

出國報告（出國類別：洽公）

參與國際塗裝工程協會（NACE）檢查員 訓練及認證

服務機關：台灣中油股份有限公司

姓名職稱：葉仁富、黃英泰/一般工程師

派赴國家：中國上海

出國期間：104年08月29日至09月05日

報告日期：104年09月14日

摘要

為維繫台灣全島南、北部及東部地區之汽、柴油、航空燃油等成品油源供應正常不斷貨，本公司計畫建造兩艘四萬噸級成品油輪『鴻運輸』與『盛運輸』，來銜接及汰換船齡已使用超過 24 年的『安運輸』和『康運輸』之運能，達到無縫接軌油品不短缺的目的，目前預定新造船將於 105 年底至 106 年初陸續交船。

根據國際海事組織 IMO Resolution 215(82)之要求，新造船之壓水艙油漆須符合防護塗料標準性能之要求(Performance Standard for Protective Coatings)，而相關檢查人員需通過國際塗裝工程協會(NACE)檢查員訓練及認證。

為此本公司擬派員參與訓練及取得認證，為將來新造船之油漆做好品質控制，瞭解各項規定及標準，據以要求船廠按照法規施工，有效確保未來新船之塗裝施工品質。此外針對船齡超過 15 年之壓水艙如需重新塗佈油漆，亦需要比照上述規定辦理。

NACE 塗裝檢驗員課程共分為三級，是一個涉及各行業工程廣泛且專業的課程，本次參加的 NACE 國際塗裝工程協會 CIP (Coating Inspector Program) LEVEL 1 第一級檢查員訓練是講解比較透徹且淺顯易懂的一個基礎訓練，其設計同時也可滿足對塗裝領域較無經驗之學員需求，使完成 CIP LEVEL 1 第一級課程訓練考核後的學員，具有能力從事基本的塗裝檢驗工作為目的。

目次

目的.....	4
過程.....	5
課程大綱及內容.....	6
一. 團隊合作建設	7
二. 腐蝕及腐蝕控制	7
三. 檢驗員的角色	9
四. 環境測試方式	11
五. 塗料基本原理	12
六. 塗料固化原理	14
七. 塗裝項目規範書	16
八. 表面處理	17
九. 表面處理儀器	21
十. 工前會議	22
十一. 檢驗項目文件	22
十二. 塗料施工	23
十三. 膜厚測量儀	24
十四. 塗層缺陷	25
十五. 高壓和低壓漏塗點檢測儀	27
實際操作課程內容.....	28
心得與建議.....	31

目的

本公司目前計畫建造兩艘四萬噸級成品油輪，預計於 105 年底或 106 年初陸續交船，根據國際海事組織 IMO Resolution 215(82)之要求，新造船之壓水艙油漆須符合防護塗料標準性能之要求(Performance Standard for Protective Coatings)，而相關檢查人員需通過國際塗裝工程協會（NACE）檢查員訓練及認證。

為此本公司擬派員參與訓練及取得認證，為將來新造船之油漆做好品質控制，瞭解各項規定並據以要求船廠按照法規施工，可有效確保未來新船之施工品質。此外由於將來船齡漸長，超過 15 年之壓水艙如需要重新油漆，亦需要比照上述規定辦理。

NACE 塗裝檢驗員課程共分為三級，這次參加的 NACE CIP LEVEL 1 的課程，CIP 課程是一個精深而又內容廣泛課程，第一級課程是兩個課程中講解比較透徹的一個，其設計是為了滿足無經驗學員的需求，使在完成 CIP LEVEL 1 課程之學員將具有能力從事基本的塗裝檢驗工作。

藉由參加此次塗裝檢驗員訓練，除了在油輪船舶領域作好品質控管之外，亦可針對公司現有煉油或石化工廠之儲槽、管線等設備提供防蝕建議或監督正確塗裝檢測方法。

過程

104年8月29日

分別自高雄小港機場及桃園中正機場啟程至中國上海浦東機場，隨即搭乘大眾運輸工具前往上課飯店辦理報到等相關手續及領取課程所需文件與書籍。

104年8月30日-9月3日

進行 NACE CIP (Coating Inspector Program) LEVEL 1 課程訓練，每天上課時間為 0800-1200；1300-1700。為熟悉設備，晚間 1800 後學員可自由練習各種操作環境之測量儀器。

於 9 月 2 日 0800-1500 前往上海外高橋船廠進行實作課程訓練。

工作前先進行產品規格書講解與工前會議(包含工安宣導及注意守則)討論，隨後進行塗裝之樣品噴塗，學習鋼板之表面清潔，判別表面處理標準，依據程序步驟，進行量測並紀錄。1530 返回飯店教室，由講師講解並回顧實作之問題討論及分析，並繼續上課。

104年9月4日

0900- 1330 學科考試及術科考試；
1400 後進行術科考試檢討。

104年9月5日

上午分別自浦東機場搭機返回台灣，結束本次訓練課程。

本次NACE國際塗裝工程協會課程 CIP (Coating Inspector Program)講師介紹:

Mr. Phil Fouche (NACE Teacher)

美國籍 NACE 協會資深授課講師

Mrs. Judy Cheng (Manage Teacher)

台灣籍管理及授課講師

Ms. Amy Wong (Translation Teacher)

香港籍翻譯講師

課程大綱及內容

本次 NACE CIP LEVEL 1 的課程訓練，包含下述課程：

- 團隊建設
- 腐蝕與控制
- 檢驗員的角色
- 環境測試
- 塗裝基本原理
- 塗料類型及固化理論
- 塗裝項目規範
- 表面處理
- 表面處理儀器
- 工前會議
- 檢驗項目文件
- 塗料施工
- 膜厚測量儀器
- 產品技術說明書(PTDS)及物質安全資料表(MSDS)
- 塗裝缺陷
- 高壓和低壓漏塗點檢測儀器
- 其他標準
- 安全注意須知及事項

訓練過程包含多項實際操作的課程，可以熟悉塗裝行業不同之工具與技術，進而正確的理解如何做好檢驗員之工作，使用塗層檢驗的基本知識及技術，並了解如何正確的紀錄所有進行之測試紀錄。

這些技能將能充分在未來的工作中獲得驗證，進而促進船隊塗裝工作之品質。

備註：本篇報告主要內容摘錄或引用自 **NACE CIP LEVEL 1 學員手冊**。

一、 團隊建設：

團隊建設是將許多不同的個人組成一個富有凝聚力的團體來分享或同意共同的目標並完成指定的任務。

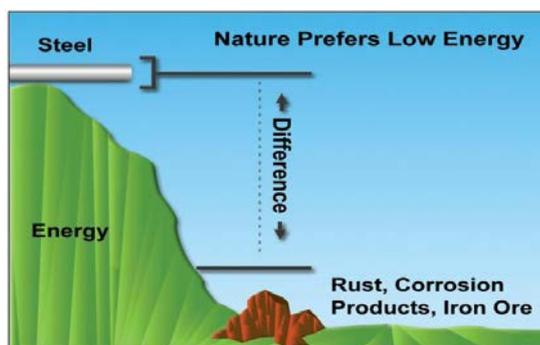
由於參訓的學員來自各地不同領域及公司，在各自不熟悉的環境下，利用團隊合作是最快速加深彼此情感與相互瞭解的方式，課程一開始即分組，並自我介紹，每一組人數為 5~6 人，NACE 認為塗裝檢驗員的工作是所有參與塗裝項目的團隊成就的一部份，所以課程中均以團隊的形式展開，課程中由團隊組織隊名，設立自己的小組標識以及寫下對課程之期望與憂慮，於課程結束後，講師會依照當初設定之期望與憂慮做回顧，確認是否滿足各小隊是否達成期望與降低憂慮。

二、 腐蝕與腐蝕控制

腐蝕通常以其結果來描述，真正的腐蝕過程很少會被注意到，而且一直到二十世紀早期它才被準確描述出來。瞭解腐蝕過程對正確識別並對付其外在影響是非常必要的。

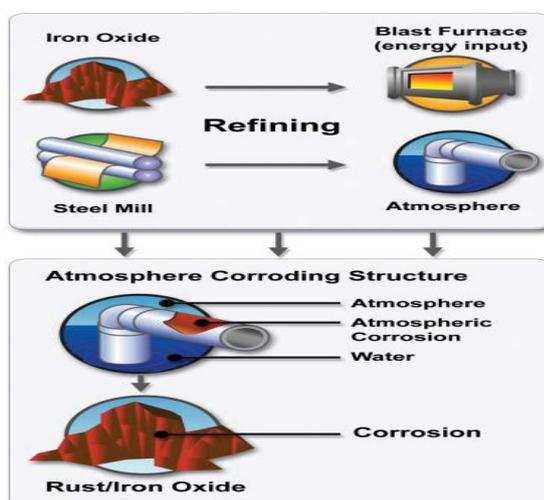
腐蝕可被定義為材料受到外在環境的化學侵蝕而導致退化的現象，通常就其結果來描述；

- ✧ 發生在工程材料上，一般是金屬。
- ✧ 最常見的產物是因為氧的加入而形成鐵的氧化物(如氧化鐵或銹)



實際上，腐蝕過程將鋼中的鐵轉變成了另一種物質，該物質不再擁有預期的性能（也就是，強度、堅硬度）。

- ✧ 是鋼材製作的相反過程



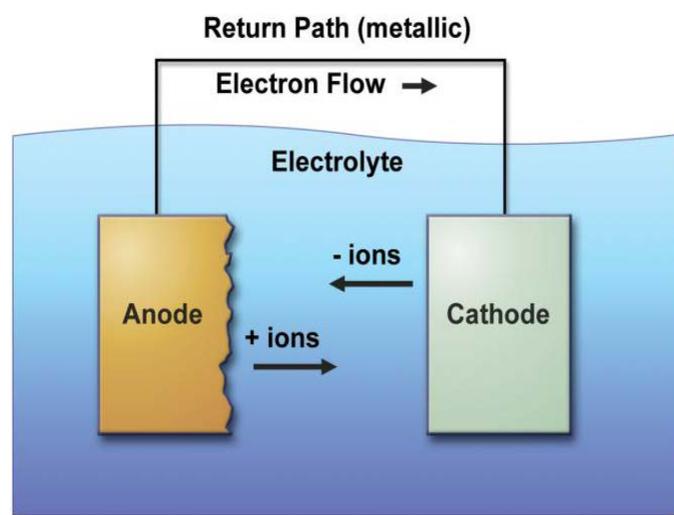
在鐵礦石（通常是氧化鐵）中注入大量的能量，從而將鋼廠鐵礦石中的鐵萃取出來，即產生了鋼。得到的產物一般不太穩定，因此，當條件合適時，鐵會重新轉化成更穩定的氧化鐵，當我們了解金屬是如何發生腐蝕的，腐蝕的速度有多快以及能提高或降低腐蝕速率的因素時，識別和控制腐蝕過程（腐蝕控制）就會變得容易得多。

有些金屬會因為”鈍化”現象而減緩腐蝕(如銅、黃銅、鋅、鋁、鎳及鉻)，不幸的是，在海洋石油工程所處的環境條件中，如果僅僅是鐵，就無法形成這樣一個屏障。

在常溫時所發生的鐵的所有腐蝕均是電化學過程。簡單地說，表面上的離子和電子轉移形成了電流（腐蝕電流）。電子（通過金屬導體）和離子（通過電解液）都帶有腐蝕電流，腐蝕會形成直流（DC）電路。

為發生腐蝕，有些條件和元素是必需的。它們綜合起來被稱作為腐蝕電池，並分別為；

- ✧ **陰極**
金屬發生腐蝕的部分（也就是溶解在電解液中的部分）。
- ✧ **陽極**
消耗電子的電極（金屬表面或電池中的碳棒）上相對較不活躍的區域。
- ✧ **金屬通道(或外部導體)**
將陽極和陰極連了起來使陽極處所產生的電子能流向陰極。
- ✧ **電解液**
傳導離子（而不是電）流的一種媒介。



影響腐蝕速率的因素:

氧氣：像水一樣，氧氣也會提高腐蝕速率

溫度：腐蝕反應實際上是一種電化學反應，溫度升高時，速度也會加速。

化學鹽：化學鹽通過電解液效率（傳導性）的增加來提高腐蝕速率。

濕氣：潮濕和長時間濕潤在促進腐蝕的發生和加快腐蝕速率方面有非常顯著的影響。

污染物和酸性氣體：酸雨、製造和加工廠所產生的副產品和海洋的氯化物都會促使腐蝕的發生。

腐蝕的種類有兩大類，整體腐蝕和局部腐蝕。

全面腐蝕：在整個表面上產生的是相對均勻的材料損耗。這種腐蝕會導致受影響表面厚度的整體變薄。全面腐蝕相對容易檢驗，且不會引起災難性的失效。

局部腐蝕：以離散的形式發生在金屬表面的不同地方。非常鄰近局部腐蝕的區域，其腐蝕程度通常很低或根本不發生腐蝕。在海洋石油結構上所能找到局部腐蝕的主要形式，如：點蝕和裂縫腐蝕。

腐蝕的影響包括安全、成本和外觀。

- ✓ 安全：已腐蝕的結構在很多方面是不安全的，必須支撐極端負荷重量的橋樑和建築就是明顯的例子。
- ✓ 成本：通常，重新塗裝和修補已鏽蝕鋼板的費用會遠遠超過保護表面免受腐蝕侵蝕的最初費用。
- ✓ 外觀：任何環境中的塗料剝落和鋼板生鏽，都會讓人看了不舒服。

儘管面臨重重困難，但腐蝕工程師擁有一系列方法來控制腐蝕，其中包括：

設計：結構設計的方式會影響其對腐蝕的抵抗力。

緩蝕劑：是添加到某一環境，用於降低該環境腐蝕速率的物質。

材料選擇：在某些應用場合中，可能需要為待保護的構件選擇一種耐腐的材料。

陰極保護：使用由相對比較活躍的金屬製成的犧牲陽極，如鋁、鋅或鎂。

防腐塗料：是海洋石油結構中最常見、使用最廣泛的腐蝕保護系統。

改變環境：絕大多數情況下是海洋石油的乾舷結構，從而使它不容易發生腐蝕。

三、 檢驗員的角色

塗裝檢驗員的職責是：

- 1.作為有效團隊的一分子，努力履行自己的職責。
- 2.確保遵循書面或正式修改過的專案規格書的要求。
- 3.記錄結果。

塗裝檢驗員的職責會因項目的不同而有所不同。對 CIP 課程來說，NACE 將檢驗員的角色定義為品質控制技術員，其主要職責是觀測並報告塗裝項目的技術現狀以及與項目規格書的相符性或任何偏差，但監督並不是檢驗員角色的一部分。

檢驗員應觀察

- ✧ 工作現場可能會影響自己或承包商的安全問題
執行安全並不是檢驗員的職責；但有責任報告可能會影響項目的任何問題。
- ✧ 氣候條件；觀察、監測並記錄。
- ✧ 表面處理。

- ◇ 塗料施工。
- ◇ 投入服務之前，塗層的固化。

檢驗員應進行下列測試

應進行所有必要的測試，或項目規範書所要求的所有測試。確保所有必要的測試設備都在現場，已經過正確的校準並能準確發揮作用，並以誠實、準確和開放的態度開展測試。

- 在表面處理和塗裝操作過程中可能需要進行的一些測試有：
檢驗周圍環境條件，測量正確的相對濕度和露點資料
- 確保表面溫度處於要求的範圍內
- 目測檢驗表面是否有任何污染物，在表面處理開始之前進行任何所要求的不可見污染物
- 測試（可溶鹽測試）
- 檢驗待使用的磨料介質，確保其尺寸和形狀符合規格書的要求
- 檢驗磨料的清潔度
- 採用吸墨測試檢驗空氣壓縮機的空氣清潔度
- 檢驗噴砂軟管是否有正確的供氣
- 檢驗噴嘴的尺寸和磨損情況
- 檢驗已噴砂表面，看是否有正確的表面粗糙度/錨紋
- 查證已噴砂表面是否符合指定的清潔度水準
- 檢驗塗料的黏度和溫度
- 檢驗待使用的施工設備，確保設備可用，且裝備正確，處於良好的工作狀態
- 檢驗每道塗層的乾膜厚並查證沒有滴流、溢流或漏塗點
- 在施工其它塗層之間檢驗表面是否有污染物

檢驗符合性並記錄

在項目的整個持續過程中，應完整、準確並始終如一的履行、記錄任何所要求測試和所有的工作活動。

- 1.了解客戶代表可能要求的任何特殊的報告程序。
- 2.確保承包商和你對何時及如何進行某些特定測試有一致的看法(證明其相符性)
- 3.應總是詢問客戶，是否有任何特殊的要求或指示。檢驗員工作非常重要的部分，就是與業主代表和承包商經常保持聯繫與溝通。

作為檢驗員的首要職責是“查證”規範書，並不得以任何理由對規格書作出修改。

檢驗員應該確保規格書上面所提到的任何一項，並確保提供足夠詳細的資訊，使能正確地完成工作。

此外檢驗員應充分了解下列資訊並應用：

產品說明書：應該獲取相關文件，閱讀並理解規範書中所要求的塗層體系。

標準：規範書所要求的標準，確保在檢驗工作過程中隨時查照、對應檢查。

設備：具有所要求檢驗項目之設備，於工作時進行校準。

安全：現場工作安全的施工並不是檢驗員的職責；檢驗員應能識別現場工作安全的隱憂，將所有違反安全規定的行為立即呈報給相關人員(如雇主、承包商或領班、安全控管人員等)。

物質安全資料表(MSDS)：提供以安全的方式處理或使用該物質的程序，檢驗員應了解 MSDS 的放置地點，熟悉 MSDS 上所描述的施工人員可能會接觸到任何化學品資訊。

檢驗員的角色是查證塗裝規範書，並清楚了解規範書、產品說明書和所有其它文件項目中有關的要求。

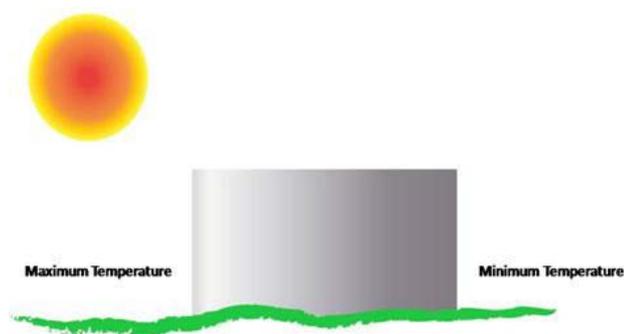
四、 環境測試

有很高的比例，環境或周圍環境條件會影響塗裝操作時所有的階段，塗裝檢驗員應注意特定環境條件、測試檢測設備和方法。

表面溫度：表面和空氣溫度是評估底材濕氣形成所帶來風險的第一重要數據，由於表面溫度通常與空氣溫度有所不同，特別是在室外進行的工作，為避免出現因空氣或鋼板溫度過高或過低而導致的施工問題，兩個溫度都應進行測量，以獲得令人滿意的成膜。

除非另外清楚說明，否則塗料施工的最高表面溫度一般為 125°F (50°C)。

同時需要注意的是，為了防止正被塗裝的表面上出現濕氣，只有在底材溫度高於所測得的露點至少 3°C (5°F) 時，才能進行塗料施工。



相對濕度：是空氣含水量與該溫度空氣飽和（最大）含水量的百分率，它會因濕度過高或相對濕度不夠而影響塗裝操作。

露點：是鋼板表面上開始形成濕氣的溫度。

風速：塗裝檢驗員應提防風可能會通過將諸如浪花、鹽、噴砂介質、粉塵或沙之類的污染物吹至工作表面而對塗裝工作造成影響。

表面溫度測量儀器

- 數字式紅外線溫度計
- 機械式表面接觸溫度計
- 電子式表面接觸溫度計

相對濕度儀器

- 電子數字式濕度計
- 手搖乾濕計
- 動力氣流乾濕計

高風速通常是一個安全隱患，當工作在一定的高度進行時，通常認為等於或高於 64 公里/小時（40 英里/小時）的風速即是危害性風速。

風速監測器是一個有效的儀器，可幫助決定天氣條件是否適合進行塗料施工項目。

五、塗料基本原理

塗料提供保護的工業和船舶結構的檢驗。所使用的防護型塗料絕大多數以液體的形式供應和施工在經過處理的表面上，然後再通過一種或多種固化機理變成固體狀的保護性漆膜腐蝕控制的其它防護塗料技術，包括：

金屬化：金屬和合金在液體狀態下熔敷在鋼板底材上。

鍍鋅：鋼質元件浸入熔融的鋅池，形成金屬塗層。

粉末塗料：很多化學成分可配製成固體形式。電極澱積後，它們可加熱成熔融的狀態進行固化。

理想塗料的性能包括。

- ◇ 耐化學性：塗料必須耐其所曝露的化學品。耐化學性主要是所使用樹脂的作用。
- ◇ 耐水性：水實際上會影響所有的塗料。更強的耐水性也就等同於更有效的腐蝕控制。
- ◇ 易於施工：易於施工是一項至關重要的特性，特別是涉及復雜的結構情況時更是如此。施工越困難，缺陷就越容易產生，從而導致早期失效。
- ◇ 與底材的附著力：附著力基於塗層和底材之間的物理和化學相互作用。附著力差就意味著性能差。
- ◇ 內聚強度：塗層必須能承受來自固化過程的壓力及溫度和水分含量的變化。
- ◇ 柔韌性和延伸性：在某些塗料應用中，跟隨底材的膨脹和收縮能力非常重要。
- ◇ 耐衝擊性：塗層可能必須耐衝擊負荷。
- ◇ 耐磨性：某些區域用的塗料可能必須耐磨。
- ◇ 耐溫性：環境可能會將塗層曝露於極端溫度，通常是高溫。

◇ 絕緣強度：屏蔽塗料中以及與陰極保護一起使用的塗料的關鍵變量。

從大類來分，塗料可分成有機塗料或無機塗料。大多數工業和船舶塗料是有機塗料。

- 有機塗料的基料是從活的或曾經活著的生命體中提煉製成的。直至二十世紀早期，絕大多數塗料都由蔬菜或動物油製造而成。現在，大多數塗料都來自提煉和改良的石油產品，以在塗料中提供所期望的性能。所有有機塗料均含有碳。
- 無機塗料使用無機基料，它們一般都基於矽樹脂或鋅。金屬塗料（例如，金屬化和鍍鋅塗料）也都是有機塗料。

液體施工塗料成分由以下組成：

顏料：顏料是離散的固體顆粒，用來在液體和固體狀態下為塗料帶來特定的性能，顏料在塗料中並不溶解，它們在塗料中提供多種功用，可用於下述：

- ✓ 是以小劑量添加至塗料中的液體成分，用於提供特定的作用保護基料免受風化的影響。
- ✓ 提供緩蝕保護
- ✓ 控制耐水性
- ✓ 提供一種陰極保護
- ✓ 改善機械性能或電性

添加劑：是以小劑量添加至塗料中的液體成分，用於提供特定的作用，如下：

- ✓ 改善穩定性。
- ✓ 減少沉澱、泡沫。
- ✓ 改善塗層的流動和潤濕。
- ✓ 增加混合後施工時間並減少流掛，從而幫助改善施工性能。
- ✓ 增加抗紫外線性能、增加或減少光澤度、防止漆罐內的油漆起皮、延長保存期限和延緩或加速固化。

基料：是塗料的主心骨並提供材料的絕大多數重要特點和功能。塗料通常以它所使用的樹脂命名，例如，環氧、聚氨酯、醇酸、丙烯酸溶劑等。為適合作為工業和海洋環境中防腐保護塗料的基料，基料應：

- ✓ 有良好的潤濕和附著性能
- ✓ 防止水、氧氣和其它化學品種的傳輸
- ✓ 耐施工過程中的變化
- ✓ 在營運環境中，能抗化學和物理變化
- ✓ 在可接受的時間段內變乾。
- ✓ 形成穩定的漆膜並保持其固有的特性（強度、硬度、柔韌性等）

溶劑：需在基料中添加溶劑使其液化（溶解），以便於施工，一旦施工和固化，溶劑將不再發揮任何作用。溶劑有兩個主要特點，它們會影響其在防腐塗料中的使用。這兩個特點分別是：

- ✓ 溶解能力：溶解樹脂的能力
- ✓ 揮發性：決定蒸發率（在施工過程中和施工後，溶劑離退塗層漆膜的速度）

塗料提供的腐蝕控制可通過下列三種過程中的一種來進行：

屏蔽塗料：屏蔽塗料阻止了氧氣、水和可溶鹽（如海水、氯化鈉中最常見的鹽）的進入。

緩蝕塗料：除了被用作屏障，同時也有效降低陽極、陰極或兩處所發生的反應速度。為使它有效發揮作用，緩蝕塗料必須與底材相接處（也就是，它們必須是底漆），通過形成一層薄薄的、附著牢固的漆膜或在天然形成的氣膜中增強和注入缺陷來鈍化金屬表面。

犧牲塗料：使用一種相對鋼是陽極的金屬，從而使它先於鋼板發生腐蝕。從本質上來說，犧牲塗料提供的是陰極保護，特別是在鄰近漆膜缺陷的地方；

- ✓ 通常將鋅粉作為主要顏料
- ✓ 必須含有最低含量的鋅粉，以使其有效

任何塗料的最基本功能是它附著於所施塗表面的能力。強附著力是確保塗料性能和長期使用壽命的關鍵。如果附著力不夠，塗層就會因為起泡、膜下腐蝕或碎屑和片狀剝落而逐漸失效。

附著力可以是化學的、機械的、極性的或所有三者的綜合。通過塗層與底材之間的反應而形成的化學鍵是最有效的黏結。

塗裝檢驗員應檢驗運送至工作現場的材料（塗料、稀釋劑、清潔劑、磨料、灰泥、填料等）是否是規範書中所顯示的或業主或其代表認可的材料。

檢驗員核對清單應包含；

- 1.現場指定的材料
- 2.運送至現場的塗料產品的有效期
- 3.正確的顏色
- 4.每個組分正確、充足的量
- 5.法定的保護性貯存條件

六、塗料固化原理

固化用於描述一種塗料從液態轉化成固態的方式。對用於工業和海洋環境的絕大多數塗料來說，固化涉及的是化學反應；但還是有一些類型的塗料可能僅通過溶劑蒸發來進行固化。理

解固化機理對塗料專業人員來說非常重要。涉及的固化時間、固化過程中的環境因素、所施工的膜厚和塗料成分的混合都會對塗層的固化和最終的適用性產生很大的影響。對這些活動的測試和記錄會佔用檢驗員非常多的時間。

有兩大類固化原理：

- ◇ 非轉化型：通過溶劑蒸發進行固化。當非轉化型塗料從液態轉化成固態時，塗料中所使用的樹脂沒有發生任何化學變化，由於非轉化型塗料需要大量的溶劑來溶解樹脂，而世界各地的許多國家和地區都頒佈了揮發性有機化合物（VOC）法規，因而限制了該型油漆。
- ◇ 轉化型：通過幾種聚合機理中的一種來進行固化，即使有時其中也涉及溶劑蒸發。當固化進行時，轉化型塗料中所使用的樹脂發生化學變化，因而其所生成的漆膜不會再次溶解於施工中所使用的溶劑。

工業和船舶塗料通常按照其樹脂類型被命名為諸如醇酸、環氧和聚氨酯之類的名稱。另外，它們也會按照所使用的樹脂類型和固化劑，被命名為諸如環氧胺（當固化時使用了成份含有胺）之類的名稱。在其它情況下，會看到含有多於一種樹脂的產品，例如環氧丙烯酸或有機矽醇酸。

兩個不同製造商生產的同一類屬的材料可能具有非常不同的特點，具體取決於每一種塗料所使用的確切配方和製造過程。每一個製造商都有其自己的樹脂、顏料、添加劑和溶劑的混合，從而使他們的特定塗料在適用性上有很大的不同。

塗裝材料是塗裝體系的組成部分。塗裝體系由以下組成：

- ◇ 使用的表面處理方法
- ◇ 施工設備和過程
- ◇ 一道或多道塗層所用的材料

單道塗層：很多年來，大家的普遍想法是單道塗層體系不足以保護工業結構。但是，隨著新技術的出現、施工設備的進步和工人工藝的培訓，有些應用場合現在已經可以使用單道塗層體系來提供保護。

無溶劑聚氨酯和環氧塗料是常用於腐蝕保護油漆中的主流品項。船舶工業、自來水和廢汗水項目中的壓水艙/儲存櫃/槽裡都在使用這些單道塗層體系，有些油漆製造商正在推動在其它領域中的使用。

單道塗層體系要求施工人員非常仔細地塗佈上漆，而檢驗員應仔細地檢驗表面是否有漏塗點或其它缺陷。專業的設備非常必要，而事先對塗料施工預作計劃以便於進入也是非常重要的。

多道塗層：在大多數情況下，工業和船舶塗裝項目使用的都是多道塗層體系。

七、塗裝項目規範書

塗裝規範書是一份告訴承包商（施工人員）做什麼，在何地做的正式文件，通常它並不告訴其應怎樣做。

大多數規格書是正式的、專門設計的文件。一份良好的塗裝規格書幾乎會包含下面內容的絕大多數或所有部分，每個部分都有該工作的相關資訊和標準：

- ✧ 工程範圍：描述要進行的工作以及何時何地進行工作；
- ✧ 術語和定義：闡明特殊詞語和術語在特定文件中的含義；
- ✧ 參考標準和法規：規格書會包括一個標準目錄，表明文件中的個別章節或部分內容引用了這些已頒布的標準。
- ✧ 安全：說明按照所有生效的聯邦、國家和地方安全法規以安全的方式進行工作。
- ✧ 工前會議：業主、承包商、塗料供應商和檢驗員召集在一起，為該項目探討標準和工作程序。沒有一份塗裝規格書是十全十美的。很有可能發生一些問題。即使準備最充分的文件也可能含有一些錯誤或不明確的地方，這些都需要在這類討論會上予以解決
- ✧ 表面處理：所有早期塗料缺陷中，60-80%都是由表面處理不充分或不正確而引起，要求會隨著項目的不同而發生變化，但該章節應涉及清理過程的所有部分。
- ✧ 塗裝材料（包括塗裝進度表）；確定使用之材料及每一個待塗裝區域和每一個待保護、遮蓋以及無需塗裝的區域。
- ✧ 塗料取樣
- ✧ 工藝：定義“良好的工藝”是什麼，例如：施工必須按照 SSPC-PA 1 中所描述的良好工藝的原則進行。更詳細的說明，可以是要求操作工符合 ASTM 標準 D 4227 和 4228，或曾得到 NACE 國際對工業維修油漆工的資格指導。
- ✧ 施工：塗料施工的方法
刷塗、輥塗（手工或動力型）、有氣噴塗、無氣噴塗、多組分噴塗、空氣輔助式無氣噴塗、膜厚（濕膜、乾膜）
- ✧ 工作進度表（工作進行的順序）：業主可為工作的開始和結束設定限期，並要求承包商提交書面工作計劃或進度表
- ✧ 塗料修補和補救工作：任何新的塗裝項目幾乎都會出現修補工作。規格書應確定修補工作的程序
- ✧ 檢驗：規格書製訂者應該說明檢驗的具體要素，例如；
 - ✓ 整個項目進行過程中，在工作現場測量周圍環境條件（露點、相對濕度、空氣和鋼板溫度等）
 - ✓ 預檢查（製作缺陷、鋼板狀況、表面污染物存在情況等）
 - ✓ 預清洗（除去油、脂、污垢等）
 - ✓ 表面處理（設備、磨料、清潔度、粗糙度等）

- ✓ 塗裝材料（貯存、標識、混合和稀釋等）
- ✓ 施工（設備、稀釋劑、濕膜厚、乾膜厚、復塗間隔等）
- ✓ 檢驗（關鍵點、目測、漏塗點檢測等）。
- ✓ 文件（記錄保存、報告等）。

◇ 文件紀錄：檢驗過程中所有的紀錄文件和保存。

檢驗員應巡視工作現場，熟悉周圍環境，並注意工程範圍（或單獨的塗裝進度表）中待塗裝或無需塗裝的每一項，以獲取有幫助的示意圖或圖紙。如必要，對於復雜的工程，可製作一個具體清單，說明需塗裝和無需塗裝的項目，確定哪些法規是適用的，並獲取這些標準的使用規則。

八、 表面處理

初始的表面清理和處理是塗料體系獲得成功的關鍵一步，早期塗料缺陷是完全或部分由表面處理不充分或不正確而引起的。

塗料施工之前所進行的表面處理活動可包括：

- ◇ 評估或檢驗表面狀況，包括設計和製作缺陷
- ◇ 預清理，或除去可見的表面沉積物，如油和脂
- ◇ 修理或減輕設計或製作缺陷的工作
- ◇ 檢驗和文件記錄預清理過程和缺陷清理，如有的話
- ◇ 以合適的方法進行表面處理，以除去有害的表面污染物

表面處理中的許多因素會影響塗料的壽命，包括：

- ◇ 會影響油漆和表面之間附著力或機械結合力的油、脂和污物殘留物
- ◇ 會在塗裝後引起腐蝕發生的（不可見）化學鹽殘留物
- ◇ 會影響附著力的表面鏽蝕
- ◇ 會引起早期塗料缺陷的疏鬆或不完整的氧化皮；以及會引起後期缺陷的牢固的氧化皮
- ◇ 無法由任何塗料保護且不能保持與鋼板之間結合力的銹霜
- ◇ 表面粗糙度（由表面處理形成）：
 - ◇ 可能太粗糙，有尖峰形成，很難用塗料進行充分保護
 - ◇ 可能不夠粗糙，可能會由於附著力損失而導致塗層缺陷
 - ◇ 由機械清理設備所引起的銳利的隆起、毛邊、邊緣或切口，它們會阻止塗層獲得足夠的乾膜厚。
- ◇ 表面冷凝，如果在上面進行塗裝，可能會導致起泡和分層缺陷。
- ◇ 結合力差或退化太嚴重而無法進行復塗的舊塗層。
- ◇ 可能會與保養塗料不相容和受到保養塗料施工影響的現有塗層。

待塗裝表面經常需要一些預清理，檢驗表面清潔度是一個持續的過程，在塗裝期間，表面清潔度檢驗應至少進行三次：

- ◇ 任何表面處理活動之前
- ◇ 表面處理後，塗裝開始前
- ◇ 多道塗層系統內，每一道塗層施工之間

影響塗裝過程的一些常見的設計缺陷包括：

- ◇ 難以塗裝或無法進入的區域
- ◇ 鉚釘、螺釘或其它聯接件
- ◇ 焊縫
- ◇ 缺口（特別是跳焊或搭在一起的表面）
- ◇ 搭接表面（如，水箱內的頂板）
- ◇ 定位很差或複雜構件內的角鋼
- ◇ 螺紋區域
- ◇ 異金屬
- ◇ 銳利的邊緣，特別是在角落上或粗糙的切割板上
- ◇ 建造輔助物影響塗裝過程的一些常見的設計缺陷包括：轉角、接觸面

鋼板之表面缺陷(包含表面軋製夾層及內含物)；其他製作缺陷(如焊接潑濺、跳捍、粗造的焊縫、溝槽、銳角轉角和邊緣、銳彎或銳角。

預清理

通常更高標準的清理將提供更好的長期保護，但是，一般情況下，所需的清理程度與所選用的塗料類型密切相關。

- ◇ 污染表面：檢驗員應總是在表面處理開始之前檢驗表面上是否有污染
- ◇ 油和脂：溶劑清洗是除去鋼板表面上所有可見油、脂、污垢、拉拔潤滑劑和切削潤滑液以及其它可溶污染物的一種方法。
- ◇ 標準：SSPC-SP 1 是正式規定溶劑清洗，以除去油、脂、灰塵、污垢、拉拔潤滑劑和其它類似有機化合物的唯一的一個常用標準。

手動工具清理

用於手工清理的工具包括：鋼絲刷、刮刀、鑿子、小刀及鑿平錘。

通常用來指導手動工具清理過程的一個書面標準就是 SSPC-SP 2。

動力工具清理

動力工具清理是使用動力輔助機械清理工具處理鋼板表面的一種方法。

動力工具清理的書面標準有：

SSPC-SP 3：要求動力工具清理除去所有疏鬆的氧化皮、疏鬆的鏽蝕、疏鬆的油漆和其它疏鬆的有害雜質

SSPC-SP 11：針對的是需要一個清潔、粗糙的裸露金屬表面而又無法或不允許進行磨料噴砂清理的情況，它要求動力工具清理產生一個裸露的金屬表面並保留或產生一個粗糙度。

動力工具清理的目測標準有

1. SSPC VIS3

2. ISO 8501-1 (St 3 或 St 2) 書面與目測標準；

動力工具清理所用的一些工具，包括；旋轉鋼絲刷、衝擊工具、針束除鏽機、旋轉除鏽機、活塞除鏽機、打磨機及砂輪片、圓盤打磨機等。

乾鋼砂噴砂清理

塗料施工表面處理最常用的方法是乾鋼砂噴砂清理。乾鋼砂噴砂清理使用高度集中的鋼砂流射向表面，以清除鏽蝕、氧化皮或其它污染物，並產生一個粗糙的表面，以適於塗料良好附著。實際上，施塗塗料時，沒有一種表面處理方法能像乾鋼砂噴砂清理那麼令人滿意而又經濟。

噴砂過程的基本原理是：通過將高度集中的相對小的磨料顆粒流高速射向待清理表面，除去鏽蝕、氧化皮或其它表面污染物，並獲得合適的粗糙表面。通過磨料顆粒的高速沖擊，磨光表面。噴砂清理可除去鏽蝕、氧化皮和舊塗層連同一些底部金屬。

NACE 和 SSPC 為磨料噴砂清理頒發了以下共同的表面處理標準；

- NACE No. 1/SSPC-SP 5, 《出白金屬噴砂清理》，相似 ISO Sa 3, 《噴砂清理至目測清潔金屬》
- NACE No. 2/SSPC-SP 10, 《近出白金屬噴砂清理》，相似 ISO 2½, 《非常徹底的噴砂清理》
- NACE No. 3/SSPC-SP 6, 《商業級噴砂清理》，相似 ISO 2, 《徹底的噴砂清理》
- NACE No. 4/SSPC-SP 7, 《掃砂級噴砂清理》，相似 ISO 1, 《輕度噴砂清理》
- NACE No. 8 / SSPC-SP 14, 《工業級噴砂清理》

目測標準：

- SSPC-VIS 1, 《磨料噴砂清理鋼板的目測標準》
- ISO-8501-1

離心式噴砂

最複雜的離心式噴砂清理間，一般設計用於定期清理大量鋼板，如造船廠的所有鋼板。當今使用的各種離心式噴砂裝置。通常情況下，工廠的操作裝置包括：滾道裝置、粉塵收集器、預熱烤爐、噴砂儲存櫃、塗裝棚、乾燥棚及傳輸設備。

表面清潔度標準與乾磨料噴砂中所使用的相同。

現在行業內使用的磨料有很多種，包含鋼砂、鋼丸、碎礦渣、陶瓷粒、硅土沙、石榴石，農作物磨料及特殊磨料等。

水噴砂與水噴射

水噴砂清理的兩種形式發展，分別為磨料與水一起使用的水噴砂和僅使用水的水噴射，現在 NACE、SSPC 和其他協會均已同意在準備表面處理標準時，使用術語“水噴射”來描述僅將水作為清理媒介的清理過程。術語“水噴砂”用來描述將某種磨料與水融合在一起，形成清理媒介的任何清理過程。

為了獲得一致性，標準制訂機構（NACE、SSPC 等）已將水噴射進行分類。NACE 和 SSPC 所定義的現有分類有：

- 低壓水清理（LP WC）：清理在壓力低於 34 MPa（5,000 psi）時進行
- 高壓水清理（HP WC）：清理在壓力為 34-70 MPa（5,000-10,000 psi）時進行
- 高壓水噴射（HP WJ）：清理在壓力為 70-210 MPa（10,000-30,000 psi）時進行
- 超高壓水噴射（UHP WJ）：清理在壓力高於 210 MPa（30,000 psi）時進行

水噴射和其它類似的使用水清理操作中，有時會在水中添加緩蝕劑，以幫助防止清理過的表面在塗裝之前出現鏽蝕。當然，這僅適用於處理鋼板（亞鐵）表面的情況。

使用水噴砂引起了很多爭議。毫無疑問，系統的控制（減少壓力的能力等）和表面污染的減少是很重要的，也是很有價值的。但另一方面，由於它需要使用緩蝕劑，因而會在鋼板表面上留下沉積物，而且處理已用磨料也是一個問題，這些，可能都需要認真考慮並予正確評價。

水噴射最常用的標準是 SSPC-VIS 4 和 NACE-VIS 7，而水噴砂最常用的標準是 SSPC-VIS 5 和 NACE-VIS 9。但是現在各產業有其它一些指南/標準，亦可參考規範書內容。

表面粗糙度

除了獲取清潔度，磨料噴砂可將底材從很光滑或不太光滑的表面變成均勻的有紋理的表面。這種有紋理的表面是由銳利的磨料顆粒高速沖擊鋼板表面，留下小的衝擊彈坑或高低不平而形成的。該紋理通常被稱作為表面粗糙度或錨紋。

書寫良好的塗裝規範書會以密耳或微米為單位，指定一個表面粗糙度的範圍。例如，規格書可要求表面粗糙度為 37-87 微米（1.5-3.5 密耳）。表面粗糙度是很重要的，它增加了表面面積和粗糙度，使塗料能與表面正確附著。

表面粗糙度太淺，塗料會由於缺少附著力而導致早期失效，如剝落、起泡或分層。表面粗糙度太高，會存在不能充分覆蓋的尖峰，從而導致針尖鏽蝕或鏽點的出現。

表面粗糙度的深度，可通過以下幾種方法進行評估：

◇ 比測器和試樣

根據 ISO 8503，有兩種類型的比測器—用於鋼砂磨料的類型 G 和用於鋼丸磨料的類型 S

- 比細更細等級：評估下來比分區“細”還低的任何粗糙度
- 細等級：等於或高於分區 1 但低於分區 2 的粗糙度
- 中等等級：等於或高於分區 2 但低於分區 3 的粗糙度
- 粗等級：等於或高於分區 3 但低於分區 4 的粗糙度
- 比粗更粗等級：評估下來比分區“粗”還高的任何粗糙度

- ◇ 複製膠帶
表面粗糙度可用複製膠帶進行測量，它是 Testex® 公司生產的專利產品。通常使用兩種膠帶：
 - 粗- 用於 20-50 微米（0.8-2.0 密耳）的表面粗糙度
 - 特粗- 用於 37-112 微米（1.5-4.5 密耳）的表面粗糙度

- ◇ 度盤式深度千分尺（表面粗糙度儀）

九、 表面處理儀器

塗裝之前測量表面上的污染水平是非常重要的，可以確保獲得正確的塗層品質和最佳的使用壽命。如果將塗料施工在未經正確處理的受污染表面，就會出現早期失效，從而導致昂貴的重新塗裝和很高的保養費用。因諸如氯化物、硫酸鹽和硝酸鹽之類的鹽而產生的表面污染已被證實可導致有機塗層出現起泡，特別是在浸泡條件下。

可溶鹽

可溶鹽是不可見的，需要經過測試才能確定它們的存在。儘管它們被冠以“可溶”的名稱，但其實它們根本不是真正的可溶。如果它們真的是可溶的，只要簡單的沖洗就能將它們除去。可溶鹽會因酸雨、海浪噴霧、化學品加工、飛濺、溢出和沈浸而沉積在鋼板表面上。任何水溶性鹽，如果允許它們在表面處理後一直停留在裸露的底材，它們會從大氣中吸收水分並形成腐蝕電池。

可溶鹽污染的類型：

- ◇ 氯化物- 氯化物是鹽酸 HCl 所產生的鹽。當元素氯得到一個電子形成一個陰離子（帶負電的離子）Cl⁻，就會形成氯離子。
- ◇ 硫酸鹽- 硫酸鹽（sulfate，國際理論和應用化學聯合會（IUPAC）- 推薦拼法；在英國英語中為 sulphate）是硫酸所形成的鹽。
- ◇ 硝酸鹽- 硝酸鹽是由氮和三個氧原子組成的硝酸離子（NO₃⁻）所形成的鹽。

測試方法：鐵氰化鉀試紙、Bresle 貼片及套子測試。

不同塗料的表面容忍性和可溶鹽等方面都存在很多不同的意見。如想使檢驗有效進行，規範書應明確規定：

- 所接受的含量限度
- 限定具體鹽類
- 使用的測試方法
- 測試頻率
- 進行測試的位置

十、 工前會議

工前會議是項目的有關當事人在項目即將開始前召開的一個會議。它有別於投標前的會議或工前安全會議。投標前的會議用於在遞交提議之前澄清投標中所出現的問題，而工前安全會議用於專門講述工作開始之前的安全事項。實際上，工前會議是遞交標書並獲得合同後所召開的會議。

工前會議的目標（至少）列舉如下：

- 討論健康、安全和環境（HES）要求，特別是那些與具體的工作或場地有關的要求
- 說明/澄清緊急程序
- 回顧和討論工作範圍（SOW）
- 回顧後勤支持
- 討論各方之間的溝通渠道
- 回顧所知道的關鍵危險
- 確定關鍵聯繫人清單（POCS）
- 討論和澄清檢驗員的職責和權限
- 澄清行政管理系統（報告系統）
- 討論並澄清項目規格書中所關注的問題（遺漏、澄清、測試）
- 就檢驗的關鍵節點達成一致
- 檢驗員和施工人員之間的衝突解決
- 訂單變化

工前會議上應討論的其它重要問題包括：

- 進度表，工作何時開始（工作日、假期和計劃完成日）
- 現場的進入（誰負責允許各種不同的人員進入現場以及何種交通工具是可接受的）
- 現場設施（誰負責為施工人員和檢驗員提供辦公室場地/設備和支持性服務）
- 溝通（使用電話、無線電、手機和郵件）
- 進入工作現場進行檢驗。（使用承包商的設備，如腳手架和雲梯，以便進行檢驗）

檢驗員對於工前會議之事先準備及工前會議過程中對合同文件（規格書）所作的任何修改將反映在備忘錄中。所有各方簽字以後，備忘錄將成為合同文件的附錄。檢驗員獲取一份認可備忘錄的影本並將它保留於項目文件檔案中以備將來參考。

備註：工前會議集中關注項目的技術問題（規範書要求），任何事情都不能想當然，因此，如有問題，應及時詢問。檢驗員必須了解一旦項目開始，可能會成為現場唯一的業主代表，必須隨時準備幫助施工人員理解規範書要求。

工前會議期間公正、準確地解釋和理解項目要求，將幫助減少項目進行期間所出現的許多問題。

十一、 檢驗項目文件

這次訓練對於檢驗項目文件的紀錄是一項很重要的事情，過程中除了邀學習如何操作儀器之外，對於檢驗項目文件之紀錄也是一項挑戰，良好的記錄保存是我們作為品質控制技術員（檢驗員）的一個必不可少的部分。

文件可包括：

- 詳細書寫的日報告
- 檢驗記錄本或筆記本
- 日常報告
- 每週的進度會議報告
- 項目記錄本中每天的記錄
- 使用標準格式的日檢驗報告
- 附簽收表的週進度會議報告
- 年度或季度報告

檢驗紀錄顯示

- ◇ 環境條件
- ◇ 有關下面所列項目的詳細情況：
 - 預處理、清理、材料、塗料施工、工作和所有測試結果。

良好的檢驗報告文件，管理層可以：

- ◇ 發現和標註設計和製作缺陷，以備工程部門檢驗，並為後續的改善做準備
- ◇ 評估現實環境中的塗料性能
- ◇ 確定每種塗料系統每年的成本數據
- ◇ 發展和貫徹一個合理的塗料維修計畫

報告書寫的基本原則包括：

- 所有書面報告以墨水筆書寫
- 所有更改需要清楚標明並由檢驗員簽字
- 記錄本上不應留有空白的空間。收到報告的人會無法確定是因為沒有信息還是書寫者忘了寫信息而存在空白。所有空白處應寫上所要求的信息或劃槓或寫上“N/A”（不適用）才能完成
- 書寫者應在報告上簽名並註明日期
- 報告最好在合適的時間予以完成。例如，日報告應在信息還新的當天完成。如此報告才會完整，而且信息也不被之後的事件所更改。
- 如果檢驗報告有提供數據或表格，表格的所有部分應予填滿。刪除不需要的任何空白處。

十二、塗料施工

一旦表面處理完成並證明符合規格書的要求，就得開始施工塗料了，不管周圍的空氣條件如何，許多工業塗裝項目是在沒有任何遮蔽的情況下完成的。這給業主和承包商帶來了很多挑戰，如，工作會被推遲；因表面處理受到破壞而需重新處理所帶來的生產時間喪失，以及在一年中只能在有限的時間框架內進行工作。雖然科技日新月異而有了改善，但將標的物遮蔽來改善外在環境，也為檢查員帶來挑戰，如照明及密閉空間檢查之風險等等。

對於塗裝工作所用密圍件的設計和使用，有兩個指導原則：

- SSPC 技術更新 6 號有關含油漆清除操作過程中所產生表面處理殘渣的指南
- SSPC 技術更新 16 號

用於工業環境的絕大多數塗料都會經過化學反應，從液體轉化成固體。化學反應的特性就是，低溫會使反應變慢，而高溫會使反應變快。根據各個產品和其成分的不同，反應停止發生的溫度也隨其化學成分的不同而有所不同。塗料的成功固化基於以下因素之間的微妙平衡：正確混合、以一定速率並在可預期的時間段內蒸發的溶劑以及使塗料以一致的方式進行反應的溫度。

高濕度、低濕度和短時間內的溫度變化會對塗料的固化產生負面影響。高濕度會減慢溶劑的蒸發速度，在合適的條件下也會在塗層表面留下濕氣。固化過程中如果表面變濕了，可能會發生不好的事情，具體取決於產品的特性。

工業塗料的混合必須準確完成，以使塗料達到所期望的使用壽命。不幸的是，自最早的工業塗料施工以來，混合工作一直依賴於未經培訓的助手。許多承包商從混合後不久就出現的失效獲得了教訓，有些已經開始日益關注混合工的培訓。但是，行業中僱傭未經培訓的混合工仍很常見。塗裝檢驗員必須密切關注施工用塗料的處理，確保塗料被正確的混合。

所有的塗料施工人員都應接受有關其工作和將要使用的材料方面的培訓。有一個有關塗料施工人員認證的 NACE/SSPC 聯合標準 SSPC ACS-1/NACE 13，兩個組織，以及世界各地的許多其它組織都為施工人員提供培訓和認證服務。

十三、膜厚測量儀

濕膜厚測量儀可利用塗料的體積固體含量計算出乾膜厚，是一項重要的測量工具。

將濕膜儀用力壓入濕漆膜，直到最外面的梳齒與底材前道塗層表面接觸，測量後必須與表面接觸相垂直，抽出測厚儀，即可檢查梳齒上之讀數獲得濕膜厚度，再乘以塗料固體含量成分，即可得到乾膜厚度。

磁性拉伸是乾膜厚儀在 SSPC PA2 和 ASTM D7091 中被稱為類型 1 乾膜測厚儀，該儀器係由一塊永久磁鐵、一根經校正之彈簧合一個分度標組成，透過磁鐵與鋼板之間的吸力來測量膜厚。

使用前必須用以塗裝厚度標準來進行驗證，驗證不得使用塑膠薄片或非磁性金屬。

未調整表面粗糙度，再多處量測帶塗裝鋼板之噴砂粗糙度，以獲得有代表性之平均值，該平均值為基礎金屬讀數，之後在該表面上所測得之任何乾膜厚讀數均需扣除基礎金屬讀數厚度。

電子儀器在 SSPC PA2 和 ASTM D7901 中被描述為類型 2 乾膜厚測厚儀，他們透過測量探頭和磁性感應，利用霍爾效應或渦流測量原理連同電子微處理器，來測定塗層之乾膜厚度。

類型 2 乾膜厚測量儀，毋須計算基礎金屬讀數，並可使用塑膠薄片進行校準。

SSCP-PA2 的要求如下：每 10 平方米的區域量測至少 5 個測試點(3 個讀數的平均值)，單個讀數不受規定膜厚的限制，僅用於計算測試點的平均值。

5 個測試點的平均值(也就是至少 15 個單獨的測量讀數)應不超過指定的最高膜厚與不低於指定的最低膜厚。

單個測試點的測量值不能低於指定最低膜厚之 80%，也不能高於指定最高膜厚的 120%。

十四、塗層缺陷

儘管本課程的目的並非培訓塗層缺陷分析，但有時塗裝檢驗員必須記錄一個可見的缺陷，並了解是什麼原因導致了該缺陷。

- ◇ 漆膜未乾（固化缺陷）
這是很多項目經常碰到的問題，常見的發生原因有：未在基料中添加固化劑、添加了錯誤的固化劑或在混合過程中添加的固化劑量不正確
- ◇ 胺霜(胺析出)
如果在周圍環境溫度較低、溫度出現下降或高濕度條件下固化，胺固化環氧樹脂塗料會在表面上產生一層油氣或滲出物，通常被稱作為“胺霜”或“析出”
- ◇ 大小溢流、垂落、起皺：可能引起之原因為：
 - 塗層施工過厚
 - 添加過多稀釋劑或使用錯誤的稀釋劑
 - 施工塗料時表面過熱
 - 在混合後施工時間結束時施工塗料
 - 在製造過程中使用了錯誤的觸變膠
 - 噴塗技術不正確
- ◇ 不連續、跳塗、漏塗點、漏塗區域
這些缺陷是由施工技術差、缺少預塗裝和/或缺少檢驗或檢驗差而引起的底材或前道塗層出現曝露的區域。
- ◇ 粉化
粉化是塗層表面上的一層粉狀易碎層，它通常由紫外光線曝露而引起，有時曝露於其它形式的輻射，包括核輻射也會引起粉化。
- ◇ 陷穴
陷穴是在施工塗層內出現小盆狀凹陷，它因塗層內滯留的空氣形成氣泡隨後破裂，留下彈坑而引起。
- ◇ 氣孔
在查看塗層完工表面時，通常不可見，它們是空氣滯留在塗層漆膜內的小穴，會在不久的將來導致缺陷的產生。它們由混合過程中滯留在塗料中的空氣而引起。通常因攪拌器運作過快而引起，會導致塗裝材料上出現泡沫狀或多泡表面。
- ◇ 針孔
針孔是塗層內非常小的孔，一般因在無機鋅塗層或金屬噴塗塗層上進行油漆施工而引起。
- ◇ 變色/著色
除了從美學的角度來說並不好看，一般來講，鏽跡並不是個問題。如必要的話，這些缺陷可通過砂紙打磨並複塗油漆來予以清理。
- ◇ 與加熱有關之破損
不管是塗裝還是其它工作，在任何項目進行期間，都有可能發生與加熱有關的破損；經常可以看到的是有人在新近塗裝的塗層上進行焊接。

- ◇ 起泡
起泡是脫離底材的塗層漆膜突出，通常是圓頂形或弧形，裡面可能充滿了純水、溶劑、苛性鹼、氣體、氧氣、晶體或鏽蝕。基本原因是局部區域的附著力喪失。它們有各種尺寸和分佈情況，可按照 ASTM D 714 《評估油漆起泡程度的標準測試方法》對其進行分類。
除非在測試它們或它們的內容物來確定起泡形成的原因，否則建議不要弄破起泡，因為仍能夠為表面提供良好的保護。
- ◇ 龜裂和剝落
這些缺陷是塗層內的可見開裂，它們可以一直穿透至底材，也可以在多道塗層體系內僅在單道塗層中出現。
主要的產生原因與應力有關，該應力可以由底材的移動而引起，也可能因時間的推移，塗層內出現內部應力而產生。
- ◇ 細裂
細裂是塗層表面中所出現的線狀開裂，通常僅在面塗層中出現，很少深入至底材。有時候它們非常微小，使用放大鏡才能完全看到它們。形成的基本原因是塗層漆膜內的應力。形成的原因還包括配方不正確，這是製造商的問題；或規格書問題，所要求的塗料不適合服務環境或與下面的塗層不相容。
- ◇ 鱷裂
鱷裂發生在當硬的、堅韌的塗層施工在軟的、可延展的塗層上。當曝露於陽光下時，一些施工較厚的塗層會出現鱷裂。
- ◇ 附著力缺陷：片狀剝落、分層、剝落和桔皮
這些缺陷因塗層之間或塗層與底材之間的附著力喪失而引起。
- ◇ 焊縫和邊緣處的缺陷
除非採用預塗層，否則在銳利的邊緣或粗糙或有潑濺的焊縫上會發生鏽蝕，從而成為營運塗層缺陷的常見原因。其基本的原因是塗層會有拉離銳利邊緣的趨勢，而且採用噴塗或輥塗的工業施工會使塗層搭接在底材中的小凹陷處。
應打磨或磨圓邊緣至少至 2 毫米半徑。不幸的是，很多規格書都沒有要求這麼做，在這種情況下，塗裝檢驗員也無法要求進行預塗裝。
- ◇ 擦傷或劃傷點
無論承包商多仔細，塗裝項目還是會發生破損，而且必須予以提出。在項目上移動設備會引起擦傷或劃傷點，而且這些擦傷通常會深入底材。即使是一個很小的劃傷，也會產生能起作用的腐蝕電池，從而引起點蝕的形成。
- ◇ 縮孔
縮孔（也被稱為“魚眼”或“收縮龜裂”）是薄膜表面破裂而暴露底材的一種形式。通常是油脂或油污染底材表面的結果。

任何缺陷應按照規格書中所描述的修補程序進行修補，如果規格書中沒有指定程序，那麼，應按照塗料製造商的推薦和業主的認可進行修補。應認識到，過錯發現得越快，修補就越容易，修補的融合度也就越好。

十五、高壓和低壓漏塗點檢測儀

漏塗點檢測儀用於檢測塗層內的漏塗點或針孔。並不是所有類型的結構或所有行業都使用漏塗點檢測儀。漏塗點檢測儀的常用類型包括：

- ✓ 低壓直流
- ✓ 高壓直流
- ✓ 高壓脈衝直流
- ✓ 高壓交流

檢測漏塗點是為了發現漆膜內的裂口、針孔和其它缺陷或不連續處。對於那些用於沉浸服務的艙室和埋於地下的管道等構件，糾正這些弊病尤為重要。

低壓漏塗點檢測儀只能檢測通過塗層一直到達金屬底材的洞。高壓漏塗點檢測儀能檢測塗層內的薄弱點，這些點不一定穿透至導電底材（金屬或含水分的混凝土）。

規格書應說明項目中需進行漏塗點檢測的點。測試進行之前，塗層應合理固化（但並非完全固化，以便於修補）。

◇ 低壓漏塗點檢測儀之正確使用

- ✓ 儀器的接地線直接連在導電底材上，以獲得直接的通電接觸。
- ✓ 使海綿充滿由自來水（非蒸餾水）和低泡潤濕劑（例如：攝影膠卷的顯影劑）組成的溶液，該溶液的混合比率為 1 盎司液體潤濕劑比 1 加侖水（每公升水中含有 7.5 毫升潤濕劑）。
- ✓ 將濕海綿在塗裝表面上以每秒 30 厘米（1 英尺）的最高速度擦拭移動。
- ✓ 限用於厚度低於 500 微米（20 密耳）的塗層
- ✓ 可用於混凝土

實際操作課程內容

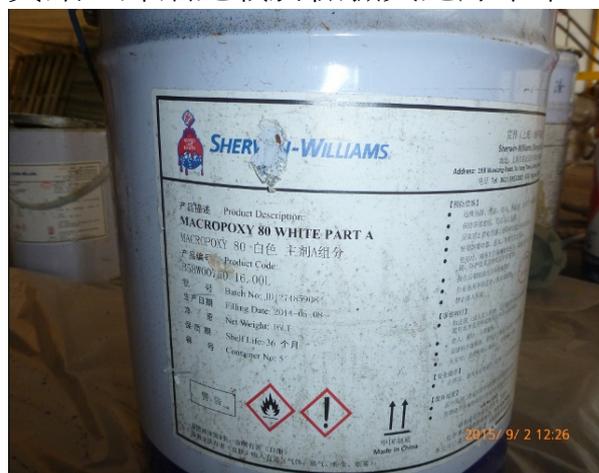
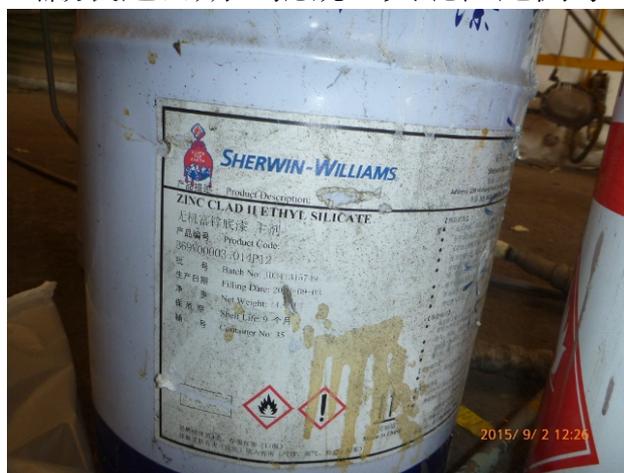
實操課程當天於上課教室集合，再一同坐車前往上海外高橋船廠，抵達船廠後，按規定仍先進行施工安全會議，船廠塗裝部人員也對培訓的學員作活動的流程、工作安全危害因子宣導及預防控制措施告知，並從鋼板之檢查，預清洗處理、手動工具(鋼絲刷、刮刀、鑿子、小刀、鑿平錘)及電動工具(旋轉鋼絲刷、衝擊工具、針束除鏽機、旋轉砂輪機、活塞除鏽機、砂輪片和打磨機、圓盤打磨機)打磨與去除焊渣與鐵銹，親自去體驗施工人之工作狀態。



(生鏽之鋼板需進行預洗、手工具與電動工具打磨)

完成上述工作之後，每人發一塊已經以鋼砂打砂完成之樣本鋼板，依據當時四周的狀態下先作環境檢測，瞭解露點溫度評估鋼板表面溫度是否適合施工，若狀況條件符合，再使用 ISO 比測器與複製膠帶(粗或超粗)，判定噴砂等級與表面粗糙度，同時使用機械磁性拉伸式乾膜厚儀，從校準、量測出鋼板之基礎金屬讀數，以作為調整最終讀數之依據，再使用電子式乾膜厚儀，經由校正後，進行測量，再作一次完整之量測紀錄對照。

待量測完成後，可以觀察船廠之施工人員，如何混合油漆，並紀錄油漆之品名，出廠製造日期、批號，與混合比例等等資訊，詳細記載於檢驗員記錄本中。





(無機鋅底漆之調配與混合，再導入無氣噴塗機進行塗裝作業)

完成上述動作後，由學員逐一體驗並完成自己的樣品鋼板之第一道底漆的噴塗作業；於油漆風乾後，進行第一道油漆膜厚度測量，判定油漆缺陷，並簽署 NC 缺陷在個人檢驗員記錄本中，然後進行補漆(於鋼板邊角以及焊接處進行預塗的動作)。完成後再進行第二道面漆之噴塗作業。



(樣品鋼板於第二道面漆塗佈後的狀態，並需進行相關檢測工作評估品質)

樣本鋼板完成第二道面漆噴塗後靜待風乾，再由學員完成第二道油漆膜厚之測量，及判定油漆缺陷，最後再利用低壓漏塗點檢測儀檢測各自的鋼板是否有漏塗點，並於鋼板上圈劃有缺陷及漏塗點的標記，同時記錄於油漆檢查記錄簿中。



(樣品鋼板使用低壓漏塗點檢測儀檢測漏塗點，並將缺陷圈劃註記於記錄本中)

結束實際操作課程後，所有學員於訓練教室由講師回顧及檢討今天操作時碰到的問題，預防不正確的塗裝步驟和動作，此外，針對施工規範再進行探討，發覺若施工規範有問題，應由講師所代表之規範製作人作確認，記錄記載於檢驗員記錄本中。

主要依據實際現場狀況練習撰寫塗裝檢驗員項目記錄本，填寫檢驗項目文件之記錄方式，包含儀器校準、使用及判讀；每個人使用船廠噴塗設備對樣品鋼板進行第一道(底漆)及第二道(面漆)之噴塗。瞭解油漆之混合調配，噴漆設備之使用，依據程序步驟，進行量測並紀錄。

課程所有有關之環境測試儀器、表面處理量測儀器、膜厚測量儀器與低漏塗點檢測儀器，均在課堂上重新講解告知學員正確使用方式，再複習實際操作一次，另加上小組團隊討論，以便確實瞭解、清楚正確儀器測定的操作。

心得與建議

本次能參訓國際防蝕協會塗裝檢查員的課程，學習防腐蝕及塗裝的專業知識，瞭解 NACE 1 學員操作手冊之各章節課程與實際操作的方法，實在獲益匪淺，特別是往後對於塗裝項目的檢查能於工作上貢獻所學或學以致用，感到十分值得。

對於本次訓練課程中，所有學員團隊建設分組合作的狀況，印象非常深刻。這種作法是在課程於有限的時間下，讓來自四面八方各公司的學員都能快速認識彼此並培養良好默契的方式。同時在各組學員的問題討論中，相互激發出化學效應，聽取每個人的論點意見後歸納整合，使學習的成效事半功倍。



(各小組依據課程問題，團隊討論寫下各自意見和解答，再派代表講解原由，加深向心力)

本次課程在勤奮的學習努力之下，兩員均順利通過第一級的認證，取得 NACE CIP LEVEL 1 檢查員資格。綜合上述心得，建議如下：

- 1) NACE CIP 第一級的課程為介紹油漆噴塗作業與程序之基礎課程，適合相關領域，如管線、儲槽等工作同仁需要，亦可學習參加。
- 2) 經本次向防蝕協會講師詢問 NACE CIP 受訓課程，除了中國大陸開班較多外，未來也會在台灣舉辦訓練及培訓課程，提供台灣學員多一項選擇，方便想要繼續朝塗裝領域進修或參訓的同仁增加想學習的機會。



(本次結訓後全體合照留念)