

100-27-7519

MOTC-IOT-99-H1DB004

構造物腐蝕環境分類之潛勢 分析研究 (2/2)



交通部運輸研究所

中華民國 100 年 4 月

100-27-7519

MOTC-IOT-99-H1DB004

構造物腐蝕環境分類之潛勢 分析研究 (2/2)

著 者：陳桂清、柯正龍、羅建明
羅俊雄、劉益雄

交通部運輸研究所

中華民國 100 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(2/2)

/陳桂清等著.--初版.-- 臺北市：交通部運輸研究所，

民 100.04

面 ； 公分

ISBN 978-986-02-7173-7 (平裝)

1. 金屬工作法 2. 侵蝕作用 3. 環境監測 4. 數值分析

472.16

100002708

構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(2/2)

著 者：陳桂清、柯正龍、羅建明、羅俊雄、劉益雄

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版> 中心出版品)

電 話：(04)26587176

出版年月：中華民國 100 年 4 月

印 刷 者：

版(刷)次冊數：初版一刷 100 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站

定 價：250 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1•電話：(02)25180207

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 2 號 B1•電話：(04)22260330

GPN：1010000356

ISBN：978-986-02-7173-7 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

100

構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究

(2/2)

交通部運輸研究所

GPN: 1010000356

定價 250 元

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究 (2/2)			
國際標準書號 (或叢刊號) ISBN 978-986-02-7173-7 (平裝)	政府出版品統一編號 1010000356	運輸研究所出版品編號 100-27-7519	計畫編號 99-H1DB004
本所主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 計畫主持人：陳桂清 研究人員：柯正龍、羅建明 聯絡電話：04-26587188 傳真號碼：04-26564418	合作研究單位：財團法人工業技術研究院 計畫主持人：羅俊雄 研究人員：羅俊雄、劉益雄 地址：310 新竹縣竹東鎮中興路 4 段 195 號 52 館 聯絡電話：03-5916934		研究期間 自 99 年 3 月 至 99 年 10 月
關鍵詞：大氣腐蝕、長期暴露試驗、熱噴覆			
<p>摘要：</p> <p>臺灣為一海島，地處熱帶/亞熱帶，高溫、高溼與高鹽份的環境極易造成金屬在大氣中腐蝕劣化。自1971年起，國內各研究單位曾陸續以試片腐蝕速率的量測方式進行臺灣大氣腐蝕環境分類，然而因試驗場址維護不易，各地區均無持續10年以上的腐蝕數據，且相關之大氣腐蝕研究亦止於1995年。為達到結構物耐久性防蝕設計的目的，目前若仍引用過去之調查數據，腐蝕速率的估算恐會產生過與不及的虞慮。</p> <p>交通部運輸研究所港灣技術研究中心與工業技術研究材料與化工研究所於2007年起共同研究之「臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究」計畫，已初步完成大氣腐蝕試驗點與大氣腐蝕資料庫的建立，但因調查時間僅為兩年，仍缺乏長期暴露之腐蝕速率數據。自2009年起，本研究承續過去已建置之試驗位址，在腐蝕嚴重的鹽害區、工業區以及腐蝕較輕微的鄉村區3處，規劃為期10年的現地暴露試驗，進行碳鋼、鋅、銅、鋁金屬的腐蝕速率調查。以驗證ISO 9224規範在臺灣本島之適用性，建立臺灣地區構造物腐蝕環境潛勢分析之完整數據資料庫。此外，上年度已依據國際標準組織ISO 12944規範，研擬有機塗裝防蝕規範草案，提供構造物防蝕設計的須要，本年度將持續進行現地試驗、依據NACE No.12/AWS C2.23M/ SSPC-CS 23.00、ISO 2063、ISO 14922規範，研擬無機塗裝熔射防蝕規範草案，並檢討港灣構造物陰極防蝕準則草案之完整性，期能供鋼構造物耐久性與防蝕設計之參考。</p> <p>本研究主要工作項目包括：(1)國內外大氣腐蝕文獻蒐集整理分析，(2)現地金屬試片暴露試驗，(3)試驗資料蒐集與分析，(4)大氣腐蝕因子資料庫增修，(5)無機塗裝防蝕規範草案研擬，(6)港灣構造物陰極防蝕準則草案檢討。研究成果可提供公路總局、鐵路局及高鐵局、港務局等相關工程單位鋼構材料選用與塗裝防蝕之依據，以達到符合各地區腐蝕環境之防蝕措施，並確保各重大公共工程建設，達到或超出設計使用年限，避免或減少工安事件發生，降低社會成本及提高經濟效益等效益。</p>			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
100年4月	296	250	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
<p>機密等級：</p> <p><input type="checkbox"/>密 <input type="checkbox"/>機密 <input type="checkbox"/>極機密 <input type="checkbox"/>絕對機密</p> <p>(解密條件：<input type="checkbox"/>年 <input type="checkbox"/>月 <input type="checkbox"/>日解密，<input type="checkbox"/>公布後解密，<input type="checkbox"/>附件抽存後解密， <input type="checkbox"/>工作完成或會議終了時解密，<input type="checkbox"/>另行檢討後辦理解密)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>普通</p>			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: Environmental corrosivity classification for structures (2/2)			
ISBN (OR ISSN) ISBN978-986-02-7173-7 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010000356	IOT SERIAL NUMBER 100-27-7519	PROJECT NUMBER 99-H1DB004
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Yung-fang Chiu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Kuei-ching Cheng PROJECT STAFF: Jeng-long Ko, Chien-ming Lo PHONE: 04-26587188 FAX: 04-26564418			PROJECT PERIOD FROM March 2010 To October 2010
RESEARCH AGENCY: Industrial Technology Research Institute PRINCIPAL INVESTIGATOR: Jiunn-shyong Luo PROJECT STAFF: Jiunn-shyong Luo, Yi-shyong Liu ADDRESS: Bldg. 52, 195, Sec. 4, Chung Hsing Rd., Chutung, Hsinchu 31040, Taiwan, R.O.C. PHONE: (03) 591-6934			
KEY WORDS: ATMOSPHERIC CORROSION, LONG-TERM EXPOSURE TEST, THERMAL SPRAY			
ABSTRACT: <p>Taiwan is an island and locates at tropic and sub-tropic climates with high humidity, and salinity. The cost of atmospheric corrosion and corrosion prevention is considerable. Using metal specimen exposure tests to study atmospheric corrosion have been conducted in Taiwan since 1971. However, no long-term (exposure period is over 10 years) tests were achieved due to lack of permanent test sites and short of financial support. All atmospheric corrosion tests were interrupted at 1995. As a result, it is not practical to use past corrosion data to estimate further service life of a structure.</p> <p>From 2007, a two-year project "Corrosive Factors of Atmosphere in Taiwan" was performed by IHMT under MOTC and MCL under ITRI. An atmospheric corrosion database has been established based on the field exposure tests. However, only one-year test result is obtained in the database and there are no long-term corrosion data available. Therefore, a ten-year exposure test was performed from 2009 to implement previous study. Corrosion rate of three test locations where classified as marine environment, marine and industrial environment, and rural environment individually will be collected to verify the guiding values of corrosion rate listed in the corrosivity categories of ISO 9224. In addition, guidelines of "Corrosion Protection of Steel Structures by Protective Paint Systems and Thermal Spray Systems" were drafted based on ISO 12944 and ISO 2063, ISO 14922, and NACE No. 12/ AWS C2.23M/ SSPC-CS 23.00.</p> <p>In the present study, research topics include: 1) collection of atmospheric corrosion related documentation, 2) field study of atmospheric corrosion, 3) data analysis of field study, 4) revising database of atmospheric corrosion, 5) preparation of a draft guideline for "Corrosion Protection of Steel Structures by Thermal Spray Systems", and 6) revising the guideline of "Cathodic Protection for Harbor Structures" drafted in 2007. It is highly anticipated that by adding the results of long-term corrosion data and a guideline of protective coating systems it will assist MOTC to determine metal materials and coating systems using for infrastructures located in various corrosive environments to reach or extend the design life of infrastructures.</p>			
DATE OF PUBLICATION April 2011	NUMBER OF PAGES 296	PRICE 250	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究 (2/2)

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
圖目錄	VII
表目錄	IX
第一章 計畫背景分析.....	1-1
1.1 計畫目的	1-1
1.2 計畫之重要性.....	1-1
1.3 國內外有關本計畫之研究情況	1-1
1.3.1 ISO 大氣腐蝕測試規範與標準	1-1
1.3.2 國內大氣腐蝕研究概況.....	1-4
第二章 研究範圍、目的與方法	2-1
2.1 研究內容與工作項目	2-1
2.2 研究方法及進行步驟.....	2-1
2.2.1 國內外大氣腐蝕文獻蒐集整理分析	2-2
2.2.2 現地金屬試片暴露試驗	2-2
2.2.3 資料蒐集與分析	2-3
2.2.4 大氣腐蝕因子資料庫維護	2-3
2.2.5 無機塗裝防蝕規範草案研擬.....	2-4
2.2.6 港灣構造物陰極防蝕準則草案增修	2-5
第三章 文獻回顧.....	3-1

3.1 「構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究 (1/2)」研究成果.....	3-1
3.1.1 現地金屬試片暴露試驗.....	3-1
3.1.2 有機塗裝防蝕規範草案研擬.....	3-4
3.2 金屬熱噴覆.....	3-7
3.2.1 金屬熱噴覆方法.....	3-8
3.2.2 金屬熱噴覆在防蝕工程上的應用.....	3-9
3.2.3 ISO 2063 與 NACE No. 12 熱噴覆規範比較.....	3-13
第四章 現地金屬試片暴露試驗.....	4-1
4.1 金屬試片.....	4-1
4.2 試片現場安裝.....	4-2
4.3 試片腐蝕生成物清除與測試.....	4-7
4.4 腐蝕速率計算與調查結果比較.....	4-9
第五章 無機塗裝防蝕規範草案研擬.....	5-1
5.1 ISO 2063.....	5-1
5.2 NACE No. 12/AWS C2.23M/SSPC-CS 23.00.....	5-2
5.3 ISO 14922.....	5-4
5.3.1 ISO 14922-1 選擇和使用指南.....	5-4
5.3.2 ISO 14922-2 全面品質要求.....	5-5
5.3.3 ISO 14922-3 標準品質要求.....	5-6
5.3.4 ISO 14922-4 基本品質要求.....	5-8
第六章 港灣構造物陰極防蝕準則草案增修.....	6-1
6.1 鋼筋混凝土外加電流式陰極防蝕陽極系統介紹.....	6-1
6.1.1 MMO 鈦網陽極(Mesh anode).....	6-2
6.1.2 MMO 鈦網條狀陽極(Ribbon mesh anode).....	6-4

6.1.3 MMO 鈦柱陽極(Discrete anode)	6-5
6.1.4 MMO 鈦帶陽極(Tape anode).....	6-7
6.2 「港灣構造物陰極防蝕設計規範(草案)」檢討與增修.....	6-13
第七章 大氣腐蝕因子資料庫功能維護與擴充	7-1
7.1 系統功能規劃.....	7-1
7.2 新增數據與資料上架.....	7-1
7.3 資料庫資料結構擴充與程式調整	7-5
7.4 Google Map 整合.....	7-6
7.5 系統功能展望	7-10
第八章 結論與建議.....	8-1
8.1 結論	8-2
8.2 建議	8-3
參考文獻	參-1
附錄 1 現地暴露試驗試片數據整理分析.....	附錄 1-1
附錄 2 期中審查會議紀錄回覆辦理.....	附錄 2-1
附錄 3 期末審查會議紀錄回覆辦理.....	附錄 3-1
附錄 4 期末簡報.....	附錄 4-1
附錄 5 工作會議紀錄.....	附錄 5-1
附錄 6 鋼構造物熱噴覆防蝕規範草案-1	附錄 6-1
鋼構造物熱噴覆防蝕規範草案-2.....	附錄 6-15
鋼構造物熱噴覆防蝕規範草案-3.....	附錄 6-81

圖目錄

圖 1.1	ISO 大氣腐蝕環境分類.....	1-3
圖 2.1	計畫作業流程圖.....	2-6
圖 3.1	鋼鐵結構金屬熱噴覆作業流程.....	3-14
圖 4.1	2010年9月15日港研究中心現場試片外觀，碳鋼、鋅、鋁暴露約2年，銅暴露約1年3個月.....	4-4
圖 4.2	2010年9月15日麥寮工業區現場試片(暴露約2年)之外觀...	4-5
圖 4.3	2010年9月15日溪頭森林區現場試片(暴露約2年)之外觀...	4-6
圖 4.4	腐蝕生成物清除法作業流程圖.....	4-8
圖 6.1	MMO 鈦網陽極.....	6-11
圖 6.2	MMO 鈦網陽極安裝.....	6-11
圖 6.3	MMO 鈦網陽極表面以噴漿覆蓋.....	6-11
圖 6.4	MMO 鈦網條狀陽極.....	6-11
圖 6.5	溝槽切割.....	6-11
圖 6.6	MMO 鈦網條狀陽極安裝.....	6-11
圖 6.7	溝槽以混凝土填實.....	6-12
圖 6.8	MMO 鈦柱陽極.....	6-12
圖 6.9	鑽孔.....	6-12
圖 6.10	陽極安裝孔洞.....	6-12
圖 6.11	陽極安裝完成.....	6-12
圖 6.12	MMO 鈦帶陽極.....	6-12
圖 6.13	MMO 鈦帶陽極安裝.....	6-13
圖 6.14	陽極安裝完成.....	6-13

圖 7.1	濕潤時間新增資料顯示	7-2
圖 7.2	2009 年金屬現地試驗相片資訊.....	7-2
圖 7.3	氯離子新增資料顯示	7-3
圖 7.4	氯離子新增資料顯示(詳細)	7-3
圖 7.5	碳鋼(Fe)新增資料顯示.....	7-4
圖 7.6	碳鋼(Fe)新增資料顯示(詳細).....	7-4
圖 7.7	Access 資料庫資料表(view_totaldata 的擴增結果).....	7-6
圖 7.8	GoogleMap 整合操作觀察試驗點.....	7-8
圖 7.9	GoogleMap 整合衛星地圖觀察試驗點	7-8
圖 7.10	單一試驗點整合資訊視窗	7-9
圖 7.11	GoogleMap 觀察試驗點街景(StreetView)效果.....	7-9

表 目 錄

表 3-1	大氣腐蝕環境分類-以各種標準金屬最初第一年之腐蝕速率區分	3-2
表 3-2	暴露一年期各金屬之腐蝕速率與腐蝕環境分類.....	3-3
表 3-3	金屬熱噴覆在防蝕工程上的應用-美國.....	3-15
表 3-4	美國各州 DOT 使用金屬熱噴覆之案例.....	3-15
表 3-5	金屬熱噴覆在海洋環境之防蝕研究.....	3-16
表 3-6	英國 BS Standard 6593 及 2569 建議之熱噴覆防蝕.....	3-16
表 4-1	現地暴露試驗 2009.06.10 試片遺失明細表.....	4-3
表 4-2	化學清洗使用的化學藥品及各項條件.....	4-7
表 4-3	暴露一年期各金屬之腐蝕速率與腐蝕環境分類.....	4-11
表 4-4	大氣腐蝕環境分類-以各種標準金屬最初第一年之腐蝕速率區分	4-12
表 4-5	暴露二年期各金屬之腐蝕速率.....	4-13
表 6-1	各種陽極的應用.....	6-2
表 6-2	鋼筋混凝土陰極保護各式 MMO 鈦基材陽極之比較.....	6-10
表 7-1	Access 資料庫資料表欄位擴充說明.....	7-5

第一章 計畫背景分析

1.1 計畫目的

本研究計畫的主要目的為持續進行三處具有腐蝕特性地點的大氣腐蝕調查與研究，實施不同金屬試片的現地暴露試驗，研擬無機塗裝-熱噴覆防蝕規範草案(本報告將工程界常用之“熔射一詞依「CNS14513 腐蝕及腐蝕試驗詞彙」規範統一為“熱噴覆”)，提供構造物耐久性與防蝕設計的須要，完善臺灣地區構造物腐蝕環境分類數據資料庫的建立。

1.2 計畫之重要性

臺灣為一海島，四面環海，高溫、高溼與高鹽份的環境，加上空氣污染的結果，腐蝕環境嚴重。交通部運輸研究所港灣技術研究中心於2007年起展開為期兩年之「臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究」計畫，已初步完成大氣腐蝕試驗點與大氣腐蝕資料庫的建立，但因調查時間僅為兩年，仍缺乏長期暴露之腐蝕速率數據與防蝕規範。因此，自2009年起於本計畫中規劃三處具有腐蝕特性的地點，進行為期10年的現地暴露試驗，以驗證ISO 9224規範在臺灣本島之適用性。此外，本計畫第一年度(98年度)已依據國際標準組織ISO 12944規範，研擬有機塗裝的防蝕規範草案；本年度則將依據美國腐蝕工程師協會(National Association of Corrosion Engineering, NACE International)之規範”NACE No. 12/AWS C2.23M/SSPC-CS 23.00”以及ISO相關規範研擬無機塗裝熱噴覆的防蝕規範草案，以提供構造物耐久性與防蝕設計的參考，完善臺灣地區構造物腐蝕環境分類資料庫的建立。

1.3 國內外有關本計畫之研究情況

1.3.1 ISO 大氣腐蝕測試規範與標準

1. ISO 大氣腐蝕環境分類

大氣腐蝕測試工作有系統之進行，最早可溯及美國ASTM的D-1

及A-1兩委員會自1906年起分別測試塗料塗裝及金屬被覆之鋼鐵產品，自此開始美國便陸續展開數個二十年計畫分別測試當時最新產品的大氣腐蝕耐蝕性及耐久性。國際標準化組織-ISO於1985年起於全球13國47處地點進行大氣腐蝕暴露試驗，根據這試驗工作成果，於1992年發佈ISO 9223^[1](大氣腐蝕性分類)、ISO 9224^[2](各腐蝕環境中腐蝕率指標值)、ISO 9225^[3](污染量量測方法)、及ISO 9226^[4](標準試片腐蝕率量測方法)四項標準規範，根據這四項規範，只要在欲工作地點從事一年期之標準試片腐蝕率量測或潤濕時間量測及總污染量量測，根據量測結果，即可定義該處的腐蝕環境區分，再根據對照表即可得到該腐蝕環境區分之腐蝕率指標值。換句話說，ISO 9223大氣腐蝕性分類標準是根據金屬標準試片在某環境中進行自然暴露試驗所得之腐蝕速率，或綜合某環境中大氣污染物濃度和金屬表面潤濕時間而進行分類，其中，潤濕時間(τ ，Time of Wetness)是以全年中溫度高於0 °C，相對濕度大於80%之小時數或百分比來區分，環境中大氣污染物濃度的嚴重性則是以SO₂沉積速率或濃度與氯化物(海鹽)沉積速率分別進行區分，之後，將環境之腐蝕性依污染量或最初第一年之腐蝕率大小，分為C1, C2, C3, C4與C5五個等級，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(mediaum)，C4表示腐蝕性高(high)，C5表示腐蝕性非常高(very high)。整體流程如圖1.1所示。

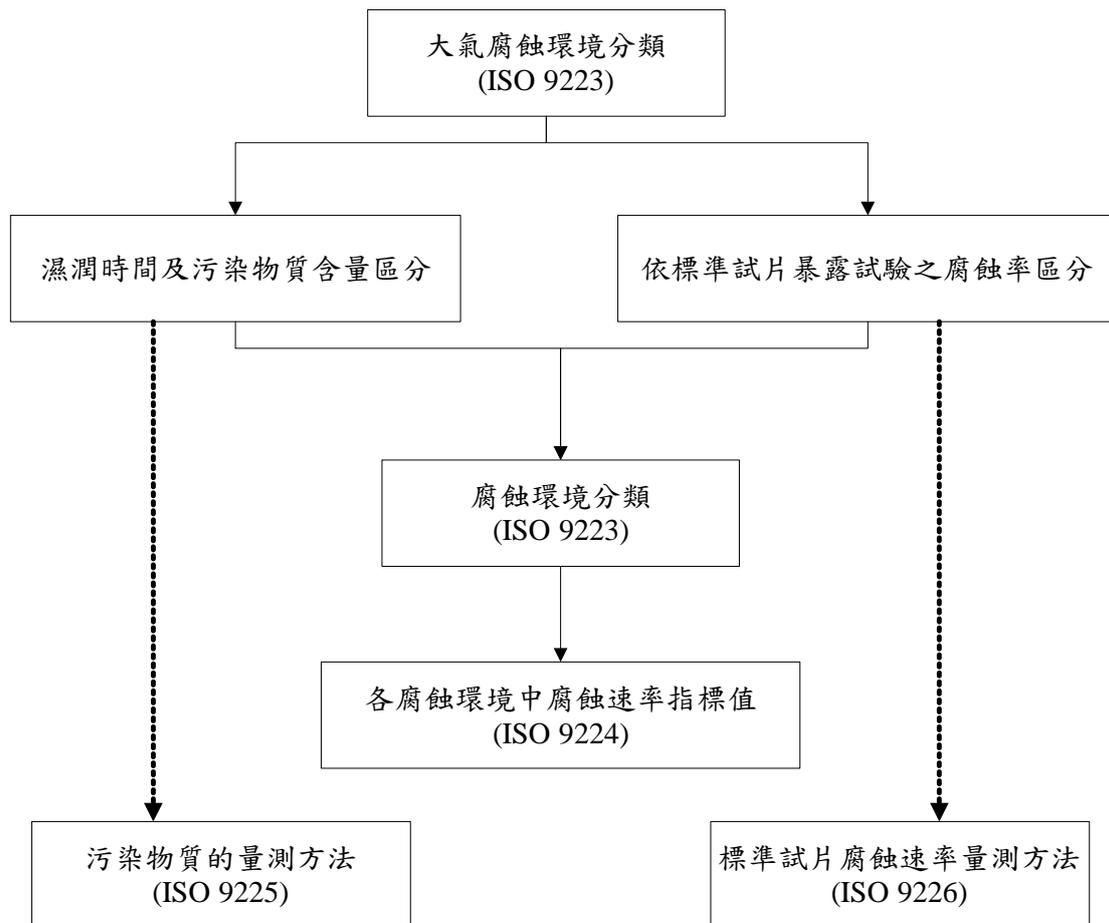


圖1.1 ISO大氣腐蝕環境分類

2. 中華民國國家標準- CNS 標準

有鑑於大氣腐蝕測試的重要，經濟部標準檢驗局於民國83年起依據國際標準化組織-ISO規範(ISO 9223、ISO9224、ISO 9225、ISO 9226、ISO8565^[5])，制定一系列之「金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性」國家(CNS)標準，包括CNS13401^[6]金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性之分類，CNS13753^[7]金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性(測定標準試片之腐蝕速率以評估腐蝕性)，CNS13754^[8]金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性(污染之測定)，CNS14122^[9]金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕-試片腐蝕生成物清除法，CNS14123^[10]金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕測試(現場測試之一般要求)等五項標準。其中針對大氣腐蝕劣化因子所須的環境資料，於CNS14123中規定，須具備氣溫(°C)、相對濕度(%)、

降雨量(mm/day)、日照幅射的時間及強度、二氧化硫沉積量(CNS 13754, mg/m²/day or mg/m³)、與只適用於海邊測試場地之氣鹽沉積速率(CNS 13754, mg/m²/day)等參數；其他因素，如降雨時間、濕潤時間、風速及風向、雨水pH值、氣體量及特殊的污染物等，皆可依測試條件的要求而加以蒐集量測。此外，在進行戶外暴露實驗時，因開始暴露的季節不同會造成腐蝕速率的不同，所以CNS14123中建議，長期或短期的暴露測試應在腐蝕速率最高的時期(如春、秋季)開始進行。

1.3.2 國內大氣腐蝕研究概況

臺灣地區從事大氣腐蝕試驗的眾多研究單位中以臺灣電力公司最早，自1971年起先後於金山、鹽寮、七美風力發電廠址等地進行兩年期的金屬材料及塗料塗裝耐蝕性基本資料調查。金屬工業研究所(目前已併入工業技術研究院)在1971年左右亦曾在彰濱一帶從事塗裝耐蝕性暴露試驗調查，惟資料已流失。工業技術研究院工業材料研究所自1983年起與臺灣電力公司合作也開始在林口、澎湖、陽明山、大屯山及其它多處地點從事1~5年不等的金屬材料及塗裝系統之暴露試驗。臺灣大學自1987年起與臺灣電力公司合作探討腐蝕因子與金屬腐蝕率之關係。中華電信研究所在1984年曾進行為期二年之暴露試驗，探討保安盒外殼中密度聚丁烯、及鍍鋅、鍍鋁、55% 鍍鋁鋅鋼絞線的耐久性耐蝕性。中國鋼鐵公司大約自1990年起配合鋼材開發需求，開始從事較有系統之鋼鐵材料大氣耐蝕性試驗，數據累積已有10年以上，但試驗地點偏少，尚難完全界定在各種腐蝕環境下之耐蝕性。中山科學研究院於1987~1990年在台北市各區利用A.C.I、M.C.I、I.C.I 等三種腐蝕指標試驗裝置，廣泛調查台北市各地大氣腐蝕類性變化，惟試驗佈放密度不足，無法得一理想之等位線圖，僅能依行政區劃分標示其腐蝕類型。綜合言之，1990年以前各單位從事現地大氣腐蝕暴露試驗的研究頗多，可惜無系統性的調查，數據多為定性或半定量，且多無三年以上的試驗數據，以致在試驗結果上整合困難，難以轉化成基本資料。

2001年，工業技術研究院材料與化工研究所受內政部營建署委託

執行「臺灣地區結構物腐蝕潛勢分區研擬」計畫，主要工作內容為協助規劃全國大氣腐蝕試驗(含試驗項目、試驗場址選擇等)，惟一年後因經費問題而未執行相關試驗工作。2004至2005年，工研院材化所協助臺灣高鐵公司進行高鐵沿線大氣腐蝕調查工作，評估熱浸鍍鋅鋼材與軌道碳鋼扣件之大氣腐蝕狀況並進行服務壽命計算；有別於現地大氣腐蝕暴露試驗，工研院材化所於計畫執行期間首次採用 ISO 9223環境因子分類方法，依據中央氣象局公佈之相對濕度資料、環保署公佈之SO₂濃度與過去各單位調查研究之氯離子沉積速率，進行臺灣本島大氣腐蝕環境分類，並比較過去現地暴露試驗之結果。惟估算時使用之氣象與空氣污染資料僅止於2000年，且無SO₂與氯鹽沉積量之實際量測數據，因此多數地區僅推估出一概括性的大氣腐蝕環境分類。2007年3月起迄今，工研院材化所執行交通部運研所港灣技術研究中心委託「臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究」計畫，針對臺灣全島地區進行大氣腐蝕劣化因子調查，建置氯鹽沉積量調查77個試驗點，二氧化硫沉積量調查54個試驗點，現地暴露試驗調查88個試驗點；目前已完成1年的調查與分析工作，探討季節與區域性之大氣腐蝕因子與金屬腐蝕速率變化的關係，並初步建立臺灣「本土化」之大氣腐蝕數據資料庫。2009年起，交通部運研所港灣技術研究中心除依循2007年建置的試驗方法持續在全國進行歷年的大氣腐蝕劣化因子調查與現地暴露試驗外，更規劃為期10年的長期現地暴露試驗，即結合中華民國防蝕工程學會、中華民國鋼構協會、成功大學、臺灣科技大學與民間產業公司，在臺灣、澎湖與金門等地建置14個大氣腐蝕試驗站，針對碳鋼、鋅、銅與鋁四種金屬進行長期的現地暴露試驗。2009年3月，工研院材化所執行交通部運研所港灣技術研究中心委託「構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究 (1/2)」計畫，除規劃臺中梧棲濱海地區、麥寮濱海與工業地區以及溪頭鄉村地區三處進行10年期的現地暴露試驗外，更依據國際標準組織ISO 12944規範，研擬有機塗裝防蝕規範草案，期能建立臺灣地區構造物腐蝕環境潛勢分析之完整數據資料庫及塗裝防蝕規範。

第二章 研究內容與方法

2.1 研究內容與工作項目

本計畫為期兩年，主要工作項目為進行長期大氣腐蝕速率研究與研擬有機塗裝防蝕規範草案，以提供構造物耐久性與防蝕設計的需要，完善臺灣地區構造物腐蝕環境分類資料庫的建立。本年度的工作項目如下：

1. 國內外大氣腐蝕文獻蒐集整理分析。
2. 現地金屬試片暴露試驗：持續三處具有腐蝕特性的地點，依據 ISO 9223 之試片，實施 10 年期之現地暴露試驗，評估其長期腐蝕速率並驗證其與 ISO 9224 之適用性。
3. 資料蒐集與分析：依據現地取樣與試驗調查結果，進行第二年試驗之腐蝕分析探討。
4. 大氣腐蝕因子資料庫維護：將本年度各項研究成果，持續增建或修正於港研中心之大氣腐蝕因子資料庫內，且測點資料需可應用 Google Map 網路工具顯示。
5. 無機塗裝防蝕規範草案研擬：依據 NACE No. 12/AWS C2.23M/SSPC-CS 23.00 或 ISO 相關規範，研擬無機塗裝熱噴覆防蝕規範草案。
6. 港灣構造物陰極防蝕準則草案增修：檢討港灣構造物陰極防蝕準則草案之現有內容，增修近年來國外新開發之陰極防蝕工法或材料，及檢討草案之完整性。

2.2 研究方法及進行步驟

計畫作業流程圖如圖 2.1 所示。

2.2.1 國內外大氣腐蝕文獻蒐集整理分析

本年度將持續蒐集國內外大氣腐蝕測試與塗裝防蝕系統之相關規範與文獻(包括 ISO 與 NACE International 等)，整理分析相關要點。

2.2.2 現地金屬試片暴露試驗

1. 金屬試片

- (1)試片種類：碳鋼、鋅、銅、鋁四種金屬，各金屬成份依據 CNS 13753 (ISO 9226)規範準備，即 1)碳鋼：非合金碳鋼(Cu=0.03~0.10%, P < 0.07%)，2)鋅：98.5%以上之純度，3)銅：99.5%以上之純度，4)鋁：99.5%以上之純度。
- (2)試片尺寸：依據 ASTM G 50-76，長度 150 mm、寬度 100 mm、厚度 5 mm 的試片。
- (3)試驗期程：10 年。
- (4)取樣頻率：6 次，即第 1、2、3、5、8、10 年每年一次。
- (5)試片數量：以重量損失法進行腐蝕速率量測，每一試驗點各金屬各需 24 片試片(每次取樣 3 片，重複取樣 6 次，5 片備用，1 片為對照)，共 96 片試片。
- (6)試驗地點：選擇足以代表本島不同腐蝕環境之區域，如腐蝕嚴重的鹽害區、工業區，以及腐蝕較輕微的鄉村區(對照組)等 3 處。鹽害區原選定為臺中火力電廠，但於 2009 年 6 月 24 日更改至交通部運研所港灣技術研究中心(梧棲)設置，工業區選擇兼具鹽害影響的麥寮工業區，而鄉村區則為溪頭森林區。
- (7)大氣暴露試驗架設置：大氣暴露試驗架依據 ASTM G50-76 標規範設置；試驗架離地距離大於 760 mm，試片設置角度與垂直面成 30° 角且面向南方，試片固定座採用絕緣材料。

2. 腐蝕速率計算

碳鋼、鋅、鋁、銅四種金屬試片之大氣腐蝕速率量測將依據 CNS 14122 (ISO 8407) 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕-試片腐蝕生成物清除法，以適當的清洗方式除去試片表面腐蝕生成物，量測其重量損失，並依金屬材料的暴露時間，計算其大氣腐蝕速率。腐蝕速率 R_{cor} 單位是以 $\mu\text{m}/\text{y}$ 表示，計算公式如下：

$$R_{cor} = \Delta m / (A \cdot \rho \cdot t) \dots\dots\dots (2-1)$$

式中， Δm =質量損失(g)

A =試片暴露面積(m^2)

t =暴露時間(year)

ρ =金屬材料之密度(g/cm^3)，各種金屬之密度值如下

鋼=7.86 g/cm^3

鋅=7.14 g/cm^3

銅=8.96 g/cm^3

鋁=2.70 g/cm^3

2.2.3 資料蒐集與分析

依據現地取樣與試驗調查結果，進行第二年試驗之腐蝕數據分析探討。

2.2.4 大氣腐蝕因子資料庫維護

結構材料大氣腐蝕是結構物工程設計的重要參考數據，本研究團隊在2007年至2009年執行「臺灣地區大氣腐蝕劣化因數調查研究」計畫期間已建立大氣腐蝕因子資料庫，架構如下：

1. 關於本計畫：主要是介紹本計畫的背景，使用的規範、大氣腐蝕環境分類的量測方法。另外亦說明試片材料的選取製作及試片取樣頻率。

2. 國內資料蒐集分析：主要是由氣象局與環保署之氣象資料與空氣監測資料為主，透過專業的分析判斷，以盒鬚圖的方式呈現，讓使用者可以快速的了解臺灣過去 10 年的氣象與空氣概況。
3. 現地試驗資料：包括季節性與一年期之腐蝕因子如濕潤時間、氯鹽沉積速率與二氧化硫沉積速率，以及碳鋼、鋅、銅、鋁金屬之腐蝕速率分析比較。
4. 專家數據庫：此為會員專區，須輸入帳號跟密碼，才可進入該系統。將分析結果以圖資方式配合臺灣地圖導入，提供設計與維護管理人員快速查詢的功能，以擷取所需之本土化資訊。

因2009年資料庫完成的管理介面中，對於數據資料之後端管理介面已經具備雛形，但在前端部分的資料呈現，仍維持2008年設計的方式，此方式雖能提供資料顯示，但呈現的方式較為分散；且根據靜態的臺灣地圖圖片標示出監測點的位置，若無動態縮放的功能，會使密集的監測點無法有效地呈現，且監測點附近的地貌以及地區狀況亦無法有效展示。故本年度資料庫的發展目標，除依據本年度的研究成果，增建或修正已建立之大氣腐蝕因子資料庫外，並發展使用目前全球網路風行之Google Map，使大氣腐蝕系統資料庫得與Google Map工具有效整合，進而可將資料庫數據有效地呈現於使用者面前。

2.2.5 無機塗裝防蝕規範草案研擬

依據 NACE No. 12/AWS C2.23M/SSPC-CS 23.00^[11]與 ISO 熱噴覆相關規範研擬無機塗裝熱噴覆防蝕規範草案。NACE No. 12/AWS C2.23M /SSPC-CS 23.00 之規範之主要內容包括：

1. General
2. Referenced Documents
3. Definitions
4. Summary of Practice
5. Surface Finish Requirements

6. TSC Requirements
7. TSC Application Procedure
8. TSC Application
9. Application of Sealers and Topcoats
10. Records
11. Debris Containment and Control
12. Work Procedures and Safety
13. Documentation
14. Contract Pre-Award Evaluation, Demonstration, and Validation
15. TSC Applicator Warranty

ISO熱噴覆相關規範包括：

1. ISO 2063:2005^[12], Thermal spraying- Metallic and other inorganic coatings- Zinc, aluminium and their alloys.
2. ISO 14922-1:1999^[13], Thermal spraying- Quality requirements of thermally sprayed structures- Part 1: Guidance for selection and use.
3. ISO 14922-2:1999^[14], Thermal spraying- Quality requirements of thermally sprayed structures- Part 2: Comprehensive quality requirements.
4. ISO 14922-3:1999^[15], Thermal spraying- Quality requirements of thermally sprayed structures- Part 3: Standard quality requirements.
5. ISO 14922-4:1999^[16], Thermal spraying- Quality requirements of thermally sprayed structures- Part 4: Elementary quality requirements.

2.2.6 港灣構造物陰極防蝕準則草案增修

檢討港灣構造物陰極防蝕準則草案之現有內容，增修近年來國外新開發之陰極防蝕工法或材料，並檢討草案之完整性。

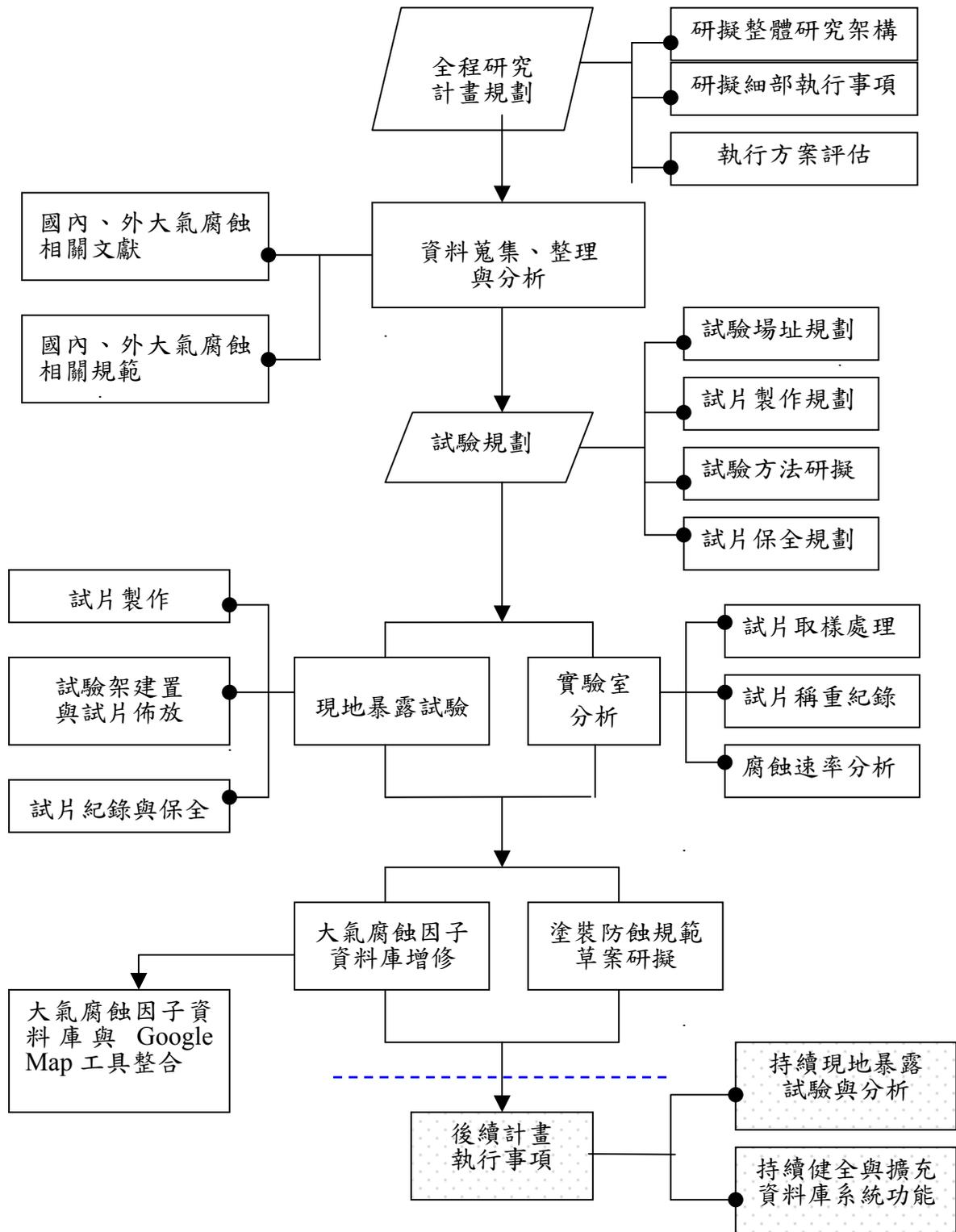


圖 2.1 計畫作業流程圖

第三章 文獻回顧

3.1 「構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究 (1/2)」研究成果

3.1.1 現地金屬試片暴露試驗

金屬的腐蝕速率在初期暴露時最大，隨後會逐漸下降而最終到達一穩定值；表 3-1 即為 CNS 13401 規範中以各金屬最初第一年之腐蝕速率來區分腐蝕環境，表中除鋁金屬外，碳鋼、鋅、銅金屬的腐蝕速率單位均可以 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 表示；主要原因是因碳鋼、鋅、銅金屬在大氣環境中的腐蝕現象為均勻腐蝕，但鋁金屬則為局部腐蝕，所以鋼、鋅、銅金屬的腐蝕速率可以 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 表示，但鋁的腐蝕速率須以 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 表示。現地暴露一年期之各金屬試片的腐蝕速率計算結果如表 3-2 所示。

檢視表中的數據，碳鋼試片在麥寮工業區的腐蝕速率有一片為 $115.58 \mu\text{m}/\text{yr}$ ，與同一位址其他試片的腐蝕速率($72.39\mu\text{m}/\text{yr}$ 與 $72.71 \mu\text{m}/\text{yr}$)相較有異常的現象，因此 2009.11.19 於現場再收取另一片試片進行腐蝕速率量測，其值為 $79.93 \mu\text{m}/\text{yr}$ ，與兩片試片量測所得之 $72.39\mu\text{m}/\text{yr}$ 與 $72.71 \mu\text{m}/\text{yr}$ 相近。檢視先前腐蝕速率量測為 $115.58 \mu\text{m}/\text{yr}$ 的試片，發現該試片邊緣局部有被敲擊的現象，推論應是在試片收取時，為鬆脫試片而以鐵鎚敲打，以致試片有所損傷而造成腐蝕速率計算異常。日後收取試片時，將避免類似情形發生。若剔除異常數據，98 年度麥寮試驗場址碳鋼的平均腐蝕速率為 $75.01 \mu\text{m}/\text{yr}$ 。

綜言之，碳鋼金屬在麥寮工業區、溪頭森林區與梧棲港研中心一年的平均腐蝕速率分別約為 $75.01 \mu\text{m}/\text{yr}$ 、 $14.72 \mu\text{m}/\text{yr}$ 與 $105.32 \mu\text{m}/\text{yr}$ ；鋅金屬的平均腐蝕速率分別約為 $4.91 \mu\text{m}/\text{yr}$ 、 $1.76 \mu\text{m}/\text{yr}$ 與 $9.03 \mu\text{m}/\text{yr}$ ；鋁金屬的平均腐蝕速率分別約為 $7.96 \text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 、 $3.88 \text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 與 $7.43 \text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ ；而銅金屬的平均腐蝕速率在麥寮工業區與溪頭森林區分別約為 $5.55 \mu\text{m}/\text{yr}$ 與 $1.16 \mu\text{m}/\text{yr}$ 。換句話說，依據 ISO 9223，在腐蝕嚴重的麥寮工業區，碳鋼、鋅、銅、鋁之大氣腐蝕環境分類分別為 C4、C5、

C5、C5；臺中火力電廠與梧棲港研中心鹽害區之碳鋼、鋅、鋁大氣腐蝕環境分類分別為 C5、C5+(腐蝕速率超過 ISO 9223 中 C5 等級所定義之腐蝕速率)、C5；至於鄉村的溪頭森林區，碳鋼、鋅、銅、鋁之大氣腐蝕環境分類則分別為 C2、C3、C3、C4。各金屬之大氣腐蝕環境分類結果如表 3-2 所示。

表 3-1 大氣腐蝕環境分類-以各種標準金屬最初第一年之腐蝕速率區分

腐蝕性 分類	腐蝕速率 (γ_{corr})				
	單位	碳鋼	鋅	銅	鋁
C1	g/m ² /yr μm/yr	$\gamma_{\text{corr}} \leq 10$ $\gamma_{\text{corr}} \leq 1.3$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 0.7$ $\gamma_{\text{corr}} \leq 0.1$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 0.9$ $\gamma_{\text{corr}} \leq 0.1$	可忽視 —
C2	g/ m ² /yr μm/yr	$10 < \gamma_{\text{corr}} \leq 200$ $1.3 < \gamma_{\text{corr}} \leq 25$	$0.7 < \gamma_{\text{corr}} \leq 5$ $0.1 < \gamma_{\text{corr}} \leq 0.7$	$0.9 < \gamma_{\text{corr}} \leq 5$ $0.1 < \gamma_{\text{corr}} \leq 0.6$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 0.6$ —
C3	g/ m ² /yr μm/yr	$200 < \gamma_{\text{corr}} \leq 400$ $25 < \gamma_{\text{corr}} \leq 50$	$5 < \gamma_{\text{corr}} \leq 15$ $0.7 < \gamma_{\text{corr}} \leq 2.1$	$5 < \gamma_{\text{corr}} \leq 12$ $0.6 < \gamma_{\text{corr}} \leq 1.3$	$0.6 < \gamma_{\text{corr}} \leq 2$ —
C4	g/ m ² /yr μm/yr	$400 < \gamma_{\text{corr}} \leq 650$ $50 < \gamma_{\text{corr}} \leq 80$	$15 < \gamma_{\text{corr}} \leq 30$ $2.1 < \gamma_{\text{corr}} \leq 4.2$	$12 < \gamma_{\text{corr}} \leq 25$ $1.3 < \gamma_{\text{corr}} \leq 2.8$	$2 < \gamma_{\text{corr}} \leq 5$ —
C5	g/ m ² /yr μm/yr	$650 < \gamma_{\text{corr}} \leq 1500$ $80 < \gamma_{\text{corr}} \leq 200$	$30 < \gamma_{\text{corr}} \leq 60$ $4.2 < \gamma_{\text{corr}} \leq 8.4$	$25 < \gamma_{\text{corr}} \leq 50$ $2.8 < \gamma_{\text{corr}} \leq 5.6$	$5 < \gamma_{\text{corr}} \leq 10$ —

資料來源：CNS 13401 (ISO 9223)

表 3-2 暴露一年期各金屬之腐蝕速率與腐蝕環境分類

佈放地點	碳鋼			鋅		
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類
麥寮工業區 120o13'23.2" 23o 48'18.9"	72.39	75.01 (剔除異常數據 115.58)	C4	4.69	4.91	C5
	115.58			5.18		
	72.71			4.87		
	79.93					
溪頭 120o 48'10" 23o 40'22"	15.38	14.72	C2	1.56	1.76	C3
	14.04			1.89		
	14.73			1.83		
港研中心 120o 31'46.4" 24o 16'15.2"	107.19	105.32	C5	8.07	9.03	C5+
	103.76			10.13		
	105.00			8.90		
佈放地點	銅			鋁		
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (g/m ² /yr)	ISO 9223 腐蝕性分類
麥寮工業區 120o13'23.2" 23o 48'18.9"	5.39	5.55	C5	8.29	7.96	C5
	5.36			7.96		
	5.90			7.63		
溪頭 120o 48'10" 23o 40'22"	1.18	1.16	C3	2.66	3.88	C4
	1.07			3.33		
	1.23			5.66		
港研中心 120o 31'46.4" 24o 16'15.2"	-	-	-	4.73	7.43	C5
	-			8.44		
	-			9.11		

註：-表示試片遺失，重新佈放試片之暴露時間未滿一年

C5+表示腐蝕速率超過 ISO 9223 中 C5 等級所定義之腐蝕速率

3.1.2 有機塗裝防蝕規範草案研擬

有機塗裝防蝕規範草案研擬為依據國際標準組織 ISO 12944 規範研擬，ISO 12944 「塗料與清漆－鋼構造物防蝕塗料系統」^[17]中總共包括以下部分內容：

第一部分 總則

第二部分 環境分類

第三部分 設計考量

第四部分 表面類型及表面處理

第五部分 保護塗料系統

第六部分 實驗室性能測試方法

第七部分 塗裝工程的施作與管理

第八部分 新建與維護作業說明書之制定

1. ISO 12944-1，總則

ISO 12944 規範的第一部分為總則，介紹規範涵蓋的範圍、技術術語的定義、一般考慮與需求以及 ISO 12944 其他部份有關健康、安全與環境保護的資訊。塗裝系統適用於新建與既建鋼構造物，鋼構造物僅限於碳鋼或低合金鋼製造的構造物，功能僅針對腐蝕防治，不包含微生物、化學品、機械作用與火災影響的控制。一般而言，塗裝系統的種類為在環境溫度下乾燥和固化的塗料，但不包括粉末塗料，烘乾磁漆、熱固化塗料、乾膜厚度超過 2 mm 的塗層等、儲槽內襯以及表面化學處理的產品。值得注意的是，塗料系統的耐久性在 ISO 12944 規範中的定義為完工後到第一次維護要求的時間，可分為短期：2~5 年，中期：5~15 年與長期：15 年以上；而塗層的失效檢查與評估則是參考 ISO 4628-1 至 ISO 4628-5 來執行。

2. ISO 12944-2，環境分類

ISO 12944 第 2 部分介紹腐蝕環境的分類，僅針對碳鋼與鋅金屬在大氣中以最初第一年之腐蝕率大小，區分為 C1, C2, C3, C4, C5-I, C5-M 六個等級，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-I 表示工業環境腐蝕性非常高(very high)，C5-M 表示海洋環境腐蝕性非常高(very high)。腐蝕環境分類於 ISO 9223 分為 C1-C5 五個等級，ISO 12944-2 分為 C1, C2, C3, C4, C5M 與 C5-I 六個等級，兩個規範中針對碳鋼、鋅、銅、鋁金屬於各等級內(C1-C5)的腐蝕速率完全相同，只是在 ISO 12944-2 中又針對碳鋼與鋅兩種金屬在 C5 等級中分為海洋環境 C5-M 與工業環境 C5-I，且 C5-M 與 C5-I 的腐蝕速率與 ISO 9223 中的 C5 完全相同。

此外，亦針對各腐蝕環境等級的區分介紹室內與室外環境，並給予定性的描述。而針對水與土壤環境的構造物，則以 Im1 表示淡水環境，Im2 表示海水或河海交界環境，Im3 表示土壤環境。

3. ISO 12944-3，設計考量

ISO 12944 的第三部分為針對鋼結構構件的開口、間隙和裂縫、邊緣、焊縫等能夠達到理想的防蝕效果提出適當的設計考慮，並例舉適當與不適當的例子，利用圖例的方式說明結構元件和這些參數在塗料系統進行表面處理、塗漆、檢查和維修時容易產生的問題與保護方法；另外亦強調在設計階段時應考慮鋼結構在搬運、運輸與豎立的方式。

4. ISO 12944-4，表面類型及表面處理

ISO 12944 的第四部分介紹被保護鋼結構物底材表面的類型與表面處理的方法(如機械、化學和熱處理)，包括表面處理級別、表面粗糙度、處理表面評定、鋼材的臨時保護、臨時或局部保護鋼材之

表面處理、熱浸鍍鋅或電鍍鋅層的表面處理、金屬熱噴覆層的表面處理、其他塗層的表面處理以及影響環境因素等。此外，在噴砂、動力和手工工具處理等級方面，亦將 ISO 8501-1 與 NACE/SSPC 進行比較。

5. ISO 12944-5，保護塗料系統

進行塗料系統設計時，必須考量結構物所處的腐蝕環境(ISO 12944-2)，是屬於新建結構物還是既建建結構物。ISO 12944-5 中針對使用塗料的種類有詳細的定義，附錄 A 表格 1-8 詳述在不同腐蝕環境(C2, C3, C4, C5-I, C5-M)塗裝系統選擇的建議，即根據粘結劑、primer 顏料、塗裝次數、乾膜厚度等參數，選擇配合使用的底漆、中間漆和面漆，進而構成所須的塗裝系統。2007 年已有更新的修正版。

6. ISO 12944-6，實驗室性能測試方法

保護塗裝系統的性能需要在試驗室內進行測試評估後方能在鋼結構物上使用，尤其是鮮少使用經驗的塗裝系統。ISO 12944 第六部分包括了裸鋼與鍍鋅鋼材的塗裝系統測試，即在不同的大氣腐蝕環境和浸水環境(淡水、鹽水和海水)中，以 ISO 2812-1 化學品測試，ISO 2812-2 耐水浸泡試驗，ISO 6270 耐冷凝試驗與 ISO 7253 中性鹽霧試驗等方法進行；但對於水性塗料的性能，因須要使用循環試驗，並不包括在 ISO 12944-6 中。

7. ISO 12944-7，塗裝工程的施作與管理

本部分描述塗裝工作是如何在工廠和現場進行，以及施工前塗料的搬運和貯存、塗料的施工方法、施工中的檢查與塗料系統的驗收等。

8. ISO 12944-8，新建與維護作業說明書之制定

ISO 12944-8 介紹如何進行塗裝保護工作的規格書，討論鋼構防蝕在新建和維修時所須考慮的因素，有系統的介紹專案規格書、塗料系統規格書、塗裝規格書和檢查測試規格書，並在附錄中列舉參考、檢查以及有助於工作的表格樣式。

3.2 金屬熱噴覆

金屬熱噴覆是利用不同的熱源，如火焰、電弧或電漿等，將金屬粉末、線材或棒材熔融，再以熱源本身的速度或高壓空氣將熔融金屬加速，撞擊至基材表面凝固而形成保護膜。基材的種類可以為金屬、混凝土、碳化物、陶瓷、塑膠、複合材料或高分子材料等。其發展及應用的過程如下：

- 1909 年瑞士 Schoop 發明熱噴覆技術並應用於工藝品製造。
- 1921 年發展出電弧式金屬熱噴覆。
- 1922 年將金屬熱噴覆應用至防蝕工程。
- 1962 年日本導入電漿(Plasma)熱噴覆。
- 1970 年代美國鋼鐵橋梁開始使用鋅鋁熱噴覆進行防蝕保護。
- 1977 年英國將鋅鋁熔設技術列入 British Standard Institute Code of Practice。
- 1989 年 FDOT 使用鋅熱噴覆進行鋼筋混凝土結構陰極保護。
- 1993 年，美國焊接學會 (American Welding Society) 制定 ANSI/AWS C2.18-93，規範鋅熱噴覆、鋁熱噴覆或鋅鋁熱噴覆之工與檢驗標準。

3.2.1 金屬熱噴覆方法

1. 火焰熱噴覆：

火焰熱噴覆是利用可燃性氣體與氧氣混合燃燒所產生的熱量作為金屬熔融的熱源，再利用壓縮空氣高速將熔融金屬噴塗至基材表面；熱噴覆材料的型式有熔線式與粉末式。一般而言，火焰熱噴覆熔融金屬的顆粒速度較低，熱噴覆層中多含有 10% 以上的氣孔，以致噴塗物與基材間的鍵結強度較低。

2. 電弧熱噴覆：

電弧熱噴覆不需要燃燒氣體的供應，乃是在兩條分別為正、負極的金屬線材上給予不同之電位，利用兩極間的電位差產生電弧而溶解金屬，再利用高壓空氣將熔融金屬霧化、被覆至基材表面。通常正負兩極所使用的線材為相同材料、尺寸之金屬線材；若適當地調整線材的輸送速率，亦可使用不同材料的正、負電極，經電弧熱噴覆而形成複合熱噴覆層(如鋅鋁熱噴覆層)。與火焰熱噴覆相較，電弧熱源具有較高的熱量，噴塗物與基材間有較強的附著力。

3. 高速火焰熱噴覆(High Velocity of Oxy-Fuel, HVOF)：

其原理為先將氧氣與可燃性氣體如丙烯、氫氣或天然氣以適當的比例混合，在水冷式熱噴覆槍內藉著爆燃的方式產生高壓火焰並將金屬粉末熔融傳送，撞擊至基材表面產生壓力而形成高密度的熱噴覆層。

4. 電漿熱噴覆：

電漿熱噴覆層形成的步驟為(1)利用高週波脈衝點火，再以低壓、高直流電流在鎢陰極以及銅陽極間產生瞬間溫度 30000 oC 之電弧，(2)流經電弧的氣體如 Ar、He 或 H₂ 被離子化而產生電漿火焰，(3)金屬粉末經送粉機送入電漿火焰中使其成為熔融狀態，(4)電漿火焰將熔融的粉末被覆至基材表面冷卻、凝固。電漿熱噴覆的特點為其可利用不同比例之電漿氣體混合，造成不同熱焓量的電漿火焰，因此針對不同熔點的金屬或陶瓷，可任意調整電漿火焰溫度來達成

適當的粉末熔融狀態，避免粉末過熔或未熔而導至覆著效率過低或覆膜性質不良等缺點，但其設備成本較高。

3.2.2 金屬熱噴覆在防蝕工程上的應用

金屬熱噴覆在防蝕工程上的應用上可分為鋼鐵結構與鋼筋混凝土結構，鋼鐵結構的防蝕原理是應用熱噴覆層之陰極保護或/與阻絕腐蝕因子入侵的特性來進行基材保護，而鋼筋混凝土結構則是應用混凝土表面的熱噴覆層進行陰極保護。1995 年，美國統計金屬熱噴覆在防蝕工程上的應用^[18]，如表 3-3 與表 3-4 所示。針對鋼結構金屬熱噴覆之應用，概述如下：

1. 金屬熱噴覆防蝕機理

早至 1920 年代起，熱噴覆技術已被應用於各式鋼結構物的防蝕處理，至今，主要的熱噴覆材料有鋅、鋁與鋅鋁合金等，其防蝕機理為：

- (1) 鋅熱噴覆：鋅的電化學活性較高，在鋼材表面形成犧牲陽極，當腐蝕進行時，披覆在鋼材上的鋅會先腐蝕以保護基材，即所謂之陰極保護。
- (2) 鋁熱噴覆：鋁熱噴覆層的防蝕性來自於鋁表面所形成緻密的氧化膜，此氧化膜可以阻絕腐蝕因子的侵入，而達到長期防蝕的效果。
- (3) 鋅鋁熱噴覆：鋅鋁熱噴覆層兼具鋅熱噴覆層與鋁熱噴覆層的優點，即不僅鋅形成犧牲陽極以保護基材，並且鋁可形成氧化膜，阻絕腐蝕因子的入侵。通常商業用的鋅鋁合金組成常為 95%鋅+5%鋁(重量比)、55%鋅+45%鋁及 85%鋅+15%鋁，但由於 95/5 的鋅鋁合金特性與純鋅相似，文獻報告多以 85/15 鋅鋁為主要研究對象。

2. 金屬熱噴覆施工與檢驗

金屬熱噴覆防蝕施工分為表面處理、熱噴覆、封孔處理等三個步驟，其作業流程如圖 3.1 所示。根據 1993 年美國焊接學會(American Welding Society)制定 ANSI/AWS C2.18-93, “Guide for the Protection of Steel with Thermal Sprayed Coatings of Aluminum and Zinc and Their Alloys and Composites^[19]”，已規範了鋅熱噴覆、鋁熱噴覆或鋅鋁熱噴覆的施工與檢驗標準；2003 年，該規範再修定為 NACE No. 12/ AWS C2.23M/ SSPC-CS 23.00 之聯合規範，”Specification for the application of thermal spray coatings (metallizing) of aluminum, zinc, and their alloys and composites for the corrosion protection of steel^[11]”，其相關檢測標準概述如下：

- (1) 基材表面處理：由於熱噴覆層是以機械鍵結方式附著於基材表面，因此鋼構之表面處理為金屬熱噴覆防蝕施工中最關鍵的一環；即基材表面不得有油污或異物，必需使用高硬度之噴砂材料，如含矽少於 1 % 的銅砂或氧化鋁砂(copper slag or Al₂O₃)進行噴砂處理。基材表面清潔度至少需符合 SSPC-SP10 (Near-white metal blast cleaning) 標準，且粗糙度為 2.5~4 mils (63~102 μ m)，檢測依據為 ASTM D4417。此外，噴砂的高壓空氣亦不得含有油污、油脂、污物、水氣，空氣清潔度之檢驗依據為 ASTM D4285。
- (2) 熱噴覆環境：噴塗表面的鋼構與大氣的溫差不可超過 3°C，且相對濕度超過 85 % 時會產生露點效應，應禁止施工。若表層已生銹或噴砂已超過 6 小時，則不可進行熱噴覆。
- (3) 熱噴覆層厚度與附著力檢驗：熱噴覆層厚度量測是以 3 m² 為單位，每 3 m² 內任何一處之 10 cm² 範圍量取 5 個數值，將其平均並記錄之；膜厚計的使用是依據 ASTM D1186，於鋼鐵基材上進行非破壞性厚度量測。熱噴覆層與基材間的附著力檢測則是依據 ASTM D4541 拉拔試驗或 ASTM C633 附著力試驗進行之。其中

ASTM C633 試驗要求之測試熱噴覆層厚度為 375~500 μm ，以避免試驗時膠水滲透至基材表面。

(4)樣品試片檢驗：為驗證現場施工品質，於現場製作熱噴覆試片(10 cm x 15cm x 0.3 cm)進行厚度測試(ASTM 1186)、附著力測試(ASTM 4541)與彎曲測試(mechanical bend testing)。彎曲測試之依據為 ANSI/AWS C2.18-93，主要目的為可相對檢驗施工品質，其測試方法為將 50 mm x 100 mm to 200 mm x 1.25 mm 的碳鋼試片，熱噴覆厚度 200~250 μm ，固定於直徑 13 mm 的彎板機滾軸上，慢慢施與壓力，將試片彎成 180 $^{\circ}$ 後取出，觀察試片表面龜裂情形。龜裂程度之判斷可以刀片分割塗層為細小方格，以膠帶黏上後撕開，檢查熱噴覆層有無剝落情形。龜裂狀況分為 3 種型態，第一種為 smooth surface，屬於理想狀況；第二種為 cracks，屬勉強可接受狀況；第三種為 disbonding delamination，即熱噴覆層有剝落，為不合格之狀況。

(5)封孔及表面塗裝：封孔處理的主要目的是使封孔劑滲入熱噴覆層的氣孔中，使熱噴覆層與封孔劑形成一複合皮膜，因此封孔劑應採流動性佳、滲透力強的樹脂，以隔絕鋼材與外界接觸。通常使用之封孔劑有環氧樹脂系，Silicone 樹脂系，PU 樹脂系等滲透性良好之封孔劑，以溶劑稀釋後使用。此外，為美化外觀、於嚴酷之腐蝕環境下保持長期的耐久性與在已劣化的熱噴覆構件上進行防蝕修補，熱噴覆封孔後再進行表面塗裝之複合防蝕工法，將會使防蝕效果更佳。

綜合以上敘述，常溫金屬熱噴覆施工與檢驗之參考規範如下：

- ASTM D1186-93：Standard Test Method for Nondestructive Measurement of Dry Thickness Nonmagnetic Coatings Applied to a Ferrous Base (Test Method B, Magnetic Flux Gages)

- ASTM D4285-83 : Standard Test Method for Indicating Oil or Water in Compressed Air
- ASTM D4417-93 : Standard Test Method for Field Measurement of Surface Profile of Blast Cleaned Steel
- ASTM D4541 : Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers
- ASTM C633-79 : Standard Test Method for Adhesion or Cohesive Strength of Flame-Sprayed Coatings
- SSPC-SP10 : Near-White Metal Blast Cleaning
- NACE TM-01-07 : Visual Standard for Surfaces of New Steel Air blast Cleaned with Sand Abrasive
- ISO 2063-1973 : Metallic coatings- Protection of iron and steel against corrosion – Metal spraying of zinc and aluminum
- ANSI/AWS C2.18-93 : Guide for the Protection of Steel with Thermal Sprayed Coatings of Aluminum and Zinc and Their Alloys and Composites

3. 金屬熱噴覆之防蝕年限

金屬熱噴覆可以提供鋼鐵材料於嚴苛腐蝕環境下長期的防蝕保護。根據美國焊接學會出版之「火焰熱噴覆層腐蝕測試-19 年研究報告^[20]」與美國 LaQue 防蝕中心所進行的「熱噴覆層於海洋環境 34 年性能評估報告」中指出，只有鋅與鋁熱噴覆可以提供鋼鐵於海洋環境下長期的防蝕保護，且其間無需維護。再者，Fischer^[21]等亦將鋼材於海洋環境下之熱噴覆防蝕研究歸納如表 3-5 所示。

一般而言，熱噴覆層的材料、厚度選擇與鋼結構物所在的環境

有關，鄉村地區可採用鋅熱噴覆，工業地區可採用鋁熱噴覆，而鋅鋁熱噴覆則兼具兩者的需求；英國國家標準 BS Standard 6593 及 2569 針對不同環境下之熱噴覆標準如表 3-6 所示。

3.2.3 ISO 2063 與 NACE No. 12 熱噴覆規範比較

ISO 2063 與 NACE No. 12/ AWS C2.23M/ SSPC-CS 23.00 均規範了熱噴覆的施工流程與檢驗標準，其間的差異敘述如下：

1. 基材表面處理：

ISO 2063 規定基材表面應處理至符合 EN ISO 8501-1 之 Sa3 (White metal) 白金屬表面；而 NACE No. 12 規定用於海洋環境和浸漬區時，應處理至 NACE No. 1/SSPC-SP 5/ Sa3 之白金屬表面，若應用於其他環境時應至少處理至 NACE No. 2/SSPC-SP 10/ Sa2-1/2 (Near-white metal) 近白金屬的表面。

2. 熱噴覆層厚度檢測：

ISO 2063 規定熱噴覆面積介於 $1\text{cm}^2 \sim 1\text{m}^2$ 範圍時，每一點的局部熱噴覆層膜厚是指在 1cm^2 面積內量測三點的平均數，如果組成的幾何形狀不允許前述的作法，則買賣雙方應協議同意以適當的參考試樣取代，並利用金屬結構學的或機械的平均方式測量，其試樣之熱噴覆層應在同時間、同條件下進行；但若熱噴覆面積大於 1m^2 範圍時，每一點的局部熱噴覆層膜厚是指在約 1dm^2 面積內量測十點的平均數。而 NACE No. 12 規定，熱噴覆施作面積的每 $10 \sim 20 \text{ m}^2$ ($100 \sim 200 \text{ ft}^2$) 必須進行一次直線檢查或區域量測，對於平坦的表面使用直線檢查，在檢查範圍內 ($10 \sim 20 \text{ m}^2$) 畫一條 5 inch 的直線，然後在此直線上每隔 1 inch 量測膜厚，共測 5 點，若其中有一點的膜厚未達要求標準，則該區域為不合格；對於複雜的幾何構件和幾何過度構件，應使用測量區域，測量區域的面積約為 10 m^2 (1.6 ft^2)，即在此區域內量測 5 點，若其中有一點的膜厚未達要求標準，則該

區域為不合格。

3. 附著力檢驗：

ISO 2063 規定熱噴覆層的附著力可以方格試驗與拉拔試驗進行，而 NACE No. 12 僅規定依照 ASTM D4541 標準進行拉拔試驗。

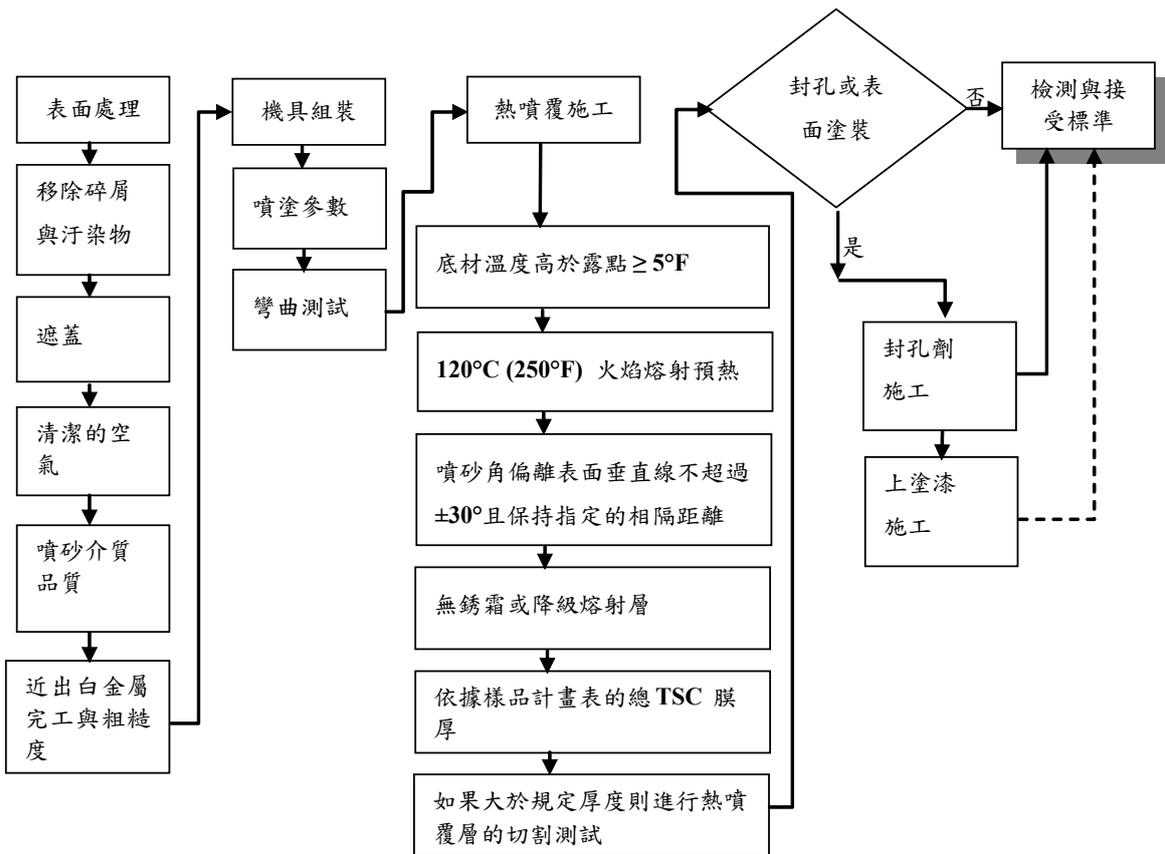


圖 3.1 鋼鐵結構金屬熱噴覆作業流程

表 3-3 金屬熱噴覆在防蝕工程上的應用-美國

結構物	使用單位
鋼構橋梁的樑結構	州交通局與聯邦公路總局
鋼筋混凝土停車場	市政府與私人公司
鋼筋混凝土橋梁之鋼筋	州交通局與聯邦公路總局
水庫、水門	軍方與水管理單位
鑽油平台	石油公司
水塔與水槽	市政府
港灣與碼頭結構	州交通局
火車與鐵路橋梁	鐵路公司
鋼鐵結構	建築物與工廠
蒸氣鍋爐	發電廠與造紙工廠

(資料來源：SSPC International Conference, 1995)

表 3-4 美國各州交通局使用金屬熱噴覆之案例

州名	結構物	熱噴覆層	功用	面積(≈ K ft ²)
維吉尼亞州(VA)	6 Steel 1 Concrete	Zn ³ Zn	腐蝕控制	35 1
俄亥俄州(OH)	3 Steel 3 Steel	Zn 85/15 Zn/Al	腐蝕控制	80
賓州(PA)	1 Steel	Zn	腐蝕控制	2
康乃迪克州(CT)	5 Steel	85/15 Zn/Al ³	腐蝕控制	80
佛羅里達州(FL)	6 Concrete	Zn (15-20 mil)	陰極保護	140
奧瑞岡州(OR)	3 Concrete	Zn ¹ (18-22 mil)	陰極保護	102 190 80
羅德島州(RI)		85/15 Zn/Al		4

註：1. 奧瑞岡州以外加電流式陰極保護進行。

2. 除奧瑞岡州外，各州以犧牲陽極式陰極保護進行。

3. 維吉尼亞州與康乃迪克州兩州還進行其他鋼構橋梁之金屬熱噴覆。

(資料來源：SSPC International Conference, 1995)

表 3-5 金屬熱噴覆在海洋環境之防蝕研究

環境	熱噴覆材料	厚度(μm)	防蝕年限	測試地點與單位
海洋大氣帶	Al	80 150	34	LaQue Center (Kure Beach, North Carolina, USA)
海洋大氣帶	Zn/Al Zn/Al	- -	15 25	距海岸 25m 處, LaQue Center 距海岸 250m 處, LaQue Center
海洋飛沫帶	Al	160	14.5	Tanager, Norway
海水浸漬區	Al	120	20~25	Soviet Union

(資料來源：Materials Performance, April, 1995)

表 3-6 英國 BS Standard 6593 及 2569 建議之熱噴覆防蝕

環境	熱噴覆規範	第一次再作補修之年限
不受污染之內陸	Zn 或 Al (150 μm)+封孔處理	20 年以上
受污染內陸	Zn 或 Al (150 μm)+封孔處理	20 年以上
不受污染之海岸地帶	Zn 或 Al (150 μm)+封孔處理	20 年以上
普通乾燥場所	Zn 或 Al (100 μm)	20 年以上
建築物內潮溼的地方	Zn 或 Al (100 μm)+封孔處理	20 年以上
淡水環境	Zn 或 Al (150 μm)+封孔處理	20 年以上
海水飛沫區	Zn (200 μm)或 Al (150 μm) +封孔處理	20 年以上

(資料來源：BS Standard 6593 & 2569)

第四章 現地金屬試片暴露試驗

4.1 金屬試片

依據 CNS 13753，量測大氣腐蝕速率的試片有兩種，一種為螺旋狀試片而另一種為板狀試片；為避免螺旋狀試片在長期(一年期以上)暴露後因腐蝕而消耗殆盡，今參考 ASTM G 50-76 “Standard Practice for Conducting Atmospheric Corrosion Tests on Metals” 規範製作板狀試片，藉以瞭解金屬長期(一年期以上)的腐蝕速率。試片準備如下：

1. 試片種類：碳鋼、鋅、銅、鋁四種金屬，各金屬成份依據 CNS 13753 (ISO 9226) 規範準備，即 1) 碳鋼：非合金碳鋼(Cu=0.03~0.10%, P < 0.07%)，2) 鋅：98.5%以上之純度，3) 銅：99.5%以上之純度，4) 鋁：99.5%以上之純度。
2. 試片尺寸：依據 ASTM G 50-76，長度 150 mm、寬度 100 mm、厚度 5 mm 的試片。
3. 試驗期程：10 年。
4. 取樣頻率：6 次，即第 1、2、3、5、8、10 年每年一次。
5. 試片數量：以重量損失法進行腐蝕速率量測，每一試驗點各金屬各須 24 片試片(每次取樣 3 片，重複取樣 6 次，5 片備用，1 片為對照)，共 96 片試片。
6. 試驗地點：選擇足以代表本島不同腐蝕環境之區域，如腐蝕嚴重的鹽害區、工業區，以及腐蝕較輕微的鄉村區(對照組)等 3 處。鹽害區選定為臺中火力電廠，工業區選擇兼具鹽害影響的麥寮工業區，而鄉村區則為溪頭森林區。
7. 大氣暴露試驗架設置：大氣暴露試驗架依據 ASTM G50-76 標規範設置；試驗架離地距離大於 760 mm，試片設置角度與垂直面成 30° 角且面向南方，試片固定座採用絕緣材料。

4.2 試片現場安裝

板狀試片現地暴露試驗於 2008 年 10 月中旬設置完成，相片如下：



臺中火力電廠



臺中火力電廠



麥寮工業區



麥寮工業區



溪頭森林區



溪頭森林區

在 2009 年 6 月 10 日赴現場檢視試驗時發現臺中火力電廠與麥寮工業區位址的試片有遺失的情況，即臺中火力電廠的銅片(24 片)全部遺失，鋁片遺失 1 片(編號#68)；麥寮工業區的銅片遺失 4 片(編號#01, #11, #12, #21)，鋁片遺失 2 片(編號#10, #21)，鋅片遺失 7 片(編號#11, #12, #13, #21, #22, #23, #24)；共計 38 片，遺失明細如表 4-1 所示。

表 4-1 現地暴露試驗 2009.06.10 試片遺失明細表

	碳鋼	鋅	銅	鋁
臺中火力電廠	0	0	24	1
麥寮工業區	0	7	4	2
溪頭森林區	0	0	0	0

有鑑於臺中火力電廠的試片遺失情況嚴重，因此決定將試驗場址由臺中火力電廠遷移至交通部運研所港灣技術研究中心(梧棲)設置，並將遺失的試片重新佈放，於 2009 年 6 月 24 日安裝完畢。

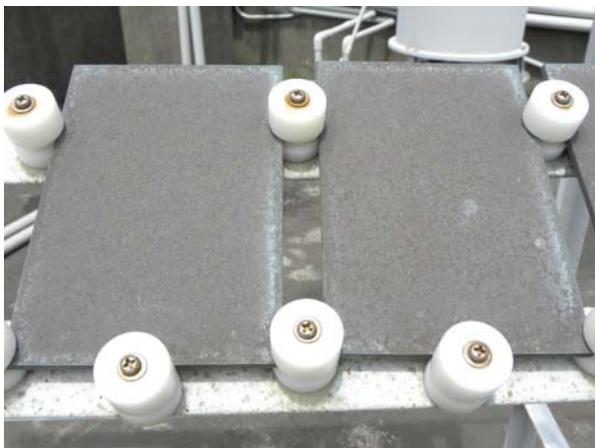
2009 年 9 月 28 日進行第一年取樣，2010 年 9 月 15 日進行第二年取樣，取樣後進行重量損失量測與腐蝕速率計算。第二年取樣時各試驗點之現場試片外觀如圖 4.1 至圖 4.3 所示。



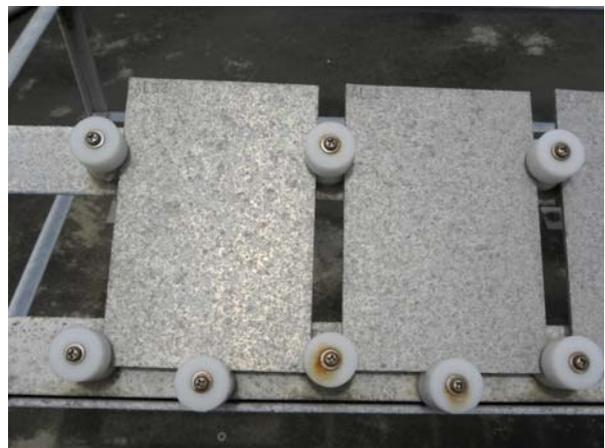
港灣技術研究中心銅、鋁材試片



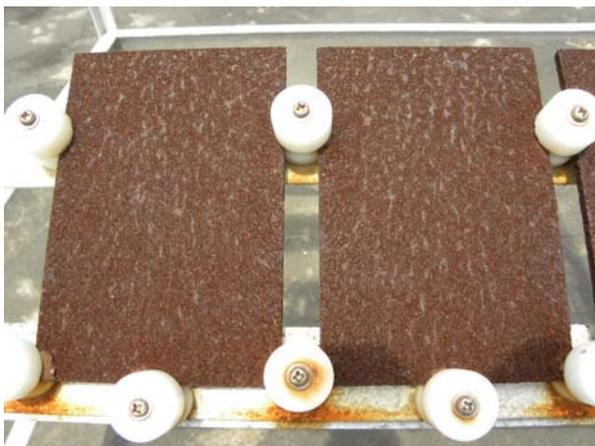
港灣技術研究中心鋅材、碳鋼試片



銅片-表面為棕色表面，邊緣有綠色粉末狀之腐蝕生成物



鋁片-表面為灰白與黑色點狀粉末之腐蝕生成物



碳鋼-呈暗紅色顆粒狀鬆散之腐蝕產物



鋅片-表面為白色粉末狀鬆散之腐蝕生成物

圖 4.1 2010 年 9 月 15 日港研究中心現場試片外觀，碳鋼、鋅、鋁暴露約 2 年，銅暴露約 1 年 3 個月



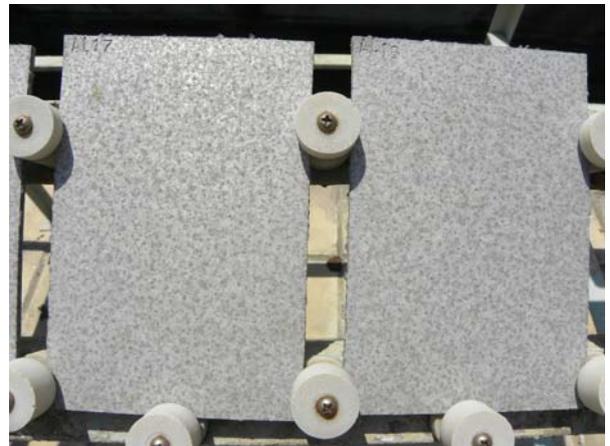
麥寮工業區銅、鋁材試片



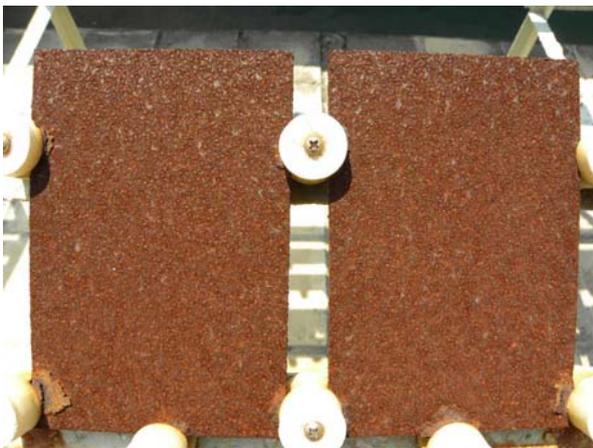
麥寮工業區鋅材、碳鋼試片



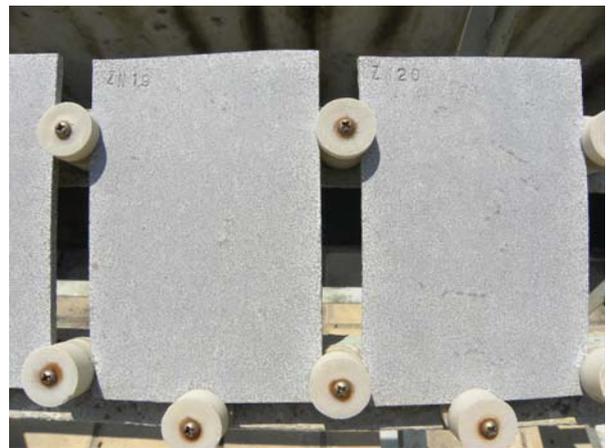
銅片-表面佈滿綠色粉末狀之腐蝕生成物



鋁片-表面為灰白色點狀粉末之腐蝕生成物



碳鋼-表面為暗紅色顆粒狀鬆散的腐蝕生成物，邊緣並有分層剝離的現象



鋅片-表面為白色粉末狀鬆散的腐蝕生成物

圖 4.2 2010 年 9 月 15 日麥寮工業區現場試片(暴露約 2 年)之外觀



溪頭森林區銅、鋁材試片



溪頭森林區鋅材、碳鋼試片



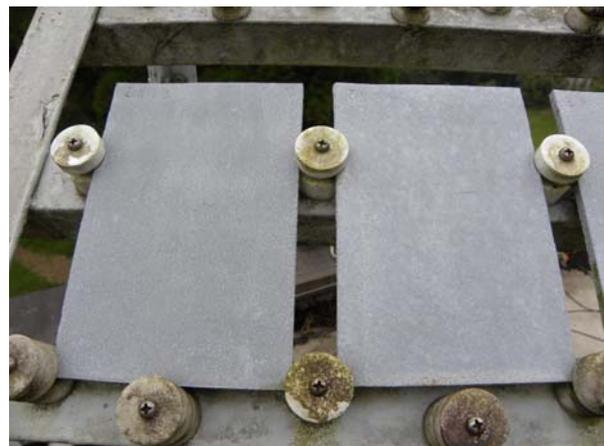
銅片-表面為黑灰色表面



鋁片-表面接近金屬色，有少部分白色點狀的腐蝕現象



碳鋼-表面呈暗紅色顆粒狀腐蝕產物



鋅片-表面為密實粗糙的表面

圖 4.3 2010 年 9 月 15 日溪頭森林區現場試片(暴露約 2 年)之外觀

4.3 試片腐蝕生成物清除與測試

各試驗點取樣後的試片均進行腐蝕速率量測。碳鋼、鋅、銅、鋁四種金屬試片之大氣腐蝕速率量測，依照 CNS 14122 (ISO 8407) 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕-試片腐蝕生成物清除法，以適當的清洗方式除去試片表面腐蝕生成物，量測其重量損失。為確保除去腐蝕生成物的化學清洗方法不會損壞底材金屬，先依照 CNS 14122 規範，使用腐蝕試片進行重複清洗，以制定檢量標準，作業流程如圖 4.4 所示。針對不同金屬，化學清洗法使用的化學藥品及各項條件如表 4-2 所示。

表 4-2 化學清洗使用的化學藥品及各項條件

材料	化學藥品	時間 (min)	溫度 (°C)	備註
碳鋼	以 500mL HCl ($\rho=1.19\text{g/mL}$) 與 3.5g 六甲基四胺 (Hexamethylene tetramine)，加入蒸餾水配成 1000mL	10	室溫 (23.5)	—
鋅	100g 氯化銨 (NH_4Cl)，加入蒸餾水配成 1000mL	2~5	70	—
銅	以 100mL 硫酸 (H_2SO_4 , $\rho=1.84\text{g/mL}$)，加蒸餾水至 1000mL	1~3	室溫 (23.5)	在處理之前，先移除表面的塊狀腐蝕生成物，可使銅的二次沉積產物量減到最少
鋁	硝酸 (HNO_3 , $\rho=1.42\text{g/mL}$)	1~5	室溫 (23.5)	去除額外之沉積物及塊狀之腐蝕生成物，以免造成基底金屬過度流失

各個試片浸泡之時間，碳鋼試片為 10 分鐘，鋅試片為 4 分鐘，銅試片為 2 分鐘，鋁試片為 6 分鐘。

大氣腐蝕試片- 腐蝕生成物清除法作業流程

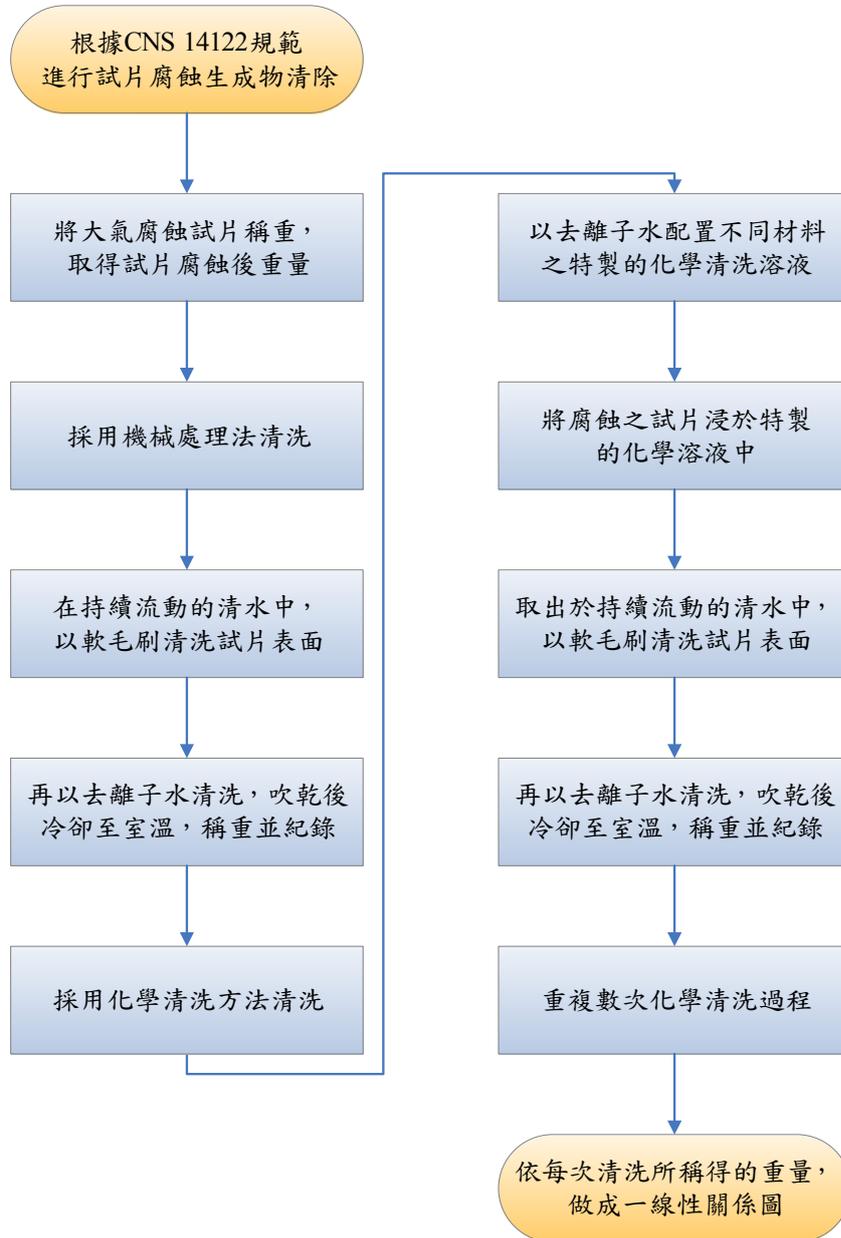


圖 4.4 腐蝕生成物清除法作業流程圖

4.4 腐蝕速率計算與調查結果比較

板狀試片的腐蝕速率(R_{corr})單位以 $\mu\text{m}/\text{y}$ 表示，計算公式如下：

$$R_{corr} = (\Delta m / A \cdot \rho \cdot t) \dots\dots\dots(4-1)$$

式中， Δm =質量損失(g)

A =試片暴露面積(m^2)

t =暴露時間，年(year)

ρ =金屬材料之密度 (g/cm^3)

板狀試片的腐蝕速率單位以 $\text{g}/\text{m}^2/\text{y}$ 表示，計算公式如下：

$$R_{corr} = \Delta m / (A \cdot t) \dots\dots\dots(4-2)$$

式中， Δm =質量損失(g)

A =試片表面積(m^2)

t =暴露時間，年(y)

表 4-3 為現地暴露一年期各金屬試片的腐蝕速率計算結果。表中除鋁金屬外，碳鋼、鋅、銅金屬的腐蝕速率單位均可以 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 表示；主要原因是因碳鋼、鋅、銅金屬在大氣環境中的腐蝕現象為均勻腐蝕，但鋁金屬則為局部腐蝕，所以鋼、鋅、銅金屬的腐蝕速率可以 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 表示，但鋁的腐蝕速率須以 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 表示。檢視表中數據，鋁金屬在溪頭試驗點的腐蝕速率在上一年度的報告中因計算錯誤而得到 $0.48 \text{ g}/\text{m}^2/\text{yr}$ ，但重新計算結果，正確的腐蝕速率應為 $3.88 \text{ g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 。依據 CNS 13401 規範(表 4-4)，以金屬最初第一年之腐蝕速率來進行腐蝕環境區分時，各試驗點金屬試片的腐蝕環境分類如下：

在腐蝕嚴重的麥寮工業區，碳鋼、鋅、銅、鋁之大氣腐蝕環境分類分別為 C4、C5、C5、C5；臺中火力電廠與梧棲港研中心鹽害區之碳鋼、鋅、銅、鋁大氣腐蝕環境分類分別為 C5、C5+、C5、C5；至於鄉村的溪頭森林區，碳鋼、鋅、銅、鋁之大氣腐蝕環境分類則分別為 C2、C3、C3、C4。值得注意的是，在無氯鹽與 SO₂ 污染的溪頭森林區鋁金屬的腐蝕環境分類可達 C4 等級，主要原因推論應是相對溼度較高所致。參考 ISO 9223 以環境因子進行大氣腐蝕環境分類^[2]，當每年相對溼度大於 80% 的小時數大於 5,500 小時以上或溼潤時間百分比大於 60% 以上時，即使氯鹽沉積速率小於 3 mg/m²/day 且二氧化硫沉積速率小於 10 mg/m²/day，鋁金屬的腐蝕環境仍屬於 C4 等級；因此在高溼度的溪頭森林區(溼潤時間百分比大於 80%)，鋁金屬的腐蝕環境分類是為 C4 等級。考慮 2007 年至 2008 年間以螺旋狀試片(金屬線)在北橫巴陵、阿里山與南橫天池地區進行一年現地暴露試驗的結果，得到山區環境鋁金屬的腐蝕環境分類為 C2 等級，可能是因螺旋狀試片的暴露面積(0.0075 m²)相對於板狀試片(0.03 m²)為小，以致於使用重量損失法來量測微量重量損失而產生誤差。因此建議若須以重量損失法來決定鋁金屬的腐蝕速率時，應採用暴露面積較大的試片進行。

表 4-5 為現地暴露試驗兩年後各金屬試片的腐蝕速率計算結果。一般而言，金屬的腐蝕速率在初期暴露時最大，隨後會逐漸下降而最終到達一穩定值。兩年期的暴露結果顯示，除了溪頭森林區銅試片外，其他試片均符合上述趨勢；至於溪頭森林區的銅試片，第二年的腐蝕速率(1.44 μm/yr)與第一年的腐蝕速率(1.16 μm/yr)相差僅 0.28 μm/yr 左右，推論應是量測誤差所致，有待第三年的數據進行驗證。此外，鋁金屬在梧棲港研中心第二年的腐蝕速率(1.61 μm/yr)小於溪頭森林區的腐蝕速率(2.15 μm/yr)，其原因可能是因溪頭森林區的溼潤時間百分比比較大，常年處於高溼度的環境中；而梧棲港研中心雖位於濱海地區，但因年平均風速較大(以玉山測站最高 6.1m/s、梧棲測站次之 4.9m/s、恆春測站再次之 4.0m/s、成功測站為 3.3m/s，鞍部為測站 3.2m/s、基隆

為測站 3.0m/s、新竹為測站 2.8m/s，其餘各氣象站皆在 2.8m/s 以下)，在不容易常時維持溼潤時間的情況下，即使有鹽害侵襲，該地區鋁金屬的第二年的腐蝕速率可能仍小於溪頭森林區。

表 4-3 暴露一年期各金屬之腐蝕速率與腐蝕環境分類

佈放地點	碳鋼			鋅		
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類
麥寮工業區 120°13'23.2" 23°48'18.9"	72.39	75.01	C4	4069	4.91	C5
	72.71			5.18		
	79.93			4.87		
溪頭 120°48'10" 23°40'22"	15.38	14.72	C2	1.56	1.76	C3
	14.04			1.89		
	14.73			1.83		
港研中心 120°31'46.4" 24°16'15.2"	107.19	105.32	C5	8.07	9.03	C5+
	103.76			10.13		
	105.00			8.90		
佈放地點	銅			鋁		
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 (g/m ² /yr)	平均腐蝕速率 (g/m ² /yr)	ISO 9223 腐蝕性分類
麥寮工業區 120°13'23.2" 23°48'18.9"	5.39	5.55	C5	8.29	7.96	C5
	5.36			7.96		
	5.90			7.63		
溪頭 120°48'10" 23°40'22"	1.18	1.16	C3	2.66	3.88	C4
	1.07			3.33		
	1.23			5.66		
港研中心 120°31'46.4" 24°16'15.2"	3.63	3.57	C5	4.73	7.43	C5
	3.63			8.44		
	3.45			9.11		

表 4-4 大氣腐蝕環境分類-以各種標準金屬最初第一年之腐蝕速率區分

腐蝕性 分類	腐蝕速率 (γ_{corr})				
	單位	碳鋼	鋅	銅	鋁
C1	$\text{g/m}^2/\text{yr}$ $\mu\text{m/yr}$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 10$ $\gamma_{\text{corr}} \leq 1.3$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 0.7$ $\gamma_{\text{corr}} \leq 0.1$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 0.9$ $\gamma_{\text{corr}} \leq 0.1$	可忽視 —
C2	$\text{g/m}^2/\text{yr}$ $\mu\text{m/yr}$	$10 < \gamma_{\text{corr}} \leq 200$ $1.3 < \gamma_{\text{corr}} \leq 25$	$0.7 < \gamma_{\text{corr}} \leq 5$ $0.1 < \gamma_{\text{corr}} \leq 0.7$	$0.9 < \gamma_{\text{corr}} \leq 5$ $0.1 < \gamma_{\text{corr}} \leq 0.6$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 0.6$ —
C3	$\text{g/m}^2/\text{yr}$ $\mu\text{m/yr}$	$200 < \gamma_{\text{corr}} \leq 400$ $25 < \gamma_{\text{corr}} \leq 50$	$5 < \gamma_{\text{corr}} \leq 15$ $0.7 < \gamma_{\text{corr}} \leq 2.1$	$5 < \gamma_{\text{corr}} \leq 12$ $0.6 < \gamma_{\text{corr}} \leq 1.3$	$0.6 < \gamma_{\text{corr}} \leq 2$ —
C4	$\text{g/m}^2/\text{yr}$ $\mu\text{m/yr}$	$400 < \gamma_{\text{corr}} \leq 650$ $50 < \gamma_{\text{corr}} \leq 80$	$15 < \gamma_{\text{corr}} \leq 30$ $2.1 < \gamma_{\text{corr}} \leq 4.2$	$12 < \gamma_{\text{corr}} \leq 25$ $1.3 < \gamma_{\text{corr}} \leq 2.8$	$2 < \gamma_{\text{corr}} \leq 5$ —
C5	$\text{g/m}^2/\text{yr}$ $\mu\text{m/yr}$	$650 < \gamma_{\text{corr}} \leq 1500$ $80 < \gamma_{\text{corr}} \leq 200$	$30 < \gamma_{\text{corr}} \leq 60$ $4.2 < \gamma_{\text{corr}} \leq 8.4$	$25 < \gamma_{\text{corr}} \leq 50$ $2.8 < \gamma_{\text{corr}} \leq 5.6$	$5 < \gamma_{\text{corr}} \leq 10$ —

資料來源：CNS 13401 (ISO 9223)

表 4-5 暴露二年期各金屬之腐蝕速率

佈放地點	碳鋼		鋅	
	各試片腐蝕速率 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	平均腐蝕 速率 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	各試片腐蝕速率 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	平均腐蝕速 率($\mu\text{m}/\text{yr}$)
麥寮工業區 120°13'23.2" 23°48'18.9"	57.37	56.10	2.45	2.43
	55.16		2.54	
	55.77		2.29	
溪頭 120°48'10" 23°40'22"	11.68	11.22	1.22	1.23
	10.93		1.19	
	11.05		1.28	
港研中心 120°31'46.4" 24°16'15.2"	56.09	55.77	4.44	4.75
	56.54		5.23	
	54.68		4.59	
佈放地點	銅		鋁	
	各試片腐蝕速率 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	平均腐蝕 速率 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	各試片腐蝕速率 ($\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$)	平均腐蝕速 率($\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$)
麥寮工業區 120°13'23.2" 23°48'18.9"	3.61	3.51	4.30	4.47
	3.51		4.80	
	3.40		4.30	
溪頭 120°48'10" 23°40'22"	1.69	1.44	2.32	2.15
	1.31		1.82	
	1.33		2.32	
港研中心 120°31'46.4" 24°16'15.2"	-	-	2.33	1.61
	-		1.50	
	-		1.00	

註：-表示重新佈放試片之暴露時間未滿二年

第五章 無機塗裝防蝕規範草案研擬

在大氣中、水中或土壤中未受保護的鋼鐵構件會有腐蝕情況產生，為避免腐蝕，通常會在此構件要求的保固期限內加以防蝕保護。

鋼材防蝕的方法很多，ISO 12944 中規範各種有機塗裝系統及被覆的防蝕方法，ISO 2063、ISO 14922 與 NACE No. 12/ AWS C2.23M/ SSPC-CS 23.00 中提供無機塗裝熱噴覆系統及被覆的防蝕方法，其皆能鋼材達到適當的保護。

為了確保鋼材的防蝕效果，所有人員包括業主、設計者、承包商，以及相關公司皆需一同進行防蝕工作；塗裝檢驗師以及塗料公司亦須提供簡單易懂的相關塗裝系統文件，此文件必須是完整的、無爭議性的並且淺顯易懂，以免廠商於施作塗裝作業時產生不必要的錯誤或誤會。今參考 ISO 2063 與 NACE No. 12/ AWS C2.23M/ SSPC-CS 23.00、ISO 14922 研擬無機塗裝熱噴覆防蝕規範草案，內容概述如下：

5.1 ISO 2063

ISO 2063 Thermal spraying- Metallic and other inorganic coatings-Zinc, aluminium and their alloys 規範熱噴覆金屬層於鋼鐵上的腐蝕防治。金屬層係利用鋅、鋁或其合金熱噴覆於無任何塗裝之鋼鐵表面並予以保護。本標準討論鋅、鋁及其合金熱噴覆層之特性與熱噴覆層的測試方法。首先說明熱噴覆層的定義、分類與符號，然後說明鋼鐵表面的前處理方法，再敘述熱噴覆施作後熱噴覆層的特性，也就是熱噴覆層的厚度、外觀與附著性，最後說明測試方法以檢驗熱噴覆層是否合於要求。

其規範內容包括：

1. 範圍
2. 參考標準

3. 專有名詞與定義
4. 規定要求的方式
5. 種類等級
6. 熱噴覆加工
 - 熱噴覆前之表面處理
 - 熱噴覆用材料
 - 熱噴覆
 - 封孔處理
 - 油漆
7. 品質要求
 - 熱噴覆層膜厚
 - 外觀
 - 附著性
8. 測試方法
 - 膜厚度測
 - 附著性試驗

5.2 NACE No. 12/AWS C2.23M/SSPC-CS 23.00

本標準是為鋼鐵提供鋁、鋅及其合金熱噴覆(TSC)施工的一個程序，它規定了要求的設備、施工程序和過程中的品質控制(QC)檢查點。

其規範內容包括：

1. 總則
2. 參考文獻
3. 定義

4. 實用做法概述
 - 熱噴覆施作程序
5. 表面處理要求
 - 表面處理
 - 有角粗糙度深度
 - 有角粗糙度深度測量
6. 熱噴覆要求
 - 熱噴覆使用材料及 TSC 膜厚
 - 熱噴覆膜厚
 - TSC 膜厚測量
 - 熱噴覆層附著力測試
 - 彎曲測試
 - 熱噴覆後表面外觀
 - 熱噴覆層細孔率
 - 熱噴覆品質控制測量程序與使用儀器
7. 熱噴覆施工程序
 - 熱噴覆設備設置
 - 噴砂後底材狀態與熱噴覆的間隔時間
 - 熱噴覆短暫覆層
8. 熱噴覆施工
 - 預熱
 - 熱噴覆
9. 封孔和上塗的施工
 - 封孔處理

- 上塗漆
- 油漆施工

10. 紀錄
11. 廢棄物收納和控制
12. 工作程序和安全
13. 文件紀錄
14. 合約評估、實地示範和生效
15. TSC 施工人員品質

5.3 ISO 14922

ISO 14922, Thermal spraying- Quality requirements of thermally sprayed structures (熱噴覆結構的品質要求)，為了正確應用熱噴覆層及避免生產操作時產生錯誤，控管和監督是必須的；這包括構件的狀態、材料的選擇、生產過程和後續的測試程序。本規範提供了熱噴覆廠商管理應有的品質管理說明，以確保完善的熱噴覆過程與瞭解問題產生的根源。

本規範包括四大部分，分別為：

- ISO 14922-1 選擇和使用指南
- ISO 14922-2 全面品質要求
- ISO 14922-3 品質要求標準
- ISO 14922-4 基本品質要求

5.3.1 ISO 14922-1 選擇和使用指南

本標準規定了描述熱噴覆品質要求的準則，這些品質要求適用於採用熱噴覆技術噴塗之新零件、進行修補或維護的製造商。這些品質要求可以普遍適用於要熱噴覆的任何類型結構。這些準則僅與要熱噴

覆的構件品質外觀有關，這些品質外觀可能影響熱噴覆及其相關的製程(前處理和後處理等)。

該準則規定了達到熱噴覆品質要求的各種方法，包括在廠內和在現場進行的熱噴覆，還提供了描述製造商熱噴覆能力與生產規定品質之各種方法。這些準則也可成為買賣各方評估製造商的熱噴覆品質準備的基礎。

該準則的目的是指導編制規章制度或合約要求，與指導製造廠的管理者制定與熱噴覆構件類型有關之品質系統要求。

5.3.2 ISO 14922-2 全面品質要求

本標準規定內容如下：

1. 合約和設計的評審

必需的資料。製造商應該確認其有能力滿足熱噴覆合約的所有要製造商應該對買方提供的合約要求和設計資料或製造商設計的構件內部資料進行評審。確保在工作開始之前，獲得工程進行所求，並落實所有與品質有關活動的完善計畫。

2. 分包

當製造商要採用分包服務(例如檢查、非破壞檢測、後處理)時，製造商應提供分包商所有有關的技術條件和要求。分包商應提供製造商指定的分包商實績文件和記錄。

3. 熱噴覆人員

製造商應按規定的要求，安排足夠有資格的人員進行熱噴覆生產的計畫、實施、監督和檢查。

4. 品質測試人員

製造商應按照規定的要求，具備足夠資格的人員進行熱噴覆生

產的計畫與實施、監督與檢查、測試與驗收。

5. 設備

包含設備的描述、設備的適用性、新設備功能試驗、維修及健康、安全和環境問題進行規範。

6. 熱噴覆的實施

包含生產計畫、熱噴覆程序規範、工作說明、前處理和後處理、品質文件控管規範。

7. 熱噴覆耗材

熱噴覆耗材控管中的責任與程序規定。

8. 熱噴覆材料的儲存和搬運

儲存之控管與標示。

9. 與熱噴覆相關的檢查和試驗

規範合約和(或)採用的標準、熱噴覆的方法以及構件的類型來確定檢查和(或)試驗的位置與頻率。

10. 不合格與矯正措施

11. 校正

12. 標示和可追溯性

13. 品質記錄

5.3.3 ISO 14922-3 標準品質要求

本標準規定內容如下：

1. 合約和設計的評審

製造商應該對買方提供的合約要求和設計資料或製造商設計

的構件內部資料進行評審。確保在工作開始之前，獲得工程進行所必需的資料。製造商應該確認其有能力滿足熱噴覆合約的所有要求，並落實所有與品質有關活動的完善計畫。

2. 分包

當製造商要採用分包服務(例如檢查、非破壞檢測、後處理)時，製造商應提供分包商所有有關的技術條件和要求。分包商應提供製造商指定的分包商實績文件和記錄。

3. 熱噴覆人員

製造商應按規定的要求，安排足夠有資格的人員進行熱噴覆生產的計畫、實施、監督和檢查。

4. 品質測試人員

製造商應按照規定的要求，具備足夠資格的人員對熱噴覆生產進行計畫和實施、監督和檢查、測試和驗收。

5. 設備

包含設備的描述、設備的適用性、維修及健康、安全和環境問題進行規範。

6. 熱噴覆的實施

包含生產計畫、熱噴覆程序規範、工作說明、前處理和後處理、文件依據等進行規範。

7. 熱噴覆耗材

熱噴覆耗材控管中的責任和程序規定。

8. 熱噴覆材料的儲存和搬運

儲存之控管與標示。

9. 與熱噴覆相關的檢查和試驗

規範在熱噴覆開始之前應進行之查驗、熱噴覆中的檢查和試驗、熱噴覆後的檢查和試驗。

10. 不合格與矯正措施

11. 校正

12. 標示和可追溯性

13. 品質記錄

5.3.4 ISO 14922-4 基本品質要求

本標準規定內容如下：

1. 合約和設計的評審

製造商應該對買方提供的合約要求和設計資料或製造商設計的構件內部資料進行評審。確保在工作開始之前，獲得工程進行所必需的資料。製造商應該確認其有能力滿足熱噴覆合約的所有要求，並落實所有與品質有關活動的完善計畫。

2. 分包

規範任何分包商都應在製造商的指令和職責下工作，並應該完全滿足本標準的有關要求。

3. 熱噴覆人員

規範製造商應按規定的要求，安排足夠有資格的人員進行熱噴覆生產的計畫、實施、監督和檢查。

4. 品質測試人員

規範製造商應具備足夠資格的人員實施品質測試。

5. 設備

包含廠房、倉庫、生產過程相關設備及健康、安全和環境問題進行規範。

6. 熱噴覆的實施

規範熱噴覆應依照適當的熱噴覆程序來實施。

7. 熱噴覆耗材

規範熱噴覆耗材控管中的責任和程序規定。

8. 熱噴覆材料的儲存和搬運

儲存之控管與標示。

9. 與熱噴覆相關的檢查和試驗

規範熱噴覆前的檢查和試驗、熱噴覆後的檢查和試驗。

10. 不合格與矯正措施

規範管制不符合規定要求的項目，以防止它們被非有意地使用。

11. 校正

規範製造商應負責對檢查、測量和試驗儀器進行適當的校正。

12. 標示和可追溯性

在整個製造過程中，應適當標示和可追溯性。

13. 品質記錄

第六章 港灣構造物陰極防蝕準則草案增修

交通部運輸研究所於中華民國 96 年 5 月制定「港灣構造物陰極防蝕設計規範（草案）」，由於鋼筋混凝土外加電流式陰極防蝕鈦基材陽極材料的選用早期僅限於含有混合金屬氧化層的鈦網陽極與鈦網條狀陽極，然而隨著經驗的累積與施工便利性的要求，近年來已發展出覆有混合金屬氧化層之鈦柱陽極與鈦帶陽極，施工技術上也隨著新材料的發展而有所突破，因此有必要檢討「港灣構造物陰極防蝕設計規範（草案）」之現有內容與完整性，並增修近年來新開發之陰極防蝕工法及材料之相關內容。

6.1 鋼筋混凝土外加電流式陰極防蝕陽極系統介紹

鋼筋混凝土結構外加電流式陰極保護所使用的陽極材料可分為三種：(1) 碳基材陽極 (carbon based anodes)，(2) 鈦基材陽極 (titanium based anodes)，(3) 熱噴覆金屬陽極 (thermally sprayed metallic anodes)。以碳為基材的陽極包括導電性塗料與導電性橡膠，施工方法為先在混凝土表面挖一溝槽，嵌入鈦鍍白金線與導電性樹脂，作為導電用之主要陽極，然後在混凝土表面塗覆碳系(含 70% 以上碳素)等導電性塗料或是在混凝土面鋪設導電性橡膠作為次要陽極的裝設。以鈦為基材的陽極其表面均有一層混合金屬氧化層 (Mixed metal oxide, MMO)，此氧化層具有高導電性與低消耗率(小於 1mg/ Amp/ year)的特性，而陽極的型式則包括 MMO 鈦網陽極、MMO 鈦網條狀陽極、MMO 鈦柱陽極與 MMO 鈦帶陽極。至於熱噴覆金屬陽極則是將鋅或鈦以熱噴覆的方式噴塗在混凝土表面，以熱噴覆層作為外加電流式陰極保護的陽極使用。

各陽極的應用與其優缺點比較如表 6-1 所示^[22]。顯然的，鈦基材陽極因具有高導電性與低消耗率的特性而常被設計使用，但早期僅限於 MMO 鈦網陽極與 MMO 鈦網條狀陽極兩種型式，隨著經驗的累積與施

工便利性的要求，近年來國外已發展出 MMO 鈦柱陽極與 MMO 鈦帶陽極。臺灣過去僅有 MMO 鈦網陽極與 MMO 鈦網條狀陽極的使用經驗，因此針對 MMO 鈦柱陽極與 MMO 鈦帶陽極作一介紹，並比較各型 MMO 鈦陽極在使用上的優缺點。

表 6-1 各種陽極的應用

陽極的種類	適用於	不適用於
碳基材陽極	乾燥的環境 提供較低的保護電流 結構物的剩餘服務壽命較短的情況下	乾濕交替的環境 潮濕的環境 無法提供中等或較高的保護電流
鈦基材陽極	乾濕交替的環境 潮濕的環境 能提供由低至高所須各種程度的保護電流 結構物的剩餘服務壽命仍就很長的情況下	非常乾燥的環境
熱噴覆金屬陽極	結構物有複雜的幾何形狀 結構物所在環境的相對濕度較高的情況下	結構物的剩餘服務壽命仍舊很長的情況下 與水直接接觸的環境 人車通行的混凝土表面 (No riding surface)

6.1.1 MMO 鈦網陽極(Mesh anode)

MMO 鈦網陽極(圖 6.1)於 1984 年開始使用，在陽極表面與混凝土界面間可提供 110 mA/m^2 的電流密度，安裝步驟(圖 6.2 至圖 6.3)如下：

1. 安裝的位置參考設計圖。
2. 安裝前必須清除混凝土表面殘餘污漬或雜物，且安裝位置的混凝土厚度必須量測，以確保混凝土厚度大於 15 mm，避免陽極與鋼筋間有接近短路(near-short)的現象。若混凝土厚度小於 15 mm，

使用塑膠製的隔離器(spacer)隔開。

3. MMO 鈦網必須完全平貼固定於乾淨混凝土表面，安裝方法為混凝土鑽孔後，以適當的塑膠固定釘(plastic fasteners)固定之，塑膠釘間距約為 1 m。
4. MMO 鈦網之導電或搭接方式為使用導電條(MMO 鈦條)於每個搭接位置以點銲銲接，點銲機依陽極供應商的建議使用，銲接前須利用導電條進行測試，以獲得最佳的電壓或電流輸出設定。
5. 導電條安裝的位置參考設計圖為之。
6. 導電條末端與陽極導線(anode header cable)必須於接線箱中接續。
7. 以噴漿或灌漿方式在鈦網陽極上方以混凝土覆蓋。

根據國外使用經驗指出，MMO 鈦網陽極的優點為：

- 有多個電路通路可從整流器提供陰極保護電流。
- 提供的保護電流可均勻的分佈到被保護的鋼筋，因鈦網陽極為整個覆蓋於混凝土表面。

缺點為：

- 鈦網陽極須鋪設於整個被保護的混凝土表面。
- 鈦網陽極的上層表面須要再用混凝土覆蓋。
- 覆蓋的混凝土會增加結構物的負載(dead load)。
- 若鈦網陽極鋪設於鋼筋混凝土結構的上方，則陽極上方覆蓋的混凝土與既有混凝土間有很好的接著力；但若置於鋼筋混凝土結構的垂直面或下方(如大樑側面與底部或碼頭面板的底部)且新的混凝土是使用噴漿方式覆蓋，則新舊混凝土間接著困難，長期暴露的結果，新的混凝土有剝落的情況且保護系統有 99% 的失敗率^[22]。
- 因使用鈦基材的量較大，陽極材料的價格相對昂貴。

6.1.2 MMO 鈦網條狀陽極(Ribbon mesh anode)

MMO 鈦網條狀陽極如圖 4 所示，在陽極表面與混凝土界面間可提供 110 mA/m^2 的電流密度，其安裝的步驟(圖 6.5 至圖 6.7)如下：

1. 安裝的位置參考設計圖。
2. 針對既有鋼筋混凝土結構物。
 - a. 安裝前必須清除混凝土表面殘餘污漬或雜物，且安裝位置的混凝土厚度必須量測，以確保混凝土厚度大於 35 mm，避免陽極與鋼筋間有接近短路(near-short)的現象。
 - b. 混凝土表面以 saw-cutting 機具在陽極安裝位置切出溝槽。一般而言，13 mm 寬的鈦網條狀陽極其溝槽深度為 25 mm，而 19 mm 寬的陽極其溝槽深度須 32 mm。
 - c. 溝槽間的距離視被保護鋼筋的密度而定，一般為 20 cm ~ 40 cm 之間。
 - d. 將 MMO 鈦網條狀陽極固定於溝槽內。
 - e. 以水泥砂漿將開鑿之溝槽充實填滿。
3. 針對新的鋼筋混凝土結構物。
 - a. 以塑膠製的扣夾(clips)將 MMO 鈦網條狀陽極固定於鋼筋上。
 - b. 以噴漿或灌漿方式進行混凝土覆蓋。
4. MMO 鈦網條狀陽極導電或搭接方式為使用導電條(MMO 鈦條)於每個搭接位置以點銲銲接，點銲機依陽極供應商的建議使用，銲接前須利用導電條進行測試，以獲得最佳的電壓或電流輸出設定。
5. 導電條安裝的位置須參考設計圖為之。
6. 導電條末端與陽極導線必須於接線箱中接續。

MMO 鈦網條狀陽極使用的優點為：

- 針對既有鋼筋混凝土結構物，不須要大量的混凝土覆蓋。
- 適用於新的鋼筋混凝土結構物。
- 材料價格較 MMO 鈦網陽極相對便宜。

缺點為：

- 與 MMO 鈦網陽極相較，保護電流較不均勻。
- 既有結構物的混凝土保護層厚度須大於 35 mm。
- 溝槽切割的價格昂貴。
- 很難將水泥砂漿完全充實填滿於寬度較小的溝槽內。
- 若溝槽內充填的水泥砂漿無法與既有混凝土保護層緊密結合，則水氣或氯離子容易由該處滲入，該位置溝槽內的陽極會局部的大量放電，於陽極表面產生氫離子與氯氣，造成鄰近混凝土的 pH 值降低。
- 若被保護的鋼筋密度較大且所須的保護電流較高時，MMO 鈦網條狀陽極可能須佈滿於整個混凝土表面。
- 若施工廠商無相當經驗，該陰極防蝕系統常會因陽極與鋼筋間的短路而失敗，因此在陽極安裝時須密集的進行陽極與鋼筋間的短路測試。

6.1.3 MMO 鈦柱陽極(Discrete anode)

MMO 鈦柱陽極為近年發展出的陽極系統，其使用 MMO 鈦線纏繞成柱狀的陽極(如圖 6.8 所示)，在陽極與混凝土界面間可提供高達 440 mA/m² 的電流密度，針對結構物之大樑、墩柱、支架等鋼筋密度較高的構件，為一最經濟有效的陽極系統。安裝步驟(圖 6.9 至圖 6.11)如下：

1. 安裝的位置參考設計圖。

2. 安裝時首先要要在混凝土上鑽孔，孔洞尺寸依設計圖為之，鑽孔間距則視現場鋼筋的位置而定。鑽孔時要避開鋼筋，即先以鋼筋探測器找出鋼筋所在位置後再行鑽孔。承包廠商須依現場鋼筋狀況決定實際鑽孔位置，並繪圖記錄之。
3. 鑽孔後孔洞內的碎屑必須清除，檢視完畢後使用器具固定 MMO 鈦柱陽極並插入孔洞中，灌入無收縮性水泥砂漿。
4. MMO 鈦柱陽極的導電條為 MMO 鈦條，安裝位置參考設計圖。導電條的安裝為在混凝土表面切割 30 mm 寬 x 30 mm 深的溝槽，將 MMO 鈦條置入，再使用點銲的方式將導電條與鈦柱陽極的接線相連接，完成後溝槽內以環氧樹脂填補。
5. 導電條與鈦柱陽極銲接前，點銲機之最佳電壓或電流輸出設定須利用導電條的銲接進行試測。
6. 導電條末端與陽極導線必須於接線箱中接續。
7. 鈦柱陽極安裝灌漿後必須進行陽極與鋼筋間的短路測試，以避免陽極與鋼筋間有短路現象；測試時間為灌漿完成後至少一日。

MMO 鈦柱陽極使用的優點為：

- 陽極可由結構物的任何一側安裝施工；安裝時僅須鑽孔，不須使用價格昂貴的溝槽切割，完工時亦不須使用大量的混凝土覆蓋，故安裝費用較鈦網條狀陽極與鈦網陽極便宜。
- 當鈦柱陽極所在的位置距被保護的鋼筋有相當的距離時，陽極可提供均勻的保護電流。
- 因鈦柱陽極所在的位置位於鋼筋混凝土結構較深的地方，該處混凝土的氯離子含量較低，鈦柱陽極可提供較大的保護電流密度。

缺點為：

- 若鋼筋密度太高時，不易鑽孔；若可鑽孔，鈦柱陽極僅能保護

結構較深地方的內部鋼筋，無法保護結構外層易受腐蝕的鋼筋。

- 若陽極間距太大，部份鋼筋可能會有保護不足的現象。

6.1.4 MMO 鈦帶陽極(Tape anode)

MMO 鈦帶陽極為最近 5 年間發展出的陽極系統，為一膠帶式的陽極(如圖 6.12 所示)，以鈦為基材，一面為絕緣，另一面覆有 MMO 混合金屬氧化層與導電性黏著劑，厚度約為 0.05 mm，在陽極表面與混凝土界面間可提供 150 mA/m^2 的電流密度，適用於潮濕或乾濕交替的環境，因其可直接貼附於混凝土表面，不須進行溝槽切割或鑽孔，且不須要混凝土覆蓋，為各式 MMO 鈦陽極系統中安裝最為簡易的陽極系統。安裝步驟(圖 6.13 至圖 6.14)如下：

1. 安裝的位置參考設計圖。
2. MMO 鈦帶陽極安裝前，安裝位置(約 50 mm 的寬度)須先標示出來，且安裝位置下的混凝土厚度必須量測，以確保混凝土厚度大於 15 mm，避免陽極與鋼筋間有接近短路的現象。若混凝土厚度小於 15 mm，混凝土表面可採用下列的方法進行改善：
 - a. 塗覆非導電性環氧樹脂於混凝土表面，但塗佈長度不得超過 50 mm。
 - b. 移動 MMO 鈦帶陽極之安裝位置，避開混凝土厚度小於 15mm 的區域，但離原安裝位置左右移動的最大距離為 50 mm。
 - c. 清除裸露的鋼筋或金屬構件。
 - d. 若混凝土厚度小於 15mm 的區域很大，則須進行混凝土開挖與修補的工作。
 - e. 承包廠商之陰極防蝕工程師或專業工程師亦可依現場狀況提出替代的改善建議與修復方法，經業主或業主委託之監造單位審核通過後執行之。

3. MMO 鈦帶陽極安裝前必須目視檢查安裝位置之混凝土是否有裂縫；若發現裂縫，使用非導電性環氧樹脂修補。
4. MMO 鈦帶陽極安裝位置的混凝土表面必須使用混凝土研磨機進行前處理，確保混凝土表面清潔與平整，以增加鈦帶陽極與混凝土間的黏著性；千萬不可使用砂輪機研磨，避免造成混凝土表面粗糙。
5. MMO 鈦帶陽極的安裝為直接將陽極貼附在混凝土表面，貼附時鈦帶陽極不可扭結，若發現有扭曲現象，應立即更換。貼附後須使用表面平滑之金屬棒輕壓鈦帶陽極，以確保陽極緊密黏著於混凝土表面。
6. 當 MMO 鈦帶陽極與混凝土間的黏著性不佳時可參考下列方式改善：
 - a. 黏著不良長度小於 5 mm 時，不作任何處置。
 - b. 黏著不良長度大於 5 mm 但小於 20 mm 時，使用非導電性環氧樹脂黏著鈦帶陽極於混凝土上。
 - c. 黏著不良長度大於 20 mm 時，切除黏著不良的部份，使用新的鈦帶陽極，並以點鉸方式連接。
7. MMO 鈦帶陽極的導電裝置為有黏著性的純鈦導電帶，尺寸約為 20 mm 寬 x 0.07 mm 厚，安裝位置參考設計圖。MMO 鈦帶陽極與導電帶的連接須使用 60 mm 長 x 20 mm 寬 x 0.07 mm 厚且無黏著性的鈦帶以點鉸的方式連接。
8. 導電條末端與陽極導線必須於接線箱中接續。
9. 在鈦帶陽極安裝過程中以及導電帶安裝後必須進行陽極與鋼筋間的短路測試，確保陽極與鋼筋間無短路現象。
10. 鈦帶陽極安裝後須使用耐酸性的環氧樹脂塗料塗覆於陽極表面，塗層厚度約 0.5 mm。塗覆後，立刻將 FRP 製成之纖維織布(纖維織布的寬度須大於鈦帶陽的寬度左右各約 15 mm)壓擠於濕的環氧樹脂塗料上，使環氧樹脂完全滲入 FRP 纖維織布內；完成 4 小時後，再

使用耐酸性環氧樹脂塗料於 FRP 纖維織布上塗覆一道。

MMO 鈦帶陽極使用的優點為：

- 適用於新建與既有的鋼筋混凝土結構物上。
- 可安裝在保護層較小(> 10 mm)的鋼筋混凝土結構物上。
- 不須要任何混凝土覆蓋。
- 施工快速簡單且安裝費用低。
- 可容易的調整陽極間距以提供適當的保護電流。
- 陽極與鋼筋間發生短路的機率極小。
- 陽極材料的價格較鈦網陽極與鈦網條狀陽極相對便宜。

缺點為：

- 不若鈦網陽極可提供均勻的保護電流。
- 混凝土表面須清潔與平整。
- 鈦帶陽極與大氣的接觸面須使用耐酸性的環氧樹脂塗料與 FRP 製成之纖維織布覆蓋。

由於不同型式的 MMO 鈦陽極其所適用的環境不同，所以單一型式的 MMO 鈦陽極亦無法適用於所有的暴露環境與鋼筋混凝土構件，因此如何選擇經濟有效的陽極系統是為陰極保護設計最重要的考量因素。以碼頭鋼筋混凝土結構物為例，大面積的碼頭底版長期處於潮濕的環境，偶爾受到海水潑濺，可選用 MMO 鈦帶陽極；碼頭底版的大樑受潮汐的影響若部份時間會浸泡於海水中，則可考率使用 MMO 鈦柱陽極或 MMO 鈦網陽極外覆 FRP 夾克的系統；至於碼頭冠牆結構，也因鋼筋密度較高，可於水上部位採用 MMO 鈦柱陽極。

綜言之，各式 MMO 鈦基材陽極的使用壽命、電流分佈、安裝步驟、材料與安裝經費之比較如表 6-2 所示。

表 6-2 鋼筋混凝土陰極保護各式 MMO 鈦基材陽極之比較

	壽命	電流分佈	材料價格	安裝費用	耐久性	安裝難易度	優點	缺點
鈦網陽極	> 40 年	均勻(Excellent)	昂貴(High)	昂貴(High)，因為須要大量的混凝土覆蓋	好(Good durability)	複雜，須清除表層混凝土，陽極安裝後須要混凝土覆蓋	有長時間的使用實蹟	若安裝於結構物的垂直面或下方，長期暴露的結果，新舊混凝土間有剝落的情況，造成保護系統 99% 的失敗率
鈦網條狀陽極	> 40 年	適當(Adequate)	中等(Moderate)	昂貴(High)，因為須要溝槽切割	好(Good durability)	複雜，因為須要溝槽切割，陽極安裝後溝槽不易填實	有長時間的使用實蹟	混凝土保護層不足時無法安裝 陽極與鋼筋間容易發生接近短路的現象，造成保護電流分配不均
鈦柱陽極	> 40 年	均勻(Excellent)，但須視安裝的間距而定	中等(Moderate)	中等(Moderate)	好(Good durability)	須要避開鋼筋進行鑽孔安裝快速	適當正確的設計可提供較大且均勻的保護電流	須要適當正確的設計 無法使用於鋼筋密度分佈極高的區域
鈦帶陽極	> 40 年	適當至均勻(Adequate to Excellent)，端視鈦帶陽極的尺寸而定	中等(Moderate)	低(Low)	好(Good durability)	簡單、快速 須要平整的混凝土表面	可在較薄的混凝土保護層上安裝，安裝簡單、快速且價格較低	人車通行的混凝土表面 安裝後須使用耐酸性的環氧樹脂塗料塗覆於陽極表面



圖 6.1 MMO 鈦網陽極



圖 6.2 MMO 鈦網陽極安裝



圖 6.3 鈦網陽極表面以噴漿覆蓋

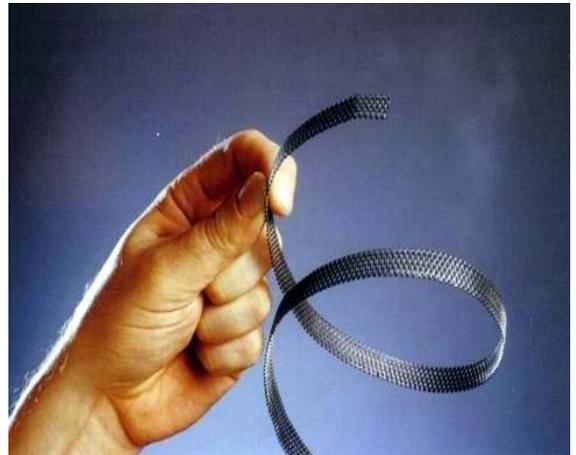


圖 6.4 MMO 鈦網條狀陽極



圖 6.5 溝槽切割

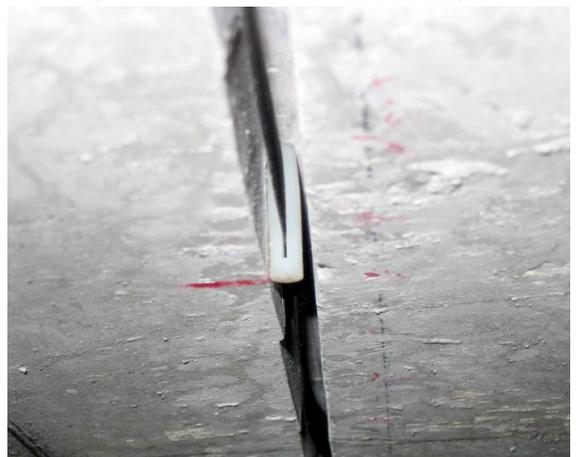


圖 6.6 MMO 鈦網條狀陽極安裝



圖 6.7 溝槽以混凝土填實

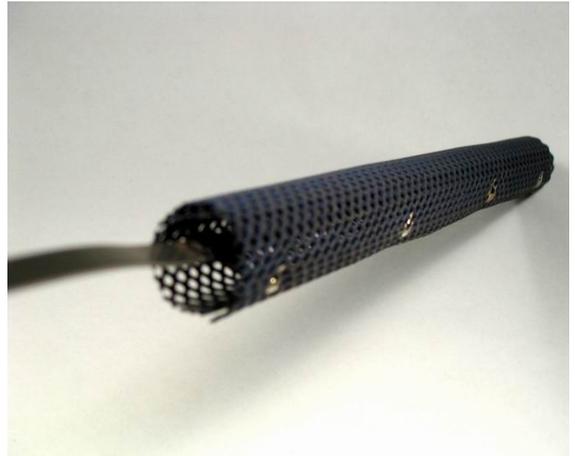


圖 6.8 MMO 鈦柱陽極



圖 6.9 鑽孔



圖 6.10 陽極安裝孔洞



圖 6.11 陽極安裝完成



圖 6.12 MMO 鈦帶陽極



圖 6.13 MMO 鈦帶陽極安裝



圖 6.14 陽極安裝完成

6.2 「港灣構造物陰極防蝕設計規範（草案）」檢討與增修

因應鋼筋混凝土外加電流式陰極防蝕鈦基材陽極材料與施工技術的創新發展，建議將「港灣構造物陰極防蝕設計規範（草案）」「4.2 陽極材料」與「5.7 陽極安裝」之內容進行增修，增修內容對照如下：

「4.2 陽極材料」原條文與解說：

4.2 陽極材料

外加電流法或犧牲陽極法的陰極保護系統，均有不同陽極材料可以選用。陽極材料的選擇應考慮構造物的特性、環境的適用性與使用年限等因素，以達預期保護之功能。

解說：

1. 鈦陽極

鈦陽極基材應符合ASTM B265 Titanium, Grade 1之規定。鋼筋混凝土構造物使用之形狀為網狀或條狀。

2. 鋅陽極

鋅陽極(鋅網)使用之材料成分應符合ASTM B6或B69之規定。

ASTM B6-03 “Standard Specification for Zinc”

ASTM B69-01a(2005) “Standard Specification for Rolled Zinc”

3. 鋅熱噴覆

鋅熱噴覆所使用的陽極材料依ASTM B8331或ANSI/AWS 5.33之規定(ANSI為美國國家標準局、AWS為美國銲接協會)。

4. 其他陽極材料

上述材料外，如使用其它陽極材料時，材料供應商應提供相關技術性資料，以評估其替代之可行性。

「4.2 陽極材料」增修後條文與解說：(增修內容以粗體字加底線表現)

4.2 陽極材料

外加電流法或犧牲陽極法的陰極保護系統，均有不同陽極材料可以選用。陽極材料的選擇應考慮構造物的特性、環境的適用性與使用年限等因素，以達預期保護之功能。

解說：

1. 鈦陽極

鈦陽極基材應符合ASTM B265 Titanium, Grade 1之規定。鋼筋混凝土構造物使用之形狀為MMO鈦網陽極、MMO鈦網條狀陽極、MMO鈦柱陽極與MMO鈦帶陽極。

2. 鋅陽極

鋅陽極(鋅網)使用之材料成分應符合ASTM B6或B69之規定。

ASTM B6-03 “Standard Specification for Zinc”

ASTM B69-01a(2005) “Standard Specification for Rolled Zinc”

3. 鋅熱噴覆

鋅熱噴覆所使用的陽極材料依ASTM B8331或ANSI/AWS 5.33之規定(ANSI為美國國家標準局、AWS為美國銲接協會)。

4. 其他陽極材料

上述材料外，如使用其它陽極材料時，材料供應商應提供相關技術性資料，以評估其替代之可行性。

「5.7 陽極安裝」原條文與解說：

5.7 陽極安裝

所有陽極系統的安裝必須符合該陽極系統之規範要求。

解說：陽極系統安裝時，導電性塗料或被覆(overlay)材料必須無污染與雜質。使用導電性塗料、陽極及混凝土表面須乾燥；使用被覆材料，混凝土表面的粗糙度和潮溼程度，將視使用的被覆材料而定。

1. 導電性塗料

構造物表面應以噴砂或其它適當方法處理，以去除油污(漬)、水份及粗糙的聚集物為主；處理後混凝土表面應保持乾燥，避免再污染。鋼筋如與導電性塗料間的接觸，將會導致系統短路、失效，或造成混凝土內其它部位鋼筋的腐蝕。

2. 金屬熱噴覆

每次施工前需量測金屬熱噴覆材料重量，其重量誤差依設計規範為準，施工時以10-20平方公尺為一單位，採用金屬貼片法檢測施工厚度。以條狀或圓形貼片量測，條狀貼片為2.5公分長2公分寬，並依2.5公分之等間距量測5點，圓形貼片直徑6公分任意量測5點，量測結果如有一點膜厚未達標準，則該區域為不合格。在膜厚不合格

的情況下，若膜厚太薄，則繼續噴塗至要求膜厚。

3.MMO鈦網陽極

鈦網陽極安裝時，混凝土表面殘餘污漬或雜物必須清除，鈦網必須以塑膠釘依適當間距固定於乾淨混凝土表面。連接導電棒之導線需接至整流器正極位置，不可續接。

「5.7 陽極安裝」增修後條文與解說：(增修內容以粗體字加底線表現)

5.7 陽極安裝

所有陽極系統的安裝必須符合該陽極系統之規範要求。

解說：陽極系統安裝時，導電性塗料或被覆(overlay)材料必須無污染與雜質。使用導電性塗料、陽極及混凝土表面須乾燥；使用被覆材料，混凝土表面的粗糙度和潮溼程度，將視使用的被覆材料而定。

1.導電性塗料

構造物表面應以噴砂或其它適當方法處理，以去除油污(漬)、水份及粗糙的聚集物為主；處理後混凝土表面應保持乾燥，避免再污染。鋼筋如與導電性塗料間的接觸，將會導致系統短路、失效，或造成混凝土內其它部位鋼筋的腐蝕。

2.金屬熱噴覆

每次施工前需量測金屬熱噴覆材料重量，其重量誤差依設計規範為準，施工時以10-20平方公尺為一單位，採用金屬貼片法檢測施工厚度。以條狀或圓形貼片量測，條狀貼片為2.5公分長2公分寬，並依2.5公分之等間距量測5點，圓形貼片直徑6公分任意量測5點，量測結果如有一點膜厚未達標準，則該區域為不合格。在膜厚不合格的情況下，若膜厚太薄，則繼續噴塗至要求膜厚。

3. MMO鈦網陽極

鈦網陽極安裝時，混凝土表面殘餘污漬或雜物必須清除，鈦網必須以塑膠釘依適當間距固定於乾淨混凝土表面。連接導電棒之導線需接至整流器正極位置，不可續接。

4. MMO鈦網條狀陽極

針對既有鋼筋混凝土結構物：

鈦網條狀陽極安裝時，混凝土表面殘餘污漬或雜物必須清除，混凝土表面以 saw-cutting 機具在陽極安裝位置切出溝槽，將 MMO 鈦網條狀陽極固定於溝槽內，以水泥砂漿將開鑿之溝槽充實填滿。MMO 鈦網條狀陽極導電或搭接方式為使用導電條(MMO 鈦條)於每個搭接位置以點鉚鉚接，點鉚機依陽極供應商的建議使用，鉚接前須利用導電條進行測試，以獲得最佳的電壓或電流輸出設定。連接導電條之導線需接至整流器正極位置，不可續接。

針對新的鋼筋混凝土結構物：

以塑膠製的扣夾(clips)將 MMO 鈦網條狀陽極固定於鋼筋上，以噴漿或灌漿方式進行混凝土覆蓋。MMO 鈦網條狀陽極導電或搭接方式為使用導電條(MMO 鈦條)於每個搭接位置以點鉚鉚接，點鉚機依陽極供應商的建議使用，鉚接前須利用導電條進行測試，以獲得最佳的電壓或電流輸出設定。連接導電條之導線需接至整流器正極位置，不可續接。

5. MMO鈦柱陽極

安裝時首先要在混凝土上鑽孔，孔洞尺寸依設計圖為之，鑽孔間距則視現場鋼筋的位置而定。鑽孔時要避開鋼筋，即先以鋼筋探測器找出鋼筋所在位置後再行鑽孔。將 MMO 鈦柱陽極插入孔洞中，灌入無收縮性水泥砂漿。MMO 鈦柱陽極的導電條為 MMO 鈦條，安裝位置參考設計圖。導電條的安裝為在混凝土表面切割 30 mm 寬 x 30 mm 深的溝槽，將 MMO 鈦條置入，再使用點鉚的方式將導電條與

鈦柱陽極的接線相連接，完成後溝槽內以環氧樹脂填補。導電條末端與陽極導線必須於接線箱中接續。

6. MMO鈦帶陽極

MMO 鈦帶陽極安裝前必須目視檢查安裝位置之混凝土是否有裂縫；若發現裂縫，使用非導電性環氧樹脂修補。MMO 鈦帶陽極安裝位置的混凝土表面必須使用混凝土研磨機進行前處理，確保混凝土表面清潔與平整，以增加鈦帶陽極與混凝土間的黏著性。MMO 鈦帶陽極的安裝為直接將陽極貼附在混凝土表面，貼附時鈦帶陽極不可扭結。MMO 鈦帶陽極的導電裝置為有黏著性的純鈦導電帶，鈦帶陽極與導電帶的連接須使用無黏著性的鈦帶以點鉸的方式連接。導電條末端與陽極導線必須於接線箱中接續。鈦帶陽極安裝後須使用耐酸性的環氧樹脂塗料塗覆於陽極表面，立刻將 FRP 製成之纖維織布(纖維織布的寬度須大於鈦帶陽的寬度左右各約 15 mm)壓擠於濕的環氧樹脂塗料上，使環氧樹脂完全滲入 FRP 纖維織布內；完成 4 小時後，再使用耐酸性環氧樹脂塗料於 FRP 纖維織布上塗覆一道。

第七章 大氣腐蝕因子資料庫功能維護與擴充

7.1 系統功能規劃

大氣腐蝕因子資料庫系統歷經兩年的功能規畫與製作，在 Web 網頁前端的資訊提供功能，以及後台的資料庫管理功能，均已達成需求。但系統的改善永無止境；因此，本年度的系統功能規畫上，除了持續擴充新增加的數據資料；主要的功能規畫便放在使用介面的整合部分，透過 GoogleMap 的整合，加強使用上的便利性。本年度在此資料庫系統中維護並擴充項目說明如下：

1. 新增數據與資料上架：根據需求，將 2009 年與 2010 年新增的數據資料加入資料庫。包含 2009 年第三季與 2009 年第四季腐蝕數據，2009 年各監測點之金屬腐蝕相片；使腐蝕數據的更新與完整性能持續保持。
2. 資料庫資料結構擴充與程式調整：為了提供前述新增的數據資料輸入並保存在資料庫，且考量到 2010 年資料的擴充性。故在資料顧的資料結構方面，擴充了 2009 年~2010 年的資料欄位，使未來的資料更新擴充性，在資料庫方面準備完整；在程式調整方面，為了搭配前述的資料庫結構擴充與資料新增，使資料的顯示與比較等功能正常顯示，因此系統相關的程式均做過調整，以搭配資料顯示與擴充。
3. Google Map 整合：為了讓使用者在使用本系統中，觀察數據的使用上更加方便，因此將目前全球通行之 GoogleMap 整合進入本資料庫系統，讓使用介面朝更便利，更直覺化的方向發展。

7.2 新增數據與資料上架

本資料庫系統於 2010 年上架的資料，計有：

1. 相關試驗點 2009 年第三季數據
2. 相關試驗點 2009 年第四季數據

3. 相關試驗點 2009 年金屬試驗相片

根據港灣技術研究中心的需求與指示，調整網站在資料顯示方面，增加 2009.07~2009.10 以及 2009.10~2010.01 的資料數據；此外，並新增了 2009 年金屬現地試驗相片的資料。如圖 7.1~7-6 所示：

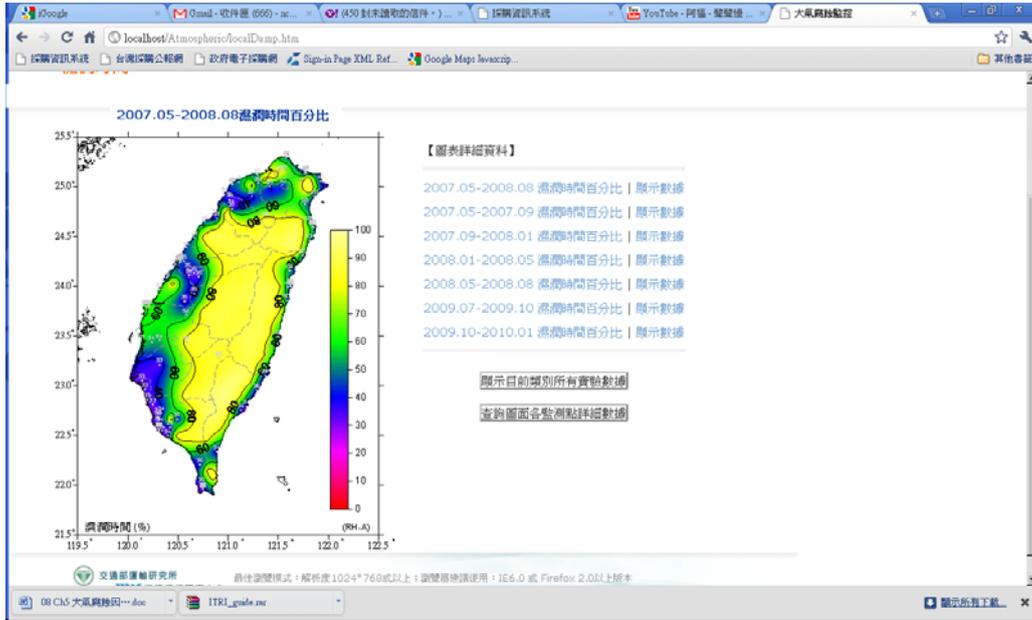


圖 7.1 濕潤時間新增資料顯示



圖 7.2 2009 年金屬現地試驗相片資訊

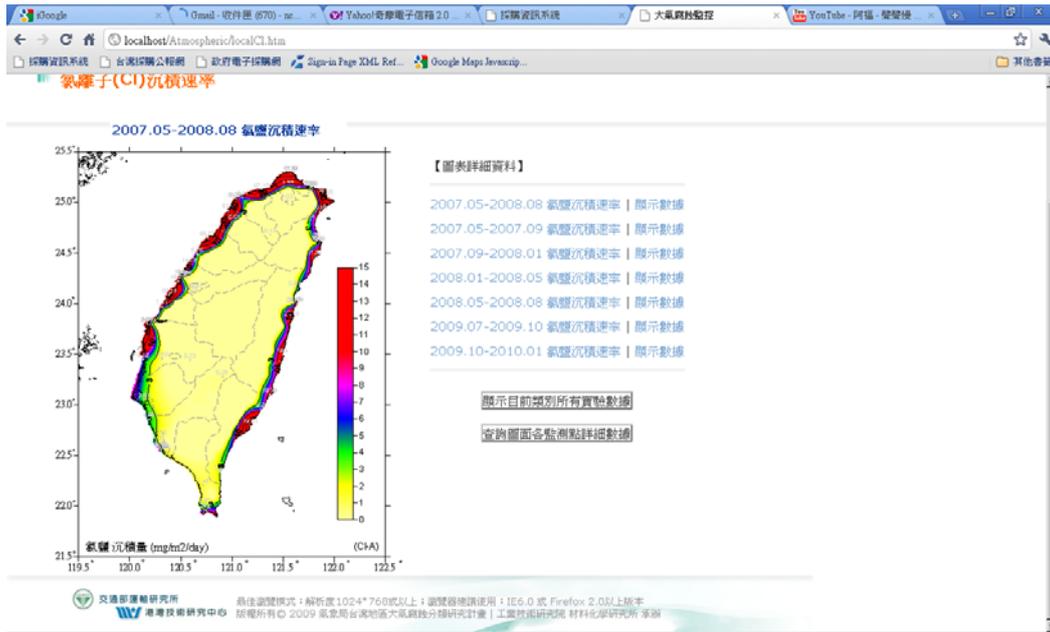


圖 7.3 氯離子新增資料顯示

大氣腐蝕監控 - Google 瀏覽器

localhost/Atmospheric/show_classdata.asp?type=cl

CL(氯)試驗地點實驗數據

	2007.09-2008.01	2008.01-2008.05	2008.05-2008.08	2007.05-2008.08	全年期大氣腐蝕環境分類	2009.07-2009.10	2009.10-2010.01
05-09 /day)	(mg/m ² /day)	(mg/m ² /day)	(mg/m ² /day)	(mg/m ² /day)		(mg/m ² /day)	(mg/m ² /day)
8	9.456	11.22	7.694	40.32	S1		
7	7.372	14.41	-	-	S1	4.0927	15.9437
4	0.382	10.84	4.671	20.61	S1	13.3076	20.0029
7	0.250	4.615	2.329	8.752	S1		
2	1.078	2.147	0.849	3.139	S1		
2	0.324	4.646	3.123	7.692	S1	12.2698	
5	-	23.75	48.96	97.68	S2		

圖 7.4 氯離子新增資料顯示(詳細)

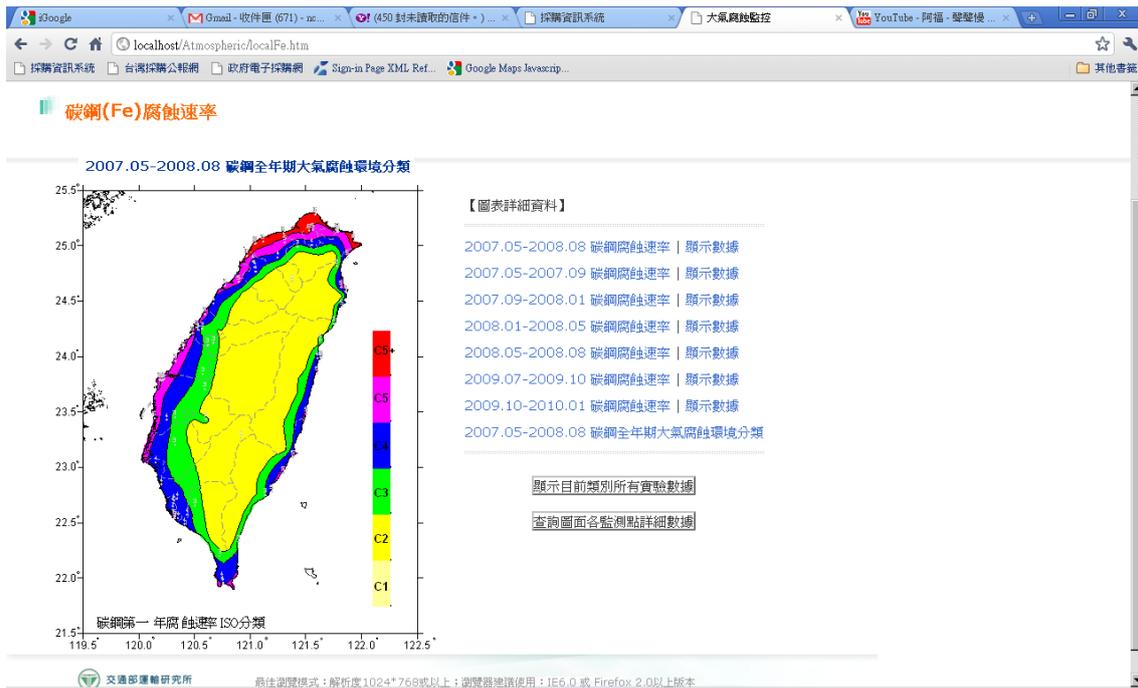


圖 7.5 碳鋼(Fe)新增資料顯示

Fe(鐵)試驗地點實驗數據

試驗地點	2007.05-2007.09 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	2007.09-2008.01 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	2008.01-2008.05 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	2008.05-2008.08 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	2007.05-2008.08 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	全年期大氣腐蝕環境分類	2009.07-2009.10 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	2009.10-2010.01 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)
核一廠	226.6	388.1	230.7	350.9	290.9	C5+		
基隆試驗線 0m	126.3	254.2	218.7	151.3	247.0	C5+	237.032	363.96
基隆試驗線 100m	-	-	-	-	-	-	417.192	435.132
基隆試驗線 300m	68.92	249.4	179.4	100.4	247.2	C5+		
基隆試驗線 1Km	57.69	173.2	175.9	72.55	112.5	C5		
基隆試驗線 3Km	58.72	205.7	148.3	69.30	113.4	C5	183.826	228.159
澳底安檢所	158.8	325.5	274.2	210.9	323.6	C5+		
標枋安檢所	129.8	212.6	39.26	172.3	155.1	C5	289.133	165.335
礁溪火車站	24.44	58.24	54.96	63.58	27.28	C3		

圖 7.6 碳鋼(Fe)新增資料顯示(詳細)

其餘腐蝕因子的新增資料，其格式與呈現方式與上述的氯離子、碳鋼(Fe)等相同，故不再一一贅述。

7.3 資料庫資料結構擴充與程式調整

為了提供前述新增的數據資料輸入並保存在資料庫，且考量到2010年資料的擴充性。故在資料顧的資料結構方面，擴充了2009年~2010年的資料欄位，使未來的資料更新擴充性，在資料庫方面準備完整。

在資料庫方面擴充的欄位，說明如表7-1所示

表 7-1 Access 資料庫資料表欄位擴充說明

資料表名稱	欄位名稱	中文說明	備註
view_totaldata	ac_98q3data	2009年第三季資料	本年度使用
view_totaldata	ac_98q4data	2009年第四季資料	本年度使用
view_totaldata	ac_99q1data	2010年第一季資料	未來擴充
view_totaldata	ac_99q2data	2010年第二季資料	未來擴充
view_totaldata	ac_9899data	2009~2010年數據平均	未來擴充
view_totaldata	ac_9899iso	2009~2010年ISO值	未來擴充
ac_mpdata	ac_lat	監測點經度(google單位)	googlemap使用
ac_mpdata	ac_lng	監測點緯度(google單位)	googlemap使用

資料庫之資料表欄位擴充後，在管理介面如圖7.7所示

	ac_06q3data	ac_06q4data	ac_07q1data	ac_07q3data	ac_0697data	ac_0697iso	ac_08q3data	ac_08q4data	ac_09q1data	ac_09q2data	ac_0899data	ac_0899iso
41.5	46.02	55.29	53.60	49.10	T 4							
28.40	53.18	43.94	34.09	39.90	T 4	48	64.8264					
28.40	53.18	43.94	34.09	39.90	T 4	48	64.8264					
28.40	53.18	43.94	34.09	39.90	T 4							
25.60	43.18	43.94	34.09	36.70	T 4							
28.40	53.18	43.94	34.09	39.90	T 4	48.3	64.8264					
28.40	53.18	43.94	34.09	39.90	T 4							
28.40	53.18	43.94	34.09	39.90	T 4	48.8	61.9709					
51.39	51.75	55.14	45.24	50.38	T 4							
52.20	62.27	52.86	44.98	53.08	T 4	51.4	65.6085					
51.39	62.27	52.86	44.52	52.76	T 4	51.4	65.6085					
51.20	62.27	52.86	44.52	52.71	T 4	51.4	65.6085					
51.20	62.27	52.86	44.52	52.71	T 4	51.4	65.6085					
51.70	62.12	53.19	44.52	52.88	T 4							
51.80	62.12	53.19	44.52	52.91	T 4	51.6	65.7077					
60	44.73	45.24	51.14	50.28	T 4	43.1	21.3294					
60	44.73	45.24	51.14	50.28	T 4	42.9	21.3294					
57.70	44.73	45.24	51.14	49.70	T 4	42.9	21.3294					
60	41.51	45.30	51.14	49.48	T 4	42.9	21.3294					
60	41.51	45.30	50.34	49.28	T 4	42.9	21.3294					
60	41.82	45.51	50.34	49.42	T 4	42.9	21.3294					
60	41.82	45.51	50.34	49.42	T 4							
60	41.51	45.56	50.34	49.35	T 4							
60	41.82	45.24	50.93	49.50	T 4	42.9	21.2					
59.20	41.82	45.24	50.93	49.30	T 4	42.9	21.2					
35.10	20.07	42.77	49.79	36.93	T 4	45.1	27.4333					
35.10	20.07	42.77	49.79	36.93	T 4							
35.10	20.07	42.77	46.60	36.13	T 4	45.5	27.2156					
31.10	19.60	42.28	43.82	34.20	T 4	36.9	22.3545					
31.40	19.60	42.28	43.69	34.24	T 4	36.9	22.3545					
31.10	19.60	42.28	43.69	34.17	T 4	37.5	21.9907					
54.5	11.97	15.97	58.23	35.17	T 4	43.5	18.75					
54.5	11.97	15.97	58.23	35.17	T 4	43.5	18.75					
54.5	11.97	15.97	58.23	35.17	T 4	43.5	18.75					
54.5	11.97	15.97	58.23	35.17	T 4	43.5	18.75					
54.5	16.04	15.97	58.23	36.18	T 4							
44.60	59.71	14.58	56.54	37.36	T 4	37	21.1864					
44.5	35.5	16.39	49.34	34.10	T 4	37	21.1864					

圖 7.7 Access 資料庫資料表(view_totalldata 的擴增結果)

在程式調整方面，為了搭配前述的資料庫結構擴充與資料新增，使資料的顯示與比較等功能正常顯示，因此系統相關的程式均做過調整，以搭配資料顯示與擴充。在調整過程中，以 GooleMap 搭配的經緯度座標為例，由於目前的實驗數據均採用 TWD97/WGS84 標準之經緯度(度分秒)的格式，但是 GoogleMap 並不接受此種數據；因此，必須在資料庫的監測點資料表(ac_mpdata)，先行增加兩個 GooleMap 專用的經緯度計算欄位，然後透過經緯度(度分秒)的格式轉換公式，轉換為經緯度(度)的格式，並存入資料欄位，才能提供 GoogleMap 正確定位試驗點的位置。轉換公式為

$$\text{經緯度(度)} = \text{經緯度(度)} + \text{經緯度(分)} / 60 + \text{經緯度(秒)} / 3600$$

7.4 Google Map 整合

本部份為今年度的工作重點項目。在前兩年的系統功能中，僅提供固定的台灣全島靜態圖形，並標註實驗點位置提供使用者做點選；但由於圖形解析度較小，且大小只能為固定式。在使用上雖可達到基本的功能要求，卻無法在操作尚讓人滿意。

為了讓使用者在使用本系統中，觀察數據的使用上更加方便，因此將目前全球通行之 GooleMap 整合進入本資料庫系統，讓使用介面朝更便利，更直覺化的方向發展。

目前，本功能已經取代了去年的『依地圖觀察試驗點』的功能。結合了 GooleMap 視覺化操作的試驗數據觀察系統，已經能夠完全利用 GoogleMap 的功能觀察數據資料，在操作上的基本功能大致有：

1. 自由縮放：透過 GoogleMap 自由縮放全台(或包含台灣之外監測點)地圖。
2. 街景瀏覽：在 GooleMap 提供街景瀏覽的區域，提供 StreetView 功能，讓使用者能夠觀察監測點附近的資料。
3. 混合地圖&地形圖：混合了街道圖與地形圖的自由選項，使用者在觀察試驗點資訊時，可以同時觀察到試驗點附近的街道、地形等資訊，有利於綜合資訊判斷。
4. 試驗點資訊整合：點選任何一個資訊點，除了可以達到上述 GooleMap 提供的功能之外，並提供將試驗點基本資訊，以及各年度的各項試驗腐蝕因子數據，在一頁的範圍內全部呈現，提高資訊的可全面觀察性。

整合 GoogleMap 的操作畫面如圖 7.8~7.11 所示



圖 7.8 GoogleMap 整合操作觀察試驗點

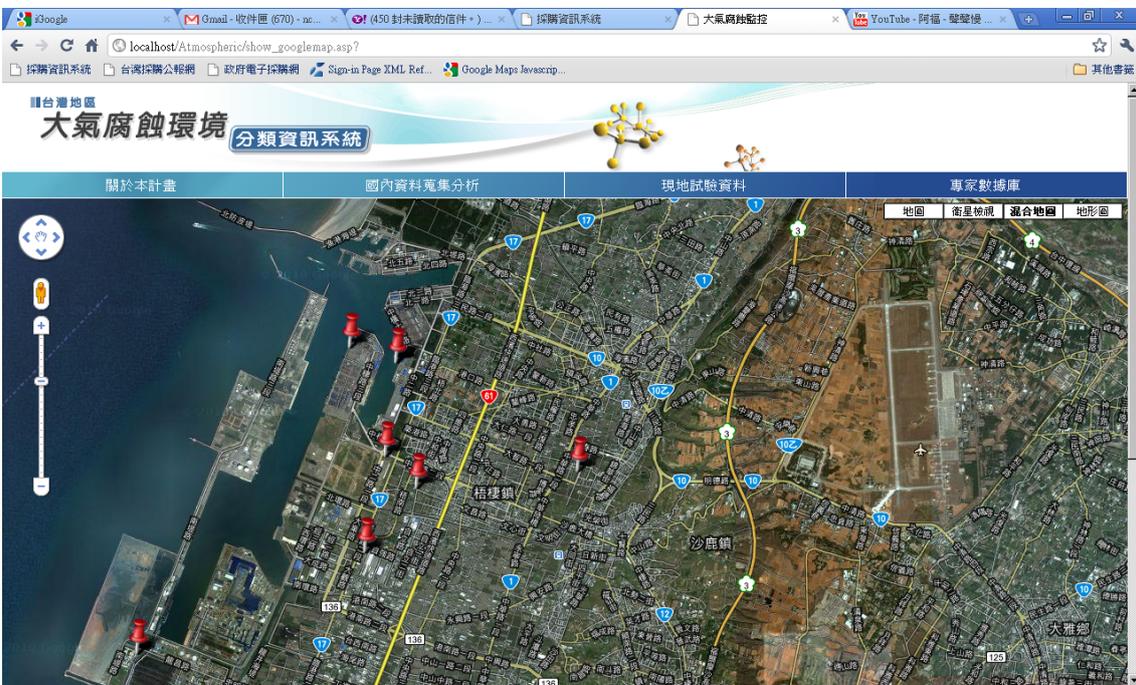


圖 7.9 GoogleMap 整合衛星地圖觀察試驗點

大氣腐蝕監控 - Google 瀏覽器

localhost/Atmospheric/show_googlepointdata.asp?value=81

試驗地點基本資料

試驗地點名稱	座標(E)	座標(N)	高程(m)	離海岸線距離(KM)
台中港試驗線1Km	120°32'1.6"	24°14'55.2"	4	1.82

台中港試驗線1Km試驗地點實驗數據

腐蝕因子	2007.05-2007.09	2007.09-2008.01	2008.01-2008.05	2008.05-2008.08	2007.05-2008.08	全年期大氣腐蝕環境分類	2009.07-2009.10	2009.10-2010.01
RH(相對溼度)(%)	41.39	45.13	59.81	35.56	45.47	T4	9.3	39.3188
CL(氯)(mg/m ² /day)	0.755	12.14	2.064	0.948	1.683	S0	6.44087	5.91445
SO ₂ (二氧化硫)(mg/m ² /day)	-	-	-	-	-	-	-	-
Al(鋁)(g/m ² /yr)	2.487	12.19	9.788	2.947	1.655	C3	3.08998	4.41834
Cu(銅)(μm/yr)	3.909	4.694	8.324	6.422	4.555	C5	8.28459	10.1148

圖 7.10 單一試驗點整合資訊視窗



圖 7.11 GoogleMap 觀察試驗點街景(StreetView)效果

7.5 系統功能展望

本年度的大氣腐蝕因子資料庫系統，在實驗數據資料的更新、資料庫欄位擴充/程式調整，以及 GooleMap 的整合上，已經達到階段性的目的；但資訊系統的功能服務方面，仍有許多未來的可能性足已開發，茲將系統功能未來可能發展的方向一一做說明

1. 圖片整合資料：目前的監測點資訊雖然已經完善，但仍然缺乏圖形與數據資料整合的介面。若要達到此點，必須將目前靜態的照片呈現方式，轉化為搭配圖片管理與上傳功能的新介面。透過監測點數據管理，將實驗資料與試體照片等整合管理，並整合顯示，可以達到資訊更全面且圖文並茂的效果。
2. 前端管理平台：目前雖然有後台管理介面，但由於為 Access 資料庫格式。不僅在未來資料庫可能擴充為 SQL 時無法使用；目前的管理者也必須具備 Access 相關管理經驗，方能正常使用管理功能。因此，未來需增加 Web 化前端管理介面，透過管理者身分進入網站，則可以針對監測點、實驗數據，以及上述之試體相關照片進行資料新增/刪除/修改/查詢等管理動作。其便利性與通用性將可大幅提升。
3. 監測資訊 GIS 整合系統：目前提供的監測點全面化的效果，仍只侷限於單點。而單一資訊點的資料其實已經夠豐富了；未來可能的走向，應該透過系統開發，將特定區域的監測點數據集中分析，透過分析結果，將趨勢預測(例如，碳鋼腐蝕速率在靠海區域與氯離子成正相關，並逐步向內陸平原區域發展)以及特殊區域特性報告(例如，前台 Top3 高銅離子侵蝕區域標訂)，透過 GoogleMap 的功能呈現出來，那麼本系統將不再只是單純的數據資料庫，而能夠提升為全台腐蝕因子的 GIS 地理資訊整合系統。
4. 具備權限管理的會員制網站：目前本資料庫系統僅提供部分實驗數據的帳號密碼鎖定功能，仍然未具備會員制網站的雛形。在前面提到的系統功能展望裡，大部分的功能仍然必須有會員制的權限管理概念，才能夠真正落實推動。例如，管理者能夠進行所有的相關數

據管理；一般會員能夠瀏覽所有的網站資料庫，並進行資料比對；而訪客則只供一般資訊流覽的功能。

5. 3D 立體操作：目前資料庫系統已整合 GoogleMap 的輔助顯示功能；但若想在使用介面上提供更炫目新穎的效果，則必須考慮加入 3D 立體操作的效果。以目前的系統規劃考量，可以加入 Google Earth 3D，與 GoogleMap 的 2D 效果整合起來，則使用者在進入網站後的操作上，會更有令人印象深刻的操作效果。
6. Web2.0 功能：當本資料庫系統相關數據資料均已完備上線時，為了使相關有興趣的會員/使用者們能夠更加深入互動，系統應朝向 Web2.0 的功能方向發展，例如
 - 建立大氣腐蝕討論區，使會員互動性增加
 - 建立新聞與研討會訊息，使資訊能夠透過單一平台公布
 - 建立檔案下載專區，使有價值的資訊，例如中文化的規範書，付費下載的數據資料庫等，可以被更有效的管理與提供。
7. 基礎架構改善：目前，本資料庫系統係使用 ASP 平台，搭配 AccessDB 與 TeeChart 6.0 繪圖元件進行開發。功能雖然能滿足現階段的需求，但此開發架構已經略為過時；有鑑於資訊科技技術日新月異，為了在日後系統的功能提昇，網站效能改善，以及資訊安全的防護上，保持更好的效率以及資訊安全防護效果，系統的基礎平台架構應當考慮提昇為較新的平台架構(例如 Microsoft ASP.NET 3.5/4.0)，方能應付未來的需求以及可能出現的狀況。

以上為系統開發部分，針對未來開發的方向的展望。相信若能往這個方向進行系統的建置與開發，對腐蝕因子數據資料庫這個網站的發展，會更有意義；透過大量的數據資源集中，大批會員/使用者互動，期許使這個系統能在腐蝕研究這塊領域，成為一個新的指標性網站。

第八章 結論與建議

臺灣為一海島，地處熱帶/亞熱帶，高溫、高溼與高鹽份的環境極易造成金屬在大氣中腐蝕劣化。自 1971 年起，國內各研究單位曾陸續以試片腐蝕速率的量測方式進行臺灣大氣腐蝕環境分類，然而因試驗場址維護不易，各地區均無持續 10 年以上的腐蝕數據，且相關之大氣腐蝕研究亦止於 1995 年。為達到結構物耐久性防蝕設計的目的，目前若仍引用過去之調查數據，腐蝕速率的估算恐會產生過與不及的虞慮。

2007 年起交通部運輸研究所港灣技術研究中心與工業技術研究材料與化工研究所共同研究之「臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究」計畫，已初步完成大氣腐蝕試驗點與大氣腐蝕資料庫的建立，但因調查時間僅為兩年，仍缺乏長期暴露之腐蝕速率數據。因此本研究將承續過去已建置之試驗位址，在腐蝕嚴重的鹽害區、工業區以及腐蝕較輕微的鄉村區 3 處，規劃為期 10 年的現地暴露試驗，進行金屬腐蝕速率調查，驗證 ISO 9224 規範在臺灣本島之適用性。此外，於 2009 年「構造物腐蝕環境分類之潛勢分析 1/2」研究計畫，亦依據國際標準組織 ISO 12944 規範，研擬有機塗裝防蝕規範草案。

本年度研究計畫「構造物腐蝕環境分類之潛勢分析 2/2」，持續進行現地金屬腐蝕速率調查，並依據 NACE No. 12/AWS C2.23M/SSPC-CS 23.00 及 ISO 相關規範，研擬無機塗裝熱噴覆防蝕規範草案，健全大氣腐蝕因子資料庫及港灣構造物陰極防蝕準則草案完整性檢討與內容增修。提供構造物耐久性與防蝕設計的須要，完善臺灣地區構造物腐蝕環境分類數據資料庫的建立。研究成果將可提供公路總局、鐵路局及高鐵局、港務局等相關單位進行公共工程建設時，作為金屬材料選用與塗裝防蝕之依據，以達到符合各腐蝕環境所須的防蝕措施，確保各公共工程如橋梁、碼頭等重大建設之構造物達到或超出設計使用年限，避免或減少工安事故，降低社會成本及提高經濟效益。主要結論

與建議事項敘述如下：

8.1 結論

1. 碳鋼金屬在麥寮工業區、溪頭森林區與梧棲港研中心一年的平均腐蝕速率分別約為 75.01 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 、14.72 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 與 105.32 $\mu\text{m}/\text{yr}$ ；鋅金屬的平均腐蝕速率分別約為 4.91 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 、1.76 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 與 9.03 $\mu\text{m}/\text{yr}$ ；鋁金屬的平均腐蝕速率分別約為 7.96 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 、3.88 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 與 7.43 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ ；而銅金屬的平均腐蝕速率分別約為 5.55 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 、1.16 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 與 3.57 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 。
2. 依據 ISO 9223，在麥寮工業區之碳鋼、鋅、銅、鋁的大氣腐蝕環境分類分別為 C4、C5、C5、C5；台中火力電廠與梧棲港研中心鹽害區之碳鋼、鋅、銅、鋁大氣腐蝕環境分類分別為 C5、C5+、C5、C5；至於鄉村的溪頭森林區，碳鋼、鋅、銅、鋁之大氣腐蝕環境分類則分別為 C2、C3、C3、C4。
3. 碳鋼金屬在麥寮工業區、溪頭森林區與梧棲港研中心二年的平均腐蝕速率分別約為 56.10 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 、11.22 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 與 55.77 $\mu\text{m}/\text{yr}$ ；鋅金屬的平均腐蝕速率分別約為 2.43 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 、1.23 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 與 4.75 $\mu\text{m}/\text{yr}$ ；鋁金屬的平均腐蝕速率分別約為 4.47 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 、2.15 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 與 1.61 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ ；而銅金屬在麥寮工業區、溪頭森林區的平均腐蝕速率分別約為 3.51 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 、1.44 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 。
4. 本年度在資料庫中擴充的功能除了持續擴充新增加的數據資料；主要的功能在使用介面的整合部分，透過 GoogleMap 的整合，加強使用上的便利性，增加大氣腐蝕因子資料庫的應用與推廣。
5. 本年度已完成 NACE No. 12/AWS C2.23M/SSPC-CS 23.00 及 ISO 2063、ISO 14922 相關規範之中文化(如附冊)，對國內的防蝕工程應有很大的助益，可作為未來 CNS 標準的參考草案。
6. 完成檢討港灣構造物陰極防蝕準則草案之現有內容，增修近年來國外新開發之陰極防蝕工法及材料之相關內容。

8.2 建議

1. 2007 年起交通部運輸研究所港灣技術研究中心已累積相當多的大氣腐蝕數據並完成大氣腐蝕資料庫的建立；但依據 ISO 9223 規範，為達到大氣腐蝕環境分類的目的，相關的現地暴露試驗至少須進行一年以上。
1. 由於大氣腐蝕有其地域性的差異，若能藉由數值模擬或實驗室電化學的方法來推算某地區金屬的大氣腐蝕速率，不僅可以減少現地暴露所須的時間，更可配合工程建設發展的需要。
2. 數值模擬推算的參數至少應包括相對濕度、氯鹽沉積速率與二氧化硫沉積速率，之後可在擴充包含降雨量與日照時間兩項影響因子，而建立之預測方程式的準確性可用已有的大氣腐蝕數據進行驗證。
3. 至於電化學的方法，可採用交流電阻抗(Electrochemical Impedance Spectroscopy, EIS)或伽凡尼電流(Galvanic Current)量測的方式，在乾濕交替的情況下，模擬大氣中暴露金屬表面的水膜狀況，以 Atmospheric Corrosion Monitor (ACM) 試片進行腐蝕加速試驗，推算金屬的大氣腐蝕速率。
4. 此外，在資料庫的功能維護與擴充方面，建議事項請見報告第 7.5 節。

參考文獻

1. ISO 9223/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Classification.
2. ISO 9224/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Guiding values for the corrosivity categories
3. ISO 9225/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Measurement of pollution.
4. ISO 9226/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation of corrosivity.
5. ISO 8565/1992: Metals and alloys - Atmospheric corrosion testing - General requirements for field tests.
6. 中華民國國家標準 CNS 13401 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性之分類，1994。
7. 中華民國國家標準 CNS 13753 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性(測定標準試片之腐蝕速率以評估腐蝕性)，2005。
8. 中華民國國家標準 CNS 13754 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性(污染之測定)，1996。
9. 中華民國國家標準 CNS 14122 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕-試片腐蝕生成物清除法，1998。
10. 中華民國國家標準 CNS14123 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕測試(現場測試之一般要求)，2006。
11. NACE No. 12 /AWS C2.23M /SSPC-CS 23.00, "Specification for the Application of Thermal Spray Coatings (Metallizing) of Aluminum, Zinc, and Their Alloys and Composites for the Corrosion Protection of Steel", NACE International, Houston, TX, 2003.
12. ISO 2063/2005, Thermal spraying - Metallic and other inorganic

coatings -- Zinc, aluminium and their alloys.

13. ISO 14922-1/1999, Thermal spraying - Quality requirements of thermally sprayed structures -- Part 1: Guidance for selection and use.
14. ISO 14922-2/1999, Thermal spraying - Quality requirements of thermally sprayed structures -- Part 2: Comprehensive quality requirements.
15. ISO 14922-3/1999, Thermal spraying - Quality requirements of thermally sprayed structures -- Part 3: Standard quality requirements.
16. ISO 14922-4/1999, Thermal spraying - Quality requirements of thermally sprayed structures - Part 4: Elementary quality requirements.
17. ISO 12944/1988: Paints and varnishes- Corrosion protection of steel structures by protective paint systems, Part 1- Part 8.
18. T. Call and T. Neal, “Virginia’s Use of Metallized Bridge Structures”, Steel Structures Painting Council (SSPC) International Conference, Dallas, TX, Nov. 9-16, 1995.
19. “Guide for the Protection of Steel with Thermal Sprayed Coatings of Aluminum and Zinc and Their Alloys and Composites”, ANSI/AWS C2.18-93, American Welding Society, Miami, FL, 1993.
20. “Corrosion Tests of Flame-Sprayed Coated Steel 19-Year Report”, American Welding Society, Miami, FL, 1974.
21. K. P. Fischer, W. H. Thomason, T. Rosbrook, and J. Murali, Material Performances, NACE international, Houston, TX, pp. 28, April, 1995.
22. M. Funahashi, “An Insight into Cathodic Protection Systems for Reinforced Concrete Structure”, Paper No. 07294, Proceeding of the Corrosion/2007 Conference, NACE International, Houston, Texas, 2007.

附錄一

現地暴露試驗試片數據整理分析

1. 平板試片暴放一年後試片腐蝕速率及腐蝕環境分類

附表 1. 雲林縣麥寮工業區暴放一年後試片腐蝕速率及腐蝕環境分類

暴放地點	碳鋼			鋅		
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類
雲林縣 (麥寮工業區)	72.39	75.01	C4	4.69	4.91	C5
	72.71			5.18		
	79.93			4.87		
	---			---		
	銅			鋁		
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 (g/m ² /yr)	平均腐蝕速率 (g/m ² /yr)	ISO 9223 腐蝕性分類
	5.39	5.55	C5	8.29	7.96	C5
	5.36			7.96		
	5.90			7.63		
	---			---		

附表 2. 南投縣溪頭暴放一年後試片腐蝕速率及腐蝕環境分類

暴放地點	碳鋼			鋅		
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類
南投縣 (溪頭)	15.38	14.72	C2	1.56	1.76	C3
	14.04			1.89		
	14.73			1.83		
	---			---		
	銅			鋁		
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 (g/m ² /yr)	平均腐蝕速率 (g/m ² /yr)	ISO 9223 腐蝕性分類
	1.18	1.16	C3	2.66	3.88	C4
	1.07			3.33		
	1.23			5.66		
	---			---		

附表 3. 臺中港區暴放一年後試片腐蝕速率及腐蝕環境分類

暴放地點	碳鋼			鋅		
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類
臺中港附近 (臺中火力發電廠、港研中心*)	107.19	105.32	C5	8.07	9.03	C5+
	103.76			10.13		
	105.00			8.90		
	--			---		
	銅			鋁		
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 (g/m ² /yr)	平均腐蝕速率 (g/m ² /yr)	ISO 9223 腐蝕性分類
	3.63	3.57	C5	4.73	7.43	C5
	3.63			8.44		
	3.45			9.11		
	---			---		

註：*因試片遺失，於 99 年 6 月 25 日試驗場址移至港研中心試驗大樓樓頂

2. 平板試片暴放二年後試片腐蝕速率及腐蝕環境分類

附表 4. 雲林縣麥寮工業區暴放二年後試片腐蝕速率及腐蝕環境分類

暴放地點	碳鋼			鋅		
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類
雲林縣 (麥寮工業區)	57.37	56.10	---	2.45	2.43	---
	55.16			2.54		
	55.77			2.29		
	---			---		
	銅			鋁		
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 (g/m ² /yr)	平均腐蝕速率 (g/m ² /yr)	ISO 9223 腐蝕性分類
	3.61	3.51	---	4.30	4.47	---
	3.51			4.80		
	3.40			4.30		
	---			---		

附表 5. 南投縣溪頭暴放二年後試片腐蝕速率及腐蝕環境分類

暴放地點	碳鋼			鋅		
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類
南投縣 (溪頭)	11.68	11.22	---	1.22	1.23	---
	10.93			1.19		
	11.05			1.28		
	---			---		
	銅			鋁		
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 (g/m ² /yr)	平均腐蝕速率 (g/m ² /yr)	ISO 9223 腐蝕性分類
	1.69	1.44	---	2.32	2.15	---
	1.31			1.82		
	1.33			2.32		
	---			---		

附表 6. 臺中港區暴放二年後試片腐蝕速率及腐蝕環境分類

暴放地點	碳鋼			鋅		
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類
臺中港附近 (港研中心)	56.09	55.77	---	4.44	4.75	---
	56.54			5.23		
	54.68			4.59		
	--			---		
	銅			鋁		
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 (g/m ² /yr)	平均腐蝕速率 (g/m ² /yr)	ISO 9223 腐蝕性分類
	*	*	---	2.33	1.61	---
	*			1.50		
	*			1.00		
	---			---		

註：*表示重新暴放試片之暴露時間未滿二年

3. 碳鋼金屬腐蝕速率計算

附表 7. 雲林縣麥寮工業區第一年碳鋼金屬試驗分析結果

試驗場址	試片編號	Fe 01	Fe 03	Fe 04	備註
雲林縣 麥寮工 業區	原始重量(g)	637.89	643.39	638.63	
	清洗後實際重量(g)	620.10	625.52	616.06	
	重量變化(g)	17.79	17.87	22.57	
	腐蝕速率(g/m ² /year)	568.96	571.52	628.27	
	腐蝕速率(μm/year)	72.39	72.71	79.93	
	腐蝕性等級	C4	C4	C4	

附表 8. 雲林縣麥寮工業區第二年碳鋼金屬試驗分析結果

試驗場址	試片編號	Fe 05	Fe 06	Fe07	備註
雲林縣 麥寮工 業區	原始重量(g)	639.38	639.19	633.87	
	清洗後實際重量(g)	611.10	612.00	606.38	
	重量變化(g)	28.28	27.19	27.49	
	腐蝕速率(g/m ² /year)	450.95	433.57	438.35	
	腐蝕速率(μm/year)	57.37	55.16	55.77	
	腐蝕性等級				

附表 9. 南投縣溪頭第一年碳鋼金屬試驗分析結果

試驗場址	試片編號	Fe 25	Fe 26	Fe 27	備註
南投縣 溪頭	原始重量(g)	644.03	642.60	641.15	
	清洗後實際重量(g)	640.26	639.16	637.54	
	重量變化(g)	3.77	3.44	3.61	
	腐蝕速率(g/m ² /year)	120.93	110.34	115.79	
	腐蝕速率(μm/year)	15.38	14.04	14.73	
	腐蝕性等級	C2	C2	C2	

附表 10. 南投縣溪頭第二年碳鋼金屬試驗分析結果

試驗場址	試片編號	Fe 28	Fe 29	Fe 30	備註
南投縣 溪頭	原始重量(g)	641.70	641.10	639.13	
	清洗後實際重量(g)	635.95	635.72	633.69	
	重量變化(g)	5.75	5.38	5.44	
	腐蝕速率(g/m ² /year)	91.82	85.91	86.87	
	腐蝕速率(μm/year)	11.68	10.93	11.05	
	腐蝕性等級				

附表 11. 臺中港區第一年碳鋼金屬試驗分析結果

試驗場址	試片編號	Fe 49	Fe 50	Fe 51	備註
臺中港附近	原始重量(g)	639.40	639.65	641.30	
	清洗後實際重量(g)	613.51	614.59	615.94	
	重量變化(g)	25.89	25.06	25.36	
	腐蝕速率(g/m ² /year)	842.55	815.54	825.30	
	腐蝕速率(μm/year)	107.19	103.76	105.00	
	腐蝕性等級	C5	C5	C5	

附表 12. 臺中港區第二年碳鋼金屬試驗分析結果

試驗場址	試片編號	Fe 52	Fe 53	Fe 54	備註
臺中港附近	原始重量(g)	638.60	642.50	639.05	
	清洗後實際重量(g)	611.15	614.83	612.29	
	重量變化(g)	27.45	27.67	26.76	
	腐蝕速率(g/m ² /year)	444.86	444.40	429.78	
	腐蝕速率(μm/year)	56.09	56.54	54.68	
	腐蝕性等級				

4.銅金屬腐蝕速率計算

附表 13. 雲林縣麥寮工業區第一年銅金屬試驗分析結果

試驗場址	試片編號	Cu 02	Cu 03	Cu 04	備註
雲林縣 麥寮工 業區	原始重量(g)	526.19	524.86	527.87	
	清洗後實際重量(g)	524.71	523.39	526.25	
	重量變化(g)	1.48	1.47	1.62	
	腐蝕速率(g/m ² /year)	48.31	47.98	52.88	
	腐蝕速率(μm/year)	5.39	5.36	5.90	
	腐蝕性等級	C5	C5	C5+	

附表 14. 雲林縣麥寮工業區第二年銅金屬試驗分析結果

試驗場址	試片編號	Cu 05	Cu 06	Cu 07	備註
雲林縣 麥寮工 業區	原始重量(g)	523.79	527.34	526.03	
	清洗後實際重量(g)	521.80	525.41	524.16	
	重量變化(g)	1.99	1.93	1.87	
	腐蝕速率(g/m ² /year)	32.39	31.41	30.43	
	腐蝕速率(μm/year)	3.61	3.51	3.40	
	腐蝕性等級				

附表 15. 南投縣溪頭第一年銅金屬試驗分析結果

試驗場址	試片編號	Cu 25	Cu 26	Cu 27	備註
南投縣 溪頭	原始重量(g)	525.22	524.09	526.57	
	清洗後實際重量(g)	524.90	523.80	526.23	
	重量變化(g)	0.32	0.29	0.34	
	腐蝕速率(g/m ² /year)	10.57	9.56	10.99	
	腐蝕速率(μm/year)	1.18	1.07	1.23	
	腐蝕性等級	C3	C3	C3	

附表 16. 南投縣溪頭第二年銅金屬試驗分析結果

試驗場址	試片編號	Cu 28	Cu 29	Cu 30	備註
南投縣 溪頭	原始重量(g)	524.77	525.53	521.86	
	清洗後實際重量(g)	523.84	524.81	521.13	
	重量變化(g)	0.93	0.72	0.73	
	腐蝕速率(g/m ² /year)	15.16	11.73	11.90	
	腐蝕速率(μm/year)	1.69	1.31	1.33	
	腐蝕性等級				

附表 17. 臺中港區第一年銅金屬試驗分析結果

試驗場址	試片編號	Cu 09	Cu 10	Cu 11	備註
臺中港 附近	原始重量(g)	653.08	653.96	657.77	
	清洗後實際重量(g)	652.03	652.91	656.77	
	重量變化(g)	1.05	1.05	1.00	
	腐蝕速率(g/m ² /year)	32.49	32.49	30.94	
	腐蝕速率(μm/year)	3.63	3.63	3.45	
	腐蝕性等級	C5	C5	C5	

附表 18. 臺中港區第二年銅金屬試驗分析結果

試驗場址	試片編號	Cu 49	Cu 50	Cu 51	備註
臺中港 附近	原始重量(g)	---	---	---	
	清洗後實際重量(g)	---	---	---	
	重量變化(g)	---	---	---	
	腐蝕速率(g/m ² /year)	---	---	---	
	腐蝕速率(μm/year)	---	---	---	
	腐蝕性等級				

註：重新暴放試片之暴露時間未滿二年

5. 鋅金屬腐蝕速率計算

附表 19. 雲林縣麥寮工業區第一年鋅金屬試驗分析結果

試驗場址	試片編號	Zn 01	Zn 02	Zn 03	備註
雲林縣 麥寮工 業區	原始重量(g)	528.83	530.61	535.22	
	清洗後實際重量(g)	527.79	529.46	534.14	
	重量變化(g)	1.04	1.15	1.08	
	腐蝕速率(g/m ² /year)	33.47	37.01	34.75	
	腐蝕速率(μm/year)	4.69	5.18	4.87	
	腐蝕性等級	C5	C5	C5	

附表 20. 雲林縣麥寮工業區第二年鋅金屬試驗分析結果

試驗場址	試片編號	Zn 04	Zn 05	Zn 06	備註
雲林縣 麥寮工 業區	原始重量(g)	524.51	531.25	532.74	
	清洗後實際重量(g)	523.42	530.12	531.72	
	重量變化(g)	1.09	1.13	1.02	
	腐蝕速率(g/m ² /year)	17.49	18.13	16.36	
	腐蝕速率(μm/year)	2.45	2.54	2.29	
	腐蝕性等級				

附表 21. 南投縣溪頭第一年鋅金屬試驗分析結果

試驗場址	試片編號	Zn 25	Zn 26	Zn 27	備註
南投縣 溪頭	原始重量(g)	531.74	521.60	542.75	
	清洗後實際重量(g)	531.39	521.18	542.35	
	重量變化(g)	0.35	0.42	0.40	
	腐蝕速率(g/m ² /year)	11.14	13.51	13.05	
	腐蝕速率(μm/year)	1.56	1.89	1.83	
	腐蝕性等級	C3	C3	C3	

附表 22. 南投縣溪頭第二年鋅金屬試驗分析結果

試驗場址	試片編號	Zn 28	Zn 29	Zn 30	備註
南投縣 溪頭	原始重量(g)	539.41	522.76	523.31	
	清洗後實際重量(g)	538.87	522.23	522.74	
	重量變化(g)	0.54	0.53	0.57	
	腐蝕速率(g/m ² /year)	8.68	8.52	9.16	
	腐蝕速率(μm/year)	1.22	1.19	1.28	
	腐蝕性等級				

附表 23. 臺中港區第一年鋅金屬試驗分析結果

試驗場址	試片編號	Zn 49	Zn 50	Zn 51	備註
臺中港 附近	原始重量(g)	536.46	531.88	528.43	
	清洗後實際重量(g)	534.70	529.67	526.49	
	重量變化(g)	1.76	2.21	1.94	
	腐蝕速率(g/m ² /year)	57.63	72.36	63.52	
	腐蝕速率(μm/year)	8.07	10.13	8.90	
	腐蝕性等級	C5	C5+	C5+	

附表 24. 臺中港區第二年鋅金屬試驗分析結果

試驗場址	試片編號	Zn 52	Zn 53	Zn 54	備註
臺中港 附近	原始重量(g)	520.31	535.89	522.71	
	清洗後實際重量(g)	518.35	533.58	520.68	
	重量變化(g)	1.96	2.31	2.03	
	腐蝕速率(g/m ² /year)	31.67	37.33	32.80	
	腐蝕速率(μm/year)	4.44	5.23	4.59	
	腐蝕性等級				

6. 鋁金屬腐蝕速率計算

附表 25. 雲林縣麥寮工業區第一年鋁金屬試驗分析結果

試驗場址	試片編號	A1 01	A1 02	A1 03	備註
雲林縣 麥寮工 業區	原始重量(g)	124.23	124.74	126.62	
	清洗後實際重量(g)	123.98	124.50	126.39	
	重量變化(g)	0.25	0.24	0.23	
	腐蝕速率(g/m ² /year)	8.29	7.96	7.63	
	腐蝕速率(μm/year)	-	-	-	
	腐蝕性等級	C5	C5	C5	

註: - 代表 ISO 9223 中腐蝕速率無 μm/year 之表示

附表 26. 雲林縣麥寮工業區第二年鋁金屬試驗分析結果

試驗場址	試片編號	A1 04	A1 05	A1 06	備註
雲林縣 麥寮工 業區	原始重量(g)	126.43	126.36	123.73	
	清洗後實際重量(g)	126.17	126.07	123.47	
	重量變化(g)	0.26	0.29	0.26	
	腐蝕速率(g/m ² /year)	4.30	4.80	4.30	
	腐蝕速率(μm/year)	-	-	-	
	腐蝕性等級				

註: - 代表 ISO 9223 中腐蝕速率無 μm/year 之表示

附表 27. 南投縣溪頭第一年鋁金屬試驗分析結果

試驗場址	試片編號	Al 25	Al 26	Al 27	備註
南投縣 溪頭	原始重量(g)	121.13	120.26	123.70	
	清洗後實際重量(g)	121.05	120.16	123.53	
	重量變化(g)	0.08	0.10	0.17	
	腐蝕速率(g/m ² /year)	2.66	3.33	5.66	
	腐蝕速率(μm/year)	-	-	-	
	腐蝕性等級	C4	C4	C4	

註: - 代表 ISO 9223 中腐蝕速率無 μm/year 之表示

附表 28. 南投縣溪頭第二年鋁金屬試驗分析結果

試驗場址	試片編號	Al 28	Al 29	Al 30	備註
南投縣 溪頭	原始重量(g)	123.60	123.45	123.52	
	清洗後實際重量(g)	123.46	123.34	123.38	
	重量變化(g)	0.14	0.11	0.14	
	腐蝕速率(g/m ² /year)	2.32	1.82	2.32	
	腐蝕速率(μm/year)	-	-	-	
	腐蝕性等級				

註: - 代表 ISO 9223 中腐蝕速率無 μm/year 之表示

附表 29. 臺中港區第一年鋁金屬試驗分析結果

試驗場址	試片編號	Al 49	Al 50	Al 51	備註
臺中港 附近	原始重量(g)	124.24	124.37	121.01	
	清洗後實際重量(g)	124.10	124.12	120.74	
	重量變化(g)	0.14	0.25	0.27	
	腐蝕速率(g/m ² /year)	4.73	8.44	9.11	
	腐蝕速率(μm/year)	-	-	-	
	腐蝕性等級	C4	C5	C5	

註: - 代表 ISO 9223 中腐蝕速率無 μm/year 之表示

附表 30. 臺中港區第二年鋁金屬試驗分析結果

試驗場址	試片編號	Al 52	Al 53	Al 54	備註
臺中港 附近	原始重量(g)	124.34	124.76	124.73	
	清洗後實際重量(g)	124.20	124.67	124.67	
	重量變化(g)	0.14	0.09	0.06	
	腐蝕速率(g/m ² /year)	2.33	1.50	1.00	
	腐蝕速率(μm/year)	-	-	-	
	腐蝕性等級				

註: - 代表 ISO 9223 中腐蝕速率無 μm/year 之表示

附錄二

期中報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫（具委託性質）

期中 期末報告審查意見處理情形表

計畫編號：MOTC-IOT-99-H1DB004

計畫名稱：「構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(2/2)」

執行單位：工業技術研究院

審查日期：99年7月14日

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
南榮技術學院 林義宗校長		
1. 本計畫執行團隊，致力於臺灣大氣環境建置腐蝕因子資料庫之使命感，值得肯定。	謝謝委員指教。	同意辦理方式
2. 計畫執行報告格式，建議委託單位宜做適度檢討。	遵照委託單位之報告格式撰寫。	同意辦理方式
3. 本計畫執行項下涉及大氣腐蝕金屬試片十年期之曝露試驗，以及大氣腐蝕因子資料庫功能維護，計畫內未明訂計畫執行結案時，如何建立技術移轉及撰寫執行報告移交，將來後續維持恐將發生技術與經驗傳承的失真問題。	大氣腐蝕試驗之試片準備、試片清洗與腐蝕因子分析等步驟已於上一年度技術轉移至委託單位且委託單位於本年度也在其他試驗位址執行。至於資料庫功能目前尚在增修中，待期末報告審查通過後將會舉辦訓練課程。	同意辦理方式
4. 報告內容有部份誤植，請修正，例如 p.53 上標，p.59 圖片註腳，p.76- p.80 字形，p.102 及 p.111 用字有誤。	將予修正。	同意辦理方式
5. 大氣腐蝕金屬試片曝露試驗，試片以重量損失法計算腐蝕速率，而鋁材腐蝕則以孔蝕為常	試片清洗方法均依照 CNS 14122 (ISO 8407)金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕-試片腐蝕生成物清除法，以適當的清洗方	同意辦理方式

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
<p>態，在試片處理上是否有特別的考量？另外三處曝露試驗之試片應將其腐蝕物進行化學成份分析，以做為研判腐蝕類型之參考依據。另試片失竊問題，如何因應，請說明。</p>	<p>式除去試片表面腐蝕生成物，量測其重量損失。</p> <p>由於本計畫執行的主要目的為驗證 ISO 9224 金屬在各腐蝕環境下之長期腐蝕速率，所以並未針對腐蝕產物進行化學成份分析。</p> <p>試片保全問題已週詳考量，試驗位址均為有門禁管置之單位場所，應無失竊之虞。</p>	
<p>6. 目前進行規範訂定，係直接以國外規範為依據，若要考量國內環境實況，因國內尚未建置完整之數據可供參考，請評估對日後規範運用是否會有爭議的問題產生。</p>	<p>目前規範訂定僅為草案編擬，若要成為國家規範則須經過後序產、官、學、研組成之審查會議方能定稿。</p>	<p>同意辦理方式</p>
<p>立德大學營建與物業學系 林宏明 教授</p>		
<p>1. 目前現地曝露試驗，只針對為保護之金屬片進行試驗，是否會考量針對所研擬的保護工法進行現地試驗，以檢核所擬定規範在臺灣氣候的適用性。</p>	<p>由於本計畫執行的主要目的為驗證 ISO 9224 金屬在各腐蝕環境下之長期腐蝕速率與腐蝕趨勢，而無機塗裝-熔射防蝕規範草案的研擬僅為防蝕工法的介紹。兩者間並無絕對依循之關係。</p>	<p>同意辦理方式</p>
<p>2. 所建立的資料庫功能，是否考量查詢軟體更新的問題，以確保長期的使用。</p>	<p>目前查詢軟體為一般常用之基本軟體，不至因查詢軟體更新而造成資料庫的失效。</p>	<p>同意辦理方式</p>

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
清雲科技大學應用空間資訊系 張嘉強 教授		
1. 三處選定之腐蝕暴露試驗區的位址，是否能完全充分反映工 作案的需求，宜補充說明。	目前全國共有 14 個長期試驗 的場址分由各個不同單位執 行。委託單位負責之場址僅有 三處。此外，委託單位於 96-97 年間已完成 105 個試驗場址的 短期試驗，目前仍在進行中。	同意辦理方式
2. 試片求取腐蝕指標的項目，是 否有金屬片之厚度與重量測定 期腐蝕速率（長期平均或分年 速率）之作為又為何，宜補充 說明。	目前是以重量損失法計算其 腐蝕速率，取樣時間為現地暴 露後第 1、2、3、5、8、10 年 每年一次。主要目的為為驗證 ISO 9224 金屬在各腐蝕環境 下之長期腐蝕速率。	同意辦理方式
3. 塗裝防蝕規範研擬後，是否進 行驗證或建議之作為又為何， 可補充之。	塗裝防蝕規範研擬為防蝕工 法的介紹，目前為草案階段， 須待後序產、官、學、研組成 之審查會議後方能定稿。	同意辦理方式
4. 腐蝕因子資料庫使用之圖台系 統，宜考量其涵蓋區大小及用 途等因子，選擇網路平台（如 Google）或獨立平台。	目前選則 Google Maps 為路平 台。	同意辦理方式
交通部科技顧問室 許書王 技正		
1. 未來長期延續觀測之必要性評 比與建議應於期末報告中展 現。	遵照辦理。	同意辦理方式

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
2. 本研究建立室外試驗，擷取暴露試片之相關資料及建立腐蝕環境分類，未來是否可提出有關生態之警訊，如工業區之監測等。	96 年至今已針對氯鹽、二氧化硫的沉積速率進行調查分析，可作為生態警訊之參考。	同意辦理方式
3. 針對現有之室外佈設與試驗規劃，其缺失部份應能提出供做未來應用時之參據。	主要徵結為試片保全問題，建議試驗位址應為有門禁管置之單位場所。	同意辦理方式
4. 規範草案研擬，宜考量部頒規範之現況，是否納入港灣章節相關規範中，或另冊展現規範草案成果(包含格式、架構等)	建請委託單位裁示。	將以另冊展現規範草案成果
5. p.120 之「檢討港灣構造物陰極防蝕準則(草案)....」，由於該準則草案係經多方數次會議討論而成，建議應循體制建立規範草案。	檢討修訂後將針對增修部份提請委員審核。	同意辦理方式
6. 建議統一各章節標題的編碼方式。	遵照辦理。	同意辦理方式
港灣技術研究中心 羅建明助理研究員		
1. 針對大氣腐蝕資料庫之技術轉移及訓練課程方面，希望工研院能夠提供資料庫建置標準書面流程，例如：如何利用 Google maps 等軟體應用、資料轉檔等。	資料庫功能目前尚在增修中，待期末定稿審查通過後將會舉辦訓練課程。	同意辦理方式

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
港灣技術研究中心 謝明志科長		
1. 本研究探討腐蝕環境分類,依報告p2所述係依ISO 9223將環境之腐蝕性分C1~C5五類,係依據污染量或最初第一年之腐蝕率來劃分,但本研究在金屬材料試片的曝露試驗規劃為長期試驗,可能有五年以上(這與ISO 9223所述不太一樣),如果長期試驗有其必要性或益處,請在報告中加以述明理由。	本計畫執行的主要目的為驗證ISO 9224金屬在各腐蝕環境下之長期腐蝕速率與腐蝕趨勢,故須進行長期現地暴露試驗。	同意辦理方式
2. 資料庫的系統底圖,採用Google maps,但試驗資料只有三處,有無必要借用這種公用圖台,或是自己採用依張臺灣地圖來做底圖,可能展示會更快更方便,請予考慮。	已於96-97年間已完成105個試驗場址的短期試驗與資料分析並已建置資料庫,故該資料庫的系統底圖將以Google maps呈現。	同意辦理方式
中國鋼鐵公司新材料研究發展處 劉宏義博士(書面審查)		
1. 本次期中報告主要內容重點為無機塗層防蝕規範草案研擬,包括ISO 2063及NACE No.12/AWSc2.23M/sspc-cs23.00,譯文流暢,有極值之可讀性。	謝謝委員指教。	同意辦理方式
2. 其次的報告重點為現地金屬試片曝露試驗及大氣腐蝕因子資料庫功能維護與增建,均為初步之結果說明,工作持續中,進度符合規劃。	謝謝委員指教。	同意辦理方式

附錄三

期末報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫（具委託性質）

期中 期末報告審查意見處理情形表

計畫編號：MOTC-IOT-99-H1DB004

計畫名稱：「構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(2/2)」

執行單位：工業技術研究院

審查日期：99年11月17日

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
南榮技術學院 林義宗校長		
1.計畫報告之撰寫方式應標準化亦有必要性，計畫執行方法亦屬正確。	定稿報告將依委託單位規定之格式修改撰寫。	同意辦理方式
2.報告內容整理缺少條理，p.3-1第三章文獻回顧的3.1.1節，現地金屬試片暴露應放在第四章；p.3-2大氣腐蝕環境以C1、C2、C3、C4、C5分類，卻在內文及p.3-3出現C5+，而未見其定義；p.3-4第3.1.2節有機塗裝防蝕規範草案研擬，並未在計畫工作項目內，而且內容亦不屬文獻回顧；另p.3-4第3.2節金屬熱噴覆內容與p.5-1無機塗裝防蝕規範草案研擬可以整合。	1.由於本計畫為「構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究」的第二年計畫，所以在第三章文獻回顧中先說明第一年計畫執行的成果，包括3.1.1節的現地金屬試片暴露試驗與3.1.2節之有機塗裝防蝕規範草案研擬。 2.至於C5+的分類將在3.1.1節內文中補充說明。 3.3.2節僅為金屬熱噴覆工法的概略介紹與其在防蝕工程上的應用實蹟，與p.5-1無機塗裝防蝕規範草案的架構有所差異，建議仍應分開敘述。	同意辦理方式

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
3. p.1-4 曾就國內大氣腐蝕研究概況做分析，認為 1990 年前各單位所進行之試片暴露試驗，無系統性調查，數據多為定性或半定量，且無三年以上試驗數據，本計畫所進行之試驗，是否能改善上述問題。	委託單位於 2007 年起已展開為期兩年之「臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究」計畫，初步完成大氣腐蝕試驗點與大氣腐蝕資料庫的建立，但因調查時間僅為一年，缺乏長期暴露之腐蝕速率數據；因此，自 2009 年起於本計畫中規劃 3 處具有腐蝕特性的地點，並結合中華民國防蝕工程學會、鋼構學會與塗料業者另外建置 11 處大氣腐蝕試驗位置(合計 14 處位址)，進行為期 10 年的現地暴露試驗，調查金屬長期腐蝕速率數據，以作為臺灣腐蝕與防蝕規範制定及未來公共工程建設或建廠時防蝕設計與維護之參考依據。	同意辦理方式
4. 本計畫所進行之金屬暴露試驗，其結果與計畫內防蝕規範之訂定，似乎未連結運用，例如，金屬熱噴覆防蝕在國內不同環境中之防蝕年限有多長？	由於本計畫執行的主要目的為驗證 ISO 9224 金屬在各腐蝕環境下之長期腐蝕速率與腐蝕趨勢，而計畫中無機塗裝-熱噴覆防蝕規範草案的研擬僅為防蝕工法的說明，兩者間並無絕對依循之關係。	同意辦理方式
5. 在第一年的金屬暴露試驗，每一年取樣一次和每半年或每三個月取樣時，其整年之腐蝕速率應有明顯不同，在本計畫內腐蝕速率之可靠度有多大？	本計畫的試驗與調查是依照 ISO 9223 進行腐蝕環境分類，其規定相關調查的時間至少須 1 年以上，故未進行每半年或每三個月之取樣調查。	同意辦理方式

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
6.規範與準則訂定，日後是否舉行公聽會或研討會？	目前規範與準則訂定僅為草案編擬，若要成為國家規範或準則須經過後續產、官、學、研組成之審查會議方能定稿。	同意辦理方式
立德大學營建與物業學系 林宏明 教授		
1.研究成果具實用性，值得肯定。	謝謝委員指教。	
2.陰極防蝕準則之修正目的，建議加入。	修正目的為增加近年來國外新開發之陰極防蝕工法與材料，此敘述將在定稿報告中加入。	同意辦理方式
3.建議加入鈦基材陽極法應用於R.C.結構中之優缺點及適用性說明。	遵照辦理。	同意辦理方式
4.資料庫中各種離子沉積速率的分類圖，僅用 105 處資料點作分區，似乎太少，建議應在文中說明以免造成誤判。	105 處大氣腐蝕試驗點所在的位置與選址考量於 2008 年完成之「臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究」報告中均有詳細敘述。	同意辦理方式
5.防蝕規範草案中之圖形均不太清楚建議重繪，以利可讀性。	遵照辦理。	同意辦理方式
港灣技術研究中心 陳桂清研究員		
1.請研究團隊彙整 ISO、NACE、AWS 等歐美規範間，主要技術（如膜厚規定....等）之差異性，以利報告閱讀及提供選用材料、表面處理及施工或驗收等參考。	遵照辦理，將在第三章文獻回顧中作一敘述。	同意辦理方式

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
2.規範(草案)內容翻譯之敘述表達及用語，應可再修飾，以達到可讀性及流暢性。	遵照辦理。	同意辦理方式
港灣技術研究中心 羅建明助理研究員		
1.請研究團隊針對腐蝕分類環境及各離子沉積速率之等高線圖繪製，擇期再做說明。	等高線圖繪製軟體為 Surfer 軟體，將擇期說明。	同意辦理方式
港灣技術研究中心 謝明志科長		
1.文中有些圖表如圖 3.1、表 3-4 等，有些有譯成中文，有些仍保留原文，建議除元素符號、單位名稱外，儘可能譯成中文，較具一致性。	遵照辦理。	同意辦理方式
2.圖 7.1 為濕潤時間百分比，目前 0% 用深紅色，100% 用淺黃色表示，因濕潤時間越長，對材料腐蝕劣化的程度，大都較有影響；一般在顏色表示上，較有劇烈影響的多以深色或紅色表示，建議此圖顏色標註，應顛倒過來，因圖 7.3、圖 7.5，也都以嚴重者用深色，輕微者用淺色表示。	濕潤時間百分比的圖形表示目前僅在資料庫中呈現，故將遵照委員指示於資料庫中修改。	同意辦理方式
交通部科技顧問室 許書王 技正(書面審查)		
1.在鄉村溪頭森林區碳鋼、鋅、銅及鋁之大氣環境分類，分別為 C2、C3、C3、C4，以鋁為例，	大氣腐蝕環境分類為根據現場試驗數據計算分析之結果，而腐蝕速率的計算與其結果比較也已於第 4.4 節中有詳	同意辦理方式

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
麥寮為 C5 臺中為 C5 溪頭為 C4，此結果是否正常或應做解釋。	細的敘述。	
2.本研究之初步成果，宜與國外相關環境之成果作比對，以及參考該國外研究之對應方式，供作委辦單位參考。	因大氣腐蝕有其地域性，根據 2010 年 11 月在日本舉行之 Corrosion Cluster Work-shop，目前亞洲僅有臺灣的部份地區其腐蝕速率超過 ISO 9223 中 C5 等級所定義的腐蝕速率；且在相同等級的腐蝕分類中，各地區的腐蝕影響因子也可能有所不同，故較難將國外相關環境分類的成果與本土進行比對。	同意辦理方式
3.規範草案中如 P27 第 14 行·25 英吋之表達方式等，請在全面檢視修正。	遵照辦理，將統一表示方式。	同意辦理方式
4.規範草案中加 P24 第 9 行對於海水噴霧、飛濺、沉浸等名詞，是否建議與一般用詞統一較妥，請卓參。	遵照辦理。	同意辦理方式
5.「規範草案中加 P4 圖一熱噴覆過程，除文字不清楚外，並請中文化。	遵照辦理。	同意辦理方式
中國鋼鐵公司新材料研究發展處 劉宏義博士（書面審查）		
1.本期結案報告重點，為現地金屬試片暴露試驗 2 年結果、ISO 2063 及 NACE No.12/ AWSc2.23 M/sspc-cs23.00 規範初稿、港灣	謝謝委員指教。	

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
構造務陰極防蝕準則增修及大氣腐蝕因子資料庫功能維護等，工作相當多，執行成果也是良好。		
2.比較現地暴露試驗第一年及第二年之結果，參考早期以 ISO 9223 環境因子分類，發現許多數據有差異，對於環境的分類恐有盲點，除了試片暴露面積不同外，鋅、銅及鋁的環境分類均有高於碳鋼的現象，此部份的解析工作，有賴大規模及長期之評估，才能有整體的參考價值，建議港研中心繼續努力。	謝謝委員指教，建請委託單位裁示。	同意辦理方式
3.熱噴覆防蝕規範，羅俊雄博士整理了三份規範，有了不錯的開始，但這三份規範複雜性較高，以臺灣工程界的接受度，值得注意。今年防蝕工程學會接受標準檢驗局委託，參考了 JIS H8300、H8250、H8401 及 H8402，共新增或修改 CNS 鋅、鋁及其包含之熔射相關規範，其以委員會方式討論出本土化可行的執行方式，兩者可加以比較。目前規範已修訂完成送標準檢驗局審查中。	本計畫熱噴覆防蝕規範是依據 ISO 與 NACE 規範撰寫，而防蝕工程學會則是參考 JIS 規範撰寫，兩者應加以參考比較，希望在後續標準檢驗局的審查會議中有機會可相互討論。	同意辦理方式

附錄四
期末報告簡報資料



構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(2/2)

期末簡報

簡



報

工業技術研究院 材料與化工研究所
中華民國99年11月17日

計畫背景分析

- 交通部運輸研究所港研中心於**2007年起**開始進行兩年期之「台灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究」，已初步完成大氣腐蝕之試驗站(點)及建立部份大氣環境腐蝕因子資料庫。
- **2009年起**，本計畫承續過去已建置的試驗位址，在腐蝕嚴重的鹽害區、工業區以及腐蝕較輕微的鄉村區3處，規劃為期10年的現地暴露試驗，進行碳鋼、鋅、銅、鋁金屬的腐蝕速率調查。

2

構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2) 研究成果

■ 現地金屬暴露試驗

- 選擇足以代表本島不同腐蝕環境之區域，如腐蝕嚴重的鹽害區、工業區，以及腐蝕較輕微的鄉村區(對照組)等3處。鹽害區原選定為台中火力電廠，但於2009年6月24日因試片遺失更改至港灣技術研究中心(梧棲)設置，工業區選擇兼具鹽害影響的麥寮工業區，而鄉村區則為溪頭森林區，分別進行碳鋼、鋅、鋁、銅四種屬板狀試片現地金屬暴露試驗。

3

板狀試片暴露一年期 各金屬之腐蝕速率與腐蝕環境分類

佈放地點	碳鋼			鋅			銅			鋁		
	各試片腐蝕速率 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	平均腐蝕速率 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	ISO 9223腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	平均腐蝕速率 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	ISO 9223腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	平均腐蝕速率 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	ISO 9223腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	平均腐蝕速率 ($\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$)	ISO 9223腐蝕性分類
台中火力電廠/港研中心	107.19	105.32	C5	8.07	9.03	C5+	3.63	3.57	C5	4.73	7.43	C5
	103.76			10.13			3.63			8.44		
	105.00			8.90			3.45			9.11		
麥寮工業區	72.39	75.01	C4	4.69	4.91	C5	5.39	5.55	C5	8.29	7.96	C5
	72.71			5.18			5.36			7.96		
	79.93			4.87			5.90			7.63		
溪頭森林區	15.38	14.72	C2	1.56	1.76	C3	1.18	1.16	C3	2.66	3.88	C4
	14.04			1.89			1.07			3.33		
	14.73			1.83			1.23			5.66		

4

有機塗裝防蝕規範草案研擬

- 依據國際標準組織ISO 12944規範，研擬塗裝防蝕規範草案。ISO 12944共有8個部分，如下：
 - 第一部分 總則
 - 第二部分 環境分類
 - 第三部分 設計考量
 - 第四部分 表面類型及表面處理
 - 第五部分 保護塗料系統
 - 第六部分 實驗室性能測試方法
 - 第七部分 塗裝工程的施作與管理
 - 第八部分 新建與維護作業說明書之制定

5

本年度計畫研究範圍與對象

本計畫為期兩年，本年度主要工作項目：

- 國內外大氣腐蝕文獻蒐集整理分析。
- 持續現地金屬試片暴露試驗。
- 資料蒐集與分析。
- 大氣腐蝕因子資料庫增修。
- 無機塗裝防蝕規範草案研擬。
- 港灣構造物陰極防蝕準則草案增修。

6

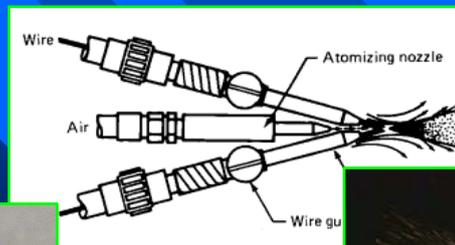
計畫作業流程



7

金屬熔射

- 金屬熔射是利用不同的熱源，如火焰、電弧或電漿等，將金屬粉末、線材或棒材熔融，再以熱源本身的速度或高壓空氣將熔融金屬加速，撞擊至基材表面凝固而形成保護膜。基材的種類可以為金屬、混凝土、陶瓷、塑膠、複合材料或高分子材料等。



電弧常溫金屬熔射



8

鋅、鋁熔射於鋼鐵結構之防蝕機理

- **鋅熔射**— 鋅的電化學活性較高，在鋼材表面形成犧牲陽極，當腐蝕進行時，披覆在鋼材上的鋅會先腐蝕以保護基材，即所謂之**陰極保護**。
- **鋁熔射**— 鋁熔射層的防蝕性來自於鋁表面所形成緻密的氧化膜，此氧化膜可以**阻絕腐蝕因子的侵入**，而達到長期防蝕的效果。
- **鋅鋁熔射**— 鋅鋁熔射層**兼具**鋅熔射層與鋁熔射層的優點，即不僅鋅形成犧牲陽極以保護基材，並且鋁可形成氧化膜，阻絕腐蝕因子的入侵。

9

無機塗裝防蝕規範草案研擬

- NACE No. 12/AWS C2.23M/SSPC-CS 23.00:2003 , Specification for the Application of Thermal SprayCoatings (Metallizing) of Aluminum, Zinc, andTheir Alloys and Composites for the CorrosionProtection of Steel
- ISO 2063:2005, Thermal spraying- Metallic and other inorganic coatings- Zinc, aluminum and their alloys
- ISO 14922-1:1999, Thermal spraying- Quality requirements of thermally sprayed structures- **Part 1: Guidance for selection and use**
- ISO 14922-2:1999, Thermal spraying- Quality requirements of thermally sprayed structures- **Part 2: Comprehensive quality requirements**
- ISO 14922-3:1999, Thermal spraying- Quality requirements of thermally sprayed structures- **Part 3: Standard quality requirements**
- ISO 14922-4:1999, Thermal spraying- Quality requirements of thermally sprayed structures- **Part 4: Elementary quality requirements**

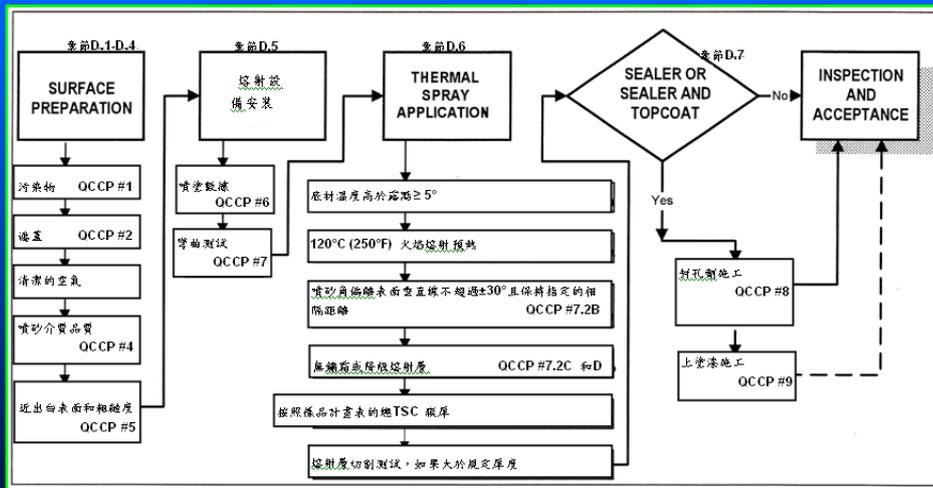
10

NACE No. 12/AWS C2.23M / SSPC-CS 23.00

- General
- Referenced Documents
- Definitions
- Summary of Practice
- Surface Finish Requirements
- TSC Requirements
- TSC Application Procedure
- TSC Application
- Application of Sealers and Topcoats
- Records
- Debris Containment and Control
- Work Procedures and Safety
- Documentation
- Contract Pre-Award Evaluation, Demonstration, and Validation
- TSC Applicator Warranty

11

NACE No. 12/AWS C2.23M / SSPC-CS 23.00



施工熔射的生產重點和品質控制檢查點 (QCCPs)

12

NACE No. 12/AWS C2.23M / SSPC-CS 23.00

■ 熱噴覆層膜厚量測

- 膜厚量測計畫表：熱噴覆施作面積的每 10-20m² (100-200 ft²) 必須進行一次直線檢查或區域量測。
- 對於平坦的表面使用直線檢查，在檢查範圍內(10-20 m²)畫一條5 inch的直線，然後在此直線上每隔1 inch量測膜厚，共測5點，若其中有一點的膜厚未達要求標準，則該區域為不合格。
- 對於複雜的幾何構件和幾何過渡構件，應使用測量區域，測量區域的面積約為 10 mm² (1.6 ft²)。在此區域內量測5點，若其中有一點的膜厚未達要求標準，則該區域為不合格。



13

NACE No. 12/AWS C2.23M / SSPC-CS 23.00

■ 熱噴覆層最小附著力之要求

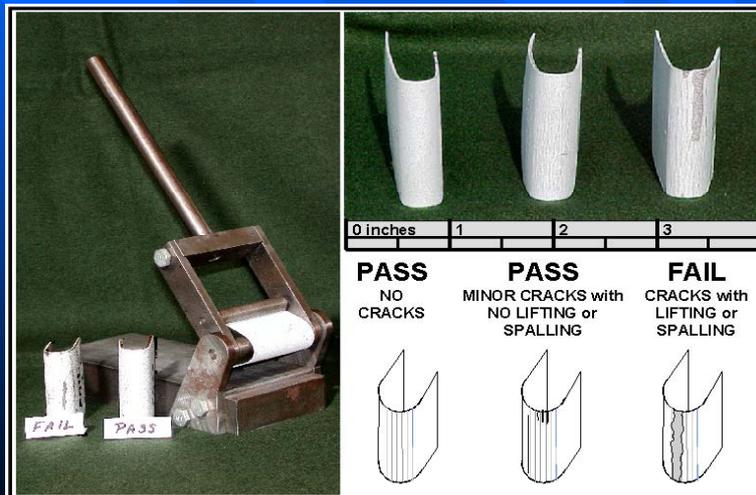
熱噴覆層	MPa (psi)
鋅	3.45 (500)
鋁	6.89 (1,000)
85/15 鋅/鋁	4.83 (700)
90/10 氧化鋁 MMC	6.89 (1,000)

(依照 ASTM D4541測定)

14

NACE No. 12/AWS C2.23M / SSPC-CS 23.00

■ 熱噴覆層彎曲測試



15

ISO 2063

熱噴覆-金屬與其他無機塗裝-鋅、鋁及其合金

- 熱噴覆金屬層是將金屬加熱至熔融狀態，同時利用空氣將其噴塗至已處理過的表面而形成的塗層。
- 本標準適用於熱噴覆金屬層於鋼鐵上的腐蝕防治。金屬層係利用鋅、鋁或其合金熱噴覆於無任何塗裝之鋼鐵表面並予以保護。
- 本標準首先說明熱噴覆層的定義、分類與符號，然後說明鋼鐵表面前處理的方

16

ISO 2063-熱噴覆金屬層分類

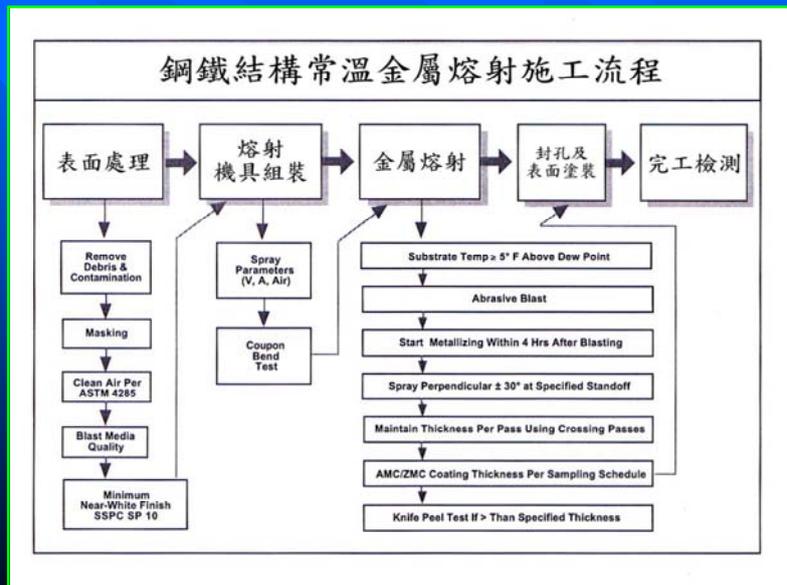
熔射材料 (EN ISO 14919)	最小膜厚(μm) ^a					
	50 ^b	100	150	200	250	300 ^c
Zn99.99		————	————	————	
Al 99.5			————	————	
AlMg5			————	————		
ZnAl15		————	————		

本分類提供一系列鋅、鋁及鋅鋁合金之膜厚度。數字值中間的厚度，可經買賣雙方協議之。每一熔射層的組成符號應符合 EN ISO 14919 之符號，並於後方附加最小膜厚度^d。

a. 依照 EN ISO 2064 標準。
 b. 膜厚要求是買賣雙方的協議。特別是熔射膜厚的均一性、油漆或封孔劑的使用與否和測試方法。
 c. 買賣雙方可特別協議之，允許符合本標準的更大的最小膜厚。
 d. 規定熔射合金塗層時，化學符號表示應參照 EN ISO 14919 標準並於後方加註最小膜厚。例如，熔射 120μm 的 Zn-15%Al 合金塗層，應標識為 (EN ISO 14919 ZnAl15) 120，括號 () 是標註合金的必要表示。

17

ISO 2063-鋼鐵結構熱噴覆施工流程



18

ISO 2063-熱噴覆施工

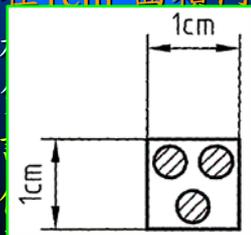
- **熱噴覆前基材之表面處理**：基材表面應完全地清潔和利用適當的噴砂顆礫進行噴砂使其表面粗糙。噴砂應持續進行直至基材表面呈金屬外貌與均勻組織，並符合EN ISO 8501-1 Sa3等級。
- **熱噴覆層金屬材料**：熱噴覆使用材料如鋅或鋅合金、鋁或鋁合金須遵守ISO 14919標準。
- **熱噴覆**：開始熱噴覆時應確保金屬表面仍然清潔、乾燥且無氧化的情形。噴砂

19

ISO 2063-品質要求

■ 熱噴覆層厚度

- 熱噴覆層厚度的量測在所有情況下可以**磁性膜厚計量測**，並遵守規定的量測數量並計算其平均值。若有爭議，可利用顯微鏡斷面觀察測量。
- 熱噴覆面積介於 $1\text{cm}^2 \sim 1\text{m}^2$ 時，任何一點的局部厚度是指在 1cm^2 面積內量測3點厚度的平均值。如果... 狀不允許上述的作法，則買賣... 同意以適當的參考試片取代，... 在於現場熱噴覆時同時時間與同... 並利用金相觀察或機械的方法測重具厚度。

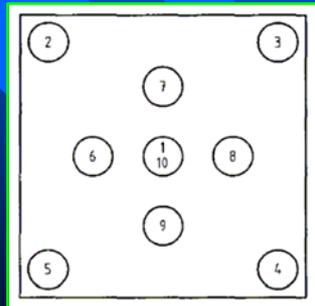


20

ISO 2063-品質要求

■ 熱噴覆層厚度

- 熱噴覆面積大於 1m^2 時，任何一點的局部厚度是指在約 1dm^2 面積內量測10點的平均數，10點量測點之分布如下圖所示。



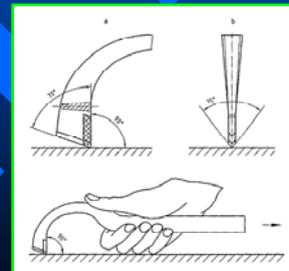
21

ISO 2063-品質要求

■ 附著性測試-方格試驗

- 切割熱噴覆層至底材表面使其形成一規定尺寸的方格，切割的深度，必須將熱噴覆層切斷至基材表面，切割成方格後，在方格表面貼上膠帶並利用5N荷重的滾輪壓緊，然後以手拉住膠帶的一端，由與熱噴覆層表面垂直的方向迅速且突然的方式將膠帶拉開，再檢查是否有熱噴覆層被膠帶粘起剝離。測試後，未有由底材或熱噴覆層間分離的現象，則熱噴覆層的附著性視為滿意。

方格面積	熔射層厚度(μm)	切割距離(mm)
15mm×15mm	≤ 200	3
25mm×25mm	> 200	5



22

ISO 2063-品質要求

■ 附著性測試-拉拔試驗

- 試驗白(Test dolly)準備：試驗白應利用機械(研磨)或化學方式清洗，並利用乾淨紙或紗布沾潤適當的溶劑(如酒精)以脫脂。試驗白的正面須研磨使其粗糙以增加與熱噴覆層的附著性。環氧樹脂型黏著劑需要粗糙的表面，壓克力型黏著劑則需要較平整的表面。
- 熱噴覆層的準備：熱噴覆層本身不須額外的前處理，如果須要，可使用砂紙輕微地研磨，以增加塗層與試驗白間的接觸。
- 黏著劑：試驗白和塗層間黏著劑的附著強度應大於塗層與基材界面間的強度。為防止黏著劑滲入多孔的金屬熱噴覆層內，黏著劑應具有高黏度性，否則應塗覆伐銹底漆(wash primer)以防止黏著劑滲入基材。
- 施加應力：附著性測試儀器應小心架設以避免影響試驗白的黏著劑。刻度指標為歸零，然後平穩的逐漸增加應力直到鍵結分離。施加應力的速度不得快於1 MPa/s。

23

ISO 14922 熱噴覆結構的品質要求

- ISO 14922-1 選擇和使用指南
- ISO 14922-2 全面的品質要求
- ISO 14922-3 標準的品質要求
- ISO 14922-4 基本的品質要求

24

ISO 14922-1 選擇和使用指南 -熱噴覆品質要求選擇

合約的熱噴覆要求	品質要求	
	如果要求品質體系 ¹ 符合EN ISO 9001或 EN ISO 9002	如果不要求品質體系符合EN ISO 9001或 EN ISO 9002
全面的品質要求	EN ISO 14922-2 ¹	EN ISO 14922-2
標準的品質要求	EN ISO 14922-2 ¹	EN ISO 14922-3
基本的品質要求	EN ISO 14922-2 ¹	EN ISO 14922-4

¹：在EN ISO 9001和 9002的範圍內，EN ISO 14922-2可能是熱噴覆構件適用要求的最低限。

25

ISO 14922中第2、3和4部分關於熱噴覆品質要求的比較-1

質量要求	第2部分 全面的品質要求	第3部分 標準的品質要求	第4部分 基本的品質要求
合約評審	●	φ	○
設計評審	●	φ	○
分包商	●	φ	○
熱噴覆人員	●	●	○
熱噴覆協調	●	●	○
檢查人員	●	●	○
生產設備	●	●	○
設備描述	●	●	--
設備適用性	●	●	--
新設備	●	--	--

●：全面要求 φ：比第2部分低的要求；
○：最低要求 --：不規定

26

ISO 14922中第2、3和4部分關於熱噴覆品質要求的比較-2

質量要求	第2部分 全面的品質要求	第3部分 標準的品質要求	第4部分 基本的品質要求
設備維護	●	φ	--
健康和環保情況	●	●	●
生產計畫	●	○	--
熱噴覆程序說明	●	φ	○
工作說明	●	○	--
前處理和後處理	●	●	--
文件依據	●	○	--
消耗材料的批次檢查	●	--	--
熱噴覆消耗材料的儲存和搬運	●	●	●

●：全面要求 φ：比第2部分低的要求；
○：最低要求 --：不規定

27

ISO 14922中第2、3和4部分關於熱噴覆品質要求的比較-3

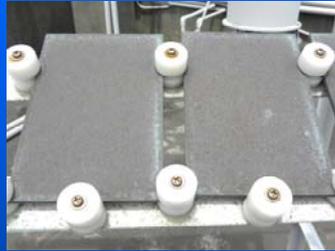
質量要求	第2部分 全面的品質要求	第3部分 標準的品質要求	第4部分 基本的品質要求
熱噴覆材料的儲存和搬運	●	●	○
熱噴覆前的檢查和試驗	●	●	○
熱噴覆中的檢查和試驗	●	●	--
熱噴覆後的檢查和試驗	●	●	○
檢查和試驗的狀態	●	●	--
不合格與矯正措施	●	●	○
校正	●	●	○
標示和可追溯性	●	●	○
品質報告	●	●	○

●：全面要求 φ：比第2部分低的要求；
○：最低要求 --：不規定

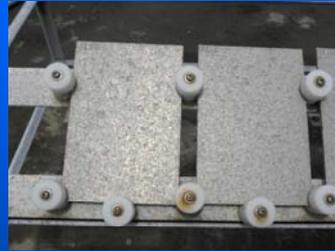
28

港研中心試片外觀- 2 Years

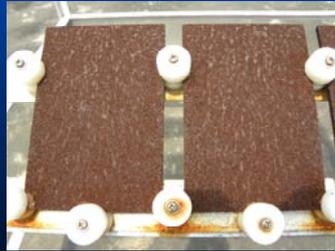
銅暴露約1年3個月



銅片-表面為棕色表面，邊緣有綠色粉末狀之腐蝕生成物



鋁片-表面為灰白與黑色點狀粉末之腐蝕生成物

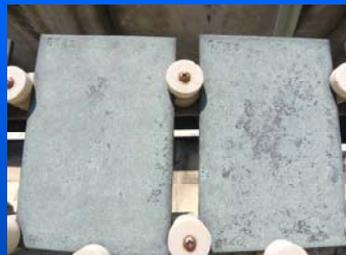


碳鋼-呈暗紅色顆粒狀鬆散之腐蝕產物

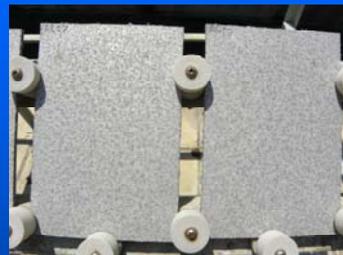


鋅片-表面為白色粉末狀鬆散之腐蝕生成物

麥寮工業區試片外觀- 2 Years



銅片-表面佈滿綠色粉末狀之腐蝕生成物



鋁片-表面為灰白色點狀粉末之腐蝕生成物



碳鋼-表面為暗紅色顆粒狀鬆散的腐蝕生成物，邊緣並有分層剝離的現象



鋅片-表面為白色粉末狀鬆散的腐蝕生成物

溪頭森林區試片外觀- 2 Years



銅片-表面為黑灰色表面



鋁片-表面接近金屬色，有少部分白色點狀的腐蝕現象



碳鋼-表面呈暗紅色顆粒狀腐蝕產物



鋅片-表面為密實粗糙的表面

板狀試片暴露一、二年期各金屬之腐蝕速率比較-1

佈放地點	碳鋼					鋅				
	第一年腐蝕速率與環境分類			第二年腐蝕速率		第一年腐蝕速率與環境分類			第二年腐蝕速率	
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)
台中火力電廠/港研中心	107.19	105.32	C5	56.09	55.77	8.07	9.03	C5+	4.44	4.75
	103.76			56.54		10.13			5.23	
	105.00			54.68		8.90			4.59	
麥寮工業區	72.39	75.01	C4	57.37	56.10	4.69	4.91	C5	2.45	2.43
	72.71			55.16		5.18			2.54	
	79.93			55.77		4.87			2.29	
溪頭森林區	15.38	14.72	C2	11.68	11.2	1.56	1.76	C3	1.22	1.23
	14.04			10.93		1.89			1.19	
	14.73			11.05		1.83			1.28	

板狀試片暴露一、二年期各金屬 之腐蝕速率比較-2

佈放地點	銅					鋁				
	第一年腐蝕速率與環境分類			第二年腐蝕速率		第一年腐蝕速率與環境分類			第二年腐蝕速率	
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)
台中火力電廠/港研中心	3.63	3.57	C5	-	-	4.73	7.43	C5	2.33	1.61
	3.63			-		8.44			1.50	
	3.45			-		9.11			1.00	
麥寮工業區	5.39	5.55	C5	3.61	3.51	8.29	7.96	C5	4.30	4.47
	5.36			3.51		7.96			4.80	
	5.90			3.40		7.63			4.30	
溪頭森林區	1.18	1.16	C3	1.69	1.44	2.66	3.88	C4	2.32	2.15
	1.07			1.31		3.33			1.82	
	1.23			1.33		5.66			2.32	

註：-表示試片遺失，重新佈放試片之暴露時間未滿二年

33

Database of Atmospheric Corrosion

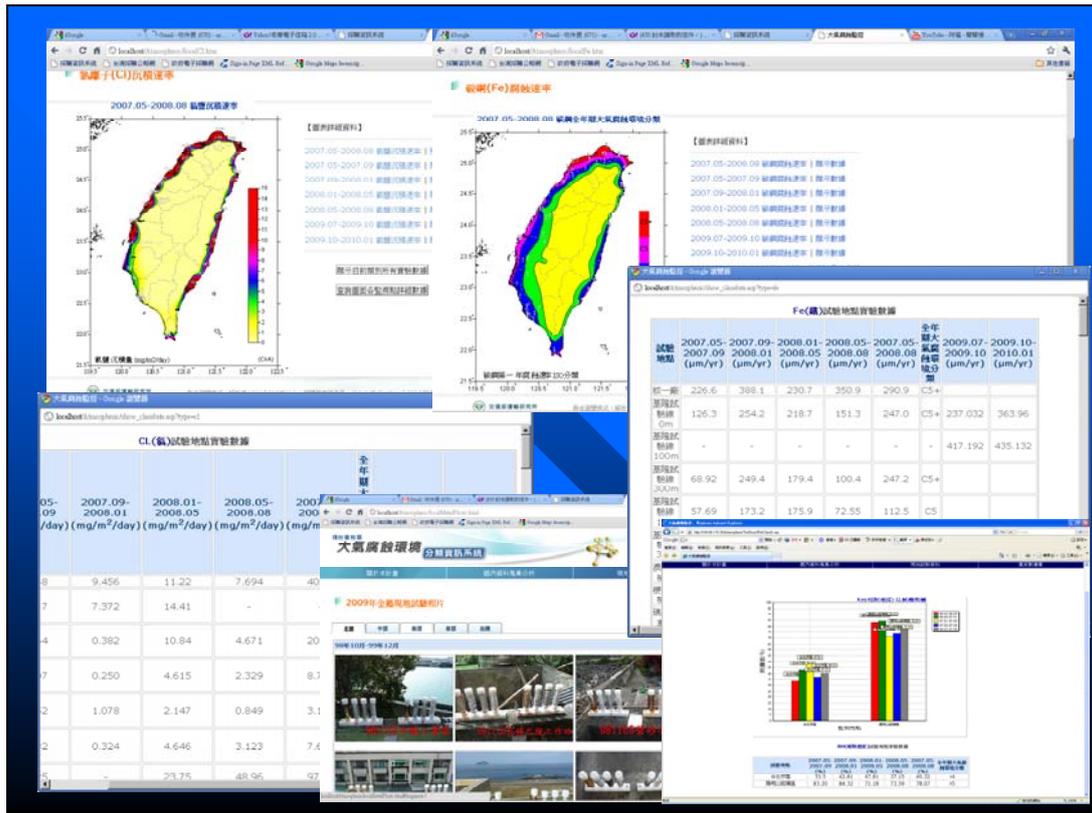
關於本計畫
國內資料蒐羅分析
現地試驗資料
重現數據庫

最佳瀏覽模式: 解析度 1024*768 或以上; 瀏覽器種類: IE6.0 或 Firefox 2.0 以上版本
 版權所有 © 2009 交通部運輸研究所 港灣技術研究中心 材料化學研究所 港灣

交通部運輸研究所

 港灣技術研究中心

since 2007 34



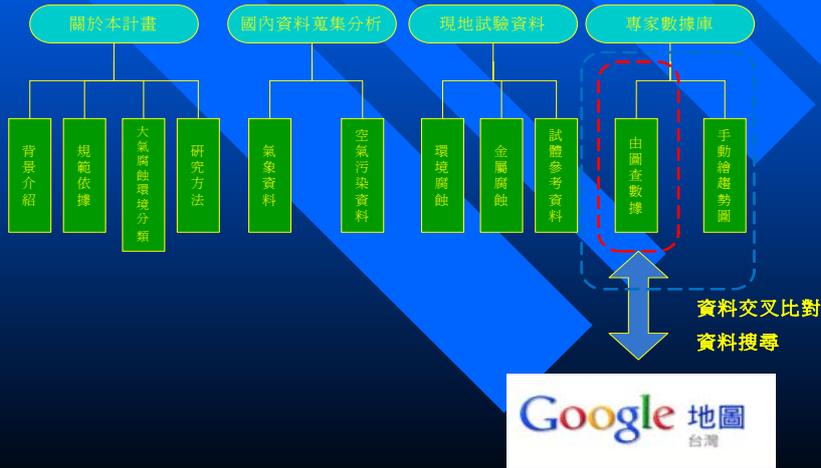
大氣腐蝕因子資料庫功能維護與擴充

- 本年度大氣腐蝕因子資料庫系統功能將著重在與GoogleMap整合以強化使用的便利性；藉由導入GoogleMap即時更新的圖資，在大氣腐蝕資料庫中的監測點均可根據經緯度記錄標示於GoogleMap地圖上。
- 此外，由於目前系統僅能針對單一的腐蝕因子進行數據比對，經使用者回應，本年度將增加各監測點各項腐蝕因子交叉比對的功能，並增加監測點的資料搜尋功能。

大氣腐蝕因子資料庫功能維護與擴充

Google Map 整合

環境資訊
大氣腐蝕環境分類資訊系統



37

試驗地點基本資料						
試驗地點名稱	座標(E)	座標(N)	高程(m)	離海岸距離(KM)		
台中港試驗線 1Km	120°32'1.6"	24°14'55.2"	4	1.82		

腐蝕因子	2007.05-2008.08					2009.07-2010.01		全年最大腐蝕量環境分類
	2007.05-2007.09	2007.09-2008.01	2008.01-2008.05	2008.05-2008.08	2008.08-2008.08	2009.07-2009.10	2009.10-2010.01	
PH(相對溼度)(%)	41.39	45.13	59.81	35.56	45.47	14	9.3	39.3188
CL(氯)(mg/m ² /day)	0.755	12.14	2.064	0.948	1.683	SO	6.44087	5.91445
SO ₂ (二氧化硫)(mg/m ² /day)	-	-	-	-	-	-	-	-
AK(銨)(g/m ² /yr)	2.487	12.19	9.788	2.947	1.655	C3	3.08998	4.41834
Cu(銅)(µm/yr)	3.909	4.694	8.324	6.422	4.555	C5	8.28459	10.1148

38

系統之教育訓練

- 規劃之課程內容，將針對所開發之系統，進? 安裝設定、使用方式、操作與簡單障礙排除? 明。

課程名稱	上課對象	時數
系統維護	系統維護/管理人員	2
技術轉移	系統維護/管理人員	2
系統基本操作與各模組功能	所有使用者	2

39

港灣構造物陰極防蝕準則草案增修

- 交通部運輸研究所於中華民國96年5月制定「港灣構造物陰極防蝕設計規範(草案)」。
- 該草案RC結構外加電流式陰極防蝕鈦基材陽極的材料選用僅限於含有混合金屬氧化層(MMO)的鈦網陽極與鈦網條狀陽極。
- 隨著經驗的累積與施工便利性的要求，近年來已發展出覆有混合金屬氧化層(MMO)之鈦柱陽極與鈦帶陽極，施工技術上也隨著新材料的發展而有所突破。
- 檢討「港灣構造物陰極防蝕設計規範(草案)」之現有內容與完整性，並增修近年來新開發之陰極防蝕工法及材料之相關內容。

40

MMO 鈦基材陽極

- MMO鈦網陽極(Mesh anode)
- MMO鈦網條狀陽極(Ribbon mesh anode)
- MMO鈦柱陽極(Discrete anode)
- MMO鈦帶陽極(Tape anode)

41

MMO鈦網陽極(Mesh anode)

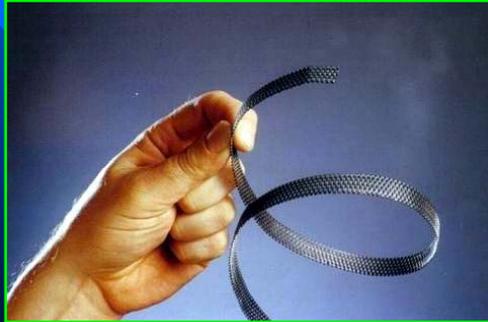
- 於1984年開始使用，在陽極表面與混凝土界面間可提供 110 mA/m^2 的電流密度



42

MMO鈦網條狀陽極(Ribbon mesh anode)

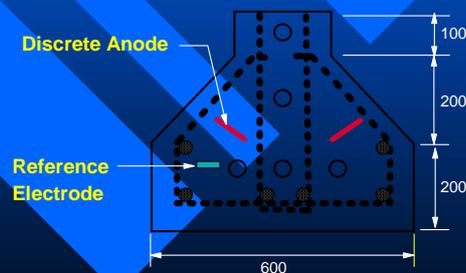
- MMO鈦網條狀陽極在陽極表面與混凝土界面間可提供 110 mA/m^2 的電流密度。
- 可適用於新建與既建之鋼筋混凝土結構物。



43

MMO鈦柱陽極(Discrete anode)

- 為最近10年發展出的陽極系統，為使用MMO鈦線纏繞成柱狀的陽極。
- 陽極與混凝土界面間可提供高達 440 mA/m^2 的電流密度，針對結構物之大樑、墩柱、支架等鋼筋密度較高的構件，為一最經濟有效的陽極系統。



44

MMO鈦帶陽極(Tape anode)

- MMO鈦帶陽極為最近5年間發展出的陽極系統，為一膠帶式的陽極，以鈦為基材，一面為絕緣，另一面覆有MMO混合金屬氧化層與導電性黏著劑，厚度約為0.05 mm，在陽極表面與混凝土界面間可



流
因
進行
塗膏
易

45

MMO鈦陽極使用優缺點比較

	壽命	電流分佈	材料價格	安裝費用	耐久性	安裝難易度	優點	缺點
鈦網陽極	>40 years	均勻 (Excellent)	昂貴 (High)	昂貴，因為須要大量的混凝土覆蓋	好	複雜，須清除表層混凝土，陽極安裝後須要混凝土覆蓋	有長時間的使用實蹟	若安裝於結構物的垂直面或下方，長期暴露的結果，新舊混凝土間有剝落的情況，造成保護系統99%的失敗率
鈦網條狀陽極	>40 years	適當 (Adequate)	中等 (Moderate)	昂貴，因為須要溝槽切割	好	複雜，因為須要溝槽切割，陽極安裝後溝槽填實不易	有長時間的使用實蹟	<ul style="list-style-type: none"> • 混凝土保護層厚度不足時無法安裝 • 陽極與鋼筋間容易發生接近短路的現象，造成保護電流分配不均
鈦柱陽極	>40 years	均勻，但須視安裝的間距而定	中等 (Moderate)	中等 (Moderate)	好	<ul style="list-style-type: none"> • 須要避開鋼筋進行鑽孔 • 安裝快速 	適當正確的設計可提供較大且均勻的保護電流	<ul style="list-style-type: none"> • 須要適當正確的設計 • 無法使用於鋼筋密度分佈極高的區域
鈦帶陽極	>40 years	適當至均勻，端視鈦帶陽極的尺寸而定	中等 (Moderate)	低 (Low)	好	<ul style="list-style-type: none"> • 簡單快速 • 須要平整的混凝土表面 	<ul style="list-style-type: none"> • 可在較薄的混凝土保護層上安裝 • 安裝簡單、快速且價格較低 	<ul style="list-style-type: none"> • 安裝後須使用耐酸性的環氧樹脂塗料與FRP製成之纖維織布覆蓋於陽極表面 • 無法使用於人車通行的混凝土表面

46

港灣構造物陰極防蝕準則草案增修

因應鋼筋混凝土外加電流式陰極防蝕鈦基材陽極材料與施工技術的創新發展，今將「港灣構造物陰極防蝕設計規範(草案)」之：

「4.2 陽極材料」與

「5.7 陽極安裝」的內容進行增修。

47

「4.2 陽極材料」增修後條文與解說：(增修內容以粗體字表現)

4.2 陽極材料

外加電流法或犧牲陽極法的陰極保護系統，均有不同陽極材料可以選用。陽極材料的選擇應考慮構造物的特性、環境的適用性與使用年限等因素，以達預期保護之功能。

解說：

1. 鈦陽極

鈦陽極基材應符合ASTM B265 Titanium, Grade 1之規定。鋼筋混凝土構造物使用之形狀為**MMO鈦網陽極、MMO鈦網條狀陽極、MMO鈦柱陽極與MMO鈦帶陽極**。

2. 鋅陽極

鋅陽極(鋅網)使用之材料成分應符合ASTM B6或B69之規定。

ASTM B6-03 “Standard Specification for Zinc”

ASTM B69-01a(2005) “Standard Specification for Rolled Zinc”

3. 鋅熱噴覆

鋅熱噴覆所使用的陽極材料依ASTM B8331或ANSI/AWS 5.33之規定(ANSI為美國國家標準局、AWS為美國銲接協會)。

4. 其他陽極材料

上述材料外，如使用其它陽極材料時，材料供應商應提供相關技術性資料，以評估其替代之可行性。

48

「5.7 陽極安裝」增修後條文與解說：(增修內容以粗體字表現)

5.7 陽極安裝

所有陽極系統的安裝必須符合該陽極系統之規範要求。

解說：陽極系統安裝時，導電性塗料或被覆(overlay)材料必須無污染與雜質。使用導電性塗料、陽極及混凝土表面須乾燥；使用被覆材料，混凝土表面的粗糙度和潮溼程度，將視使用的被覆材料而定。

1. 導電性塗料

構造物表面應以噴砂或其它適當方法處理，以去除油污(漬)、水份及粗糙的聚集物為主；處理後混凝土表面應保持乾燥，避免再污染。鋼筋如與導電性塗料間的接觸，將會導致系統短路、失效，或造成混凝土內其它部位鋼筋的腐蝕。

2. 金屬熱噴覆

每次施工前需量測金屬熱噴覆材料重量，其重量誤差依設計規範為準，施工時以10-20平方公尺為一單位，採用金屬貼片法檢測施工厚度。以條狀或圓形貼片量測，條狀貼片為2.5公分長2公分寬，並依2.5公分之等間距量測5點，圓形貼片直徑6公分任意量測5點，量測結果如有一點膜厚未達標準，則該區域為不合格。在膜厚不合格的情況下，若膜厚太薄，則繼續噴塗至要求膜厚。

3. MMO 鈦網陽極

鈦網陽極安裝時，混凝土表面殘餘污漬或雜物必須清除，鈦網必須以塑膠釘依適當間距固定於乾淨混凝土表面。連接導電棒之導線需接至整流器正極位置，不可續接。

49

4. MMO 鈦網條狀陽極

針對既有鋼筋混凝土結構物：

鈦網條狀陽極安裝時，混凝土表面殘餘污漬或雜物必須清除，混凝土表面以 saw-cutting 機具在陽極安裝位置切出溝槽，將 MMO 鈦網條狀陽極固定於溝槽內，以砂漿水泥將間鑿之溝槽充實填滿。MMO 鈦網條狀陽極導電或搭接方式為使用導電條(MMO 鈦條)於每個搭接位置以點銲銲接，點銲機依陽極供應商的建議使用，銲接前須利用導電條進行測試，以獲得最佳的電壓或電流輸出設定。連接導電條之導線需接至整流器正極位置，不可續接。

針對新的鋼筋混凝土結構物：

以塑膠製的扣夾(clips)將 MMO 鈦網條狀陽極固定於鋼筋上，以噴漿或灌漿方式進行混凝土覆蓋。MMO 鈦網條狀陽極導電或搭接方式為使用導電條(MMO 鈦條)於每個搭接位置以點銲銲接，點銲機依陽極供應商的建議使用，銲接前須利用導電條進行測試，以獲得最佳的電壓或電流輸出設定。連接導電條之導線需接至整流器正極位置，不可續接。

5. MMO 鈦柱陽極

安裝時首先在混凝土上鑽孔，孔洞尺寸依設計圖為之，鑽孔間距則視現場鋼筋的位置而定。鑽孔時要避開鋼筋，即先以鋼筋探測器找出鋼筋所在位置後再行鑽孔。將 MMO 鈦柱陽極插入孔洞中，灌入無收縮性水泥砂漿。MMO 鈦柱陽極的導電條為 MMO 鈦條，安裝位置參考設計圖。導電條的安裝為在混凝土表面切割 30 mm 寬 x 30 mm 深的溝槽，將 MMO 鈦條置入，再使用點銲的方式將導電條與鈦柱陽極的接線相連接，完成後溝槽內以環氧樹脂填補。導電條末端與陽極導線必須於接線箱中接續。

6. MMO 鈦帶陽極

MMO 鈦帶陽極安裝前必須目視檢查安裝位置之混凝土是否有裂縫；若發現裂縫，使用非導電性環氧樹脂修補。MMO 鈦帶陽極安裝位置的混凝土表面必須使用混凝土研磨機進行前處理，確保混凝土表面清潔與平整，以增加鈦帶陽極與混凝土間的黏著性。MMO 鈦帶陽極的安裝為直接將陽極貼附在混凝土表面，貼附時鈦帶陽極不可扭結。MMO 鈦帶陽極的導電裝置為有黏著性的純鈦導電帶，鈦帶陽極與導電帶的連接須使用無黏著性的鈦帶以點銲的方式連接。導電條末端與陽極導線必須於接線箱中接續。鈦帶陽極安裝後須使用耐酸性的環氧樹脂塗料塗覆於陽極表面，立刻將 FRP 製成之纖維織布(纖維織布的寬度須大於鈦帶陽極的寬度左右各約 15 mm)壓搗於濕的環氧樹脂塗料上，使環氧樹脂完全滲入 FRP 纖維織布內；完成 4 小時後，再使用耐酸性環氧樹脂塗料於 FRP 纖維織布上塗覆一道。

50

結論

- 碳鋼金屬在麥寮工業區、溪頭森林區與梧棲港研中心二年的平均腐蝕速率分別約為 $56.10 \mu\text{m/yr}$ 、 $11.22 \mu\text{m/yr}$ 與 $55.77 \mu\text{m/yr}$ ；鋅金屬的平均腐蝕速率分別約為 $2.43 \mu\text{m/yr}$ 、 $1.23 \mu\text{m/yr}$ 與 $4.75 \mu\text{m/yr}$ ；鋁金屬的平均腐蝕速率分別約為 $4.47 \text{g/m}^2/\text{yr}$ 、 $2.15 \text{g/m}^2/\text{yr}$ 與 $1.61 \text{g/m}^2/\text{yr}$ ；而銅金屬在麥寮工業區、溪頭森林區的平均腐蝕速率分別約為 $3.51 \mu\text{m/yr}$ 、 $1.44 \mu\text{m/yr}$ 。

51

■ 去年度在麥寮工業區中據有的功能除了持續

簡報完畢
敬請指正

52

附錄五

工作會議紀錄

工作會議紀錄(一)

採購案號：MOTC-IOT-99-H1DB004

採購案名稱：構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(2/2)

時間：99年7月29日 上午10:00

地點：港研中心五樓會議室

主席：謝明志 科長

紀錄：劉益雄

出席者：

本所港灣研究中心：謝明志、羅建明、曾文傑、陳志遠、謝大勇
李麗雯、陳彥蓉、林家綠

工業技術研究院：劉益雄、邵錡鼎

討論議題：

1. 大氣腐蝕環境分類資料庫前端展示與後端管理平臺教育訓練
2. 大氣腐蝕環境分類資料庫圖資更新
3. 本年度資料庫工作進度與規劃

結論：

1. 會議中進行大氣腐蝕環境分類資料庫前端靜態展示、後端資料匯入管理平臺與 Access 資料輸入更新之操作說明及教育訓練。
2. 港研中心去年持續進行大氣暴露試驗所產出之第二季資料，由港研中心團隊將數據資料與圖檔整理完成後，檔案交由工研院研究團隊將資料匯入資料庫中進行圖資更新。
3. 工研院研究團隊將原資料庫中另新增資料表，以利後續 14 處平板試片暴露試驗數據資料之建置。
4. 未來 14 處平板試片暴露試驗數據整合後由港研中心以 Surfer 軟體繪製分布圖，分布圖底圖（臺灣地圖）由工研院研究團隊提供予港研

中心。

5. 本年度資料庫系統功能著重在與 Google Map 整合以強化使用之便利性，導入 Google Map 即時更新的圖資，監測點均可根據經緯度紀錄標示於地圖上。
6. 本年度資料庫系統結合 Google Map 相關工作將於十月中完成。

工作會議簽到簿

採購案號：MOTC-IOT-99-H1DB004

編號：

採購案名稱：構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(2/2)

時間：99年7月29日 上午10:00

地點：港研中心 5F會議室

出席者：

港灣技術研究中心：

謝明志 吳建明 陳志遠 謝煥
李麗雯 陳高塔 林家綠 曾文輝

工業技術研究院：

劉亞雄 邵衛鼎

工作會議紀錄(二)

採購案號：MOTC-IOT-99-H1DB004

採購案名稱：構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(2/2)

時間：99年10月08日上午10:00

地點：港研中心五樓會議室

主席：羅建明

紀錄：劉益雄

出席者：

本所港研中心：陳桂清、柯正龍、羅建明、陳志遠、謝大勇、林家綠

工業技術研究院：劉益雄、邵錡鼎

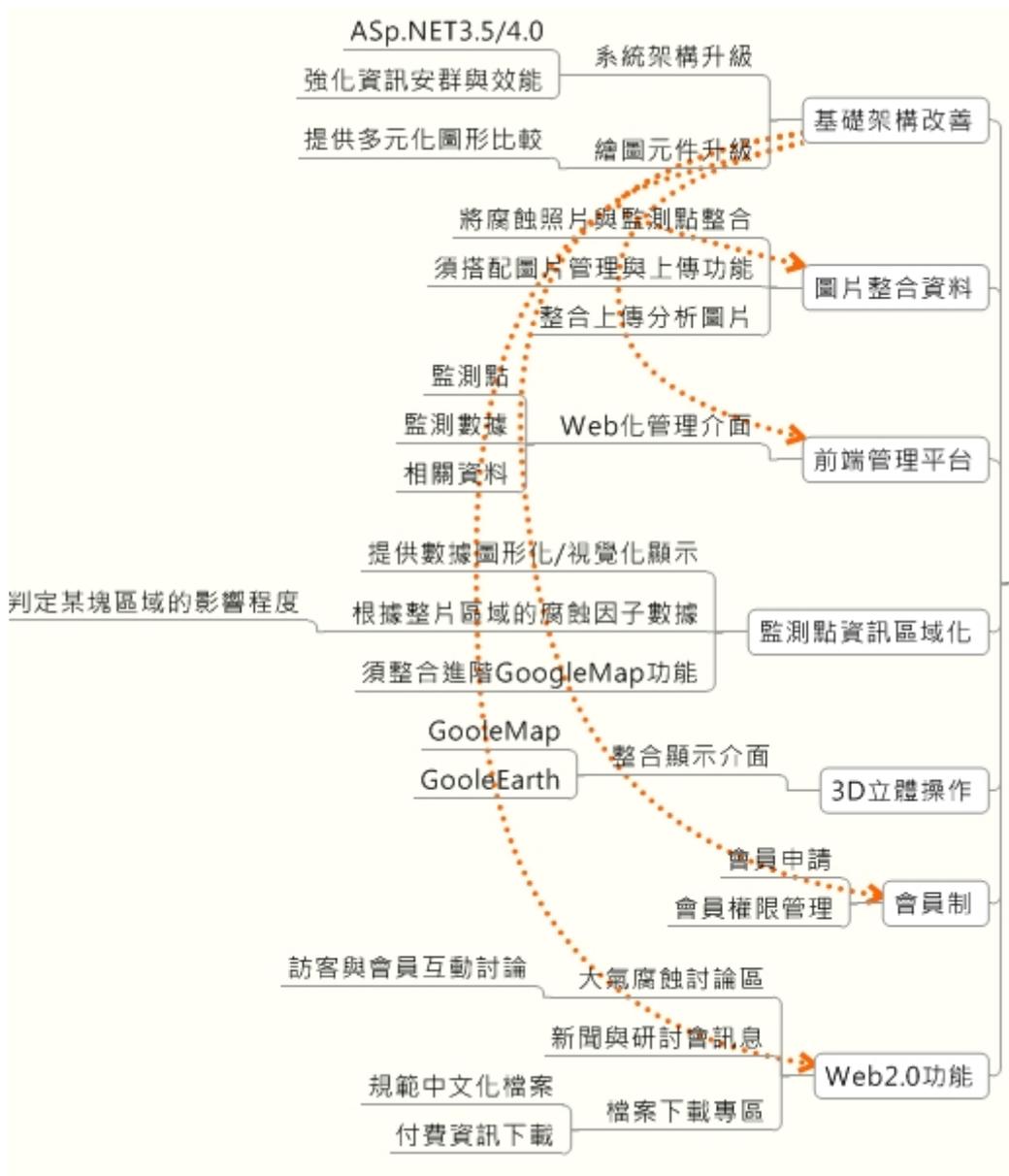
討論議題：

1. 大氣腐蝕環境分類資料庫改版項目分類說明
2. 大氣腐蝕環境分類資料庫系統展示與教育訓練
3. 待釐清項目討論
4. 未來功能擴充討論

結論：

1. 大氣腐蝕環境分類資料庫改版項目：
 - 數據與資料上架（包括 98q3 數據、98q4 數據、2009 年金屬試驗相片、2010 年重量損失表）
 - 經緯度轉換（”度分秒”轉換為”度”；TWD97/WGS84）
 - 資料 Data 擴增（99q1data、99q2data、9899data、9899iso）
 - 程式相對應調整（所有腐蝕數據相關比較與顯示功能）
 - Google map 整合

2. 大氣腐蝕環境分類資料庫系統展示與教育訓練
3. 臺北港與永安安檢所試驗站之經緯度資料錯誤，在地圖上之位置發生嚴重偏移現象，由港研中心團隊將資料進行確認並修正資料庫數據。
4. 工研院研究團隊將原資料庫中另新增資料表，以利後續 14 處平板試片暴露試驗數據資料之建置。
5. 資料庫未來功能擴充與建議改善項目討論要點如下圖所示，待本年度計畫結束；由工研院研究團隊與港灣研究中心承辦單位充分溝通確定後，列入明年計畫目標。



工作會議簽到簿

採購案號：MOTC-IOT-99-H1DB004

編號：

採購案名稱：構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(2/2)

時間：99年10月08日 上午10:00 地點：5F會議室

出席者：

港灣技術研究中心：

陳柏清 梁建明 陳志遠
林嘉綠 謝大勇 柯正輝

工業技術研究院：

劉亞雄 邵錦屏

附錄六

鋼構造物熱噴覆防蝕規範草案

鋼構造物熱噴覆防蝕規範草案-1

ISO 2063 鋅、鋁及其合金熱噴覆

塗層與其他無機塗層被覆

前言

熱噴覆金屬塗層，是將塗層金屬加熱至熔融狀態，同時利用空氣將其吹射至處理過之表面已形成熱噴覆塗層。

買方規定熱噴覆時，不能只要求依照本標準施工，基本上，一定要指定材料材料或合金、熱噴覆膜厚。若無此方面資訊，熱噴覆的規定、合約是不足以施作的。

工件設計熱噴覆時，規定熱噴覆材料及熱噴覆膜厚是重要的，如此工件將可獲得適當的熱噴覆塗層。

1. 範圍

本標準適用於熱噴覆金屬塗層於鋼鐵上之腐蝕防治。金屬塗層係利用鋅、鋁或其合金熱噴覆於無任何塗層之鋼鐵表面並予以保護。

本標準討論鋅、鋁及其合金熱噴覆層之特有性質與熱噴覆層的測試方法。首先定義熱噴覆層的種類等級和符號，然後說明鋼鐵表面的前處理，再敘述熱噴覆施作後熱噴覆層的特徵性質，也就是熱噴覆層的膜厚、外觀和附著性，最後訂有測試方法以檢驗熱噴覆層是否合於要求。

至於其他金屬熱噴覆的規定可由買賣雙方協議之。

2. 參考標準

1. EN ISO 1463, *Metallic and oxide coatings - Measurement of coating thickness - Microscopical method (ISO1463:1982)*.
2. EN ISO 2064:2000, *Metallic and other inorganic coatings - Definitions and conventions concerning the measurement of thickness ISO 2064:1996*).
3. EN ISO 2178, *Non-magnetic coatings on magnetic substrates - Measurement of coating thickness – Magnetic method (ISO 2178:1982)*.
4. EN ISO 8501-1, *Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Visual assessment of surface cleanliness - Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings (/50 8501-1 :1988)*.
5. EN ISO 11124-2, *Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Specifications for metallic blast-cleaning abrasives - Part 2: Chilled-iron grit (/50 11124-2:1993)*.
6. EN ISO 11126-3, *Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Specifications for non-metallic*

- blast-cleaning abrasives - Part 3: Copper refinery slag (ISO 11126-3:1993).*
- 7.EN ISO 11126-4, *Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives - Part 4: Coal furnace slag (/50 11126-4:1993).*
- 8.EN ISO 11126-7, *Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives - Part 7: Fused aluminium oxide (ISO 11126-7:1995).*
- 9.EN ISO 12944-1, *Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems--Part1: General introduction (ISO 12944-1:1998).*
- 10.EN ISO 12944-2, *Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems--Part2: Classification of environments (/50 12944-2:1998).*
- 11.EN ISO 12944-3, *Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems--Part3: Design considerations (ISO 12944-3:1998).*
- 12.EN ISO 12944-4, *Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems - Part4: Types of surface and surface preparation (ISO 12944-4:1998).*
- 13.EN ISO 12944-5:1998, *Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems - Part 5: Protective paint systems (ISO 12944-5:1998).*
- 14.EN ISO 12944-6, *Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems - Part6: Laboratory performance test methods (ISO 12944-6:1998).*
- 15.EN ISO 12944-7, *Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems - Part7: Execution and supervision of paint work (ISO 12944-7:1998).*
- 16.EN ISO 12944-8, *Paints and varnishes - Corrosion protection of steel*

structures by protective paint systems - Part8: Development of specifications for new work and maintenance (ISO 12944- 8: 1998).

17.EN ISO 14919:2001, *Thermal spraying - Wires, rods and cords for flame and arc spraying - Classification Technical supply conditions (ISO 14919:2001).*

3. 專有名詞與定義

本標準之專有名詞與定義是根據EN ISO2064:2000版，說明如下：

3.1 標示面(significant surface)

工件被覆蓋的部份或即將被塗層部分，而該塗層是必不可少的服務性和/或外觀。

3.2 最小局部膜厚(minimum local thickness)

在單一工件有效面上的熱噴覆層局部厚度之最小值。

4. 規定要求的方式

當物件規定依照本標準熱噴覆時，買方除了說明標準編號外，應有金屬熱噴覆層表面記號和依據表1符號標示熱噴覆膜厚。

5. 種類等級

本標準中，熱噴覆用材料有鋅、鋁和鋅鋁合金，並依照其熱噴覆膜厚分成幾個等級，且遵照表1的標示。

表 1. 熱噴覆金屬層種類等級

熱噴覆材料 (EN ISO 14919)	最小膜厚(μm) ^a					
	50 ^b	100	150	200	250	300 ^c
Zn99.99%		—————	—————	—————	
Al 99.5%			—————	—————
Al-5%Mg		—————	—————	—————		
Zn-15%Al		—————			

本種類等級提供一系列鋅、鋁及鋅鋁合金之膜厚值。數字值中間的厚度，可經買賣雙方協議之。每一熱噴覆層的組成符號應符合 EN ISO 14919 之符號，並於後方附加最小膜厚值^d。

a. 依照 EN ISO 2064 標準。

b. 膜厚要求是買賣雙方的協議。特別是熱噴覆膜厚的均一性、油漆或封孔劑的使用與否和測試方法。

c. 買賣雙方可特別協議之，允許符合本標準的更大的最小膜厚。

d. 規定熱噴覆合金塗層時，化學符號表示應參照 EN ISO 14919 標準並於後方加註最小膜厚。例如，熱噴覆 120μm 的 Zn-15%Al 合金塗層，應被標示為 (EN ISO 14919 ZnAl15) 120，括號()是必要的合金標示。

6. 熱噴覆加工

6.1 熱噴覆前之表面處理

基材表面應完全地清潔和利用適當的研磨礫(abrasive grit)噴砂使其粗糙。噴砂時應持續使表面呈金屬的外觀且均勻，並符合 EN ISO 8501-1 之 Sa3 等級。在熱噴覆前，表面應保持乾燥且無粉塵、油脂、氧化層、銹層和任何污點。除非另有規定，否則表面處理用之噴砂材料必須符合下列其中之一。

6.1.1 (hematitic chilled cast iron grit) ，應符合EN ISO 11124-2

6.1.2 細銅渣(copper refinery slag) ，應符合EN ISO 11126-3

6.1.3 煤爐渣(coal furnace slag) ，應符合EN ISO 11126-4

6.1.4 氧化鋁礫(aluminium oxide grit) ，應符合EN ISO 11126-7

在某些情況下，買賣雙方協議同意使用其他研磨料，但應有特殊的預防措施，以達到充分的清潔度和粗糙度，以確保熱噴覆材料的附著性。至於，研磨料的顆粒尺寸，一般在0.5mm至1.5mm之間。

不管使用哪種研磨料，其應清潔、乾燥、無污染物。至於噴砂用的壓縮空氣，空氣應足夠清潔和乾燥，以防止污染研磨料或即將熱噴覆金屬的表面。

6.2 熱噴覆用材料

鋅、鋅合金或鋁、鋁合金之熱噴覆用材料應依據EN ISO 14919標準。

6.2.1 鋅材料(Zn99.99)應符合EN ISO 14919:2001, 2.1項之規定，鋅含量不得低於99.99%。

6.2.2 鋅鋁合金(ZnAl15)應符合EN ISO 14919:2001, 2.3項之鋅-15%鋁。

6.2.3 鋁材料(Al99.5)應符合EN ISO 14919:2001, 3.2項之規定，鋁含量不得低於99.5%。

6.2.4 鋁鎂合金(AlMg5)應符合EN ISO 14919:2001, 3.3.項之鋁-5%Mg

6.3 熱噴覆(Thermal spraying)

熱噴覆必須在表面經過噴砂處理後來進行，並且應在熱噴覆前確保表面仍然清潔的、乾燥的、無氧化情形。噴砂後應在短時間內施行熱噴覆(最好在4小時內)，視當地情況而定。

熱噴覆不得在表面易因濕度導致凝結的情形下進行噴塗，且表面溫度應高於露點，溫度保持在至少3°C以上以避免起泡。如果觀察到即將噴塗的表面惡化，此時受影響的區域應再次處理至所要求的表面品質。

6.4 封孔處理(Sealing)

封孔處理的目的是要減少熱噴覆層內具有的細孔。封孔處理，可在正常的環境暴露下經由金屬熱噴覆層自然氧化產生氧化物、氫氧化物和(或)不可溶性鹽類達成；封孔處理亦可利用人工方式，利用金屬熱噴覆層表面化學轉化（磷酸鹽處理、活性油漆等）或採用適當的封孔劑封住孔隙，封孔劑應在熱噴覆層吸附任何水分之前施作。

6.5 油漆

封孔後熱噴覆表面再施作油漆的目的在具美觀性或增長熱噴覆的服務壽命。有關鋼結構的腐蝕防治熱噴覆系統與油漆系統應符合EN ISO 12944-5:1998之表A.10規定。

油漆的實施，EN ISO 12944-1到EN ISO 12944-8應被考慮。

7. 品質要求

7.1 熱噴覆層膜厚

7.1.1 概述

熱噴覆沈積的金屬塗層是以其最小局部膜厚詳細說明。量測方法與量測點次數及分布情形應依照7.1.2及7.1.3節操作。

7.1.2 熱噴覆面積介於1cm²~1m²範圍時

熱噴覆面積介於1cm²~1m²範圍時，每一點的局部熱噴覆層膜厚是指在1cm²面積內量測三點的平均數，如圖1。如果組成的幾何形狀不允許前述的作法，則買賣雙方應協議同意以適當的參考試樣取代，並利用金屬結構學的或機械的平均方式測量，其試樣之熱噴覆層應在同時間、同條件下進行。

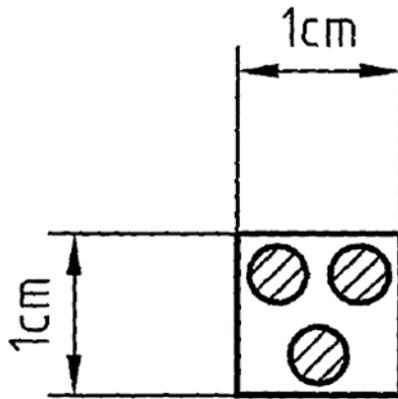


圖 1. 1 平方公分的測量點分布圖

7.1.3 熱噴覆面積大於1m²時

熱噴覆面積大於1m²範圍時，每一點的局部熱噴覆層膜厚是指在約1dm²面積內量測十點的平均數，十點量測點之分布情形如圖2。

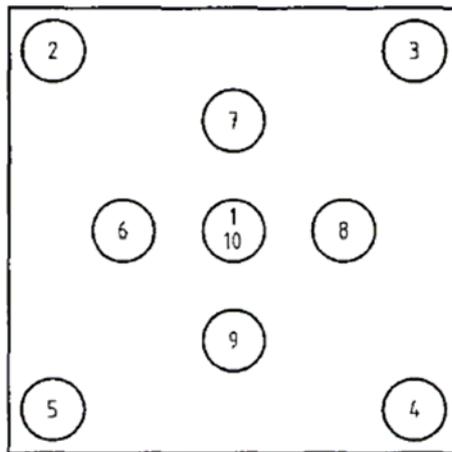


圖 2. 1 平方公分的測量點分布圖

7.1.4 膜厚試驗點位置

局部膜厚的測量目的是測定在施作熱噴覆層時發生的最小的膜厚點，在該點熱噴覆層膜厚可推定為其最低點。這些點和數量，儘可能是由相關各方協議之，並規定在當時的訂貨合約中。建議將這些點應儘可能規定在產品標準上。如無各方之任何協議，這些點的選擇由客戶決定。

7.1.5 量測方法

熱噴覆層厚度測量應以磁性測量方測得（參見 8.1.2），磁性測量法可以用在所有情況下，只要遵守有關規定的測量數量以獲得算術平均值。有爭議的情形下，可能的話則利用斷面顯微鏡法測量之（參見 8.1.3）。

7.2 外觀

熱噴覆表面必須均勻一致，不得有起泡或裸點和減低服務壽命之缺陷。

7.3 附著性

經過附錄A的試驗後，若未發現有從底材或熱噴覆層中剝離的現象，則熱噴覆層視為合格的。

8. 試驗方法

8.1 膜厚量測

8.1.1 方法應用

8.1.1.1 磁性式量測，有非破壞、快速的優點，能夠直接在熱噴覆層表面的任何位置測量。此外，熱噴覆在磁性金屬上的塗層（鋅、鋁）性質和標準膜厚值，有助於獲得滿意的準確值。因此，在符合本標準的規格和買賣雙方協議下用樣本正確校正磁性式測量儀器，磁性式量測有可能進行有效而準確的驗收。

8.1.1.2 斷面顯微鏡量測法用於熱噴覆金屬塗層的參考方法，因其難以正確的執行。因此，此方法應在買賣雙方協議經同意後運用，此測試依照 8.1.3 章節要求進行。

8.1.2 磁性式量測法

磁性量測法是依照EN ISO 2178標準，利用電磁原理測定熱噴覆層膜厚。

8.1.3 斷面顯微鏡量測法

8.1.3.1 原理

斷面顯微鏡量測法是依照 EN ISO 1463 標準，用金相顯微鏡對從產品或試樣取下來的試體進行斷面厚度量測的方法。

8.1.3.2 說明

為防止熱噴覆層沿基材周邊剝離和導角，試體應用適當的材料(如塑膠或低熔點合金)鑲埋。鑲埋後試體表面應用適當的材料拋光。

用顯微鏡量測厚度時，應測十個點，且這十個點必須沿試體的一個邊均勻分佈在 20mm 長的斷面上，測量後取其算術平均值。

8.2 附著性試驗

測試方法的選定和解釋由買賣雙方協議之。試驗方法的解說參考附錄A。

附錄 A 附著性試驗方法

A.1 方格試驗

A.1.1 原理

切割熱噴覆層至底材表面使其成一規定尺寸之方格，並且熱噴覆層無產生分離的情形。

A.1.2 設備

切割工具需具有堅硬點，形狀近似於圖A.1。

A.1.3 步驟

利用工具(參考A.1.2節)切割成表A.1中之方格尺寸。切割的深度，必須將熱噴覆層切斷達基材表面。

切割成方格後，在方格表面貼上膠帶並利用5N荷重的滾輪壓緊，然後以手拉住膠帶的一端，並與熱噴覆層表面垂直的方向迅速且突然的方式將膠帶拉開，再檢查熱噴覆層是否被膠帶粘起而剝離。如果此方法不可行，其它方法再由買賣雙方協議之。

表 A.1 方格尺寸

	熱噴覆層厚度(μm)	切割距離(mm)
15mm×15mm	≤ 200	3
25mm×25mm	> 200	5

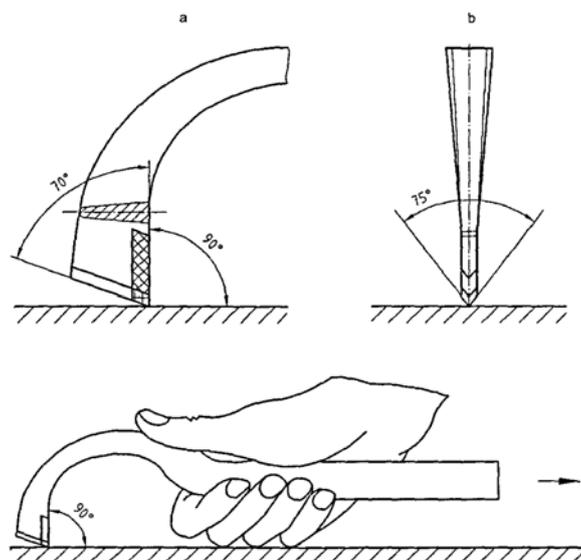


圖 A.1 切割工具

A.2 拉拔試驗

A.2.1 一般要求

試驗儀器，除非利用氣動的或液壓的方式以確保拉力真正垂直試體表面，否則所測得的結果是不穩定的。

熱噴覆的底材應是穩固的，避免測試過程中變形。選擇一平坦的、水平的測試表面，且應在測試區域去除任何鬆動的材料。

A.2.2 Test dolly準備

試驗dolly（拉頭）應利用機械（磨損）或化學方式清洗，並利用沾有一個適當的溶劑(如酒精)乾淨紙或紗布脫脂。Dolly的正面應磨粗或粗糙以改善重點。環氧樹脂型黏著劑需要一個粗糙的表面，壓克力型黏著劑則需要較平整的表面。放置新的砂紙(silicon carbide paper)在平坦且堅硬的平面，並將試體的表面在砂紙上來回摩擦，直到灰的鋼金屬色出現。

具微小溝槽的有效面積應比試體的標稱尺寸大很多倍，這將會增強黏著劑和測試元件間的附著，且減少膠水的失敗。除非有理由懷疑新的污染，如赤手處理，否則沒必要再脫脂一次。

A.2.3 熱噴覆層的準備

熱噴覆層本身不需另外的前處理通常就足以防止膠水失效。如果需要，金屬塗層可輕微用砂紙研磨，以增加更多的塗層和dolly間金屬接觸；如果懷疑有污染時則利用乾淨的紙或紗布沾適當的溶劑作脫脂。

A.2.4 黏著劑

dolly和塗層間的黏著劑附著強度應大於塗層-基材界面強度。黏著劑應具高黏性，以防止滲入多孔的金屬熱噴覆層內。否則，應塗覆伐鏽底漆(wash primer)以防止黏著劑滲入到基材上。

用於有足以覆蓋dolly面的黏著劑塗覆dolly，而且填補凹凸的熱噴覆層表面。

用手壓dolly向下壓住測試表面，持續施壓壓住約30分鐘以逐出空氣和使黏著劑厚度均勻。並使黏著劑有足夠的時間硬化凝固。

A.2.5 施應力前

除非買賣雙方另有特別約定，否則應小心切割dolly周邊的黏著劑並深入到基材上。切割可消除熱噴覆層的側向鍵結，但會產生裂縫以致產生較低的斷裂應力。

A.2.6 施加應力

附著性測試儀應小心進行，以避免影響dolly黏著劑。刻度指標為歸零，然後逐漸平穩增加應力，直到鍵結分離。施加應力速度不得高於1MPa/s[EN ISO 4624 <90s, <1MPa/s]。

A.2.7 評估

評斷分析熱噴覆層發生斷裂區域，是黏著劑或凝聚力的失敗，是在全部或部分區域。記錄結果、熱噴覆層厚度種類、是否用伐鏽底漆、黏著劑和附著性試驗機，dolly周圍切割與否、測試者名稱等。

附錄 B 使用建議

表 B.1 不同環境之建議最小厚度(μm)

環境	EN ISO 12944-2 環 境分類	材料							
		鋅		鋁		Al-5Mg		Zn-15Al	
		無油漆	有油漆	無油漆	有油漆	無油漆	有油漆	無油漆	有油漆
鹽水	Im2	N.R. ^a	100	200	150	250 ^b	200 ^b	N.R. ^a	100
新鮮水	Im3	200	100	200	150	150	100	150	100
都市環境	C2&C3	100	50	150	100	150	100	100	50
工業環境	C4&C5-1	-- ^a	100	200	100	200	100	150	100
海洋環境	C5-M	150	100	200	100	250 ^b	200 ^b	150	100
室內乾燥 環境	C1	50	50	100	100	100	100	50	50
a : N.R. : 不建議									
b : 近海環境使用									

註：Im 表示浸漬在水中的等級

參考資料

- EN 13507, *Thermal spraying - Pre-treatment of surfaces of metallic parts and components for thermal spraying.*
- EN ISO 4624, *Paints and varnishes - Pull-off test for adhesion (ISO 4624:2002).*

鋼構造物熱噴覆防蝕規範草案-2

B NACE No. 12/AWS C2.23M/SSPC-CS 23.00

鋁、鋅與其合金(或複合物)熱噴覆(金屬噴鍍)

在鋼鐵防蝕上的應用

本 NACE International (NACE)/美國銲接協會(AWS)/美國防蝕塗料協會(SSPC)標準是經由審查過本文件、範圍和條款的個人會員一致通過後的最終確認版本。本標準旨在為製造商、消費者和公眾提供協助。無論其被採用與否，本標準並不排除未在標準中提及之任何有關製造、銷售、採購或使用產品、過程或程序的內容。本 NACE/AWS/SSPC 標準中所含內容絕非暗示同意任何權利，或製造、銷售、或使用擁有專利的任何方法、儀器或產品，或被認作保證或保護任何人不受侵犯專利的責任。本標準代表了最新的技術，但絕不能被解釋為限制採用更好的程序或材料。本標準並不適用於與議題有關的所有情況，而在某特定情況下，不可預知的情形會影響本標準的有效性。NACE、AWS 和SSPC 並不承擔因其他方解釋或使用本標準而引起的任何責任，僅承擔由 NACE、AWS或SSPC按照其受控程式和規則頒佈的那些官方解釋所產生的責任，但不包括個別志願者所發佈的任何解釋。

本 NACE/AWS/SSPC 標準的使用者有責任參閱適當的健康、安全、環保和法規文件，同時，他們也有責任在使用前確定與本標準有關的可應用性。本 NACE/AWS/SSPC 標準可能不一定論及與使用本標準內所詳細描述或提到的材料、設備和/或操作有關的所有潛在的健康和安全問題或環境危害。使用本標準之前，使用者同時也有責任在諮詢合適的法定機構(如必要的話)後，確定適當的健康、安全和環保實用方法，以符合現存的可用法律要求。

特別注意事項：NACE/AWS/SSPC 標準會定期審查，並可能隨時會在未予事先通知的情況下進行修訂或取消，使用者應確保獲取最新的版本。NACE、AWS和 SSPC要求在初版五年內須再次確認、修訂或取消本標準。

前言

「鋁、鋅與其合金(或複合物)熱噴覆(金屬噴鍍)在鋼鐵防蝕上的應用」規範，是為了滿足工業界與政府的需求。

在很多環境裏，熱噴覆(Thermal spray coatings, TSCs)被廣泛用於鋼鐵的防蝕保護。由美國銲接協會⁽¹⁾進行的腐蝕測試和 ASTM⁽²⁾提供的海洋環境性能報告以及LaQue腐蝕技術中心⁽³⁾都證實鋁和鋅金屬的火焰熱噴覆能在惡劣的環境中提供有效的長時間防蝕保護。英國標準研究所的”鋼鐵防蝕保護的實用作法規範”詳細說明了只有TSCs能在19個工業及海洋環境中提供超過20年以上的服務且之後才須做第一次的維修養護，而且，該TSCs是在海水浸漬或飛沫區環境下只經封孔處理的熱噴覆鋁或鋅。

業主和設計、製造及維護工程師可使用本標準，為鋼結構的TSCs施工提供詳細的說明和訂定相關的合約。本標準也可為TSC檢查員和TSC施工人員使用，用以制定施工程序、設備清單和操作人員的訓練課程。

本標準為得到高品質的TSCs施工提供了基本所須的資訊，而附錄中更提供了詳細的資訊；可使用目錄來方便查詢特定資訊。

本標準由AWS C2B防蝕保護的熱噴覆小組委員會、SSPC熱噴覆C.1.2.B委員會和NACE熱噴覆任務小組TG 146所編寫。TG 146是由”保護塗層和內襯-大氣”的特定技術小組STG 02管理，並由相關製程工業-材料應用的STG 39贊助。

註：

(1)AWS C2.14-74, “火焰噴塗鋼板的腐蝕測試，19 年報告”(邁阿密, FL: AWS)

AWS 標準可從全球工程公司獲得，地址：15 Inverness Way East, Engelwood, CO 80112-5776, 電話 (800)-854-7179, 傳真 (303) 307-2740, 網址 [www .global.ihs.com](http://www.global.ihs.com)

- (2)R.M. Kain., E.A. Baker, “有關鋼板熱噴覆塗料性能的海洋大氣腐蝕博物館報告”，ASTM STP 947 (West Conshohocken, PA: ASTM, 1987)。可從 ASTM 國際獲得該報告，地址：100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428
- (3)S.J. Pikul, “在美國北卡羅來納州 Kure Beach 暴露于海洋大氣 44 年後，熱噴覆塗層的外觀情況”，LaQue 腐蝕技術中心，1996 年 2 月。可從 LaQue 腐蝕技術中心獲得此報告，地址：Inc., 702 Causeway Drive, Wrightsville Beach, NC 28480.
- (4)BS 5493, “鐵和鋼結構防蝕保護塗料的實用施工規範”，(倫敦, 英國：國標準研究所)。可從美國國家標準研究所(ANSI)獲得, 11 West 42nd Street, New York, NY 10036-8002, USA; 和英國標準研究所(BSI), British Standards House, 389 Chiswick High Rd., London W4 4AL, UK

1. 總則

1.1 概述

本標準為鋁、鋅與其合金或其複合物使用熱噴覆(TSC)方法於鋼鐵表面進行防蝕保護的施工程序，它規定了設備的要求、施工程序與施工過程中品質控制(QC)的查核點。本標準可被用作供貨合約文件，如附錄A提供了一個空白的供貨合約範本。圖1的流程圖說明了熱噴覆施工的整體工作流程。

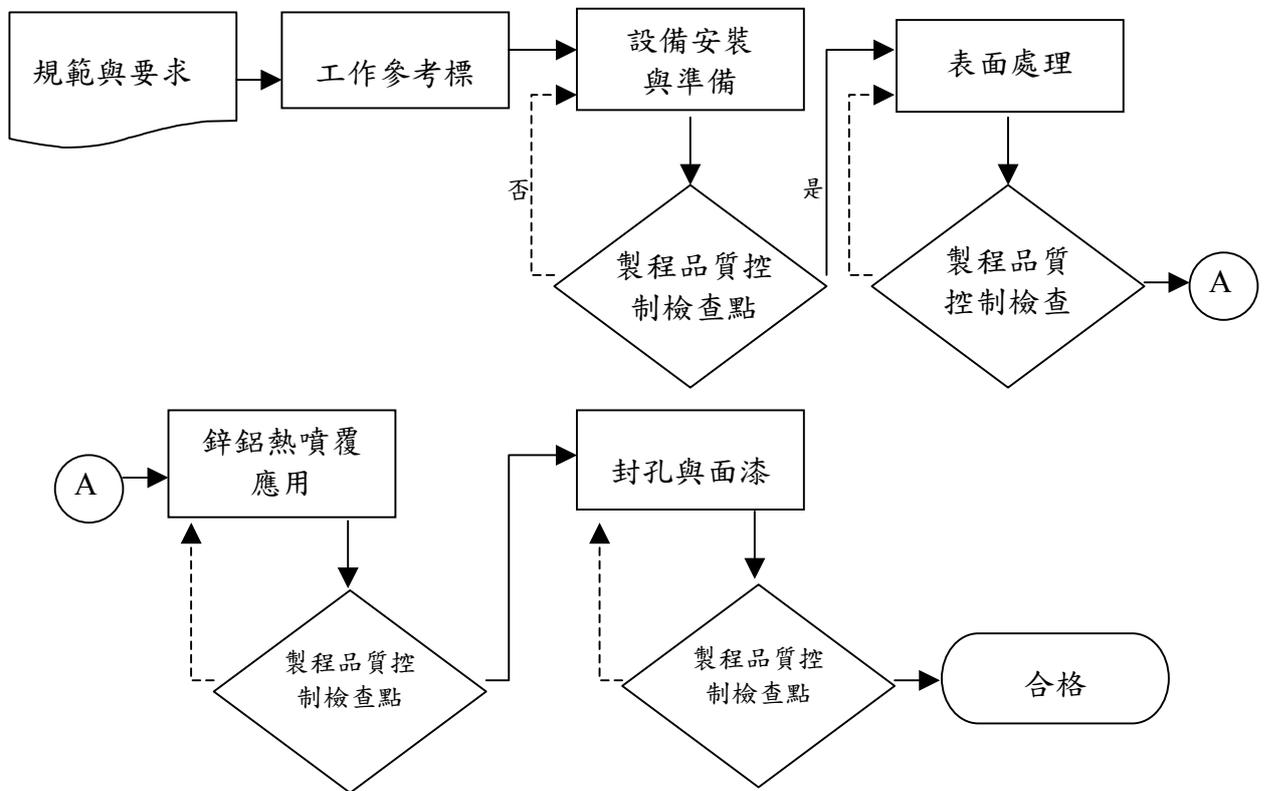


圖1. 熱噴覆工作流程

本標準未包含相關設計與製作、熱噴覆設備限制、材料選擇與操作人員和檢查人員證書方面的要求。為獲得成功的熱噴覆施工，鋼結

構和部件應依照NACE標準 RP0178⁽⁵⁾進行設計和製作，同時也應考慮到銲接件因利用乙炔切割而可能會影響到邊緣的硬度而無法提供足夠的粗糙度深度。

1.2 安全

有關熱噴覆的基本預防措施從本質上來說與銲接和切割相同。

有關安全的資訊可在AWS的”熱噴覆：實踐、理論和施工”、ANSI Z49.1 “銲接、切割中的安全和聯合過程”以及NFPA 58⁽⁶⁾”液化石油氣貯存和運輸標準”中的安全章節中找到。安全預防措施也能在製造商的設備技術說明手冊以及熱噴覆材料安全資料表中找到。本標準可能會涉及有害物質、操作與設備，本標準並未闡述與使用本標準有關的所有安全相關問題，本標準的使用者有責任在使用前建立適當的安全和健康實用做法，並確定法規限制的可應用性。

潛在的熱噴覆危險包括暴露於蒸汽、粉塵、火焰、氣體、噪音(來自噴槍)和電弧紫外線(UV)輻射。另外，熱噴覆設備的使用不當可能會因燃油和運載氣體而產生潛在的火災和爆炸危險，並會因電器和電子設備以及充電引線卷軸的使用而存在潛在的觸電危險，為使危險降至最低必須遵循並採取正確的安全預防措施，操作人員必須遵循安全指示、製造商技術手冊和物質安全資料表中所規定的程序。

在熱噴覆時，若操作人員能採取建議的預防措施且正確理解熱噴覆操作，並在使用熱噴覆設備方面擁有相當的知識和技能且小心操作，此時熱噴覆施工是完全安全的操作過程。

註：

(1)NACE 標準可從 NACE International 獲得, 1440 South Creek Drive, Houston, TX 77084-4906

(2)可從國家防火協會 (NFPA) 獲得, 1 Batterymarch Park, P.O. Box 9101, Quincy, MA 02269-9101

2. 參考文獻

1. ASTM B833, “鋅和鋅合金線熱噴覆(金屬噴鍍法)的標準規範⁽⁷⁾”
2. ASTM C633, “火焰熱噴覆塗層附著或內聚強度的標準測試方法”
3. ASTM D4285, “檢測壓縮空氣中油或水的方法”
4. ASTM D4417, “噴砂清理鋼鐵表面粗糙度現場測量的標準測試方法”
5. ASTM D4541, “使用可攜式附著力測定儀測定塗層拉伸強度的標準測試方法”
6. ASTM D4940, “噴砂磨料水溶性離子污染傳導性分析的標準測試方法”
7. ASTM E3, “金相檢查處理的標準實用做法”
8. ANSI/AWS C2.18, “採用鋁、鋅和其合金及合成物熱噴覆對鋼鐵進行保護的指南”
9. ANSI/AWS C2.25/C2.25M, “固體和雙金屬絲及陶瓷棒的熱噴覆規範”
10. ISO 8502-3, “油漆和相關產品施工前鋼鐵底材的處理-表面清潔度的評估測試-第3部分: 處理用於塗裝的鋼鐵表面的粉塵評估(壓力敏感型膠帶方法⁽⁸⁾)”
10. NACE No. 1/SSPC-SP5, “白金屬噴砂清理”
11. NACE No. 2/SSPC-SP10, “近白金屬噴砂清理”
12. NACE RP0178, “對浸水使用待加襯裏的液艙/儲罐和容器, 其需要考慮的製作細目、表面處理與正確的設計因素”
13. NACE RP0287, “使用複製膠帶檢測磨料噴砂清理鋼板表面粗糙度的現場測量”
14. SSPC-AB 1, “礦石和礦渣磨料⁽⁹⁾”
15. SSPC-AB 2, “回收使用含鐵金屬磨料的清潔度規範”
16. SSPC-AB 3, “新近製造或重新製造的鋼質磨料”

17. SSPC-PA 1, “鋼鐵的廠內、現場和保養塗裝”
18. SSPC-PA 2, “使用磁性乾膜測厚儀測量乾膜厚”
19. SSPC-SP 1, “溶劑清洗”
20. SSPC-VIS 1, “由乾磨料噴砂處理的鋼質表面指南和目測參考圖片”

註：

- (1) ASTM 標準可從 ASTM 國際獲取, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428
- (2) ISO 標準可從美國國家標準研究所(ANSI)獲取, 11 W. 42nd Street, New York, NY 10036-9002
- (3) SSPC 標準可從 SSPC：美國防蝕塗料協會獲取, 40 24th Street, 6th Floor, Pittsburgh, PA 15222-4656

3.定義

3.1 鋁MMC熱噴覆：

鋁金屬複合物(Aluminum metal matrix composite, MMC)熱噴覆是一種以鋁金屬為主且含有複合材料的塗層，可利用火焰或電弧噴塗複合材料的實心或空心線而形成的。

3.2 彎曲測試：

彎曲測試(依據TSC的厚度，沿軸心直徑彎曲180°)是TSC延展性和鍵結性的定性測試。彎曲測試是表面處理、設備設置、噴塗參數和施工程序的宏觀試驗。

3.3 附著力測試：

測定熱噴覆層附著強度的一種測試。

3.4 成對試樣：

與工件一起處理與塗裝的小型矩形金屬樣板，用於檢查使用。

3.5 合約預審：

採購方對熱噴覆塗料施工人員的合約進行預先評估，包括合約項目所建議的表面處理、熱噴覆材料、設備能力和施工過程的(a)書面和(b)示範審查。

3.6 切割測試：

熱噴覆層的切割測試必須包含一個切至底材但未嚴重切入底材的長為40 mm (1.5 in.)的切口，所有切口都必須採用具銳利邊緣的工具進行，而鑿子切口必須以窄角進行，並必須在合約中規定切割工具。

3.7 熱噴覆間隔：

熱噴覆間隔是指完成最後噴砂過程與完成熱噴覆施工其間的時間。根據定義，當有銹霜(銹蝕變色)出現時，熱噴覆間隔即結束。

3.8 工作控制記錄(JCR)：

Job Control Record, JCR是列舉基本工作資訊和本標準所要求進行品質控制查核點的一份記錄表格，JCR包含的資訊有：安全預防措施、設備、資料、表面處理、熱噴覆和封孔或封孔加上塗漆施工的程序。附錄B為一份JCR範本。

3.9 工作參考標準(JRS)：

Job Reference Standard, JRS是代表整個工作或工作主要部分的現場合格/不合格參考標準，參見13.2節與圖2。

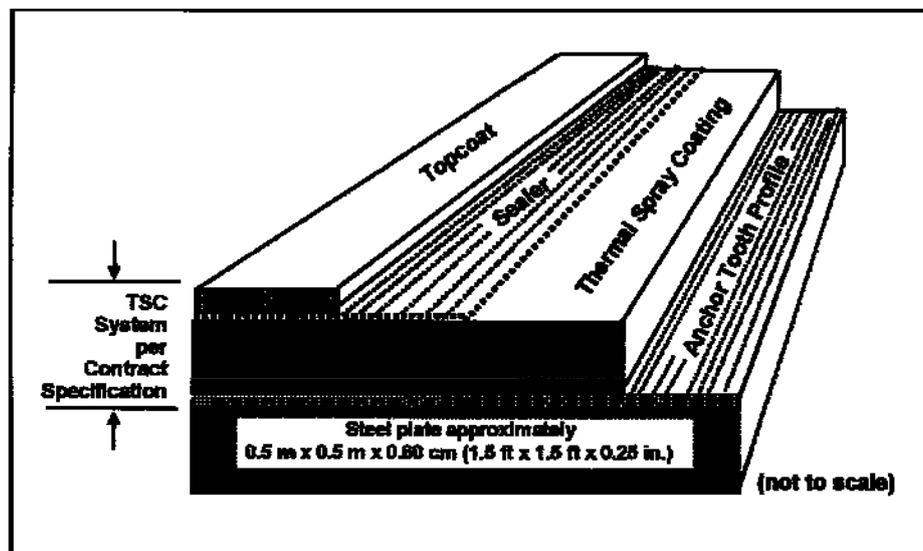


圖 2. 工作參考標準示意圖

3.10 過噴(overspray)：

未熱噴覆在所期望工件區域上的熱噴覆區域。

3.11 銹霜(rust bloom)：

顯示開始發生銹蝕的變色。在本標準中，銹霜是在指定表面處理後發生的銹蝕。

3.12 封孔劑(sealer)：

封孔劑是一層約38 μ m (1.5 mils)厚的薄塗層，可被吸附進入TSC小孔內。鋁和鋅熱噴覆層的孔隙率高達15%，相互連接的孔隙可從表面一直延伸至底材。封孔可延長熱噴覆使用的壽命，且可通過以下兩個方式完成：

- (a) 經由噴塗的鋁或鋅自然氧化，以附著牢固的氧化層填堵孔隙，或
- (b) 噴塗薄的封孔劑，藉由滲透進入熱噴覆層的孔隙內。

3.13 溶鹽污染物：

這些水溶性鹽類是污染產品的無機化合物(如氯化物與硫酸鹽)。如果在已處理鋼板表面上存有溶鹽，它們會引起銹霜和初期的熱噴覆塗層缺陷。

3.14 上塗漆：

上塗漆是塗覆在封孔層上的一道漆。(註：不可將上塗漆直接批覆在未施予封孔的熱噴覆層上)。

4. 實用做法概述

4.1 施作熱噴覆層的程序包括：

- (a) 鋼鐵基材施予正確的表面處理
- (b) 正確的熱噴覆施工
- (c) 封孔處理或封孔加上塗漆的正確施工。施工程序包括使用適當的研磨噴砂、熱噴覆、封孔處理/被覆上塗漆施工設備和整個過程中的品質控制查核點。

表1概述熱噴覆系統的要求與廠內和現場施工的檢查和驗收測試，熱噴覆系統材料、厚度、附著強度和封孔處理或封孔加上塗漆的要求與驗收測試。

表1. 熱噴覆系統要求和驗收測試

熱噴覆系統要求			驗收測試
表面處理	熱噴覆層	封孔處理或封孔加上塗漆	
至少 NACE No.2/SSPC-SP 10 (A)	平滑和均勻 無起泡、裂縫、疏鬆的顆粒或暴露的鋼材	平滑和均勻 無大小流掛、掀起、針孔或過噴	依照合約之表面處理標準
有角粗糙度深度 $\geq 65\mu\text{m}$ (2.5 mils)	—	—	依照NACE RP0287的粗糙度膠帶或符合ASTM D4417的微米測深計
指定噴砂介質	指定材料塗層厚度 (C)	指定油漆塗層厚度	製造商的證書 (B) 和 MSDS
—	最小: $_\mu\text{m}$ (____ mils) 最大: $_\mu\text{m}$ (____ mils)	最小: $_\mu\text{m}$ (____ mils) 最大: $_\mu\text{m}$ (____ mils)	SSPC-PA 2類型2固定探頭儀
—	可攜式拉伸附著力 (表 3 值) 最小: $_\text{Mpa}$ (____ psi)	—	ASTM D 4541 (D)
成對試樣彎曲/拉伸-附著力測試 (E):		—	彎曲/拉伸-附著測試 成對試樣的金相檢查
底材表面處理狀態和 TSC 介面以及形態 (結構) (F)		—	
—	無橘皮或定界 合約規定的其他要求	—	熱噴覆層切割測試 (G) 合約規定的其他測試
<p>對於關鍵表面以及海洋和 underwater 服務區域，清理至出白金屬完工表面 (NACE No. 1/SSPC-SP 5)，有角粗糙度大於 $65\mu\text{m}$ (2.5 mils) 業主應按照第 5 節，工作參考標準，指定所要求的噴砂品質和其生效條件噴砂粗糙度的有角性，可通過使用根據合約規格書處理和熱噴覆並根據段落 6.5 進行測試的成功彎曲試樣的切割樣品進行的成對試樣金相分析，按照 ASTM E 3 予以確定。</p> <p>驗證製造商或供應商提供證書或書面陳述，證明：(1)噴砂介質符合 SSPC-AB</p>			

1 要求的礦石和礦渣磨料，SSPC-AB 2 要求的可迴圈使用的含鐵金屬磨料，或 SSPC-AB3 要求的新近製造或重新製造的鋼質磨料；(2)在澆築或隨後的加工過程中，每次加熱時從有代表性的樣品處獲得的 TSC 給料化學成分，符合 ANSI/AWS C2.25；和(3)封閉塗料和上層漆配置用於合約指定的熱噴覆塗料 物質安全資料表 (MSDS)提供有關物 理和化學特性方面的支援資訊。

依據 SSPC-PA2 來測量熱噴覆層的厚度，將接近合約指定厚度的校準楔放在已經過磨料噴砂清理且具有代表性的鋼板樣品上、處理過的彎曲試樣上，或同時放在兩者上，對儀器進行校準。

指定待使用 ASTM D 4541 自調節可攜式拉伸儀器和符合工作參考標準和工作表面的可接受的最小值。

作為對完工部件具有潛在破壞性的可攜式拉伸-結合測試的另一個可供選擇的方法，可按照 ASTM C 633 對成對試樣進行彎曲測試，或測試成對拉伸測試樣品，以證實塗層的附著強度。彎曲測試是正確的表面處理、設備設置和噴塗資料的宏觀系統測試。

可指定進行成對試樣的金相分析，以建立表面處理、TSC 施工和/或 TSC 多孔性的適用性。

應採用將 TSC 塗層切至鋼板底材的工具進行 TSC 切割測試 如果塗層的任何部分被拉離表面，則說明 TSC 是有缺陷的。

5. 表面處理要求

5.1 表面處理

5.1.1 鋼鐵底材必須處理至：

- (1) 用於海洋環境和沉浸服務的區域，應處理至NACE No. 1/SSPC-SP 5之出白金屬處理表面，或
- (2) 於其他服務應用環境，應至少處理至NACE No, 2/SSPC-SP 10近出白金屬狀態表面。
- (3) 表面上溶鹽污染物的容許度必須符合合約規範的要求。

5.1.2 表面處理和清潔度必須按照SSPC-VIS 1予以確認。

5.2 有角粗糙度深度

鋼鐵底材的有角粗糙度深度必須至少不得小於65 μm (2.5 mils)，且具有銳利的有角形狀。

5.3 有角粗糙度深度測量進度表

粗糙度深度必須按照NACE標準RP0287或ASTM D4417，方法C(複製膠帶，超粗，38~113 μm (1.5~4.5 mils))，或方法B(粗糙度深度計)或兩者同時進行測量。

- (1) 手工噴砂：對噴砂表面每1~2 m^2 (10~20 ft^2)的面積至少測量一個粗糙度深度值。
- (2) 自動噴砂：對噴砂表面每100~200 m^2 (1,000~2,000 ft^2)的面積至少測量一個粗糙度深度值。
- (3) 有角噴砂介質：使用清潔、乾燥的有角噴砂介質。即選用符合SSPC-AB 1要求的礦石和礦渣磨料、符合SSPC-AB 2要求的可循環利用的含鐵金屬磨料和符合SSPC-AB 3要求的鋼砂。磨料是否有油污污染必須進行測試以確認磨料是否為無油膜或油面。溶鹽污染物必須按照ASTM D4940進行測量。有角噴砂介質、噴砂設備

和噴砂程式的適用性必須按照第14節，合約預審、示範與驗證，表2列舉了在鋼鐵基材表面要施作熱噴覆層可使用的噴砂介質與其顆粒度大小。

表 2. 適於鋼鐵底材上熱噴覆的噴砂介質和粒度

熱噴覆材料	加工過程	噴砂介質	尺寸 ^(A)
鋁、鋅、85/15 鋅/鋁, 90/10 鋁-氧化鋁 MMC	火焰線和電弧線	氧化鋁 有角鋼砂 銅和鎳渣 鐵鋁榴石 冷鐵砂	10-30 目 G-16 至 G-40 G-16 至 G-24 G-16 至 30/40 G-16 至 G-40
鋁、鋅	火焰粉末	氧化鋁 有角鋼砂 冷鐵砂	10-30 目 G-16 至 G-40 G-16 至 G-40
^(A) 粒度的選擇必須符合錨紋深度的要求，並與所使用的噴砂設備有稱。			

6. TSC 要求

6.1 熱噴覆用材料和TSC膜厚

6.1.1 熱噴覆材料和膜厚應按照預期的服務環境和使用壽命進行選定（參見ANSI/AWS C2.18）。

6.1.2 熱噴覆材料必須按照ANSI/AWS C2.25/C2.25M或ASTM B833予以規定。

6.1.3 最小和最大熱噴覆膜厚必須用 SSPC-PA 2 之類型 2 固定探頭儀或相當的儀器進行測定，要求的膜厚在 6.3 章節中規定。

6.2 熱噴覆膜厚

6.2.1 膜厚低於合約規範要求

在封孔劑施工前的後期檢查中若發現熱噴覆層的膜厚低於合約要求，施工人員必須再噴塗額外的熱噴覆層以符合膜厚要求。

6.2.2 膜厚高於合約規範要求

如果熱噴覆的膜厚高於合約規範的要求，必須在JCR中記錄這一資訊並立即通知檢查人員。檢查人員應隨後將這一差異的解決方案提交買方。TSC施工人員和買方應記錄膜厚超過要求膜厚150%的區域，如果這些區域在裝運、裝卸貨或安裝過程中受到破壞，它們應按照ANSI/ AWS C2.18中的維修保養步驟進行維修。

6.3 TSC 膜厚測量計畫表

6.3.1 對於平坦的表面必須使用線形量測，即沿著直線量測，在檢查範圍內畫一條5吋的直線，然後在此直線上每隔2.5 cm (1.0 in.)量測膜厚，共測5點，取其平均值；如此在測量線上可量測得到熱噴覆層的最大值與最小值。

6.3.2 對於複雜的幾何構件和幾何過渡構件，應使用測量區域，測量區域的面積約為 10 cm^2 (1.6 in.^2)。該量測的目的並不在量測熱噴覆層的最大值與最小值。

6.3.3 線形量測與區域量測的示意圖如圖3所示。

6.3.4 測量計畫表：熱噴覆施作面積的每 $10\sim 20\text{ m}^2$ ($100\sim 200\text{ ft}^2$)必須進行一次線形或區域量測。

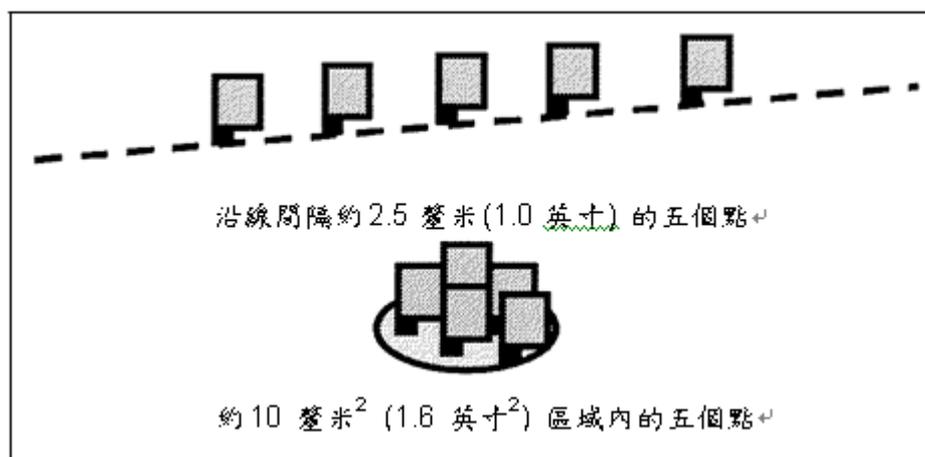


圖 3 線形量測與區域量測示意圖

6.4 熱噴覆層拉伸附著力和測量計畫表

6.4.1 應依照 ASTM D4541 標準，以自對齊附著力測定儀或認可的相當設備測量熱噴覆層拉伸附著力。

6.4.1.1 熱噴覆層拉伸附著力的最小值應依照表 2 規定，較高的要求也可被規範。

表 3 熱噴覆層拉伸附著力的最小要求

材料	MPa (psi)
鋅	3.45 (500)
鋁	6.89 (1,000)
85/15 鋅/鋁	4.83 (700)
90/10 氧化鋁 MMC	6.89 (1,000)

註：依照 ASTM D 4541，使用自對齊附著力測定儀

6.4.1.2 每50 m² (500 ft²)必須進行一次可攜式拉伸-附著力測量。如果拉伸附著力低於合約規範的要求，必須清除不符合要求的TSC，並進行重新熱噴覆。

6.4.1.3 對於非破壞性測量：拉力必須測量至“合約規定的拉力值”。隨後減小拉力，並在沒有破壞TSC的情況下移去拉力裝置。

6.4.2 註：可攜式測試儀器的拉伸-附著力測量值可按照附錄 C 中之 ASTM C633 測試方法進行校正。

6.5 彎曲測試

6.5.1 彎曲測試(對稱中心軸之180°彎曲)可作為正確的表面處理、設備設置和噴塗參數的定性測試。彎曲測試會給TSC帶來張力，而開裂極限的彎曲直徑取決於底材厚度和熱噴覆層厚度。

6.5.2 表 4 為 1.3 mm (0.05 in.)厚之鋼板樣品經電弧熱噴覆鋅後，利用彎曲試驗檢測裂縫啟始時不同噴覆膜厚之彎曲直徑。

表 4. 不同噴覆厚度裂縫啟始時之彎曲直徑

鋼板試樣厚度為 1.3 mm (0.05 in.)

熱噴覆膜厚 μm (mils)	≥ 250 (10)	≥ 380 (15)	≥ 640 (25)
彎曲直徑 mm (in.)	13 (0.50)	16 (0.63)	<25 (1.0) ^(A)
(A) 與 JRS 確認直徑			

6.5.3 熱噴覆膜厚範圍在 175~300 μm (7~12 mils)之間的彎曲測試程序

(1) 必須噴塗五塊腐蝕控制彎曲試樣，且它們必須通過以下彎曲測試：

(a) 必須使用尺寸約為 50 x 100~200 x 1.3 mm (2 x 4~8 x 0.050 in.) 的碳鋼試樣。

(b) 表面必須按照合約規範進行處理。

(c) 熱噴覆的噴塗厚度必須為 175~300 μm (7-12 mils)。TSC 應以交叉噴道進行噴塗，每一道的厚度約為 75~100 μm (3~4 mils)。

(d) 試樣必須以彎曲直徑 13 mm (0.50 in.) 彎曲 180°。

(2) 如果彎曲範圍的熱噴覆層有以下狀況(參見圖4)，則通過彎曲測試：

(a) 無裂縫或剝離，或

(b) 只有很小的裂縫，用刀片無法將其從底材上掀起。

(3) 如果熱噴覆層的裂縫已可從底材上掀起，則表示未通過彎曲測試。

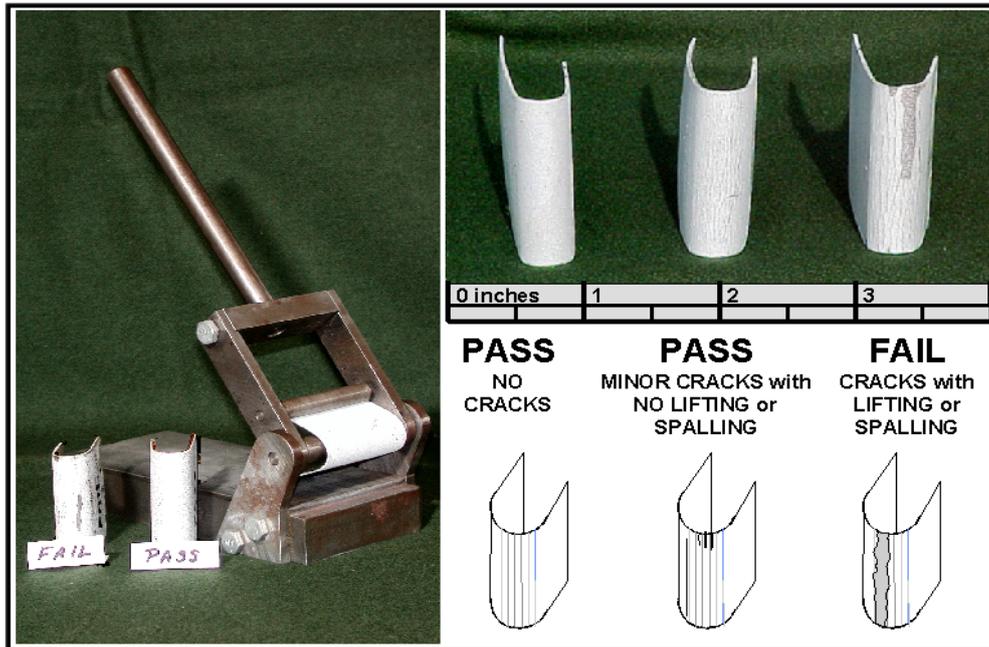


圖 4 熱噴覆層彎曲測試-合格與不合格樣品

6.6 熱噴覆後表面

6.6.1 噴塗的熱噴覆層必須是均勻的，在10倍放大鏡觀察下沒有起泡、裂縫、疏鬆的顆粒或露出的鋼鐵基材。

6.7 熱噴覆層孔隙率

6.7.1 如果買方要求，必須指定所允許的最大孔隙率和用來評估的金相測量方法。註：孔隙測量並不用於鋼鐵防蝕的金屬噴鍍法的製程品質控制，但是，孔隙測量可用於熱噴覆施工過程和噴塗參數的資質認定。

6.8 熱噴覆品質控制測量程序和儀器

6.8.1 熱噴覆膜厚、可攜式拉伸附著力、彎曲測試和切割測試程序與儀器必須按照第 14 節在合約生效過程中予以確定證實。

7. 熱噴覆施工程序

7.1 概述

7.1.1 附錄D詳細描述TSCs的施工、品質控制與查核點。

7.2 熱噴覆設備設置

7.2.1 熱噴覆設備的設置、校正和操作必須：(1)按照製造商的說明和技術手冊或TSC 施工人員對其的改進操作，且(2)得到JRS的驗證(參見13.2章節)

7.2.2 每道交叉噴路的噴塗參數和厚度必須設置用於噴塗指定的熱噴覆材料，並至少採用彎曲測試進行驗證。

7.2.3 每次換班一開始，都必須採用彎曲測試對熱噴覆設備的噴塗參數設置進行校驗。

7.2.4 所採用的噴塗參數的影本必須附在JCR的後面。

7.3 噴砂後底材狀態和熱噴覆間隔

7.3.1 鋼鐵表面溫度

7.3.1.1 鋼鐵表面溫度必須至少高於周圍空氣溫度的露點3°C (5°F)以上

7.3.2 間隔時間

7.3.2.1 鋼鐵底材完成最後噴砂過程與完成熱噴覆施工之間的時間，不得超過6小時，除非下列情形例外：

- (1) 在高濕度和潮濕的環境中，必須採用更短的時間。如果在噴塗時的任何時候發現出現銹霜或降級塗層，必須立即停止噴塗(參見8.2.4章節)。
- (2) 在低濕度環境中、或使用工業減濕設備、或有密閉結構的受控環境內，鋼鐵氧化的情形有可能會延後，表面的間隔時間可多於6小時。TSC施工人員可與買方一起，通過噴塗和分析彎曲試樣、拉伸-附著力樣品或兩者一起為工作區域確定可接受的溫度-濕度

範圍，決定可多於6小時的間隔時間。彎曲測試試樣必須採用以下方法：(a)建立、測量和記錄低濕度環境；(b)按照合約規範準備四塊彎曲測試試樣；(c)將彎曲測試試樣放在低濕度環境中；(d)在目標間隔時間段過後，施塗合約所規定的熱噴覆材料；(e)按照6.5章節進行彎曲測試；(f)如果四塊彎曲試樣都滿足 6.5.3章節(2)的要求，則說明低濕度環境和間隔時間是令人滿意的。作為另一種可供選擇的方法，也可進行類似的拉伸-附著力樣品測試。

- (3) 對於小的可移動物件，如果表面處理完成與熱噴覆開始之間的時間間隔多於15分鐘，或如果物件需要移至另一個地方，則已處理的表面應得到保護，以免受水分、污染物和指印/手印的影響。通常，用無油墨的清潔紙張進行包裹即可。

7.4 熱噴覆短暫覆層(flash coat)

7.4.1 施工時間

- 7.4.1.1 表面處理完成後的6小時內，可施工一層25~50 μm (1~2 mils) 的短暫覆層，從而在短暫覆層施工完成後，可將間隔時間再延長最多四個小時。但是，最後的熱噴覆層必須在短暫覆層施工完成後的四個小時內進行施工，其先決條件是熱噴覆層能維持不含任何污染物的情況下。

7.4.2 確認程序

- 7.4.2.1 使用短暫熱噴覆層來延長間隔時間時，應利用拉伸-附著力測量、彎曲測試或兩者一起來驗證確認，短暫熱噴覆層的使用應利用下列來進行驗證：

- (1) 清潔和磨料噴砂一塊具有代表性的工作區域，以獲得一塊進行可攜式拉伸-附著力測量、彎曲測試，或兩者一起進行的試樣。
- (2) 噴塗一道短暫鉍覆熱噴覆層。
- (3) 等待延長時間段並按規定厚度噴塗最後的熱噴覆層。
- (4) 測量拉伸附著力、進行彎曲測試，或兩者一起進行。

7.4.2.2 如果拉伸附着力、彎曲測試或兩者一起的結果令人滿意，則說明短暫鉚覆熱噴覆層和間隔時間是可接受的。

8. 熱噴覆施工

8.1 預熱

8.1.1 對火焰噴塗來說，對開始區域進行預熱是一種常用的習慣做法，它應一直持續至不再有用或不再具有任何意義。開始噴塗區域的最初0.1~0.2 m² (1~2 ft²)必須進行預熱，以防止火焰中的水凝結在底材上。

8.1.1.1 對於火焰噴塗，最初的開始區域必須預熱至約120 °C (250 °F)。

8.1.1.2 預熱要求必須採用JRS和彎曲測試、拉伸測試或兩者一起進行驗證確認。

8.2 熱噴覆

8.2.1 交叉噴路 (crossing passes)

8.2.1.1 規定的熱噴覆層厚度必須以幾道交叉噴路進行施工而獲得，如果每道噴路都保持很薄，熱噴覆層的拉伸-附着力強度會更大。噴塗一層特別厚的噴路會增加熱噴覆層內的內部應力並降低整個熱噴覆層的最終拉伸-附着力強度。交叉噴路厚度的適用性必須採用彎曲測試、拉伸-附着力測量或兩者一起進行確認。

8.2.2 手工噴塗

8.2.2.1 對於手工噴塗，必須使用直角交叉噴路，以減少熱噴覆層內的薄區域。

8.2.3 機械噴塗

8.2.3.1 對於機械噴塗(噴槍、工件或兩者均為機械移動)，交迭和交叉噴路必須予以事先計畫，以消除薄區並使熱噴覆層厚度處於規範規定的範圍。

8.2.4 銹霜

8.2.4.1 如果在施工熱噴覆層或短暫鋅覆熱噴覆層過程中的任何時候出現銹霜、起泡或不佳熱噴覆層情形，應採取下列程序：

- (1) 停止噴塗
- (2) 劃分出可接受的已噴塗區域
- (3) 將不令人滿意的區域重新處理至所要求的表面清潔度和表面粗糙度，包括熱噴覆層被施工在不令人滿意表面的任何區域。
 - (a) 對熱噴覆的邊緣進行噴砂，使重新處理的表面與現有的熱噴覆層有一個5.0~7.5 cm (2.0~3.0 in.)的區域重疊。
 - (b) 將熱噴覆層施工在新處理的表面上，並在使熱噴覆層與現有熱噴覆層重疊，以確保重疊處能獲得一致的膜厚。

8.2.5 熱噴覆膜厚

8.2.5.1 熱噴覆層的膜厚必須是表1和6.1.3章節中規定的厚度。

8.2.6 低溫噴塗

8.2.6.1 低溫環境(低於冰點)的熱噴覆必須：

- (1) 滿足7.3.1和7.3.2章節中所規定的底材表面溫度和熱噴覆間隔時間。在熱噴覆過程中，表面不允許有水分凝結。
- (2) 採用彎曲測試、可攜式拉伸-附著力測試或兩者一起進行認證確認。

註：熱噴覆層是以機械方式鍵結於底材，預熱可能可以改善熱噴覆層與底材的附著力並減少內部應力。

9. 封孔處理加上塗漆的施工

9.1 概述

9.1.1 在下列任何條件下，鋼鐵熱噴覆時應封孔處理和/或上塗漆：

- (1) 非常酸性或鹼性的環境(純鋅的常規pH值範圍為6~12，純鋁為4~11)。
- (2) 金屬熱噴覆層會遭受特定化學品的直接侵蝕。
- (3) 需要特殊的裝飾面漆。
- (4) 需要額外的耐磨性。
- (5) 使用在經常會受到海水噴霧、飛沫或浸漬的環境。
- (6) 使用在經常會受到淡水噴霧、飛沫或浸漬的環境，不包括飲用水。

9.1.2 封孔加上塗漆必須符合當地有關揮發性有機化合物(VOC)含量的法規要求。與TSC一起使用的封孔和上塗漆必須按照油漆製造商的說明進行施工或由買方指定。

9.2 封孔處理

9.2.1 如果施作封孔處理，封孔層必須足夠薄以滲入熱噴覆層的層內並封閉互連的表面孔隙。一般情況下，封孔層以一定的塗布率進行施工，以獲得38 μm (1.5mils)的理論乾膜厚度(DFT)。

9.2.2 對於廠內和現場專案，封孔處理應在熱噴覆後盡快施工，最好在8個小時之內施作。

9.2.3 如果封孔處理無法在8個小時內進行施工，則必須(a)經由目測檢查，查證熱噴覆層沒有受到污染；和(b)在施工封孔處理之前依照ISO 8502-3利用透明玻璃膠帶測試，查證熱噴覆層上沒有粉塵。

9.3 上塗漆(topcoat)

9.3.1 上塗漆基本上是一道油漆塗層。從化學成分上來說，上塗漆必須

與封孔劑相容，且必須按照油漆製造商的說明進行施工於封孔的熱噴覆層上。在浸水或地下服務中，上層漆會極大地降低或完全減少熱噴覆層的陰極保護效果。

9.3.2 如果封閉塗料和上層漆之間的相容性已得到證實，上塗漆僅適用於無封孔處理的熱噴覆層。

9.4 油漆施工

9.4.1 對於使用熱噴覆系統的產品，所有油漆塗料必須按照 SSPC-PA 1 和油漆製造商的說明進行施工。

10. 記錄

10.1 TSC施工人員必須使用JCR來記錄生產和品質控制資料以及買方合約同要求的其他資訊。另外，TSC施工人員必須要有自己的品保計畫，TSC施工人員必須按照法規和買方合約的要求，固定一段時間記錄品保和記錄計畫。記錄應至少保存一年。

11. 廢棄物收納和控制

11.1 TSC 施工人員和買方必須協調特規定要求、職責和行動去收納和清除這些熱噴覆 施工人員和其分包商產生的廢棄物。

12. 工作程序和安全

12.1 買方應提供熱噴覆施工人員標準的操作和安全程序以及要求。熱噴覆施工人員必須遵循所有適當的程序並符合所有適當的法規要求。

13. 文件記錄

13.1 熱噴覆施工人員的施工程序

13.1.1 熱噴覆施工人員必須提出合約項目所建議的施工程序，施工過程必須包括有關設備能力、材料、過程或施工程序以及下列操作進行過程中的品質控制查核點方面的資訊：(a)表面處理；(b)熱噴覆；和(c)塗裝工作（封孔或封孔加上塗漆）

13.2 工作參考標準(JRS)

13.2.1 代表整個工作或工作主要部分的現場通過/不通過JRS，必須由熱噴覆施工人員準備。JRS必須當作”比較版本”，用以作為評估施工過程的適用性。

- (1)JRS必須製作在約46 x 46 x 0.60 cm (18 x 18 x 0.25 in.)的鋼板上(參見圖 2)。對於結構鋼，參考標準無需使用0.60 cm (0.25 in.)以上厚度的鋼板，因為當TSC施工時，鋼板不會出現熱變形。如果實際的工件厚度小於0.60 cm (0.25 in.)，則JRS應由具有代表性厚度的材料製作。
- (2)JRS必須依據合約專案中實際的現場設備、過程參數和程序(表面處理、熱噴覆、封孔或封孔再加上塗漆的過程中品質控制查核點)製作。
- (3)JRS必須在具代表性的環境條件中制得，噴塗可在有或沒有密封裝置的情況下進行，以合適為準。
- (4)應依照圖5進行膜厚和拉伸-附著力測量
 - (a)四次線形量測。
 - (b)四次依照6.4章節的可攜式拉伸-附著力測量。
 - (c)如果任何測量值低於合約的規定值，則JRS是不令人滿意的。
- (5) JRS可被施工品質的管制人員或買方的檢查員用以評判合格或不合格之參考。

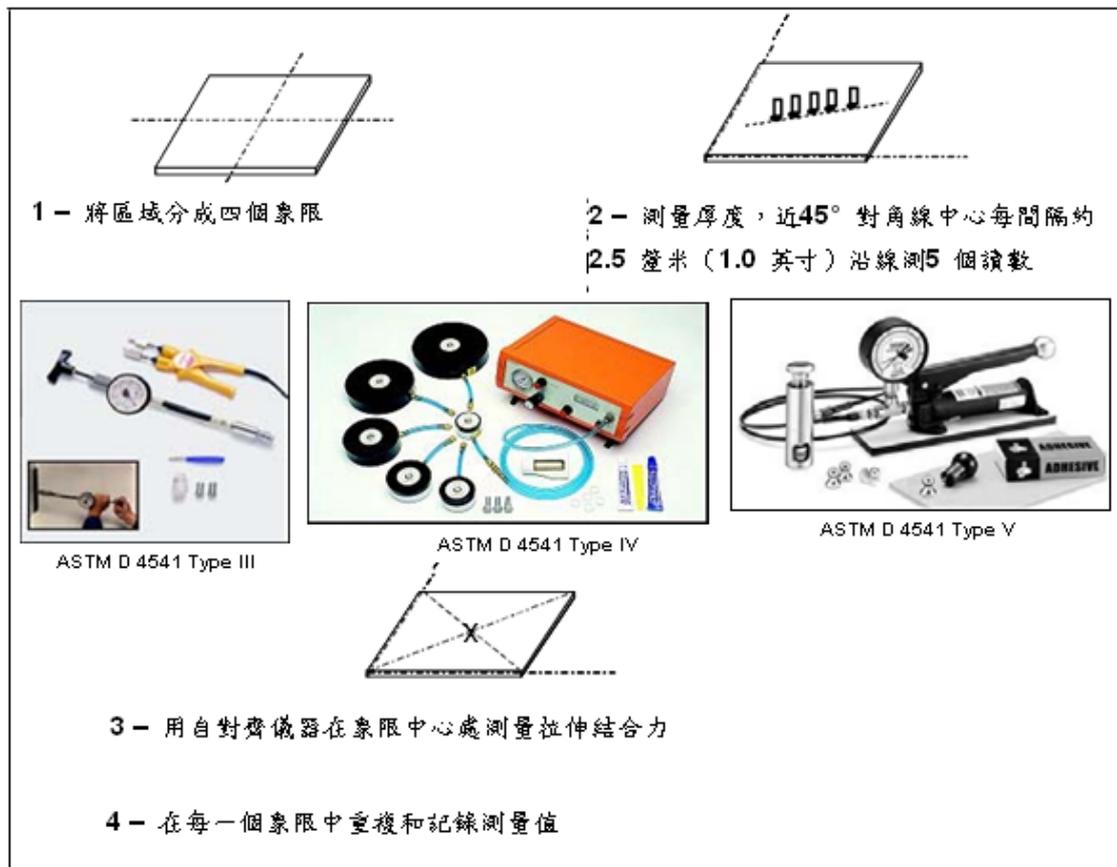


圖 5. JRS 確認之膜厚與拉伸-附著力量測

14. 合約評估、實地示範和生效

14.1 買方必須評估熱噴覆施工人員按照13.1章節所提出的施工過程的適用性。

14.2 作為驗證熱噴覆施工人員施工過程的一種可供選用的方法，買方可計畫、目擊和評估熱噴覆 施工人員施工過程的實地示範，包括表面處理、熱噴覆、封孔和噴塗上塗漆、使用設備、材料及為合約專案所建議的加工程序。JRS 應在實地示範過程中製作並得到買方或其指定代表的目擊證明。

15. 熱噴覆施工人員擔保

15.1 熱噴覆施工人員擔保

15.1.1 熱噴覆施工人員必須擔保提供買方和熱噴覆施工人員相互同意的工藝品質。

15.2 使用材料

15.2.1 熱噴覆施工人員必須向買方提供所使用材料的證書，包括：

- (1)對於有角噴砂介質：介質類型、鋼砂尺寸範圍、化學成分和物質安全資料表(MSDS)。
- (2)對於熱噴覆材料：合金類型/名稱、批號、金屬線直徑、金線的化學成分和物質安全資料表(MSDS)。
- (3)封孔處理和上塗漆：施工用於熱噴覆系統的產品製造商的產品說明書和施工說明以及物質安全資料表(MSDS)。

其他參考資料

- ANSI Z49.1, “銲接、切割和聯合過程中的安全問題”, 華盛頓ANSI⁽¹⁰⁾
- AWS C2.14, “火焰熱噴覆鋼板的腐蝕測試, 19年報告”, 1974⁽¹¹⁾
- BS 5493, “鐵和鋼結構防蝕保護塗料的實用做法規程”, 倫敦, 英國: BSI⁽¹²⁾
- Kain, R.M.和E.A. Baker, “海洋大氣腐蝕環境中鋼鐵表面熱噴覆塗料的保護”, ASTM STP 947, 1987
- NFPA 58, “液化石油氣貯存和運輸標準”, Quincy, MA: NFPA⁽¹³⁾
- Pikul, S.J., “暴露於美國北卡羅來納州Kure Beach海洋大氣環境44年之熱噴覆塗層表現”, 可向LaQue中心索取腐蝕技術報告⁽¹⁴⁾
- SSPC出版物, “塗料和襯裏的檢查: 檢查員、業主和規格書制訂者的基本實用做法手冊”, B.R. Appleman, R. Drisko, J. Neugebauer, eds.
- SSPC-TU 4, “萃取和分析底材上溶鹽的現場方法”, 匹茲堡, PA: SSPC
- “熱噴覆: 實踐、理論和施工”, 邁阿密, FL: AWS, 1985⁽¹⁵⁾

註:

- (1) 可從美國國家標準研究所獲得, 1819 L Street NW, 6th floor, Washington, DC 20036
- (2) AWS 出版物可從全球工程公司獲得, 15 Inverness Way East, Englewood, CO 80112-5776, 電話 (800)-854-7179, 傳真 (303) 307-2740, 網址 www.global.ihs.com
- (3) BSI 標準可從英國標準研究所(BSI)獲得, British Standards House, 389 Chiswick High Rd., London W4 4AL, UK
- (4) 可從國家防火協會獲得, 1 Batterymarch Park, P.O. Box 9101, Quincy, MA

02269-9101

- (5) 可從 LaQue 腐蝕技術中心獲得，702 Causeway Drive, Wrightsville Beach, NC 28480
- (6) AWS 出版物可從全球工程公司獲得，15 Inverness Way East, Engelwood, CO 80112-5776, 電話 (800)-854-7179, 傳真 (303) 307-2740, 網址 [www .global.ihs.com](http://www.global.ihs.com)

附錄 A 供貨合約規範範本

本附錄並非 NACE No.12/AWS C2.23M/SSPC-CS 23.00 的一部分，但包括在內供參考

附錄 A 用於演示如何使用本標準來制訂熱噴覆專案的規範

規範範本 (黑體字為規範範本，斜體字是可選擇的，如果使用的話，應與最終規範所使用的格式和風格相配)	說明/基本原理
<p>1.工作範圍</p> <p>1.1 施工程序</p> <p>熱噴覆系統（表面處理、熱噴覆和封孔或封孔加上塗漆）必須按照 本規範的第 4、5 和 6 節進行施工</p> <p>1.2 待熱噴覆的專案/區域</p> <p>將熱噴覆系統施工在：</p> <hr/> <hr/> <hr/>	<p>施工熱噴覆層系統的主要生產和品質控制步驟總結于附錄 D。應將附錄 D 附在供貨合約規範後，以將施工要求通知熱噴覆施工人員。</p> <p>指定待熱噴覆(和無需熱噴覆)的項目和表面。參考並附上工程圖或其他技術檔，以定量描述工程。</p>
<p>2.法規和標準</p> <p>當與所引用的法規和標準產生衝突時，以本規格書為準</p> <p>以下法規和標準（最新版本）適用：</p> <p>ASTM B833, 使用鋅金屬線進行熱噴覆(金屬噴鍍)的標準規範</p> <p>ASTM C633, 火焰熱噴覆附著/內聚強度的測試方法</p> <p>ASTM D4285, 測試壓縮空氣中油或水的方法</p> <p>ASTM D4417, 噴砂鋼板表面粗糙度現場測量的測試方法</p>	<p>列出在本供貨合約規範中所引用的法規和標準，附加所要求的其他標準</p>

<p>NACE標準RP0287, 使用複製膠帶測量磨料噴砂清理鋼板表面的現場測量</p> <p>ASTM D4541, 使用可攜式附著力測定儀測量拉伸強度的測試方法</p> <p>ANSI/AWS C2.18, 鋁、鋅和其合金及成分塗料進行熱噴覆施工為鋼板提供防蝕保護指南</p> <p>NACE No. 12/AWS C2.23M/SSPC-CS 23.00, 鋁、鋅和其合金及成分塗料進行熱噴覆</p> <p>(金屬噴鍍法) 施工為鋼板提供防蝕保護的規範</p> <p>SSPC 出版物, 塗料和襯裏的檢查: 檢查員、業主和規格書制訂者的基本實用做法手冊</p> <p>SSPC-AB 1, 礦石和礦渣磨料 .</p> <p>SSPC-AB 3, 含鐵金屬磨</p> <p>SSPC-PA 1, 鋼板的車間、現場和維修塗裝</p> <p>SSPC-PA 2, 用磁性儀器測量幹膜厚</p> <p>NACE No. 1/SSPC-SP 5, 出白金屬噴砂清理</p> <p>NACE No. 2/SSPC-SP 10, 近出白金屬噴砂清理</p> <p>SSPC-VIS 1, 採用幹磨料噴砂清理處理鋼板表面的指南和參考圖片</p>	
<p>3.熱噴覆系統要求</p> <p>3.1表面處理要求</p> <p>3.1.1 表面處理 如果存在油/脂污染, 則按照 SSPC-SP 1 進行脫脂 鋼板底材必須採用磨料噴砂清理至 <u>(a)</u> 使用 SSPC VIS 1, 確認噴砂清理完工 表面滿足 NACE No. 1/SSPC-SP 5 或 NACE No. 2/SSPC-SP 10 標準</p>	<p>(a)對於海洋與浸漬服務, 可指定出白金屬完工表面, NACE No. 1/SSPC-SP5; 對於其他服務應用區域, 可指定近出白金屬完工表面, NACE No. 2/SSPC-SP 10</p>

<p>3.1.2 噴砂介質要求採用 <u> (a) </u> 有角噴砂介質以產生 3.1.3 章節所指定的 有角粗糙度深度 礦石和礦渣磨料必須按照 SSPC-AB 1 進行選擇和評估；可迴圈 使用的含鐵金屬磨料必須按照 SSPC-AB 2 進行選擇和評估；鋼砂必須按照 SSPC- AB 3 進行選擇和評估</p> <p>3.1.3 噴砂有角粗糙度深度 鋼板底材必須按照 NACE 標準 RP0287 或 ASTM D4417，方法 B 或 C 具有銳利有角形狀的、深度不低於 65μm (2.5 mils) 的有角 粗糙度</p> <p>3.1.4 噴砂粗糙度測量時間表 每 <u> (a) </u> 噴砂表面有一個測量區域，測量有角粗糙度的深度面積約為 10 cm² (1.5 in²)的每個區域測量三個讀數 算出這些測量讀數的平均值並將它們記錄在 JCR 中</p> <p>3.2 熱噴覆要求</p> <p>3.2.1 熱噴覆材料要求</p> <p>使用 <u> (a) </u> 熱噴覆線</p> <p>3.2.2 熱噴覆膜厚要求和測量計畫表</p> <p>(a)膜厚</p> <p>(1)最低熱噴覆層膜厚必須為 <u> (a) </u></p> <p>(2)最高熱噴覆層膜厚必須為 <u> (b) </u></p> <p>(3)使用 SSPC-PA 2 類型 2 固定探頭式儀器或相當的其他儀器測量熱噴覆層的膜厚</p> <p>(b)測量計畫表</p>	<p>(a)指定磨料噴砂介質類型和尺寸 參見本 NACE No.12/AWS C2.23M/SSPC- CS 23.00 標準的表 2</p> <p>(a)指定最小區域，例如 10~20 m² (100~200 ft²)</p> <p>(a)按照 ANSI /AWS C2.25 或 ASTM B 833 指定線</p> <p>(a) 指定最低厚度</p> <p>(b) 指定最高厚度</p>
---	--

<p>每 50 m² (500 ft²)必須測量一個可攜式拉伸-附著力測量值 如果拉伸附著力 力低於合約規範的要求，不符合要求的熱噴覆層必須予以清除並需重新熱噴覆</p> <p>3.2.3 熱噴覆層拉伸-附著力要求</p> <p>(a)按照ASTM D4541，對於3.2.2 章節中所指定的塗層厚度，使用類型<u>(b)</u></p> <p>自對齊可攜式測試儀器測量到的最小拉伸附著力不得低於<u>(a)</u> MPa(<u> </u>PSI)</p> <p>(b)使用儀器製造商所推薦的粘合劑或其他相當的產品 將粘合劑製造商的說明附 在JCR 的後面</p> <p>3.2.4 彎曲測試 在每次輪班或人員更換一開始即進行彎曲測試：</p> <p>(1) 使用尺寸約為 50 x 100 to 200 x 1.3 cm (2 x 4 to 8 x 0.050 in.)的碳鋼試樣</p> <p>(2) 按照合約規範進行表面處理</p> <p>(3) 以交叉噴路的方式噴塗 200~250 μm (8~10 mils) 厚的TSC 塗料，每道噴路約為 75~100 μm(3~4 mils)</p> <p>(4) 彎曲試樣必須以 13 cm (0.50 in.)的彎曲直徑彎曲 180</p> <p>(a) 如果無裂縫，或只有很小的裂縫而無散裂，用刀片無法將其從底材上掀起，則通過彎曲測試</p> <p>(b) 如果熱噴覆層的裂縫用刀片可從底材上掀起，則表示未通過彎曲測試</p>	<p>—</p> <p>(a) 指定最低的拉伸附著力</p> <p>(b) 指定類型 III 或 IV 可攜式自對齊測 試儀器</p> <p>彎曲測試(對稱中心軸之 180° 彎曲)可作為正確的表面處理、設備設置和噴塗參數的定性測試。彎曲測試會給 TSC 帶來張力，而開裂極限的彎曲直徑取決於底材厚度和熱噴覆層厚度。</p>
--	--

3.2.5 TSC 孔隙率要求

對於在合約預審、論證和生效過程中進行的彎曲試樣的每個金相分析，熱噴覆層的孔隙率必須 (a) %

鋼鐵防蝕保護的火焰和電弧熱噴覆鋁和鋅塗層的孔隙率通常 $\leq 15\%$ 。熱噴覆膜厚應確保沒有相連的孔隙連通至底材。較低孔隙率則熱噴覆要求較薄的膜厚。孔隙率測量並不用於鋼鐵防蝕保護的金屬噴鍍過程中的品質控制。但是，必須使用金相樣品來評估合約規定厚度的熱噴覆層孔隙率並確認熱噴覆層的無孔厚度。如果需要的話，應在買方見證 JRS 準備過程中，從彎曲試樣處獲取孔隙率金相樣品。

3.3 封孔劑和上塗漆

對於使用熱噴覆系統的產品，所有油漆塗料必須按照 SSPC-PA 1 和油漆製造商的說明進行施工。

對於操作溫度高於 80°C (175°F) 的部件，應使用耐熱有機矽醇酸含鋁油漆或其他同等的封孔劑。

在下列情況下規定使用封孔處理：(a) 如果使用環境阻礙自然氧化的有效性，而無法“填堵和封住”孔隙；或 (b) 如果規定須噴塗上塗漆（裝飾和/或功能性）。因長時間的延遲阻礙封孔劑充分滲入熱噴覆層的孔隙。從化學成分上來講，封孔劑必須與熱噴覆材料和上塗漆相容。

3.3.1 封孔處理

(1) 使用由 (a) 製造的 (b) 封孔劑

(2) 遵循油漆製造商有關封孔劑施工在熱噴覆層上的施工說明。封孔劑必須薄足以滲入熱噴覆層內並封住孔隙。一般情況下，封孔劑以一定的塗布

(a) 指定配方或其他獨一無二的標識

(b) 指定製造商

<p>率進行施工，以獲得38 μm (1.5 mils) 的理論乾膜厚 (DFT)。</p> <p>(3)封孔劑施工</p> <p>對於廠內施工，封孔劑應在熱噴覆後儘快施工。</p> <p>對於現場施工，封孔劑應在熱噴覆後最好在八個小時之內儘快施工。如果封孔劑無法在八個小時內進行施工，則必須 (a) 通過目測檢查 (10 倍放大鏡)，觀察熱噴覆層沒有受到污染；和 (b)按照 ISO 8502-3，採用透明玻璃膠帶測試，查證熱噴覆層上沒有粉塵。</p> <p>3.3.2 上塗漆</p> <p>(1)使用由 <u>(a)</u> 製造的 <u>(b)</u> 上塗漆</p> <p>(2)按照製造商的說明，施工乾膜厚為 <u>(c)</u> 的上塗漆</p> <p>(3)使用 SSPC-PA 2 類型2 固定探頭儀器測量乾膜厚</p>	<p>(a)指定配方或其他獨一無二的標識</p> <p>(b)指定製造商</p> <p>(c)根據熱噴覆層上施工封孔劑和上塗漆的類似的成功使用經驗或製造商的建議而指定厚度。</p>
<p>4.表面處理</p> <p>使用能得到3.1章節所描述金屬表面和有角粗糙度 $\geq 65 \mu\text{m}$ (2.5 mils)的噴砂設備、材料和程序。</p> <p>噴砂、介質、程序和設備的適用性必須在合約評估、實地示範和生效過程中予以驗證確認。</p>	<p>噴砂介質規定於 3.1.2 章節</p>
<p>5. 熱噴覆施工</p> <p>5.1 熱噴覆施工設備設置</p> <p>5.1.1 熱噴覆設備的設置、校準和操作必須按照製造商的說明和技術手冊或熱噴覆施工人員對其的改進操作，且必須得到 JRS的驗證</p>	

5.1.2 噴塗資料必須設置用於噴塗指定的熱噴覆材料，並至少通過彎曲測試進行 驗證確認，若人員更換和輪班，即必須令人滿意地進行彎曲測試

5.1.3 所使用噴塗資料的影本必須附於**JCR**後面

5.2 後噴砂底材狀況和熱噴覆階段

5.2.1 鋼鐵表面溫度

鋼鐵表面溫度必須至少高於露點**3°C (5°F)**

5.2.2 間隔時間

(1) 鋼鐵底材在完成最終錨紋噴砂和完成熱噴覆塗之間的時間不得超過六小時。在高濕度和潮濕的環境中，必須採用更短的時間。如果在六小時內發現出現銹霜或降解塗層，參考本規範範本的**5.5.4** 章節。

(2) 在低濕度環境中，或使用工業減濕設備的密閉空間內，鋼板的氧化有可能會延後，表面的間隔時間可多於六個小時。熱噴覆施工人員可與採購方一起，利用噴塗和分析彎曲試樣、拉伸-附著力樣品或兩者一起為工作區域確定可接受的溫度-濕度範圍，確立多於六個小時的間隔時間

(3) 對於小的可移動部件，如果表面處理完成與熱噴覆開始之間的時間間隔多於**15** 分鐘，或如果部件需要移至另一個地方，已處理的表面應該得到保護，以免受水分、污染物和指印/手印的影響 通常，用無油墨的清潔紙張進行包裹即已足夠

5.3 熱噴覆短暫覆層

5.3.1 表面處理完成後的六小時內，可施工一層 25~50 μm (1~2 mils) 的短暫覆層，從而在短暫覆層施工完成後，可使保持時間再延長最長四個小時。但是，最終的熱噴覆塗層必須在短暫覆層施工完成後的四個小時內進行施工，條件是熱噴覆層能保持不含任何污染物。

5.3.2 使用短暫覆層熱噴覆塗層來延長保持時間，必須採用 (a) 來進行驗證確認。清理和磨料噴砂一塊具有代表性的工作區域和三塊彎曲測試試樣。將短暫覆層熱噴覆塗料施工在代表性的工作區域和三塊彎曲試樣上，在具代表性的環境條件下等待延長時間並施塗最後的熱噴覆塗層厚度。

如果段落 3.2.3 所指定的拉伸附着力或彎曲測試，或兩者都令人滿意，短暫覆熱噴覆層和間隔時間即是可接受的。

5.4 預熱

對火焰熱噴覆來說，噴塗區域的最初開始區域必須預熱至約 50°C (120°F)，以防止火焰中的水在底材上凝結。預熱要求和非預熱要求必須採用 (a) 進行驗證確認。

5.5 熱噴覆

5.5.1 規定的熱噴覆膜厚(3.2.2 章節)必須以幾道交迭噴路進行施工獲得。如果每道噴路都保持很薄，熱噴覆層的拉伸-附着力強度會更大;噴塗一層特別厚的噴路會增加熱噴覆層內的

如果要求延長 5.2.2 章節中所指定的間隔時間，可指定使用短暫覆熱噴覆塗層。

(a) 指定驗證生效方法，也就是，採用拉伸-附着力測量、彎曲測試，或兩者同時採用。

火焰熱噴覆規定需要預熱;電弧噴塗通常不需要預熱。

(a) 指定驗證生效方法，也就是，採用拉伸-附着力測量、彎曲測試，或兩者同時採用。

(a) 指定驗證生效方法，也就是採用拉伸-附着力測量、彎曲測試，或兩者同時採用。

內部應力並降低整個 TSC 塗層的最終拉伸-附著力強度。交叉噴路厚度的適用性必須採用 (a) 測量進行確認。

5.5.2 手工熱噴覆： 對於非夾住的部件，熱噴覆應採用垂直交叉噴路，以使薄區(低於合約規定的膜厚)降至最少。

對於夾住的旋轉部件，噴槍在旋轉部件上移動的同時，噴塗垂直重疊噴路，以獲得 合約規定的厚度。

5.5.3對於機械熱噴覆，重疊或交叉噴路或兩者一起，都必須予以事先計畫，以消除薄區並使熱噴覆層膜厚處於規範規定的範圍

5.5.4 如果在施工熱噴覆過程中的任何時候出現銹霜、起泡或降級塗層，應採取下列步驟：

- (1) 停止熱噴覆
- (2) 劃分出令人滿意的已熱噴覆區域
- (3) 修補不令人滿意的熱噴覆層 (也就是，清除已出現降級的熱噴覆層並重新處理至近出白金屬表面並產生錨紋粗糙度深度)
- (4) 在 JCR 中，記錄恢復狀態所採取的行動
- (5) 熱噴覆檢查員觀測，並將補救行動報告給買方

5.6低溫環境（低於冰點）時的熱噴覆表面處理和熱噴覆過程中表面上不允許存在濕氣或凝結採用 (a) 證明熱噴覆時間符合要求。

滿足採購合約中拉伸附著力和金相的要求。

對於低溫環境（低於冰點）時的熱噴覆，應包含5.6章節

(a)指定驗證生效方法，也就是，採用拉伸-附著力測量、彎曲測試或兩者同時採用。

<p>5.7 熱噴覆測量計畫表</p> <p>(1) 應採用 SSPC-PA 2 類型 2 固定探頭式儀器測量熱噴覆乾膜厚</p> <p>(2) 對於平坦的表面，應使用測量線。應沿著測量線測定，每個間隔 2.5 cm (1.0 in.)的五個讀數的平均值，線形測量測量的是熱噴覆層的最大值和最小值。</p> <p>(3) 對於複雜的幾何構件和幾何過渡構件，必須使用測量區。測量區的面積約為 10 cm² (1.5 ft²)，區域測量並不測量熱噴覆層的最大值和最小值。</p> <p>(4) 記錄在 JCR 內</p>	
<p>6.封孔處理或封孔加上塗</p> <p>熱噴覆系統的產品之封孔處理加上塗應依照 SSPC-PA 1 和製造商有關建議進行施工。</p> <p>6.1 封孔處理按 3.3.1 章節所規定的要求施工</p> <p>6.2 上塗按 3.3.2 章節所規定的要求施工</p>	<p>如果指定使用封孔劑，應包括本章節</p> <p>如果指定使用封孔劑，應包括本章節</p> <p>如果指定使用上塗漆，應包括本章節</p>
<p>7. TSC 施工人員的詳細程序</p> <p>TSC 施工人員必須提出符合第 5 節(表面處理)、第 7 節(TSC 施工)和第 9 節(封孔處理或封孔處理加上塗)要求的詳細程序。程序必須詳細描述專案的設備、施工過程、進行過程中的品質控制和 JCR，其資訊必須包括：</p> <p>(1) 表面處理、熱噴覆、施工封孔處理或封孔處理加上塗以及進行過程中品質控制查核點的詳細程序。</p> <p>(2) 待使用的設備(表面處理、熱噴覆、施工封孔處理或封孔處理加上塗、進行過程中的品質控制)以及</p>	<p>按要求指定下列資訊：安全、熱噴覆操作員資格、熱噴覆施工人員工作業績歷史情況和生效用客戶聯繫參考資訊</p>

<p>適用的詳細程序。</p> <p>(3) 噴砂介質、熱噴覆材料以及封孔處理或封孔加上塗漆材料。</p> <p>(4) JRS</p> <p>(5) JCR參見附錄 B</p> <p>(6) 按照 ANSI/AWS C2.18 修補有缺陷的熱噴覆層</p>	
<p>8.合約審查、實地示範和生效</p> <p>8.1 資料要求</p> <p>熱噴覆施工人員必須提出第 7 節中所引用的詳細資訊。該資訊必須在合約認可前、合同審查、實地示範和生效前至少 <u> (a) </u> 天予以遞交</p> <p>8.2 設備和過程實地示範和生效</p> <p>待用於合約專案的真正的設備和過程必須經過驗證和確認，以產生所指定的熱噴覆層，該驗證和確認必須在遞交資料要求後 <u> (a) </u> 天進行 參見 8.1 章節</p>	<p>指定訂貨至交貨的時間</p> <p>(a) 規定訂貨至交貨的時間</p>

2	驗證確認清潔的噴砂空氣和介質	2.1- 按合適的磨料規格書，使用油測試確保獲得清潔的噴砂介質(無油膜無細粒) 2.2- 按照 ASTM D 4285測試獲得清潔的噴砂空氣 (吸收劑和非吸收劑收集器的排氣)	
3	噴砂至指定表面，有角粗糙度 >64 μm (2.5 mils)	3.1- 有角粗糙度深度:按照 NACE RP0287的粗糙度膠帶或按 ASTM D4417 和合約樣品計畫表的深度計測量	
4	清潔而無粉塵的表面	4.1- 採用10倍放大鏡進行目測和透明膠帶剝離測試檢測獲得清潔而又無粉塵的表面	
步驟	要求	熱噴覆	驗收簽署
5	完成表面處理和完成熱噴覆之間的間隔時間	5.1- 如果在完成熱噴覆之前表面無浮鏽，則鋼鐵底材的間隔時間不得超過六個小時參見8.2.4 章節 5.2- 在低濕度環境中或使用工業減濕設備的密閉空間內，可按照7.3.2.1(2)章節，間隔時間大於六個小時是允許的，可利用彎曲試樣、可攜式拉伸-附著力測試或兩者一起驗證。 5.3- 表面處理完成與熱噴覆開始之間的間隔時間多於15分鐘之小且可移動部件，或部件需要移至另一個地方時，部件必須得到保護。	
6	熱噴覆短暫覆層	6.1- 表面處理完成後的六小時內，可施工一層 25~50 μm (1.0~2.0 mils)的短暫覆層，在短暫覆層施工完成後，可使熱噴覆間隔時間再延長最長四個小時。 6.2- 最終的熱噴覆層膜厚必須在短暫覆層施工完成後的四個小時	

		內進行 施工完成，條件是熱噴覆層須保持不含任何污染物。	
7	預熱	7.1- 對火焰熱噴覆來說，噴塗區域的最初開始區域必須預熱至約 120°C (250°F)，以防止火焰中的水在底材上凝結。預熱要求和非預熱要求必須採用彎曲測試、拉伸-附著力測試或兩者一起進行驗證確認。	
8	熱噴覆	8.1- 重疊噴路中指定的熱噴覆層膜厚為___(插入規格書中的值)用彎曲測試、拉伸-附著力測試或兩者一起確認噴路間厚度的適用性 8.2- 如果在施工熱噴覆層過程中的任何時候出現銹霜、起泡或降級塗層，必須採用下列程式： (a) 停止噴塗 (b) 劃分出可接受的已噴塗區域 (c) 請熱噴覆檢查員，讓他觀測並評估缺陷，將缺陷報告給買方以進行補救行動，並記錄該缺陷以及為恢復狀態所採取的步驟。	
9	熱噴覆測量計畫表	必須按照合約進行測量並將結果記錄在JCR 中 9.1- 必須採用 SSPC-PA 2類型 2 儀器測量熱噴覆層 9.2- 必須測定每根測量線或測量區域五個讀數的平均值 9.3- 平坦表面必須採用測量線，應沿著測量線測定，每個間隔 2.5 cm (1.0 in.)的五個讀數的平均值。線形測量測量的是熱噴覆層的最大值和最小值	

		9.4- 對於複雜的幾何構件和幾何過渡構件，必須使用測量區，測量區的面積約為10 cm ² (1.6 ft ²)，區域測量並不測量熱噴覆層的最大值和最小值	
步驟	要求	封孔處理或封孔加上塗漆	驗收簽署
10	如果指定封孔劑	10.1- 封孔處理必須在熱噴覆施工完成後、可見(10 倍放大鏡)熱噴覆層氧化發生前儘快予以施工：鋅和鋅合金熱噴覆層 < 8 小時、鋁和鋁合金< 24 小時 10.2- 封孔劑必須按照製造商的說明或採購合約的要求進行施工，且它必須施工在清潔而又乾燥的熱噴覆表面上。	
11	如果指定上塗漆	11.1- 上塗漆必須按照製造商的說明或採購合約的要求進行施工。	
備註			
<p>熱噴覆施工人員（或品質控制檢查員）姓名：_____ 簽名：_____</p> <p>日期：_____</p>			

附錄C 以 ASTM C 633 測試方法校準可攜式測試儀器的程序

本附錄並非 NACE No. 12/AWS C2.23M/SSPC-CS 23.00 的一部分，但包括在內供參考

概述 ASTM C633是實驗室方法測量 TSCs與底材間之附著力的標準。ASTM D4541 是一種可攜式拉伸測量方法，當與 C633 方法比較時，它提供了將可攜式儀器”校正”實驗室測量的一種方法。

該建議程序為可進行ASTM C633拉伸-附著力測試的鑽孔熱噴覆鋼板試體、將 C633 拉伸試體插在校準固定裝置以上0.65 cm (0.25 in.)處、按照施工標準或合約規範處理 表面和進行熱噴覆(註：該程序還未得到實驗驗證或被任何 標準書寫機構所採納)。但是，它是將 D4541 拉伸附著力與 C633 拉伸附著力相聯繫的合乎邏輯的簡單方法。

程序 使用與圖 C1 相類似的校準固定裝置：

- (1) 除去校準固定裝置上的油以及 ASTM C633 和 ASTM D4541的可攜式檢測儀拉伸附著力測試試體。
- (2) 將 ASTM C 633 拉伸試體安裝在支撐板面上 0.65 cm (0.25 in.)處，以防止熱噴覆跨接支撐板在拉伸樣本的圓柱形表面上使用脫模劑，以便於熱噴覆塗後的移除。在噴砂和噴塗過程中使用支架或護條，以將拉伸測試試體牢牢地固定在適當的位置。
- (3) 按照合約規範的要求處理表面(有角鋼砂噴砂)並噴塗 TSC 熱噴覆層，同時處理待處理的 JRS，並採用在製作專案過程中待採用的同樣的人員、設備、材料和程序。
- (4) 移除 C633 樣本並按照 ASTM C633方法進行測量，將平均值指定為 C_c
- (5) 使用 ASTM D4541可攜式拉伸測試儀器並測量鋼板上三個地方的拉伸附著力，將平均值指定為 D_c
- (6) 可攜式拉伸儀器的測量值與實驗室拉伸測量值的校準比率 (p)為

Cc/Dc

(7) 可攜式 ASTM C633 的相當拉伸測量值 PC 633 可通過方程式 (C1) 進行估算：

$$P_{C633} = pD4541_{avg} \dots \dots \dots (C1)$$

其中

P_{C633} 是與 C 633 拉伸附著力相當的 D 4541 拉伸附著力

p 是可攜式拉伸儀器的測量值與實驗室 C 633 測量值的校準比率

$D 4541_{avg}$ 是使用 ASTM D4541 拉伸測試儀器的試體上一組測量值的平均值

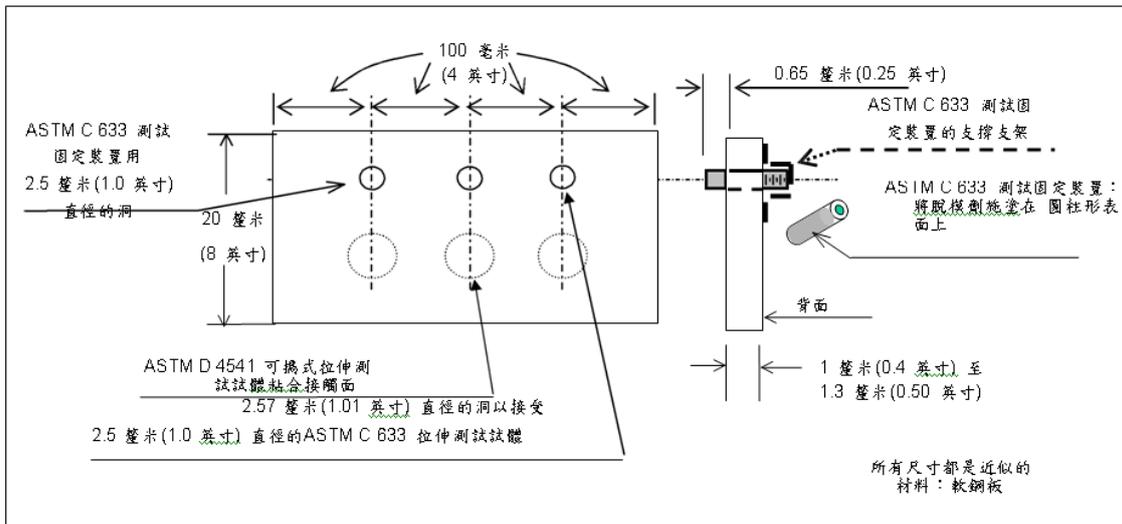


圖 C1、校準固定裝置

附錄 D 施工過程方法

本附錄是 NACE No. 12/AWS C2.23M/SSPC-CS 23.00 的一部分，並包含與本標準一起使用的一些強制性要求

圖 D1 顯示了主要的生產和品質控制活動，適用的章節和品質控制查核點 (QCCP) 數目標示於每個過程的右下角

D1. 表面處理

正確的表面處理是熱噴覆施工中獲得成功的關鍵和必要步驟。

D1.1 標準

鋼鐵底材必須按照 NACE No. 2/SSPC-SP 10 至少處理至近白金屬表面。在使用海洋環境中者則要求按照 NACE No.

1/SSPC-SP 5 處理至白金屬表面。

利用銳利的有角噴砂料進行研磨噴砂或離心噴砂，以獲得大於 65 μm (2.5 mils) 的粗糙度，供熱噴覆層機械附著。

D1.2 程序

在可能的情況下，表面處理應採用研磨噴砂清理操作。鋼板底材要求在噴嘴處的空氣噴砂壓力約為 0.6~0.7 MPa (87~100 psi) 下噴砂。另外，應適時降低和調整空氣壓力和介質尺寸，以避免較薄材料產生破損或變形。工件的噴砂時間應僅以清理表面並切割出所需的錨紋為宜，將金屬損耗降至最低。噴砂時角度應儘量垂直於工件，且偏離垂直線不得超過 $\pm 30^\circ$ 。不可過度噴砂，因這會將波峰重新轉變為波谷。僅應使用具有合適尺寸的有角、清潔噴砂介質來噴出大於 65 μm (2.5 mils) 的錨紋粗糙度，噴砂介質必須不含碎片、過多的細粒、有害物質和含氯化鈉和硫酸鹽之類的污染物。

D2. 新的鋼板底材

D2.1 脫脂

底材必須按照SSPC-SP 1進行脫脂，使用QCCP #1確認無油脂污染物。

D2.2 遮蓋

必須對以下進行遮蓋保護：

- (a)所有的裝配和功能表面
- (b)須控制過度噴砂的區域
- (c)無需熱噴覆的區域

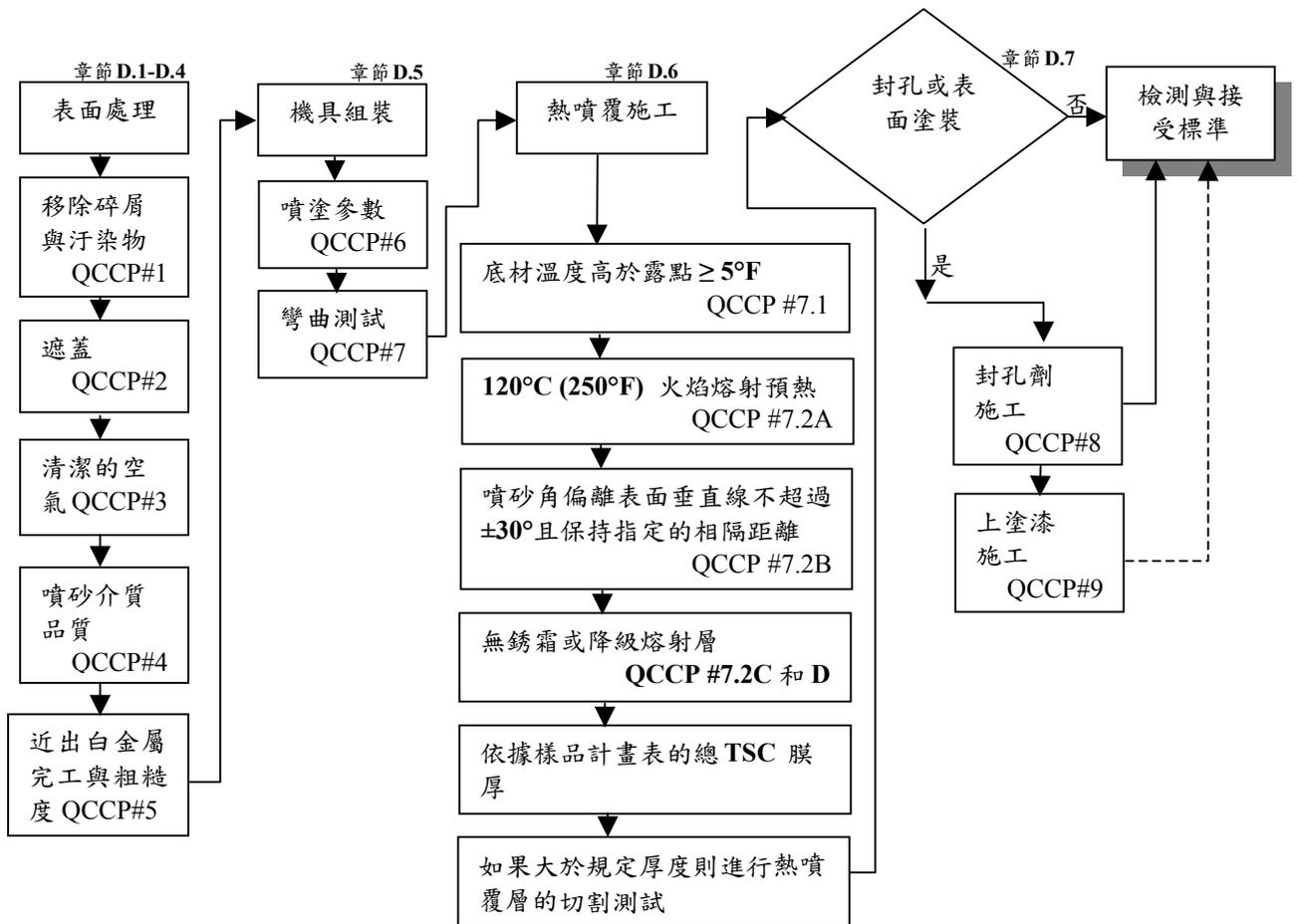


圖 D1 施工熱噴覆的生產重點和品質控制查核點 (QCCPs)

QCCP #1: 油和脂

利用以下方式檢查確保沒有油和脂污染：

1.1 清除油脂污染過程中進行目測檢查，並持續脫脂直至清除所有可見的污染痕跡。

1.2 進行紫外線測試、定性溶劑蒸發測試或加熱測試

(a) 使用紫外線燈以確認沒有油或脂污染。

(b) 將幾滴或一小杯不含殘留物的溶劑，例如三氯甲烷 (Trichloromethane)，施塗在懷疑存在油和脂殘留的區域（例如，點蝕和裂縫腐蝕區域、凹坑區域，特別是那些集聚污染物的區域等）上，進行溶劑蒸發測試，如果存在油或脂污染物的話，會形成蒸發環。

(c) 使用火把將脫脂過的金屬加熱至約 110°C (225°F)，以進行加熱測試，殘留的油/脂會被逼至金屬表面並可明顯目測看出。

1.3 繼續檢查和脫脂，直至通過測試

裝配和功能區域必須受到保護，以免受噴砂清理、熱噴覆和施工封孔劑或封孔加上塗漆操作的影響

過噴控制區域具有複雜的幾何形狀，在那裏很難消除過噴，須利用 QCCP #2 來驗證確認遮蔽的適用性。

QCCP #2: 遮蔽

- 2.1 所有裝配和功能表面以及買方指定的無需進行噴砂或熱噴覆的其他表面和區域必須進行目測檢查。
- 2.2 必須檢查覆蓋物和遮蓋物，以確保它們牢固附著，而不會受到噴砂和熱噴覆操作的影響
- 2.3 必須遮蓋複雜的幾何形狀（例如，鋼管法蘭、結構梁的交叉點和閥總管），以消除或使過噴降至最低。過噴是以授權資料以外的方式施工熱噴覆層，主要是噴槍與底材的相隔距離和噴塗角（垂直線 $\pm 30^\circ$ ）。
- 2.4 潛在的過噴表面應採用清潔的金屬遮蓋物或清潔的可移去之遮蓋材料進行保護，以防止過噴沉積在未達規定參數的表面上。

D2.3 噴砂設備

TSC 施工人員必須使用機械(離心式旋轉)和/或壓力罐噴砂清理設備和程序，不得使用吸入式噴砂設備，必須使用 QCCP #3 來驗證確認獲得清潔而又乾燥的空氣。

QCCP #3: 清潔而又乾燥的空氣

當採用壓力罐噴砂清理時，用於熱噴覆施工前最終錨紋噴砂或吹除的空氣必須清潔又乾燥且無濕氣和油。壓縮空氣必須按照 ASTM D4285 檢查是否存在油和水污染：

- 3.1 稍微開一下過濾器或乾燥器的閥，讓空氣以稍稍可聽見的流動聲排入開放式的乾燥容器一分鐘，任何潮濕或污跡都存在污染。
- 3.2 如果發現有水分或污染，在採取進一步行動之前，必須先清除任何缺陷。
- 3.3 重複上面的 3.1 步驟，但將清潔的白色布放在閥的出口處，任何潮濕或污跡都說明是存在污染。

D2.4 表面處理和粗糙度

對於海洋和沉浸使用環境，表面必須噴砂清理至NACE No.1/SSPC-SP 5標準，對於其他服務區域，則至少清理至NACE No.2/SSPC-SP 10標準，這兩種環境的銳利有角粗糙度要求均為 $\geq 65 \mu\text{m}$ (2.5 mils)。底材應足夠厚，以防止因噴砂而對工件產生破損或變形，必須使用QCCP #4來驗證確認清潔的噴砂介質和使用QCCP #5來驗證確認金屬的處理狀態和粗糙度深度。

D3.受污染的鋼鐵底材

受除冰鹽、油、脂、鳥糞等污染的鋼鐵以及存在腐蝕和點蝕的鋼鐵底材，需要比新鋼鐵底材更透徹的表面處理，為獲得至近白金屬並擁有 $\geq 65 \mu\text{m}$ (2.5 mils)粗糙度的表面，表面處理計畫表應專門設計用於特定的待清理鋼鐵表面，可利用高壓水清理、加熱清理、化學沖洗(隨後是水沖洗)、蒸汽清理和磨料噴砂清理等方式單獨或幾種進行清理受污染的鋼鐵底材。

D3.1 脫脂

表面必須按照合約規範的要求進行脫脂(例如，水力清理、蒸汽清理、溶劑清洗或清潔劑清洗)。

QCCP #4: 清潔的噴砂介質

在使用研磨噴砂介質進行最終的錨紋噴砂前：

- 4.1 必須使用 10 倍放大鏡對噴砂介質進行目測檢查，以確保無污染和殘留碎片
- 4.2 必須採用適當的噴砂材規範中的油測試和/或下面的程序檢查，確保沒有油污染（無油膜）：
 - (1)在 100~200 ml (4~6 oz.)的清潔小瓶內裝上半瓶 噴砂材顆粒。
 - (2)瓶內的剩餘部分裝滿飲用水。

- (3)蓋住瓶子並進行搖晃。
- (4)檢查水中是否有油膜。如果觀察到有油膜，則不要使用該噴砂介質。
- (5)清理噴砂設備，特別是噴砂罐和軟管，隨後替換噴砂介質並進行重新測試

QCCP #5: 近出白表面和錨紋粗糙度

- 5.1 如果在合約中規定的話，必須使用SSPC-VIS 1，目測檢查表面是否符合NACE No.2/SSPC-SP 10等級或NACE No.1/SSPC-SP 5等級。必須按要求採用透明玻璃膠帶測試確認無粉塵存在，使用玻璃膠帶測試的頻率由規範制訂者決定。
- 5.2 可採用粗糙度膠帶(NACE RP0287)或深度計測量錨紋粗糙度，每10~20 m² (100~200 ft²)必須至少測量一個讀數，或依照買方規定之其他規格。
- 5.3 如果粗糙度 < 65 μm (2.5 mils)，噴砂必須繼續，直至粗糙度 ≥ 65 μm (2.5 mils)。
- 5.4 必須將資訊記錄在草圖或圖紙上或採購合約所要求的其他地方

D3.2 熱清理

安全和過程注意事項：本程序僅可在無爆炸或火災危險且無金屬回火 (temper) 的情況下使用。在鋼鐵上的溫度不得超過 300°C (570°F)。

- (1) 污染物必須在烤爐內或用薔薇花薔火把進行烘烤或燒去(深褐色或黑色表面區域)。底材溫度須保持在250-300°C (480~570°F)之間並維持必要的時間，以烘烤或燒去油和脂污染物。
- (2) 須在六個小時內或按照D4.2章節更長的時間內熱噴覆的底材區域，應至少噴砂至近出白金屬表面，且擁有 >65 μm (2.5 mils) 的錨紋粗糙

度。

(3)需重複上面的步驟(1)和(2)，直至熱噴覆結束。

D3.3 清除可溶性鹽

如果業主規範要求的話，應測試表面是否存在可溶性鹽，測試方法在SSPC-TU 4中有描述，可接受程度和清除可溶性鹽的方法必須由規範制訂者決定。

D3.4 銹霜

熱噴覆必須在噴砂清理後六小時內予以噴塗。如果在熱噴覆前噴砂表面上即已出現銹霜(也就是噴砂清理後的表面出現銹蝕外觀)，應清除銹霜，且 TSC 施工人員必須等待 24 小時，觀察在熱噴覆前是否還會重現該情況。在非常乾燥的情況下，可能必須等待更長的時間。

D3.4.1 輕度銹霜

如果存在輕度銹霜(顏色很淺，但面積大於表面面積的10%)，在接下來六小時內將進行熱噴覆的底材區域必須重新噴砂達到規定的清潔程度。

D3.4.2 重度銹霜

如果存在重度銹霜(深褐色或黑色)，必須繼續使用其它清理方法(例如，濕式噴砂、高壓和超高壓水刀或熱清理中的一種或幾種一起)，以清除污染。

D4. 後噴砂底材狀況和熱噴覆

D4.1 鋼鐵表面溫度和清潔度

鋼鐵表面溫度必須至少高於露點 3°C (5°F)，表面必須至少清理至 NACE No. 2/SSPC-SP 10等級。

D4.2 熱噴覆間隔時間

- (1)熱噴覆必須持續施工至出白金屬NACE No.1/SSPC-SP 5 等級或近出白金屬(NACE No. 2/SSPC-SP 10)等級，呈現無可見和不可見污染物的表面。現場工作的常規做法是在進行最終的噴砂清理的同一個輪班期間施工 TSC。熱噴覆間隔時間的合理結束點，是表面清潔度出現降解或性能發生變化(彎曲或拉伸測)時。
- (2)一般原則，對於鋼鐵底材在完成最終的錨紋噴砂和完成熱噴覆之間的時間不得超過六小時。在高濕度和潮濕的環境中，熱噴覆間隔時間必須更短，如果在熱噴覆期間的任何時候出現銹霜或清潔度降級，則必須嚴格遵循D4.2 (6)章節。
- (3)在低濕度環境中或在密閉結構內有使用工業減濕設備的可控制環境內，鋼鐵的氧化有可能會較遲緩，所以近出白金屬表面的間隔時間可多於六小時。熱噴覆施工人員可與買方一起，利用噴塗和分析彎曲試樣、拉伸-附著力樣品或兩者一起為工作區域確定可接受的溫度-濕度範圍，確定多於六小時的間隔時間。
- (4)如果採購合約規定，表面處理完成後的六小時內，可施工一層等於或大於 25 μm (1 mil) 的短暫覆層，可在短暫覆層施工完成後，可使間隔時間再延長最長四個小時，但是，最終的TSC塗層必須在短暫覆層施工完成後的四個小時內進行施工。該程序必須採用拉伸-附著力測量、彎曲測試或兩者皆用，通過在噴塗最後的熱噴覆層厚度前噴塗一道短暫覆TSC熱噴覆層並等待延長時間來進行驗證確認。
- (5)對於小的可移動部件，如果表面處理完成與熱噴覆開始之間的時間間隔多於15分鐘，或如果部件需要移至另一個地方，則已處理的表面應該得到保護，以免受水分、污染物和指印/手印的影響，通常，用無油墨的清潔紙張進行包裹即可。
- (6)如果在施工熱噴覆層過程中的任何時候出現銹霜、起泡或降級塗層，應採用下列步驟：

- (a)停止噴塗
- (b)劃分出令人滿意的已噴塗區域
- (c)修補不令人滿意的熱噴覆層（也就是，清除降級熱噴覆塗層並重新至少處理至近出白金屬表面和所要求的錨紋粗糙度深度）。
- (d)在JCR中記錄為恢復工作所採取的行動
- (e)經由熱噴覆檢查員，觀測並將補救措施報告給買方。

D5. 熱噴覆設備組裝和噴塗順序

D5.1 熱噴覆設備組裝

- (1)熱噴覆設備的組裝、校準和操作必須依照製造商的說明和技術手冊或熱噴覆施工人員的改進操作進行，且必須得到JRS的驗證確認。
- (2)噴塗規定的熱噴覆材料的噴塗參數應加以設定，並至少利用QCCP #6 的彎曲測試進行驗證確認。
- (3)噴塗參數的影本必須附在 JCR 的後面。

QCCP #6: 巨觀系統彎曲測試

(在每次輪班或人員更換開始時要求進行)

- 6.1 設備參數設置必須按照用於確認JRS 的要求
- 6.2 必須觀測確保成功的表面處理，以交叉噴路的形式噴塗指定的熱噴覆層膜厚，並在每次輪班開始時至少進行一塊彎曲試樣的彎曲測試，這是一個巨觀或總體的系統檢測。
- 6.3 如果沒有通過彎曲測試，則必須找出問題並在工作繼續之前予以排除。
- 6.4 必須記錄結果，標示名稱並在 JCR 中保留彎曲測試試樣。

D5.2 計畫熱噴覆順序

對於鋼鐵底材，熱噴覆應在最終的錨紋噴砂之後儘快開始，並應在六小時內完成，其取決於溫度與露點以及D4章節中的間隔時間變數

- (1)應檢查待熱噴覆物件或區域的表面幾何形狀，噴路或順序應按照以下進行計畫：
 - (a)使噴槍儘量保持垂直於底材，即使偏離垂直線，也 不得超過 $\pm 30^\circ$ 。
 - (b)採用製造商所推薦的有關噴嘴的相隔距離或根據施工人員的經驗予以改進，有關標稱相隔距離和噴路寬度值，請參考表 D1。
- (2)對於無法避免過度噴塗的複雜形狀，應建立過噴控制區域，應使用清潔的金屬遮蓋物或清潔、可移走的遮蓋材料，來防止過噴沉積在未達規定噴塗厚度之表面。

表 D1 火焰和電弧熱噴覆相隔距離及噴塗寬度，標稱

熱噴覆方法	垂直相隔距離, cm (in)	噴路寬度, cm(in) 噴嘴	
		常規	扇面
		火焰金屬線	130 - 180 (5 - 7)
火焰粉末	200 - 250 (8 - 10)	50 (2)	75 - 100 (3 - 4)
電弧金屬線	150 - 200 (6 - 8)	40 (1.5)	75 - 150 (3 - 6)

D6. 熱噴覆施工

D6.1 預熱

過去，對開始區域進行預熱是一種常用的習慣做法，它應一直持續至不再有用或不再具有任何意義。開始熱噴覆區域的最初 $0.1\sim 0.2\text{ m}^2$ ($1\sim 2\text{ ft}^2$) 必須進行預熱，以防止火焰中的水在底材上凝結。

- (1)對於火焰熱噴覆，最初的開始區域必須預熱至約 120°C (250°F)。
- (2)預熱要求必須採用JRS和彎曲測試、拉伸測試或兩者一起進行驗證

確認。

D6.2 啟動和調節

噴槍的啟動和調節應根據工件(或待熱噴覆的表面)來進行。

在密閉空間內，噴塗必須在廢金屬板上進行，直至噴塗得到驗證確認，否則不得正式熱噴覆。

D6.3 規範膜厚

規定的熱噴覆層膜厚必須以幾道垂直的重疊噴路噴塗獲得。當噴路保持很薄時，熱噴覆層的拉伸-附著力強度會更大，過厚的噴路會增加熱噴覆層內的內部應力並降低熱噴覆層最終拉伸-附著力強度。

- (1)對於手工熱噴覆，必須採用交叉噴路的方式使熱噴覆層內的薄區減降至最少。
- (2)對於機械熱噴覆，重疊和交叉噴路必須予以事先計畫，以消除薄區並使熱噴覆層膜厚處於規範規定的範圍內。自動噴塗參數和噴塗計畫必須採用拉伸-附著力測試、金相分析或兩者一起來進行驗證確認。
- (3)使用噴槍延伸物以噴塗凹陷空間和區域

D6.4 銹霜

如果在施工熱噴覆層過程中的任何時候出現銹霜、起泡或降級塗層，應採用下列步驟：

- (1)停止噴塗
- (2)劃分出令人滿意的已噴塗區域
- (3)修補不令人滿意的熱噴覆層(也就是，清除降級的熱噴覆塗層並至少重新處理至近出白金屬表面並獲得所要求的錨紋粗糙度深度)。
- (4)在JCR中，記錄恢復工作所採取的行動
- (5)請熱噴覆檢查員，觀測並向買方報告任何補救措施。

D6.5 熱噴覆要求

熱噴覆必須滿足本標準的主體-第6節中所引用的系統要求 和驗收測試要求。

應使用QCCP #7來驗證確認正確的 熱噴覆施工過程。

D7. 低溫噴塗

低於5°C (40°F)的低溫環境中的熱噴覆必須：

- (1)滿足D4.1和D4.2章節中的底材表面溫度和間隔時間 要求。在熱噴覆過程中，表面上不允許存在水分凝結。
- (2)利用彎曲測試、可攜式拉伸-附著力測試或兩者一起來進行驗證確認。

熱噴覆層是以機械方式附著於底材。對底材進行預熱，可能可以改善熱噴覆層與底材的拉伸附著力並降低內部應力。預熱的需求與否必須在 JCR 的處理過程中予以驗證確認(參見 D6.1 章節)。

D8. 封孔處理或封孔加上塗漆

D8.1 總則

封孔處理或封孔加上塗漆必須滿足本標準的要求。熱噴覆層的封孔處理或封孔加上塗漆應依照 SSPC-PA 1、油漆製造商有關的說明和/或採購合約進行施工。

如果熔射層孔隙存在或懷疑存在水分，鋼鐵可加熱至 50°C (120°F)，以在封孔處理前去除水分。如果可能的話，應加熱熱噴覆層背面以使封孔處理前之熱噴覆層的氧化和污染降至最低。

D8.2 封孔處理

如果施工的話，封孔層必須足夠薄以滲入熱噴覆層內並封閉孔隙。一般情況下，封孔層以一定的塗布率進行噴塗，以獲得 38 µm (1.5 mils) 的理論乾膜厚。

對於廠內和現場施工，封孔處理應在熱噴覆後儘快施工，最好在

八個小時之內施工。

如果封孔處理無法在八個小時內進行施工，則必須(a)利用目測檢查，查證熱噴覆層沒有受到污染；和(b)在封孔處理之前按照 ISO 8502-3，採用透明玻璃膠帶測試，查證熱噴覆層上沒有粉塵。

必須使用 QCCP # 8 驗證確認正確的施工。

QCCP #7: 熱噴覆施工

7.1 用接觸溫度計測量/確認的底材表面溫度必須至少高於露點 3°C (5°F)：

(a)空氣溫度 $^{\circ}\text{C}$ ($^{\circ}\text{F}$)

(b)相對濕度 (RH) %

(c)露點 $^{\circ}\text{C}$ ($^{\circ}\text{F}$)

(d)底材表面溫度 $^{\circ}\text{C}$ ($^{\circ}\text{F}$)

(e)表面溫度 (d)至少高於露點 (c) 3°C (5°F)： (是/否)

(f)如果是的話，則繼續。

(g)如果否的話，則停止。等待正確的條件和/或調節工作區空間溫度和濕度條件，以使鋼鐵溫度至少高於露點 3°C (5°F)。

7.2 熱噴覆過程必須按D6章節中所規定的觀測：

(a)火焰熱噴覆時，須預熱至 120°C (250°F)

(b)正確的噴槍調節和噴塗過程(垂直線偏離 $\pm 30^{\circ}$ 、膜厚/噴路和交叉噴路) (參見圖 D2)

(c)噴塗過程中已處理鋼鐵表面無銹霜

(d)無降級熱噴覆層

7.3 規定的熱噴覆層膜厚，必須確保外形過渡區域獲得正確的膜厚(參見步驟 7.5)。

7.4 熱噴覆層的總膜厚必須依照圖 D3，利用 SSPC-PA 類 2 儀器進行

測量：

- (a) 施工熱噴覆層區域的每 10~20 m² 取一測量線或一個測量區域。
- (b) 算出每一測量線或每個測量區域五個讀數的平均值。
- (c) 平坦表面，採用測量線。算出沿著測量線每間隔 2.5 cm (1.0 in.) 測量一個五讀數的平均值。測量線量測熱噴覆層的最大值與最小值。
- (d) 對於複雜的幾何構件和幾何過渡構件，必須使用測量區，測量區的面積約為 10 cm² (1.6 ft²) 區域測量並不測量熱噴覆層的最大值和最小值。

7.5 須量測不同平面以及銲接或永久附在底材上附件(支架、角鋼、鋼板、剪力釘等)的熱噴覆層膜厚。

7.6 如果熱噴覆層太薄，噴塗必須繼續，直至獲得規定的膜厚範圍。

7.7 如果熱噴覆層處於合約規定的膜厚範圍內，施工人員必須跳至步驟 7.9。

7.8 如果熱噴覆層太厚：

- (a) 在 JCR 中記錄厚度超過合約規定最高膜厚的 150% 的區域。
- (b) 通知買方，如果這些區域在裝運、裝卸貨或組裝過程中發生破損，應依照 ANSI/AWS C2.18 中所描述的補修維護步驟進行修補。

7.9 量測熱噴覆層膜厚的位置和量測值必須記錄在 JCR 中

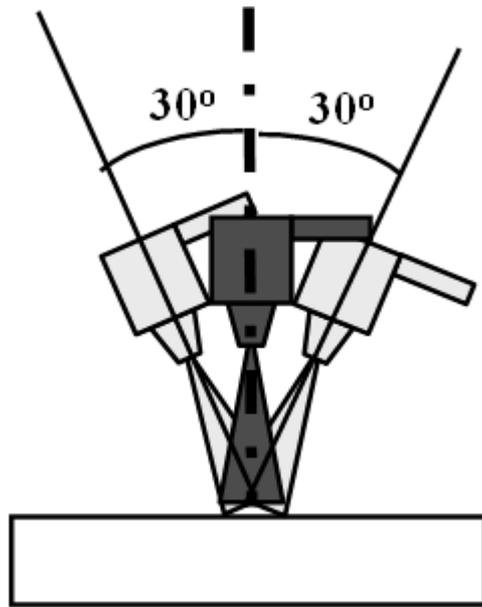


圖 D2、正確的噴槍調節

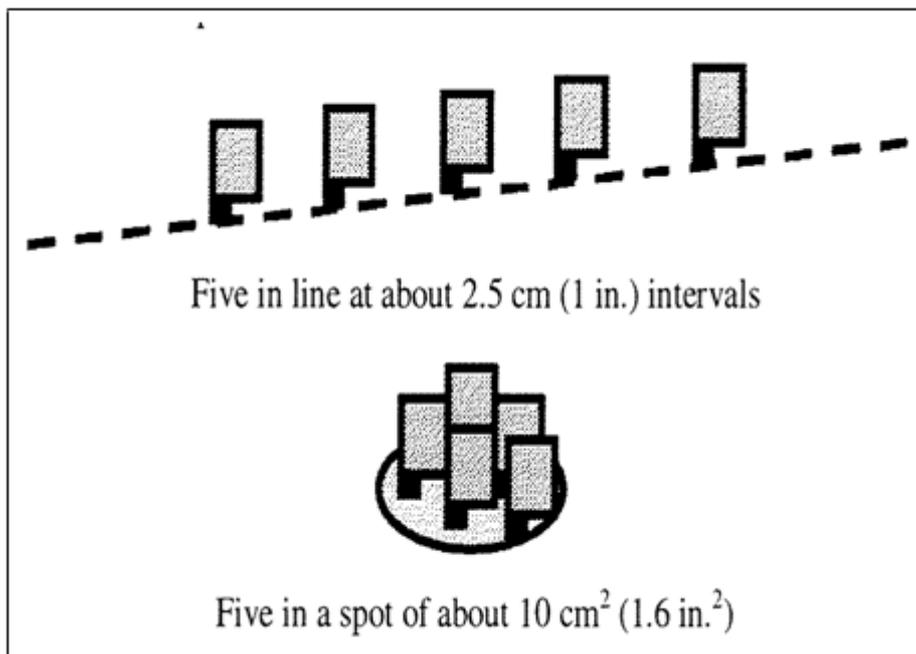


圖 D3、線形和區域測量

QCCP #8: 封孔劑施工

在封孔劑施工過程中，必須目測檢查確保完整的塗佈。如果施工的話，封孔劑必須足夠薄以滲入熱噴覆層內並封住孔隙。

D8.3 上塗漆施工

上塗漆必須按照製造商的說明或如採購合約中所規定的進行施工。油漆塗料不得施工於未封孔的熱噴覆層上。

使用 QCCP #9 來驗證確認正確的施工。

QCCP #9: 上塗漆施工和厚度

9.1 在上層漆施工過程中，必須目測檢查確保完整的塗佈。

如果合約要求的話，上塗漆的厚度必須按照 SSPC- PA 2，使用類型 2 固定探頭式儀器進行測量，測量可(a)在成對試樣上進行，或 (b)在封孔的熱噴覆層上進行，條件是之前已測量過榮射層的膜厚。

鋼構造物熱噴覆防蝕規範草案-3

ISO 14922 熱噴覆結構的品質要求

前言

熱噴覆製程已廣泛應用於工業產品的生產中。熱噴覆在製造、維護和維修等工業應用中已變得越來越重要。例如，它已成為汽車工業、航空器渦輪機、機器構造、印刷工業和化學工業中一些要求耐腐蝕、耐磨、高溫保護和防化學侵蝕的結構製造中不可或缺的一環。

然而，熱噴覆過程對生產的成本和製品的完善有很大的影響。因此，採用有效的方法實施熱噴覆過程，在生產的每個環節進行品質管制和保證是非常重要的。

在EN ISO900及其系列標準的品質管理系統中，表面保護的製程被歸於”特殊製程”類，因為大多數表面保護製程不能在生產過程中進行非破壞檢測和控制來達到品質標準的要求。

品質不能由事後的測試來賦予產品，應由製造過程的品質保證來產生。即使再先進完善的非破壞檢測程序，也不能在熱噴覆層噴塗後提高熱噴覆的品質，而僅能就熱噴覆層的品質提出報告。

為了正確應用熱噴覆層及避免生產操作時的嚴重問題，控管和監督是必須的，這包括構件的狀態、材料的選擇、生產過程和後續的測試程序。為保證完善的熱噴覆生產過程和確認問題產生的根源，熱噴覆廠商的管理應有足夠的品質管理說明。

ISO 14922-1 選擇和使用指南

1. 範圍

本標準規定了描述熱噴覆品質要求的準則，這些品質要求適用於採用熱噴覆技術噴塗之新零件、進行修補或維護的製造商。這些品質要求可以普遍適用於要熱噴覆的任何類型結構。這些準則僅與要熱噴覆的構件品質外觀有關，這些品質外觀可能影響熱噴覆及其相關的製程(前處理和後處理等)。

該準則規定了達到熱噴覆品質要求的各種方法，包括在廠內和在現場進行的熱噴覆，還提供了描述製造商熱噴覆能力與生產規定品質之各種方法。這些準則也可成為買賣各方評估製造商的熱噴覆品質準備的基礎。

該準則的目的是指導編制規章制度或合約要求，與指導製造廠管理者制定與熱噴覆構件類型有關品質系統之熱噴覆要求。本準則並不獨立成為任何制度、合約或管理的要求之一部分。

這些準則用於下列目的：

- (a)提供對EN ISO 9000系列標準之要求的解釋，指導將熱噴覆作為品質系統中“特殊製程”部分來建立和說明；
- (b)當品質系統不符合EN ISO 9001和EN ISO 9002時，作為建立熱噴覆的品質要求和施工細則指南；
- (c)評估上述(a)和(b)中熱噴覆的品質要求。

本標準的典型應用情況如下：

- 在合約中：規定品質系統中對熱噴覆的要求；
- 對生產者：建立並保持熱噴覆的品質要求；
- 對制定結構規範和其他採用標準的委員會：說明熱噴覆的要求；
- 對有利害關係的各方，如第三方、顧客或製造廠的管理者：評估熱噴覆的要求。

2. 參考文獻

本標準引用了其他刊物之有加註日期或無日期的參考規定。這些被引用在文中適當位置和刊物中的參考文獻，被列在後面。凡是加註日期之參考文獻，其隨後被正式納入的修改或修訂版均適用於本標準。凡是不加註日期的參考文獻，其為最新版本。

EN ISO 9000-1

品質管理和品質保證標準--第1部分:選擇和使用指南(ISO 9000-1:1994)

EN ISO 9001

品質系統--設計、開發、生產、安裝和服務的品質保證模式 (ISO 9001:1994)

EN ISO 9002

品質系統--生產、安裝和服務的品質保證模式(ISO 9002:1994)

EN ISO 14922-2

熱噴覆--熱噴覆結構的品質要求--第2部分:全面的品質要求

EN ISO 14922-3

熱噴覆--熱噴覆結構的品質要求--第3部分:標準的品質要求

EN ISO 14922-4

熱噴覆--熱噴覆結構的品質要求--第4部分:基本的品質要求

EN ISO 8402:1994

品質管理和品質保證--術語

3. 定義

本標準採用以下定義。

3.1 合約(用於熱噴覆)

須熱噴覆的構件或客戶指定熱噴覆層的協議要求、或設計和生產時尚無明確客戶的情況下，由製造商為眾多客戶整批生產的構件所提出的基本要求。在此兩種情況下，都假定合約包括了對所有相關規定要求的文件(註：一個獨立法人在合約中的角色由簽訂合約的各方和(或)適用的標準所決定。)

3.2 特殊製程

一種製程，其過程的結果不能利用其後續的檢查和其製品的試驗來完全驗證，其缺陷只有在其製品開始使用後才可能顯現出來。因而需要進行連續的監控和(或)經過過程認證，以保證滿足規定的要求(參閱EN ISO 9001-1994中4.9節)。

3.3 生產組織

一種組織，其廠內熱噴覆和(或)現場熱噴覆處於同一技術管理和品質管制之下。

3.4 合格人員(用於熱噴覆)

經過教育、訓練和(或)有關實務經驗取得相關能力和知識的個人。

3.5 構件(用於熱噴覆)

製品、構件或其他任何應用熱噴覆的系統之同義語。

3.6 品質管理系統

應符合ISO 8402。

4. 熱噴覆品質要求的選擇

使用本標準可從下列標準的其他部分中有關熱噴覆結構類型選擇合適的品質要求：

- 熱噴覆結構的品質要求第2部分：全面的品質要求(EN ISO 14922-2)；
- 熱噴覆結構的品質要求第3部分：標準的品質要求(EN ISO

14922-3)；

- 熱噴覆結構的品質要求第4部分：基本的品質要求(EN ISO 14922-4)；

表1為選擇指南。附錄A和附錄B提供了進一步選擇的資訊和本標準第2、3和4部分的要旨。

表1 熱噴覆品質要求的選擇

合約的熱噴覆要求	品質要求	
	如果要求品質體系 ¹⁾ 符合 EN ISO 9001 或 EN ISO 9002	如果不要求品質體系 符合 EN ISO 9001 或 EN ISO 9002
全面的品質要求	EN ISO 14922-2 ¹⁾	EN ISO 14922-2
標準的品質要求	EN ISO 14922-2 ¹⁾	EN ISO 14922-3
基本的品質要求	EN ISO 14922-2 ¹⁾	EN ISO 14922-4

¹⁾：在EN ISO 9001和 9002的範圍內，EN ISO 14922-2可能是熱噴覆構件適用要求的最低限。

5. 品質保證系統的要求

控制和測試是指避免現場施工產生不良品質的構件。品質保證系統的建立是生產製造的一個前提，以保證可以按時完成構件或零件而不出現難以預料的延誤、修補和其他額外的測量。

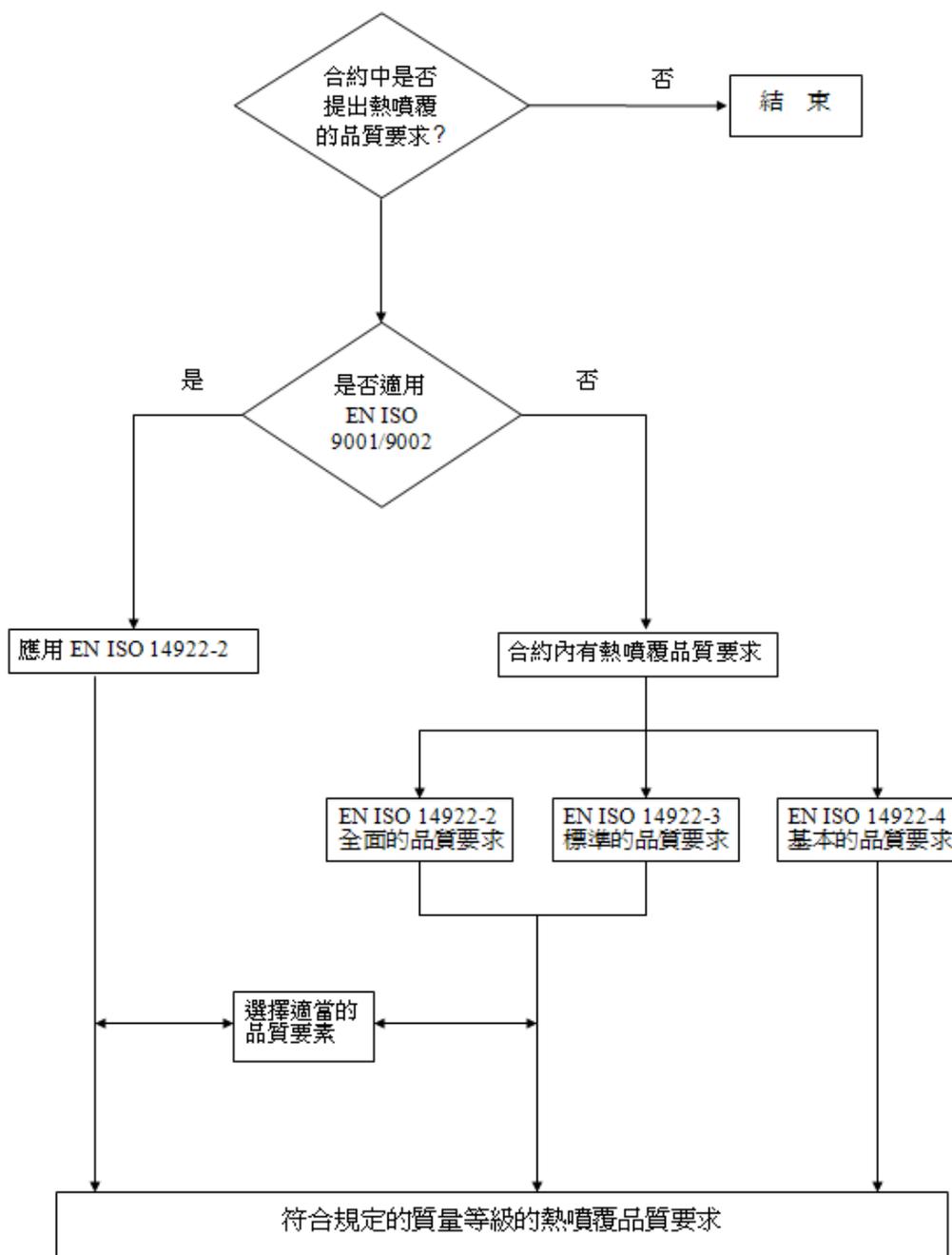
建立一個有效的品質保證系統在初期時是昂貴的。但是，從長遠來看，它是以合理的成本來保證高品質。通常，一個製造商建立一個

品質系統，並且承接與其品質保證系統一致的合約和構件。

第4章列出了適用的標準，它們是建立和定義熱噴覆品質保證系統的基礎。這些標準可成為推進技術進步的有力手段。

附錄 A (資料性附錄)

選擇熱噴覆品質要求的流程圖



附錄 B (資料性附錄)

EN ISO 14922 中第2、3和4部分關於熱噴覆品質要求的簡要對比

質量要求	第2部分	第3部分	第4部分
合約評審	●	ψ	○
設計評審	●	ψ	○
分包商	●	ψ	○
熱噴覆人員	●	●	○
熱噴覆協調	●	●	○
檢查人員	●	●	○
生產設備	●	●	○
設備描述	●	●	--
設備適用性	●	●	--
新設備	●	--	--
設備維護	●	ψ	--
健康和環保情況	●	●	●
生產計畫	●	○	--
熱噴覆程序說明	●	ψ	○
工作說明	●	○	--

前處理和後處理	●	●	--
文件依據	●	○	--
消耗材料的批次檢查	●	--	--
熱噴覆消耗材料的儲存和搬運	●	●	●
熱噴覆材料的儲存和搬運	●	●	○
熱噴覆前的檢查和試驗	●	●	○
熱噴覆中的檢查和試驗	●	●	--
熱噴覆後的檢查和試驗	●	●	○
檢查和試驗的狀態	●	●	--
不合格與矯正措施	●	●	○
校正	●	●	○
標示和可追溯性	●	●	○
品質報告	●	●	○
●：全面要求； ψ：比第2部分低的要求； ○：最低要求； --：不規定			

ISO 14922-2 全面品質要求

1. 範圍

本標準規定品質要求如下：

- 它不因熱噴覆結構的類型而有所不同。
- 它針對在廠內和現場施工的熱噴覆品質要求下定義。
- 它提供描述製造商生產符合規定要求的熱噴覆構件能力的指南。
- 它也可作為評估製造商熱噴覆能力的基礎。

製造商在下列或其中之一情況須證明本身具有可達到品質要求的熱噴覆能力時，適用本標準：

- 由有關各方簽定的合約；
- 採用的標準；
- 規章的要求。

本標準的要求可以全部採納或可選擇性地刪除一部分，如果有關構件不能適用。在下列情況下，為熱噴覆的控管提供了一個可變通的模式：

— 情況一

合約中要求製造商明確提供一個符合EN ISO 9001或EN ISO 9002品質系統的熱噴覆要求時。

— 情況二

合約中要求製造商明確提供一個不同於EN ISO 9001或EN ISO 9002品質系統的熱噴覆要求時。

— 情況三

合約要求製造商建立一個品質系統的熱噴覆要求時。

— 情況四

當採用的標準將熱噴覆當作其要求的一部分時，明確提供採用的標準中的熱噴覆要求；或者在由有關各方簽定的合約中明確規定熱噴覆要求。在這種情況下EN ISO 14922-3或EN ISO 14922-4可能更加適用。

2. 參考文獻

本標準引用了其他刊物之有加註日期或無日期的參考規定。這些被引用在文中適當位置和刊物中的參考文獻，被列在後面。凡是加註日期之參考文獻，其隨後被正式納入的修改或修訂版均適用於本標準。凡是不加註日期的參考文獻，其為最新版本。

EN 473

非破壞檢測-人員的資格鑑定與認證(ISO 9712：1992)

EN 582

熱噴覆-抗拉附著強度的測定(ISO 14916：1999)

EN 657

熱噴覆-術語、分類(ISO 14917：1999)

EN 1274

熱噴覆-粉末-組成-供貨技術條件(ISO 14232：2000)

EN 1395

熱噴覆-熱噴覆設備的檢查驗收(ISO 14231：2000)

prEN 13214

熱噴覆協調-任務和職責(ISO/CD17833)

ISO 9001

品質系統-設計、開發、生產、安裝和服務的品質保證模式 (ISO 9001:1994)

ISO 9002

品質體系-生產、安裝和服務的品質保證模式(ISO 9002:1994)

ISO 14918

熱噴覆-熱噴覆人員的資格考核

ISO 14919

熱噴覆-火焰和電弧熱噴覆用線材、棒材和芯材-分類-供貨技術條件

ISO 14922-1

熱噴覆-熱噴覆結構的品質要求-第1部分:選擇和使用指南

ISO 8402-1994

品質管制和品質保證-術語

3. 定義

本標準採用 EN 657 和 ISO 14922 第 1 部分的定義。

4. 合約和設計的評審

4.1 總則

製造商應該對買方提供的合約要求和設計資料或製造商設計的構件內部資料進行評審。確保在工作開始之前，獲得工程進行所必需的資料。製造商應該確認其有能力滿足熱噴覆合約的所有要求，並落實所有與品質有關活動的完善計畫。

製造商進行合約評審以核實合約要求確實處於其履約能力之內，有足夠的資源支援達到交貨進度，以及合約內容清楚而且無異義。製造商應確認合約與先前的投標文件之差異已獲得澄清，以及買方已將可能發生的任何計畫、費用或工程量的變化已被告知。

4.2 中的條款是在合約評審時或評審前特別要考慮的。4.3 中的條

款通常是設計評審的部分，如果製造商不負責設計，這些條款應在合約評審時加以考慮。且應確保買方已提供了所有的有關資料。

當合約不存在或合約條款已固定時，製造商在進行其設計評審(4.3)時要考慮4.2的要求。

4.2 合約評審

須考慮到的合約要求應包括：

- (a)採用的標準，以及所有的補充要求；
- (b)熱噴覆、非破壞檢測和熱處理的程序規範；
- (c)對所採用的熱噴覆方法之程序進行認可；
- (d)人員的認證；
- (e)後處理；
- (f)檢查和測試；
- (g)對材料、熱噴覆人員和熱噴覆層等的選擇、標示和(或)可追溯性(參閱15節)；
- (h)品質管制準備，包括獨立檢查機構的任何介入；
- (i)熱噴覆的其他要求，如耗材的粒度、粒度分佈、形貌和成分的批次試驗；
- (j)熱噴覆現場的有關環境條件；
- (k)分包商；
- (l)不合格的處置。

4.3 設計評審

須考慮到的設計要求應包括：

- (a) 所有熱噴覆層的位置、可達性和次序；
- (b) 熱噴覆層表面的整修；

- (c) 熱噴覆材料的規範和熱噴覆層的性能；
- (d) 基材表面前處理和熱噴覆層的細節和尺寸；
- (e) 熱噴覆層品質和驗收要求；
- (f) 其他的特殊要求，如噴珠除銹、熱處理、冷卻、遮蔽等的可接受性。

5. 分包

當製造商要採用分包服務(例如檢查、非破壞檢測、後處理)時，製造商應提供分包商所有有關的技術條件和要求。分包商應提供製造商指定的分包商實績文件和記錄。

任何分包商都應在製造商的指令和職責下工作，並應該完全滿足本標準的有關要求。製造商應保證分包商能遵守合約的品質要求。

製造商提供給分包商的資料應包括合約評審(參閱4.2節)和設計評審(參閱4.3節)的所有有關資料。如果結構設計要進行分包，則其他的附加要求可能需要被詳述。

6. 熱噴覆人員

6.1 總則

製造商應按規定的要求，安排足夠有資格的人員進行熱噴覆生產的計畫、實施、監督和檢查。

6.2 熱噴覆人員鑑定

所有的熱噴覆人員都應依照ISO14918：1999通過相應的資格考核得到認證。所有的認證記錄應在有效期內。

6.3 熱噴覆協調人員

製造商應配置適當的熱噴覆協調人員，以向熱噴覆人員提供必需

的工作和熱噴覆的指導，使工作能順利實施並受到控管。這些對品質活動負有責任的人員，應擁有足夠的權力來採取必要的行動。並應明確規定這些人員的責任、相互關係、職責範圍，參見prEN 13214 (ISO/CD17833)。

7. 品質測試人員

7.1 總則

製造商應按照規定的要求，具備足夠資格的人員對熱噴覆生產進行計畫和實施、監督和檢查、測試和驗收。

7.2 非破壞檢測

非破壞檢測人員的資格應依EN 473(ISO 9712：1992)得到認證。

8. 設備

8.1 製造用設備

必要時應具備有下列設備：

- 廠房，一般為有屋頂的工作場地；
- 倉庫，以妥善存放熱噴覆材料(將被噴塗的成分)、耗材和其他熱噴覆輔助材料；
- 用於乾燥熱噴覆粉末的設備；
- 處理和加工待熱噴覆零件的設備和機械工具(例如除油設備，噴砂室)；
- 噴塗設備，包括送料、調節和控制設備；
- 運轉系統(例如轉盤、翻轉設備、機器人系統)；
- 抽風系統，除塵器，防噪音和輻射設備；
- 零件熱噴覆前、後之熱處理的設備；

- 冷卻設備；
- 熱噴覆後之處理機器、工具和設備(例如砂輪、翻轉)；
- 測試熱噴覆塗層和材料的設備和工具；
- 現場噴塗所應有的適當條件。

8.2 設備的描述

製造商應有熱噴覆生產的基本設備清單。清單中應列入主要設備和用於評估廠房的最大生產能力和潛在能力的關鍵參數的細目，如下列內容：

- 起重機的最大能力；
- 能熱噴覆構件的尺寸；
- 噴砂和熱噴覆房的容量。

8.3 設備的適用性

對於有關用途的設備應是足夠的。除非合約中有規定(其要求依照 EN 1395)，熱噴覆和前處理、後處理設備一般不需要認可。

8.4 新設備

在新設備(或大修後的設備)安裝之後(參閱9.1節)，應依照EN 1395進行相應的設備試驗。試驗應證明設備的功能正常。無論何時進行設備試驗，都應當按照相應的標準進行。試驗的記錄應當保留。

8.5 維修

製造商應有設備維修的計畫文件。該計畫應確保維護檢查使設備的變動性控制在相關的熱噴覆程序規定的範圍之內。計畫中只針對那些熱噴覆品質不可缺少的設備可變動要點。

要點如下：

- 機械化的熱噴覆設備的導向機構狀況；
- 熱噴覆機操作用的安培表、伏特表和流量表的狀況；

- 電纜、軟管、接頭的狀況；
- 機械化和(或)自動化熱噴覆中控制系統的狀況；
- 熱電偶和其他測溫儀器的狀況；
- 送粉器、送線機和導管的狀況。

有缺陷的設備不應使用

8.6 健康、安全和環境問題

對健康、安全和環境保護有效的必要設備。所有落實健康和安全的標準以及防光、熱輻射標準的活動都必須得到保證。

9. 熱噴覆的實施

9.1 生產計畫

製造商應制定完善的生產計畫並配合8.1中或現場的適用設備。至少應包括

- 構件熱噴覆順序的規定，例如單一零件或元件以及隨後的最終組裝順序；
- 構件製造中每個程序要求的標示；
- 與熱噴覆和相關過程有關的適當的程序規範；
- 熱噴覆層的製作次序，如果這有意義；
- 各個程序的實施順序和時間；
- 檢查和測試的規範，包括任何獨立檢查機構的介入；
- 環境條件，如防風和防雨(在現場或廠內施工)；
- 批次，構件或零件標識的條款。

9.2 熱噴覆程序規範

製造商應制定熱噴覆程序規範，並且保證在生產中正確實施。其

他程序，如前處理或後處理，只要按合約的規定進行認證。

9.3 工作說明

製造商可在廠內直接用熱噴覆規範對熱噴覆人員進行工作說明。也可採用示範性的工作說明方法。但這種示範性的工作說明應採經過認證的熱噴覆程序規範進行，而不必分別認證。

9.4 前處理和後處理

製造商應全權負責所有前處理和後處理的規範和實施。處理程序應與熱噴覆材料、熱噴覆構件等相適應。如有必要，應在處理過程中作處理記錄。記錄應證明該規範一直被遵循，並且對實際的處理過程應有可追溯性。

9.5 文件依據

製造商應制定並保持相關的品質文件控管，例如熱噴覆過程規範和熱噴覆人員證書。

10. 熱噴覆耗材

10.1 總則

熱噴覆耗材控管中的責任和程序應由製造商規定。

10.2 批次試驗

合約明文規定時才對耗材進行批次試驗。

10.3 儲存和搬運

製造商應按照供貨方的規定，制定並實施耗材的儲存、搬運和使用程序，以防止受潮結塊、氧化和損傷等。

11. 熱噴覆材料的儲存和搬運

儲存時應不使材料受損。儲存時應標示清楚。

12. 與熱噴覆相關的檢查和試驗

12.1 總則

檢查和試驗應在熱噴覆生產過程中的適當環節進行，以確保與合約的要求相符。應根據合約和(或)採用的標準、熱噴覆的方法以及構件的類型來確定檢查和(或)試驗的位置和頻率(參閱4.2和4.3節)。

製造商可無限制地進行一些非正式試驗。這些的試驗不要求報告。

12.2 熱噴覆前的檢查和試驗

如有必要，在熱噴覆開始之前應進行下列查驗：

- 熱噴覆人員認證的適用性和有效性，見EN ISO14918；
- 熱噴覆規範的適用性；
- 熱噴覆材料的標示；
- 耗材的標示，例如，符合EN 1274；
- 表面前處理，外形和尺寸；
- 表面前處理後應儘速進行熱噴覆；
- 工作架、吊具和定位；
- 熱噴覆規範中的任何特殊要求，例如預防變形；
- 任何生產試驗的安排；
- 熱噴覆條件的適應性，包括環境。

12.3 熱噴覆中的檢查和試驗

如有必要，在熱噴覆過程中，應以適當間隔或連續方式進行下列檢查：

- 熱噴覆的基本參數(例如空氣流量、熱噴覆電流、熱噴覆電壓、移動速度)；
- 構件表面溫度；

- 耗材的正確使用和搬運；
- 扭曲/變形的控制；
- 任何中間檢查，例如尺寸檢查。

12.4 熱噴覆後的檢查和試驗

如有必要，熱噴覆後應根據有關驗收標準進行檢查：

- 目測檢查；
- 依照EN相關標準進行非破壞檢測；
- 根據相關標準進行破壞性試驗，例如EN 582；
- 熱噴覆構件的外貌、形狀和尺寸；
- 前處理或後處理的結果和記錄，如研磨、後續熱處理。

12.5 檢查和試驗的狀態

應適當的標示已熱噴覆過的構件的檢查和試驗的狀態，例如用項目標示或流程卡。

13. 不合格與矯正措施

應加以管制不符合規定要求的項目，以防止它們被非有意地使用。當製造商進行補修和(或)重噴時，所用的程序應在進行這項工作的所有工作條件都是有效的。在進行補修或重噴時，所有檢查項目應按原規定重新檢查、試驗和驗收。另外還應採取措施以確認不利於熱噴覆構件品質的狀態並糾正之。

14. 校正

製造商應負責對檢查、測量和試驗儀器進行適當的校正。應適當控管所有用於評估熱噴覆構件品質的儀器，並應依照規定的期限內校正。

15. 標示和可追溯性

在整個製造過程中，應適當標示和可追溯性。如有必要，保證熱噴覆運行的標示和可追溯性的文件系統應包括：

- 生產計畫；
- 構件上熱噴覆位置的記錄；
- 熱噴覆層標記、標籤等；
- 特殊熱噴覆層的可追溯性(用於包括熱噴覆人員在內的全機械化和自動化噴塗設備)；
- 熱噴覆人員和程序認證；
- 非破壞檢測方法和人員；
- 熱噴覆耗材，如類型、批號等；
- 熱噴覆材料。

16. 品質記錄

如有必要，依照合約要求的品質記錄應當包括下列資料：

- 合約/設計評審記錄；
- 材料證明；
- 耗材證明；
- 熱噴覆規範；
- 熱噴覆認可之試驗記錄；
- 熱噴覆人員認證證書；
- 非破壞檢測人員證書；
- 前處理、後處理和程序規範記錄；
- 非破壞檢測和破壞性試驗的過程和報告；

- 尺寸報告；
- 補修和重新熱噴覆記錄。

若無任何其他的规定，品質記錄應至少保存5年。

附錄ZA

表ZA.1 ISO標準與EN標準之對照

EN 標準	ISO 標準	ISO 標準標題
EN 473	-	
EN 582	ISO 14916	Thermal spraying- Determination of tensile adhesive strength
EN 657	ISO 14917	Thermal spraying- Terminology, classification
EN 1274	ISO/DIS 14232	Thermal spraying- Powders- Composition- Technical supply conditions
EN 1395	ISO/DIS 14231	Thermal spraying- Acceptance inspection of thermal spraying equipment

ISO 14922-3 品質要求標準

1. 範圍

本標準規定品質要求如下：

- 它不因熱噴覆結構的類型而有所不同。
- 它針對在廠內和現場施工的熱噴覆品質要求下定義。
- 它提供描述製造商生產符合規定要求的熱噴覆構件能力的指南。
- 它也可作為評估製造商熱噴覆能力的基礎。

製造商在下列或其中之一情況須證明本身具有可達到品質要求的熱噴覆能力時，適用本標準：

- 由有關各方簽定的合約；
- 採用的標準；
- 規章的要求。

本標準的要求可以全部採納或可選擇性地刪除一部分，如果有關構件不能適用。在下列情況下，為熱噴覆的控管提供了一個可變通的模式：

— 情況一

合約中要求製造商明確提供一個符合EN ISO 9001或EN ISO 9002品質系統的熱噴覆要求時。

— 情況二

合約要求製造商建立一個品質系統的熱噴覆要求時。

— 情況三

當採用的標準將熱噴覆當作其要求的一部分時，明確提供採用的標準中的熱噴覆要求；或者在由有關各方簽定的合約中明確規定熱噴覆要求。在這種情況下EN ISO 14922-3或EN ISO 14922-4可能更加適用。

2. 參考文獻

本標準引用了其他刊物之有加註日期或無日期的參考規定。這些被引用在文中適當位置和刊物中的參考文獻，被列在後面。凡是加註日期之參考文獻，其隨後被正式納入的修改或修訂版均適用於本標準。凡是不加註日期的參考文獻，其為最新版本。

EN 473

非破壞檢測-人員的資格鑑定與認證(ISO 9712:1992)

EN 582

熱噴覆-抗拉附著強度的測定(ISO 14916:1999)

EN 657

熱噴覆-術語、分類(ISO 14917;1999)

EN 1274

熱噴覆-粉末-組成-供貨技術條件(ISO 14232:2000)

prEN 13214

熱噴覆協調-任務和職責(ISO/CD17833)

ISO 9001

品質系統-設計、開發、生產、安裝和服務的品質保證模式 (ISO 9001:1994)

ISO 9002

品質體系-生產、安裝和服務的品質保證模式(ISO 9002:1994)

ISO 14918

熱噴覆-熱噴覆人員的資格考核

ISO 14919

熱噴覆-火焰和電弧熱噴覆用線材、棒材和芯材-分類-供貨技術條件

ISO 14922-1

熱噴覆-熱噴覆結構的品質要求-第1部分:選擇和使用指南

ISO 8402-1994

品質管制和品質保證-術語

3. 定義

本標準採用EN 657和ISO 14922第1部分的定義。

4. 合約和設計的評審

4.1 總則

製造商應該對買方提供的合約要求和設計資料或製造商設計的構件內部資料進行評審。確保在工作開始之前，獲得工程進行所必需的資料。製造商應該確認其有能力滿足熱噴覆合約的所有要求，並落實所有與品質有關活動的完善計畫。

製造商進行合約評審以核實合約要求確實處於其履約能力之內，有足夠的資源支援達到交貨進度，以及合約內容清楚而且無異義。製造商應確認合約與先前的投標文件之差異已獲得澄清，以及買方已將可能發生的任何計畫、費用或工程量的變化以被告知。

4.2中的條款是在合約評審時或評審前特別要考慮的。4.3中的條款通常是設計評審的部分，如果製造商不負責設計，這些條款應在合約評審時加以考慮。且應確保買方已提供了所有的有關資料。

當合約不存在或合約條款已固定時，製造商在進行其設計評審(4.3)時要考慮4.2的要求。

4.2 合約評審

須考慮到的合約要求應包括：

- (a) 採用的標準，以及所有的補充要求；
- (b) 熱噴覆、非破壞檢測和熱處理的程序規範；

- (c) 如合約同意，進行人員認證；
- (d) 檢查和測試；
- (e) 品質管制準備，包括獨立檢查機構的任何介入；
- (f) 標示；
- (g) 熱噴覆現場的有關環境條件；
- (h) 分包商；
- (i) 不合格的處置。

4.3 設計評審

須考慮到的設計要求應包括：

- (j) 所有熱噴覆層的位置、可達性和次序；
- (k) 熱噴覆層表面的整修；
- (l) 熱噴覆材料的規範和熱噴覆層的性能；
- (m) 基材表面前處理和熱噴覆層的細節和尺寸；
- (n) 熱噴覆層品質和驗收要求；
- (o) 其他的特殊要求，如噴珠除銹、熱處理、冷卻、遮蔽等的可接受性。

5. 分包

當製造商要採用分包服務(例如檢查、非破壞檢測、後處理)時，製造商應提供分包商所有有關的技術條件和要求。分包商應提供製造商指定的分包商實績文件和記錄。

任何分包商都應在製造商的指令和職責下工作，並應該完全滿足本標準的有關要求。

製造商提供給分包商的資料應包括合約評審(參閱4.2節)和設計評審(參閱4.3節)的所有有關資料。如果結構設計要進行分包，則需要詳述其他的附加要求。

6. 熱噴覆人員

6.1 總則

製造商應按規定的要求，安排足夠具有資格的人員進行熱噴覆生產的計畫、實施、監督和檢查。

6.2 熱噴覆人員鑑定

所有的熱噴覆人員都應依照ISO14918:1999通過相應的資格考核得到認證。所有的認證記錄應在有效期內。

6.3 熱噴覆協調人員

製造商應配置適當的熱噴覆協調人員，以向熱噴覆人員提供必需的工作和熱噴覆的指導，使工作能順利實施並受到控管。這些對品質活動負有責任的人員，應擁有足夠的權力來採取必要的行動。並應明確規定這些人員的責任、相互關係、職責範圍，參見prEN 13214 (ISO/CD17833)。

7. 品質測試人員

7.1 總則

製造商應按照規定的要求，具備足夠資格的人員對熱噴覆生產進行計畫和實施、監督和檢查、測試和驗收。

7.2 非破壞檢測

非破壞檢測人員的資格應依EN 473(ISO 9712:1992)得到認證。

8. 設備

8.1 製造用設備

必要時應具備有下列設備：

- 廠房，一般為有屋頂的工作場地；

- 倉庫，以妥善存放熱噴覆材料(將被噴塗的成分)、耗材和其他熱噴覆輔助材料；
- 用於乾燥熱噴覆粉末的設備；
- 處理和加工待熱噴覆零件的設備和機械工具(例如除油設備，噴砂室)；
- 噴塗設備，包括送料、調節和控制設備；
- 運轉系統(例如轉盤、翻轉設備、機器人系統)；
- 抽風系統，除塵器，防噪音和輻射設備；
- 零件熱噴覆前、後之熱處理的設備；
- 冷卻設備；
- 熱噴覆後之處理機器、工具和設備(例如砂輪、翻轉)；
- 測試熱噴覆塗層和材料的設備和工具；
- 現場噴塗所應有的適當條件。

8.2 設備的描述

製造商應有熱噴覆生產的基本設備清單。清單中應列入主要設備和用於評估廠房的最大生產能力和潛在能力的關鍵參數的細目，如下列內容：

- 起重機的最大能力；
- 能熱噴覆構件的尺寸；
- 噴砂和熱噴覆房的容量。

8.3 設備的適用性

對於有關用途的設備應是足夠的。除非合約中有規定(其要求依照 EN 1395)，熱噴覆和前處理、後處理設備一般不需要認可。

8.4 維修

製造商應保證設備要點如下：

- 機械化的熱噴覆設備的導向機構狀況；
- 熱噴覆機操作用的安培表、伏特表和流量表的狀況；
- 電纜、軟管、接頭的狀況；
- 機械化和(或)自動化熱噴覆中控制系統的狀況；
- 熱電偶和其他測溫儀器的狀況；
- 送粉器、送線機和導管的狀況。

8.5 健康、安全和環境問題

對健康、安全和環境保護有效的必要設備。所有落實健康和安全的標準以及防光、熱輻射標準的活動都必須得到保證。

9. 熱噴覆的實施

9.1 生產計畫

製造商應制定完善的生產計畫並配合8.1中或現場的適用設備。至少應包括：

- 構件熱噴覆順序的規定，例如單一零件或元件以及隨後的最終組裝順序；
- 構件製造中每個程序要求的標示；
- 與熱噴覆和相關過程有關的適當的程序規範；
- 各個程序的實施順序和時間；
- 檢查和測試的規範，包括任何獨立檢查機構的介入；
- 環境條件，如防風和防雨。

9.2 熱噴覆程序規範

製造商應制定熱噴覆程序規範，並且保證在生產中正確實施。

9.3 工作說明

製造商可在廠內直接用熱噴覆規範對熱噴覆人員進行工作說明。也可採用示範性的工作說明方法。但這種示範性的工作說明應採經過認證的熱噴覆程序規範進行，而不必分別認證。

9.4 前處理和後處理

製造商應全權負責所有前處理和後處理的規範和實施。處理程序應與熱噴覆材料、熱噴覆構件等相適應。如有必要，應在處理過程中作處理記錄。記錄應證明該規範一直被遵循，並且對實際的處理過程應有可追溯性。

9.5 文件依據

製造商應制定並保持相關的品質文件控管，例如熱噴覆過程規範和熱噴覆人員證書。

10. 熱噴覆耗材

10.1 總則

熱噴覆耗材控管中的責任和程序應由製造商規定。

10.2 批次試驗

合約明文規定時才對耗材進行批次試驗。

10.3 儲存和搬運

製造商應按照供貨方的規定，制定並實施耗材的儲存、搬運和使用程序，以防止受潮結塊、氧化和損傷等。

11. 熱噴覆材料的儲存和搬運

儲存時應不使材料受損。儲存時應標示清楚。

12. 與熱噴覆相關的檢查和試驗

12.1 總則

檢查和試驗應在熱噴覆生產過程中的適當環節進行，以確保與合約的要求相符。應根據合約和(或)採用的標準、熱噴覆的方法以及構件的類型來確定檢查和(或)試驗的位置和頻率(參閱4.2和4.3節)。製造商可無限制地進行一些非正式試驗。這些的試驗不要求報告。

12.2 熱噴覆前的檢查和試驗

如有必要，在熱噴覆開始之前應進行下列查驗：

- 熱噴覆人員認證的適用性和有效性，見EN ISO14918；
- 熱噴覆規範的適用性；
- 熱噴覆材料的標示；
- 耗材的標示，例如，符合EN 1274；
- 表面前處理，外形和尺寸；
- 表面前處理後應儘速進行熱噴覆；
- 工作架、吊具和定位熱噴覆
- 熱噴覆規範中的任何特殊要求，例如預防變形；
- 任何生產試驗的安排；
- 熱噴覆條件的適應性，包括環境。

12.3 熱噴覆中的檢查和試驗

如有必要，在熱噴覆過程中，應以適當間隔或連續方式進行下列檢查：

- 熱噴覆的基本參數(例如空氣流量、熱噴覆電流、熱噴覆電壓、移動速度)；
- 構件表面溫度；
- 耗材的正確使用和搬運；
- 扭曲的控制；
- 任何中間檢查，例如尺寸檢查。

12.4 熱噴覆後的檢查和試驗

如有必要，熱噴覆後應根據有關驗收標準進行檢查：

- 目測檢查；
- 非破壞檢測；
- 根據相關標準進行破壞性試驗，例如EN 582；
- 熱噴覆構件的外貌、形狀和尺寸；
- 前處理或後處理的結果和記錄，如研磨、後續熱處理。

12.5 檢查和試驗的狀態

應適當的標示已熱噴覆過的構件的檢查和試驗的狀態，例如用項目標示或流程卡。

13. 不合格與矯正措施

應加以管制不符合規定要求的項目，以防止它們被非有意地使用。當製造商進行補修和 (或)重噴時，所用的程序應在進行這項工作的所有工作條件都是有效的。

在進行補修或重噴時，所有檢查項目應按原規定重新檢查、試驗和驗收。另外還應採取措施以確認不利於熱噴覆構件品質的狀態並糾正之。

14. 校正

製造商應負責對檢查、測量和試驗儀器進行適當的校正。應適當控管所有用於評估熱噴覆構件品質的儀器，並應依照規定的期限內校正。

15. 標示和可追溯性

在整個製造過程中，應適當標示和可追溯性。如有必要，保證熱噴覆運行的標示和可追溯性的文件系統應包括：

- 生產計畫；
- 構件上熱噴覆位置的記錄；
- 熱噴覆層標記、標籤等；
- 特殊熱噴覆層的可追溯性(用於包括熱噴覆人員在內的全機械化和自動化噴塗設備)；
- 熱噴覆人員和程序認證；
- 非破壞檢測方法和人員；
- 熱噴覆耗材，如類型、批號等；
- 熱噴覆材料。

16. 品質記錄

如有必要，依照合約要求的品質記錄應當包括下列資料：

- 合約/設計評審記錄；
- 材料證明；
- 耗材證明；
- 熱噴覆規範；

- 熱噴覆認可之試驗記錄；
- 熱噴覆人員認證證書；
- 非破壞檢測人員證書；
- 前處理、後處理和程序規範記錄；
- 非破壞檢測和破壞性試驗的過程和報告；
- 尺寸報告；
- 補修和重新熱噴覆記錄。

若無任何其他的規定，品質記錄應至少保存5年。

附錄 ZA

表ZA.1 ISO標準與EN標準之對照

EN 標準	ISO 標準	ISO 標準標題
EN 473	—	
EN 582	ISO 14916	Thermal spraying- Determination of tensile adhesive strength
EN 657	ISO 14917	Thermal spraying- Terminology, classification
EN 1274	ISO/DIN 14232	Thermal spraying- Powders- Composition- Technical supply conditions

ISO 14922-4 基本品質要求

1. 範圍

本標準規定品質要求如下：

- 它不因熱噴覆結構的類型而有所不同。
- 它針對在廠內和現場施工的熱噴覆品質要求下定義。
- 它提供描述製造商生產符合規定要求的熱噴覆構件能力的指南。
- 它也可作為評估製造商熱噴覆能力的基礎。

製造商在下列或其中之一情況須證明本身具有可達到品質要求的熱噴覆能力時，適用本標準：

- 由有關各方簽定的合約；
- 採用的標準；
- 規章的要求。

本標準的要求可以全部採納或可選擇性地刪除一部分，如果有關構件不能適用。在下列情況下，為熱噴覆的控管提供了一個可變通的模式：

— 情況一

合約中要求製造商明確提供一個不同於EN ISO 9001或EN ISO 9002品質系統的熱噴覆要求時。

— 情況二

合約要求製造商建立一個品質系統的熱噴覆要求時。

— 情況三

當採用的標準將熱噴覆當作其要求的一部分時，明確提供採用的標準中的熱噴覆要求；或者在由有關各方簽定的合約中明確規定熱噴覆要求。

2. 參考文獻

本標準引用了其他刊物之有加註日期或無日期的參考規定。這些被引用在文中適當位置和刊物中的參考文獻，被列在後面。凡是加註日期之參考文獻，其隨後被正式納入的修改或修訂版均適用於本標準。凡是不加註日期的參考文獻，其為最新版本。

EN 473

非破壞檢測-人員的資格鑑定與認證(ISO 9712:1992)

EN 582

熱噴覆-抗拉附著強度的測定(ISO 14916:1999)

EN 657

熱噴覆-術語、分類(ISO 14917;1999)

EN 1274

熱噴覆-粉末-組成-供貨技術條件(ISO 14232:2000)

ISO 9001

品質系統-設計、開發、生產、安裝和服務的品質保證模式 (ISO 9001:1994)

ISO 9002

品質體系-生產、安裝和服務的品質保證模式(ISO 9002:1994)

ISO 14919

熱噴覆-火焰和電弧熱噴覆用線材、棒材和芯材-分類-供貨技術條件

ISO 14922-1

熱噴覆-熱噴覆結構的品質要求-第1部分：選擇和使用指南

ISO 8402-1994

品質管制和品質保證-術語

3. 定義

本標準採用EN 657和ISO 14922第1部分的定義。

4. 合約和設計的評審

4.1 總則

製造商應該對買方提供的合約要求和設計資料或製造商設計的構件內部資料進行評審。確保在工作開始之前，獲得工程進行所必需的資料。製造商應該確認其有能力滿足熱噴覆合約的所有要求，並落實所有與品質有關活動的完善計畫。

4.2 合約評審

須考慮到的合約要求應包括：

- (a) 採用的標準，以及所有的補充要求；
- (b) 檢查和測試；
- (c) 最後的測試；
- (d) 熱噴覆現場的有關環境條件；
- (e) 分包商；
- (f) 不合格的處置。

4.3 設計評審

須考慮到的設計要求應包括：

- (a) 所有熱噴覆層的位置、可達性和次序；
- (b) 熱噴覆層表面的整修；
- (c) 熱噴覆材料的規範和熱噴覆層的性能；
- (d) 基材表面前處理和熱噴覆層的細節和尺寸；
- (e) 熱噴覆層品質和驗收要求。

5. 分包商

任何分包商都應在製造商的指令和職責下工作，並應該完全滿足本標準的有關要求。

6. 熱噴覆人員

6.1 總則

製造商應按規定的要求，安排足夠有資格的人員進行熱噴覆生產的計畫、實施、監督和檢查。

6.2 熱噴覆人員鑑定

所有的熱噴覆人員都必須接受指導和教育。

6.3 熱噴覆協調人員

製造商應配置人員，使工作順利實施並受到控管。

7. 品質測試人員

7.1 總則

製造商應具備足夠資格的人員實施品質測試。

7.2 非破壞檢測

非破壞檢測人員的資格應依EN 473(ISO 9712:1992)得到認證。

8. 設備

8.1 製造用設備

必要時應具備有下列設備：

- 廠房，一般為有屋頂的工作場地；
- 倉庫，以妥善存放熱噴覆材料(將被噴塗的成分)、耗材和其他熱噴

覆輔助材料；

- 用於乾燥熱噴覆粉末的設備；
- 處理和加工待熱噴覆零件的設備和機械工具(例如除油設備、噴砂室)；
- 噴塗設備，包括送料、調節和控制設備；
- 運轉系統(例如轉盤、翻轉設備、機器人系統)；
- 抽風系統，除塵器，防噪音和輻射設備；
- 零件熱噴覆前、後之熱處理的設備；
- 冷卻設備；
- 熱噴覆後之處理機器、工具和設備(例如砂輪、翻轉)。

8.2 健康、安全和環境問題

對健康、安全和環境保護有效的必要設備。所有落實健康和安全的標準以及防光、熱輻射標準的活動都必須得到保證。

9. 熱噴覆的實施

熱噴覆應依照適當的熱噴覆程序來實施。

10. 熱噴覆耗材

熱噴覆耗材控管中的責任和程序應由製造商規定。

11. 熱噴覆材料的儲存和搬運

儲存時應不使材料受損。儲存時應標示清楚。

12. 與熱噴覆相關的檢查和試驗

12.1 熱噴覆前的檢查和試驗

如有必要，在熱噴覆開始之前應進行下列查驗：

- 熱噴覆人員認證的適用性和有效性；
- 熱噴覆規範的適用性；
- 熱噴覆材料的標示；
- 耗材的標示，例如，符合EN 1274；
- 表面前處理，外形和尺寸；
- 工作架、吊具和定位；
- 熱噴覆規範中的任何特殊要求，例如預防變形；
- 任何生產試驗的安排；
- 熱噴覆條件的適應性，包括環境。

12.2 熱噴覆之後的檢查和試驗

如有必要，熱噴覆後應根據有關驗收標準進行檢查

13. 不合格與矯正措施

應加以管制不符合規定要求的項目，以防止它們被非有意地使用。當製造商進行補修和 (或)重噴時，所用的程序應在進行這項工作的所有工作條件都是有效的。

在進行補修或重噴時，所有檢查項目應按原規定重新檢查、試驗和驗收。另外還應採取措施以確認不利於熱噴覆構件品質的狀態並糾正之。

14. 校正

製造商應負責對檢查、測量和試驗儀器進行適當的校正。應適當控管所有用於評估熱噴覆構件品質的儀器，並應依照規定的期限內校正。

15. 標示和可追溯性

在整個製造過程中，應適當標示和可追溯性。

16. 品質記錄

若無任何其他的規定，品質記錄應至少保存5年

附錄 ZA

表ZA.1 ISO標準與EN標準之對照

EN 標準	ISO 標準	ISO 標準標題
EN 473	—	
EN 582	ISO 14916	Thermal spraying- Determination of tensile adhesive strength
EN 657	ISO 14917	Thermal spraying- Terminology, classification
EN 1274	ISO/DIN 14232	Thermal spraying- Powders- Composition- Technical supply conditions