公害問題、危險物對象或因特殊環境下的防蝕塗裝，選擇⑤或⑥因鋼構造物 S 的條件嚴格，以致施工作業 W 顯著受限制下應用之；若 S 的條件嚴格，以致施工作業 W 顯著受限制下應用之；若 S 的條件很標準不是特別嚴格，可以任意的塗裝設計而得施工管理的防銹塗裝，一般的標準的塗裝設計、施工、管理都可實施。

(三)防蝕塗裝與塗料選擇的要點

(1)表面處理程度之選定

- ①新舊表面狀態
- ②處理方法之選定
- ③黑皮、鏽層、舊塗膜、其他附著物等，除卻程度之決定與判定。
- ④表面處理粗糙度之決定與管理。

(2)選擇適用於腐蝕環境下的塗裝系統與塗料。

- ①希望獲得顏料效果的塗料

- ②希望獲得顯色劑的效果塗料
- ③具備①與②的塗料
- ④能發揮塗料性能的條件
- ⑤因塗料性能對其他條件能適合與否的把握
- ⑥塗料之重塗條件的適用性（底漆、中塗、上塗的相容性）
- ⑦塗佈量適當與否（表面處理狀態因冬、夏季條件之不同）
- ⑧塗膜厚度標準與均一
- ⑨塗膜表面狀態
- ⑩塗膜、透水性問題
- ⑪塗膜效果因塗裝方法而不同

(四)防鏽塗料之選擇

於塗膜表面即擋住水之入侵或透過塗膜的水，所以不影響塗膜對底材的防鏽效果。如圖1所示為塗膜防蝕或顏料防蝕時水的滲透。

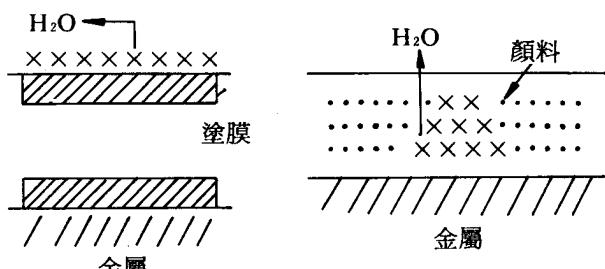


圖1 水分在塗膜滲透方式

分別此二種之重點……人是否能在其環境下生存。

(1)一般例：

- ①陸上→人可生存→顏料防蝕
- ②水上→人無法生存→被膜防蝕

(2)酸氣環境之例

- | | |
|--|-------------|
| ①無法工作之環境→被膜防蝕， (因酸直接作用到) | 如：環氧樹脂柏油塗料。 |
| ②短時間還可工作之環境→於被膜防蝕與 顏料防蝕中間，如：氯化橡膠塗料。 | |
| ③充分能工作之環境→顏料防蝕…… | |

油性系、醇酸樹脂系塗料

三、防蝕塗裝施工技術

據先進國家防蝕技術專家實際統計防蝕工作，影響防蝕效果要因如下表2所示，對防蝕材料壽命與缺陷中最大者莫過於前處理。

表2 影響塗膜壽命的要因統計分析

| 要因 | 影響百分率 |
|-----------------|-------|
| 表面前處理之適當與正確性 | 49.5 |
| 防蝕膜厚與層數 | 19.1 |
| 防蝕材料種類 | 4.9 |
| 其他要因（如環境變化、氣象等） | 26.5 |

(一)表面處理

我們在開始進行環境遮斷法防蝕塗裝前必須對「被處理物」做表面處理工作：它有兩個目的：

(1)防鏽

塗裝前在鋼鐵表面上存在之各種氧化物、污垢、油脂水份等，除了妨礙塗膜密著之外，並成為塗裝生鏽之原因，所以在塗裝時有將其完全除去之必要。在有微量之水分殘留時，除了成為塗膜密著不良之外觀，在塗裝後亦因其部位發生成長之鏽將塗膜鼓起，而成為剝落損傷之原因。鏽與黑皮（mill scale）之除去亦同樣重要，黑皮因長期間透過水分、氧氣，即依 $\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$ 之氧化作用。使其體積膨脹，將上部之 Fe_2O_3 層抬高以致剝離，或使塗膜膨脹鼓起，以發生龜裂。

而且黑皮因其表面為不活性，除了造成塗料或底面處理劑密著不良外，其對洗淨的鋼鐵面，由於對電化學為貴態，所以在局部黑皮漏掉除去之處即依電池作用急速腐蝕，而造成孔蝕。

(2)增加附著力：分為物理附著力、化學附著力與機械附著力。

塗裝設計及施工技術

$$\text{附著力強度公式: } \varepsilon = \frac{n\pi\gamma}{6d^3}$$

其中 ε = 塗膜之附著強度

γ = 塗料粒子之半徑

n = 單位面積中塗料粒子分子數

d = 塗膜中塗料與基材之距離

若 $d \rightarrow 0$, 塗膜附著力增加, 而防蝕力亦增強, 亦即除銹, 除污越乾淨, 塗膜與基材表面距離幾乎等於零而得最大附著力。而以上便是所謂的「施工」問題了。

要使防蝕工作達成完美境界, 需要重視適當與正確的前處理, 金屬製品形狀衆多, 用途殊異, 故需選擇適當之前處理; 大體上前處理分成化學方法與物理方法, 目的都是提高防蝕膜之附著性與防蝕性。

表面處理的方法有噴砂、動力機具、手工具及化學藥品等, 各種處理方法之優劣點如表 3 所示。一般新建鋼結構工程大致採用噴砂處理, 既有鋼結構之維修塗裝, 則因在工地施工, 採用噴砂處理困難, 故採動力機具或手工具者為多, 各種表面處理優劣和表 4。

(1) 化學前處理

採用碱洗、溶劑、界面活性劑、乳化液之脫脂去除, 降低表面張力, 而後採用鹽酸、硫酸或磷酸等加適當之抑制劑來達成除銹目的。

(2) 物理的方法

使用鋼粒、矽砂等噴射, 使金屬表面活性化, 不僅除銹又使表面粗糙度達到標準, 增加附著性與防蝕性。

前處理程度多採用美國鋼結構協會之標

表 3 表面處理程度與作業方法

| 表面處理程度 | | 作業方法 | 相關規格 |
|--------|------------------------------------|----------------|------------------------------------|
| 第一種清潔度 | 黑色、銹垢、舊塗膜點全除掉, 使金屬表面清潔。 | 噴砂 | SSPC-SP 5 SSPC-SP6 SSPC-SP10 |
| | | 酸洗 | SSPC-SP8 |
| 第二種清潔度 | 銹由塗膜除掉, 使鋼表面露出但凹部或狹隘部, 仍有少數銹與舊塗膜殘存 | 電磨機等動力工具與手工具併用 | SSPC-SP3 |
| 第三種清潔度 | 除掉已劣化之塗膜、露出鋼面, 但留有未劣化塗膜(活膜)。 | 同上 | SSPC-SP2 |
| 第四種清潔度 | 除掉已粉化者與不良污塵, 而留下活膜 | 同上 | — |

表 4 各種表面處理方法的長處與短處

| 表面項目 | 除銹度 | 對塗膜的影響 | 搭架 | 在現場適應性 | 粉塵問題 | 板厚之限制 | 成本 |
|------|-----|--------|----|--------|------|-------|----|
| 噴砂處理 | ◎ | ◎ | × | ○ | × | × | × |
| 機械除銹 | △ | ◎ | ◎ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 人工除銹 | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 酸洗處理 | ◎ | △ | — | × | ○ | ○ | × |

.....中和處理與粗糙度問題

準 SSPC⁽¹⁾ 規定，如表 3。

由採用的塗料種類，決定其必要之表面處理如表 5。只可用人工除銹處，若只考慮塗料性能，採用鋅粉底漆，則塗膜下面不久長銹，於短期間由銹面發生塗膜之剝落。

(二) 表面處理粗糙度與防蝕的關係

表面處理除可清淨被塗物之表面外，尚可使鋼板表面粗糙，以獲得較佳之附著性。但是鋼板表面太過粗糙，為了填滿粗糙之凹面，將消耗多量之塗料，且凸處亦容易產生膜厚不足的現象，而導致早期銹蝕發生，因此表面處理之粗糙應適度。根據 Dr. M. Kronstein 的實驗報告指出，防蝕所需之最低有效膜厚度為最大表面粗度之三倍。

此外，表面處理與防蝕率的關係如圖 2 所

示，這是以 16 種防蝕塗料，塗裝 1~3 次之防蝕能力，以數量化評估之結果。防蝕能力是以暴露 7 個月，完全無銹蝕為 100 點，數字越大表示防蝕效果越佳，清淨度 1 級為噴砂處理，2 級為動力工具除銹處理，3 級為鋼刷除銹處理。

防蝕率評估基準如下：

100 點……無異狀

80 點……良好

50 點……稍劣

20 點……相當不良

0 點……極為不良

塗膜評估點數以 55 點為使用限度，評估點數與 SSPC-Vision-2-68T/ASTM D610-68 (1974) 之塗膜劣化比率之關係如下：

0%……100 點

表 5 除銹程度與主要塗料的配用

| 塗 料 \ 程 度 | SP-5 | SP-10 | SP-6 | SP-3 | SP-2 |
|-----------|------|-------|------|------|------|
| 油性防銹底漆 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ~△ |
| 合成伐銹處理劑 | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | × |
| 鋅粉 | ◎ | ◎ | △ | △~× | × |
| | ○ | ○ | △ | × | × |
| 氯化橡膠塗料 | ◎ | ◎ | ○ | △~× | × |
| 氯化柏油塗料 | ◎ | ◎ | ○ | ○ | × |
| 環氧樹脂塗料 | ◎ | ◎ | ○ | △ | × |

*註：◎表示優，○表示良，△表示可，×表示差。

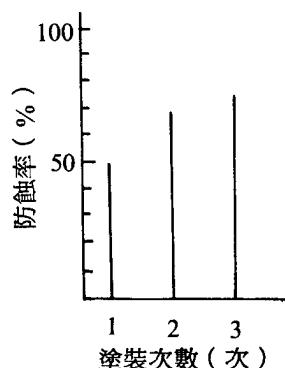
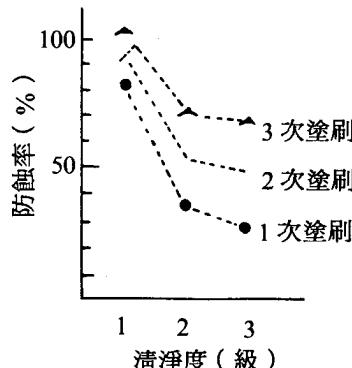
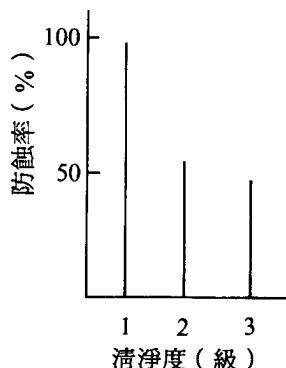


圖 2 表面處理與防蝕率之關係

塗裝設計及施工技術

| | |
|-----------|-----|
| 0.1%..... | 80點 |
| 0.2%..... | 70點 |
| 0.3%..... | 55點 |
| 0.5%..... | 40點 |
| 1%..... | 25點 |
| 2%..... | 10點 |
| 5%..... | 0點 |

(三)塗裝設備與機器

為實現塗裝的主要目的“防蝕”與“美觀”而需要各種裝置或機械的組合。一般指前處理裝置、塗裝裝置、塗裝室、乾燥裝置、搬送裝置及附帶設備的總稱。

(1)塗裝裝置

①人工塗裝⇒空氣噴槍、無氣噴槍、靜電塗裝機

②機械塗裝⇒

自動塗裝裝置（利用各種塗裝機）

機器人塗裝（利用各種塗裝機）

流幕塗裝機（Flow Coater）

浸漬塗裝

電著塗裝

(2)塗裝方式的區分

①平面塗裝。

②回轉塗裝。

③旋轉塗裝。

(3)自動塗裝裝置的被塗物搬送裝置。

①平面塗裝：

圓筒輸送機（Bar Convoyer）

吊運輸送機（Trolley Convoyer）

桌型輸送機（Table Convoyer）

傳動輸送機（Flow Convoyer）

②回轉塗裝：

鏈條輸送機

轉桌型輸送機（Turn Table Convoyer）

吊運輸送機

轉動輸送機

單柱輸送機

雙柱輸送機

③旋轉塗裝：

圓筒輸送機

桌型輸送機

鏈條輸送機

傳動輸送機

(4)自動塗裝裝置的附帶設備。

①平面塗裝用完全同步裝置（Full Synchronized Equipment）

②平面塗裝用噴幅調整裝置。

③回轉塗裝用自動停止噴霧裝置。

(5)塗裝室

(6)靜置區：

①目的：需考慮產品靜置目的及各種靜置設備構造。

(7)乾燥裝置：

①目的：一般針對塗膜乾燥方式而設計各種乾燥設備。

②條件：針對塗膜採用直接或間接加熱方式。

③方式：如下表 6 對各式加熱爐的分類。

(四)防蝕塗裝之作業程序

新設鋼結構物之塗裝作業程序，依施工地點可如表 7 之分類，可選擇適合作業程序來設定工作人數，時間與成本。

(五)塗裝方法的選擇

由塗膜性能來看塗裝方法，把塗料以規定之膜厚均一塗裝即可，但在現場即需考慮塗料特性，塗裝的損耗率、工作環境、表面狀態來決定塗裝方法。通常對於新建工程，工場塗裝採用無氣噴塗，現場安裝後即採用刷塗或滾塗。無氣噴塗比刷塗容易施工，作業又快，工作人員的熟練度較差也可，對縮短工作天，利用厚膜型塗料、速乾性塗料等有利。不過相反地塗料的飛散多，

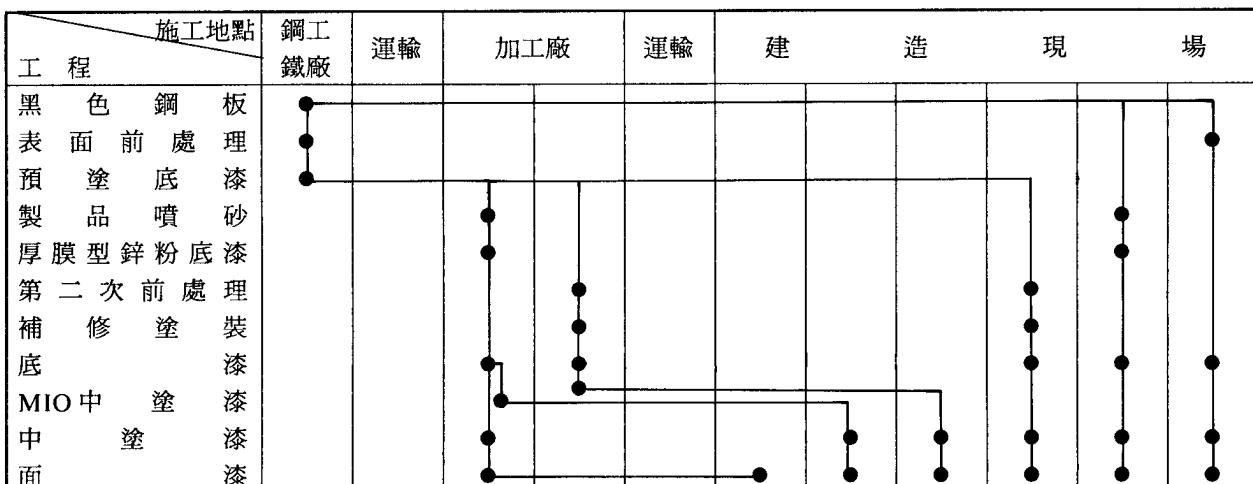
表 6 爐的分類

| 爐型式 | 加熱方式 | | | 熱源 |
|------------------|------|-------|-------|----------|
| 批量式密閉爐 連續用山型爐 | 村流式 | 直接 | 熱風循環式 | 燃氣、煤油、電氣 |
| | | 接間 | 熱風循環式 | 煤油、重油、蒸氣 |
| 隧道式平爐 | 幅射式 | 紅外線 | | 電氣、燃氣 |
| | | 超紅外線 | | 電氣 |
| | | 板狀加熱器 | | 蒸氣 |

*燃氣包括⇒自來燃氣、LPG、天然燃氣

*蒸氣包括高溫水

表 7 塗裝作業程序之分類



小面積塗裝效率低，這些缺點讓你不得不考慮作業條件，又有些塗料如難使用刷塗者（鋅粉底塗、快乾型塗料），除採用無氣塗裝外，無法達到所需的厚膜，故需依塗料特性來選擇塗裝方法。

隨著防蝕工作之需要，施工設備與器具亦朝著實用而省力、合理化，針對某一施工必定要選擇適用機具才可，例如：塗料中的無機鋅底漆專用無噴塗，是針對前處理後的第一道底漆而開發，但許多施工者都忽略其重要性而亂用一般塗料用之無氣機充數濫用，以致鋅粉附著量低而又發生垂流、阻蔽力小，只埋怨塗料產品不良。孰不知，此種底漆鋅粉含量佔固份高達80%以上，因此重大而極易沈澱，故為此施工機械專家辛苦開發了適用的無氣噴機，棄而不用的。結果是底

漆工作不符需要，防銹力減低，縮短了整個防蝕系統之保證期限。

另提出一最近發生之埋設鍍鋅管之生銹問題舉例說明重要性。埋設管經施工後，一年而發生孔蝕，調查後查出二大原因：第一個原因是鍍鋅管廠商在脫脂不完全下酸洗，又沒有選擇適用之抑制劑，以致產生氫脆化而易發生孔蝕。第二個原因是雖然用防蝕帶包覆鍍鋅管上，但施工情形不良，有些地方防蝕帶沒卷覆到，光是一小間隙沒包覆好就容易發生電位差，若不幸那一地方，恰巧是有氫脆化發生點，隨而發生了不可避免之孔蝕。

類似施工之疏忽或不按規定而發生之腐蝕甚多，施工中尤其要注意氣象變化，例如濕度85%以上，濕度 5°C 以下或 40°C 以上不可塗裝，因

塗裝設計及施工技術

易發生塗裝缺陷，最嚴重者水分或污物之滲入或硬化不良，影響整個塗裝防蝕系統。

(六) 塗裝施工注意事項

- (1) 鋼料在使用前，應先以噴砂法澈底清除銹片、鬆屑、油脂、塵垢及一切有害之附著物，以確保鋼料之油漆防銹效果，直至鋼料露出光潔表面，及符合美國 Steel Structures Painting Concil 規範 SSPC-SP-10 之規定為止。噴砂、處理後之表面粗度不得超出 $25\sim75\mu\text{m}$ 。在噴砂處理前，所有焊接處、角縫、焊渣及其他不整齊之處均應先予磨平或補焊，直至與母材平整光滑為止。在角縫或栓孔內之砂粒應特別注意，務須清除乾淨。
- (2) 在進行鋼構材表面之清除工作過程中，不得損及鋼料。鋼料表面於徹底清潔後，應立即塗敷第一度防銹底漆妥加保護，然後焊製裝配。如於塗敷防銹底漆前鋼料表面已生銹時，應依規定標準重做噴砂處理。
- (3) 所有油漆工作，應俟下層油漆完全乾燥後，始可油漆其上層。塗敷油漆時，其漆面均應光滑均勻，不得有某處積漆過多之現象。
- (4) 用手刷法塗漆時，塗刷之運用，應使漆層光滑均勻，且與金屬面或已有之漆面密切接觸，並應使油漆能深入所有角縫與孔隙。
- (5) 用噴射法時，應使用動力噴射設備均勻施噴，噴射塗敷之油漆，必要時應立即再加手刷，以消除皺紋垂流痕等，俾能有均勻之漆面。
- (6) 如工作場所附近揚起灰塵過多，足以影響油漆工作時，應採取一切有效措施，以防塵垢沾污新漆或未漆之鋼料表面。
- (7) 未指定油漆之處所，不得沾上油漆，如不慎被油漆沾污時，應即予清洗。
- (8) 鋼構材表面經噴砂處理後，應以真空吸塵器及毛刷等，將所沾灰塵及吸附之砂粒清除乾淨。

淨。

(9) 於油漆工作施工時，所有從事或協助噴漆之人員，均應配帶防毒面罩。

(10) 下列部位在工廠不予油漆：

- (a) 工地焊接處，在焊接線之兩側各 100mm 之範圍內。
- (b) 摩擦式強力螺栓接合部之摩擦面。
- (c) 預定實施工地超音波檢查部分。
- (d) 埋入混凝土或混凝土密接部分。
- (e) 實施噴佈或防火被覆之處。

惟上列(a)(b)項在各該工作完成後，應依規定做表面處理及油漆塗裝工作。

四、塗裝作業對塗膜的影響

(1) 塗裝環境

當下雨、易結露時期，或可能有化學氣體或鹽份附著環境下的塗裝，是發生塗膜附著致命缺陷之最大原因。尤其氣溫變化明顯時，不僅要注意氣溫與濕度，還需注意被塗面的溫度，通常被塗面溫度比露點高 $3\sim5^\circ\text{C}$ 以上，即難結露不影響塗膜附著，無論如何，要注意氣候、氣溫、濕度、風向、風速等，決定適當之塗裝環境條件。

(2) 塗膜的污染與重塗的影響

經長期間的曝露的底漆，塗膜要再塗中塗漆與面漆時，底漆塗膜的污染狀態會成問題，若在污染嚴重的底漆塗膜上重塗，即短時間內發生膨脹或剝落，尤其海濱地區或工業地帶的鹽份附著污染最顯著。鹽份之附著是證明污染狀態例之一種，重塗時不影響附著性之許容量換算氯化鈉計即為 $100\text{mg}/\text{m}^2$ 以下，若超過這範圍以上時，塗裝前底漆塗膜需用水洗淨，鹽份之付著很容易測定，在現場可採用鹽份檢知管或示色滴定法。上面所述為因污染而發生塗膜的剝落，是防蝕塗裝最棘手的問題。

(3) 塗裝間隔的影響

重塗防蝕塗料時，塗膜外觀與塗膜層間附著性，受塗裝間隔時間影響甚大。油性系塗料，若

塗裝間隔短即產生失光、皺紋、浮離等現象；相反的，反應型塗料，若塗裝間隔時間長，即產生層間附著性不良，塗膜剝離之情形。前者需充分得到塗裝間隔時間，後者即需把底層塗膜表面粗糙化處理才可，尤其塗裝工期自工場塗裝後，至現場塗裝止，塗裝間隔時間必然拖長，這樣特別施工案需改進塗裝系統，針對塗裝間隔長達半年以上的新建工程，在工場塗裝後的最後一道塗裝宜使用 MIO (Micacius iron oxide, 雲母狀氧化鐵) 為顏料的塗料，因 MIO 顏料特有的粗糙表面，可改良長期曝露後的附著性，若要加強防蝕性，可增加一道底塗後，再塗中塗與面漆。如：油漆防銹漆或長油性鄰苯二甲酸酐樹脂系中塗、面漆等，超過半年間隔再塗裝會產生層間剝離。其對策為：

- ①工場施工，中塗漆採用 MIO 系中塗漆。
- ②底漆在現場塗裝面漆前再塗底漆一道。

(4) 塗膜厚度與耐久性的關係

塗膜具有遮斷環境的功能，可阻止腐蝕性物質到達鋼料表面而防止銹蝕之產生。因此，塗膜厚度較大，防蝕耐久性越佳。R.P.Pierce⁽²⁾ 以 62 種塗料暴露於各種環境中，所得到之塗膜厚度與早期缺產生或然率之關係如（圖 3）。如果要控制早期缺陷產生之或然率在 10% 以下時，則塗膜厚度必須在 5 mil (125μ) 以上。

根據英國所做的暴露試驗顯示如圖 4，塗膜

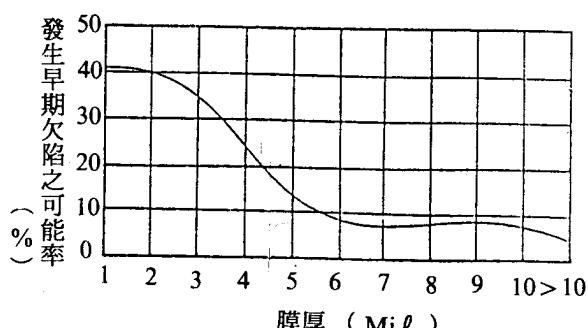


圖 3 膜厚與發生早期塗膜欠陷之關係⁽²⁾

厚度與耐用年數約成直線關係，由該試驗可得知如下之結論：

- ①鋼材表面粗糙度為 20~50μ，故防蝕塗膜

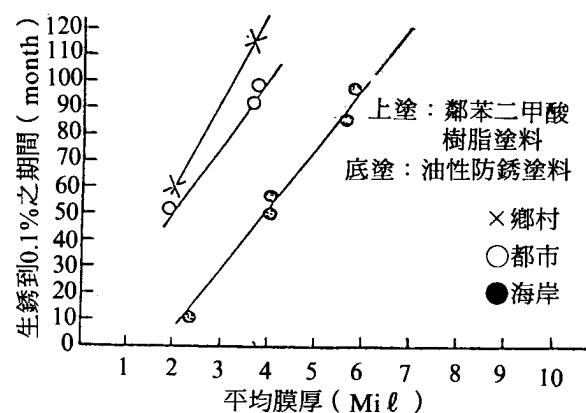


圖 4 防銹塗裝膜厚與耐久性

之厚度至少要 50μ 以上。

- ②防蝕塗料必須塗刷二次以上，以使表面粗糙處平坦。
- ③維持 5 年至少需要 75~100μ 以下之膜厚。
- ④塗膜厚度依腐蝕條件可作如下之區分：
 - (a) 輕微腐蝕條件—75μ 以上 (2~3 次塗裝)
 - (b) 一般工業地區—125μ 以上 (3~4 次塗裝)
 - (c) 強烈腐蝕環境—250μ 以上 (5~6 次塗裝)

顯示不管在田園、都市、海岸等不同之環境中，都有一共同之結果，塗膜厚度越大，其耐久性越增。海岸地區之塗膜劣化較快，若欲得到與田園地相同之耐久性，則其塗膜厚度約需田園地區塗膜厚度之 2 倍。

此外，依據日本鐵道技術研究所長期間在海上所作之重防蝕塗裝系耐久性試驗結果顯示，重防蝕系為防止早期塗膜缺陷之發生，其平均膜厚約在 250μm 以上。

塗裝設計及施工技術

如上所述塗膜厚度與耐久性關係至鉅，故在進行防蝕塗裝設計時，為得到預期之耐久性，必須慎重決定最小塗膜厚度。由於鋼結構通常斷面較為複雜，為確保所需之塗膜厚度，對於容易產生膜厚不足之處，如斷面邊緣、焊道等部份，應先行塗裝，並須特別注意施工。

(1) 塗裝次數與膜厚均勻對防蝕效果之影響

(1) 塗裝次數

目前塗料製造廠商之標準次數是4道，不過因環境條件之需要可增減。

(a) 考慮防銹與美觀即必塗四道，因貫通同一處之針孔會減低。

(b) 塗裝次數：可每道分色控制之。

(2) 膜厚之均勻性

為減低工程次數，若一道即塗防銹塗料 70μ ，或一次塗 35μ ，再塗 35μ 分二次塗裝，膜厚均需要求均勻。

(3) 膜厚之管理方法

(a) 平均膜厚：要標準膜厚90%以上。

(b) 最低膜厚：要標準膜厚60%以上。

(c) 標準偏差：平均膜厚之20%以內。

(d) 測定點：25處／ $500m^2$ （每處測5點，取其平均）

(6) 塩份與焊接對塗膜的影響

(1) 塩份問題—海上輸送中塗膜表面附著鹽份。

(a) 經調查：

內海（1~2天）為 $50\sim100mg/m^2$ 。

外海（3天）為 $850mg/m^2$ 。

(b) 構造部位之不同，難淋雨處鹽份易堆積，如下圖5，X處易積鹽份。

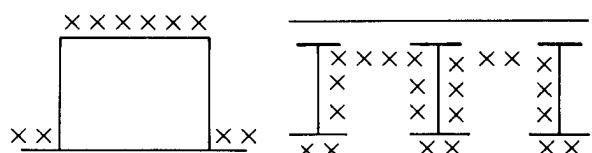


圖5 塩份在鋼構部位堆積

(c) 若有鹽份積存，不沖洗鹽份即直接塗裝時，塗膜容易膨脹以至剝落。

(d) 各塗裝系統的鹽份容許量如表8：

(e) 如果測出鹽份附著量超過容許量，必須以水洗掉。

(2) 焊接部位之碱性問題

焊接部份會因碱性存在，導致塗膜溶解、剝離、變色及發生氫氣使塗膜膨脹。當焊接棒助熔劑含 K₂O 超過1%時塗膜易變色，此外低氫氣系焊接棒比 Illuminete 系碱性大。至於焊接部份氫氣放出時間如表9。碱性焊接部份可以下列四種方法處理：

(a) 噴砂處理……機械的除掉。

(b) 用磷酸中和處理。

表8 塗裝系統的鹽份容許量

| | | |
|--------------|-----------|-------------|
| 酚樹脂系 MIO 塗料 | 一氯化橡膠塗料 | $200Mg/m^2$ |
| 環氧樹脂系 MIO 塗料 | 一聚氨基甲酸酯塗料 | $200Mg/m^2$ |
| 油性防銹塗料 | 一油性防銹塗料 | $100Mg/m^2$ |
| 油性防銹塗料 | 一鄰苯二甲酸系塗料 | $50Mg/m^2$ |

表9 氢氣之放出時間

| 溶接棒種類 | 自然放出時 | | 加熱而放出時 焊接而之加熱 |
|--------------|---------|---------|---------------------------------|
| | 油性以外塗裝系 | 油性塗裝系 | |
| 低氫系（含自動溶接） | 70小時以上 | 20小時以上 | $300^\circ C \times 15\text{分}$ |
| Illuminete 系 | 200小時以上 | 100小時以上 | $300^\circ C \times 15\text{分}$ |

(c)放置至產生紅銹。

(d)Wash primer 處理。

五、結語

防蝕塗裝設計及施工技術可說是油漆防蝕的精髓，施工前週詳計畫及工作分析，有利整個工程的順利進行，施工過程中各種條件及影響因素

需特別注意，減低施工時阻力，節省成本。

六、參考文獻

(1)Steel Structures Painting Council.

(2)R. P. Pierce, Corrosion, 8, 5 (1952) 178.

(3)J. D. Kean, W. Wettach, W. Bosch: J. Paint Technology, 41 (1969) 372.

| 廣告價目表 | | | | |
|-------|------------------|--------|--------|--------|
| 版面位置 | 長×寬 (mm) (直式) | 價 目 | | 色紙黑字 |
| | | 彩 色 | 黑 白 | |
| 封面裡 | 全頁 (190×263) | 30,000 | 15,000 | 照定價加一成 |
| 封底面 | 全頁 (190×263) | 40,000 | 20,000 | " |
| 第一特頁 | 全頁 (190×263) | 30,000 | 15,000 | " |
| 封底裡 | 全 頁 | 20,000 | 10,000 | " |
| | 半 頁 | 15,000 | 6,000 | " |
| 後特頁 | 全 頁 | 20,000 | 10,000 | " |
| | 半 頁 | 15,000 | 6,000 | " |
| 內頁 | 全 頁 | 15,000 | 6,000 | " |
| | 半 頁 | 14,000 | 5,000 | " |

說明：1. 本會團體會員委刊廣告，按上表七折優待。長期委刊廣告，五折優待。

2. 非團體會員長期委刊廣告七折優待。