



為防蝕塗裝品質把關做先鋒， 談自辦塗裝檢查員訓練證照班歷程

中華民國防蝕工程學會

腐蝕：被忽視的結構風險與吞金怪獸

依聯合國世界腐蝕組織（WCO）數據顯示，因腐蝕造成的經濟損失約佔全球 GDP 3% ~ 5%。而台灣地處亞熱帶，氣候高溫、高濕且四面環海，隨著強勁東北季風從海上夾帶大量鹽分再加上工業發達、交通繁忙下所排放酸性廢氣，使得腐蝕環境更甚於其他區域，尤其濱海工業區大都屬於 ISO 12944-2 大氣腐蝕級別最嚴重 CX 等級。依此推論其因腐蝕所造成損失台灣地區理應超過 5%。根據國際貨幣基金組織（IMF）最新數據與預測，2025 年台灣名目 GDP 總值預估約為 8,800 億美元。以平均匯率 31 元換算台幣約 27 兆 2 仟 8 佰億，推估金屬材料因腐蝕而造成損失應超過 1 兆 3 仟億台幣，其約可建造超過 21 座台北 101。所以說從鋼構橋梁、石化儲槽，到電廠管線與離岸風電結構，「腐蝕」並非僅是緩慢發生的自然現象，而是一場持續進行、成本高昂的結構風險累積。這些隱形成本所造成巨大的財政負擔主要源於

基礎設施、工業設備、交通運輸及廠房結構的損壞與修復。再則鋼鐵材料生產屬於三大高碳排產業之一，如因腐蝕而造成設施、設備須高頻率進行維護甚至縮短使用壽命則勢必將增加設施、設備維護或更新過程中碳排量，對於淨零碳排目標亦有所影響。

腐蝕醫生：中華民國防蝕工程學會簡介

根據統計，透過有效的腐蝕防治技術（如塗料塗裝、熱浸鍍鋅、金屬熔射等），可減少維護頻率並提高設施、設備、管線使用壽命能有效減少約 25% 到 40% 的損失，對於減少碳排量亦有所助益。在腐蝕及防蝕領域前輩先賢的卓見下，認為有必要聯合國內產、官、學、研從事防蝕工程及防蝕研究專業人士，以提高我國防蝕工程技術，協力發展防蝕工程事業及國內材料腐蝕，防蝕知識之宣導及教育工作規劃，故於民國 72 年 5 月創立中華民國防蝕工程學會。經過 43 年在歷屆理事長及學者專家努力及服務需求下，於理監



事會下共設有 10 個委員會，其中與腐蝕及防蝕密切相關技術委員會則有 4 個，分別是塗膜技術委員會、熱浸鍍鋅技術委員會、陰極防蝕技術委員會及大氣腐蝕技術委員會。這 4 個技術委員會在遵循學會宗旨下，針對國內大氣及海水下腐蝕環境現況與目前主要防蝕工法技術規範擬定、宣導及教育工作規劃不餘遺力，期望提供業界正確的腐蝕防治觀念及防蝕措施。為與國際防蝕技術訓練同步，陰極防蝕技術委員會更引進邀請全球腐蝕控制與防護塗料領域專業權威機構，美國 AMPP（美國材料性能與防護協會）CP（陰極防蝕）訓練課程，而塗膜技術委員會除自辦鋼結構塗裝檢查員訓練證照班課程外，也應 AMPP 邀請下於 2023 年舉辦 CIP（塗裝檢查員）認證課程，使得防蝕訓練課程規畫更為國際化。

防蝕塗裝最關鍵但薄弱的環節：本土化鋼結構塗裝檢查培訓課程的崛起

在腐蝕防治技術中，防蝕塗料塗裝雖為目前眾多防蝕措施中最為經濟、普遍且方便有效方法之一，但防蝕效果耐久性也常被詬病。從塗料選用、塗裝施工及塗膜乾燥過程中如管理不當，容易受到環境及人為影響而造成防蝕效果不如預期，所以防蝕塗裝的本質並非「施工完成即達標」，而是一個高度依賴過程控制的工程行為。除施工者須具備正確塗裝觀念外其施工專業技術亦不容忽視，其中塗裝檢查員就成為最關鍵品質把關者。雖之前 NACE（美國防蝕工程師協會，現與 SSPC 合併為 AMPP）及 FROSIO（挪威表面處理檢查員教育與認證專



圖 1 塗裝檢查員訓練、上課及測驗實景



業委員會)已在國際舉辦行之有年防蝕塗裝檢查員專業訓練認證課程，但因其訓練費用非常高且須連續5天以上課程訓練，再加上國內塗裝工程幾乎對於防蝕塗裝檢查員資格並無要求，使得業界接受訓練意願低落興趣缺缺於國內並不普及。中華民國防蝕工程學會有感於在許多防蝕塗裝工程現場，塗裝檢查常被簡化為「形式驗收」，甚至由非專業人員兼任，導致品質把關失守甚至引發後續使用壽命大幅降低，過程中品質控制人員專業訓練及素質最為關鍵卻是最薄弱的一環，堅信為防蝕塗裝品質把關重要性，但對於國內缺乏防蝕塗裝塗層檢查人員訓練專業機構及資格檢定機制且有鑑於相關訓練課程皆由國外機構執行無法充分理解國內環境及業界需求，認為有必要推動符合本土需求且與國際接軌之塗裝檢查員專業訓練，將有助於提升防蝕塗裝品質及塗膜耐久性效果。而在當時任職公路總局李家順理事亦說明以國內鋼橋

防蝕塗裝為例，監造及施工執行相關人員對於塗料塗裝普遍缺乏專業認知認為學會應自行辦訓。故於2016年在當時理事長魏豐義博士支持與塗膜技術委員會主委陳哲生博士推動下，參考NACE CIP Level I、Level II課程項目及上課與考試方式並聚焦於鋼結構防蝕塗裝檢查項目訓練上，將訓練課程時間濃縮為3天+1天學術科考試並加強術科儀器操作訓練臨場感。本自辦課程重點除能與國際防蝕塗裝規範接軌外另也加入國內本土防蝕塗裝環境及業界需求，並以防蝕工程學會及鋼結構協會合編「鋼結構橋梁防蝕塗裝技術手冊」為教材，另聘請國內材料腐蝕及防蝕塗料與塗裝相關領域專家擔任講師。此一改變不但能改善國際塗裝檢查員課程授課範圍太廣、時間較長且費用太高缺點，也符合防蝕學會宗旨成功聚焦以防蝕為重點的塗裝檢查項目上且也大幅降低訓練時間與費用，使其更適合國內業界需求。



圖2 協助國家海洋研究院發展「離岸作業塗裝檢查員職能課程」，講師群獲贈感謝狀。



一步一腳印：從不被看好到掌聲不斷 心路歷程

在學會塗膜技術委員會小組成員眾志成城積極努力下，鋼結構塗裝檢查員訓練班於 2017 年 6 月首度在高雄開班並依每年至少北、中、南各開一班規畫，截至 2025 年來已共開 35 班 718 位相關產業學員完成訓練，其中 588 位考試合格（須學科及術科皆達 70 分以上）取得證照，而其資格也被國內大型公私立單位如公路局、台塑集團、台積公司（tsmc）與興達海基公司認可並依需求列入承攬合約塗裝作業檢查人員資格之一。經過 9 年來不間斷課程訓練，包括使用單位、工程設計顧問公司、化學工廠、鋼構廠、塗料塗裝公司等各行業中已培育近 600 位合格塗裝檢查人員並定期接受回訓換證以維持技術專業性，對於國內公共工程、大樓及工廠防蝕塗裝品質把關開啟了康莊大道，也讓業界對於本身設施、設備腐蝕問題及如何正確執行防蝕塗料塗裝更加重視。雖目前展現亮眼成績但開班之初卻是歷經重重困難包括專業師資聘請、講義撰寫及學員招募等問題，然經過講師群專業且認真教學態度與術科儀器實地操作多樣化練習下，已逐漸累積口碑，獲得學員良好反應與迴響，也在業界打開知名度。在以控制教學品質前提下每班上限 30 人經常一經公告開班日期後即額滿。目前除學會常規開班外，亦應產業公司需求開立訓練專班（如 tsmc、興達海基公司等），也配合國家海洋研究院協助國內海洋產業從業人員能力培育策略計畫，如離岸作業塗裝檢查人員職能基準及離岸作業塗裝維護人員職能基準。

結論：開花結果

在台灣這樣高腐蝕風險的環境中，防蝕措施不再只是工程選項，而是公共安全的一部分。108 年 10 月 1 日南方澳大橋鋼索因腐蝕斷裂而斷橋造成人員傷亡尚歷歷在目。公共工程委員會有感於工程中防蝕措施重要性亦於 112 年修正「公共建設工程經費估算編列手冊」總則篇，正式要求公共工程防蝕費用應「單獨編列」旨在提升在具腐蝕環境下的結構壽命，避免防蝕預算因其他項目增加而被排擠或刪除。中華民國防蝕工程學會基於防蝕知識之宣導及教育工作規劃宗旨，首開符合國際發展趨勢之國內本土化鋼結構防蝕塗裝檢查員人才培育職能訓練自主開發課程先鋒，此舉不但提升國內防蝕塗裝品質水準也為業界培訓一批塗裝檢查生力軍，為減少腐蝕、美化環境、降低材料資源浪費及邁向淨零碳排目標共同努力。