



臺灣的守護者 - 中華民國防蝕工程學會

中華民國防蝕工程學會

關鍵字：大氣腐蝕、防蝕塗裝、陰極保護

腐蝕是材料與環境發生電化學反應的劣化行為，也是降低能量的自然行為。腐蝕的發生，輕者造成材料外觀上的斑駁；嚴重者造成重大的公共、工安事故。各類腐蝕問題皆有相對應的防蝕方法，但是過度的防蝕，也會是一種資源浪費。因此如何在有限資源以及防蝕保固目的間達成平衡，就是防蝕工程學會的任務：結合國內從事防蝕工程及防蝕研究的人士，推廣我國防蝕工程技術應用、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。

為達成永續環境的保固首先要了解材料應用環境的腐蝕強度，藉此規劃妥善的防蝕系統。防蝕方法非常的多元，最經濟實惠的做法就是施作塗裝，而在富含電解質的環境，陰極防蝕則經常作為防蝕工法的首選或塗裝損傷後的第二道的防線。腐蝕的發生，隨著不同環境有各種樣態與機制，藉由破損

分析可以找出腐蝕機制並提出工程面、制度面上的改善。本文以下就針對防蝕工程學會在大氣腐蝕性調查、防蝕塗裝、陰極防蝕、三大領域目前的現況，以及對於臺灣的貢獻做個介紹。

臺灣環境腐蝕調查資料

大氣腐蝕是最常見的腐蝕類型，例如暴露於大氣中的公共建設、廠房建築皆可觀察到此等腐蝕問題。ISO 9223 (CNS 13401) 針對大氣腐蝕建立了一系列的調查、試驗與等級評估之標準。經由環境等級的分類評估，再以ISO 12944為指引，即可規劃出適用於該環境的防蝕系統。

臺灣地處亞熱帶，屬高溫、高濕、高鹽的海島型氣候，依據ISO及CNS的大氣腐蝕環境分類準則，分為C1到CX等級。臺灣沿岸區



域幾乎全為嚴重腐蝕等級C5，部分地區甚至達到最高的CX等級。有鑑於腐蝕環境影響甚巨，自2007年起，交通部運輸研究所籌劃建立全國腐蝕環境觀測網，著手進行大氣腐蝕因子現地試驗調查研究，於臺灣各地共佈放232個試驗站（如圖1），調查項目包括金屬曝露試驗（碳鋼、鋅、銅、鋁）與腐蝕劣化因子（二氧化硫及氯鹽沉積速率收集）。

此外，因應港灣建設與離岸風機防蝕保固之需求，交通部運輸研究所轄下的港灣技術研中心自2015年起於臺灣各商港進行水下

金屬材料腐蝕暴露試驗（如圖1）。分別於臺中港、金門水頭港、料羅港、基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、馬祖福澳港、澎湖龍門尖山港等國內商港安裝水下試驗架（飛沫帶、潮間帶、水中帶），共佈放14個試驗站，期能藉此了解海生物附著與海水水質對金屬材料腐蝕之長期暴露試驗。結合大氣與水下調查資料與分析成果，建置於臺灣腐蝕環境分類資訊系統（如圖2），並每年發行大氣腐蝕資料年報，提供交通部、公路總局、高速公路局、港務公司及顧問公司等選用金屬材料之依據。以達到符



圖 1 大氣及水下腐蝕調查試驗站

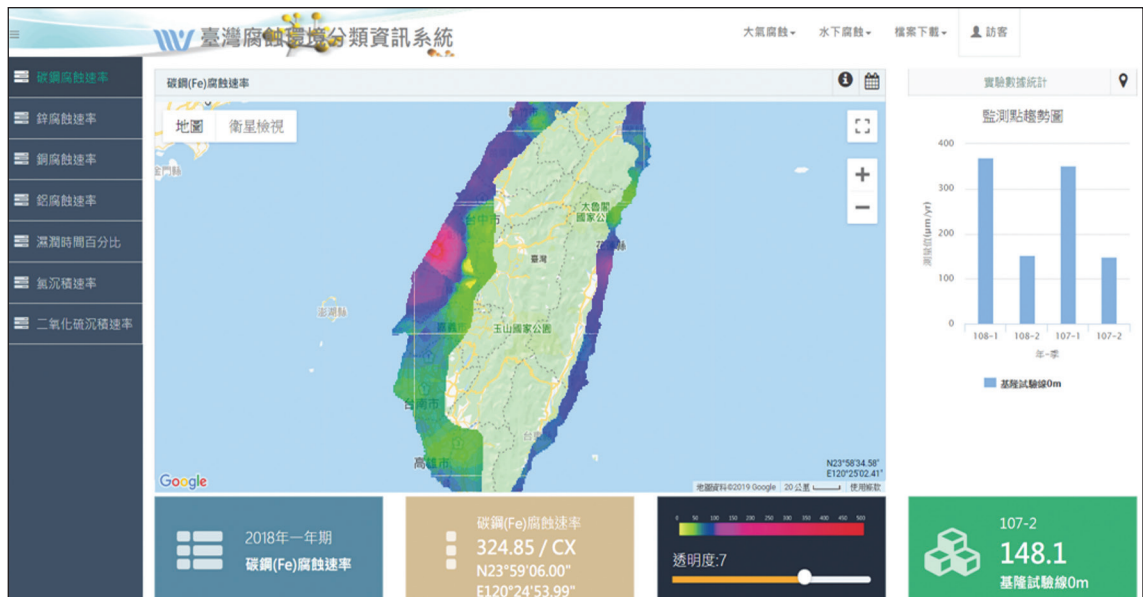


圖 2 臺灣腐蝕環境分類資訊系統（交通部運輸研究所臺灣技術研究中心）

合各地區腐蝕環境防蝕需求，確保各公共工程如橋梁、碼頭等構造物，達到或超過設計使用年限，避免或減少發生工安事件，降低社會成本及提高經濟效益。

臺灣環境腐蝕資料是規劃防蝕系統最基礎的數據，可以用關鍵字「臺灣環境腐蝕資料庫」檢索進入系統，或以「交通部港研中心 > 中心出版品」下載調查報告，皆為免付費。

塗裝

天氣冷，多加件衣服；下雨天出門，穿雨衣。在腐蝕環境裡，就做個塗裝隔絕材料與環境的接觸。塗裝包含了塗料的開發與塗

裝施工兩大技術。

人類使用漆料已有數千年歷史，直至18世紀，隨著化學原料開發，塗料工業才迅速發展！發展至今，各種功能性及裝飾用塗料（俗稱油漆）已陸續被開發應用。塗料依其功能性，可分為防蝕塗料、防火塗料、防水塗料、抗菌防霉、防污塗料等，依產業別，則有建築塗料、汽車塗料、船舶塗料、工業塗料等。隨著現代科技的突發猛進及腐蝕防制專家的努力，各種形態防蝕技術發明及材料的開發也讓腐蝕防制更為多元化。其中防蝕塗裝，因其具備色彩多樣化、防蝕效果佳、成本較低及施工便利等優點，成為使用最經常的防蝕措施之一。塗料產業規模目前仍以建築塗料為大宗，但隨著工業發展，工



業防蝕塗料產量卻一直呈現成長狀態，尤其臺灣屬工業發展國家且四面環海，腐蝕環境則更為嚴苛，對於防蝕塗料需求成長及性能要求更為強烈。

塗料為半成品，須經塗裝施工後方能成為塗膜成品，達到其功能性。從塗料選用，經塗裝過程施工成膜至乾燥為塗膜受後續所處環境侵蝕，其過程品質控制攸關其防蝕效果耐久性是否能達到預期設計。不良的施工品質，可能連塗裝預期壽命的十分之一都無法達到。為確保塗料系統選擇能抵抗腐蝕環境侵蝕，與塗裝過程中能依設定施工條件執行並確認最後塗膜狀態符合設計要求，本學會特開設「鋼結構塗裝檢查員訓練班」，讓一切過程能在具備檢查資格的專業人員執行下確保塗裝作業過程品質。達到防蝕塗裝目的，提升塗裝工程品質，改善以往國內塗裝檢查不被重視且缺乏專業及資格人員執行狀況。目前「鋼結構塗裝檢查員訓練班」開辦近5年來，已有超過400位學員受過訓練，對國內塗裝品質的把關有非常大的幫助。

陰極保護

在一個電解質豐沛的環境，塗裝可能無法承受，但陰極保護反而是一個非常有效率的防蝕方式。陰極保護迄今已有200年的歷史，源起於1824年Humphry Davy利用鐵和鋅來保護木製船體的銅質外殼。1940年代初期開始應用於保護土壤中的天然氣管線，

1950年代建立了船舶陰極保護的規範，而鋼筋混凝土結構中的鋼筋腐蝕防護也於1959年開始試驗研究。發展至今，陰極保護技術已廣泛的應用在地下管線、離岸風機水下基礎、船舶與鋼筋混凝土結構中鋼筋的防蝕保護。

陰極保護的方法有兩種，一為犧牲陽極法，一為外加電流法。犧牲陽極法主要是利用導線將介質（如土壤、水、混凝土.....等）中電位較負的金屬（陽極）與被保護結構物（陰極）相連接，形成一電化學電池。由於異類金屬相接觸，較活潑之金屬（陽極）會在反應中被消耗，而鈍性的結構物（陰極）會因此而被保護。外加電流式陰極保護系統主要是利用一外部電源來提供陽極與陰極之間的電位差，陽極接於電源之正端，而被保護結構物則接於電源之負端，電流從陽極經過介質（如土壤、水、混凝土.....等）到達結構物表面，然後沿著結構物經導線回至電源，如此結構物便受到保護。

臺灣為一海島，處於高腐蝕的氣候環境，鋼構及鋼筋混凝土結構物均必須面對腐蝕嚴重的考驗。目前臺灣公共工程中地下輸送管線與儲槽、港灣設施碼頭的鋼版管樁、公路鋼筋混凝土橋梁與離岸風機水下基礎部分均是採用陰極保護工法進行防蝕保護。為確保設計與施工品質，2014年高雄氣爆後本學會已於2017年協助標準局完成CNS 15993-1:2017「石油、石化及天然氣業－地下管線陰極保護系統－第1部：陸上地下管線」中華



民國國家標準。冀望日後再接再厲，推動其他陰極保護相關規範的建立，以完善公共工程陰極保護應用的設計與施工品質。

展望

除了防蝕技術的持續精進開發，防蝕工程學會也針對多次工安事件進行分析檢討，並喚起政府和產業對設備完整性的重視。隨著產業經濟的發展提升，工業安全和環境保護逐漸獲得重視，然而近年來仍舊發生多起工廠火災爆炸和環境汙染事件，造成鉅額經濟損失，更是嚴重影響事業單位聲譽和導致社區關係緊張。以2014年發生了震驚國際的高雄氣爆事件為例，不僅造成了嚴重傷亡和驚人經濟損失，更是震醒了國內各界人士，注意到地下管線相關領域多年來欠缺了完整的法規制度和良善管理。產官學研各界包含防蝕學會在內，分析氣爆管線失效原因，蒐集國際法規和訂定國家標準（例如CNS 15993-1等），吸納國外維護經驗和管理技術，多面向檢視國內管理制度缺失，辦理各種技術研討會和教育訓練課程，逐步輔導業界建置起地下管線管理系統，期能達到有效維護管理和永續安全操作的目標。

防蝕學會多年來持續關注防蝕技術和腐蝕管理的重要進展，除了重大傷亡的高雄氣爆事件之外，多家煉油石化工廠不時發生重大的設備破損和火災爆炸事故，所幸多未造成人員傷亡，但是必須汰換受損設備和工廠

停車無法生產。以2018年中油桃園煉油廠二柴工廠火災、2019年台化ARO3廠火災、2019年台塑化RDS2廠火災等重大事故為例，這些火損事故皆造成了事業單位高達新台幣百億元營收損失。防蝕學會會員皆協助業主找出設備失效原因，執行對症下藥的維護對策，並且及早回復正常生產作業。多年前臺灣石化工業界和管制單位對於適用性評估法規和可達成效益都相當陌生，因此對於發生損傷或維修過的壓力設備的操作安全性和法規符合性多有質疑，或者採取極度嚴苛的審查標準，形成營運和管制雙方面認知差距過大。所幸多年來經由引進API 579適用性評估法規和評估技術，進行火損設備適用性評估整合型技術服務，證明維修改善措施的合理性和有效性，成果優異且效益良好，獲得主管機關（勞動部職安署）和業主的共同肯定，現已成為類似事故後設備安全評估的重要管制機制之一。

人能夠生活的環境中腐蝕自然且必然發生，防蝕學會以臺灣的守護者自許，結合了產官學研專業人士提供各界所需要的防蝕知識與服務，為精準保固與永續環境而努力。