

99-66-7475

MOTC-IOT-98-H1DB004

構造物腐蝕環境分類之潛勢 分析研究 (1/2)



交通部運輸研究所

中華民國 99 年 5 月

99-66-7475

MOTC-IOT-98-H1DB004

構造物腐蝕環境分類之潛勢 分析研究 (1/2)

著 者：陳桂清、柯正龍、羅俊雄、劉益雄

交通部運輸研究所

中華民國 99 年 5 月

構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究. (1/2) /

陳桂清等著.－出版.－臺北市：交通部運輸研究所， 民 99.05

面： 公分

參考書目； 面

ISBN 978-986-02-3661-3 (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

99009697

構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

著 者：陳桂清、柯正龍、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：(02)23496789

出版年月：中華民國 99 年 5 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： 400 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 臺北市中山區松山路 209 號 F1•電話：(02)25180207

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

GPN：1009901652

ISBN：978-986-02-3661-3 (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。

99
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究
(1/2)

交通部運輸研究所

GPN: 1009901652

定價 400 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 (1/2)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-02-3661-3(平裝)	政府出版品統一編號 1009901652	運輸研究所出版品編號 99-66-7475	計畫編號 98-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：新竹縣竹東鎮中興路四段 195 號 52 館 聯絡電話：03-5916934		研究期間 自 98 年 3 月 至 98 年 10 月
關鍵詞：大氣腐蝕、腐蝕環境分類、保護塗裝			
摘要： 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。 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。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、兼具鹽害影響的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，以驗證ISO 9224規範在臺灣本島之適用性。此外，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。 本計畫主要工作項目包括：(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) 塗裝防蝕規範草案研擬。預期研究成果將可提供公路局、港務局及相關單位金屬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，並確保各公共工程如橋梁、碼頭等重大建設構造物，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。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
99 年 5 月	464	400	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。
機密等級： ☐ 密 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 （解密條件： ☐ 年 ☐ 月 ☐ 日解密， ☐ 公布後解密， ☐ 附件抽存後解密， ☐ 工作完成或會議終了時解密， ☐ 另行檢討後辦理解密） ☒ 普通			
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 (1/2)			
ISBN(OR ISSN) ISBN978-986-02-3661-3 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009901652	IOT SERIAL NUMBER 99-66-7475	PROJECT NUMBER 98-H1DB004
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-Fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Kuei-Ching Cheng PROJECT STAFF: Jeng-Long Ko, Chien-Ming Lo PHONE: 04-26587188 FAX: 04-26564418			PROJECT PERIOD FROM March 2009 To October 2009
RESEARCH AGENCY: Industrial Technology Research Institute PRINCIPAL INVESTIGATOR: Luo Jiunn-shyong PROJECT STAFF: Jiunn-shyong Luo, Yi-shyong Liu ADDRESS: Bldg. 52, 195, Sec. 4, Chung Hsing Rd., Chutung, Hsinchu, Taiwan, R.O.C. PHONE: (03) 591-6934			
KEY WORDS: ATMOMOSPHERIC CORROSION, CLASSIFICATION OF CORROSIVITY OF ENVIRONMENTS, PROTECTIVE COATING			
ABSTRACT: Taiwan is an island, which is located in 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 a lack of permanent test sites and financial support. All atmospheric corrosion tests were interrupted in 1995. As a result, it is not practical to use past corrosion data to estimate further service life of a structure. From 2007, a two-year project, called "Study of corrosive factors of atmosphere in Taiwan," was performed by IHMT under MOTC and MCL of ITRI. An atmospheric corrosion database was established based on the field exposure tests. However, only one-year test results are obtained in the database and there are no long-term corrosion data available. Therefore, a ten-year exposure test will be implemented in the present study. The corrosion rate of three test locations, 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, a guideline of "Corrosion Protection of Steel Structures by Protective Paint Systems" will be drafted based on ISO 12944. In this 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, and 5) preparation of a draft guideline for "Corrosion Protection of Steel Structures by Protective Paint Systems." 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 use for infrastructures located in various corrosive environments to reach or extend the design life of infrastructures.			
DATE OF PUBLICATION May 2010	NUMBER OF PAGES 464	PRICE 400	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ 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 (1/2)

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
圖目錄	VII
表目錄	XI
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	1-2
1.3.1 大氣腐蝕測試標準	1-2
1.3.2 國內大氣腐蝕研究概況	1-5
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	2-2
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	2-4
2.2.4 大氣腐蝕因子資料庫維護	2-4
2.2.5 資料庫教育訓練與技術轉移	2-4
2.2.6 塗裝防蝕規範草案研擬	2-5
2.3 預期效益及其應用	2-5

第三章 文獻蒐集整理分析	3-1
3.1 大氣腐蝕的過程.....	3-1
3.1.1 大氣腐蝕的初始階段.....	3-1
3.1.2 大氣腐蝕的中間階段.....	3-2
3.1.3 大氣腐蝕的最終階段.....	3-3
3.2 影響大氣腐蝕的因素	3-5
3.3 大氣中腐蝕性的氣體	3-8
3.3.1 二氧化碳(Carbon dioxide, CO ₂)	3-8
3.3.2 臭氧(Ozone, O ₃).....	3-8
3.3.3 氨氣(Ammonia, NH ₃)	3-9
3.3.4 二氧化氮(Nitrogen dioxide, NO ₂)	3-9
3.3.5 硫化氫(Hydrogen sulfide, H ₂ S).....	3-9
3.3.6 二氧化硫(Sulfur dioxide, SO ₂).....	3-10
3.3.7 氯化氫(Hydrogen chloride, HCl)	3-10
3.3.8 有機酸(Organic acid).....	3-11
3.4 鐵與碳鋼的大氣腐蝕	3-13
3.5 鋅的大氣腐蝕.....	3-15
3.6 銅的大氣腐蝕.....	3-18
3.7 鋁的大氣腐蝕.....	3-21
3.8 ISO 9224 規範介紹	3-23
3.9 ISO 12944 規範介紹	3-26
3.10 「臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究」研究成果.....	3-29
3.10.1 研究方法	3-29

3.10.2 濕潤時間調查.....	3-30
3.10.3 氯鹽沉積速率調查.....	3-30
3.10.4 二氧化硫沉積速率調查.....	3-32
3.10.5 金屬腐蝕速率調查.....	3-32
3.10.6 金屬大氣腐蝕環境分類.....	3-34
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.....	4-11
4.4 腐蝕速率計算與調查結果.....	4-13
第五章 大氣腐蝕因子資料庫功能維護與擴充.....	5-1
5.1 系統功能規劃.....	5-1
5.2 前端版面更新.....	5-1
5.3 系統架構規劃.....	5-2
5.4 資料庫管理功能.....	5-3
5.5 系統功能展望.....	5-7
第六章 資料庫教育訓練與技術轉移.....	6-1
第七章 結論.....	7-1
參考文獻.....	參-1
附錄一 期中審查會議紀錄回覆辦理.....	附錄 1-1
附錄二 期末審查會議紀錄回覆辦理.....	附錄 2-1
附錄三 期末報告簡報資料.....	附錄 3-1
附冊 鋼構造物塗裝防蝕規範（草案）	

圖 目 錄

圖 1.1	ISO 大氣腐蝕環境分類.....	1-3
圖 1.2	CLIMATE TEST 大氣腐蝕測試.....	1-4
圖 2.1	計畫作業流程圖.....	2-7
圖 3.1	大氣腐蝕過程之示意圖	3-5
圖 3.2	鐵與碳鋼在含有氯之大氣腐蝕過程示意圖	3-14
圖 3.3	鐵與碳鋼在含有硫之大氣腐蝕過程示意圖	3-15
圖 3.4	鋅大氣腐蝕產物之組成	3-16
圖 3.5	鋅在含有氯之大氣腐蝕過程示意圖.....	3-17
圖 3.6	鋅在含有硫之大氣腐蝕過程示意圖.....	3-18
圖 3.7	銅大氣腐蝕產物之組成	3-19
圖 3.8	銅在含有氯之大氣腐蝕過程示意圖.....	3-20
圖 3.9	銅在含有硫之大氣腐蝕過程示意圖.....	3-21
圖 3.10	鋁在含有氯之大氣腐蝕過程示意圖.....	3-22
圖 3.11	鋁在含有硫之大氣腐蝕過程示意圖.....	3-23
圖 3.12	氯鹽沉積速率調查位置	3-35
圖 3.13	工業區與石化、火力電廠之二氧化硫沉積速率調查位置	3-36
圖 3.14	現地暴露試驗(碳鋼、鋅、鋁、銅螺旋狀試片)試驗點分佈圖	3-37
圖 3.15	2007.05-2007.09 濕潤時間(%).....	3-38
圖 3.16	2007.09-2008.01 濕潤時間(%).....	3-38
圖 3.17	2008.01-2008.05 濕潤時間百分比	3-39
圖 3.18	2008.05-2008.08 濕潤時間百分比	3-39

圖 3.19 2007.05-2007.09 氯鹽沉積速率($\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$)	3-40
圖 3.20 2007.09-2008.01 氯鹽沉積速率($\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$)	3-40
圖 3.21 2008.01-2008.05 氯鹽沉積速率($\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$)	3-41
圖 3.22 2008.05-2008.08 氯鹽沉積速率($\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$)	3-41
圖 3.23 一年暴露期之氯鹽沉積速率與海岸線距離的關係.....	3-42
圖 3.24 2007.05-2007.09 SO_2 沉積速率($\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$)	3-43
圖 3.25 2007.09-2008.01 SO_2 沉積速率($\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$)	3-43
圖 3.26 2008.01-2008.05 SO_2 沉積速率($\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$)	3-44
圖 3.27 2008.05-2008.08 SO_2 沉積速率($\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$)	3-44
圖 3.28 2007.05-2007.09 碳鋼腐蝕速率($\mu\text{m}/\text{yr}$)	3-45
圖 3.29 2007.09-2008.01 碳鋼腐蝕速率($\mu\text{m}/\text{yr}$)	3-45
圖 3.30 2008.01-2008.05 碳鋼腐蝕速率($\mu\text{m}/\text{yr}$)	3-46
圖 3.31 2008.05-2008.08 碳鋼腐蝕速率($\mu\text{m}/\text{yr}$)	3-46
圖 3.32 2007.05-2007.09 鋅腐蝕速率($\mu\text{m}/\text{yr}$).....	3-47
圖 3.33 2007.09-2008.01 鋅腐蝕速率($\mu\text{m}/\text{yr}$).....	3-47
圖 3.34 2008.01-2008.05 鋅腐蝕速率($\mu\text{m}/\text{yr}$).....	3-48
圖 3.35 2008.05-2008.08 鋅腐蝕速率($\mu\text{m}/\text{yr}$).....	3-48
圖 3.36 2007.05-2007.09 銅腐蝕速率($\mu\text{m}/\text{yr}$).....	3-49
圖 3.37 2007.09-2008.01 銅腐蝕速率($\mu\text{m}/\text{yr}$).....	3-49
圖 3.38 2008.01-2008.05 銅腐蝕速率($\mu\text{m}/\text{yr}$).....	3-50
圖 3.39 2008.05-2008.08 銅腐蝕速率($\mu\text{m}/\text{yr}$).....	3-50
圖 3.40 2007.05-2007.09 鋁腐蝕速率($\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$)	3-51
圖 3.41 2007.09-2008.01 鋁腐蝕速率($\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$)	3-51

圖 3.42 2008.01-2008.05 鋁腐蝕速率($\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$)	3-52
圖 3.43 2008.05-2008.08 鋁腐蝕速率($\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$)	3-52
圖 3.44 碳鋼第一年腐蝕速率 ISO 分類	3-53
圖 3.45 鋅第一年腐蝕速率 ISO 分類.....	3-53
圖 3.46 銅第一年腐蝕速率 ISO 分類.....	3-54
圖 3.47 鋁第一年腐蝕速率 ISO 分類.....	3-54
圖 4.1 2009 年 6 月 10 日台中火力電廠現場試片外觀.....	4-4
圖 4.2 2009 年 6 月 10 日麥寮工業區現場試片外觀.....	4-5
圖 4.3 2009 年 6 月 10 日溪頭森林區現場試片外觀.....	4-6
圖 4.4 2009 年 9 月 28 日港研究中心現場試片外觀，銅暴露 3 個月，碳 鋼、鋅、鋁暴露約一年.....	4-8
圖 4.5 2009 年 9 月 28 日麥寮工業區現場試片(暴露約 1 年)之外觀...	4-9
圖 4.6 2009 年 9 月 28 日溪頭森林區現場試片(暴露約 1 年)之外觀.	4-10
圖 4.7 腐蝕生成物清除法作業流程圖.....	4-12
圖 5.1 新版大氣腐蝕系統前端設計	5-2
圖 5.2 大氣腐蝕環境資料庫的新版本系統架構	5-3
圖 5.3 帳號管理.....	5-4
圖 5.4 監測點管理.....	5-5
圖 5.5 監測數據管理.....	5-6
圖 5.6 靈活的全台地圖操作介面	5-8
圖 5.7 監測點與監測數據整合資訊的提供.....	5-9

表 目 錄

表 3.1	材料對大氣腐蝕性氣體的敏感性.....	3-12
表 3.2	碳鋼、耐候鋼、鋅、銅、鋁金屬在不同腐蝕環境之平均腐蝕速率 與穩定腐蝕速率	3-25
表 4.1	現地暴露試驗 2009.06.10 試片遺失明細表	4-3
表 4.2	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	4-15
表 4.3	暴露一年期各金屬之腐蝕速率與腐蝕環境分類	4-16
表 6.1	濕燭法燭心製作與碳鋼、鋅、鋁、銅螺旋狀試片製作及腐蝕生成 物清洗訓練記錄	6-2
表 6.2	氯鹽沉積量與二氧化硫沉積量試驗裝備與分析方法訓練記錄 ...	6-3
表 6.3	資料庫操作訓練.....	6-4

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臺灣全島之大氣腐蝕調查與研究，選擇三處具有腐蝕特性的地點進行調查，實施不同金屬試片的現地暴露試驗，並研擬有機塗裝防蝕規範草案，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。歷年來公共工程建設常引用國外大氣腐蝕數據進行腐蝕速率評估與防蝕設計，結果常有未及設計年限就已銹蝕損壞的情形。然而臺灣缺乏完整的本土化大氣腐蝕因子資料庫，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。隨著氣候變遷與工業的發展，為達到結構物耐久性防蝕設計的目的，目前若仍引用過去腐蝕因子之調查數據，腐蝕速率的估算恐會產生過與不及的虞慮。有鑑於此，交通部運輸研究所港灣技術研究中心於 2007 年 3 月起，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，尚缺乏長期暴露之腐蝕速率數據與防蝕規範。因此本計畫將選擇三處具有腐蝕特性的地點進行調查，規劃為期 10 年的現地暴露試驗，驗證 ISO 9224 規範在臺灣本島之適用性，再依據國際標準組織 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資料庫的建立。

1.3 國內外有關本計畫之研究情況

材料及其製品與所處自然大氣環境間因環境因素作用而產生材料變質或破壞之現象，稱為大氣腐蝕；而金屬大氣腐蝕產生的原因主要是因金屬受大氣中所含水分、氧氣、和腐蝕性物質（如雨水中的雜質、灰塵、表面沉積物等）聯合作用而產生的破壞，其腐蝕速率是由水、氧在水膜間的擴散率、大氣中的氯離子含量、以及空氣中的污染物質如 SO_2 、灰塵等所控制。因此，金屬或鋼筋混凝土構造物在大氣中腐蝕的行為與速率，確有其地域性的區別。

1.3.1 大氣腐蝕測試標準

1. 國外 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曝露試驗，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 SO_2 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(medium)，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。

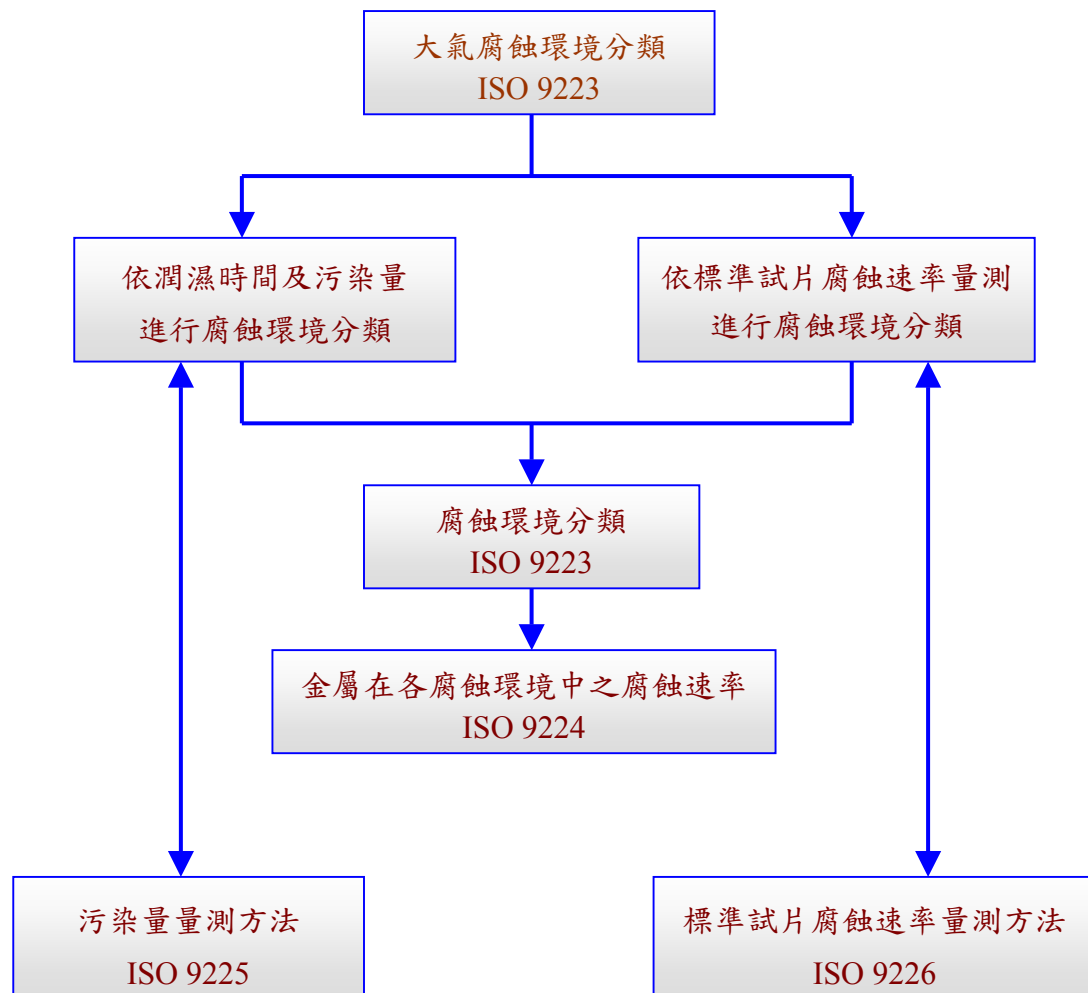


圖 1.1 ISO 大氣腐蝕環境分類

2. 國外 CLIMATE TEST 大氣腐蝕環境分類

CLIMATE TEST 源自貝爾實驗室(原名為“Wire-on Bolt Test”)，其目的為用以研究偶合金屬在戶外環境的腐蝕行為，1955 年 ASTM G116-93^[5]定其為標準測試方式。CLIMAT 是取 Classify Industrial and Marine Atmospheres 的字首，而其測試試片是由兩種不同異金屬(Bi-metallic)所組成，即將細金屬線纏繞在螺桿上產生腐

蝕電池，並曝露在大氣環境中約 3-6 個月後，再以細金屬線的重量損失率來評估當地的大氣腐蝕行為。通常金屬線是使用鋁線 (AA-1050) 纏繞在螺桿上，或者纏繞成螺旋狀，製作規格是螺旋狀直徑為 2.5cm、鋁線直徑 0.89mm、長度約 90cm、螺桿長度 10cm、直徑 1.27cm、螺牙規格 1/2 UNC。由於鋁線與銅桿在工業性大氣腐蝕環境中有較高的靈敏度，因此取 Al-Cu 組合為工業性環境腐蝕指標，簡稱 I.C.I. (Industrial Corrosivity Indices)。在海洋性大氣腐蝕環境中則以鋁線繞在鐵桿的靈敏度較高，取 Al-Fe 組合作為海洋性環境腐蝕指標 M.C.I. (Marine Corrosivity Indices)，另外 Al 線纏繞成螺旋狀 (Al-Coil) 及 Al 線繞在塑膠螺桿 (Al-Plastic) 定為 Al 線在大氣環境的腐蝕指標 (Al-A.C.I.)。每一測試裝置是由 Al-Fe、Al-Coil、Al-Plastic、Al-Cu 等四個不同組合單元所組成，並且均固定在一方形塑膠板上，如圖 1.2 所示；再依據腐蝕指標的高低，將大氣環境區分為腐蝕性"可忽略(Negligible)"，"輕微(Moderate)"，"輕微嚴重 (Moderate Severe)"，"嚴重(Severe)"，與"較嚴重(Very Severe)"等五級。

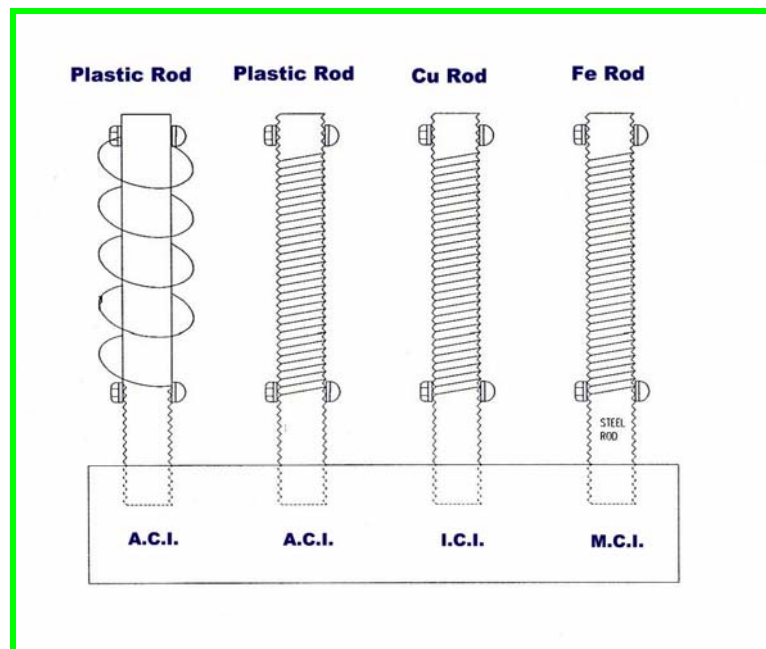


圖 1.2 CLIMATE TEST 大氣腐蝕測試

3. 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、ISO 8565^[6])，制定一系列之「金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性」國家標準 CNS 規範，包括 CNS 13401^[7]金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性之分類，CNS 13753^[8]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)，CNS 13754^[9]金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性(污染之測定)，CNS 14122^[10]金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕-試片腐蝕生成物清除法，CNS 14123^[11]金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕測試(現場測試之一般要求)等五項規範。其中針對大氣腐蝕劣化因子所須的環境資料，於 CNS 14123 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氯鹽沉積速率(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 CNS 14123 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 年起與台電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及耐蝕性。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 年在臺北市各區利用 A.C.I、M.C.I、I.C.I 等三種腐蝕指標試驗裝置，廣泛調查臺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 至 2008 年，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，已完成 1 年的調查與分析工作，並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，初步建立臺灣「本土化」之大氣腐蝕數據資料庫^[12,13]。

第二章 研究範圍、目的與方法

依據招標文件，本計畫研究範圍與目的包括下列五項：

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. 資料蒐集與分析。
4. 大氣腐蝕因子資料庫增修。
5. 塗裝防蝕規範草案研擬。

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。第一年的工作項目如下：

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：選擇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，進行第一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所建立之大氣腐蝕因子資料庫內。
5. 資料庫教育訓練與技術轉移。
6. 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。

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，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

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。

2. 現場安裝

板狀試片現地暴露試驗之設置本研究團隊已於 2008 年 10 月上旬完成。

3. 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 $\mu\text{m/y}$ 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，進行第一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 年與 2008 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。

本年度將依據研究成果，增建或修正已建立之大氣腐蝕因子資料庫，完善資料庫的使用內容。

2.2.5 資料庫教育訓練與技術轉移

在資料庫增建或修正期間，將與委託單位相互討論資料庫的架構、內容與應用，並於期末報告審查後舉行操作訓練課程。技術轉移將針對本團隊過去執行大氣腐蝕測試之相關技術進行移轉，如下：

1. 濕燭法燭心製作- ISO 9225。

2. 二氧化鉛硫酸化平板製作- ISO 9225，至屏東科技大學參訪訓練。
3. 濕燭法支架與二氧化硫沉積量採集架製作- ISO 9225。
4. 氯鹽沉積量與二氧化硫沉積量測定- ISO 9225，至屏東科技大學參訪訓練。
5. 碳鋼、鋅、鋁、銅螺旋狀試片的製作- ISO 9226。
6. 碳鋼、鋅、鋁、銅腐蝕生成物的清洗- ISO 8407。

技術轉移之時間與過程將記錄之。

2.2.6 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：

Part 1: General introduction

Part 2: Classification of environments

Part 3: Design considerations

Part 4: Types of surface and surface preparation

Part 5: Protective paint systems

Part 6: Laboratory performance test methods

Part 7: Execution and supervision of paint work

Part 8: Development of specification for new work and maintenance

本研究將依據規範本文撰寫塗裝防蝕規範草案。

2.3 預期效益及其應用

本計畫完成後之預期效益及其應用：

1. 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，提供公路局、港務局及交通相關單位辦理構造物耐久性與防蝕設計之參考依據。

2. 提供公路局、港務局及相關單位金屬材料選用依據，確保各公共工程如橋梁、碼頭等重大建設構造物之設計使用年限，並避免或減少工安事件發生，以降低社會成本及提高經濟效益。
3. 研究成果之應用可遍及臺灣地區各種腐蝕環境，而大氣腐蝕因子資料庫的建立可提供產官學研各界不同之需求及應用。
4. 研究成果可應用於後續相關研究及研擬臺灣地區塗裝防蝕手冊之依據。

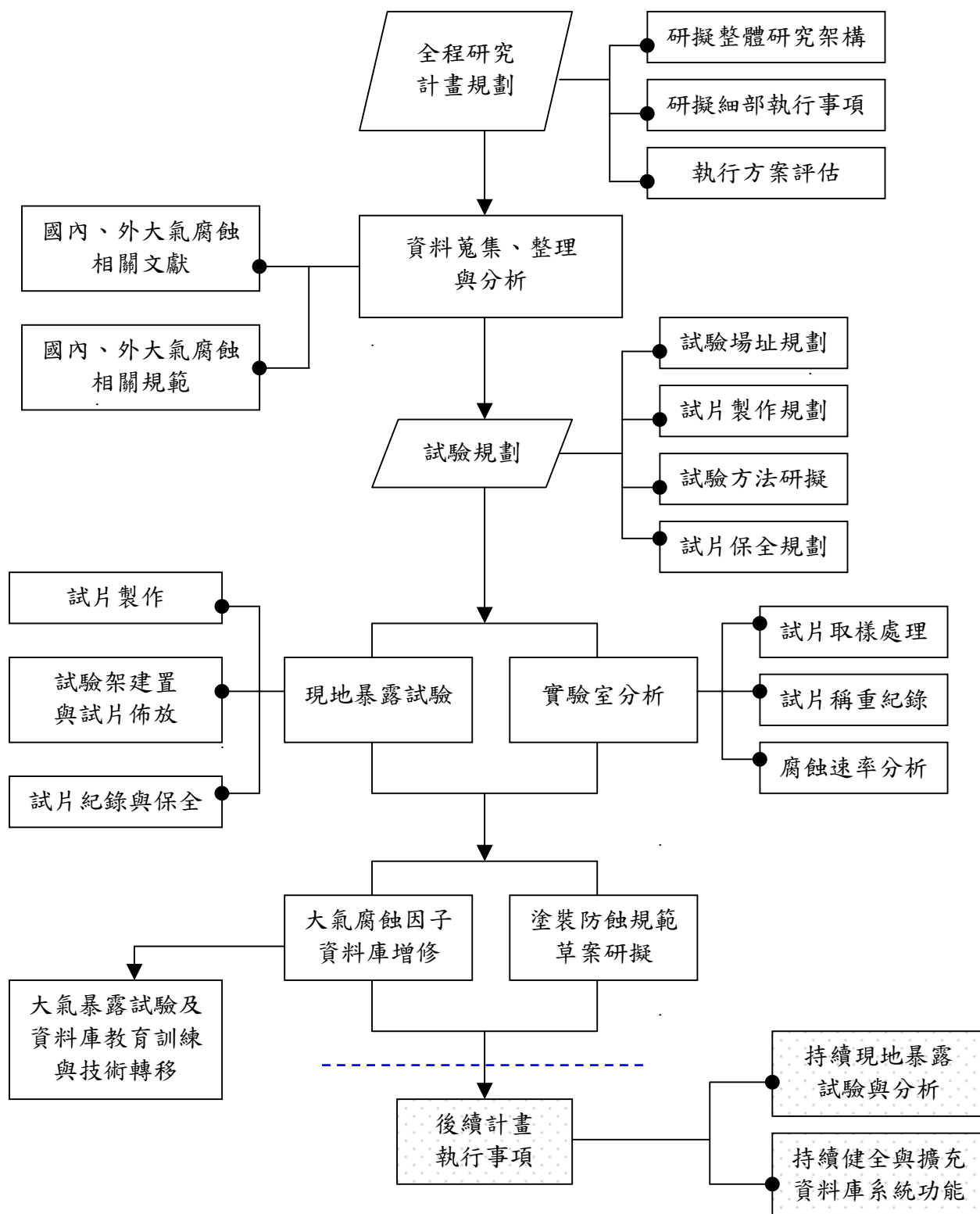


圖 2.1 計畫作業流程圖

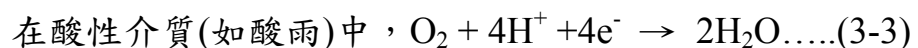
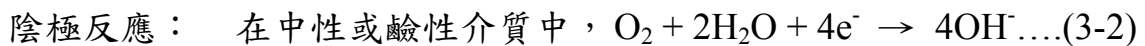
第三章 文獻蒐集整理分析

3.1 大氣腐蝕的過程

大氣腐蝕依腐蝕反應可分為化學與電化學反應。在乾燥無水的大氣環境中，金屬表面因氧化、硫化而造成變色或失去金屬光澤等(如在乾燥氧化環境中，銅或銀的失去光澤)，是為化學腐蝕，而其它劣化行為，則多為電化學反應。即金屬表面為薄層電解液下的腐蝕過程，電解液薄膜是由空氣中的水分於金屬表面吸附、凝聚、及溶有空氣中污染物質所形成，初期金屬表面的陽極反應為金屬的溶解和水化反應，而陰極反應為氧的還原反應，如下：



式中，M 代表金屬， M^{n+} 為 n 價金屬離子， $\text{M}^{n+} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 為金屬離子化水合物。



由於水、氧在水膜間的擴散速率、大氣中的氯離子含量、以及空氣中的污染物質與灰塵等，均會影響金屬在大氣中的腐蝕行為，因此大氣腐蝕的過程可概分為初始階段、中間階段與經過多年暴露才發生的最終階段^[14]。

3.1.1 大氣腐蝕的初始階段

1. 表面的氫氧化(Surface hydroxylation)

金屬與大氣反應的第一個階段為水蒸氣與固體金屬的快速反應，水分子可以結合成分子或呈解離的狀態；若是結合成分子，與

金屬間的結合是通過氧原子與金屬或是氧原子與另一表面帶正電荷的物質相結合，這個過程伴隨了電荷由水分子轉移至金屬的過程。至於使水分子呈解離的趨動力則是形成金屬與氧(metal-oxygen)之間的鍵結或是形成金屬與氫氧基(metal-hydroxyl)間的鍵結。

2. 水的吸附與吸收(Adsorption and absorption of water)

金屬表面氫氧基層的形成非常快速，可在幾分之一秒內發生，並導致金屬表面與水不易結合，必須將金屬繼續暴露於大氣中，方得使空氣中的水以分子的型式被吸收。在金屬表面，第一層水膜水分子的有序性(degree of ordering)較高，因為這層水分子緊鄰固體表面，但第二層與第三層的水分子則有較隨意之方位排列(random orientation)；一般而言，水膜(aqueous film)厚度若大於三個單分子層(monolayers)時，其反應的特性與一般的水體(bulk water)相類似。

3.1.2 大氣腐蝕的中間階段

1. 氣體沉積

水相不僅是電化學反應的介質，而且還可溶解氣體物質(氣態或顆粒狀)。已知能影響大氣腐蝕的氣體包括 CO_2 、 O_3 、 NH_3 、 NO_2 、 H_2S 、 SO_2 、 HCl 、 HCHO 等氣體與 NaCl 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $(\text{NH}_4)\text{HSO}_4$ 、 NH_4Cl 、 Na_2SO_4 等顆粒物質，這些物質可與水結合而成為雨、露、霧或雪而沉降於金屬表面。

2. 液體層的化學變化

氣體沉積在水相中會引起許多化學或電化學的反應，並可能使揮發性的反應物從水相中逸出而進入大氣中，如 SO_2 轉變成 H_2SO_3 或 H_2SO_4 ， NO_2 轉變成 HNO_3 以及這些酸的分解反應。

3. 質子與配位引起的金屬溶解(Proton- and Ligand- induced metal dissolution)

在液體內形成的離子可以與金屬的氧化表面相互作用進而加速金屬的溶解。

4. 離子配對(Ion pairing)

當金屬離子進入液體後，它可以與帶相反電荷的離子配位結合，這種離子的配對過程與金屬離子和離子的本質有關，通常是採 Lewis 酸-鹼方式，即當一對離子相互作用時，帶相反電荷離子(the Lewis base)上的電子將會與金屬離子(the Lewis acid)形成共價鍵。

5. 光敏性(Photosensitivity)

某些大氣腐蝕的過程存在感光的影響。如將銅置於 H_2S 氣體中，長期暴露於模擬陽光輻射的結果，銅腐蝕產物層的厚度將會較無陽光輻射樣品的厚度增加 1.5 至 2 倍^[14]。此外，在一般的工業金屬中，唯有鐵能產生此種光腐蝕反應，即鐵在有太陽光子存在時會加速腐蝕，這是因為在潮濕的鐵表面，鐵離子可與 OH^- 離子形成複合物(complexes)，此複合物是唯一對太陽光波長敏感的物質，當吸收光的波長 $\lambda < 400 \text{ nm}$ 時， $[\text{Fe}(\text{OH})]$ 複合物的電荷會轉移到金屬離子上，並釋放出活潑的 OH^- ，可引起一系列之水合化學與鐵的腐蝕反應。

6. 腐蝕產物成核(Nucleation of corrosion products)

當表面液層內地離子對濃度到達飽合時，離子對將會沉積形成固體相；金屬基體表面的非均勻性更加有利於沉積組成的成核。

3.1.3 大氣腐蝕的最終階段

1. 腐蝕產物的聚合

隨著暴露時間的增加，腐蝕產物析出的晶核數量及其尺寸都會增加，直至完全覆蓋金屬表面為止。當腐蝕產物完全覆蓋金屬表面時，若要腐蝕繼續發生，則要通過液體層將活潑的物質往金屬表面輸送，並將金屬離子向外傳輸；一般而言，質子與單荷離子(如 Cl^-) 通過腐蝕產物層的傳輸較雙荷離子(如 SO_4^{2-}) 容易，若腐蝕產物層較薄、較疏鬆或有孔隙，離子的傳輸就不會受阻，則其產生的腐蝕產物層對金屬基材的保護性相對較差。

2. 腐蝕產物的生長與增厚

在室外環境中，每日相對濕度的變化會引起金屬表面液體層厚度的改變，腐蝕產物的生長至少要經過三個過程：第一是在液體層厚度增加時，腐蝕產物之部份溶解；第二是溶解金屬離子的液體層與溶解帶有相反電荷離子的液體層相結合；第三是液體層的厚度減小過程中，新結合離子對的析出。溶解-結合-析出的循環作用使腐蝕產物層改變其化學成分、組織結構、結晶度、厚度以及其他性質而逐漸長大。圖 3.1 為大氣腐蝕過程之示意圖。

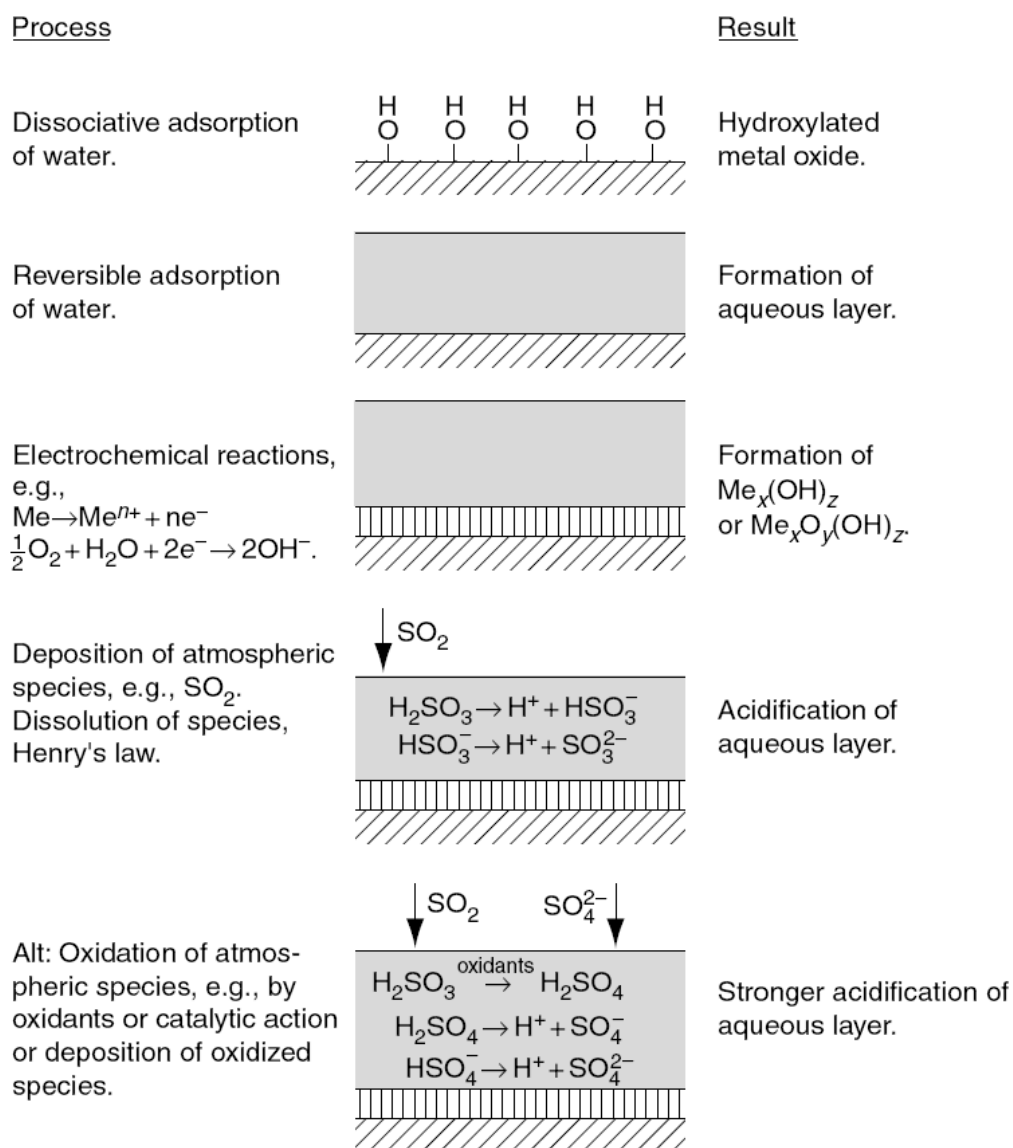


圖 3.1 大氣腐蝕過程之示意圖

3.2 影響大氣腐蝕的因素

1. 大氣的相對濕度

水膜的形成與大氣中的相對濕度密切相關，相對濕度的定義是指在某一溫度下，空氣中的水蒸氣含量與在該溫度下空氣中所能容納的水蒸氣最大含量之比值。由於不同物質或同一物質的不同表面狀態，對於大氣中水分的吸附能力不同，因此，當空氣中相對濕度

到達某一臨界值時，水分將在金屬表面形成水膜，促使電化學反應產生、腐蝕速率增加，此時的相對濕度值稱為金屬腐蝕臨界相對濕度。如鐵的腐蝕臨界相對濕度為 60%^[15]，超過此相對濕度鐵銹就會慢慢形成；到達相對濕度 75%至 80%時，鐵會因腐蝕產物層內濕氣的毛細凝結作用而使腐蝕速率突然增加；到相對濕度 90%以上時，鐵的腐蝕速率會因硫酸亞鐵的汽壓而使腐蝕速率再度增加。至於銅、鎳、鋅金屬，視金屬表面的情況而定，腐蝕臨界相對濕度介於 50%至 70%之間^[15]。

此外，空氣中相對濕度還影響金屬表面水膜厚度與乾濕交替的頻率；如金屬表面有較薄的水膜存在時，大氣中的氧容易擴散至金屬表面，加速腐蝕；當水膜變厚時，氧的擴散阻力增加，腐蝕速率下降。由於雨水、霧氣、露水等是液膜的主要來源，但雨水扮演的角色較複雜，它可能會帶來高溶解度物質而加速腐蝕速率，但也可能沖走一些附著的腐蝕性物質而抑制腐蝕；同時，它亦可能沖走一些具有保護作用的腐蝕生成物，進而加速腐蝕。由霧氣所生成的液膜雖薄，但因氧氣及其他腐蝕性物質的飽和性，反而具有較強的腐蝕性。

2. 表面潤濕時間

表面潤濕時間是指產生大氣腐蝕的電解質膜，以吸附或液態膜型式覆蓋在金屬表面上的時間；潤濕時間愈長，腐蝕總量愈大。而金屬表面的潤濕，則是由露水、雨水、高濕度水分凝聚、甚至溶化的雪水所引起。依國際標準 ISO 9223，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定義。

3. 日照時間

日照的紫外光會促使高分子材料及塗層老化，因此日照時間對於高分子材料及塗層，關係較為密切；但對金屬材料而言，日照時間長，將使金屬表面水膜消失，降低表面潤濕時間，腐蝕總量減少。

4. 氣溫

溫度的變化能影響金屬表面水蒸氣的凝聚、水膜中各腐蝕氣體和鹽類的溶解度、水膜電阻、以及腐蝕過程中陰、陽極的反應速度。一般而言，當相對濕度低於金屬臨界相對濕度時，溫度對大氣腐蝕的影響很小，即無論氣溫多高，因環境乾燥，金屬腐蝕輕微；但當相對濕度達到金屬臨界相對濕度時，溫度每升高 10°C ，反應速率增加為原來之 2 倍。

5. 降雨

降雨對大氣腐蝕有兩種影響，一方面因降雨增加，大氣中的相對濕度增加，延長了金屬表面的潤濕時間，同時也因降雨的沖刷，破壞了金屬表面腐蝕產物的保護性，加速大氣腐蝕；但另一方面，因降雨沖洗掉金屬表面的污染物與灰塵，減少了液膜的腐蝕性，減緩大氣腐蝕。此外，工業大氣中的雨水溶解了空氣中的污染物，如 SO_2 、 Cl^- 等，亦加速大氣腐蝕的產生。

6. 風速與風向

風速對表面液膜的乾濕交替頻率有一定的影響，在風沙環境中，風速過大對金屬表面會有磨耗作用。而在污染源的環境中(如工廠的排煙、海邊的鹽粒子)，風向會影響污染物的傳播，直接關係到大氣腐蝕速率。

7. 降塵

固體塵粒對腐蝕的影響可分為 3 類：(1)塵粒本身具有可溶性與腐蝕性，當溶解於液膜中時，成為腐蝕性介質，(2)塵粒本身無腐蝕性，亦不溶解(如碳粒)，但它能吸附腐蝕物質，當溶解於液膜中時，加速腐蝕反應，(3)塵粒本身無腐蝕性與吸附性(如沙粒)，但落在金屬表面，可能使沙粒與金屬表面間形成縫隙，易於水分凝聚，產生局部腐蝕。

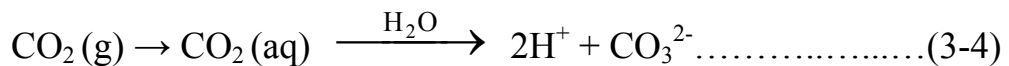
3.2 大氣中腐蝕性的氣體

影響大氣腐蝕的氣體包括 CO_2 、 O_3 、 NH_3 、 NO_2 、 H_2S 、 SO_2 、 HCl 、 HCHO 等氣體^[14]，這些氣體在金屬大氣腐蝕過程中所扮演的角色如下：

3.3.1 二氧化碳(Carbon dioxide, CO_2)

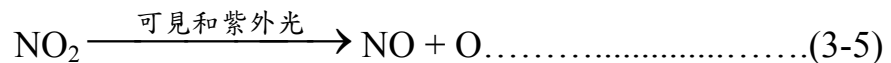
二氧化碳是大氣中的一個自然成分，春天時因植物的光合作用而被吸收，但在秋天時隨著植物的腐爛而釋放回大氣中；同樣的循環過程也發生在海洋環境，當溫度低時水會吸收二氧化碳，但當溫度升高時又釋放出來；如此，自然界的二氧化碳處於一個平衡的循環狀態。但人類的活動也會釋放出二氧化碳，大部分多是由於化石燃料(如石油、煤等)的燃燒或水泥製造所產生，其釋放出來的量約為自然界釋放量的 3% 左右，但是因為無吸收過程予以平衡，結果大氣中的二氧化碳含量每年以 0.5% 左右的速度遞增。

由於二氧化碳微溶於水，任何水體、水滴或者表面水層都會吸附二氧化碳，溶解的二氧化碳氣體發生電離後產生碳酸根離子(CO_3^{2-})：



3.3.2 臭氧(Ozone, O_3)

臭氧並不是由自然界或人類活動的過程中直接釋放，而是大氣光化學的產物，主要反應為二氧化氮的光分解再與氧分子結合產生臭氧。



臭氧分子本身對紫外線輻射很敏感，會產生一種活性的氧原子，其和水分子結合生成氫氧基($\text{OH}\cdot$)：



大氣中氣體的轉換與主要是通過氫氧基(OH•)或臭氧分子(O₃)所產生，即臭氧和氫氧基是大氣中頗具活性的反應物，它們參與的化學反應和化學產物都會形成所謂的光化學煙霧現象(photochemical smog, the word “smog” is short-hand for “smoke and fog”)。由於臭氧分子的反應活性較低且不溶於水，所以它的大氣濃度高；但是氫氧基和大氣中各種不同的氣體可立即反應，以致其大氣濃度較低。

3.3.3 氨氣(Ammonia, NH₃)

氨氣是大氣中唯一呈現鹼性的氣體，它是酸性氣體的平衡物，自然生態體系和海洋表面都會釋放出一些氨氣，但是全球氨氣的主要來源為農業活動所產生，如動物排泄物、合成肥料、農田作物燃燒時的生物數量等均是氨氣釋放的主要來源。

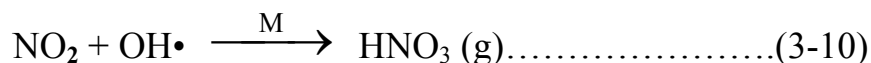
氨氣有很高的溶解度，可以快速的溶解在氣溶粒子(aerosol，小的液體或固體顆粒在氣相中的懸浮物)和水滴裏，這是濕沉積的過程，最後的產物將會與氧化的二氧化硫結合，形成硫酸銨[(NH₄)₂SO₄]，這個過程仍會將氨氣保留在大氣中，但只是轉變存在於一個新的相中。通過沉積在地球表面的過程，即所謂之“乾沉積”，此時氣體分子會被材料的表面吸附，氨氣的量在大氣中逐漸減少。

3.3.4 二氧化氮(Nitrogen dioxide, NO₂)

二氧化氮的主要來源是化石燃料或農田裏生物數量的燃燒，其中一氧化氮首先形成，然後快速的被周圍臭氧分子所氧化。



二氧化氮難溶於水，所以它不會在水滴或水的表面上產生明顯的損失，唯一的消耗是與氫氧基發生氣相反應形成硝酸(HNO₃)，



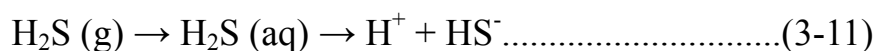
式中，M 為能帶走多餘能量的第三類氣相。

硝酸極易溶於水，通過與氣溶粒子、雲水滴結合，或通過乾沉積或濕沉積的過程在大氣中消失而形成氨氣。

3.3.5 硫化氫(Hydrogen sulfide, H₂S)

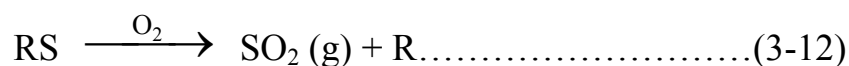
硫化氫是有機含硫化合物厭氧條件下的分解產物，為自然界產生的氣體，很多與硫化氫有關的大氣腐蝕，主要是發生在紙漿廠的附近、污水處理廠附近、油田輸送酸性原油泵的附近(原油裏含有明顯的硫化氫)，或是在原油煉油廠附近。

硫化氫微溶於水，腐蝕發生的原因就是材料表面水膜內離解產生 HS⁻所致，HS⁻為活性的腐蝕劑。



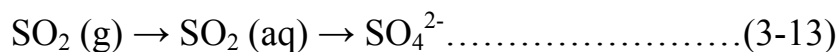
3.3.6 二氧化硫(Sulfur dioxide, SO₂)

二氧化硫可能是大氣腐蝕氣體中最重要的腐蝕性氣體，在含硫的化石燃料(如石油、煤等)燃燒與金屬的熔煉過程中都會產生和釋放大量的二氧化硫。

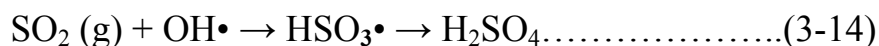


式中，R 為熔煉金屬的礦石。

SO₂ 為中等程度的溶於水，因此有一定量的 SO₂ 吸收在氣溶粒子中，當 SO₂ 沉積在材料表面的水膜內，SO₂ 被氧化成硫酸根離子(SO₄²⁻)：



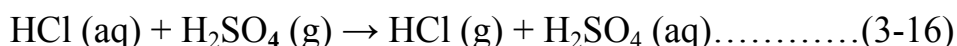
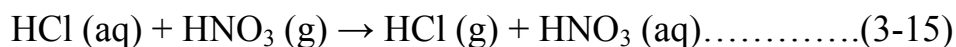
此外，SO₂ 和氫氧基也能迅速的發生反應，因此也可在氣相的過程產生硫酸。硫酸可快速的溶解於水中、解離、不斷重複，進而產生的腐蝕性的硫酸根離子。



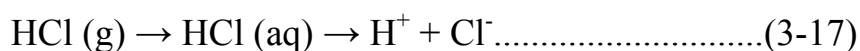
3.3.7 氯化氫(Hydrogen chloride, HCl)

氯化氫氣體可經過空氣中海水鹽離子的脫氯過程而進入大氣中，

這些離子含氯量很高，當強酸(硝酸或硫酸)沉積在其表面時就會會釋放出氯化氫氣體。

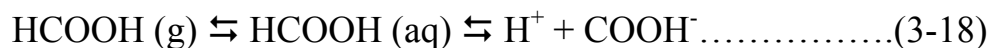


靠近工業和能源消耗的地方，由於強酸性氣體的排放，脫氯而生的高濃度氯化氫流可以在工廠的順風邊緣區域發現。氯化氫氣體和氯氣一樣有很好的水溶性，能夠立即溶解在大氣中的水滴裏或者是沉積在濕潤表面，很快的離解形成活性的腐蝕因子，即氯離子。



3.3.8 有機酸(Organic acid)

甲酸(HCOOH)和醋酸(CH₃COOH)是普遍的有機酸，已被証實對某些金屬具有腐蝕性。很多的工業過程會釋放出一定程度的有機酸，但是大氣中主要來源在於木材或植物的不完全燃燒、光化學煙霧的反應等。有機酸在水中有很高的溶解度，發生部分離解，如甲酸：



綜言之，材料對大氣腐蝕性氣體的敏感性如表 3.1 所示^[14]。

表 3-1 材料對大氣腐蝕性氣體的敏感性

Corrodant	Ag	Al	Brass	Bronze	Cu	Fe	Ni	Pb	Sn	Solder	Steel	Zn	Stone
$\text{CO}_2/\text{CO}_3^{2-}$	L			L		M	L	M			M	M	
$\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$	M	L	L	L	M	L	L	L	L	L	L	L	
$\text{NO}_2/\text{NO}_3^-$	N	L	M	M	M	M	M	M	L	M	M	M	L
H_2S	H	L	M	M	H	L	L	L	L	L	L	L	
$\text{SO}_2/\text{SO}_4^{2-}$	L	M	H	H	H	H	H	M	L	M	H	H	H
HCl/Cl^-	M	H	M	M	M	H	M	M	M	M	H	M	L
$\text{RCOOH}/\text{COOH}^-$	L	L	M	M	M	M	M	H	L	L	M	M	
O_3	M	N	M	M	M	M	M	M	L	L	M	M	M

H = high sensitivity, M = moderate sensitivity, L = low sensitivity, N = no sensitivity.

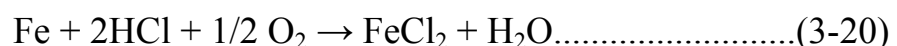
An unfilled location indicates that no experimental assessments are known to have been performed.

3.4 鐵與碳鋼的大氣腐蝕

鐵與碳鋼上的銹層是多孔的，附著力很弱，且裂紋常集中分散在銹的最外層。銹孔的直徑約有數個奈米，孔的體積占銹的總體積的 5%~10%，這樣的結構使吸附的水或雨容易進入基材表面進而促使腐蝕的過程不斷發生。一般而言，大氣暴露試驗時試片朝向地面一側的銹層總是比面朝上的銹層更疏鬆、多孔與更粗糙，而合金鋼表面上的銹層，又比純鐵上形成的粉狀產物更加緻密，附著力更強。

一般而言，鐵與碳鋼腐蝕銹層的發展可分為三個階段^[14]，第一階段為形成一層氧化物/氫氧基氧化物薄膜(1~4nm)。若大氣中沒有雜質、相對溫度較低或沒有液態水的情況下，此生成膜是穩定的，但當暴露於近中性水溶液環境下，這種氧化物/氫氧化物膜會變成綠色的沉澱 - "綠銹 I" $[\text{Fe}^{\text{II}}_2\text{Fe}^{\text{III}}\text{O}_x(\text{OH})_y]$ 和 "綠銹 II" $[\text{Fe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}}\text{O}_x(\text{OH})_y]$ ；之後綠銹轉化進入第三階段，形成一種鐵氧化物和氫氧化物的棕色易碎層。鐵和碳鋼銹層發展階段所需的時間在不同環境中有很大的變化，通常第一階段發生僅用數毫秒至數秒，而第二階段的發生要用 2~3 個小時，至於第三階段則在兩周或更短的時間裏即可觀察到，且 $\gamma\text{-FeOOH}$ 是第三階段開始的指示，隨後並伴有 $\alpha\text{-FeOOH}$ 的產生。然而以上的反應步驟僅考慮氧和水進入銹層中的反應，但是實際大氣暴露環境中，其他大氣腐蝕性的因子如氯離子與硫酸鹽的影響也極為重要。

氯化物在金屬表面上有助於在較低的相對濕度形成液膜，其在腐蝕過程中會阻止氧化膜(oxide films)的形成，進而有助於陰極上氧的還原反應；然而當金屬表面已有氧化膜或鈍態膜存在時，氯離子會破壞鈍態膜，造成孔蝕。 Cl^- 與鐵的作用較特別，由於 FeCl_2 不是緊密結合之化合物，所以 Cl^- 很容易從氯化亞鐵中釋放出來，再與鐵作用，進而加速腐蝕反應。過程如下：



在水溶液中， Fe^{III} 與 Cl^- 形成複合物(complexes)並與 OH^- 和 Cl^- 形成混合複合物，沉澱的產物將是氫氧基氯化物鹽，如圖 3.2 所示^[14]。圖中，上部為大氣，中央為表面水層，底部凹陷位置為腐蝕的金屬(沉積的潮濕顆粒、露水或雨水能在金屬表面任意位置產生相同的腐蝕坑)，雨水用大氣中的水滴表示，空氣中的懸浮顆粒用小的不規則黑點表示。波浪箭頭表示鐵以 Fe^{2+} 形式進入溶液，矩形框線內示意的物質為以溶液組成(solution constituents)形式存在，橢圓框線內物質為沉積物(precipitates)；虛線的矩形框、橢圓框與箭頭表示目前由實驗室或現場研究仍未確定但可能的反應或組成，實線的矩形框、橢圓框與箭頭表示已確定的溶質、沉積物或反應過程。

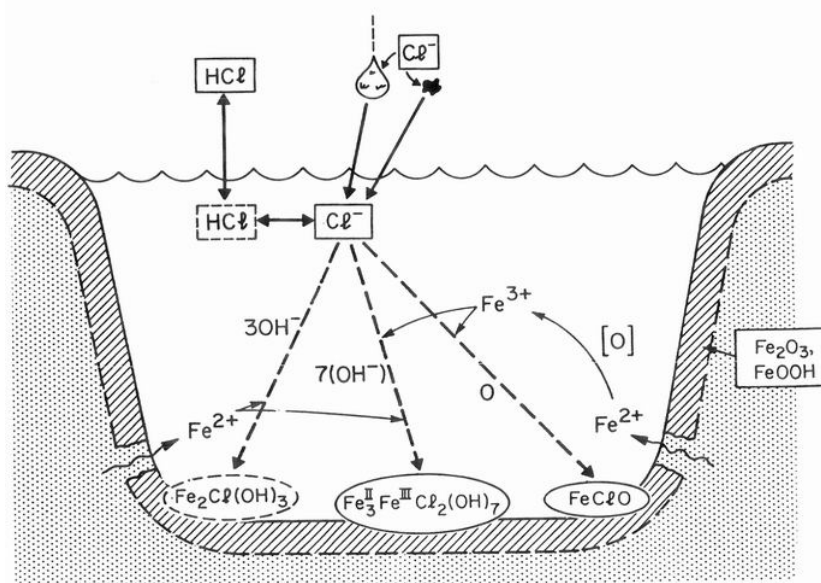
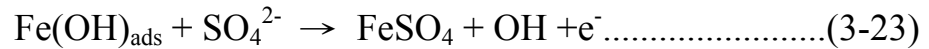
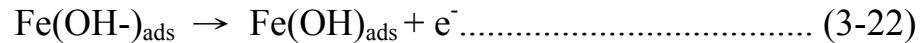
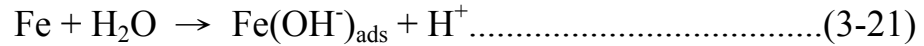
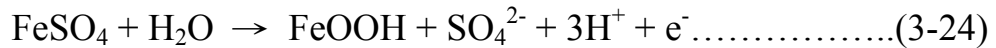


圖 3.2 鐵與碳鋼在含有氯之大氣腐蝕過程示意圖

鐵與碳鋼的腐蝕會因 SO_2 及其轉化物，尤其是 H_2SO_4 的存在而加速。大氣中含有二氧化硫時的腐蝕過程可區分為三個步驟：1) 濕銹吸收二氧化硫，2) Fe 被 SO_2 和 O_2 氧化成 FeSO_4 ，3) FeSO_4 氧化成鐵銹，釋放 SO_4^{2-} ， SO_4^{2-} 酸化然後進一步腐蝕鐵產生新的 FeSO_4 且再度的釋放 SO_4^{2-} ，循環結果直到進行到 SO_4^{2-} 形成不溶的氫氧基硫酸鐵沉積為止。因此在含 SO_2 的大氣中，腐蝕反應包括下列步驟：



FeSO₄ 會與 H₂O 作用生成 FeOOH，而釋放出來的 SO₄²⁻ 則再次與 FeOH 作用：



因而加速腐蝕反應。鐵與碳鋼在大氣中含有硫之腐蝕過程示意圖如圖 3.3 所示。圖中"COS"表示碳基的硫化物(carbonyl sulfide)。

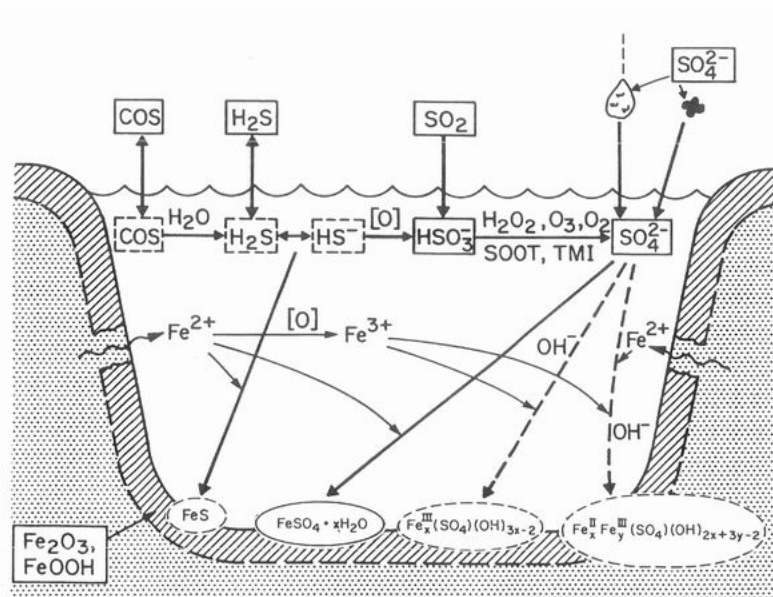


圖 3.3 鐵與碳鋼在含有硫之大氣腐蝕過程示意圖

3.5 鋅的大氣腐蝕

鋅由於良好的腐蝕性能與價格相對較低而被大量使用。初期暴露的鋅表面會迅速形成氫氧化鋅薄膜，但在連續暴露的情況下氫氧化鋅薄膜會轉變為其他各種大氣腐蝕產物。一般而言，鋅的腐蝕速度比銅快但比碳鋼慢，原始的鋅表面在數小時或幾天內就會被腐蝕產物所覆蓋；由於多數金屬暴露於大氣中可形成表面保護膜，但是鋅的腐蝕產

物僅能提供有限程度的保護。鋅的腐蝕速率不會隨時間降低，而是明顯的與腐蝕產物的濃度變化相關。鋅在室內的腐蝕速率比室外慢，腐蝕開始的位置通常是塵粒沉積的金屬表面，尤其是吸附了含有大量氯和硫酸根離子的粒子；室內鋅的腐蝕速率也會受相對濕度的影響，腐蝕開始於相對濕度大於 70% 左右。

鋅大氣腐蝕的產物隨暴露的環境和時間而不同而有所不同，組成也隨著腐蝕產物的深度而有所變化，外層通常是含硫(特別是在鄉村、城市和某些工業環境)或含氯(在海祥環境)或者兩者都有的腐蝕產物，內層則為含碳之碳酸鋅化合物。即鋅的表面在暴露初期不足一秒鐘之內就會被氧化鋅(ZnO)所覆蓋，這是一層具有幾個奈米厚度的保護性腐蝕產物，但在潮濕的大氣中，奈米級厚度的氫氧化鋅(Zn(OH)_2)隨後也會快速形成。由於試片準備後的幾個小時內氫氧化鋅通常會被轉變成 $\text{Zn}_5(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6$ ，所以在進行大氣暴露試驗時，鋅的表面通常已被 $\text{Zn}_5(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6$ 所覆蓋。鋅的腐蝕行為受硫酸鹽和氯鹽的影響很大，圖 3.4 為大氣暴露情況下鋅腐蝕產物的組成成分^[16]，上方為以硫污染為主要影響的大氣環境，而下方則是以氯鹽污染為主的大氣環境；虛線箭頭表示推測之反應，時間跨度表示觀察到一定組成的最短暴露時間。

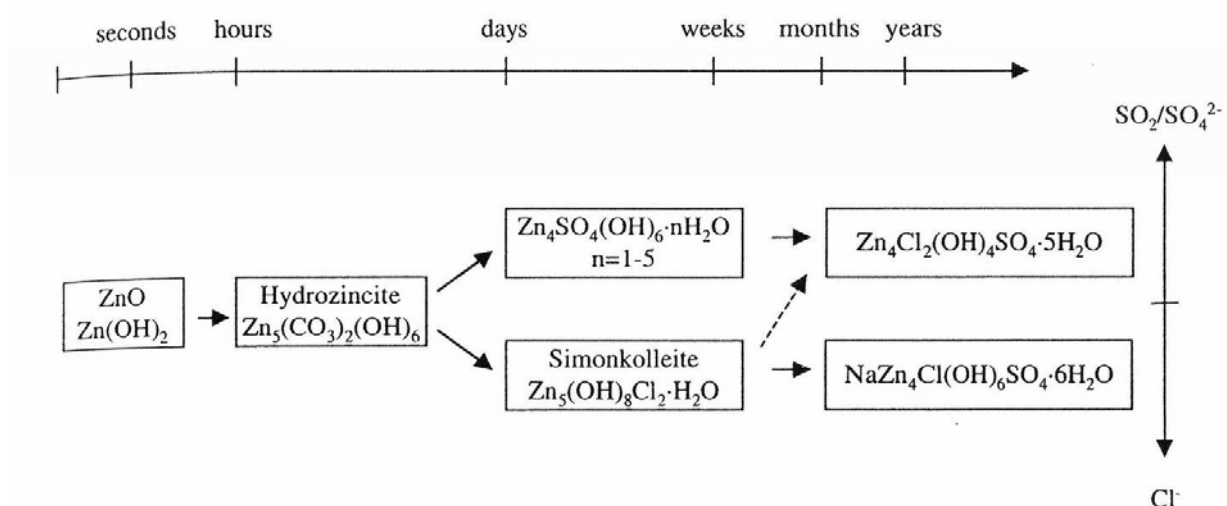


圖 3.4 鋅大氣腐蝕產物之組成

在海洋和氯鹽為主的大氣環境裏，氯離子可以通過NaCl、MgCl₂和CaCl₂的空氣粒子沉積到鋅的表面，由於氯離子的沉積不是均勻的，所以在鋅的表面形成非均勻腐蝕。圖3.5為鋅在含有氯之大氣腐蝕過程示意圖，圖中實線矩形框內示意的物質為證實存在，沒有矩形框的物質是可能存在的，但沒有證實。經過氣態HCl或是海鹽粒子的沉降，氯化物可進入鋅表面的水層，一旦水層中有氯離子存在，一系列的反應最後會導致Zn₅Cl₂(OH)₈·H₂O的腐蝕產物形成；若同時有SO₂氣體或含有Na₂SO₄的氣溶粒子存在，Zn₅Cl₂(OH)₈·H₂O會被逐步轉換成最終的腐蝕產物NaZn₄Cl(OH)₆SO₄·6H₂O。

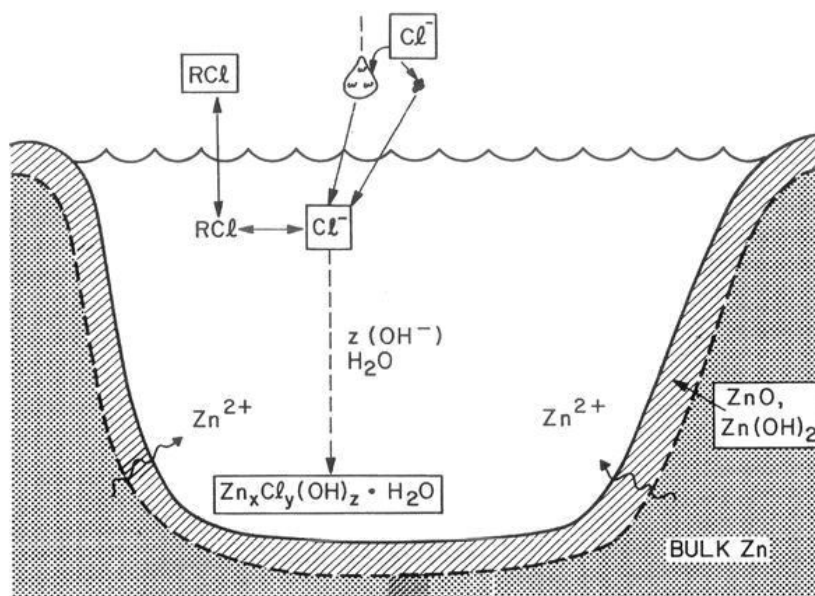


圖3.5 鋅在含有氯之大氣腐蝕過程示意圖

SO₂可強烈的加速鋅的腐蝕，圖3.6為鋅在含有硫之大氣腐蝕過程示意圖。當有含硫的氣體溶解於鋅的表面水層，硫會被氧化成為HSO₃⁻，進而被O₃、H₂O₂或過渡金屬離子(多數是鐵和錳)轉換成SO₄²⁻，通過化學反應，最後可能產生Zn₄SO₄(OH)₆·4H₂O的腐蝕生成物。

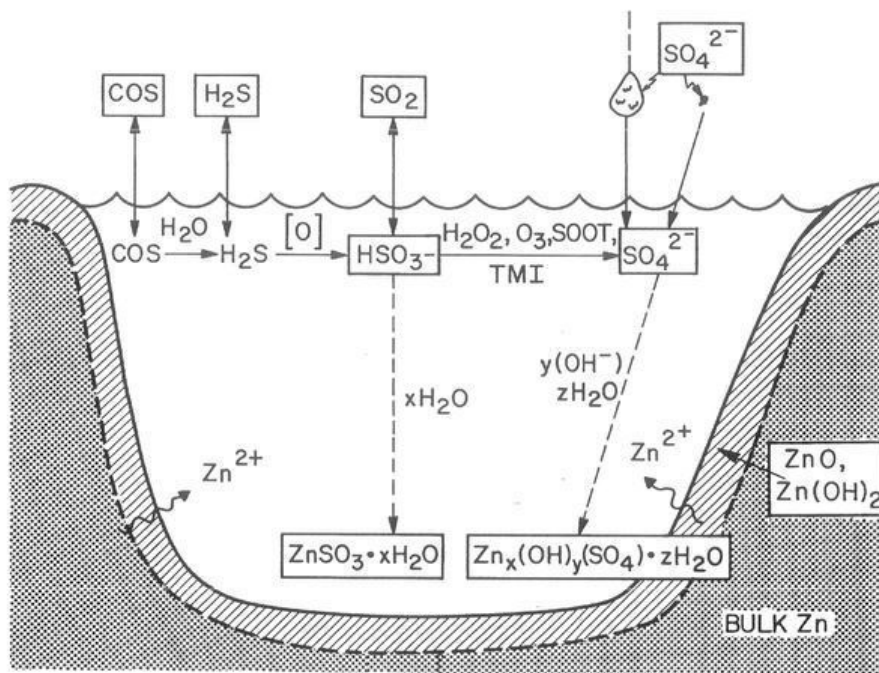


圖 3.6 鋅在含有硫之大氣腐蝕過程示意圖

3.6 銅的大氣腐蝕

銅的腐蝕速率低於碳鋼與鋅，但比鋁略大一些。清潔乾淨的銅暴露於大氣時，最初階段表面為粉紅色，幾星期後表面變為暗棕色，隨後逐步加深變成黑色或接近黑色，最終形成綠棕色或藍綠色的銅綠層。銅綠一旦形成後就趨於穩定且對下層的銅基材附著性高，形成基材的保護層，易吸水且為多孔性結構。

圖3.7為大氣暴露情況下銅腐蝕產物的組成成分^[17]，上方為以硫污染為主要影響的大氣環境，而下方則是以氯鹽污染為主的大氣環境；實線箭頭表示實際之反應，虛線箭頭表示推測之反應，時間跨度表示觀察到一定組成的最短暴露時間。

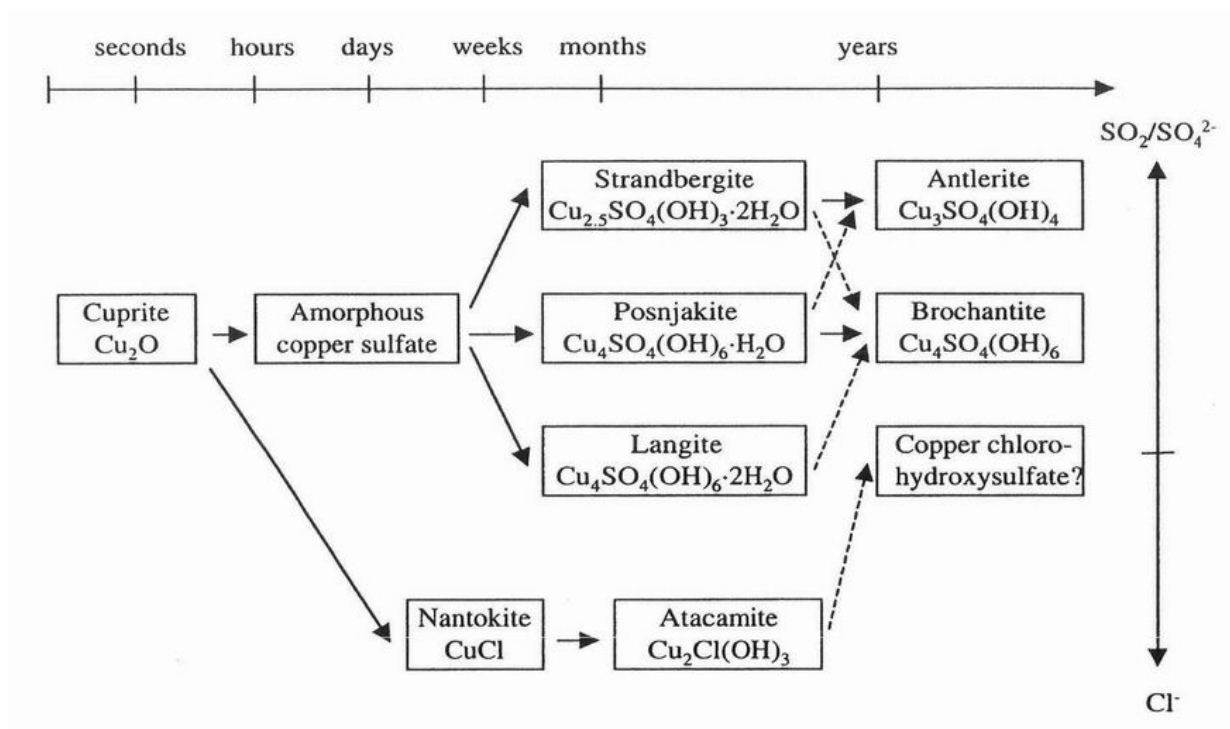


圖 3.7 銅大氣腐蝕產物之組成

圖3.8為銅在含有氯之大氣腐蝕過程示意圖，圖中實線矩形框內示意的物質為證實存在，沒有矩形框的物質是可能存在的，但沒有證實。通過氣態HCl或是海鹽粒子的沉降，氯化物可進入銅表面的水層，通過 Cu_2O 的溶解產生銅離子，與氯離子反應形成 CuCl ， CuCl 形成後就能作為種子晶體與後續之溶解、離子配對和再沉積步驟形成 $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$ (atacamite)的沉積析出。

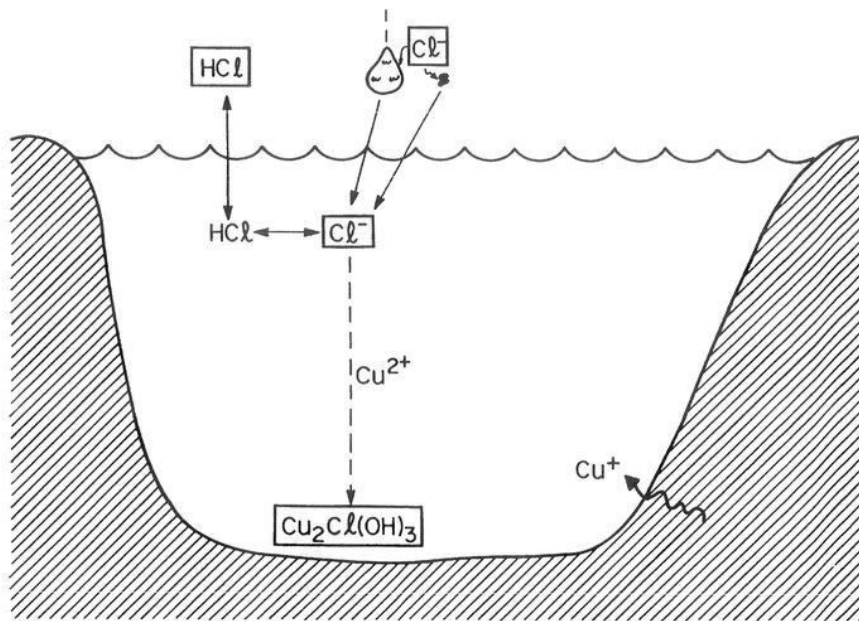


圖 3.8 銅在含有氯之大氣腐蝕過程示意圖

當銅暴露於潮濕的硫氮環境中， Cu_2S 是銅表面的主要成分，當然 Cu_2S 的形成要有 Cu^+ 的存在，但因大氣環境中的 Cu^+ 能迅速被氧化為 Cu^{2+} ，所以除非在特別的條件下，一價銅化合物的存在是較不可能的。暴露初期， Cu_2O (cuprite)薄層可在幾小時內迅速形成且在兩年內會持續成長，硫酸銅(CuSO_4)腐蝕產物則在數天或數個星期的暴露後產生，幾個月的暴露試驗可檢測到 $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (posnjakite)層，一年後最終的腐蝕產物為 $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$ (brochantite)層。圖3.9為銅在含有硫之大氣(SO_2 , H_2S , COS)腐蝕過程示意圖。圖中實線矩形框內示意的物質為證實存在，沒有矩形框的物質是可能存在的，但沒有證實，虛線箭頭表示目前未確定但可能的反應機理。

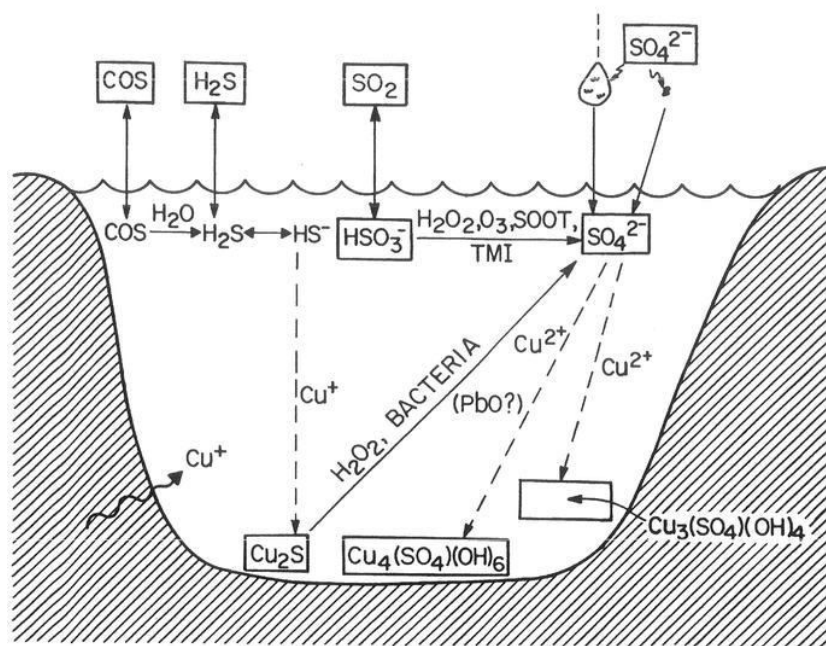
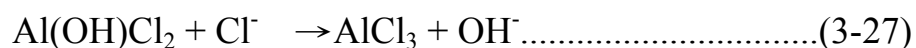
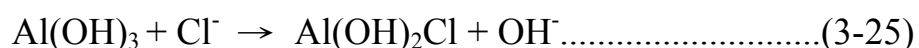


圖 3.9 銅在含有硫之大氣腐蝕過程示意圖

3.7 鋁的大氣腐蝕

鋁的腐蝕通常比較和緩，在室內只有相對濕度達到 70%時腐蝕才會發生。氧化鋁($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$)是鋁暴露於大氣中首先形成的物質，它的厚度約為 2~3nm，當在水中或在大氣中置放幾個月後，氧化層會被 $\gamma\text{-AlOOH}$ (boehmite)所覆蓋，隨後再被 $\text{Al}(\text{OH})_3$ (bayerite)所覆蓋，有時也會出現水合的氧化物或氫氧化物，如 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \frac{1}{4}\text{H}_2\text{O}$ (Akdalaite)或 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ (tucanite)。

鋁表面腐蝕的一個重要因素是 Cl^- 的存在，含有氯化物的腐蝕產物是可溶的，因而不易形成厚的氯化物腐蝕層。鋁的氫氧基氯化物在有或沒有 SO_4^- 和 Cl^- 存在時都能形成，其反應為：



這些反應被認為是 OH^- 和 Cl^- 在水合氧化鋁的表面競爭而產生的腐蝕層。圖 3.10 為鋁在含有氯之大氣腐蝕過程示意圖，只要有 Cl^- 存在，鋁表面水層中就會發生連續的結合反應而形成 AlCl_3 或是氫氧基氯化鋁。由於 AlCl_3 或氫氧基氯化鋁在弱酸性的溶液中是可溶的，因此須使之與酸性水溶液層隔離方能長久積留。

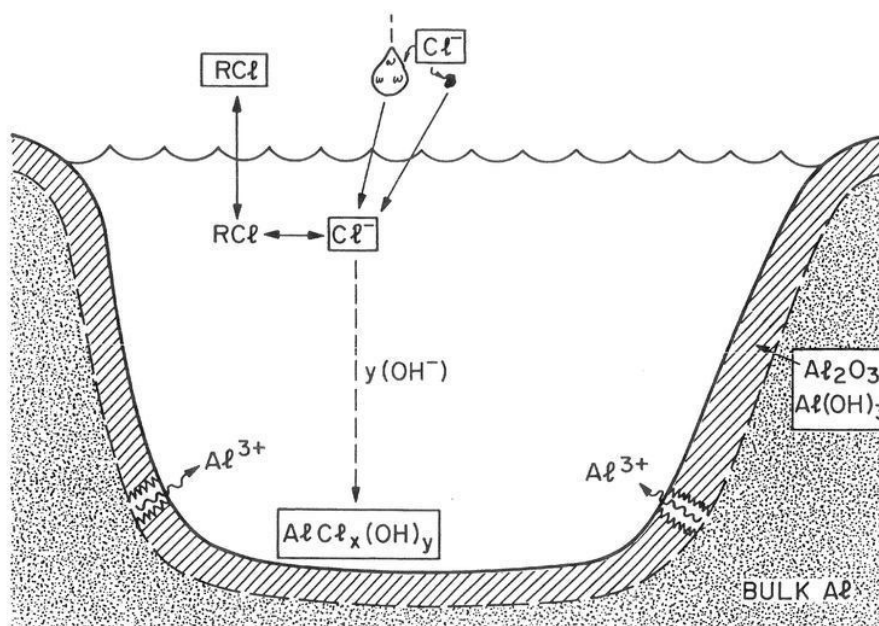


圖 3.10 鋁在含有氯之大氣腐蝕過程示意圖

含硫化合物對鋁的大氣腐蝕非常重要， SO_4^{2-} 已被證明和鋁的表面腐蝕層結合在一起，而非晶態的水合硫酸鋁通常是鋁暴露於海水或工業環境中時的主要腐蝕產物。圖 3.11 為鋁的大氣腐蝕中含硫化合物的化學形成過程示意圖。任何一種氣態硫化物 (COS , H_2S , SO_2) 溶於水中都會被氧化或離子化而形成亞硫酸氫根離子 (HSO_3^-)，此離子在 O_3 、 H_2O_2 或是過渡族金屬 (通常是 Fe 或 Mn) 離子雜質的作用下極易轉變成 SO_4^{2-} ，一旦 SO_4^{2-} 在水膜中形成或在顆粒物質或沉降水中出現，就可能與鋁反應產生水合硫酸鋁。此處鋁離子的獲得僅能由惰性的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 腐蝕層分解，所以在水量適合或酸性足夠的情況下，這種分解可在室外自然條件下發生。

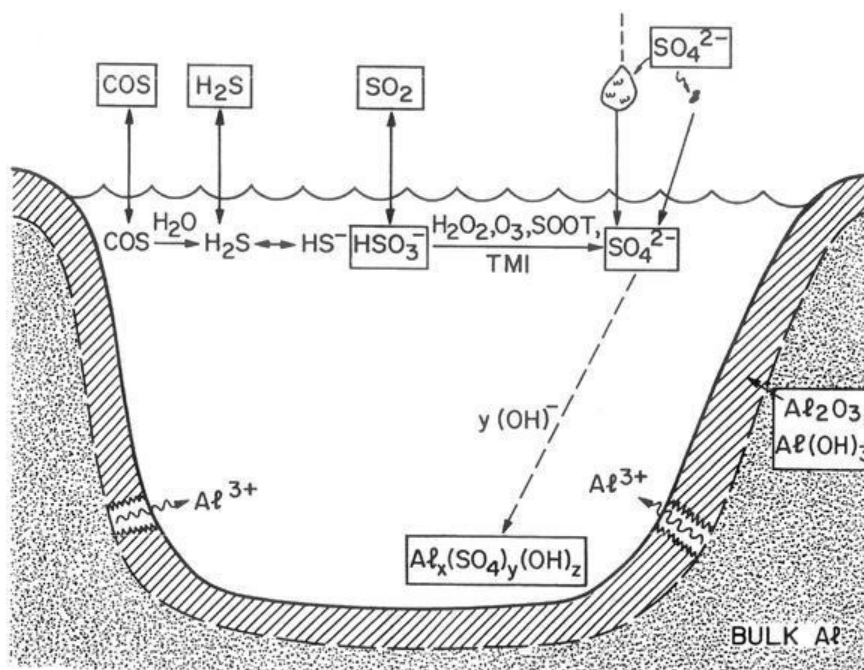


圖 3.11 鋁在含有硫之大氣腐蝕過程示意圖

3.8 ISO 9224 規範介紹

ISO 9224 Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Guiding values for the corrosivity categories 為針對各金屬在 ISO 9223 之腐蝕環境分類等級中，給予長期的腐蝕速率參考數據，藉以推估各金屬在不同腐蝕環境下的服務壽命。規範中長期腐蝕速率的定義有二，一為平均腐蝕速率(average corrosion rate)，另一為穩定腐蝕速率(steady corrosion rate)。

1. 平均腐蝕速率(average corrosion rate)

平均腐蝕速率 r_{av} 之定義為：金屬在最初 10 年暴露後的腐蝕速率，可由下列公式計算

$$r_{av} = \frac{\Delta h_1}{t_1 - t_0} \dots \dots \dots (3-28)$$

式中，

r_{av} =平均腐蝕速率

Δh_1 =金屬在最初 10 年的腐蝕深度，單位： μm

t_0 =大氣暴露啟始時間

t_1 =大氣暴露結束時間

2. 穩定腐蝕速率(steady corrosion rate)

穩定腐蝕速率 r_{lin} 之定義為：金屬長期暴露的腐蝕速率，但不包括初始暴露期間。本規範定義金屬在 10 年暴露後的腐蝕速率為一定值，可由下列公式計算

$$r_{lin} = \frac{\Delta h_2}{t_2 - t_1} \dots\dots\dots(3-29)$$

式中，

R_{lin} =穩定腐蝕速率

Δh_2 =金屬在暴露期間內的腐蝕深度，單位： μm

t_1 與 t_2 =大氣暴露的時間，兩者均大於 10 年

針對碳鋼、耐候鋼、鋅、銅、鋁金屬在不同腐蝕環境之平均腐蝕速率與穩定腐蝕速率數據如下表 3.2 所示：

表 3-2 碳鋼、耐候鋼、鋅、銅、鋁金屬在不同腐蝕環境之
平均腐蝕速率與穩定腐蝕速率

Values in $\mu\text{m}/\text{year}$

Metal	Average corrosion rate(r_{av}) during the first 10 years for the following corrosivity categories				
	C1	C2	C3	C4	C5
Carbon steel	$r_{av} \leq 0.5$	$0.5 < r_{av} \leq 5$	$5 < r_{av} \leq 12$	$12 < r_{av} \leq 30$	$30 < r_{av} \leq 100$
Weathering steel	$r_{av} \leq 0.1$	$0.1 < r_{av} \leq 2$	$2 < r_{av} \leq 8$	$8 < r_{av} \leq 15$	$15 < r_{av} \leq 80$
Zinc	$r_{av} \leq 0.1$	$0.1 < r_{av} \leq 0.5$	$0.5 < r_{av} \leq 2$	$2 < r_{av} \leq 4$	$4 < r_{av} \leq 10$
Copper	$r_{av} \leq 0.01$	$0.01 < r_{av} \leq 0.1$	$0.1 < r_{av} \leq 1.5$	$1.5 < r_{av} \leq 3$	$3 < r_{av} \leq 5$
Aluminum	$r_{av} \approx 0.01$	$r_{av} \leq 0.025$	$0.025 < r_{av} \leq 0.2$	See note 5	See note 5
Metal	Steady state corrosion rate(r_{lin}) for the following corrosivity categories				
	C1	C2	C3	C4	C5
Carbon steel	$r_{lin} \leq 0.1$	$0.1 < r_{lin} \leq 1.5$	$1.5 < r_{lin} \leq 6$	$6 < r_{lin} \leq 20$	$20 < r_{lin} \leq 90$
Weathering steel	$r_{lin} \leq 0.1$	$0.1 < r_{lin} \leq 1$	$1 < r_{lin} \leq 5$	$5 < r_{lin} \leq 10$	$10 < r_{lin} \leq 80$
Zinc	$r_{lin} \leq 0.05$	$0.05 < r_{lin} \leq 0.5$	$0.5 < r_{lin} \leq 2$	$2 < r_{lin} \leq 4$	$4 < r_{lin} \leq 10$
Copper	$r_{lin} \leq 0.01$	$0.01 < r_{lin} \leq 0.1$	$0.1 < r_{lin} \leq 1$	$1 < r_{lin} \leq 3$	$3 < r_{lin} \leq 5$
Aluminum	Negligible	$0.01 < r_{lin} \leq 0.02$	$0.02 < r_{lin} \leq 0.2$	See note 5	See note 5

NOTES

1. The corrosion rate of carbon steel is not constant during the first 10 years .
2. The corrosion rate of weathering steel is strongly dependent on the combination of various influencing factors (alternation between wet and dry periods). In atmospheres with sulfur dioxide (SO_2) pollution, a more protective rust layer is formed .Rain protected surfaces in marine atmospheres heavily polluted with chlorides may have much higher corrosion rates than freely exposed surfaces.
3. Applies also to the copper-zinc, copper-tin and similar alloys with a copper content of at least 60%.
4. The rates shown are based on commercially pure aluminum (purity > 99.5 %) which, like most aluminum alloys, corrodes in the atmosphere at a rate that decreases with time. However, these rate are based on average mass loss results while the corrosion attack is usually manifested as pitting. Consequently, the rates shown do not represent rates of penetration. Penetration rates for pitting also decrease with exposure time. Commercially pure aluminum, aluminum alloys containing magnesium, manganese and/or silicon as the major alloying elements, and Alclad products generally have better corrosion resistance than aluminum alloys containing significant quantities of copper. Zinc and/or iron, Alloys with significant quantities of magnesium, Zinc, copper and /or iron may also be subject to other forms of localized corrosion such as stress corrosion cracking, exfoliation and intergranular attack.
5. In atmospheres defined by corrosivity categories C4 and C5, a marked increase in corrosion rate may be expected and local corrosion effects become important. For these two corrosivity categories, the data concerning general corrosion may be misleading.

Note: Zn density= $7.14 \text{ g}/\text{cm}^3$, to convert corrosion rate from $\mu\text{m}/\text{yr}$ to $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$,
 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr} = \mu\text{m}/\text{yr} \times 7.14 \text{ g}/\text{cm}^3$

3.9 ISO 12944 規範介紹

1998年，國際標準化組織ISO制定ISO 12944^[18]規範-鋼結構腐蝕保護塗料系統(Corrosion Protection of Steel Structures by Protective Paint Systems)，近年來已取代英國的BS 5493規範以及德國的DIN 55928規範，逐漸成為世界各國鋼構塗裝保護系統共同參考的標準。此規範共分為8個部分，如下：

Part 1: General introduction

Part 2: Classification of environments

Part 3: Design considerations

Part 4: Types of surface and surface preparation

Part 5: Protective paint systems

Part 6: Laboratory performance test methods

Part 7: Execution and supervision of paint work

Part 8: Development of specification for new work and maintenance

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(media)，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、金屬熔射層的表面處理、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。

3.10 「臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究」研究成果

由於臺灣過去缺乏整體性的大氣腐蝕研究，自 2007 年 3 月起，交通部運研所港灣技術研究中心與工業技術研究院共同合作，執行「臺灣地區大氣腐蝕劣化因數調查研究」^[12, 13]計畫，針對臺灣全島地區進行大氣腐蝕因子調查，並根據調查結果建立電腦查詢資料庫，今將研究成果概述如後。

3.10.1 研究方法

針對大氣腐蝕劣化因子調查，因相對溼度屬於氣象數據，可由氣象局與相關研究單位之調查資料蒐集分析，但氯鹽(Cl⁻)與二氧化硫(SO₂)的沉積速率屬於空氣污染物之調查，過去並無固定測站進行監測，故參考 CNS 13754 (ISO 9225)金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性(污染之測定)規範，安裝氯鹽與二氧化硫沉積量採集裝置。氯鹽沉積量採集裝置是以濕燭法進行，其原理為使用一個濕纖維織物表面，在已知面積的條件下暴露一段時間，再以離子層析儀測定其氯鹽沉積量，並計算所得之氯鹽沉積率，以 mg/m²/day 表示。二氧化硫沉積量採集裝置是以二氧化硫在二氧化鉛硫酸化平板之沉積速率測定，其原理為大氣中二氧化硫與二氧化鉛會反應形成硫酸鉛，暴露一段時間後回收該平板，並針對平板上的附著物以離子層析儀進行硫酸鹽分析，測定二氧化硫含量，二氧化硫的沉積量以 mg/m²/day 表示。

此外，本研究亦針對碳鋼、鋅、銅、鋁四種金屬，選擇適當位置進行現地暴露試驗並以重量損失法計算其腐蝕速率，試片製作的方式參考 CNS 13753 (ISO 9226)大氣腐蝕性測定標準試片製作，採用螺旋狀標準試片，材料如下：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；將以上金屬之線材，線材直徑 2~3 mm，剪取約 1000 mm 長度，纏繞在直徑為 24 mm 的圓棒上，製成螺旋試片。金屬線材大氣腐蝕速率的量測依照 CNS 14122「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。為確保除去腐蝕生成物的化學清洗方法不會損壞金屬基材，清洗前先依照 CNS 14122 規範，使用腐蝕試片進行重複清洗，以制定檢量標準。

臺灣全島已建置氯鹽沉積量調查 77 個試驗點(圖 3.12)，二氧化硫沉積量調查 54 個試驗點(圖 3.13)，現地暴露試驗調查 88 個試驗點(圖 3.14)，取樣頻率約為每季一次，藉以探討季節、年期與區域性之大氣腐蝕因數與金屬腐蝕速率變化的關係，以完成臺灣地區大氣腐蝕環境分類。本研究四次採樣調查的期間分別為 2007.05- 2007.09，2007.09-2008.01，2008.01- 2008.05，2008.05- 2008.08，相當於臺灣氣候之夏季至初秋、初秋到冬季、冬季至春末與春末至夏季期間。

3.10.2 濕潤時間調查

各測點四次調查期間之濕潤時間百分比其計算方法為利用中央氣象局氣象站逐時記錄之相對濕度資料，統計試體暴露期間內相對濕度大於 80% 的小時數，再除以總暴露時間(小時數)。若測點所在位置無氣象站，則以鄰近的氣象站資料推估。圖 3.15 至圖 3.18 分別為四次採樣期間內之濕潤時間百分比等位圖。顯然的，因第一次與第四次調查期間為夏季，所以全台相對濕度均較高，但第二次與第三次調查期間為秋、冬轉春之季，臺灣受東北季風的影響呈現北濕南乾的現象。綜合言之，臺灣各地於 2007.05 至 2008.08 約一年期間內，相對濕度大於 80% 的小時數至少佔全年時數之 30% 以上，且雲林麥寮地區更可高達 62.6%，僅次於山區如阿里山 86%、南橫天池 85.3%、北橫巴陵 84.8%、陽明山 78.1%。

3.10.3 氯鹽沉積速率調查

圖 3.19 至圖 3.22 為四次採樣期間內之氯鹽沉積速率等位圖，圖中，紅色部份表示氯鹽沉積速率大於 $10 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 的區域。比較四次調查期間內的氯鹽沉積速率，顯然的，夏季至初秋(2007.05-2007.9)調查期間東海岸中部至南部沿海區域氯鹽沉積速率較高；但在初秋到冬季(2007.09-2008.01)調查期間，氯鹽沉積速率較高的位置則發生在西海

岸北部至中南部的沿海區域，且有往內陸延伸的趨勢。由於臺灣位於亞洲東南近海的季風區內，季風現象明顯，尤其以冬季的東北季風最為強烈。每年的 4 月間，夏季風已徐徐吹入，但是由於大陸上的冷氣團依然間歇地抵達，使得風向變化頻仍，因此 4、5 月間是轉換期。6 月以後，大陸上低氣壓已有相當發展的程度，促使空氣向北消退，夏季季風也跟隨而上，一直到 8 月才是最盛期，盛行吹西南風和東南風，即中央山脈以東吹東南風，以西則吹西南風，但當颱風或熱帶性低氣在臺灣附近時，亦會有短時期的東北風。9 月以後，大陸上高氣壓勢力增強，迫使夏季季風南退，開始吹東北風，但有時夏季季風依然北上，這時期也是轉換期。10 月以後風向逐漸穩定，12 月到 2 月為最盛期，3 月以後，逐漸衰減。因此推論兩次氯鹽沉積速率調查的差異應是 2007.05-2007.09 期間，東部海岸受夏季季風以及颱風的吹襲，海風挾帶大量的氯鹽，造成該區域空氣中氯鹽含量增加所致；而 2007.09-2008.01 期間，西海岸北部至中南部的沿海區域受強烈東北季風的影響，空氣中的氯鹽有顯著增加的趨勢。至於冬季至春末(2008.01-2008.05)的調查期間，東北季風由盛轉弱並進入夏季季風的轉換期，所以在此期間臺灣北部海岸自台北縣石門鄉核能一廠至桃園大潭附近以及彰濱工業區與麥寮工業區附近，氯鹽沉積速率仍因東北季風的影響而維持偏高的趨勢。換句話說，臺灣氯鹽沉積速率的分佈受東北季風的影響甚巨，西海岸北部至中部、南部的沿海區域受強烈東北季風的影響，空氣中的氯鹽會有顯著增加的趨勢；而夏季季風對臺灣南部海岸空氣中的氯鹽量並無顯著的影響；至於東部海岸因受夏季季風以及颱風的吹襲，海風挾帶大量的氯鹽，會造成該區域空氣中氯鹽含量增加。

空氣中氯鹽含量輸送到內陸的分佈受到風速、風向、局部地形的影響，距海岸線愈遠，氯鹽沉積速率愈小。以第二次調查(2007.09-2008.01)為例，沿海地區如桃園大潭 0m 為 112.51 mg/m²/day，外湖安檢所為 13.38 mg/m²/day，外埔安檢所為 79.56 mg/m²/day，五甲安檢所為 33.12 mg/m²/day，台中港試驗線 100m 為 14.06 mg/m²/day，彰濱工業區為 18.22 mg/m²/day，六輕試驗線 0m 為 80.2 mg/m²/day，高雄港試

驗線 0m 為 $10.96 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ ；但在內陸山區，陽明山國家公園之氯鹽沉積速率為 $0.15 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ ，北橫巴陵為 $0.28 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ ，阿里山為 $0.25 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ ，南橫天池為 $0.20 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 。此外，一年期氯鹽沉積速率與距海岸線距離的關係如圖 3.23 所示，與本所過去研究「橋梁混凝土表面氯離子含量與海岸距離之關係」成果相同，即空氣中氯鹽含量輸送到內陸的分佈，受到風速、風向、局部地形的影響，距海岸線愈遠，氯鹽沉積速率愈小，且距離海岸超過 3000m 以上時，氯離子的沉積速率已明顯減少。

3.10.4 二氧化硫沉積速率調查

圖 3.24 至圖 3.27 為四次採樣期間內之二氧化硫沉積速率等位圖；圖中，黃色表示二氧化硫沉積速率為 $0\sim10 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 的區域，綠色表示沉積速率為 $10\sim35 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 的區域，藍色表示沉積速率為 $35\sim80 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 的區域，粉紅色表示 $80\sim200 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 的區域，紅色則為大於 $200 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 的區域。顯然的，二氧化硫沉積量的分佈取決於工業區、石化廠與火力電廠所在的位置與其生產頻率有關，受季節變化影響的較少，所以四次調查的結果有相似的分佈情形。但有趣的是在西海岸觀音工業區與彰濱、麥寮工業區附近，初秋至冬季(2007.09-2008.01)與冬季至春末期間，二氧化硫沉積速率均有顯著增加的趨勢。參考中央氣象局在此調查期間內的酸雨資料，臺灣北部的基隆、台北與新竹均有酸雨情況發生，且宜蘭、金門、馬祖亦都有顯著的酸雨情形。由於宜蘭、金門、馬祖這些區域內均無工業區、石化廠與火力電廠的設立，且屬於鄉村環境，因此可合理的推論，在秋季與冬季時大陸沿岸石化廠或火力電廠產生的二氧化硫可能藉由東北季風的挾帶而侵襲臺灣，以致造成臺灣北部與西部沿海的二氧化硫沉積速率增加。

3.10.5 金屬腐蝕速率調查

本研究四次採樣調查的期間相當於臺灣氣候之夏季至初秋、初秋至冬季、冬季至春末與春末至夏季期間。圖 3.28 至圖 3.31 為碳鋼金屬

四次調查期間之腐蝕速率等位圖。圖中，黃色表示碳鋼腐蝕速率為 $1.3\sim 25\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，綠色表示腐蝕速率介於 $25\sim 50\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，藍色表示腐蝕速率為 $50\sim 80\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，粉紅色表示 $80\sim 200\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，紅色則為腐蝕速率大於 $200\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域。圖 3.32 至圖 3.35 為鋅金屬四次調查期間之腐蝕速率等位圖。圖中，黃色表示鋅腐蝕速率為 $0.1\sim 0.7\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，綠色表示腐蝕速率介於 $0.7\sim 2.1\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，藍色表示腐蝕速率為 $2.1\sim 4.2\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，粉紅色表示 $4.2\sim 8.4\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，紅色則為腐蝕速率大於 $8.4\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域。圖 3.26 至圖 3.39 為銅金屬四次調查期間之腐蝕速率等位圖。圖中，黃色表示銅腐蝕速率為 $0.1\sim 0.6\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，綠色表示腐蝕速率介於 $0.6\sim 1.3\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，藍色表示腐蝕速率為 $1.3\sim 2.8\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，粉紅色表示 $2.8\sim 5.6\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，紅色則為腐蝕速率大於 $5.6\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域。圖 3.40 至圖 3.43 為鋁金屬四次調查期間之腐蝕速率等位圖。圖中，黃色表示鋁腐蝕速率小於 $0.6\ \text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 的區域，綠色表示腐蝕速率介於 $0.6\sim 2\ \text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 的區域，藍色表示腐蝕速率為 $2\sim 5\ \text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 的區域，粉紅色表示 $5\sim 10\ \text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 的區域，紅色則為腐蝕速率大於 $10\ \text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 的區域。此外，中央山區部份因本研究試驗點的設置僅有 3 處，若採用內插方式繪製等位圖，可能會因數據過少而有錯誤的可能，所以圖面留以空白並不繪製等位圖。

一般而言，各金屬(碳鋼、鋅、銅、鋁)在東北季風期(即初秋到春末，2007.09 至 2008.05 兩次調查期間)的腐蝕速率較夏季季風期(2007.05-2007.09 與 2008.05-2008.08)為高，推論其原因應是試驗期間大氣腐蝕因子之差異所致。即在東北季風期期間，西海岸北部至中部、南部的沿海區域受強烈東北季風的影響，空氣中的氯鹽會有顯著增加的趨勢，此外，大陸沿岸石化廠或火力電廠產生的二氧化硫亦可能藉由東北季風的挾帶而侵襲臺灣，再加上此調查期間內之相對濕度為北濕南乾的現象，以致各金屬在東北季風期的腐蝕速率較高。換句話說，東北季風所帶來的潮濕與空氣中氯鹽與二氧化硫含量的增加，增加了各金屬的腐蝕速率；且相對濕度的大小與空氣中氯鹽以及二氧化硫含量，是為金屬腐蝕速率決定的主要因素。

3.10.6 金屬大氣腐蝕環境分類

CNS 13401 (ISO 9223)大氣腐蝕性分類可根據標準金屬試片在某環境中進行自然暴露，並以最初第一年的腐蝕率大小來決定大氣腐蝕環境分類，可分為 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(medium)，C4 表示腐蝕性高(high)，C5 表示腐蝕性非常高(very high)。今彙整 2007.05-2008.08 (15 個月)試片之腐蝕速率進行各金屬的大氣腐蝕分類，若金屬的腐蝕速率已超過 CNS 13401 規範中所規定之 C5 的腐蝕速率，則以 C5+等級表示。

圖 3.44 至圖 3.47 分別為碳鋼、鋅、銅、鋁金屬在 2007.05- 2008.08 (15 個月)暴露期間之大氣腐蝕分類等位圖；圖中 C5 等級以上(C5+)以紅色表示，C5 等級以粉紅色表示，C4 等級以藍色表示，C3 等級以綠色表示，C2 等級以黃色表示，C1 等級則以淡黃色表示。

一般而言，除了在山區的試驗位址外，碳鋼、鋅、銅、鋁金屬在臺灣的大氣腐蝕環境分類多為 C3 以上，沿海地區則為 C5 等級，甚至在西北部海岸，碳鋼、鋅、銅的腐蝕環境可達 C5+。在平行海岸線方面，以高鐵沿線為例，針對碳鋼與鋅金屬，臺灣西部之大氣腐蝕環境分類以大甲溪為界，大甲溪以北地區(如通霄以北之苗栗、新竹、桃園、台北市)多為 C4 等級，大甲溪以南台中市至台南縣市之間多為 C3，但高雄縣市附近則為 C4。

至於銅金屬，其在臺灣全島地區的腐蝕狀況，除濱海地區之腐蝕環境為 C5 至 C5+等級，山區腐蝕環境為 C3 等級外，臺灣各試驗位址的腐蝕環境均為 C4 等級。而針對鋁金屬，除濱海地區之腐蝕環境為 C5 等級，山區腐蝕環境為 C2 等級外，臺灣各試驗位址的腐蝕環境多為 C3~C4 等級。



圖 3.12 氣鹽沉積速率調查位置

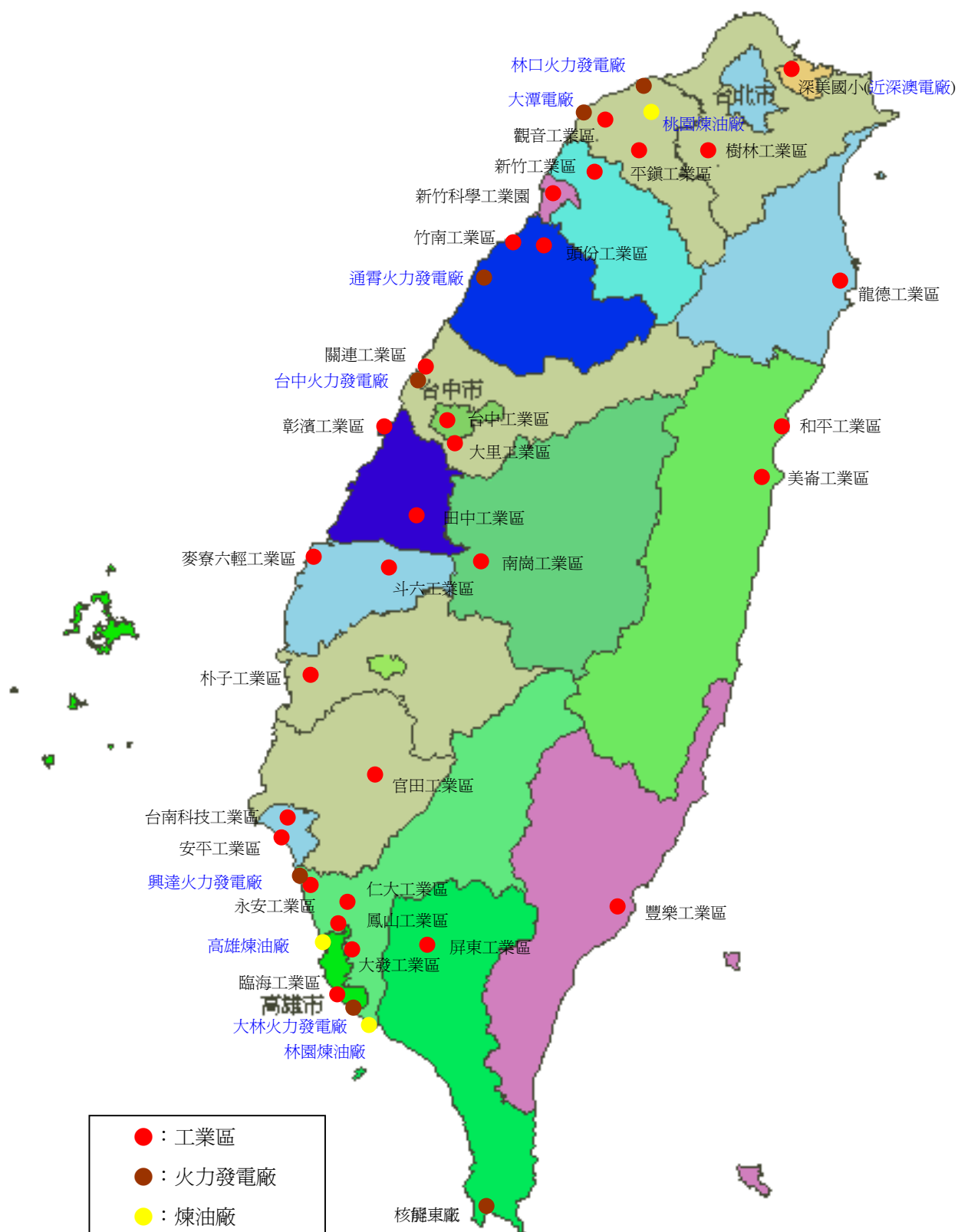


圖 3.13 工業區與石化、火力電廠之二氧化硫沉積速率調查位置

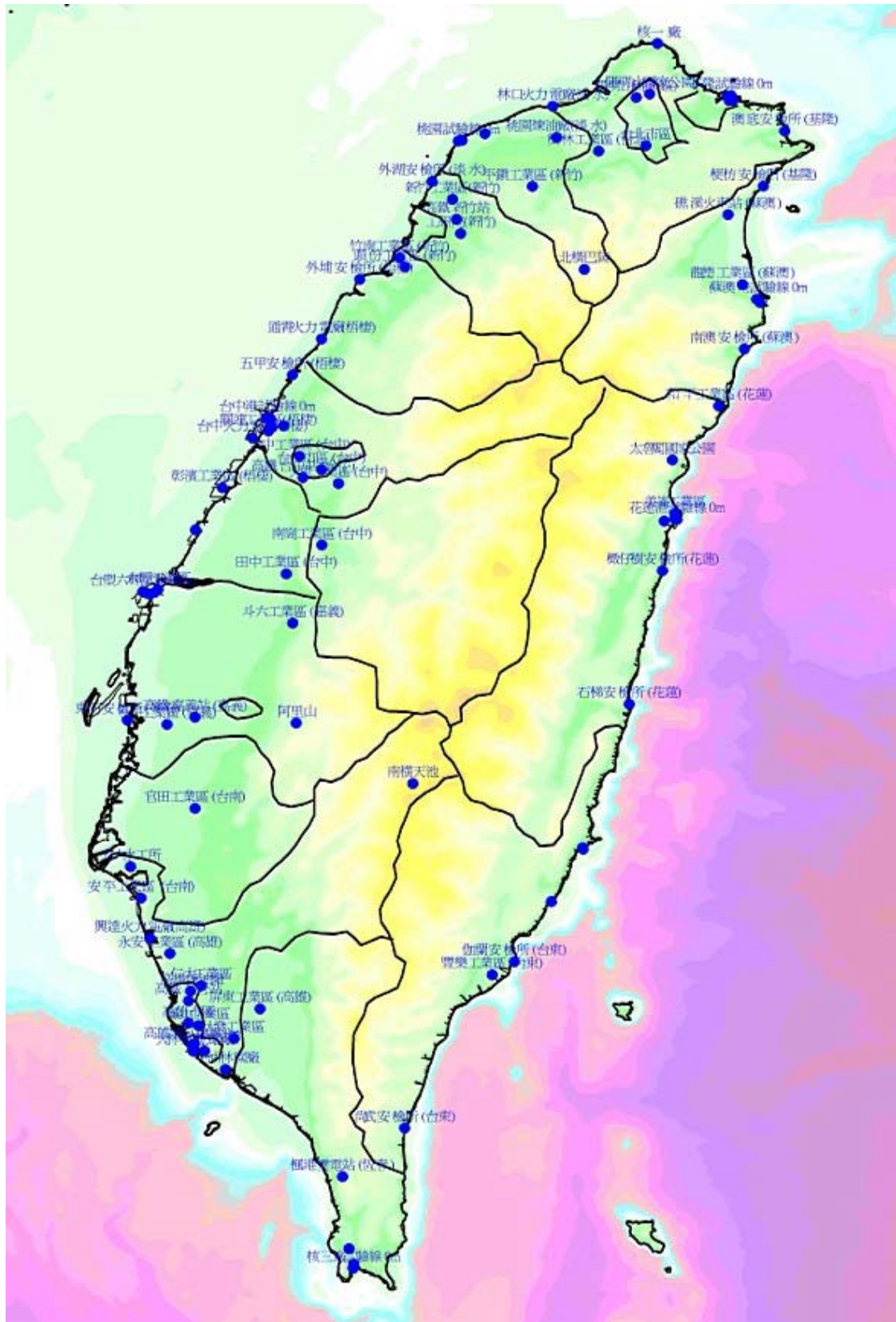


圖 3.14 現地暴露試驗(碳鋼、鋅、鋁、銅螺旋狀試片)試驗點分佈圖

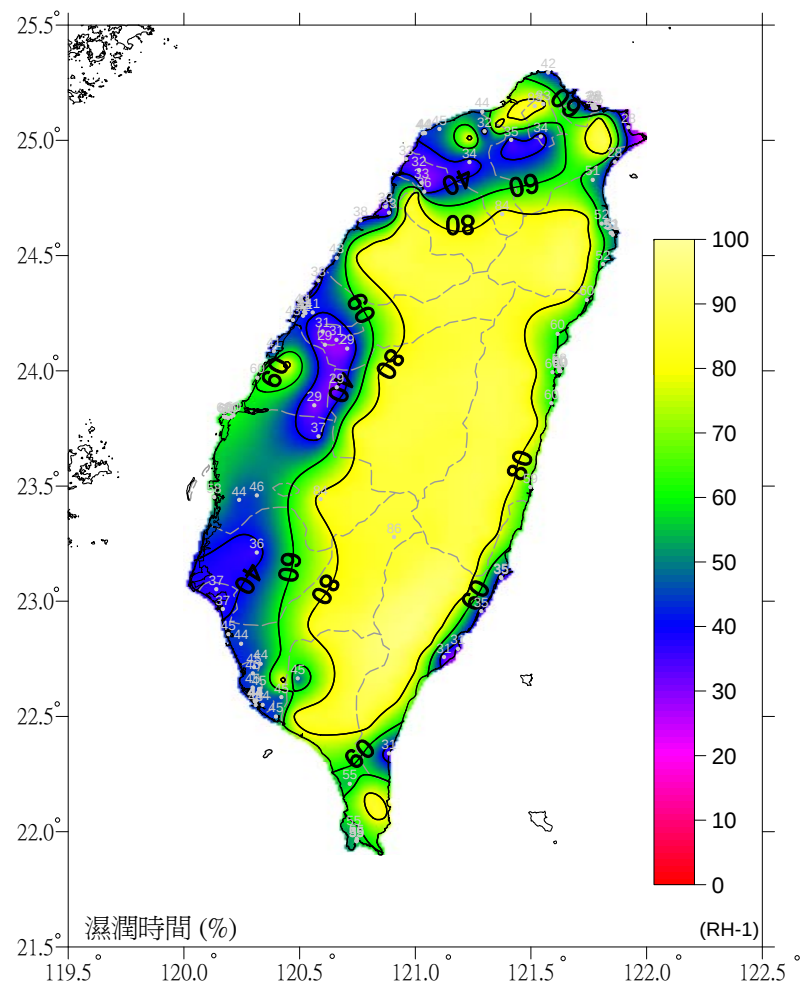


圖 3.15 2007.05-2007.09 濕潤時間(%)

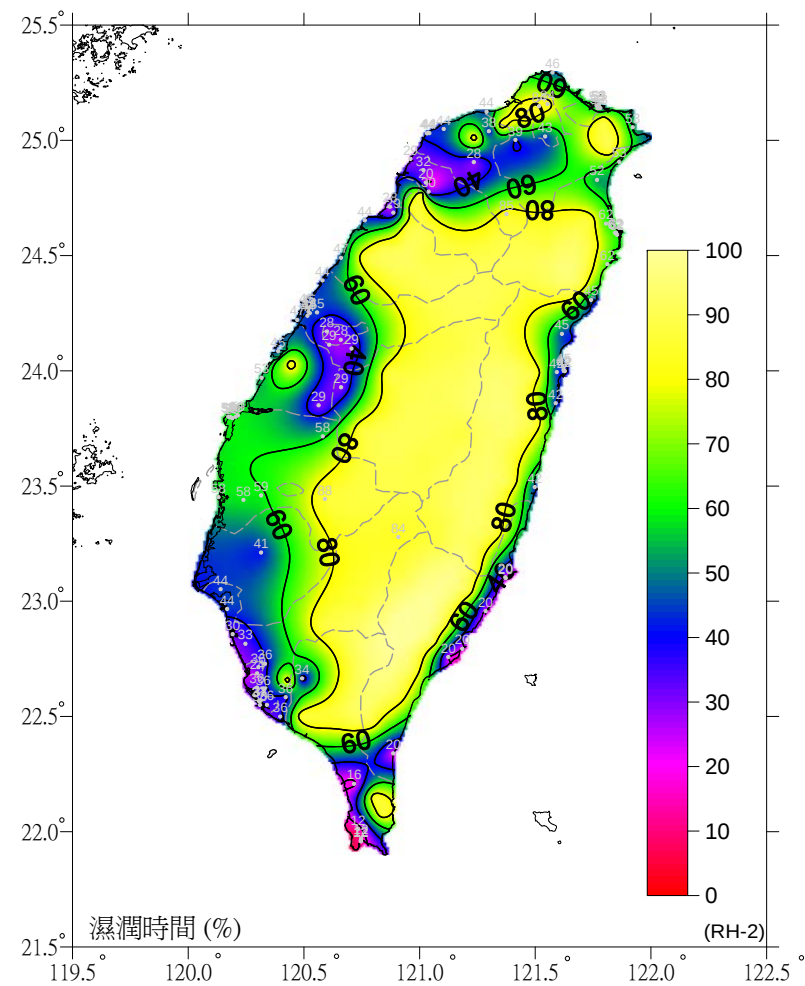


圖 3.16 2007.09-2008.01 濕潤時間(%)

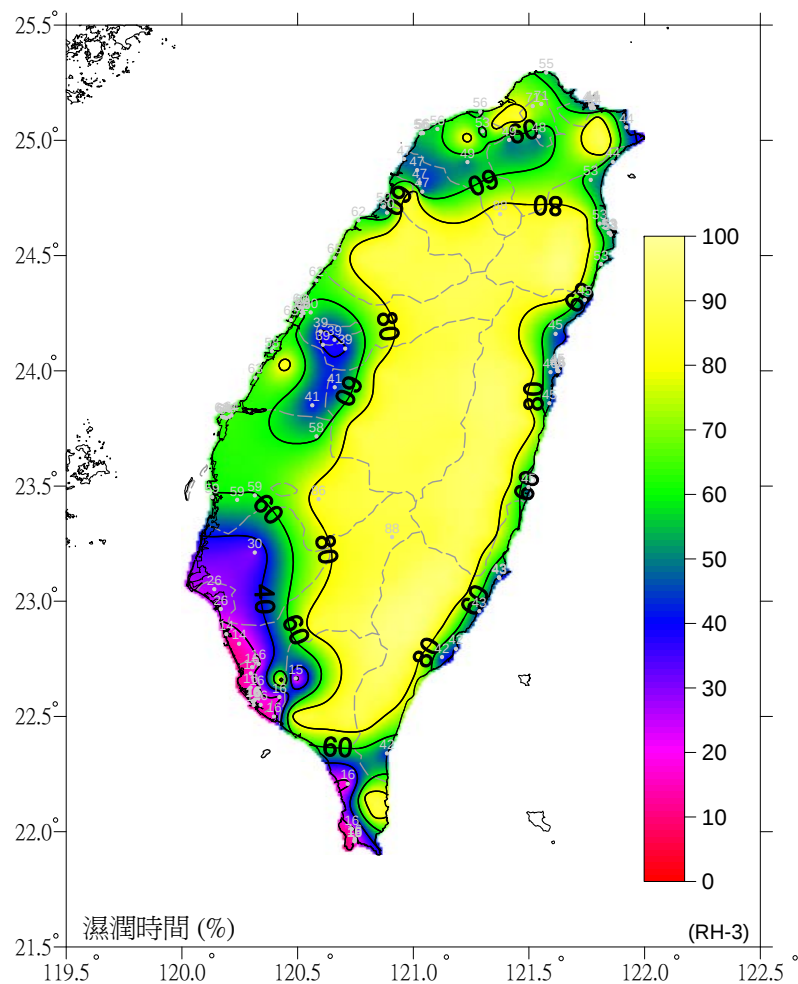


圖 3.17 2008.01-2008.05 濕潤時間百分比

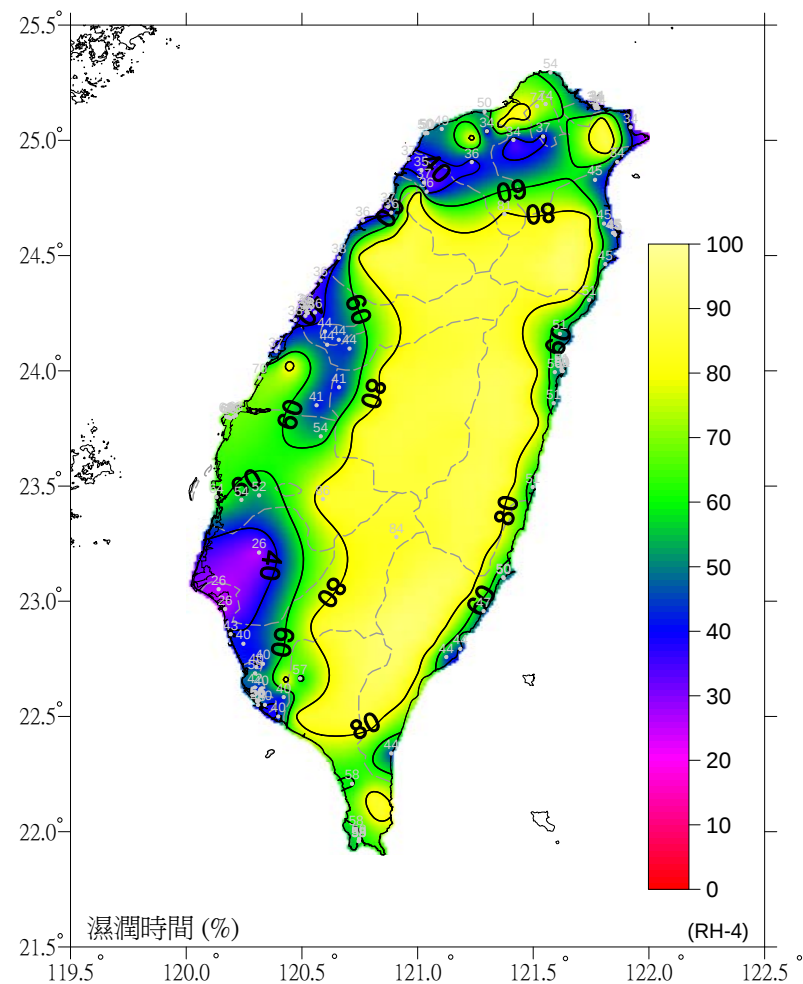


圖 3.18 2008.05-2008.08 濕潤時間百分比

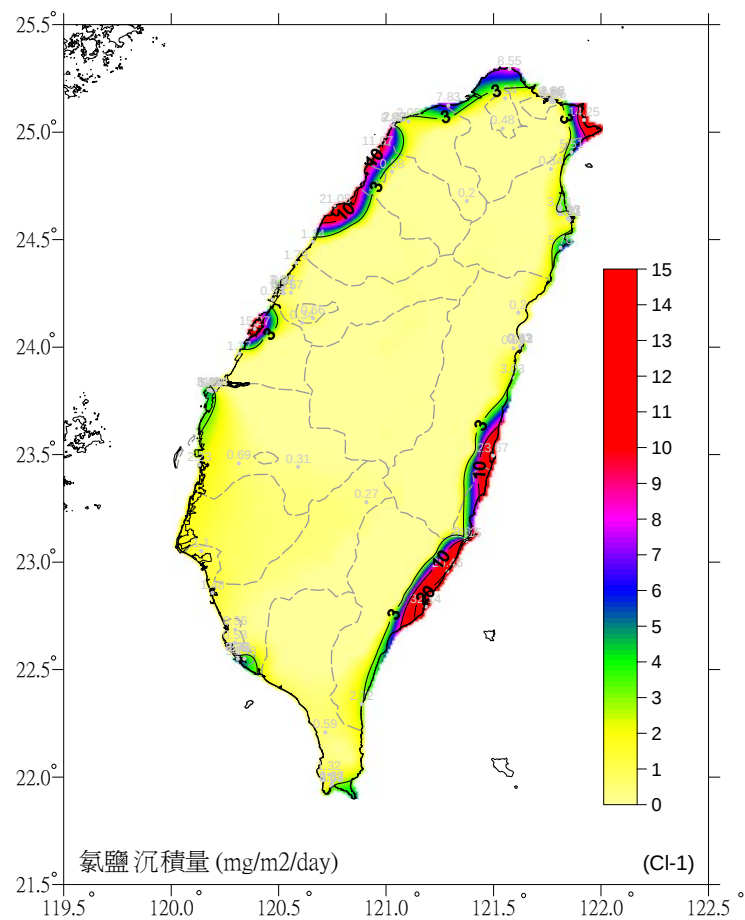


圖 3.19 2007.05-2007.09 氯鹽沉積速率
(mg/m²/day)

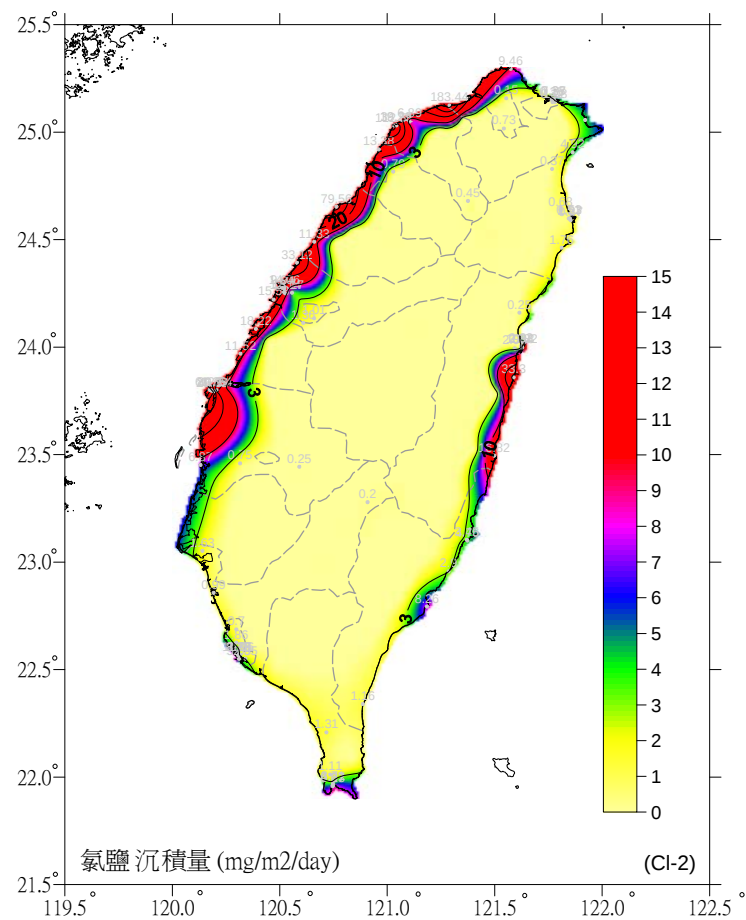


圖 3.20 2007.09-2008.01 氯鹽沉積速率
(mg/m²/day)

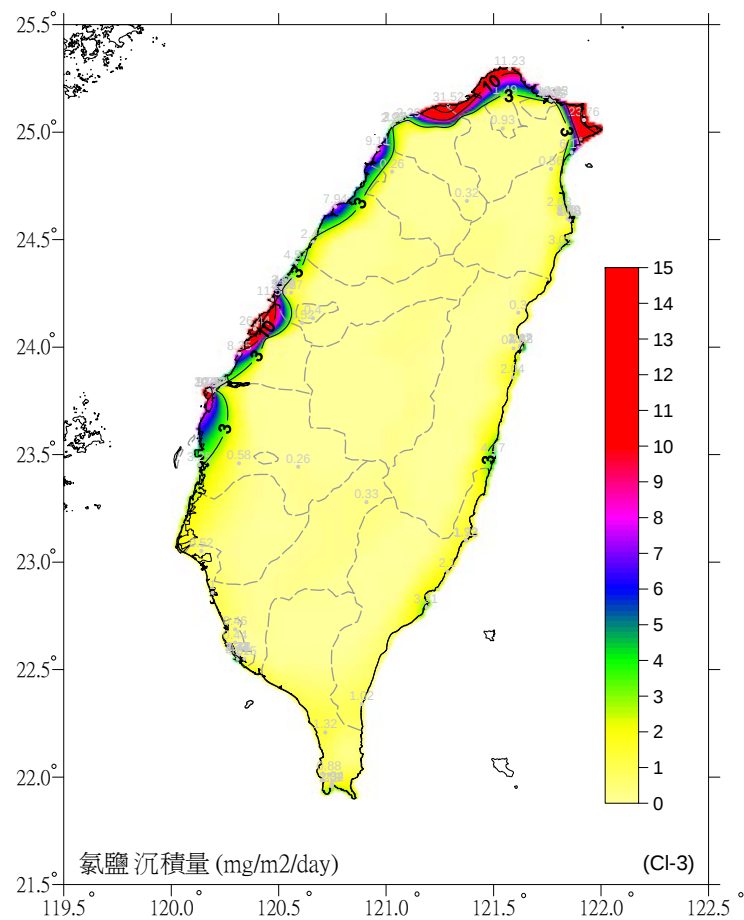


圖 3.21 2008.01-2008.05 氯鹽沉積速率(mg/m²/day)

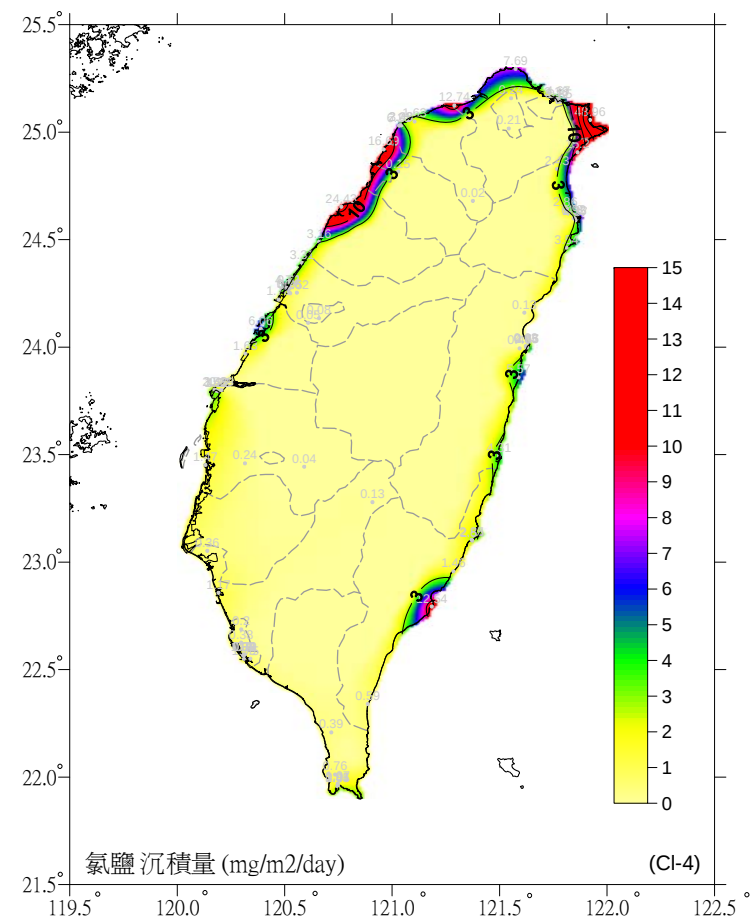


圖 3.22 2008.05-2008.08 氯鹽沉積速率(mg/m²/day)

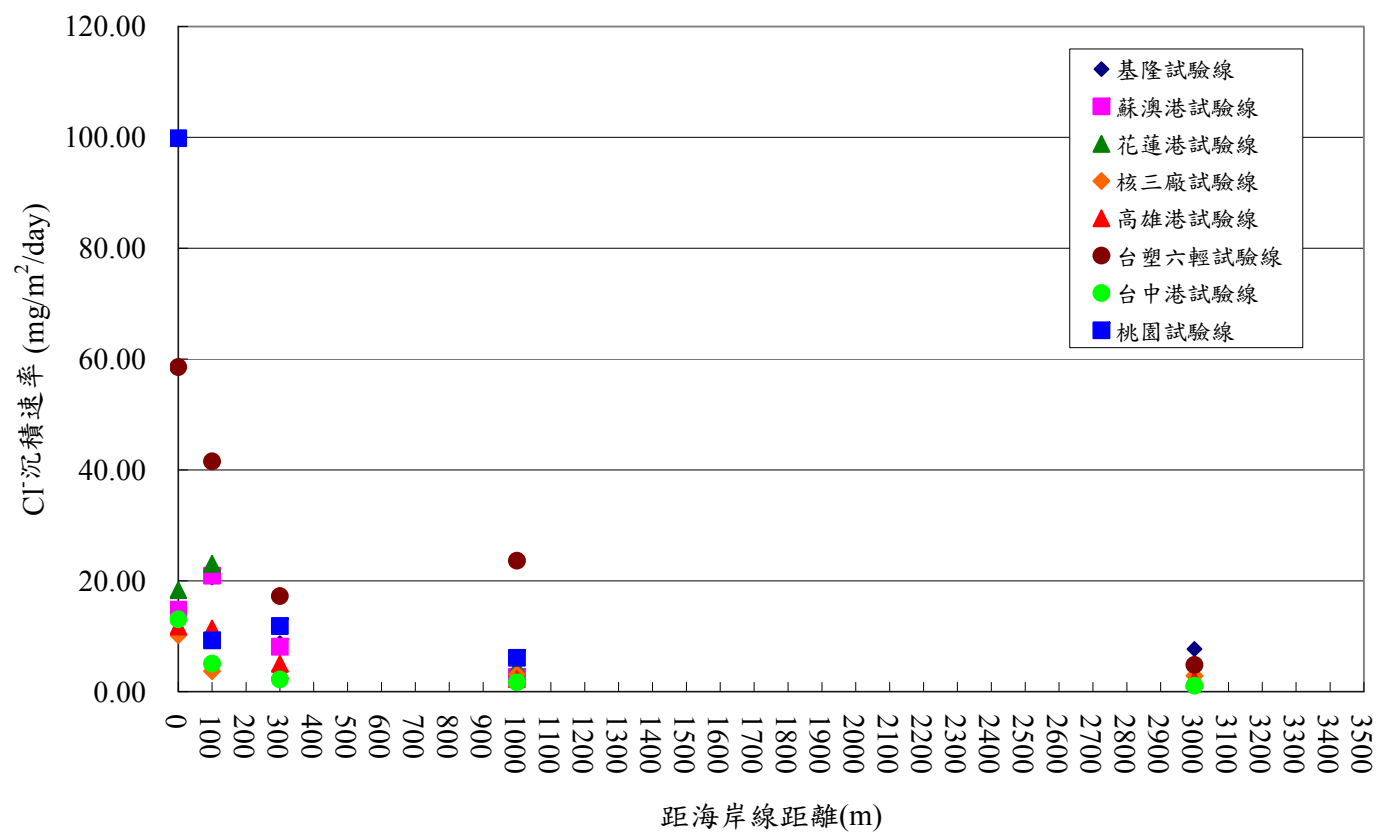


圖 3.23 一年暴露期之氯鹽沉積速率與海岸線距離的關係

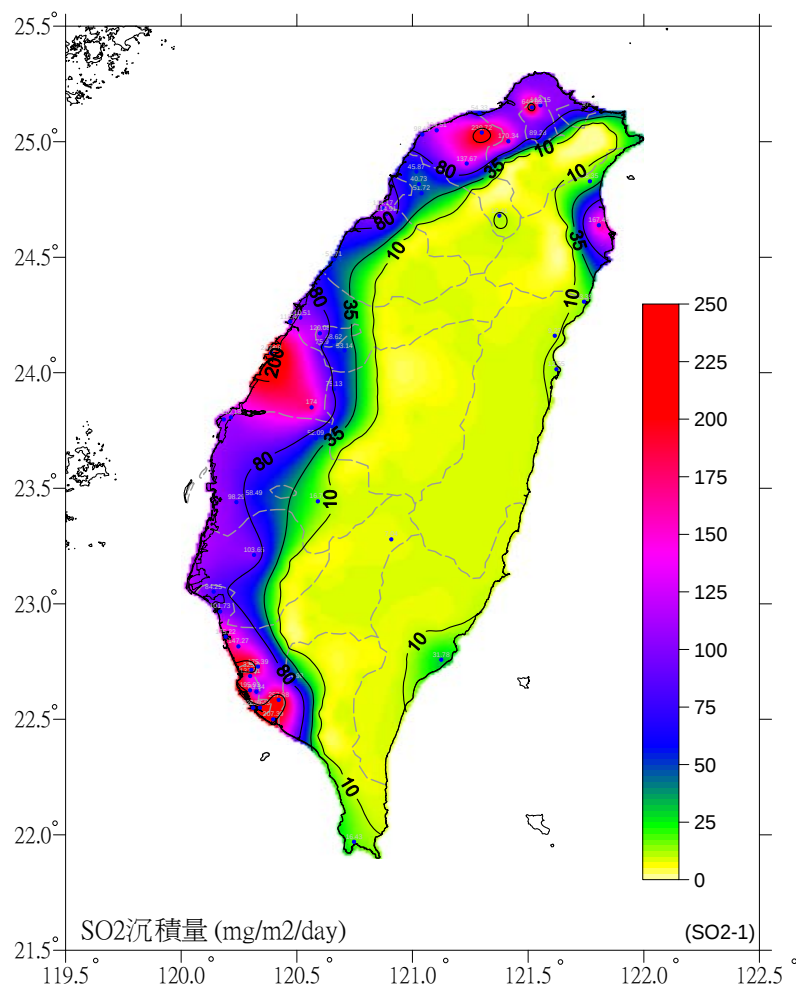


圖 3.24 2007.05-2007.09 SO₂ 沉積速率(mg/m²/day)

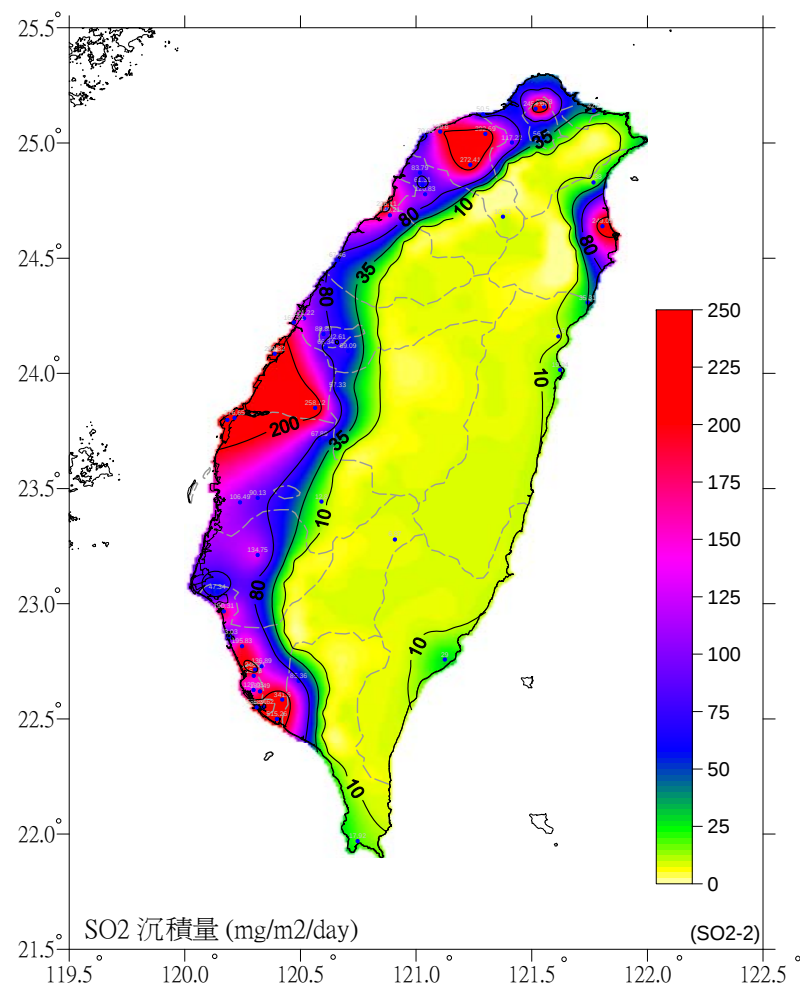


圖 3.25 2007.09-2008.01 SO₂ 沉積速率(mg/m²/day)

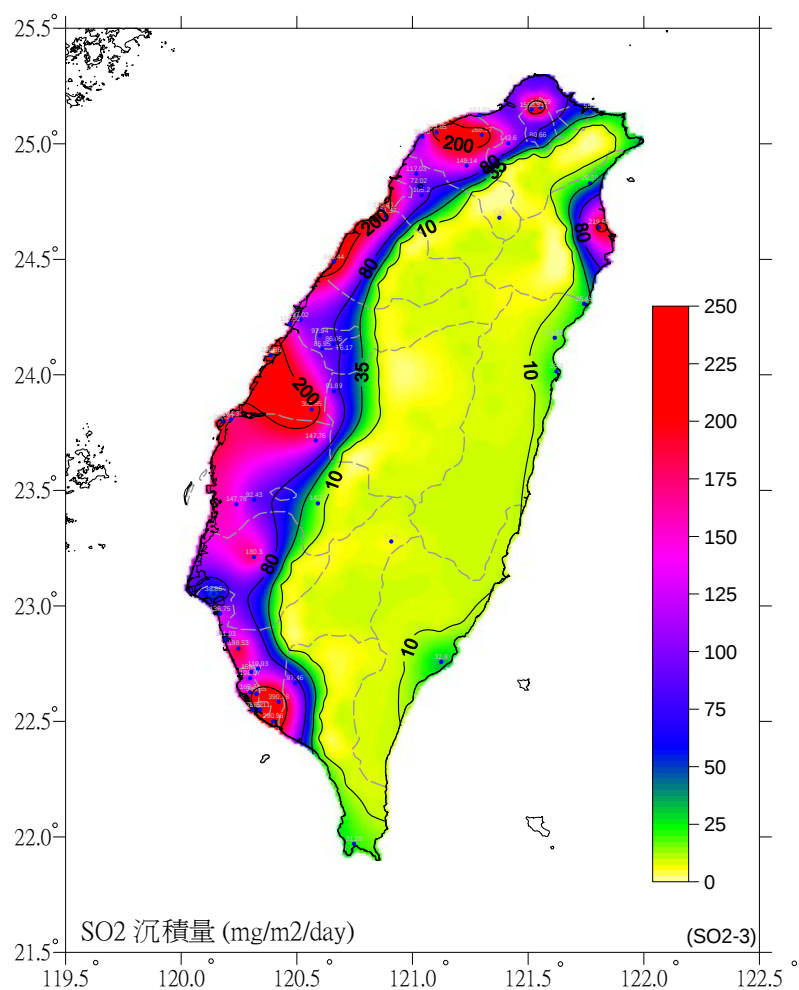


圖 3.26 2008.01-2008.05 SO₂ 沉積速率(mg/m²/day)

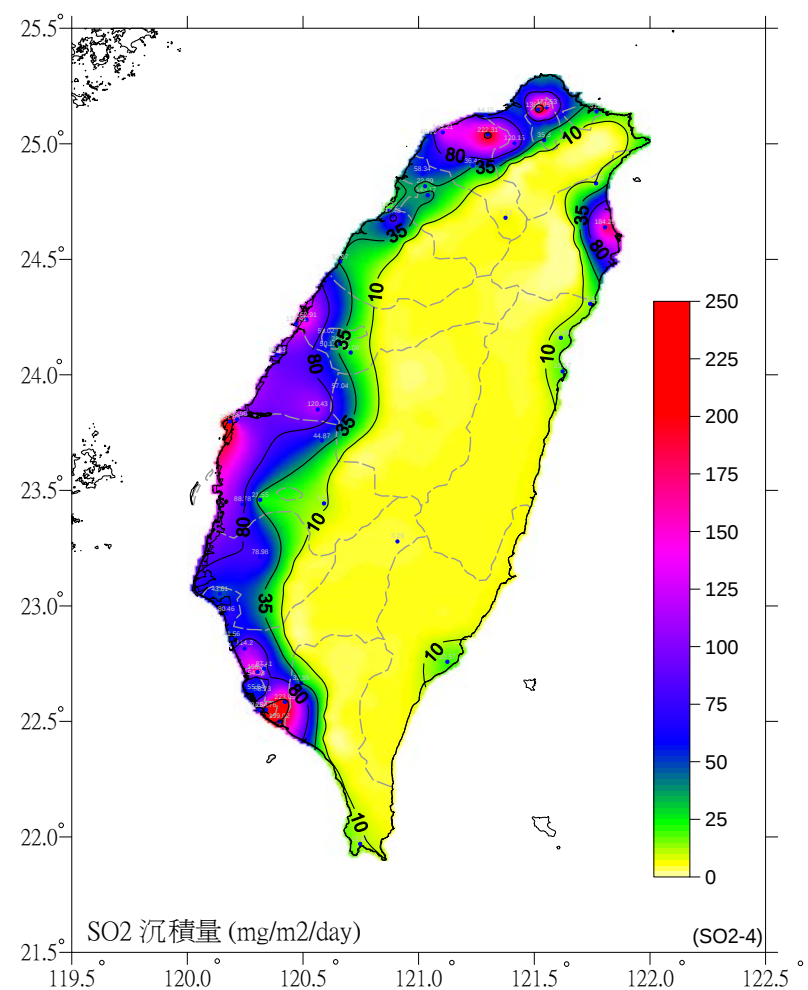


圖 3.27 2008.05-2008.08 SO₂ 沉積速率(mg/m²/day)

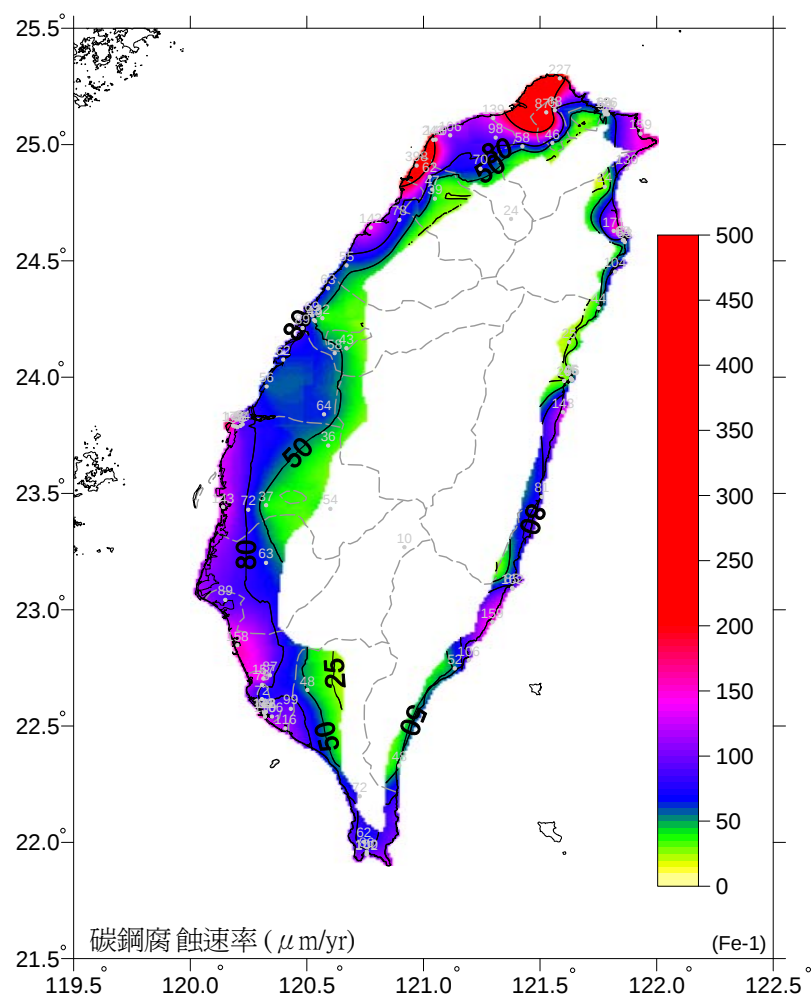


圖 3.28 2007.05-2007.09 碳鋼腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)

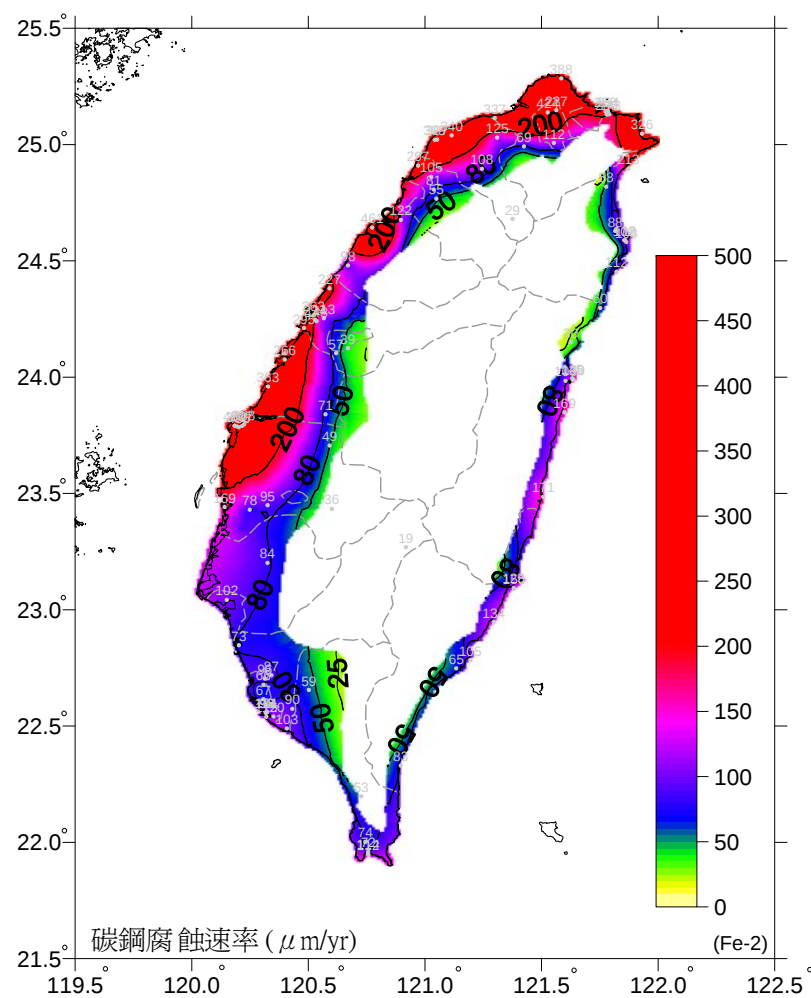
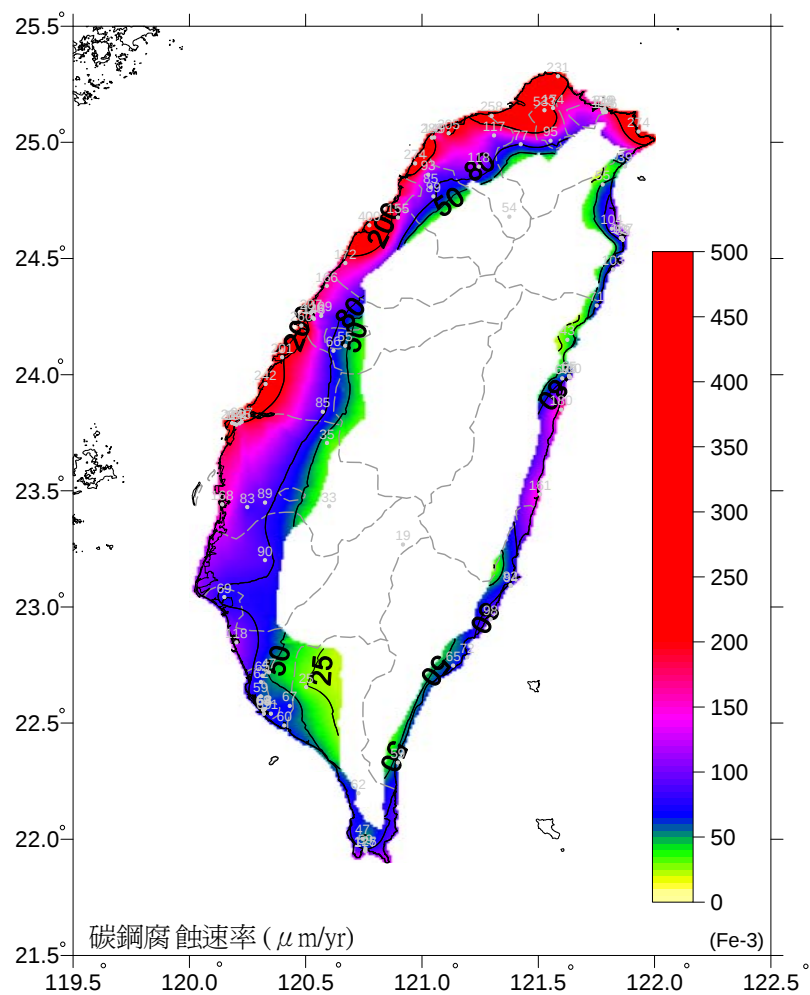
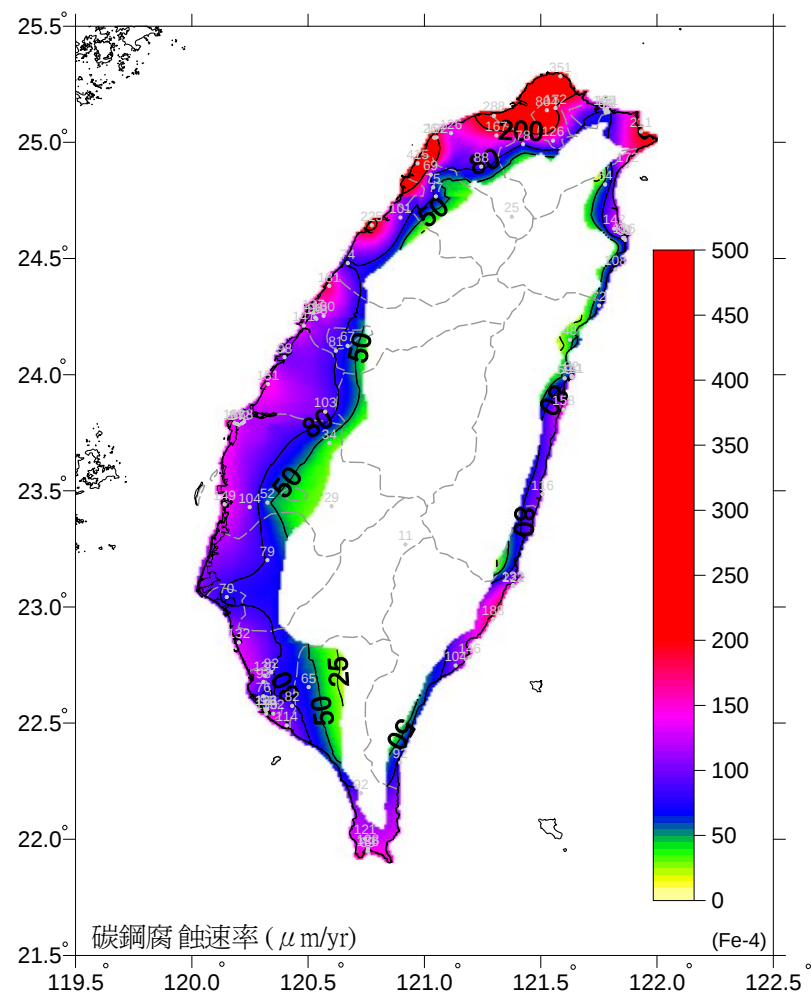


圖 3.29 2007.09-2008.01 碳鋼腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)

圖 3.30 2008.01-2008.05 碳鋼腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)圖 3.31 2008.05-2008.08 碳鋼腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)

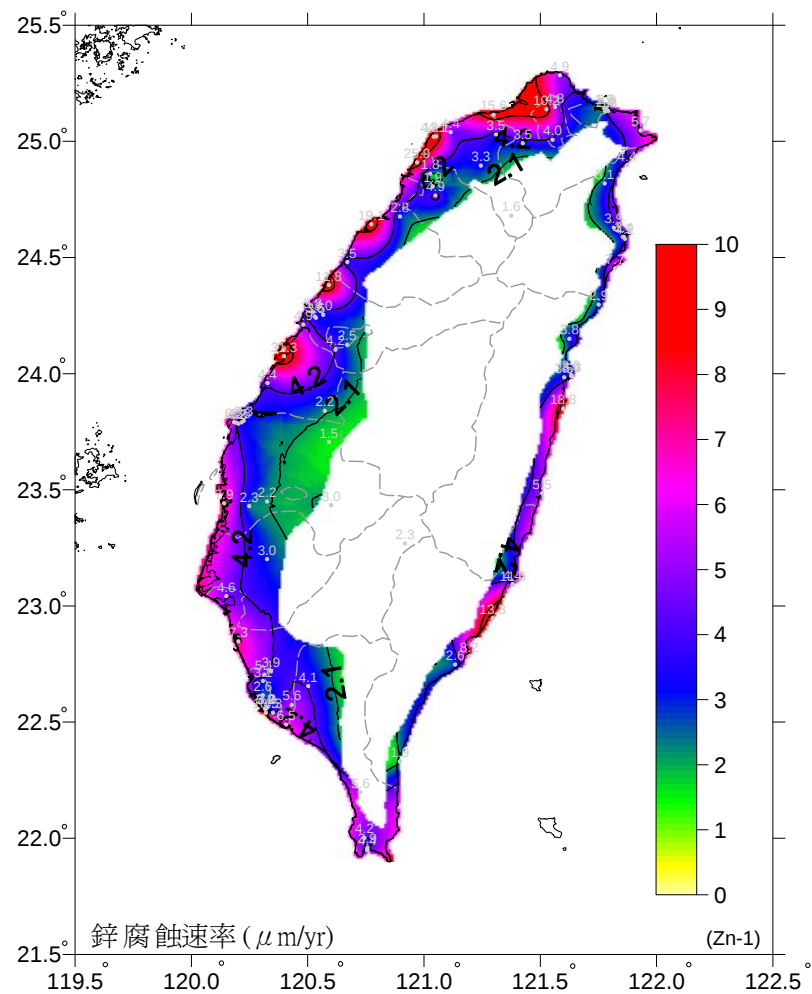


圖 3.32 2007.05-2007.09 鋅腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)

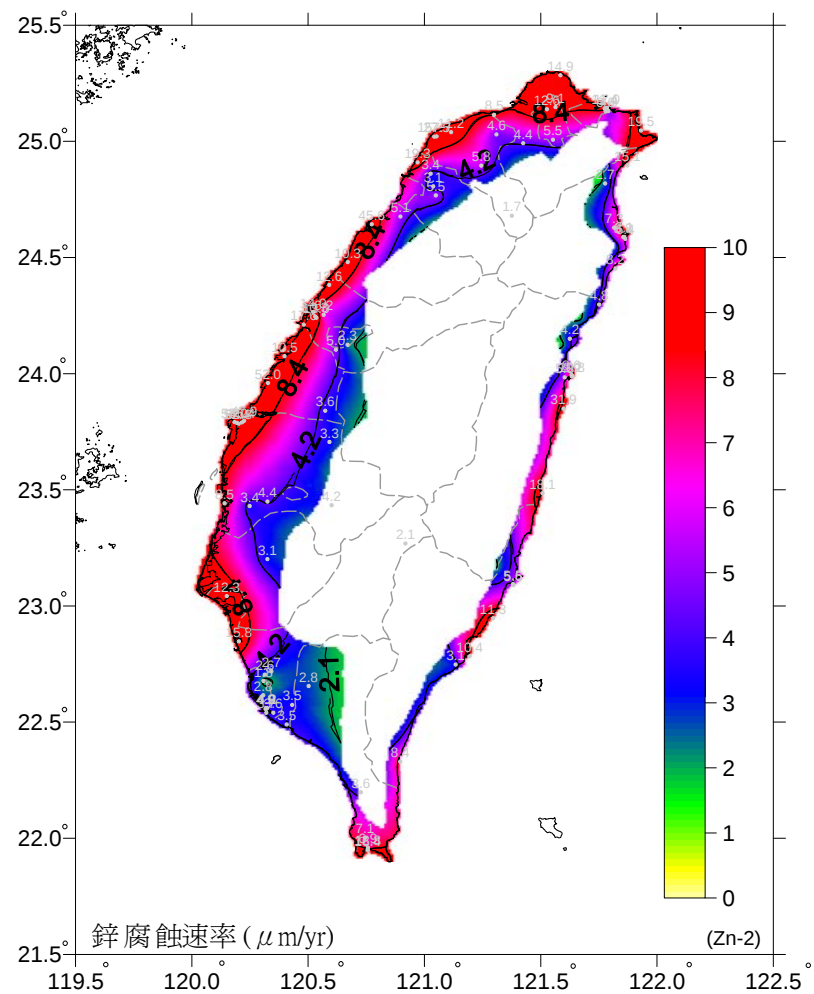
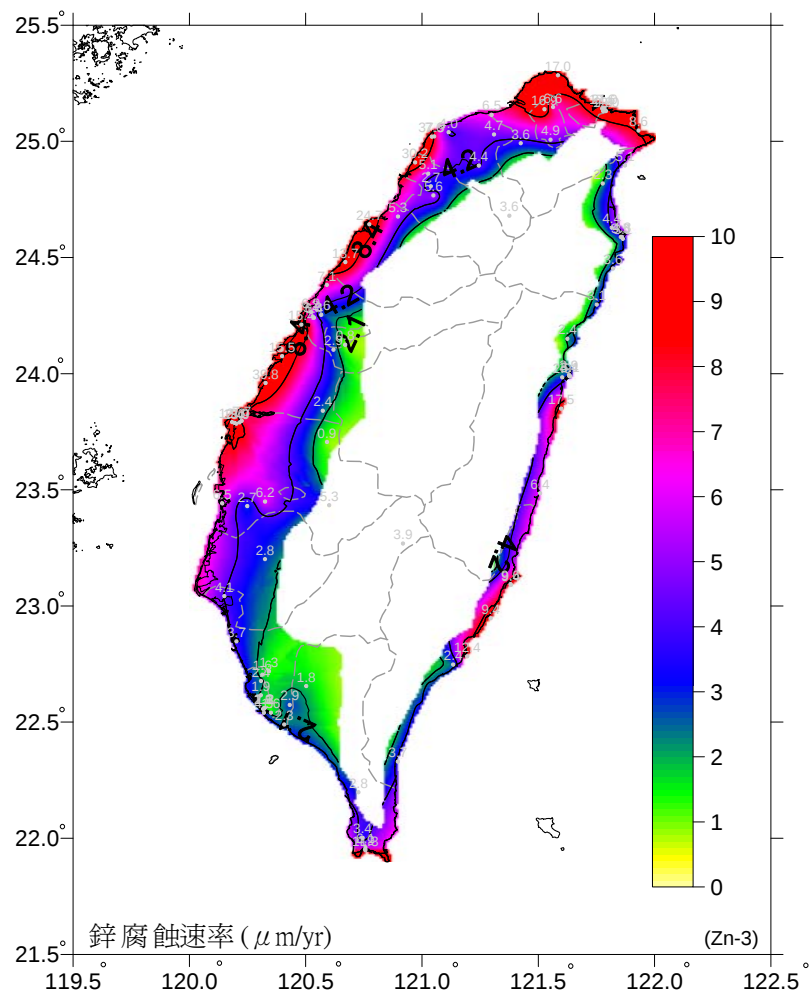
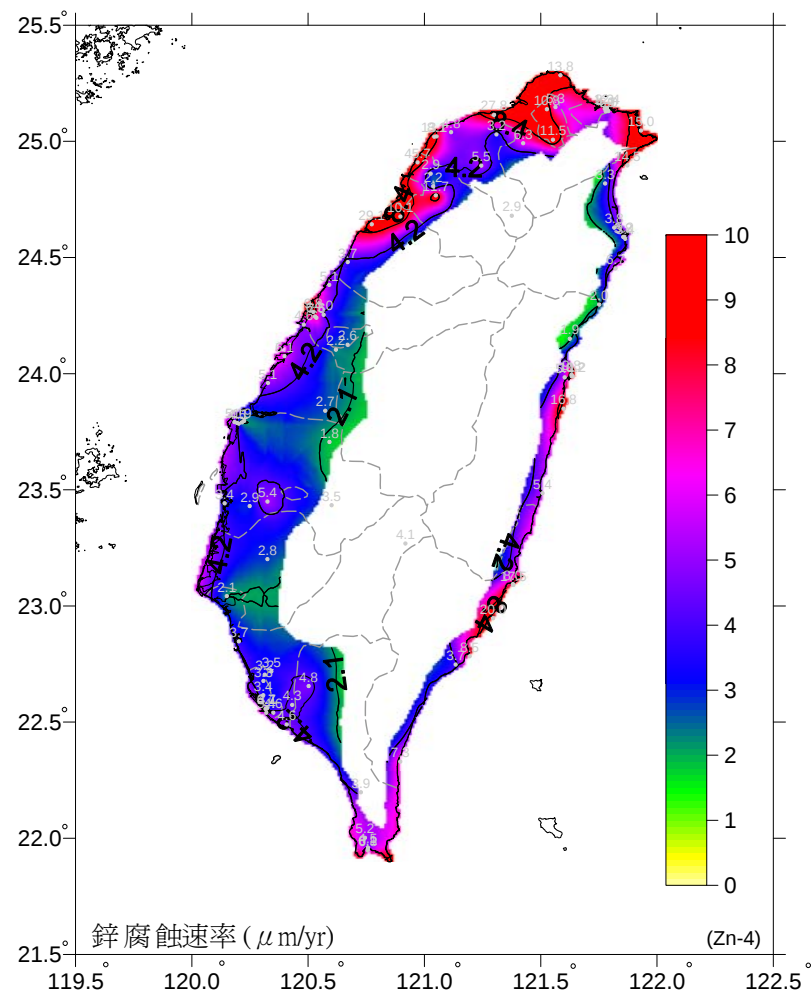
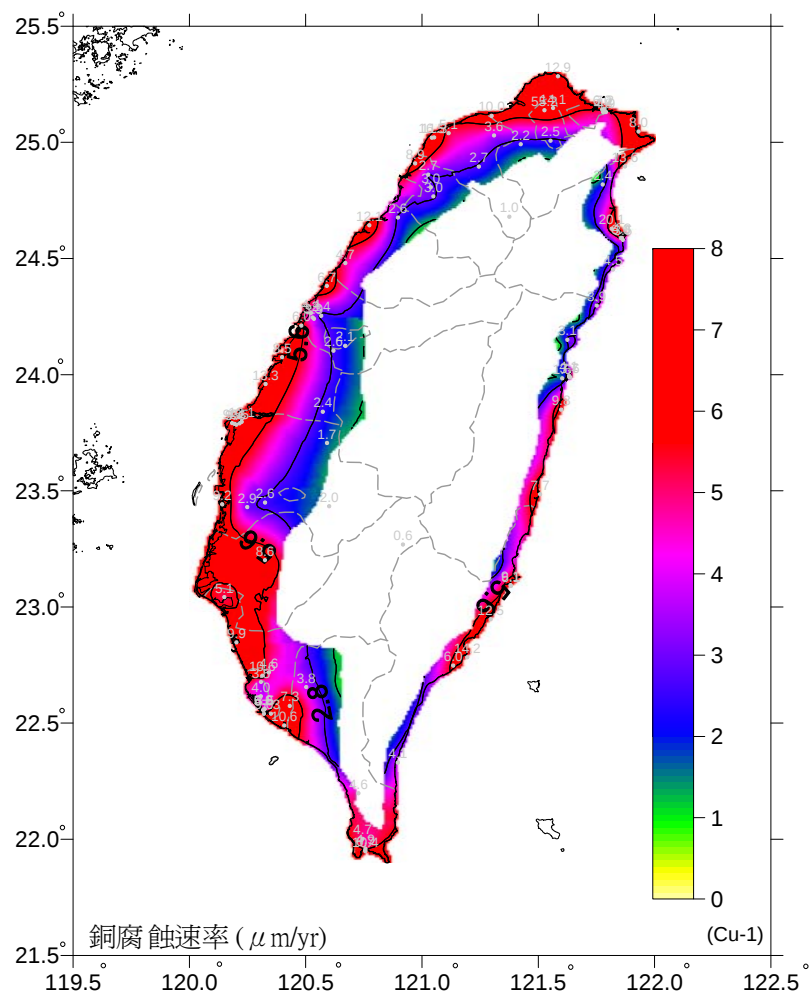
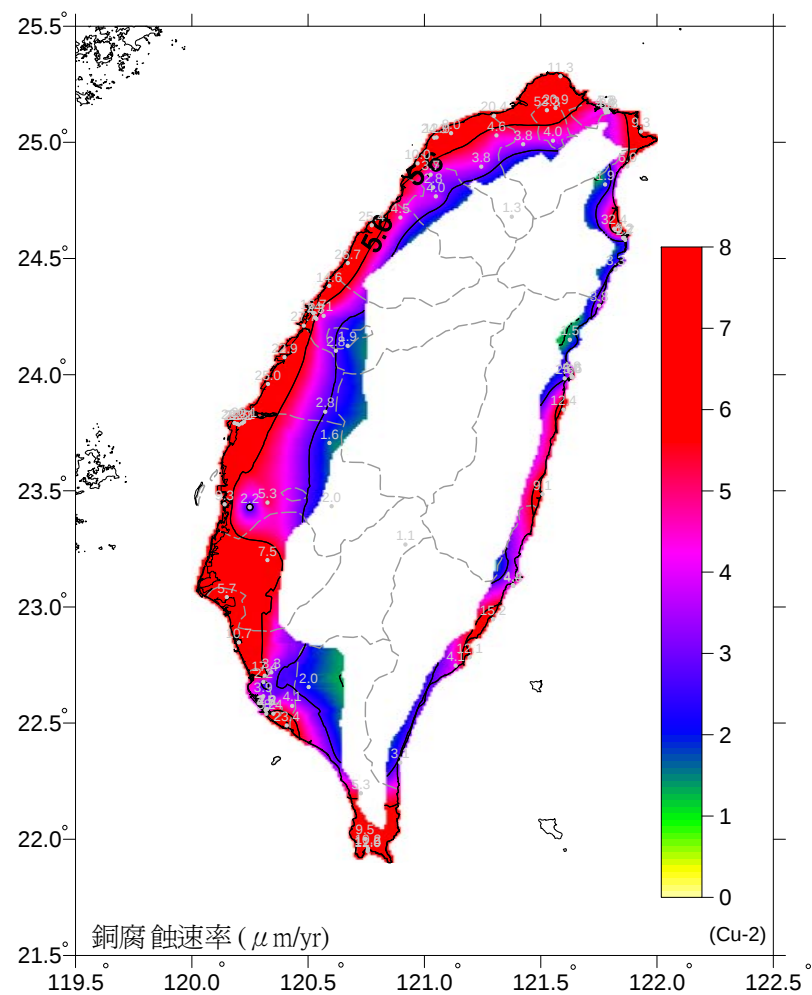


圖 3.33 2007.09-2008.01 鋅腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)

圖 3.34 2008.01-2008.05 鉍腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)圖 3.35 2008.05-2008.08 鉍腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)

圖 3.36 2007.05-2007.09 銅腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)圖 3.37 2007.09-2008.01 銅腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)

3-50

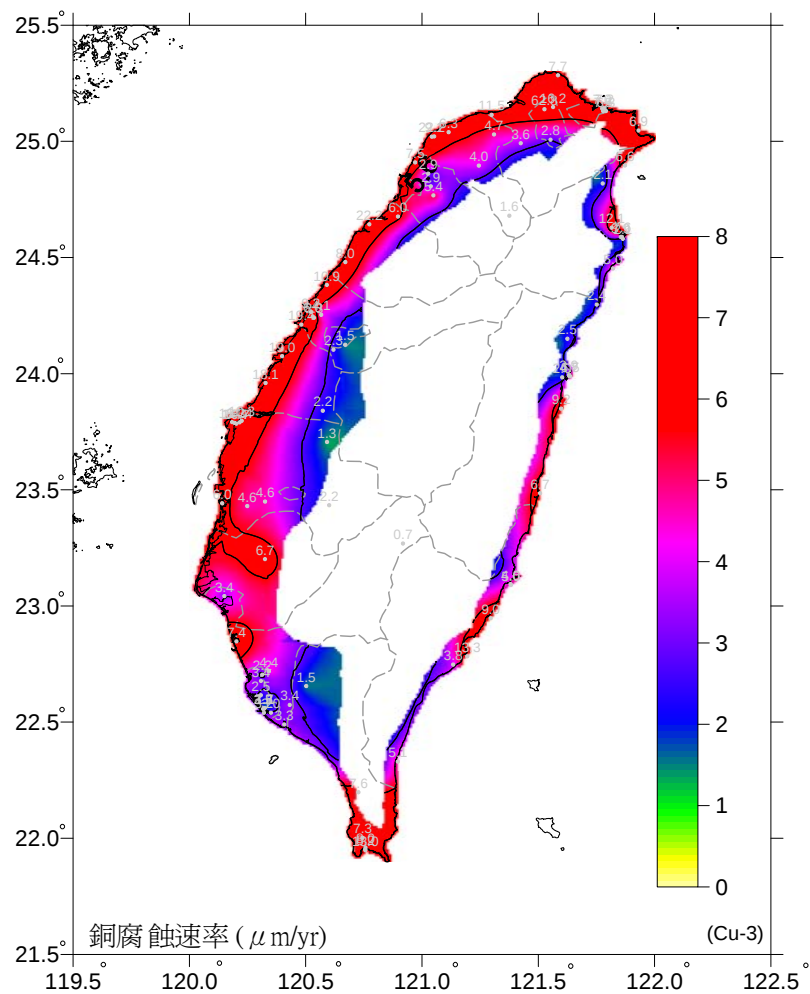


圖 3.38 2008.01-2008.05 銅腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)

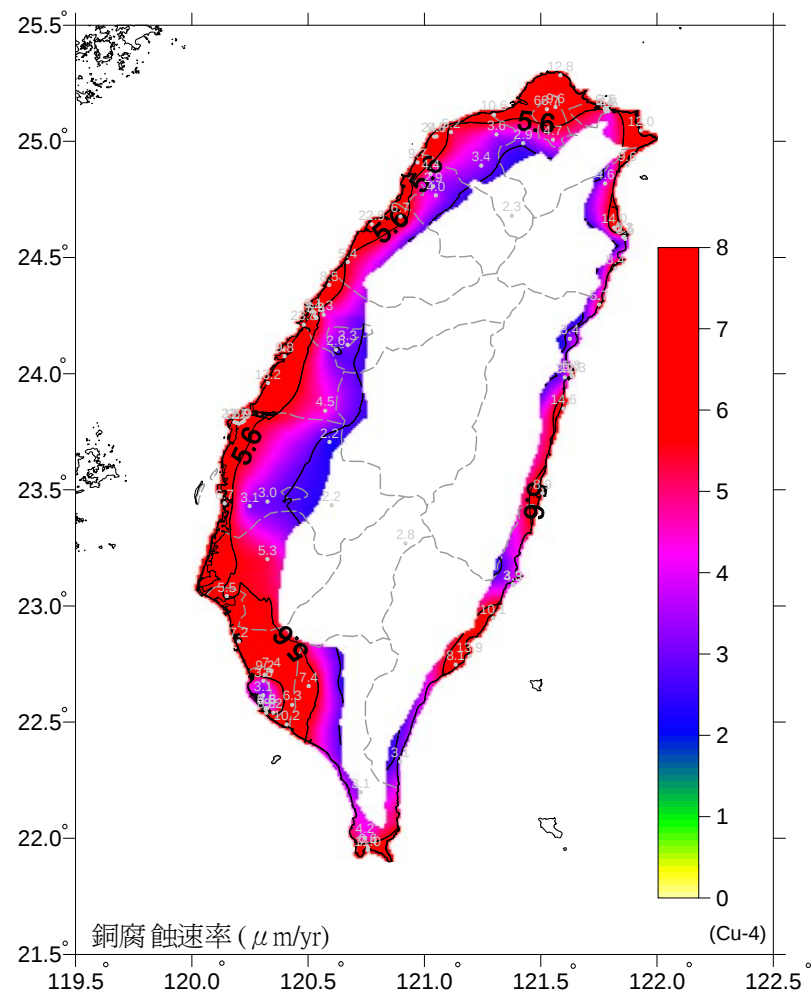


圖 3.39 2008.05-2008.08 銅腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)

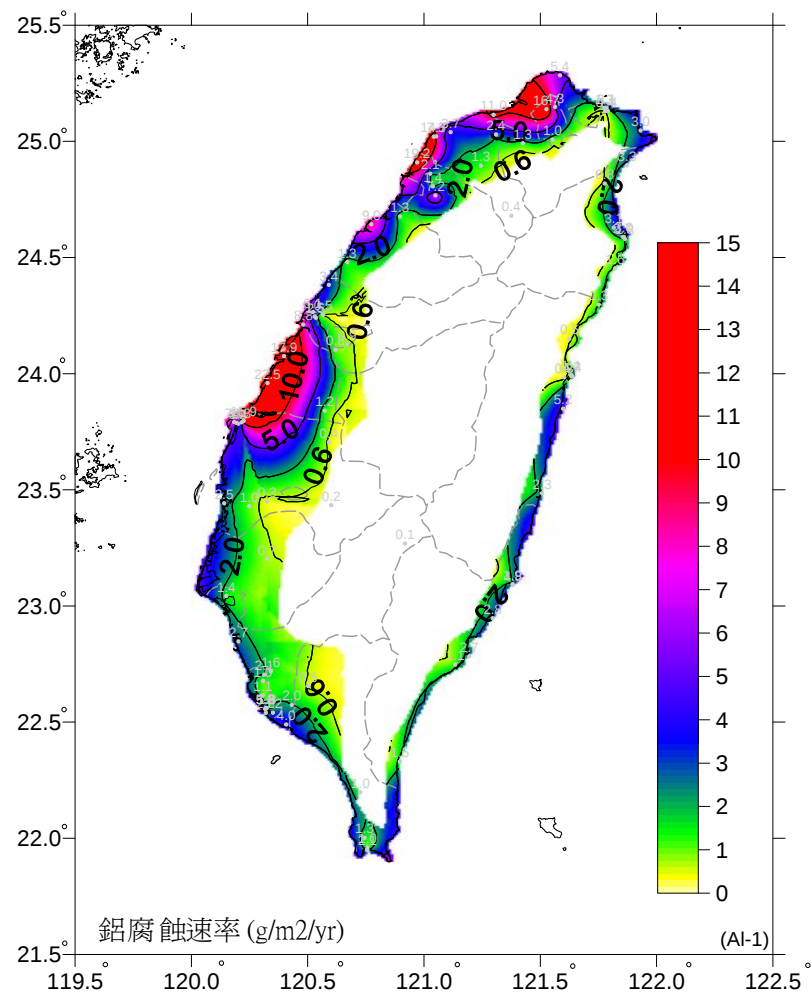


圖 3.40 2007.05-2007.09 鋁腐蝕速率(g/m²/yr)

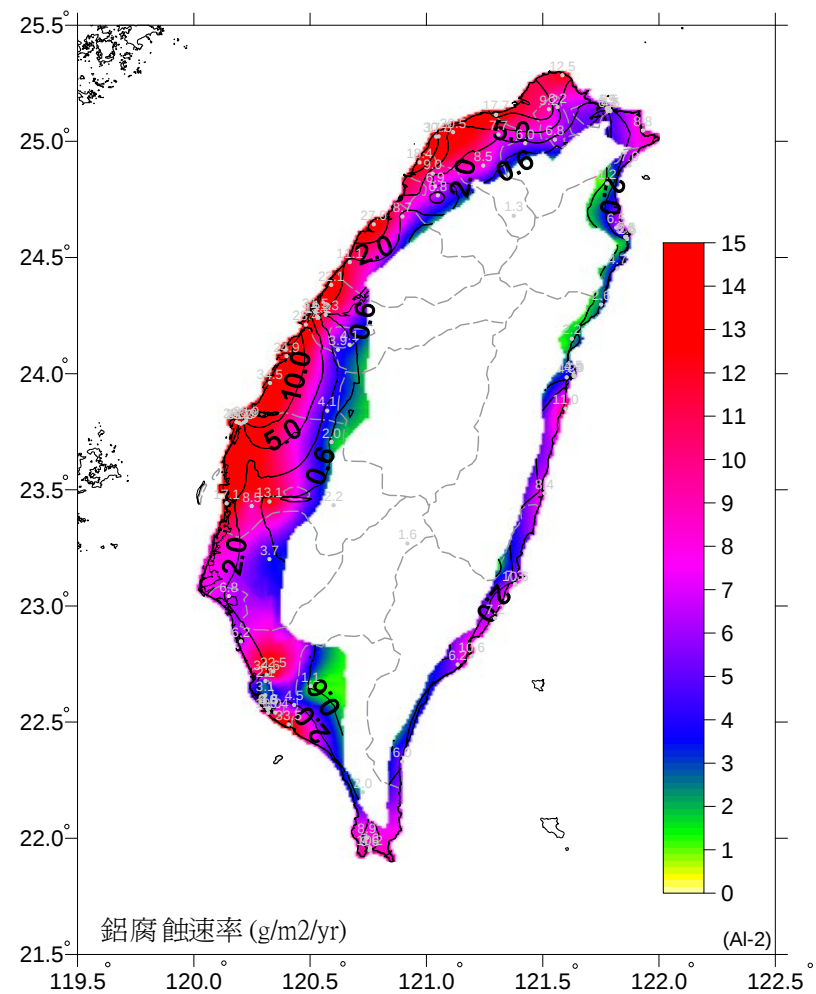


圖 3.41 2007.09-2008.01 鋁腐蝕速率(g/m²/yr)

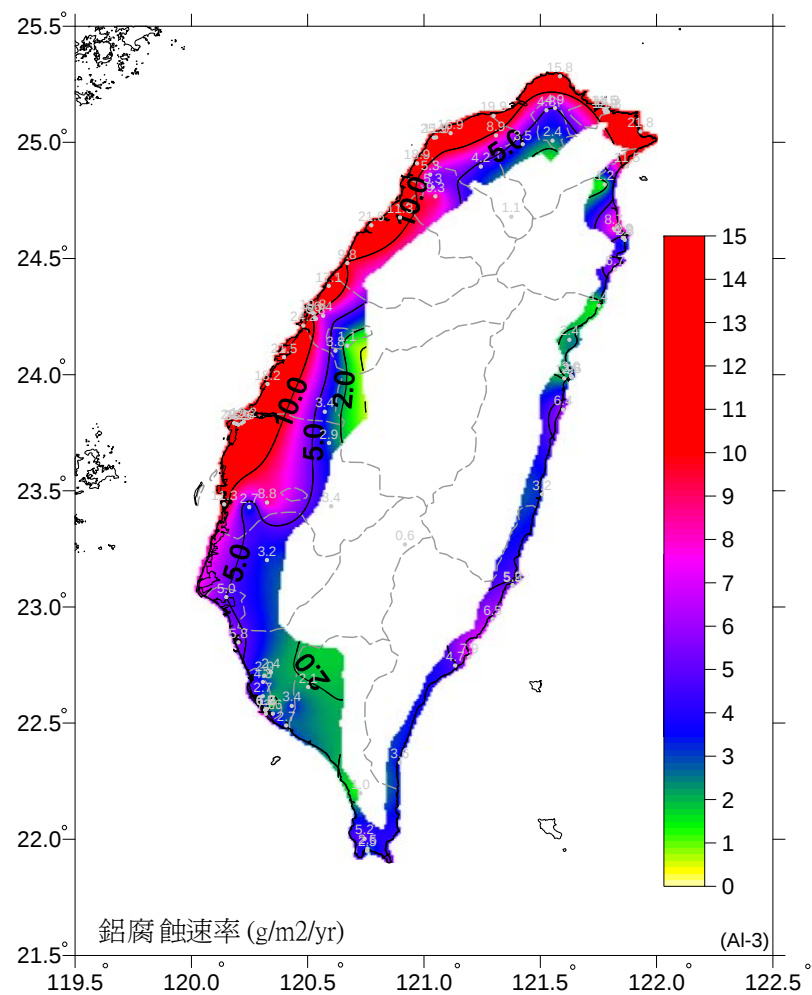


圖 3.42 2008.01-2008.05 鋁腐蝕速率(g/m²/yr)

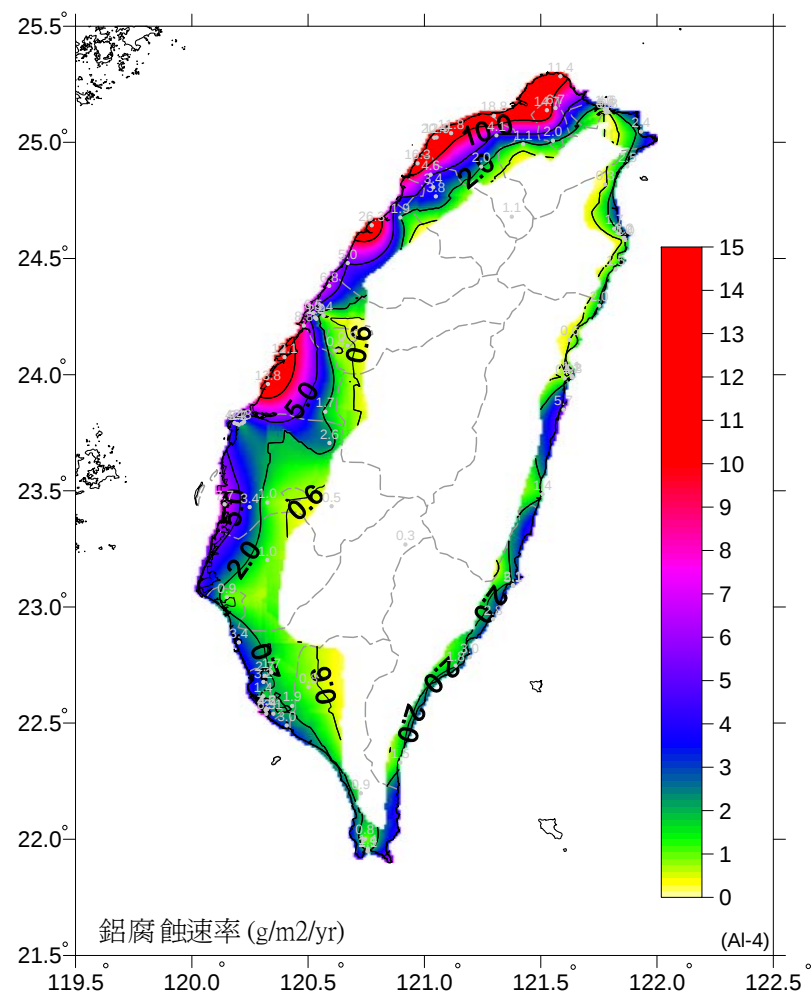


圖 3.43 2008.05-2008.08 鋁腐蝕速率(g/m²/yr)

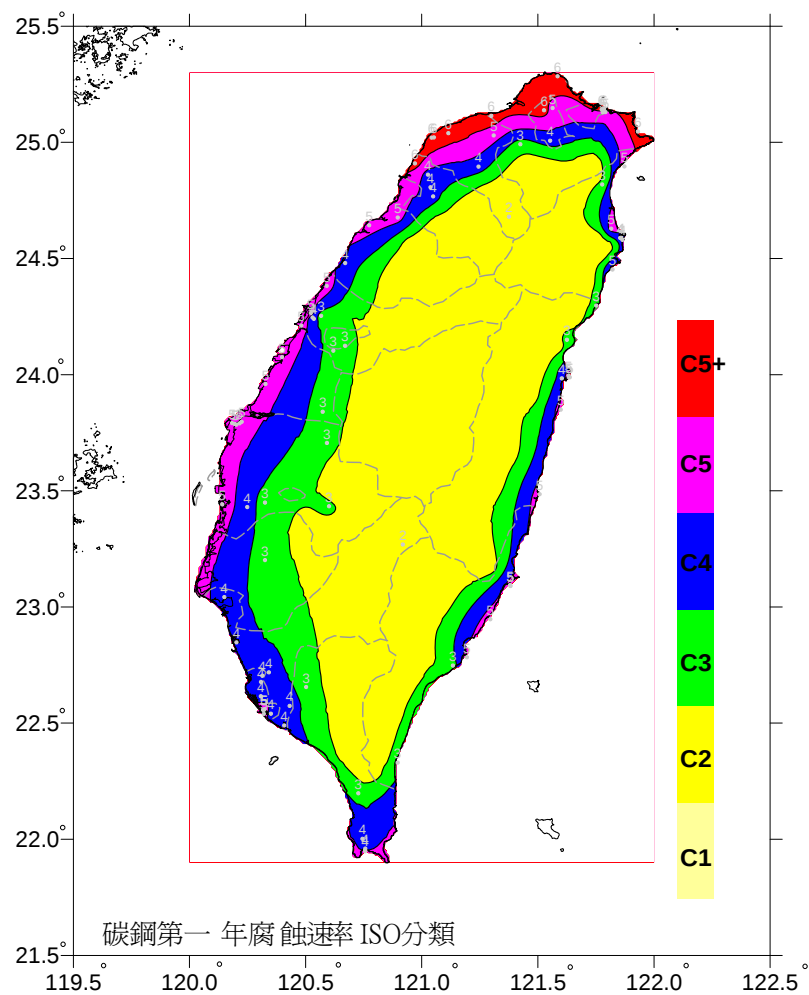


圖 3.44 碳鋼第一年腐蝕速率 ISO 分類

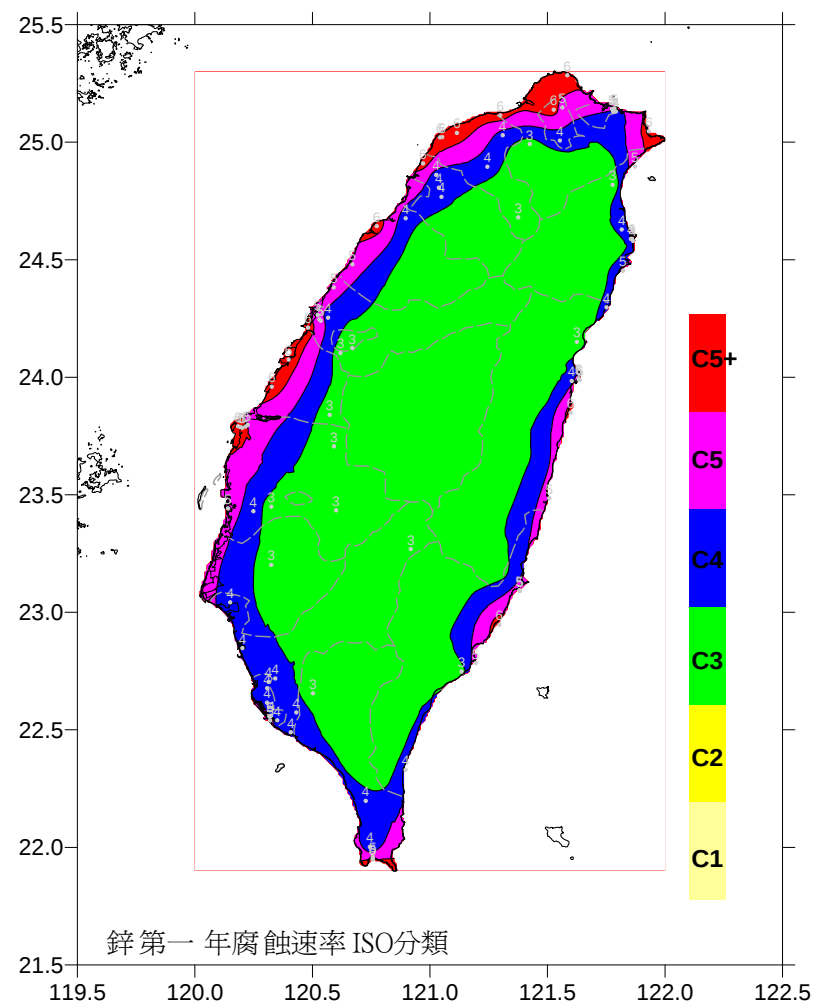


圖 3.45 鋅第一年腐蝕速率 ISO 分類

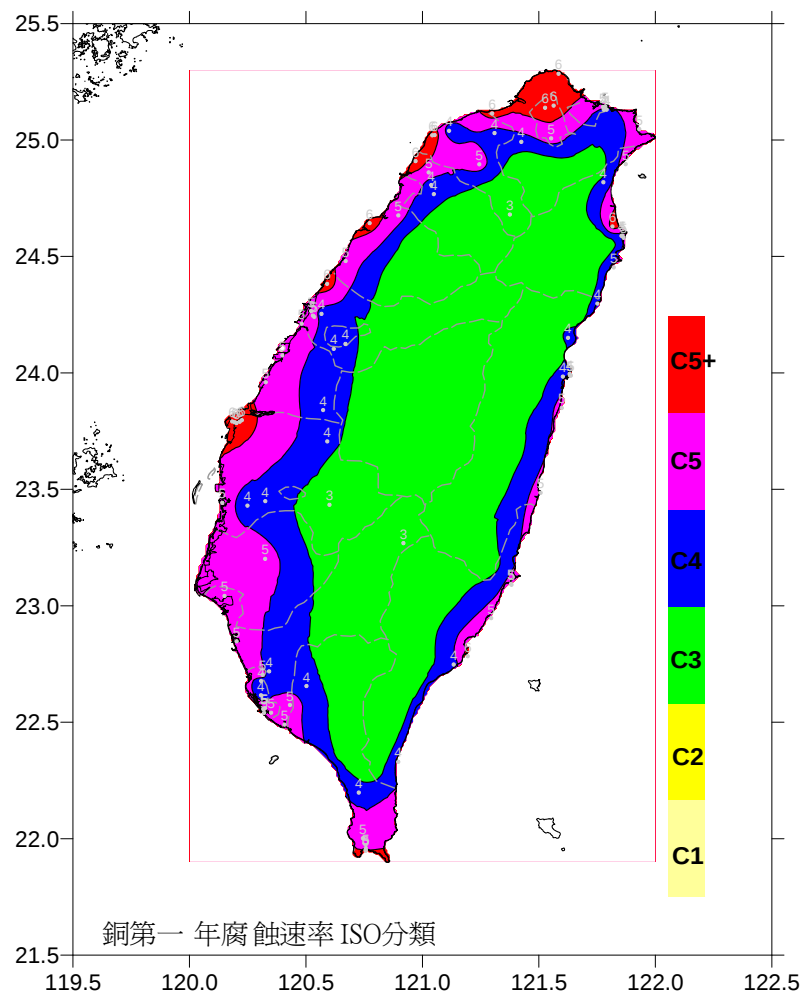


圖 3.46 銅第一年腐蝕速率 ISO 分類

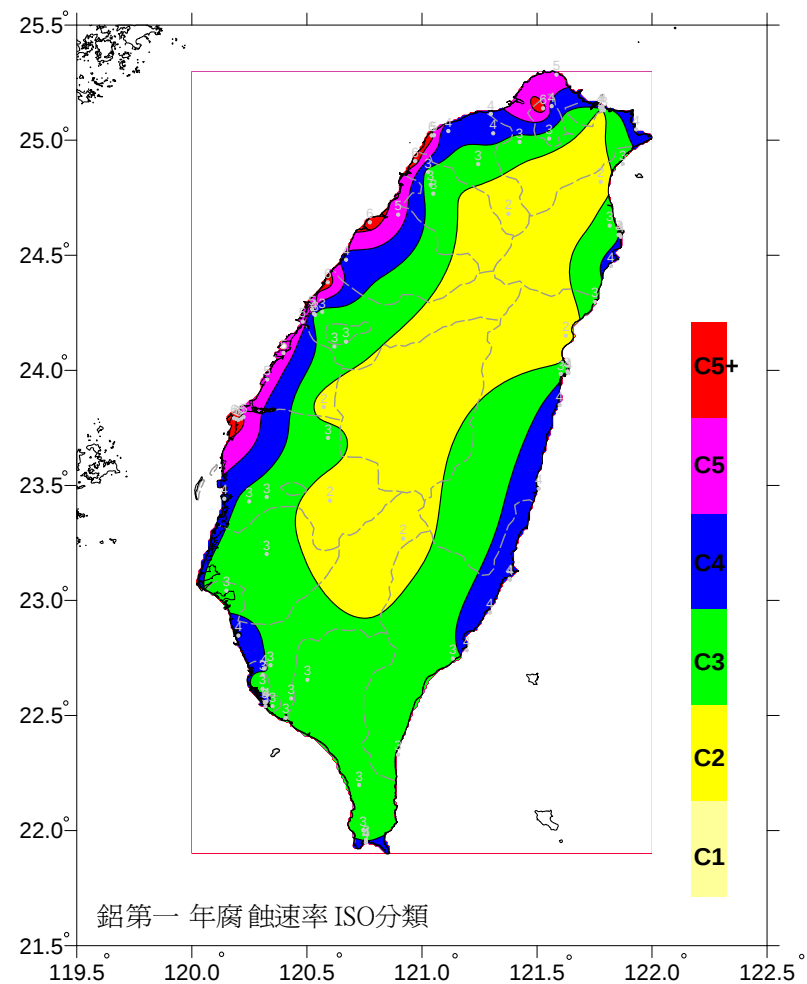


圖 3.47 鋁第一年腐蝕速率 ISO 分類

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 ($Cu=0.03\sim0.10\%$, $P < 0.07\%$)，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

然而在 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

2009 年 6 月 10 日現場試片暴露約 8 個月後之外觀如圖 4.1 至圖 4.3 所示。



臺中火力電廠鋁材試片(銅試片全數遺失)



臺中火力電廠鋅材、碳鋼試片



臺中火力電廠試驗場全貌



鋁片-表面為灰白與黑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，並有分層剝離的現象



鋅片-表面為白色粉末狀之腐蝕生成物

圖 4.1 2009 年 6 月 10 日臺中火力電廠現場試片外觀



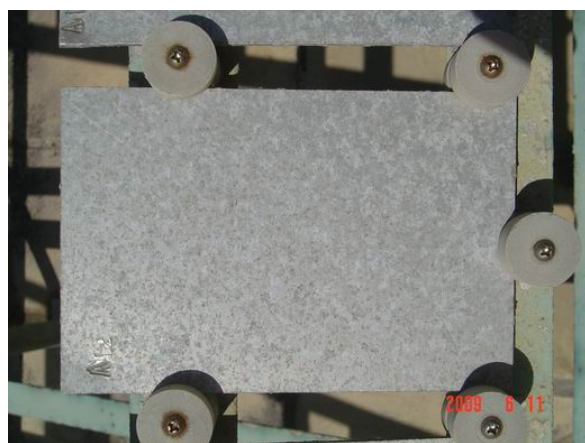
麥寮工業區銅、鋁材試片



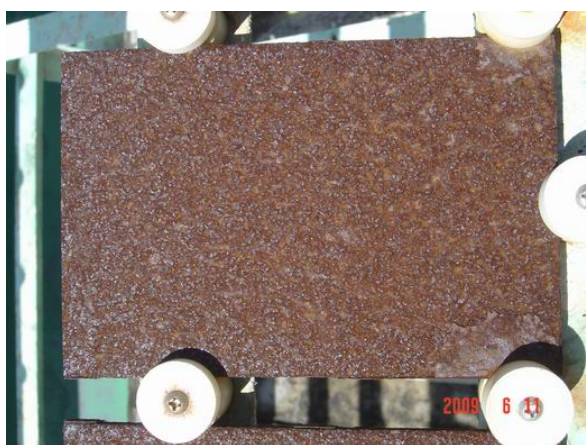
麥寮工業區鋅材、碳鋼試片



銅片-表面為綠色粉狀之腐蝕生成物



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，並有分層剝離的現象

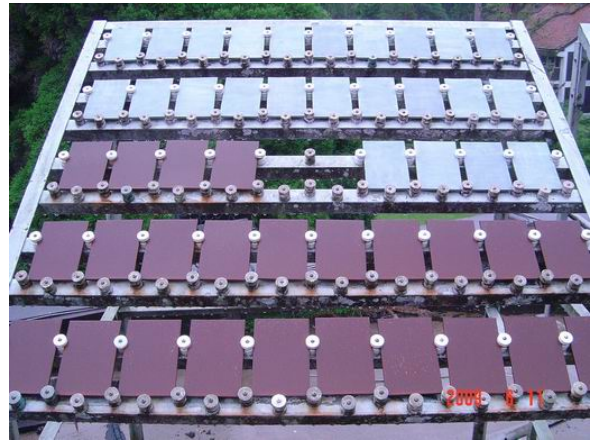


鋅片-表面為白色粉末狀之腐蝕生成物

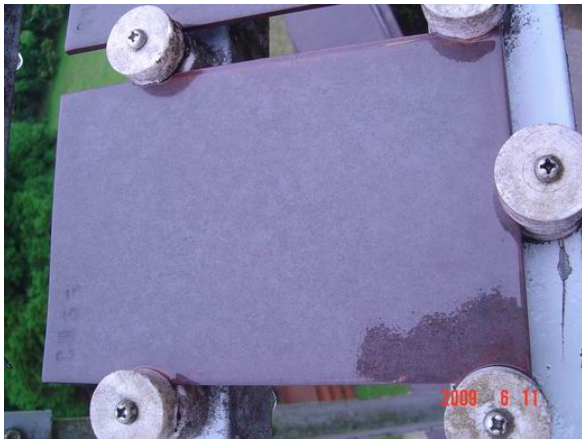
圖 4.2 2009 年 6 月 10 日麥寮工業區現場試片外觀



溪頭森林區銅、鋁材試片



溪頭森林區鋅材、碳鋼試片



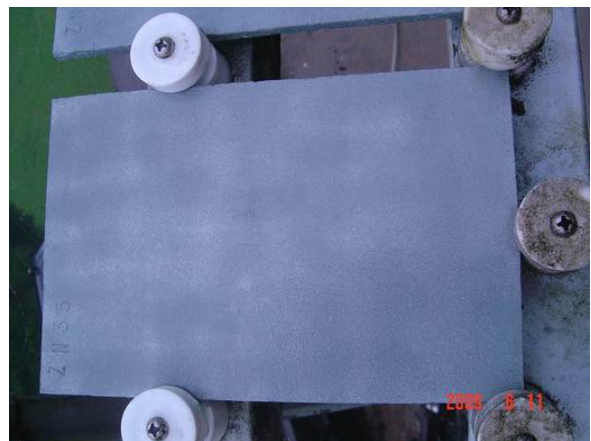
銅片-表面為灰黑色表面



鋁片-表面為金屬色，幾乎無腐蝕現象



碳鋼-表面呈暗紅色顆粒狀密實的腐蝕生成物



鋅片-表面為密實粗糙的表面

圖 4.3 2009 年 6 月 10 日溪頭森林區現場試片外觀

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。

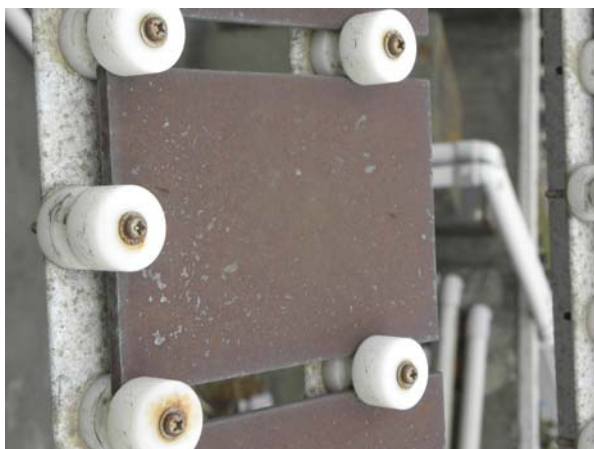
至於第一年暴露試片之取樣，2009 年 9 月 28 日已將各試驗點暴露一年的試片收回，並進行重量損失量測與腐蝕速率計算；取樣時各試驗點之現場試片外觀如圖 4.4 至圖 4.6 所示。



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



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

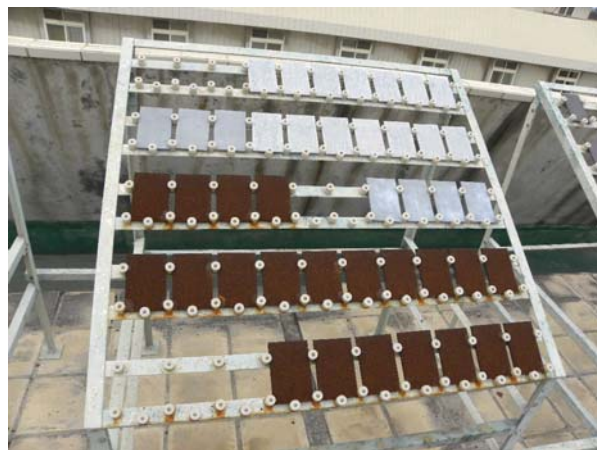


鋅片-表面為白色粉末狀鬆散之腐蝕生成物

圖 4.4 2009 年 9 月 28 日港研究中心現場試片外觀，銅暴露 3 個月，
碳鋼、鋅、鋁暴露約一年



麥寮工業區銅、鋁材試片



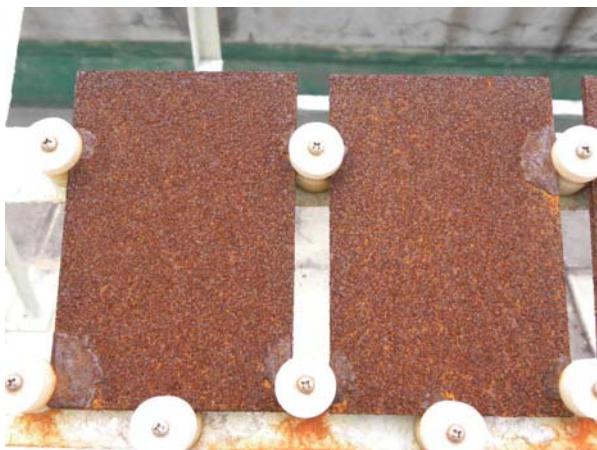
麥寮工業區鋅材、碳鋼試片



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，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 4.5 2009 年 9 月 28 日麥寮工業區現場試片(暴露約 1 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



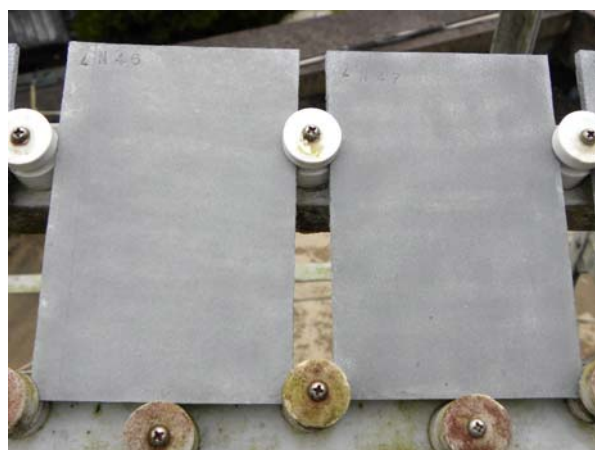
銅片-表面為黑灰色之粗糙表面



鋁片-表面接近金屬色，少部分有白色點狀的腐蝕現象



碳鋼-表面呈暗紅色顆粒狀密實的腐蝕產物



鋅片-表面為密實粗糙的表面

圖 4.6 2009 年 9 月 28 日溪頭森林區現場試片(暴露約 1 年)之外觀

4.3 試片腐蝕生成物清除與測試

現地取樣與試驗調查，將各試驗點測試後第一年回收的試片進行腐蝕速率量測。碳鋼、鋅、鋁、銅四種板狀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 4.7 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下：

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

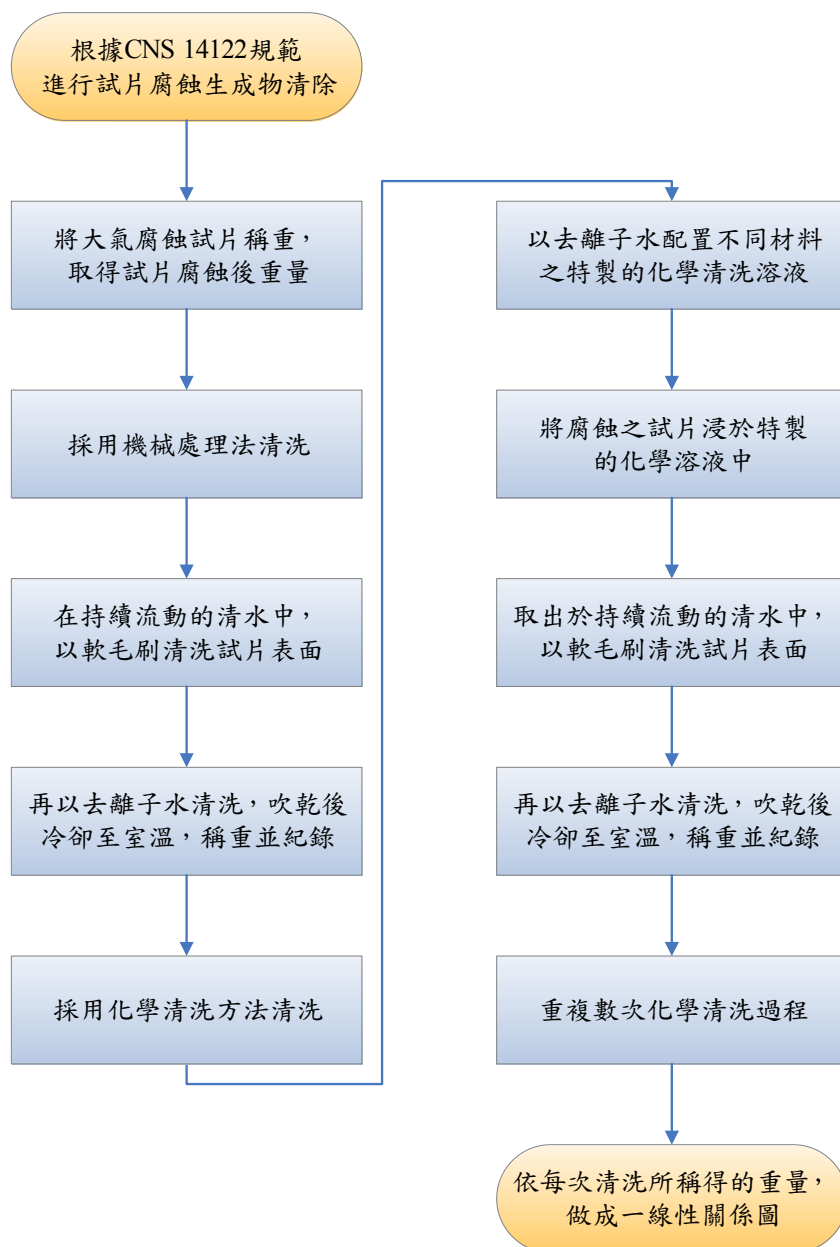


圖 4.7 腐蝕生成物清除法作業流程圖

4.4 腐蝕速率計算與調查結果

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)

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 4-2 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 4-3 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($78.9\mu\text{m}/\text{yr}$ 與 $79.26 \mu\text{m}/\text{yr}$)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 $87.14 \mu\text{m}/\text{yr}$ ，與兩片試片量測所得之 $78.9\mu\text{m}/\text{yr}$ 與 $79.26 \mu\text{m}/\text{yr}$ 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，應避免類似情形發生。若剔除異常數據，本年度麥寮試驗場址碳鋼的平均腐蝕速率為 $81.8 \mu\text{m/yr}$ 。

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 $81.8 \mu\text{m/yr}$ 、 $16.06 \mu\text{m/yr}$ 與 $114.80 \mu\text{m/yr}$ ；鋅金屬的平均腐蝕速率分別約為 $5.32 \mu\text{m/yr}$ 、 $1.91 \mu\text{m/yr}$ 與 $9.79 \mu\text{m/yr}$ ；鋁金屬的平均腐蝕速率分別約為 $8.37 \text{ g/m}^2/\text{yr}$ 、 $0.48 \text{ g/m}^2/\text{yr}$ 與 $7.81 \text{ g/m}^2/\text{yr}$ ；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 $5.93 \mu\text{m/yr}$ 與 $1.24 \mu\text{m/yr}$ 。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 C5、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+、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、C2。各金屬之大氣腐蝕環境分類結果如表 4-3 所示。

表 4-2 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	$\text{g/m}^2/\text{yr}$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 10$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 0.7$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 0.9$	可忽視
	$\mu\text{m/yr}$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 1.3$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 0.1$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 0.1$	—
C2	$\text{g/m}^2/\text{yr}$	$10 < \gamma_{\text{corr}} \leq 200$	$0.7 < \gamma_{\text{corr}} \leq 5$	$0.9 < \gamma_{\text{corr}} \leq 5$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 0.6$
	$\mu\text{m/yr}$	$1.3 < \gamma_{\text{corr}} \leq 25$	$0.1 < \gamma_{\text{corr}} \leq 0.7$	$0.1 < \gamma_{\text{corr}} \leq 0.6$	—
C3	$\text{g/m}^2/\text{yr}$	$200 < \gamma_{\text{corr}} \leq 400$	$5 < \gamma_{\text{corr}} \leq 15$	$5 < \gamma_{\text{corr}} \leq 12$	$0.6 < \gamma_{\text{corr}} \leq 2$
	$\mu\text{m/yr}$	$25 < \gamma_{\text{corr}} \leq 50$	$0.7 < \gamma_{\text{corr}} \leq 2.1$	$0.6 < \gamma_{\text{corr}} \leq 1.3$	—
C4	$\text{g/m}^2/\text{yr}$	$400 < \gamma_{\text{corr}} \leq 650$	$15 < \gamma_{\text{corr}} \leq 30$	$12 < \gamma_{\text{corr}} \leq 25$	$2 < \gamma_{\text{corr}} \leq 5$
	$\mu\text{m/yr}$	$50 < \gamma_{\text{corr}} \leq 80$	$2.1 < \gamma_{\text{corr}} \leq 4.2$	$1.3 < \gamma_{\text{corr}} \leq 2.8$	—
C5	$\text{g/m}^2/\text{yr}$	$650 < \gamma_{\text{corr}} \leq 1500$	$30 < \gamma_{\text{corr}} \leq 60$	$25 < \gamma_{\text{corr}} \leq 50$	$5 < \gamma_{\text{corr}} \leq 10$
	$\mu\text{m/yr}$	$80 < \gamma_{\text{corr}} \leq 200$	$4.2 < \gamma_{\text{corr}} \leq 8.4$	$2.8 < \gamma_{\text{corr}} \leq 5.6$	—

資料來源：CNS 13401 (ISO 9223)

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"	78.90	(剔除異常數據 115.58)	C5	5.08	5.32	C5
	115.58			5.61		
	79.26			5.27		
	87.14					
溪頭 120°48'10" 23°40'22"	16.77	16.06	C2	1.69	1.91	C3
	15.30			2.05		
	16.06			1.98		
港研中心 120°31'46.4" 24°16'15.2"	116.84	114.80	C5	8.74	9.79	C5+
	113.10			10.98		
	114.45			9.64		
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 120°13'23.2" 23°48'18.9"	5.76	5.93	C5+	8.72	8.37	C5
	5.72			8.37		
	6.30			8.02		
溪頭 120°48'10" 23°40'22"	1.26	1.24	C3	0.55	0.48	C2
	1.14			0.39		
	1.31			0.51		
港研中心 120°31'46.4" 24°16'15.2"	-	-	-	4.97	7.81	C5
	-			8.87		
	-			9.58		

註：-表示試片遺失，重新佈放試片之暴露時間未滿一年

第五章 大氣腐蝕因子資料庫功能維護與擴充

5.1 系統功能規劃

結構材料大氣腐蝕是結構物工程設計的重要參考數據，根據去年的系統功能，本年度在此資料庫中擴充下列功能：

1. 前端版面更新：主要是根據港灣技術研究中心的需求，將前台使用者所看到的視覺版面重新設計。使資料庫前台呈現之介面與交通部運輸研究所以及港灣技術研究中心的呈現風格一致化，達到同性質的資料庫具備同系列的呈現效果。
2. 資料庫管理功能：延續去年的系統功能，在資料庫端，建立監測點與數據的管理介面，使管理者再資料維護上更具方便性。

5.2 前端版面更新

本系統之前端版面，根據港灣技術研究中心的需求，已與交通部運輸研究所相關 Logo 及設計概念整合重新設計。新的前端版面包含運研所以及港灣技術研究中心的 Logo；並搭配大氣腐蝕資料庫的形象概念，進行分子結構的背景設計理念，首頁展示如圖 5.1 所示：



圖 5.1 新版大氣腐蝕系統前端設計

5.3 系統架構規劃

本系統之架構依循去年的系統架構為基礎，主要分為資料存取、資料處理與資料查詢三大模組。資料存取主要提供所蒐集資料或數據資料之輸入建檔，資料處理提供數據分析功能、資料查詢提供顯示與列印(含統計查詢)等功能。開發工作及程式撰寫包括資料庫規劃設計、資料處理介面、查詢使用等介面程式設計。架構流程如圖 5.2 所示：

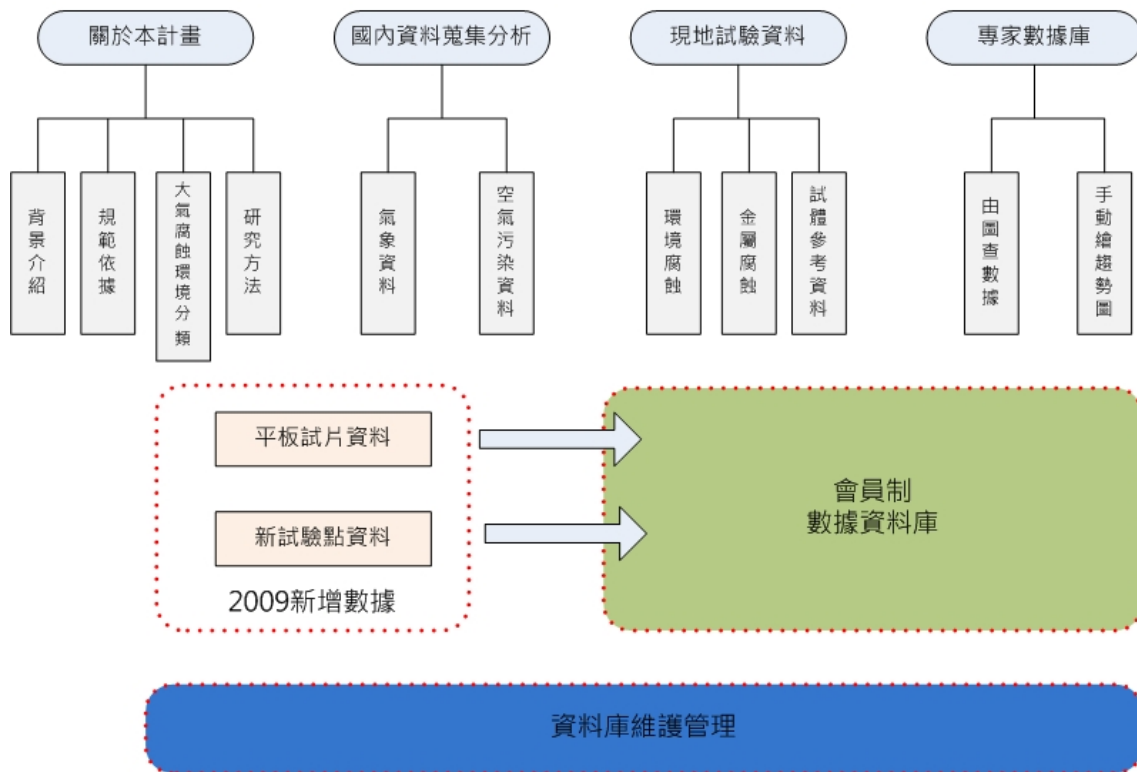


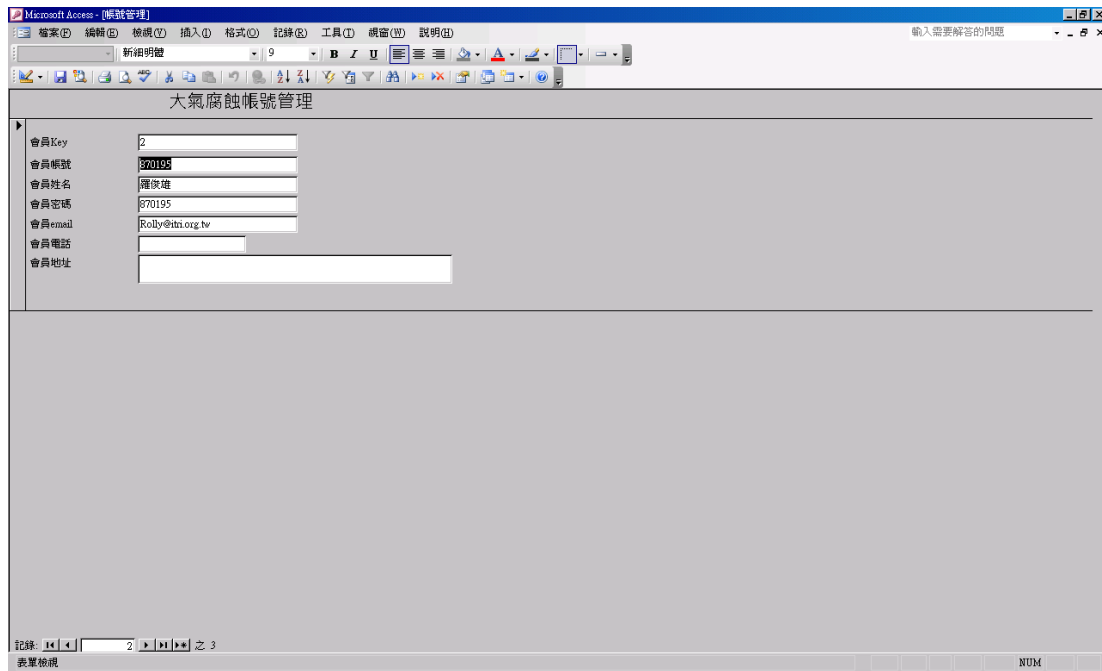
圖 5.2 大氣腐蝕環境資料庫的新版本系統架構

5.4 資料庫管理功能

為方便管理及整合資料，本系統於去年開發後期，即採用目前廣為使用的 Microsoft WINDOWS/XP 為作業平台，並選用 Microsoft Access 為資料庫，圖文介面則使用 TeeChart 7.14 來撰寫。今年度延續的資料庫架構，並在後端的資料庫管理上，提供監測點與監測數據的管理介面；使新的監測點以及監測點數據能夠透過後端的管理介面進行新增刪除與修改的功能。

1. 帳號的管理

帳號的管理，可以透過 Access2003 的表單功能，進入『帳號管理』表單，即可進行帳號資料的新建/修改/刪除等動作。如下圖 5.3 所示：



The screenshot shows the Microsoft Access 'Account Management' form. The form has a title bar 'Microsoft Access - [帳號管理]' and a menu bar with options: 檔案(F), 編輯(E), 檢視(V), 插入(I), 格式(O), 記錄(R), 工具(T), 視窗(W), 說明(H). The form is titled '大氣腐蝕帳號管理'. It contains several input fields for member information:

Field Name	Value
會員Key	2
會員帳號	870195
會員姓名	羅俊雄
會員密碼	870195
會員email	Roly@nti.org.tw
會員電話	
會員地址	

The status bar at the bottom shows '記錄: 14', '2', and '之 3'. The bottom right corner has a 'NUM' button.

圖 5.3 帳號管理

2. 監測點的管理

監測點的管理，可以透過 Access2003 的表單功能，進入『監測點管理』表單，即可進行監測點資料的新建/修改/刪除等動作。如下圖 5.4 所示：

圖 5.4 監測點管理

3. 監測數據的管理

監測點的管理，可以透過 Access2003 的表單功能，進入『監測數據管理』表單，即可進行監測點資料的新建/修改/刪除等動作。如下圖 5.5 所示：

監測點名稱	監測形式	96Q3數據	96Q4數據	97Q1數據	97Q3數據	96-97平均數據	ISO
核一廠	RH(相對溼)	41.5	46.02	55.29	53.60	49.10	℃4
基隆試驗線0m	RH(相對溼)	28.40	53.18	43.94	34.09	39.90	℃4
基隆試驗線100	RH(相對溼)	28.40	53.18	43.94	34.09	39.90	℃4
基隆試驗線300	RH(相對溼)	28.40	53.18	43.94	34.09	39.90	℃4
基隆試驗線1K	RH(相對溼)	25.60	43.18	43.94	34.09	36.70	℃4
基隆試驗線3K	RH(相對溼)	28.40	53.18	43.94	34.09	39.90	℃4
澳底安檢所	RH(相對溼)	28.40	53.18	43.94	34.09	39.90	℃4
梗枋安檢所	RH(相對溼)	28.40	53.18	43.94	34.09	39.90	℃4
礁溪火車站	RH(相對溼)	51.39	51.75	53.14	45.24	50.38	℃4
龍潭工業區	RH(相對溼)	52.20	62.27	52.86	44.98	53.08	℃4
蘇澳港試驗線0	RH(相對溼)	51.39	62.27	52.86	44.52	52.76	℃4
蘇澳港試驗線1	RH(相對溼)	51.20	62.27	52.86	44.52	52.71	℃4
蘇澳港試驗線3	RH(相對溼)	51.20	62.27	52.86	44.52	52.71	℃4
蘇澳港試驗線1	RH(相對溼)	51.70	62.12	53.19	44.52	52.88	℃4
南澳安檢所	RH(相對溼)	51.80	62.12	53.19	44.52	52.91	℃4
和平工業區	RH(相對溼)	60	44.73	45.24	51.14	50.28	℃4
大魯閣國家公園	RH(相對溼)	60	44.73	45.24	51.14	50.28	℃4
美崙工業區	RH(相對溼)	57.70	44.73	45.24	51.14	49.70	℃4
花蓮港試驗線0	RH(相對溼)	60	41.51	45.30	51.14	49.48	℃4
花蓮港試驗線1	RH(相對溼)	60	41.51	45.30	50.34	49.28	℃4
花蓮港試驗線3	RH(相對溼)	60	41.82	45.51	50.34	49.42	℃4
花蓮港試驗線1	RH(相對溼)	60	41.82	45.51	50.34	49.42	℃4

圖 5.5 監測數據管理

5.5 系統功能展望

大氣腐蝕因子資料庫系統，雖然已經能將各項腐蝕因子的數據資料透過表單與圖表的產生，提供給使用者瀏覽；但在操作上仍然有可以大幅改進的空間。以監測點的數據觀察為例，一般的操作無非是透過選單，透過查詢條件的篩選，顯示出表格化數據資料；但若是使用介面可以朝更直覺化的方向發展：

1. 使用者點選臺灣全圖，任何一點都可以即時提供資料。
2. 任何一個地圖區域，均可自由放大縮小，觀察區域狀態與地形地貌。
3. 地圖自由切換地形圖與實際街道區域圖，使監測點與周遭環境區域的資訊呈現得更為全面。
4. 任何一個監測點，在滑鼠移動或點選時，均可即時呈現出該監測點的年度觀測資料、現地試體相片資料以及測試點的基本資料；所有與點及周遭環境的相關資料可以同時獲得，不必透過複雜的介面，繁複的動作方可達成。
5. 點與點之間的比對，同樣可以進行複選後，取得比對點的詳細資料進行比較觀測。

以目前的系統為例，如圖 5.6 所示，未來的大氣腐蝕因子系統，會以自由靈活的臺灣全島地圖作為操作的基礎。



圖 5.6 靈活的全台地圖操作介面

藉由地圖的自由縮放、切換地形與區域資料，在觀測實際上的監測點數據之前，對監測點彼此間相對數據、區域資料、地形資料的了解，將會更全面、更貼近使用者真實世界的觀點。監測點本身的數據透過與周遭環境的比對，原先單純的數字、單調的趨勢圖，也更有機會呈現出資料庫數據本身的生動性。如圖 5.7 所示。



圖 5.7 監測點與監測數據整合資訊的提供

以上的系統功能，在網頁技術日新月異的現在，均可透過適當的開發技術與工具達成。例如眾所周知的 Google Map，經由現在網站開發技術的結合，更加友善的系統操作功能，更全面的資料呈現方式，將會使得大氣腐蝕因子資料庫中，資料的有意義性得到更完善的推廣。

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，對全台腐蝕因子數據資料所能提供的層面，將會得到更有意義的發揮。

第六章 資料庫教育訓練與技術轉移

本研究團隊已針對過去執行大氣腐蝕測試之相關技術進行移轉，項目如下：

1. 濕燭法燭心製作- ISO 9225。
2. 二氧化鉛硫酸化平板製作- ISO 9225，至屏東科技大學參訪訓練。
3. 濕燭法支架與二氧化硫沉積量採集架製作- ISO 9225
4. 氯鹽沉積量與二氧化硫沉積量測定- ISO 9225，至屏東科技大學參訪訓練。
5. 碳鋼、鋅、鋁、銅螺旋狀試片的製作- ISO 9226。
6. 碳鋼、鋅、鋁、銅腐蝕生成物的清洗- ISO 8407。

本年度各項研究成果，也將持續增建或修正於港研中心所建立之大氣腐蝕因子資料庫內，在資料庫增建或修正期間，與委託單位相互討論資料庫的架構、內容與應用，並舉行資料庫操作訓練課程，課程與討論內容如下：

1. 大氣腐蝕系統操作說明。
2. TeeChart 程式碼解說。
3. 系統選單與修改說明。
4. Access 資料庫架構說明與資料解說。
5. 系統轉移解說。

技術移轉與訓練課程相關會議紀錄如表 6-1 至表 6-3 所示。

表 6-1 濕燭法燭心製作與碳鋼、鋅、鋁、銅螺旋狀試片製作
及腐蝕生成物清洗訓練記錄

「構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究」教育訓練與技術轉移紀錄	
時間	中華民國 98 年 2 月 25 日
地點	工研院材化所
課程與討論內容	1. 濕燭法燭心製作- ISO 9225 2. 濕燭法支架與二氧化硫沉積量採集架製作- ISO 9225 3. 碳鋼、鋅、鋁、銅螺旋狀試片的製作- ISO 9226 4. 碳鋼、鋅、鋁、銅腐蝕生成物的清洗- ISO 8407
參加人員簽名	
單位名稱	人員簽名
港灣技術研究中心	陳松青 柯正龍 郭建明
工研院材化所	羅俊雄 謝益雄
協助單位	
備註	

表 6-2 氯鹽沉積量與二氧化硫沉積量試驗裝備與分析方法訓練記錄

「構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究」教育訓練與技術轉移紀錄	
時間	中華民國 98 年 3 月 9-11 日
地點	國立屏東科技大學、屏東台東試驗場地
課程與討論內容	1. 二氧化硫沉積量試驗裝備與分析方法說明與製作訓練 2. 屏東台東各試驗場地會勘
參加人員簽名	
單位名稱	人員簽名
港灣技術研究中心	陳松青 賴正祥 廖建明
工研院材化所	羅俊雄 謝益雄
協助單位 國立屏東科技大學	黃日昇
備註	

表 6-3 資料庫操作訓練

「構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究」教育訓練與技術轉移紀錄	
時間	中華民國 98 年 10 月 1 日
地點	港灣技術研究中心
課程與討論內容	1. 大氣腐蝕系統操作說明 2. TeeChart 程式碼解說 3. 系統選單修改說明 4. Access 資料庫架構說明與資料解說 5. 系統轉移解說
參加人員簽名	
單位名稱	人員簽名
港灣技術研究中心	柯正龍 郭建明 李麗雯 林嘉祥 謝大勇
工研院材化所	謝益雄 郭錦鼎
協助單位	
備註	

第七章 結論

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，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，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。預期研究成果將可提供公路局、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。主要結論敘述如下：

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 $81.8 \mu\text{m/yr}$ 、 $16.06 \mu\text{m/yr}$ 與 $114.80 \mu\text{m/yr}$ ；鋅金屬的平均腐蝕速率分別約為 $5.32 \mu\text{m/yr}$ 、 $1.91 \mu\text{m/yr}$ 與 $9.79 \mu\text{m/yr}$ ；鋁金屬的平均腐蝕速率分別約為 $8.37 \text{ g/m}^2/\text{yr}$ 、 $0.48 \text{ g/m}^2/\text{yr}$ 與 $7.81 \text{ g/m}^2/\text{yr}$ ；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 $5.93 \mu\text{m/yr}$ 與 $1.24 \mu\text{m/yr}$ 。
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 C5、C5、C5+、C5；台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+、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、C2。

3. 本年度在資料庫中擴充的功能包括前端版面更新與資料庫管理功能，即延續去年的系統功能，在資料庫端，建立監測點與數據的管理介面，使管理者再資料維護上更具方便性。
4. 展望下一階段的計畫執行，資料庫的系統功能均可透過適當的開發技術與工具達成。如使用 Goole Map，經由現在網站開發技術的結合，可大幅增加系統操作功能的友善性，並使資料庫中的數據呈全面性展開，增加大氣腐蝕因子資料庫的應用與推廣。
5. 本年度已完成 ISO 12944「塗料與清漆—鋼構造物防蝕塗料系統」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。

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. ASTM G116: Standard Practice for Conducting Wire-on-Bolt Test for Atmospheric Galvanic Corrosion, 1999.
6. ISO 8565/1992: Metals and alloys - Atmospheric corrosion testing - General requirements for field tests.
7. 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。
8. 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。
9. 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。
10. 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。
11. 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。
12. “臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究 (1/2)”，研究報告，交通部運輸研究所，2007.
13. “臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究 (2/2)”，研究報告，交通部

運輸研究所，2008.

14. C. Laygraf and T. Graedel, “Atmospheric corrosion”, John Wiley & Sons Inc., New York, 2000.
15. Metals Handbook- Corrosion, Metals Handbook Ninth Ed., Vol. 13, ASM International, Ohio, 1988.
16. I. Odnevall and C. Laygraf, “Reaction sequences of atmospheric corrosion of Zinc”, ASTM STP 1239, W.W. Kirk and Herbert, H. Lawson, Eds., ASTM, Philadelphia, 1995.
17. I. Odnevall and C. Laygraf, “Automospheric corrosion of copper in rural atmospheres”, Journal of electrochemical society, 142, 1995.
18. ISO 12944/1988: Paints and varnishes- Corrosion protection of steel structures by protective paint systems, Part 1- Part 8.

附錄一

期中審查會議紀錄回覆辦理

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-98-H1DB004

計畫名稱：「構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)」

執行單位：財團法人工業技術研究院

審查日期：98 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
交通部科技顧問室 許書王 技正		
1. 本研究板片暴露試驗規劃長達 10 年，試片應做好保全(包含防止遺失)，確保不再遺失，否則研究將失去意義。	本研究團隊已盡可能做好試片的保全工作，安放地點均有相關單位的門禁與保全措施，但仍發生試片遺失的現象。為減少試片遺失，今更改台中火力電廠的試驗場址並遷移至運研所港灣技術研究中心佈放。	同意辦理方式。
2. 海水倒灌或工業區消長之情形，可能對本研究選點及後續數據蒐集分析有一定程度的影響，請研究單位說明考量與否。	針對後續大氣腐蝕因子監測與腐蝕速率的評估，港灣技術研究中心已參考 2007-2008 的研究成果，於本年度在臺灣沿海安檢所與工業區佈放氯鹽與二氧化硫採集器以及螺旋狀金屬試體，相信可持續瞭解海水倒灌或工業區消長情形之大氣腐蝕變化。	同意辦理方式。
3. 文獻引用應註記出處。	遵照辦理。	同意辦理方式。
4. 本報告之目錄中並無附錄，但文內附錄內又有附錄，請於目錄中詳註內文，以利閱讀。	報告內文中的附錄為 ISO 12944 各章節內的目錄(為各專屬標題下的目錄)，所以須依照 ISO 12944 編排，無法獨立於報告之總附錄。	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
5. 試驗點附近之大氣環境監測資料本研究應予考量，以利後續分析或驗證（如環保署等之監測資料）	港灣技術研究中心於本年度已在臺灣沿海安檢所、工業區、都市區與鄉村區佈放氯鹽與二氧化硫採集器以及螺旋狀金屬試體，可作為後續分析或驗證之依據。	同意辦理方式。
6. 規範草案研擬應本土化。	為與國際規範接軌，本研究之有機塗裝防蝕規範草擬為依據 ISO 12944；即先期草擬規範之草案方針，期望可為 CNS 規範。	同意辦理方式。
臺灣電力公司綜合研究所 鄭錦榮 博士		
1. 建議期末報告時，章節編排依照招標文件順序排列。	遵照辦理。	同意辦理方式。
2. 本報告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，因此，大氣腐蝕地理位置及腐蝕環境，皆會涉及氣象因素與環境因素的重要性，但在 1.1 計畫目的 (P.1) 及 2.1 研究內容與工作項目 (P.9) 皆只敘述三處，未見詳細說明佈放試驗站的代表性。直到最後第五章才說明試驗方法及地點，因此章節上建議依論文順序調整。	遵照辦理。 試驗地點的選擇為足以代表本島不同腐蝕環境之區域，故選擇腐蝕嚴重的鹽害區、工業區，以及腐蝕較輕微的鄉村區(對照組)等 3 處。	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. 建議期末報告時說明 ISO 9223 與 ISO 12944-2 兩者皆為腐蝕環境分類的異同。	遵照辦理。 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。	同意辦理方式。
4. 翻譯用語差異或錯字供參考 p.39 表面準備級別評定 (assessment of prepared surfaces)→處理表面評定 p.43 版後(thickness)→版厚 p.43 核可的力量計算 (approved strength calculation) →核可的強度計算 p.44 粉末塗料(powder coating materials) →粉體塗料 p.51 電極腐蝕現象(galvanic corrosion) →伽凡尼腐蝕 p.90 鍍鋅的表面 (sherardized surfaces) →滲鋅表面	將參考修正。	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.91 化學轉換的清潔 (cleaning by means of chemical conversion) →化成皮膜處理 p.96 表面處理級數(surface preparation grades) →表面處理等級		
5 為何 ISO 12944-1 規範考慮鋼板厚度需大於 3 mm ?	根據規範撰寫，原因有待探討。	同意辦理方式。
6.大氣腐蝕因子資料庫架構及後續資料置入方式，請說明。	將新增之文獻回顧與有機塗裝防蝕規範草案增置於資料庫中，擬於 9 月初與港灣技術研究中心相關人員討論架構增建。	同意辦理方式。
港灣技術研究中心 陳桂清研究員		
1. 塗裝防蝕規範內容，文字敘述大多是直接翻譯，重點並無呈現，意見表達上不見順暢。建議將原意重新整理以可讀性、簡潔且重點式書寫。	塗裝防蝕規範為依據 ISO 12944 撰寫，最終目標期望可成為 CNS 規範。由於 CNS 規範多忠於 ISO 條文，所以文字敘述上多是依據 ISO 12944 直譯；其中表達不順暢部份將重新整理撰寫。	同意辦理方式。
2. 規範之章節標題及專有名詞，翻譯成中文時，用字不是很恰當，例如第 67 頁 Accessibility (進入性)、第 52 頁 Corrosion stresses (腐蝕因子) 等。	標題及專有名詞之翻譯須參照前後文的敘述來翻譯，其結果僅為本團隊之共識；至於翻譯用字是否恰當的問題有待後續規範審查會議(如 CNS)時，各學者專家之提議、修正與定案。	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. 塗裝的材料系統如何選擇，請說明。	將在 ISO 12944 Part 5 中呈現，於期末報告時提出。	同意辦理方式。
4. 規範條文未來呈現方式，請說明。	塗裝防蝕規範為依據 ISO 12944 撰寫，最終目標期望可成為 CNS 規範。由於 CNS 規範多忠於 ISO 條文，所以文字敘述上多是依據 ISO 12944 直譯。	同意辦理方式。
5. 規範內容、平板試驗數據，請納入本計畫資料庫系統內。	遵照辦理。	同意辦理方式。
港灣技術研究中心 柯正龍研究員		
1. 本報告文獻回顧，腐蝕機理之反應方程式包含鐵、鋁金屬，但鋅、銅金屬則無，請說明或補充。	鋅與銅的大氣腐蝕產物生成過程請參見圖 3.4 與圖 3.7。	同意辦理方式。
2. 第 82 頁第 2 行 ISO 1461 未列出版年份，請說明或補充。	遵照辦理。 ISO 1461:1999 Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles - Specifications and test methods	同意辦理方式。
3. 第 37 頁之表格無表名，請修正或說明之。	為 ISO 9224 中針對碳鋼、耐候鋼、鋅、銅、鋁金屬在不同腐蝕環境之平均腐蝕速率與穩定腐蝕速率數據。	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
4. 第 5 頁第 2 行，長度約 90 cm，應修正為 90 cm。	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 tee-chart 軟體應用套圖、資料轉檔步驟等。	資料庫之技術轉移為使用技術的轉移，而有關利用 tee-chart 軟體應用套圖、資料轉檔等步驟是為資料庫軟體的撰寫；本研究團隊將轉移資料庫的操作，但有關 code 與軟體的應用，請撥冗與本團隊交流。	同意辦理方式。
港灣技術研究中心 朱金元科長		
1. 化學式中諸多下標都沒寫對，請修正，OH·，HSO ₃ ⁻ 寫法是否正確？	OH· 為氫氧基，HSO ₃ ⁻ 為亞硫酸根離子。	同意辦理方式。
2. 請補充研究流程圖、研究範圍、研究目的等（第一、二章整合）	遵照辦理。 將整合第一、二章。	同意辦理方式。
3. 建議在第三章之參考文獻，內容也需加強國內外有關本計畫之研究情況。	遵照辦理。 亦請參考 2007-2008 貴中心委託本團隊之「臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究」研究報告。	同意辦理方式。
4. 圖 1.2（第 5 頁）Al 線纏繞成螺旋狀怎麼會纏繞在塑膠螺桿？	此為 ISO 9226 螺旋金屬線材之試驗方法。	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
5. 第 18 頁只說明大氣中腐蝕性氣體在金屬大氣腐蝕過程中的扮演角色，而未說明其對於金屬腐蝕之影響，請加強。	大氣腐蝕是大氣中腐蝕性氣體的綜合影響結果，並非由單一氣體所造成，且金屬暴露位置不同所受影響的氣體也不同，所以無法定義出各氣體對金屬腐蝕影響的權重。因此 3.3 節中僅敘述影響大氣腐蝕的氣體以及這些氣體在金屬大氣腐蝕過程中所扮演的角色。	同意辦理方式。
6. 報告內容缺圖、表目錄，方程式亦沒有編號。	將於期末報告中修正。	同意辦理方式。
7. 第 26 頁圖 3.2 之標題位置不對。	將於期末報告中修正。	同意辦理方式。
8. 第 23 頁表 3.1 中敏感性？請將表內容加以說明。	敏感性為 sensitivities 的翻譯，該表格的內容主要是說明各金屬受腐蝕性氣體產生大氣腐蝕的難易程度，為一定性的參考資料。	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. 本期中報告主要內容包括： 大氣腐蝕文獻回顧及 ISO 12944 塗裝防蝕規範草案、資料整理完整，文筆流暢，值得肯定。		
2. 部份文字請修正 a. 第 43 頁第 8 行 版後→版厚 b. 第 47 頁第 2 行 文句未寫完	遵照辦理。 將於期末報告中修正。	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
c.第 95 頁第 14 行 教平滑→ 較平滑		
3. 由於大氣腐蝕是一個長期有 意義工作，且本計畫規劃 10 年，文中也提到試片遺失問 題，故有關試驗架及試片之 維護，必須周全之考慮。	遵照辦理。	同意辦理方式。
永記造漆工業股份有限公司 潘宜明 經理（書面審查）		
1. 本報告對業界非常有幫助， 如果於期末報告能繼續完成 ISO 12944-5~12944-8 的草 案研擬，甚至將所有 ISO 12944-1 ~ 12944-8 變成 CNS 規範，對業界將更有依 循及幫助。		
2. 第 44 頁提到 ISO 4628-1~ 4628-5，如果能訂在下一階 段之草案研擬工作，將塗膜 失效的檢查與評估作一規 範，會讓本研究更加完整。	請委辦單位裁示是否於下一 年度委託辦理。	同意辦理方式。
3. 對於臺灣常面臨之 C5+環境 是否有可能作進一步規範？	ISO 12944 僅針對塗裝系統 的分類至 C5 等級，有關更 嚴苛的 C5+等級之塗裝系 統，有待臺灣產、官、學、 研共同研究制訂。	同意辦理方式。

附錄二

期末審查會議紀錄回覆辦理

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-98-H1DB004

計畫名稱：「構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)」

執行單位：財團法人工業技術研究院

審查日期：98 年 11 月 19 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
臺灣電力公司綜合研究所 鄭錦榮 博士		
1. 本報告文獻蒐集的整理分析，已充份涵蓋大氣腐蝕特性、金屬材料的腐蝕機理及環境因子對金屬材料的影響等因素，可輔助防腐蝕的對策，具有可看性。	謝謝委員指教。	同意辦理方式。
2. p4-15「表 4-3 暴露一年期各金屬之腐蝕速率與腐蝕環境分類」，麥寮工業區碳鋼試片腐蝕速率分別為 78.90、115.58、79.26 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)，平均腐蝕速率為 91.25 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)，依「表 4-2 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」，碳鋼腐蝕速率 $80 < \gamma_{\text{corr}} \leq 200 \mu\text{m}/\text{yr}$ 為 C5，很明顯同時期之三片試片，以 115.8($\mu\text{m}/\text{yr}$)與其他差異較大，是否應剔除？剔除後其碳鋼腐蝕速率為 79.08($\mu\text{m}/\text{yr}$)，只相當於表 4-2 之 C4 等級。茲舉此例說明數據的處理亦需人工智慧的適當判斷或局部修正。	為確認麥寮試驗場址碳鋼試片的腐蝕速率，2009.11.19 於現場再收取一片試片進行腐蝕速率量測，其值為 87.14 $\mu\text{m}/\text{yr}$ ，與先前量測所得之 78.9 與 79.26 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 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，以致試片有所損傷且腐蝕速率計算異常。日後收取試片時，本團隊將避免類似情形發生。若剔除異常數據，本年度麥寮試驗場址碳鋼的平均腐蝕速率為 81.8 $\mu\text{m}/\text{yr}$ ，為 C5 等級。	同意辦理方式，請研究團隊於報告定稿時說明並更正為正確數據。

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. 大氣腐蝕最終目的為了解材料在屬地環境中的使用年限或選擇合適的材料，因此一般利用環境因子(例如 Cl_2 、 SO_2 、 NO_x ，等..)及氣象因子(溫度、濕度、降雨量、日照時數等..)與腐蝕速率進行迴歸分析，推估若干年後材料的殘餘量，因此建議在後續計畫中，三處試驗場應將環境因子及氣象因子納入長期追蹤評估。	利用線性迴歸方式將環境因子與氣象因子等參數，進行腐蝕速率的估算，為大氣腐蝕研究的最終目標。目前港研中心在各試驗位址亦持續地進行環境因子調查，待長期數據累積後，可嘗試進行腐蝕速率的估算。	同意辦理方式。
4. ISO 12944「塗料與清漆—鋼構造物防蝕塗料系統」之中文，對國內產業界有很大的協助，為了更擴大使用對象，建議與標準局吳國龍先生聯絡，將其納入 CNS，待規範審查公告後，港研中心與工研院材化所再向標準局申請經費補助與協辦，可與其他推廣項目(產品或技術)一起舉辦說明會。	建請委託單位決定。	本所將參酌辦理。
永記造漆工業股份有限公司 潘宜明 經理		
1. 本計畫案內容對業界，尤其塗料業大有助益，尤其 ISO 12944 翻譯成中文，要先感謝港研中心及工研院的努力。	謝謝委員指教。	同意辦理方式。
2. 臺灣許多地區其腐蝕環境超過 C5M，請研究團隊在文獻蒐集時，能納入國際間相關	目前國際間腐蝕環境超過 C5 等級的國家，有巴西與墨西哥等部份地區，這些國家	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
環境的案例，甚至塗裝系統。	使用的塗裝系統，多為該地之塗料廠商製造，鮮少在國際文獻上發表，本團隊在此資料蒐集上有實質的困難。	
3. 麥寮地處工業及鹽害區，腐蝕嚴重，但在選擇試驗地點時列為工業區，代表性是否不夠週延。	謝謝委員指教。麥寮試驗點的位置距海岸線約為 2.5 公里，同時應受到鹽害與工業區的影響。	同意辦理方式。
4. 台塑公司油漆規範將麥寮列為 C5 ⁺² ，似乎跟本研究結果（C5）有差距，在研究報告應有必要加以說明。	ISO 12944 Part 2 之腐蝕環境分類只到 C5 等級，並無 C5 ⁺² 之定義；所以 C5 ⁺² 應為台塑公司內部的定義，本團隊無須比較私人企業自訂的定義。	同意辦理方式。
5. 研究報告把許多國外研究資料都翻譯成中文，但有許多表或圖（如表 3-1、圖 3.1 等）未加以中文化，閱讀時有點不順，如能加以中文化將更完美。	圖表中多為化合物之組成或化學式的敘述，若翻譯成中文恐有失原意，故建議仍維持原文。	同意辦理方式，但表 3-2 應重新繕打。
6. 本研究只做到塗裝防蝕規範草案的研擬，如果能進一步或在下階段做到不同塗裝系統在不同腐蝕環境下的耐久性驗證，那在業界就有更具體的應用或案例參考。	不同塗裝系統在不同腐蝕環境下的耐久性驗證可在實驗室與現場進行，但須要經費與塗料廠商長期的支持，建請委託單位考量。	同意辦理方式。
交通部科技顧問室 許書王 技正		
1. 本研究案期中審查及意見回應，並未見附於期末報告附錄中，請研究單位說明及補附於研究報告中。	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. 結論一提到置放各處試片檢驗結果之腐蝕速率，是否可推估明年為何並與明年實值作比較。	腐蝕速率的推估須要長期與大量的調查數據進行迴歸分析，目前僅有一年的調查結果，甚難進行估算。	同意辦理方式。
3. 應探討國內如此佈設之適足性，其是否可滿足代表性之立論，以期未來結論可供採信。	除本計畫佈設 3 處試驗位址外，委託單位(港研中心)也與中華民國防蝕工程學會、鋼構協會等單位於臺灣、金門等地區共同佈設其他 11 個試驗點以進行全國性的研究。	同意辦理方式。
4. p4-1 試驗期程為 10 年，本研究為 2 年期，對於計畫預期成果如何定義。	現地暴露試驗的時間規劃為 10 年，在本研究兩年期內將完成試驗場址的佈設、初步試驗結果的分析與塗裝標準的研擬。	同意辦理方式。
5. p4-3 照片指出為試片外觀情形，沒有文字說明，讀者自己看，黑白照片又看不出所以然，又因為很多頁研究單位應有用意，百思不解。	將在定稿時增添照片說明。	同意辦理方式。
6. 排版問題，如 p2-4 倒數第 1 行、p2-5 第 6 行，文獻引用應註記。如 p3-19 圖 3.7、p3-22 圖 3.10。	各文獻引用之部份在各章的前文中已有註記。	同意辦理方式。
7. 有關期中審查意見回應有提及之 CNS 規範，請修正（CNS 應為標準）。	遵照辦理，將修正為 CNS 標準。	同意辦理方式。
8. 結論二表述各地區腐蝕環境分類，應說明研究結果與實際環境之正確性，例如鄉村 C2 代表意義。	鄉村區、城市區、工業區、海洋區為 CLIMATE TEST 之大氣腐蝕環境分類，而 C1-C5 為 ISO9223 大氣腐蝕	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
	環境分類；兩者試驗採用的金屬與使用的分類方法不同，故無法給予定量的正確比較；結論中之鄉村、工業等之敘述僅為環境之描述。	
9. 若欲成為交通部規範，請參照部內及工程會規範格式撰寫。	目標為 CNS 標準。	本所將另行研議。
港灣技術研究中心 朱金元科長		
1. 本研究報告內容應加強說明本所近幾年進行之大氣腐蝕環境現況調查與分類等研究之相關研究成果。	遵照辦理，將在第三章「文獻蒐集整理分析」中敘述說明。	同意辦理方式。
2. 請將研究成果內容整理，於 6 個月內在本所“港灣報導”季刊發表。	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）		
有關構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究及 ISO 12944 規範，均屬於值得大力進行之研究工作，羅博士研究團隊整體執行狀況良好，惟以下幾點意見，請修正或參考。		
1. 文字打字錯誤 A. 構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究 P2-1，第 10 行 須要→需要； P2-2，第 14 行 p0.07%→p < 0.07%；	謝謝委員指教，將於定稿時修正。	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
P2-2，第 20 行 各須→各需；P3-8，第 11 行及 P3-10，第 18 行化石<石化；P3-15，第 12 行 薄→薄膜；P3-26，第 15 行 須求→需求；P4-11 表格中，六亞甲四胺 →六甲基四胺；P4-14 表格中 C5 之 鋅 $30 < \gamma < 1500 \rightarrow 30 < \gamma < 60$；P5-1，第 6 行，鎖看→所看；P5-7，第 10 行，始 →使。 B. ISO 12944 規範 p1-14，第 22 行 版厚→板厚；P2-3，第 20-23 行 有關 ISO 12944-1 應去除，此情形在後續各章節均有重複出現；第 24 行 有關 ISO 12944→ISO 12944-2 ； P2-5，第 5 行 ISO 12944→ISO 12944-2 ； P3-8，第 7 行 不鏽鋼→不銹鋼；P4-19，第 25 行 失澤 → 光 澤 ； P5-9 umdercoat →undercoat ； P5-16，第 7 行 鏽蝕→銹蝕；P7-4，第 23 行 ISO 12944-8→ISO 12944-7 ；		

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
P7-5, 第 8 行 酪酸→鉻酸。		
2. 部份 ISO 12944 之專業名詞 翻譯仍有討論空間，未來若 能轉成 CNS (中華民國國家 標準)，可以再詳細討論。	謝謝委員指教。	同意辦理方式。

附錄三

期末報告簡報資料



交通部運輸研究所臺灣技術研究中心

構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

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98年11月19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「臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究」，已初步建立大氣環境腐蝕因子資料庫；但因調查時間僅為兩年，為瞭解長期之腐蝕速率變化，擬持續進行長期調查與試驗分析。
- 本研究計畫的主要目的為持續進行臺灣全島之大氣腐蝕調查與研究，選擇具有腐蝕特性的地點，進行為期10年的金屬腐蝕速率調查，並研擬有機塗裝防蝕規範草案，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。

研究內容與工作項目

- 國內外大氣腐蝕文獻蒐集整理分析。
- 現地金屬試片暴露試驗：選擇三處具有腐蝕特性的地點，依據ISO 9226製作試片，實施10年期之現地暴露試驗。
- 資料蒐集與分析：依據現地取樣與試驗調查結果，進行第一年試驗之腐蝕分析探討。
- 大氣腐蝕因子資料庫維護：將本年度各項研究成果，增建或修正於港研中心所建立之大氣腐蝕因子資料庫內。
- 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。
- 資料庫教育訓練與技術轉移。

現地金屬暴露試驗

- 試片種類：碳鋼、鋅、鋁、銅四種屬板狀試片
- 試片尺寸：依據ASTM G 50，長150mm × 寬100mm × 厚5 mm之試片。
- 試驗期間：為期10年
- 取樣頻率：共6次
 - 第1年、第2年、第3年、第5年、第8年與第10年各一次。
- 試驗場地
 - 選擇不同腐蝕環境區域，如腐蝕嚴重的鹽害區-台中火力電場、工業區-麥寮工業區，以及腐蝕較輕微的鄉村區-溪頭森林區(對照組)等3處。

板狀試片建置



鹽害區-台中火力電廠



工業區-麥寮工業區



鄉村區-溪頭森林區

設置時間：97年10月中旬

板狀試片建置



鹽害區-
台中火力電廠

工業區-
麥寮工業區



鄉村區-
溪頭森林區



檢視日期：98年6月10日

現地暴露試驗試片遺失明細

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

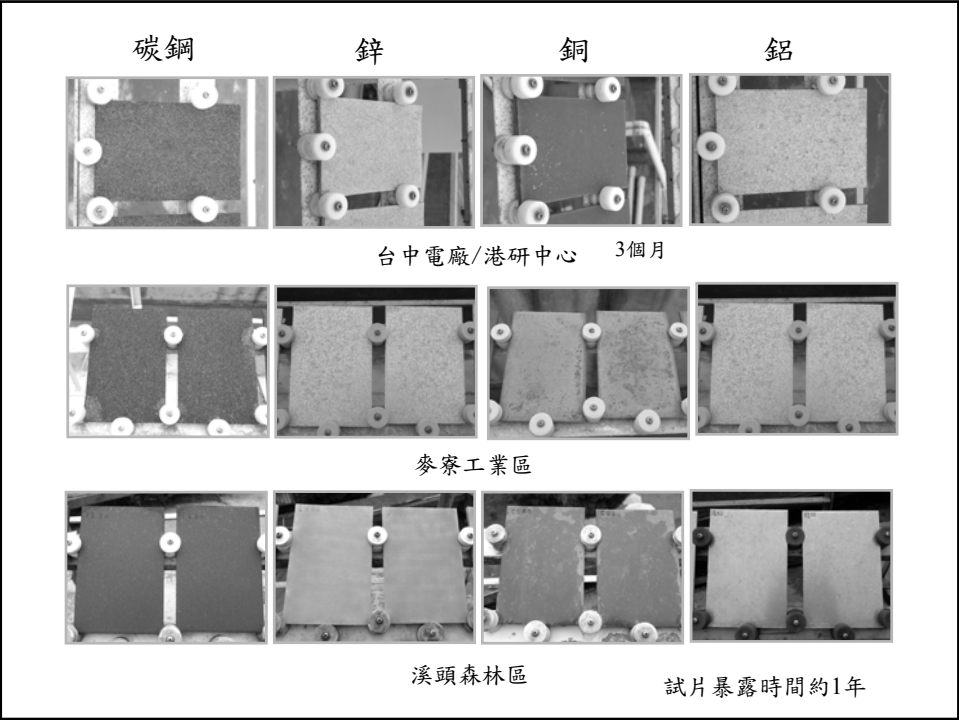
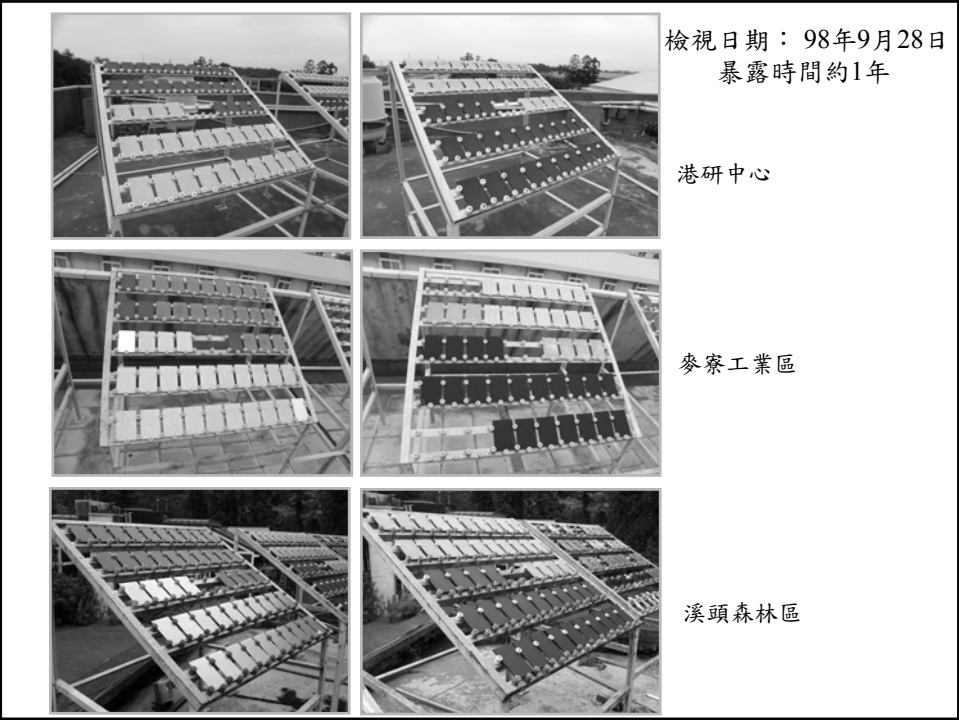
檢視日期：98年6月10日

港研中心板狀試片安裝



鹽害區試驗場址：由台中火力電廠遷至港灣技術研究中心

設置時間：98年06月24日



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 ($\mu\text{m/yr}$)	平均腐蝕速率 ($\mu\text{m/yr}$)	ISO 9223 腐蝕性 分類	各試片腐蝕速率 ($\mu\text{m/yr}$)	平均腐蝕速率 ($\mu\text{m/yr}$)	ISO 9223 腐蝕性 分類	各試片腐蝕速率 ($\mu\text{m/yr}$)	平均腐蝕速率 ($\mu\text{m/yr}$)	ISO 9223 腐蝕性 分類	各試片腐蝕速率 ($\mu\text{m/yr}$)	平均腐蝕速率 ($\mu\text{m/yr}$)	ISO 9223 腐蝕性 分類
台中火力電廠/港研中心	116.84	114.80	C5	8.74	9.79	C5+	-	-	-	4.97	7.81	C5
	113.10			10.98			-			8.87		
	114.45			9.64			-			9.58		
麥寮工業區	78.90	91.25	C5	5.08	5.32	C5	5.76	5.93	C5+	8.72	8.37	C5
	115.58			5.61			5.72			8.37		
	79.26			5.27			6.30			8.02		
溪頭森林區	16.77	16.06	C2	1.69	1.91	C3	1.26	1.24	C3	0.55	0.48	C2
	15.30			2.05			1.14			0.39		
	16.06			1.98			1.31			0.51		

註：-表示試片遺失，重新佈放試片之暴露時間未滿一年

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

ISO 12944-1，總則

- ISO 12944為鋼構造物腐蝕保護之塗料系統介紹。
- ISO 12944規範內所述之塗料系統功能僅針對鋼構造物的腐蝕現象提供保護，至於微生物(如海洋污損、細菌、真菌等)、化學物質(如酸性、鹼性、有機溶劑、氣體等)、機械作用(如磨耗等)與火災的控制，未列入ISO12944中。
- 其所應用的領域分類為：
 - » 構件的種類
 - » 表面的種類及表面處理的種類
 - » 環境的種類
 - » 保護塗料系統
 - » 工程的種類以及保護塗料系統的耐久性

ISO 12944-1

- 構件種類：ISO 12944僅考量經過核可的強度計算所設計之構件，版厚不小於3mm 的碳鋼或低合金鋼(例如符合EN10025 的鋼材)；至於鋼筋混凝土構件並不列入ISO 12944之考量。
- 表面種類及表面處理種類：
 - 未有塗裝之表面(uncoated surfaces)，
 - 以鋅、鋁或其合金熱熔射處理之表面，
 - 熱浸鍍鋅之表面，
 - 電鍍鋅之表面，
 - 滲鋅之表面，
 - 預塗底漆之表面，
 - 其他塗漆之表面(other painted surfaces)。

ISO 12944-1

■ 環境的種類：

- － 大氣腐蝕環境分類中的六個分類，
- － 水中與土壤環境分類中的三個分類。

■ 保護塗料系統：

ISO 12944塗料系統的種類為在環境溫度下乾燥和固化的塗料，但不包括：

- － 粉體塗料，
- － 烤漆，
- － 熱固化塗料，
- － 乾膜厚度超過2 mm的厚塗型塗料，
- － 桶槽內襯，以及
- － 表面化學處理的產品(如磷酸鹽溶液)

ISO 12944-1

■ 工程之種類：

ISO 12944塗料系統涵蓋了新建構造物的塗裝與既建構造物塗裝系統的修補與維護。

■ 保護塗料系統的耐久性：

耐久性定義的範圍並非指”保固期限”，而是提供業主安排修補維護計畫的一個考量。耐久性在ISO 12944中的定義為完工後到第一次須要主要修補維護的時間，可分為

短期：2~5年，

中期：5~15年與

長期：15年以上

ISO 12944-2，環境分類

範圍

- 藉著試片重量的損失(或厚度的損失)來決定其大氣腐蝕性的類別，並描述鋼構件所暴露之典型的大氣環境，給予腐蝕速率估算的建議。
- 描述各種鋼構件埋於土壤或浸漬於水中等環境類。
- 一些特殊的腐蝕因子可能會造成腐蝕速率的增加或是防蝕塗裝系統性能上較高的要求。

ISO 12944-2

- 大氣腐蝕：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)。
- 水中的浸漬可分為三大區域，如下：
 - － 水下區(underwater zone)指該區域將永遠浸漬於水中。
 - － 中間區(intermediate zone)指的是該區水位將隨著自然或人工的影響而改變，因此結合了水和大氣的衝擊，進而加速了腐蝕的進行。
 - － 飛濺區(splash zone)指的是該區域由於波浪與噴霧的作用造成特別高的腐蝕速率(尤其是在海水中)。
- 土壤的腐蝕性取決於土中礦物的含量、礦物的特性，以及有機物質的含量，如水與氧氣。此外，土壤的通氣程度亦強烈影響土壤的腐蝕性。

大氣腐蝕環境分類以及環境例舉

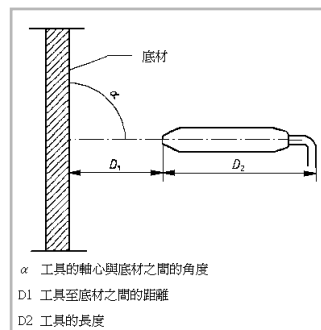
腐蝕性分類	單位面積的質量損失/厚度損失 (一年的曝露之後)				於溫帶的典型環境的例子 (參攷用)	
	低碳鋼		鋅板		外部	內部
	質量損失 g/m ²	厚度損失 μm	質量損失 g/m ²	厚度損失 μm		
C 1 非常低	≤10	≤1.3	≤0.7	≤0.1	——	乾淨的空氣於熱的建築物，如：辦公室、商店、學校、旅館等
C 2 低	>10 to 200	>1.3 to 25	>0.7 to 5	>0.1 to 0.7	低污染度的空氣，大多為農業區域	不熱的建築物，則通常冷凝會發生，如倉庫、體育館
C 3 中度	>200 to 400	>25 to 50	>5 to 15	>0.7 to 2.1	都市和工業的大氣，中度的二氧化硫的污染，以及低鹽度的海岸	工廠內，高濕度以及些為空氣污染，如食品加工廠、洗衣間、釀造廠及乳品業
C 4 高	>400 to 650	>50 to 80	>15 to 30	>2.1 to 4.2	工業區域及中等鹽度的海岸	化學工廠、游泳池及近海作業船隻和船塢
C 5-I 非常高 (工業)	>650 to 1500	>80 to 200	>30 to 60	>4.2 to 8.4	高濕度且具侵略性的大氣之工業區域	建築物或該區域內幾乎永遠都有冷凝水的發生或是高度的污染
C 5-M 非常高 (海洋)	>650 to 1500	>80 to 200	>30 to 60	>4.2 to 8.4	近海或海岸等高鹽度的區域	建築物或該區域內幾乎永遠都有冷凝水的發生或是高度的污染

注意
 1. 用於表中的質量損失等數值與 ISO 9223 中所提供的相符合。
 2. 於高溫、潮濕的近海區域，其質量損失之數值將超過 C 5-M 類別的上限，因此在選擇防蝕塗裝系統時要小心。

ISO 12944-3，設計考量

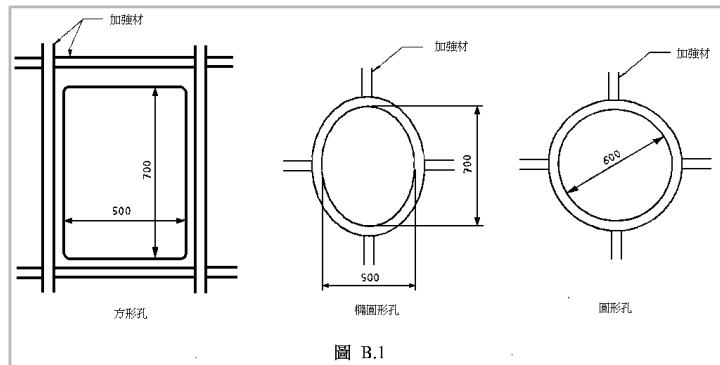
- 為針對鋼結構構件的開口、間隙和裂縫、邊緣、焊縫等能夠達到理想的防蝕效果提出適當的設計考慮。如易入性- 於防蝕作業工作的所需工作距離如下：

工作內容	工具長度(D2) mm	工具與底材距離(D1) mm	工作的高度(α) degrees
噴砂作業	800	200 to 400	60 to 90
電動工具清潔			
- 針槍	250 to 350	0	30 to 90
- 摩擦性/礮磨性	100 to 150	0	
手工具清潔	100	0	0 to 30
- 刷子/敲把			
金屬噴塗	300	150 to 200	90
油漆作業			
- 用噴塗	200 to 300	200 to 300	90
- 用刷子	200	0	45 to 90
- 用滾筒	200	0	10 to 90



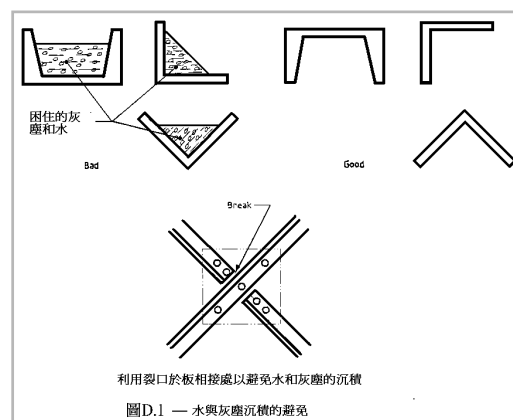
ISO 12944-3

- 狹窄空間的開口通道所建議最小尺寸：

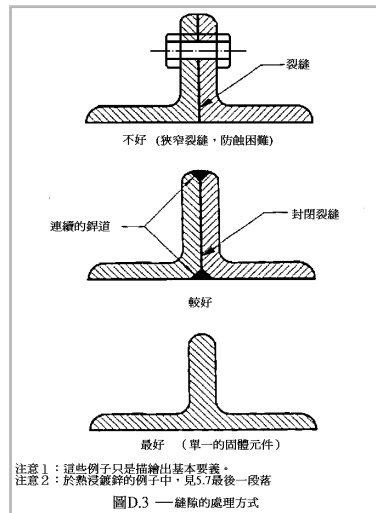
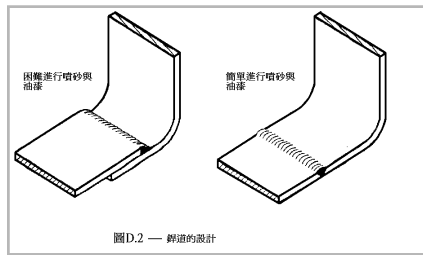


ISO 12944-3

- 避免沉積物的累積及水的聚集的設計要點：



銲道的設計



ISO 12944-4 , 表面類型及表面處理

- 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、表面準備級別評定、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、金屬熔射層的表面處理、其他塗層的表面處理以及影響環境因素等。

標準處理級數	表面處理方法	ISO 8501-1 ²⁾ 3)4) 分級對應圖例	表面主要特點 細節描述，含表面處理前後之細節(圖二)，詳見 ISO 8501-1	施工現場
Sa 1	噴砂清潔 (6.2.3)	B Sa1 C Sa1 D Sa1	附著不良之黑鐵皮、鏽、漆及表面物事須清除 ⁵⁾	含以下表面處理： a) 未上漆鋼鐵表面 b) 已上漆鋼鐵表面，但前漆已清除且達到指定表面處理等級。
Sa 2		B Sa2 C Sa2 D Sa2	黑鐵皮、鏽、漆及表面物事已清除，僅限強力附著之髒污殘留	
Sa 2½		A Sa 2 1/2 B Sa 2 1/2 C Sa 2 1/2 D Sa 2 1/2	黑鐵皮、鏽、漆及表面物事已清除，殘留之污痕僅限於點狀或條紋之輕微髒污	
Sa 3 ⁷⁾		A Sa 3 B Sa 3 C Sa 3 D Sa 3	黑鐵皮、鏽、漆及表面物事已清除無髒污，且表面為金屬原色	
St 2	手動及電動工具清潔 (6.2.1, 6.2.2)	B St 2 C St 2 D St 2	附著不良之黑鐵皮、鏽、漆及表面物事已清除 ⁵⁾	
St 3		B St 3 C St 3 D St 3	附著不良之黑鐵皮、鏽、漆及表面物事已清除 ⁵⁾ 。然而表面須處理較 St 2 完整，以達該底材的金屬光澤呈現	
Fl	火焰清潔 (6.3)	A Fl B Fl C Fl D Fl	黑鐵皮、鏽、漆及表面物事已清除，存留之污痕僅限於表面變色(輕微色差)	6)
Be	酸洗清潔 (6.1.8)		黑鐵皮、鏽、漆及表面物事已清除，進行酸洗前，前漆須以其他合適方式清除之	例如：於熱浸鍍鋅之前

主要的(一次)
表面處理標準等級

標準處理級數	表面處理方法	ISO 8501-1 或 ISO 8501-2 ²⁾ 4)6) 分級對應圖例	表面主要特點 細節描述，包含表面處理前後細節(圖二)，詳見 ISO 8501-1	施工處
P Sa 2 ³⁾	局部噴砂清潔	B Sa 2 C Sa 2 D Sa 2 (施於未上漆部位)	緊密附著的油漆須完好無缺 ⁵⁾ 。黑鐵皮、鬆脫之掉漆、鏽與表面物事已清除，僅限強力附著之髒污殘留	部份留有餘漆之已上漆鋼鐵表面處理
P Sa 2 1/2 ³⁾		B Sa 2 1/2 C Sa 2 1/2 D Sa 2 1/2 (施於未上漆部位)	緊密附著的油漆須完好無缺 ⁵⁾ 。黑鐵皮、鬆脫之掉漆、鏽與表面物事已清除，殘留之污痕僅限於點狀或條紋之輕微髒污	
P Sa 3 ³⁾⁸⁾		C Sa 3 D Sa 3 (施於未上漆部位)	緊密附著的油漆須完好無缺 ⁵⁾ 。黑鐵皮、鬆脫之掉漆、鏽與表面物事已清除無髒污，且表面為金屬原色	
P Ma ³⁾	局部機械研磨	P Ma	緊密附著的油漆須完好無缺 ⁵⁾ 。黑鐵皮、鬆脫之掉漆、鏽與表面物事已清除，殘留之污痕僅限於點狀或條紋之輕微髒污	
P St 2 ³⁾	局部手動及電動工具清潔	C St 2 D St 2	緊密附著的油漆須完好無缺 ⁵⁾ 。附著不良之黑鐵皮、鏽、漆及表面物事已清除	
P St 3 ³⁾		C St 3 D St 3	緊密附著的油漆須完好無缺 ⁵⁾ 。附著不良之黑鐵皮、鏽、漆及表面物事已清除。然而表面須處理較 P St 2 完整，以達該底材的金屬光澤呈現	

部分的(二次)
表面處理標準等級

清除外層與表面 雜物的程序

需清除異物	程序	注意事項 ⁽¹⁾
油與油漬	水洗清潔(6.1.1) 蒸氣清潔(6.1.2) 乳化清潔(6.1.3) 鹼性清潔(6.1.4) 有機溶劑清潔(6.1.5)	含清潔劑之淡水，以水壓小於 70 MPa 洗淨，再以淡水沖淨。 以淡水洗淨，若添加清潔劑則需另以淡水沖淨。 以淡水沖淨。 鋁、鋅與其他金屬塗裝有受強鹼腐蝕之虞。以淡水沖淨。 許多有機溶劑會危害人體健康。用布沾取時需快速清潔，否則油污與油漬不但擦不掉，待溶劑揮發後，反在表面形成一道薄膜。
水溶性髒污(如：鹽)	水洗清潔(6.1.1) 蒸氣清潔(6.1.2) 鹼性清潔(6.1.4)	以水壓小於 70 MPa 之淡水洗淨。 以淡水沖淨。 鋁、鋅與其他金屬塗裝有受強鹼腐蝕之虞。以淡水沖淨。
黑鐵皮	酸洗清潔(6.1.8) 乾式噴砂清潔(6.2.3.1) 水研磨清潔(6.2.3.3) 火焰清潔(6.3)	此道處理無法於工地現場施作。以淡水沖淨。 以鋼珠或鋼砂噴射。殘餘的粉塵與沉積物需以不含油分的乾燥壓縮空氣吹淨或以真空吸塵器清潔之。 以淡水沖淨。 以機械研磨氧化部位，再清除粉塵與沉積物。
銹	程序與黑鐵皮清潔相同，另有： 電動工具清潔(6.2.2) 水刀清潔(6.2.4) 點狀噴砂(6.2.3.4.2)	機械鋼刷可用於鐵銹鬆脫部位；機械打磨可用於鐵銹緊密附著部位。殘餘粉塵與沉積物必須清除乾淨。 用以清除鐵銹鬆脫部位，不影響鋼鐵表面粗度。 用以局部清除鐵銹。
油漆	剝除(6.1.7) 乾式噴砂清潔(6.2.3.1) 水研磨清潔(6.2.3.3) 水刀清潔(6.2.4) 掃砂清潔(6.2.3.4.1) 點狀噴砂(6.2.3.4.2)	溶劑類黏膠用於對有機溶劑敏感的油漆。剝除髒汗以溶劑清除之。鹼性黏膠用於可皂化油漆，再以淡水完整清潔。 剝除法僅限定於小面積使用。 以鋼珠或鋼砂噴射。殘餘的粉塵與沉積物需以不含油分的乾燥壓縮空氣吹淨或以真空吸塵器清潔之。 以淡水沖淨。 用以清除附著不良的油漆。超高压水刀(>170 MPa)可用於清潔緊密附著的油漆。 用以打粗油漆或清除最外層油漆。 用以局部清除油漆。
鋁屑蝕物	掃砂清潔(6.2.3.4.1)	用以銼板掃砂之砂材可採用鋁氧化物(金鋼砂)、砂砂或橄

ISO 12944-5，保護塗料系統

- ISO 12944-5是由ISO/TC35技術委員會「塗裝與修飾—鋼構防蝕之塗裝系統」SC14 分會制定，第二版(2007)經過技術修訂並取代了第一版（ISO 12944-5: 1998），修訂部分包括減少塗裝系統以及表格的數量，所以表格中的塗裝系統也因此而有所更改。
- ISO 12944-5提供了與塗層體系的相關的一些項目和定義，以及針對不同類型防護塗層體系選擇的建議。
- ISO12944在此章節也描述了常用的防蝕塗裝系統和油漆，同時也對在不同環境(見ISO12944-2)和不同表面處理等級(見ISO12944-4)，以及不同耐久性(見ISO12944-1)的要求下，如何選擇塗裝系統提供了說明。塗裝系統的耐久性可分為短期、中期、長期。

表 A.4 低合金鋼的塗裝系統於腐蝕度類別 C4									
底材：低合金鋼 表面處理：Sa2 1/2, 噴塗 A,B,C (見 ISO 8501-1)									
系統編號	底漆			下一塗層			塗裝系統		
	漆基	漆基種類 ^a	漆基厚度 ^b μm ^c	漆基	漆基種類 ^a	漆基厚度 ^b μm ^c	底漆	面漆	預期耐久度
A4-01	AK	Misc.	1-2	80	AK	3-5	200		
A4-02	AK	Misc.	1-2	80	AYCR.PVC ^d	3-5	200		
A4-03	AK	Misc.	1-2	80	AYCR.PVC ^d	3-5	240		
A4-04	AYCR.PVC	Misc.	1-2	80	AYCR.PVC ^d	3-5	200		
A4-05	AYCR.PVC	Misc.	1-2	80	AYCR.PVC ^d	3-5	240		
A4-06	EP	Misc.	1-2	160	AYCR.PVC ^d	2-3	200		
A4-07	EP	Misc.	1-2	160	AYCR.PVC ^d	2-3	240		
A4-08	EP	Misc.	1	80	EP.PUR	2-3	240		
A4-09	EP	Misc.	1	80	EP.PUR	2-3	280		
A4-10	EP.PUR.ESI ^e	Zn(R)	1	60 ^a	AYCR.PVC ^d	2-3	160		
A4-11	EP.PUR.ESI ^e	Zn(R)	1	60 ^a	AYCR.PVC ^d	2-4	200		
A4-12	EP.PUR.ESI ^e	Zn(R)	1	60 ^a	AYCR.PVC ^d	2-4	240		
A4-13	EP.PUR.ESI ^e	Zn(R)	1	60 ^a	EP.PUR	2-3	160		
A4-14	EP.PUR.ESI ^e	Zn(R)	1	60 ^a	EP.PUR	2-3	200		
A4-15	EP.PUR.ESI ^e	Zn(R)	1	60 ^a	EP.PUR	3-4	240		
A4-16	ESI	Zn(R)	1	60 ^a	—	1	60		
底漆的漆基									
底漆的漆基	種類	可否為水性	下一塗層的漆基	種類	可否為水性				
AK=呷聚脲樹脂	二流型	X	AK=呷聚脲樹脂	二流型	X				
CR=呷聚脲樹脂	二流型	X	CR=呷聚脲樹脂	二流型	X				
AY=呷聚脲樹脂	二流型	X	AY=呷聚脲樹脂	二流型	X				
PVC=呷聚脲樹脂	二流型	X	PVC=呷聚脲樹脂	二流型	X				
EP=呷聚脲樹脂	二流型	X	EP=呷聚脲樹脂	二流型	X				
ESI=呷聚脲樹脂	二流型	X	ESI=呷聚脲樹脂	二流型	X				
PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X	PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X				
PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X	PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X				
PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X	PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X				

表 A.5 低合金鋼的塗裝系統於腐蝕度類別 C5-I 和 C5-M									
底材：低合金鋼 表面處理：Sa2 1/2, 噴塗 A,B,C (見 ISO 8501-1)									
系統編號	底漆			下一塗層			塗裝系統		
	漆基	漆基種類 ^a	漆基厚度 ^b μm ^c	漆基	漆基種類 ^a	漆基厚度 ^b μm ^c	底漆	面漆	預期耐久度
C5-I									
AS1-01	EP.PUR	Misc.	1-2	120	AYCR.PVC ^d	3-4	200		
AS1-02	EP.PUR	Misc.	1	80	EP.PUR	3-4	320		
AS1-03	EP.PUR	Misc.	1	150	EP.PUR	2	300		
AS1-04	EP.PUR.ESI ^e	Zn(R)	1	60 ^a	EP.PUR	3-4	240		
AS1-05	EP.PUR.ESI ^e	Zn(R)	1	60 ^a	EP.PUR	3-5	320		
AS1-06	EP.PUR.ESI ^e	Zn(R)	1	60 ^a	AYCR.PVC ^d	4-5	320		
C5-M									
ASM-01	EP.PUR	Misc.	1	50	EP.PUR	2	300		
ASM-02	EP.PUR	Misc.	1	80	EP.PUR	3-4	320		
ASM-03	EP.PUR	Misc.	1	400	—	1	400		
ASM-04	EP.PUR	Misc.	1	250	EP.PUR	2	500		
ASM-05	EP.PUR.ESI ^e	Zn(R)	1	60 ^a	EP.PUR	4	240		
ASM-06	EP.PUR.ESI ^e	Zn(R)	1	60 ^a	EP.PUR	4-5	320		
ASM-07	EP.PUR.ESI ^e	Zn(R)	1	60 ^a	EP.PUR	3-4	400		
ASM-08	EP.PUR	Misc.	1	100	EP.PUR	3	300		
底漆的漆基									
底漆的漆基	種類	可否為水性	下一塗層的漆基	種類	可否為水性				
EP=呷聚脲樹脂	二流型	X	EP=呷聚脲樹脂	二流型	X				
EPC=呷聚脲樹脂	二流型	X	EPC=呷聚脲樹脂	二流型	X				
ESI=呷聚脲樹脂	二流型	X	ESI=呷聚脲樹脂	二流型	X				
PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X	PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X				
PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X	PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X				
PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X	PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X				
PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X	PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X				
PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X	PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X				
PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X	PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X				

表 A.6 低合金鋼的塗裝系統於腐蝕度類別 Im1, Im2, Im3									
底材：低合金鋼 表面處理：Sa2 1/2, 噴塗 A,B,C (見 ISO 8501-1)									
系統編號	底漆			下一塗層			塗裝系統		
	漆基	漆基種類 ^a	漆基厚度 ^b μm ^c	漆基	漆基種類 ^a	漆基厚度 ^b μm ^c	底漆	面漆	預期耐久度
A6-01	EP	Zn(R)	1	60 ^a	EP.PUR	3-5	360		
A6-02	EP	Zn(R)	1	60 ^a	EP.PUR	3-5	540		
A6-03	EP	Misc.	1	80	EP.PUR	2-4	360		
A6-04	EP	Misc.	1	80	EP.PUR	3	500		
A6-05	EP	Misc.	1	80	EP	2	330		
A6-06	EP	Misc.	1	800	—	—	800		
A6-07	ESI ^d	Zn(R)	1	60 ^a	EP.PUR	4	450		
A6-08	EP	Misc.	1	80	EP.PUR	3	800		
A6-09	EP.PUR	Misc.	—	—	—	1-3	400		
A6-10	EP.PUR	Misc.	—	—	—	1-3	600		
底漆的漆基									
底漆的漆基	種類	可否為水性	下一塗層的漆基	種類	可否為水性				
EP=呷聚脲樹脂	二流型	X	EP=呷聚脲樹脂	二流型	X				
ESI=呷聚脲樹脂	二流型	X	ESI=呷聚脲樹脂	二流型	X				
PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X	PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X				
PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X	PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X				
PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X	PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X				
PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X	PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X				
PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X	PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X				
PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X	PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X				
PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X	PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X				

表 A.7 低合金鋼的塗裝系統於腐蝕度類別 C2 到 C5-I 和 C5-M									
底材：低合金鋼 表面處理：Sa2 1/2, 噴塗 A,B,C (見 ISO 8501-1)									
系統編號	底漆			下一塗層			塗裝系統		
	漆基	漆基種類 ^a	漆基厚度 ^b μm ^c	漆基	漆基種類 ^a	漆基厚度 ^b μm ^c	底漆	面漆	預期耐久度
C2									
A7-01	—	—	—	PVC	1	80			
A7-02	PVC	1	40	PVC	2	120			
A7-03	PVC	1	80	PVC	2	160			
A7-04	PVC	1	80	PVC	3	240			
A7-05	—	—	—	AY	1	80			
A7-06	AY	1	40	AY	2	120			
A7-07	AY	1	80	AY	2	160			
A7-08	AY	1	80	AY	3	240			
A7-09	—	—	—	EP.PUR	1	80			
A7-10	EP.PUR	1	60	EP.PUR	2	120			
A7-11	EP.PUR	1	80	EP.PUR	2	160			
A7-12	EP.PUR	1	80	EP.PUR	3	240			
A7-13	EP.PUR	1	80	EP.PUR	3	320			
底漆的漆基									
底漆的漆基	種類	可否為水性	下一塗層的漆基	種類	可否為水性				
AY=呷聚脲樹脂	二流型	X	AY=呷聚脲樹脂	二流型	X				
PVC=呷聚脲樹脂	二流型	X	PVC=呷聚脲樹脂	二流型	X				
EP=呷聚脲樹脂	二流型	X	EP=呷聚脲樹脂	二流型	X				
PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X	PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X				
PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X	PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X				
PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X	PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X				
PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X	PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X				
PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X	PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X				
PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X	PUR=呷聚脲樹脂	二流型	X				

表 A.8 熱熔射金屬表面的塗裝系統於腐蝕度類別 C4, C5-I, C5-M 和 Im1 到 Im3																		
底材：熱熔射金屬 (鋅，鋅鎂合金，鋁)																		
表面處理：見 ISO 12944-4:1998，第 13 款。																		
建議於 4 小時內立刻上塗該塗裝系統的第一道油漆或封漆。																		
如果有使用的話，該封漆應與後面的塗裝系統相容。																		
系統編號	封漆			下一道漆			塗裝系統			預期的耐久度 ^g (見 5.5 及 ISO12944-1)								
	漆基	油漆道數	額定膜厚 μm^b	漆基	油漆道數	額定膜厚 μm^b	C4	C5-I	C5-M	Im1 to Im3								
										L	M	H	L	M	H	L	M	H
A8.01	EP.PUR	1	NA ^h	EP.PUR	2	160												
A8.02	EP.PUR	1	NA ^h	EP.PUR	3	240												
A8.03	EP	1	NA ^h	EP.EPC	3	460												
A8.04	EP.PUR	1	NA ^h	EP.EPC	3	320												
漆基的種類		種類		可否為水性 ^f		下一道漆的漆基		種類		可否為水性 ^f								
EP=環氧樹脂		二液型		X		EP=環氧樹脂		二液型		X								
EPC=環氧合成樹脂		二液型				EPC=環氧合成樹脂		二液型										
PUR=聚異氰酸樹脂，芳香或脂肪族		一液或二液型		X		PUR=聚異氰酸樹脂，芳香或脂肪族		一液或二液型		X								
^b NDFT = 額定乾膜厚度，詳細請見 5.4。 ^f 水性產品通常不適用於浸泡和埋入的情況。 ^g 於此種類型的耐久度取決於塗裝與熱熔射的底材之間的附着力而定。 ^h NA = 不應用。封漆的膜厚不列入該塗裝系統的總膜厚之中。																		

ISO 12944-6，實驗室性能測試方法

- ISO 12944此部分敘述實驗室測試方法和鋼構件防蝕塗裝系統評估之測試狀況，測試的結果將可做為塗裝系統選擇的參考，但不得做為評估耐久度精確無誤的指標。
- ISO 12944此部分涵蓋了無塗層鋼結構、熱浸鍍鋅鋼材以及熱熔射鋼材結構表面的防護塗料體系之設計應用。但此部分並不能應用於電鍍鋅板鋼材的塗裝系統上。
- ISO12944此部分中的一些測試不適用於水性塗裝系統，不過，某些水性塗裝系統還是必須符合在此規範描述的試驗程序、測試和評估，但測試結果須要另行考慮。

表 1、鋼材塗裝系統的測試程序

ISO 12944-2 定義 之腐蝕度類別	持久 性範圍	ISO2812-1 (1) 耐化學性 h	ISO2812-2 浸水試驗 h	ISO6270 水冷凝 h	ISO7253 鹽霧試驗 h
C2	低	—	—	48	—
	中	—	—	48	—
	高	—	—	120	—
C3	低	—	—	48	120
	中	—	—	120	240
	高	—	—	240	480
C4	低	—	—	120	240
	中	—	—	240	480
	高	—	—	480	720
C5-I	低	168	—	240	480
	中	168	—	480	720
	高	168	—	720	1440
C5-M	低	—	—	240	480
	中	—	—	480	720
	高	—	—	720	1440
Im1	低	—	—	—	—
	中	—	2000	720	—
	高	—	3000	1440	—
Im2	低	—	—	—	—
	中	—	2000	—	720
	高	—	3000	—	1440
Im3	低	—	—	—	—
	中	—	2000	—	720
	高	—	3000	—	1440

(1) 利用方法 1 (見 5.6 化學品的使用)，耐化學性的測試目的並不是評定實際耐蝕性，而是用化學品來評定系統抵抗高度工業環境的能力。因此，不管其耐蝕性範圍為何，其測試時間應維持一致。
關於耐蝕性 C5-I，ISO 2812-1 的順序可由 ISO 3231 測試所取代或是補充 (10 次循環，240 小時於“低”耐蝕度；20 次循環，480 小時於“中”耐蝕度；以及 30 次循環，720 小時於“高”耐蝕度。)

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。
- 此章節不能應用於：
 - 塗裝的表面處理作業 (見 ISO 12944-4) 以及該作業的監督工作。
 - 金屬塗裝的施作。
 - 預處理方式如磷酸鹽和酪酸鹽去脂，以及如浸泡，粉體塗裝或鋼捲塗裝等塗裝方式。

塗裝評估-參考區域的選擇

- 塗裝的估驗方式應由各相關單位協議，最好採用國際性或是國家性的標準。

- 參考區域的選擇：

構件大小 (已上塗區域) m ²	建議最大參考 區域數量	建議的參考區域與 該構件總面積的 最大百分比例	建議的參考區域 的最大總面積 m ²
大於 2,000	3	0.6	12
介於 2,000 到 5,000	5	0.5	25
介於 5,000 到 10,000	7	0.5	50
介於 10,000 到 25,000	7	0.3	75
介於 25,000 到 50,000	9	0.2	100
大於 50,000	9	0.2	200

ISO 12944-8，

新建與維護作業說明書之制定

- ISO 12944此部分討論採用防蝕塗裝系統在工地現場和廠內進行鋼結構防蝕保護的新建塗裝和維護塗裝所需作業說明書的制訂，也適用於鋼結構單一構件或元件。ISO 12944此部分與鋼構件暴露於不同的環境腐蝕因子下，如室內、室外、水中浸泡、埋於土壤，以及特殊因子像是高溫和低溫等不同範圍的耐久度的需求將列入考量。
- 熱浸鍍鋅的鋼、金屬熔射、電鍍鋅、粉末鍍鋅以及經預塗（預處理底漆）的鋼材表面，也都涵蓋在ISO 12944此部分中。
- 於附錄B為用來評估該防蝕作業之品質以及該塗裝系統之效能的參考區域的使用。附錄C和D提供了新建和維護作業之計畫的詳細流程圖，應在撰寫說明書時列入考量。
- 環境中如有嚴重的腐蝕因子或是有高溫的情況時，或是該防蝕塗裝系統將施作於其他材質表面像是非鐵金屬或是混凝土等，則應將該說明書此列入考量之中。

大氣腐蝕測試相關技術移轉

- 本研究團隊已針對過去執行大氣腐蝕測試之相關技術進行移轉，如下：
 - 濕燭法燭心製作- ISO 9225
 - 二氧化鉛硫酸化平板製作- ISO 9225，至屏東科技大學參訪訓練
 - 濕燭法支架與二氧化硫採集架製作- ISO 9225
 - 氯鹽與二氧化硫沉積量測定- ISO 9225，至屏東科技大學參訪訓練
 - 碳鋼、鋅、鋁、銅螺旋狀試片的製作- ISO 9226
 - 碳鋼、鋅、鋁、銅腐蝕生成物的清洗- ISO 8407
 - 資料庫轉移與操作訓練

資料庫維護與擴充

根據去年度的系統功能，本年度在資料庫中擴充的功能如下：

- 前端版面更新：使資料庫前台呈現的介面與交通部運輸研究所以及港灣技術研究中心的風格一致，達到同性質的資料庫具備相同系列的呈現效果。
- 資料庫管理功能：延續去年的系統功能，在資料庫端建立監測點與數據的管理介面，使管理者再資料維護上更具方便性。即使用的Microsoft WINDOWS/XP為作業平台，並選用Microsoft Access為資料庫，圖文介面則使用TeeChart 7.14 來撰寫。

結 論

- 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C5、C5、C5+、C5；台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+、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、C2。
- 本年度在資料庫中擴充的功能包括前端版面更新與資料庫管理功能，即延續去年的系統功能，在資料庫端，建立監測點與數據的管理介面，使管理者再資料維護上更具方便性。

建 議

- 展望下一階段的計畫執行，資料庫的系統功能期望可透過適當的開發技術與工具達成。如使用Google Map，經由現在網站開發技術的結合，可大幅增加系統操作功能的友善性，並使資料庫中的數據呈全面性展開，增加大氣腐蝕因子資料庫的應用與推廣。

(附冊)

鋼構造物塗裝防蝕規範（草案）



交通部運輸研究所

中華民國 99 年 5 月

(附冊)

鋼構造物塗裝防蝕規範草案

著 者：陳桂清、柯正龍、羅俊雄
劉益雄

交通部運輸研究所

中華民國 99 年 5 月

塗料與清漆－鋼構造物防蝕塗料系統

第一部分：總則

目錄

前言	1-2
簡介	1-3
1. 範圍	1-4
2. 參考文獻	1-6
3. 定義	1-7
4. 考慮和要求	1-7
5. 健康、安全與環境保護	1-8
6. ISO 12944 其他章節的資訊	1-9
附錄 A 使用 ISO 12944 於專案上的指南	1-11

前言

ISO（國際標準化組織）是各國家標準化機構（ISO成員團體）共同組織的世界性聯合機構。國際標準的制定工作由ISO技術委員會負責。每個成員團體都有權派代表參加所關注課題的技術委員會，各政府性或非政府性的國際組織，凡與ISO有聯繫的，也都參加這項工作，有關電工標準化方面的內容，ISO與國際電工委員會（IEC）保持密切合作關係。

國際標準的起草符合 ISO/IEC 指令中第二部分的相關規則。

技術委員會的主要任務是制定國際標準，由技術委員會通過的國際標準草案提交各成員團體表決，需取得至少75%參加表決的成員團體的同意，才能作為國際標準正式發佈。

ISO 12944-1國際標準是由ISO/TC35 技術委員會「塗裝與修飾—鋼構防蝕之塗裝系統」SC14分委會制定。

ISO 12944《塗料與清漆—鋼構造物防蝕塗料系統》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

ISO12944 這部分中的附錄 A 僅供參考

簡介

未經保護的鋼材在大氣、水和土壤中會因腐蝕而破壞。因此，為了避免腐蝕破壞，在鋼結構服役期間需採取一些防腐蝕保護措施。

有數種不同的方式可以保護鋼結構免遭腐蝕。ISO 12944提供各種塗層體系和塗覆層來進行保護措施。該標準的各部分內容，都是為了獲得適當的、成功的鋼結構防腐蝕保護效果。其他的一些防腐蝕措施可能也是有效的，但需要各ISO會員討論及同意。

為了確保鋼結構防腐蝕措施的有效性，業主、設計人員、諮詢顧問、防蝕施工承包商都應共同執行防蝕工作，塗料製造商、塗裝檢驗員需以簡明的方式陳述關於塗層體系防腐蝕保護方面的最新最先進的技術進展，這些資訊應盡可能完善、清晰和易於理解，以免在實際履行防腐蝕工作時各相關工作介面之間產生誤解和偏差。

ISO 12944國際標準將提供關於這些工作資訊的一些說明。這是為具有一定專業技術知識的人而編寫，且ISO 12944標準的使用者也熟悉其他相關的國際標準，特別是關於表面處理的標準和相關國際規範。

儘管ISO 12944不處理財務和合約問題，但事實上，當不遵從ISO 12944標準的要求和建議，採用不合適的防腐蝕措施時，就可能造成嚴重的財務後果。

ISO 12944-1定義了ISO 12944標準的範圍。對ISO 12944的一些基本名詞和定義的說明，還有其他部分的大致介紹。此外，它還包括健康、安全和環境保護方面的闡述，以及針對特定專案使用ISO 12944標準的指南。

1. 範圍

1.1 為鋼構造物防蝕保護之塗料系統介紹。

1.2 ISO 12944僅研究討論塗裝系統的防腐蝕功能；至於其他防護功能，如以下項目：

- 微生物（海生物、細菌、真菌等）；
- 化學物質（酸性、鹼性、有機溶劑、氣體等）；
- 機械應力（磨耗等）；
- 火災；

則未列入 ISO 12944 標準內容中。

1.3 所應用的領域分類為：

- 結構類型；
- 底材種類和表面處理類型；
- 環境類型；
- 塗裝系統的類型；
- 工程類型；
- 防蝕塗裝系統的耐久性。

雖然ISO 12944並沒有涵蓋所有的結構種類、底材和表面處理類型，但是透過相關單位協商同意，它也可以被應用到此標準沒有涵蓋的領域。

1.3.1-1.3.6 條對其所涵蓋各方面的應用領域作較詳細的描述。

1.3.1 結構類型

ISO 12944僅考量經過核可的強度計算所設計之構件，板厚不小於3mm 的碳鋼或低合金鋼（例如符合EN10025 的鋼材）。

鋼筋混凝土構件並不列入ISO 12944之考量。

1.3.2 底材類型和表面處理

ISO 12944制定下列底材為碳鋼或低合金鋼的表面處理：

- 無塗裝之表面；
- 鋅熔射、鋁熔射或其他合金熔射之表面；
- 熱浸鍍鋅之表面；
- 電鍍鋅之表面；
- 滲鋅之表面；
- 預塗塗漆之表面；
- 其他的塗漆表面。

1.3.3 環境類型

- 六種大氣腐蝕環境；
- 三種浸漬環境（鋼結構浸於水中或埋於土壤中）。

1.3.4 塗裝系統的類型

ISO 12944涵蓋的是在自然環境條件下能夠乾燥或固化的塗料。

不包括以下部分：

- 粉體塗料；
- 烤漆；
- 熱固化塗料；
- 超過2mm以上的厚塗型塗料；
- 儲槽內襯；
- 化學藥品處理之產品（如：磷酸鹽溶液）。

1.3.5 工作類型

ISO12944討論的工作類型包括新建和維修。

1.3.6 塗裝系統之耐久性

ISO 12944定義3種不同的耐久性等級（低、中、高），見3.5 條和第4節。

注意：耐久等級並不是保固期限。

2. 參考文獻

下列參考文獻通過本標準的引用而成為標準不可缺少的文獻。凡是註明日期的引用文獻，只有該版次適用於本標準。凡未註明日期的引用文獻，其最新版本（包括任何修訂版）適用於標準。

- ISO 4628-1:1982, Paints and varnishes—Evaluation of degradation of paint coatings—Designation of intensity, quantity and size of common types of defect—part 1: General principles and rating schemes.
- ISO 4628-2:1982, Paints and varnishes—Evaluation of degradation of paint coatings—Designation of intensity, quantity and size of common types of defect — part 2: Designation of degree of blistering.
- ISO 4628-3:1982, Paints and varnishes—Evaluation of degradation of paint coatings—Designation of intensity, quantity and size of common types of defect—part 3: Designation of degree of rusting.
- ISO 4628-4:1982, Paints and varnishes—Evaluation of degradation of paint coatings—Designation of intensity, quantity and size of common types of defect—part 4: Designation of degree of cracking.
- ISO 4628-5:1982, Paints and varnishes—Evaluation of degradation of paint coatings—Designation of intensity, quantity and size of common types of defect—part 5: Designation of degree of flaking.
- EN 10025:1990, Hot-rolled products of non-alloy structural steels—Technical delivery conditions.

3. 定義

以下名詞定義主要為應用於ISO 12944。其他的名詞定義將包含在ISO 12944的其他單元。

注意：有些定義是取之於ISO 8044：1989，金屬和合金腐蝕「辭彙」，和 EN 971-：1996，塗裝與修飾—塗裝材料的名詞及定義「第一部分：一般名詞」所示。

3.1 塗層 (Coat)：為單次施作所形成一連續的金屬層膜或油漆塗膜。

3.2 腐蝕 (corrosion)：金屬與其所在環境因物理化學的相互作用而導致金屬性能改變甚至功能損害的現象；環境與金屬本身都是腐蝕產生的構成要件。

3.3 腐蝕損壞 (corrosion damage)：因腐蝕而造成金屬功能損害的現象；環境與金屬本身都是腐蝕損害的構成要件。

3.4 腐蝕因子 (corrosion stresses)：造成腐蝕加速的環境因子。

3.5 耐久性 (durability)：塗料系統完工後到須要第一次主要修補的時間，參見4.4節。

3.6 內襯 (lining)：儲槽內部表面的塗裝。

3.7 塗料 (paint)：有顏色的塗裝材料，為液體、膏狀或粉末型式；當塗裝至基材表面時可形成一不透明的薄膜且具有保護、裝飾或其他特定功能者。(EN 971-1)

3.8 保護性塗裝系統 (protective coating system)：施作於底材上的每層油漆、金屬材料或其他相關產品，用以防止腐蝕，所有塗層之總和稱之為保護性塗裝系統。

3.9 保護性塗料系統 (protective paint system)：施作於底材上的每層油漆或其他相關產品，用以防止腐蝕，所有塗層之總和稱之為保護塗料系統。

3.10 底材 (substrate)：塗料將施作的表面。(EN 971-1)

4. 考量和要求

- 4.1 一般來說，一個有效塗裝系統的保護時效會比構件的使用期限要短，因此修補或重新塗裝的相關規劃必須於設計階段時列入考量。
- 4.2 若構件之一部份將暴露在腐蝕因子之下，且在組裝完成後將無法提供進一步防蝕保護，則其防蝕保護的方式必須維持其效力等同此構件的使用期限，並確保此構件的穩定性。倘若沒有塗裝系統能達到此目標，則可以採取其他方式。（例如：用抗蝕性較好的材料來製造、在構件的設計上考量易於更換或有足夠的腐蝕餘裕度）
- 4.3 防蝕系統的成本效益與它所提供的保護年限成正比，因此在一個有效的防蝕系統保護下，此構件在使用期限內，修補或維護的工作將可減至最低。
- 4.4 於第一次主要修補的塗裝損壞程度應依據ISO 4628-1 至ISO 4628-5由相關單位共同判定之，除非各相關方之間另有約定。

在這個標準中，耐久度分成3個等級：

- 低 (low · L)：2~5 年
- 中 (medium · M)：5~15 年
- 高 (high · H)：15 年以上

耐久性不是“保固期限”， 耐久性是一個能夠幫助業主進行維修計畫的技術依據。保固期限是在合約中具有法律效力的條款。保固期限通常比耐久性短。於兩者之間並無任何關聯。

- 4.5 針對品質管理的目的，ISO 9000系統的規範最好能列入考量。

5. 健康、安全與環境保護

這是客戶、設計者、承包商、油漆製造廠、檢驗師以及所有相

關工作的人員的責任和義務，他們有責任保證在不危及他們或其他人員的健康和安全的方式下進行工作。

在履行這項義務上，所有單位必須確保該國家有關此工作的法規一定要符合且執行。

注意：以下項目需要特別注意：

- 不設計或者使用有毒或致癌物質；
- 減少揮發性有機化合物（VOCs）排放量；
- 身體保護，包括眼睛，皮膚，耳朵和呼吸系統；
- 當進行防蝕作業時，水源及土壤的保護；
- 材料回收利用和廢棄物處理。

6. ISO 12944 其他章節的資訊

6.1 ISO 12944-2 描述了由大氣、不同類型的水和土壤造成的腐蝕因子。它定義了大氣環境腐蝕性分類。且定義了鋼結構浸泡在水中或埋入土壤中所可能發生的腐蝕因子。處在特定腐蝕環境下的鋼結構適用塗料系統的選擇參照ISO12944-5。

6.2 ISO 12944-3提供了用來增進其抗蝕能力的基本設計準則。它提供了合適與不合適設計上的舉例，藉著設計圖的幫助，可以指出構件或構件組合之後於表面處理或施作、檢驗以及修補時可能發生進出不易或無法接近的問題。另外，也討論了設計因素（塗料的特性要求）對鋼結構搬運和運輸方面的影響。

6.3 ISO 12944-4 描述了需要防腐蝕保護的不同底材表面類型，這些表面進行機械、熱浸鍍鋅或熔射金屬等和化學處理的方法。包含了表面處理等級、表面輪廓（粗糙度）、處理後的表面評估、表面處理後的臨時保護、進行臨時保護的鋼材進一步塗佈所需的表面處理、金屬塗層的表面處理和環境因素等，提供適用的參考標準。ISO 12944-4需和ISO 12944-5及ISO12944-7 共同考量。

- 6.4 ISO 12944-5** 描述了不同類型油漆的基本化學組成和成膜過程。對ISO12944-2 中涵蓋的各種不同腐蝕環境下的鋼結構，提供各種適用的塗層系統案例，反應世界應用範圍的最新進展。ISO 12944-5要和ISO 12944-6共同考量。
- 6.5 ISO 12944-6** 詳細說明了如何利用實驗室的方式來評估防護塗料之系統性能。特別針對尚未有足夠實際使用經驗的塗裝系統包括噴砂鋼材、熱浸鍍鋅、以及金屬熔射之後的塗裝系統的試驗方法。也包括大氣環境及水中浸泡（淡水、鹽水及海水）的試驗方法。
- 6.6 ISO 12944-7** 描述了工地現場或場內塗裝作業是如何進行的。它描述了塗料施工應用的方法，在施工前塗裝材料的管理和儲存，塗裝檢查以及塗層系統的追蹤記錄。另外，參照區（指正式施工前先選一小區域試塗裝作為參照區）的準備也包含在內。本部分沒有涉及表面處理內容（ISO 12944-4 中已有闡述）。
- 6.7 ISO 12944-8**提供開發防蝕作業計畫書的說明，描述一個鋼構件的防蝕工程所必須列入考量的所有事項，為了方便使用，ISO12944—8將把專案計畫書、塗裝系統計畫書、塗裝作業計畫書，以及檢驗和試驗計畫書區別開來。相關的附錄具體介紹了工作計畫、參照區域及檢驗，並提供表單用以促進工程進行。

附錄 A (參考件)

使用 ISO 12944 於專案計畫上的導方針

為了確保腐蝕防護的有效性，為這個專案編寫合適的技術規格書是很重要的，可以從以下方面著手進行：

- (a) 分析或評估鋼結構所處環境的腐蝕性 (ISO 12944-2)。
- (b) 特殊條件的成立將影響塗裝系統的選擇 (ISO 12944-5)。
- (c) 檢視此構件的設計以確保避免腐蝕的可能及適當的出入通道以提供防蝕作業的進行。通過絕緣措施來避免不同金屬間的伽凡尼腐蝕(galvanic corrosion) (ISO 12944-3)。
- (d) 於修補塗裝作業時，評估其表面的狀況而加以處理 (ISO 12944-4)。
- (e) 識別各塗裝系統，由ISO12944-5中之列表內符合的環境而選擇所需的耐久度或由實驗數據的結果來決定所採用的塗裝系統，如果沒有長期的成功應用經驗，還可以參照實驗性能測試 (ISO12944-6) 結果來選擇。
- (f) 塗裝系統決定之後，需考量將要採用的表面處理方法 (ISO12944-4)。
- (g) 確保對環境的損害、健康與安全風險減至最低 (ISO 12944-1、ISO 12944-8)。
- (h) 施工計畫以及噴塗的方式之建立 (ISO 12944-7、ISO 12944-8)
- (i) 建立一個在防腐蝕工作作業中和作業後的檢查程式。
- (j) 建立一個在鋼結構整個服役期間的維修保養計畫。

注意：詳細的規畫，見 ISO 12944-8 附錄 C 和 D。

塗料與清漆－鋼構造物防蝕塗料系統

第二部分：環境分類

目錄

前言	2-2
簡介	2-3
1. 範圍	2-4
2. 參考文獻	2-4
3. 定義	2-5
4. 大氣、水中和土壤中的腐蝕因子	2-6
5. 大氣分類	2-8
附錄 A 氣候條件	2-12
附錄 B 特殊情況	2-13
表格 1 大氣腐蝕環境分類和典型的環境案例	2-10
表格 2 水和土壤的腐蝕分類	2-11
表格 A.1 濕潤時間計算和選擇典型氣候類型	2-12

前言

ISO（國際標準化組織）是各國家標準化機構（ISO成員團體）共同組織的世界性聯合機構。國際標準的制定工作由ISO技術委員會負責。每個成員團體都有權派代表參加所關注課題的技術委員會，各政府性或非政府性的國際組織，凡與ISO由聯繫的，也都參加這項工作，有關電工標準化方面的內容，ISO與國際電工委員會（IEC）保持密切合作關係。

國際標準的起草符合 ISO/IEC指令中第二部分的相關規則。

技術委員會的主要任務是制定國際標準，由技術委員會通過的國際標準草案提交各成員團體表決，需取得至少75%參加表決的成員團體的同意，才能作為國際標準正式發佈。

ISO 12944-2國際標準是由ISO/TC35技術委員會「塗裝與修飾－鋼構防蝕之塗裝系統」SC14 分委會制定。

ISO 12944《塗料與清漆－鋼構造物防蝕塗料系統》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

ISO 12944 這部分中的附錄 A 與附錄 B 僅供參考。

簡介

未經保護的鋼材在大氣、水和土壤中會因腐蝕而破壞。因此，為了避免腐蝕破壞，在鋼結構服役期間需採取一些防腐蝕保護措施。

有很多種不同的方式可以保護鋼結構免遭腐蝕。ISO 12944針對的是採用塗層體系和塗覆層來保護。該標準的各部分內容，都是為了獲得適當的、成功的鋼結構防腐蝕保護效果。其他的一些防腐蝕措施可能也可能是有效的，但需要各相關方達成一致意見。

為了確保鋼結構防腐蝕措施的有效性，業主、設計人員、諮詢顧問、防腐蝕施工承包商、塗料製造商、塗裝檢查員都應以簡明的方式陳述他們關於塗層體系防腐蝕保護方面的最新最先進的技術進展，這些資訊應盡可能完善、清晰和易於理解，以免在實際履行防腐蝕工作時各相關方之間產生誤解和偏差。

ISO 12944國際標準將提供關於這些工作資訊的一些說明。這是為具有一定專業技術知識的人而編寫，且ISO 12944標準的使用者也熟悉其他相關的國際標準，特別是關於表面處理的標準和相關國際規範。

儘管 ISO 12944不處理財務和合約問題，但是請注意一個事實，當不遵從ISO 12944 標準的要求和建議，採用不合適的防腐蝕措施時，就可能造成嚴重的財務後果。

ISO 12944-1定義了ISO 12944標準的範圍。它提供了一些基本術語和定義，還有對ISO 12944 的其他部分的大致介紹。此外，它還包括健康、安全和環境保護方面的闡述，以及針對某個特定項目使用ISO 12944 標準的指南。

ISO 12944的這一部分描述了環境因素對鋼結構的影響。包括暴露於大氣中及浸於水或埋於土壤中的鋼結構。對於不同的大氣環境，提供了腐蝕性的等級分類。也描述了鋼結構浸泡在水中或埋入土壤中的腐蝕情況。所以這些環境都和防腐塗料體系的選擇密切相關。

1. 範圍

1.1 ISO 12944這一部分是有關於鋼構件所暴露之環境的主要類別及其腐蝕性。包括：

- 藉著試片質量的損失（或厚度的損失）來決定其大氣腐蝕性的類別，並描述鋼結構所暴露之典型的自然大氣環境，且提供計算腐蝕性的建議。
- 描述各種鋼結構浸泡在水中和埋於土壤中的不同腐蝕性環境類別。
- 一些特殊的腐蝕因子可能造成腐蝕速率的大量增加或是防蝕塗裝系統性能上的高要求。

特殊環境或特種腐蝕性分類下的各腐蝕因子，是選擇塗料防護體系的決定參數。

1.2 ISO 12944 並不討論那些含有特殊氣體（例如：化學品工廠或冶煉廠的周圍）大氣環境分類。

2. 參考文獻

下列參考文獻通過本標準的引用而成為標準不可缺少的文獻。在本標準出版時，這些引用的標準版本都是有效。但所有的標準都會修訂，鼓勵各方討論這些標準的最新版本在ISO 12944繼續引用的可能性。IEC 和ISO的成員對目前有效的國際標準保持登記。

- ISO 9223:1992, Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Classification.
- ISO 9226:1992, Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation of corrosivity.
- ISO 12944-1:1998, Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 1:General

introduction.

- EN1250 — 1: Protection of metallic materials against corrosion — Corrosion likelihood in soil — Part 1: General

3. 定義

以下名詞定義主要為應用於ISO 12944-2，部分內容已在ISO 12944-1中被定義。

注意：有些定義是取之於ISO 8044：1989，金屬和合金腐蝕—辭彙中的說明。

3.1 腐蝕性 (corrosivity)：在腐蝕體系中，環境造成腐蝕的能力[ISO 8044]。

3.2 腐蝕因子(corrosion stresses)：促進腐蝕進行的環境因素。

3.3 腐蝕體系(corrosion system)：由一種或多種金屬和所有影響其腐蝕的環境因素所組成的體系[ISO 8044]。

3.4 氣候(climate)：通過長時間的氣象參數記錄統計而確定的某個地區或區域的主要天氣情況。

3.5 大氣 (atmosphere)：一混合的氣體，通常也為煙霧或微粒，圍繞於指定的物件周遭。

3.6 大氣腐蝕(atmospheric corrosion)：在地球大氣及氣溫環境下發生的腐蝕[ISO 8044]。

3.7 大氣種類(type of atmosphere)：以存在的腐蝕介質和它們的濃度為基礎而分類之。

注意：主要的腐蝕介質是氣體（特別是二氧化硫）及鹽類（特別是氯化物或硫酸鹽）。

3.7.1 鄉村大氣(rural atmosphere)：此大氣普遍於農業區及小鎮，主要是沒有二氧化物或氯化物之類腐蝕介質的嚴重污染。

3.7.2 城市大氣(urban atmosphere)：沒有重大工業設施的人口密集居住區的大氣，含有中度濃度的污染物質，例如二氧化硫或氯化物。

3.7.3 工業大氣(industrial atmosphere)：大氣的污染來自本地或區域性的工業排放之腐蝕性污染物（主要是二氧化硫）。

3.7.4 海洋大氣(marine atmosphere)：於海上或靠近海洋的大氣。

注意：海洋的大氣隨地形和主要風向將延伸涵蓋一段距離的陸地。此區域通常被鹽霧（主要是氯化物）嚴重污染。

3.8 區域環境(local environment)：該構件的週遭普遍的大氣環境狀況。

注意：這些環境狀況決定其腐蝕性的類別，其狀況包含了氣象條件和污染因子。

3.9 微型環境(micro-environment)：為構件各組成部分和周圍物質接觸介面的環境情況。微型環境是評估腐蝕因子的決定性因素。

3.10 濕潤時間(time of wetness)：一個金屬結構被能夠引起大氣腐蝕之電解液膜層覆蓋的時間。濕潤時間可由溫度和相對濕度來統計計算，將相對濕度大於80%而同時溫度高於0°C的所有時間相加即可得出濕潤時間。

4. 大氣、水中和土壤中的腐蝕因子

4.1 大氣腐蝕

大氣腐蝕是在覆蓋於金屬表面的濕氣薄膜內發生的過程。濕氣薄膜可能太薄以至於肉眼看不到。

下列因素會導致腐蝕速率的上升：

- 相對濕度的上升；
- 冷凝出現（當表面溫度處於或低於露點時）；
- 大氣污染物總量上升（腐蝕性污染物能和鋼材反應並在表面形

成沉積物)。

經驗顯示，相對濕度高於80%且氣溫大於0°C時，腐蝕將發生。但是，如果存在污染物質或吸濕鹽類，在更低的濕度下腐蝕也會發生。

於一指定區域的大氣濕度及氣溫取決於該區域普遍之氣候型態。附錄A 中對一些重要氣候進行了簡要描述。

構件各組成元件的位置也會影響腐蝕。構件所暴露的場所及氣候因素；例如雨水、陽光、氣體或懸浮形式的污染物質都能影響腐蝕。在有遮蓋物的地方，氣候影響也降低了。在室內，大氣污染物質的影響減少。不過，不良的通風、高濕度或沉澱物還是可能造成高腐蝕率。

對於腐蝕因子的判斷和評估，局部環境和微型環境的品質提升是必要的。微型環境因子的決定性例子有橋梁的下部（尤其為水面之上），室內游泳池的天花板，以及建築物的向陽面和背陽面等。

4.2 水中和土壤中的腐蝕

當構件的一部分是浸在水裏或埋在土壤中的時候，要特別注意在這種情況下，該部位的腐蝕速度與整個構件相形之下將會特別高。不建議採用暴露試驗來評估水中和土壤環境的腐蝕性。然而，還是可以描述不同的浸水和埋入土中的情況。

4.2.1 浸在水中的結構

水的類型，淡水、鹽水及海水對於鋼材的腐蝕都有顯著的影響力。腐蝕性也受水中氧含量、溶解物質的類型和數量及水溫的影響。水中動物和植物的生長也會加速腐蝕的進行。

水中的浸泡環境可分為以下三類區域：

- 水下區域（underwater zone）：永久浸沒在水裏的地方；
- 中間區域（變動水位）（intermediate zone）：水位隨著自然或人為因素而水位變動，受水和大氣的間歇聯合作用而加速了腐

蝕的進行；

- 飛濺區（splash zone）：該區域由於波浪以和噴霧的作用造成異常高的腐蝕率，尤其是海水。

4.2.2 埋在土壤中的結構

土壤的腐蝕性與土壤中礦物含量和物性、有機物的含量、水含量和氧氣含量相關。土壤的腐蝕性受通入氣體程度的影響很大，氧氣含量改變會導致腐蝕電池形成。在大多數鋼結構例如管道、隧道、儲罐裝置等，通過不同類型的土壤、不同氧氣含量的土壤及地下水位不同的土壤等地方，將增強腐蝕電池形成而發生局部腐蝕（點狀腐蝕）。更詳細的描述可參考EN 12501-1。

ISO 12944 對於不同類型的土壤和土壤參數的部分並沒有被制成分類標準。

4.3 特殊情況

防蝕塗裝系統的選擇方面，該構件受到特殊腐蝕因子和所在特殊位置的情況都要考慮。構件的設計和使用方面的腐蝕因子未被第5款類別系統所列入考量。附錄B 提供了一些特殊情況的例子。

5. 大氣分類

5.1 大氣腐蝕環境分類

5.1.1 在ISO 12944 中，大氣環境分類為六大類別：

C1 非常低

C2 低

C3 中等

C4 高

C5-I 很高（工業）

C5-M 很高（海洋）

5.1.2 為了定義腐蝕性分類，強烈建議製作標準試片的暴露試驗。表1根據暴露了一年的低碳鋼和鋅板標準試片的質量上或厚度上的損失來分類其腐蝕性。關於標準試片製作及其在暴露前後的處理程序請參考ISO 9226。針對於暴露一年的試片的評估，不論是不到一年的暴露時間的評估或超過一年的評估皆是不可採用的實驗結果，且不被允許的。有時後測試片暴露的結果並不相同，在此情況下，腐蝕性最高的結果將被採用。

如果暴露試驗於該環境下不可行，則由表1中估算該環境的腐蝕性分類。表格中的案例只能做為參考，而且偶爾會讓人誤解，只有對品質或厚度損失的實地測量才能提供正確的腐蝕分類。

注意：腐蝕性分類也可以綜合考量下列環境因素，年濕潤時間、二氧化硫年度平均濃度和氯化物的年平均沉積量來評估（參照ISO 9223）。

5.2 水和土壤的腐蝕性分類

對於浸在水中或埋在土壤中的構件，腐蝕狀況通常是局部的，而且腐蝕性分類是很難定義的。然而，為了達到此標準規範的分類目的，將藉著描述各種環境來加以分類。在表2中，同時提供三種不同的環境分類與構件案例。詳情見4.2節。

注意：在許多情況中，陰極保護常被採用。

表 1、大氣腐蝕性環境分類和典型環境案例

腐蝕 分類	單位面積上質量損失/厚度損失 (經第 1 年暴露後)				溫帶氣候下的典型環境案例 (僅供參考)	
	低碳鋼		鋅板		外部	內部
	品質損失 g/m ²	厚度損失 um	品質損失 g/m ²	厚度損失 um		
C1 非常低	≤10	≤1.3	≤0.7	≤0.1	—	乾淨的空氣於熱的建築物內部，如辦公室、商店、學校和旅館等
C2 低	>100-200	>1.3-25	>0.7-5	>0.1-0.7	低污染的大氣，大部分是鄉村地區	不會熱的建築物，會有冷凝發生，如庫房，體育館等。
C3 中	>200-400	>25-50	>5-15	>0.7-2.1	都市和工業大氣，中等的二氧化硫污染以及低鹽度沿海區域	高濕度和有些空氣污染的生產廠房內，如食品加工廠、洗衣場、酒廠、乳製品工廠等。
C4 高	>400-650	>50-80	>15-30	>2.1-4.2	工業區和中等鹽度的沿海區域	化工廠、游泳池、沿海船舶和造船廠等。
C5-I 很高 (工業)	>650-1500	>80-200	>30-60	>4.2-8.4	高濕度和惡劣大氣的工業區域	冷凝及高污染持續發生的建築和區域。
C5-M 很高 (海洋)	>650-1500	>80-200	>30-60	>4.2-8.4	高含鹽度的沿海和海上區域。	冷凝和高污染持續發生的建築和區域。
注意：1.表中的質量損失數值與 ISO 9223 中所提供的相符合。 2.於高溫、潮濕的近海區域，其質量損失之數值將超過 C5-M 類別的上限，因此在選擇防蝕塗裝系統時要小心。						

表 2、水和土壤的腐蝕分類

分類	環境	環境和結構的案例
Im1	淡水	河流上安裝的設施，水力發電廠
Im2	海水或鹽水	港口區的構件，如水閘、鎖具、防波堤、碼頭；海上結構
Im3	土壤	地下儲槽，鋼樁和鋼管

附錄A（參考件）

氣候條件

一般而言，怎樣的氣候就會造成怎樣的腐蝕行為。在寒冷或乾燥氣候下的腐蝕速率比在溫帶氣候下的腐蝕速率要低，在濕熱氣候或是海洋型態的氣候中最高，雖然也有可能會有不同情況會發生。

主要考量的是結構暴露在高濕情況下的時間長度，也就是潮濕時間。

表A.1、計算濕潤時間和選擇典型氣候類型

（擷自 ISO 9223:1992 年）

氣候類型	年度最大值的平均值			計算的濕潤時間（RH 大於80%且溫度大於0℃） （小時/年）
	最低溫度 （℃）	最高溫度 （℃）	RH>95%時的 最高溫度 （℃）	
極度嚴寒	-65	+32	+20	0-100
寒冷	-50	+32	+20	150-2500
寒溫帶	-33	+34	+23	2500-4200
溫帶	-20	+35	+25	
溫暖乾燥	-20	+40	+27	10-1600
中度溫暖乾燥	-5	+40	+27	
極度溫暖乾燥	+3	+55	+28	
溫暖潮濕	+5	+40	+31	4200-6000
溫和的溫暖潮濕	+13	+35	+33	

附錄B（參考件）

特殊情況

B.1 特殊位置

B.1.1 建築物內部腐蝕

沒有與外界環境接觸的建築物內部的構件上的腐蝕因子通常是輕微的。

如果建築內部只有部分未與外界環境接觸，腐蝕因子可以假定為與建築周圍的大氣環境相同。

建築物內部的腐蝕因子可能會因其被使用情況而增強，這些腐蝕因子應被當作特殊的因子處理（參考B.2節），例如用氯消毒的室內游泳池、飼養家畜的房子及一些特殊用途的建築物內。因為季節性冷凝的形成，結構遭受更高的腐蝕因子。如果構件表面被電解液濕潤，即使這種濕潤是暫時性的（例如建材的滲水），特別迫切的防腐蝕要求也是必要的。

B.1.2 箱型及中空元件的腐蝕

空心構件因完全密封而不遭受任何內部腐蝕是不可能的，然而那種密封嚴密只偶爾打開的空心構件，將造成少部份的腐蝕因子發生。

封閉的空心構件和箱型構件應從設計上確保它們的密封性（例如沒有不連續的通道、緊密的螺栓連接）。否則，降雨或冷凝水的濕氣可能進入並在內表面液化凝結並保留，如果這些狀況可能發生，那麼內部表面也必須採取防護措施。要注意的是即使有緊密的蓋子，其內部依舊會有沉積水的存在。

當箱型或中空元件的四周並不是完全密封的情況下，則腐蝕的發生是可以預期的，應採取適當的防腐蝕措施。更多設計資訊可參考ISO 12944-3。

B.2 特殊腐蝕因子

ISO 12944 認為，特殊腐蝕因子能加重腐蝕的發生，並對於防護塗裝系統的性能有更高的要求。這類腐蝕因子具有多樣性，這裏只選擇了其中的一些例子。

B.2.1 化學因子

由於工廠運作產生的污染物質（例如酸、鹼、鹽、有機溶劑、侵蝕性氣體和微塵）讓腐蝕局部惡化。

這類腐蝕因子存在於如煉煤、酸洗場、電鍍廠、織染廠、紙漿工廠、製革廠、煉油廠附近。

B.2.2 機械因子

B.2.2.1 大氣中

摩擦性因子（侵蝕）的發生在於乘風而來的微粒（例如砂粒）摩擦鋼結構表面而產生。

當該表面可能暴露於中度或嚴重的機械因子時，則磨擦力得列入考量。

B.2.2.2 水中

在水中，機械腐蝕因子可能因石頭移動、砂的摩擦、浪的沖刷等等而產生。

機械腐蝕因子可以分為三個等級：

(A) 弱：沒有或非常輕微的、間歇的機械腐蝕因子，例如緩慢流動的水夾帶著細塵或少量的沙。

(B) 中等：中等的機械腐蝕因子，如以下一些例子：

- 由中速流動的水挾帶中等數量的固體殘骸、砂、砂礫、鵝卵石、冰等。
- 沒有挾帶雜質的強力水流沖刷垂直表面。
- 中度的生長（動物或植物）
- 中度的浪潮作用

(C) 嚴重：嚴重的機械腐蝕因子，如以下一些例子：

- 由快速流動的水挾帶大量的固體殘骸、砂、砂礫、鵝卵石、冰等對垂直面或斜面的沖刷。
- 密集的生長（動物或植物），尤其為了運作上的原因，該生物必須機械性移除。

B.2.3 冷凝的腐蝕因子

如果該構件的表面溫度低於露點溫度好幾天，其所產生的露水代表了非常高的腐蝕因子，尤其此冷凝現象為一規律性復發的情況（如水下作業、冷卻水管路）。。

B.2.4 中高溫造成的腐蝕因子

在此標準規範中，中溫是 60°C-150°C，高溫是150°C-400°C。如此高的溫度只有發生構件運行中的特殊條件下（例如中溫發生在道路瀝青鋪設中，高溫發生在鋼製煙囪、排氣管或煉煤中的排氣裝置）。

B.2.5 綜合的腐蝕因子將增高腐蝕速率

對於同時暴露在機械和化學腐蝕因子中的表面，腐蝕發生更快。比如靠近鋪有砂粒和鹽分的馬路邊的鋼結構，過往的交通工具會把鹽水和砂粒濺到部分結構上，然後表面就會暴露在鹽的腐蝕因子和粗沙的機械腐蝕因子下。結構的其他部分也會被鹽霧濕潤。例如，天橋橫跨越馬路的下部位將會被鹽分污染，飛沫區域通常設定為離路面15 米遠內的區域。

塗料與清漆－鋼構造物防蝕塗料系統

第三部分：設計考量

目錄

前言	3-3
簡介	3-4
1. 範圍	3-5
2. 參考文獻	3-5
3. 定義	3-5
4. 總論	3-6
5. 防蝕基本設計準則	3-6
5.1 易入性	3-7
5.2 縫隙處理	3-7
5.3 防止沉積物和水滯留的措施	3-8
5.4 邊緣	3-8
5.5 焊接表面的缺陷	3-8
5.6 螺栓連接	3-8
5.7 箱形構件和空心構件	3-9
5.8 凹槽	3-9
5.9 加強材	3-9
5.10 伽凡尼腐蝕(galvanic corrosion)的預防	3-10
5.11 加工、運輸和安裝	3-10

附錄 A 易入性—在防蝕施工中不同作業方式所需工作距離	3-11
附錄 B 狹窄空間的開口通道建議最小尺寸	3-12
附錄 C 表面之間狹窄空間的最小尺寸	3-13
附錄 D 避免沉積物聚積和水滯留的設計特點	3-15
圖 A.1	3-11
圖 B.1	3-12
圖 C.1	3-13
圖 C.2	3-14
圖 D.1 避免水和污垢的陷阱	3-15
圖 D.2 焊口的設計	3-16
圖 D.3 縫隙處理	3-17
圖 D.4 鋼材和混凝土複合結構	3-18
圖 D.5 尖銳邊緣的避免	3-18
圖 D.6 避免焊接表面缺陷	3-19
圖 D.7 利於防腐的加強筋推薦設計	3-19

前言

ISO（國際標準化組織）是各國家標準化機構（ISO成員團體）共同組織的世界性聯合機構。國際標準的制定工作由ISO技術委員會負責。每個成員團體都有權派代表參加所關注課題的技術委員會，各政府性或非政府性的國際組織，凡與ISO 有聯繫的，也都參加這項工作，有關電工標準化方面的內容，ISO 與國際電工委員會（IEC）保持密切合作關係。

國際標準的起草符合 ISO/IEC 指令中第二部分的相關規則。

技術委員會的主要任務是制定國際標準，由技術委員會通過的國際標準草案提交各成員團體表決，需取得至少75%參發表決的成員團體的同意，才能作為國際標準正式發佈。

ISO 12944-3 國際標準是由 ISO/TC35 技術委員會. 塗裝與修飾—鋼構防蝕之塗裝系統. SC14 分委會制定。

ISO 12944 《塗料與清漆—鋼構造物防蝕塗料系統》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

ISO 12944 這部分中的附錄 A—附錄 D 僅供參考。

簡介

未經保護的鋼材在大氣、水和土壤中會因腐蝕而破壞。因此，為了避免腐蝕破壞，在鋼結構服役期間需採取一些防腐蝕保護措施。

有很多種不同的方式可以保護鋼結構免遭腐蝕。ISO 12944 針對的是採用塗層體系和塗覆層來保護。該標準的各部分內容，都是為了獲得適當的、成功的鋼結構防腐蝕保護效果。其他的一些防腐蝕措施可能也可能是有效的，但需要各相關方達成一致意見。

為了確保鋼結構防腐蝕措施的有效性，業主、設計人員、諮詢顧問、防腐蝕施工承包商、塗料製造商、塗裝檢查員都應以簡明的方式陳述他們關於塗層體系防腐蝕保護方面的最新最先進的技術進展，這些資訊應盡可能完善、清晰和易於理解，以免在實際履行防腐蝕工作時各相關方之間產生誤解和偏差。

ISO 12944國際標準將提供關於這些工作資訊的一些說明。這是為具有一定專業技術知識的人而編寫，且ISO 12944標準的使用者也熟悉其他相關的國際標準，特別是關於表面處理的標準和相關國際規範。

儘管 ISO 12944不處理財務和合約問題，但是請注意一個事實，當不遵從ISO 12944 標準的要求和建議，採用不合適的防腐蝕措施時，就可能造成嚴重的財務後果

ISO 12944-1定義了ISO 12944標準的範圍。它给出了一些基本術語和定義，還有對ISO 12944 的其他部分的大致介紹。此外，它還包括健康、安全和環境保護方面的闡述，以及針對某個特定項目使用ISO 12944標準的指南

ISO 12944的這一部分對那些採用防護漆體系進行防腐蝕保護塗裝的鋼結構，如何通過合理的（結構）設計達到腐蝕風險最小化，给出了一些（結構）設計指導。

1. 範圍

ISO 12944此部分為有關於設計鋼構件塗裝系統上的基本準則，為了避免過早的腐蝕以及油漆的剝蝕。內含了適當與不適當之設計上的舉例，說明了塗裝系統於施工、檢驗以及維修上的問題如何去避免，同時也討論了鋼結構搬運和運輸的設計方法。

2. 參考文獻

下列參考文獻通過本標準的引用而成為標準不可缺少的文獻。在本標準出版時，這些引用的文獻都是有效的。但標準都會被修訂，鼓勵各方討論這些標準的最新版本在ISO 12944 繼續引用的可能性。IEC和ISO的成員對目前有效的國際標準保持登記。

- ISO 1461:1999, Hot dip galvanized coatings on fabricated ferrous products—Specifications.
- ISO 8501-1:1988, 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.
- ISO 12944-1:1998, Paints and varnishes—Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 1: General introduction.
- ISO 12944-2:1998, Paints and varnishes—Corrosion protection of steel structures by protective paint systems—Part 5: Protective paint systems.
- ISO 14713: Protection against of iron and steel in structures—Guidelines.

3. 定義

除ISO 12944-1給出的定義外，以下名詞和定義主要為應用於ISO 12944。

3.1 設計 (design)：詳細的計畫書，記載如何建造結構物，內容包含了防蝕的考量。

4. 總論

設計一個構件的主要目的為確保該構件的功能性，有適當的穩定性、強度和耐久性，且合理的成本和美觀。

結構的整體設計應該考量易於進行表面處理、油漆塗裝、塗層檢驗和維護。

結構的形狀將影響防蝕性能。因此結構設計應避免形成容易發生腐蝕的據點。因此強烈建議設計者在設計過程的初期，能有一防蝕專家在旁協商為佳。理想來說，塗裝系統應於該階段選擇，依據其服務年限、構件的種類以及維護等因素來考量。

結構元件的形狀、連接方式、建造過程以及任何後處理方式都不能有促進腐蝕的狀況發生。同樣，在選定塗裝體系時，要考慮結構和構件的形狀以及它們所處的腐蝕環境級別（見ISO 12944-2）。

設計應儘量簡單，避免過於複雜。在鋼構件連接處，如另外的建築材料嵌入或封裝，比如砌磚，這些不可能再進入的部位應該採取能在整個服役期限內提供有效防蝕保護的措施。

需要採用熱浸鍍鋅的鋼構件的設計應該符合ISO 1461和ISO 14713標準的要求。

5. 防蝕基本設計準則

鋼構件上暴露於腐蝕因子的表面範圍應儘量縮小。不規則結構的數量應減至最少（如：重疊處、角落、邊緣）。接合處應用焊接來取代螺栓或鉚釘以達到整體平滑表面。不連續焊接以及點焊，只能用於

當腐蝕的風險是可以被忽略的地方。

5.1 易入性

鋼構件應該設計成易於進入進行塗裝系統的施工、檢查和維修。如：預設修理通道、工作平台或其他輔助裝置。安全開展維修工作所需的附件（如：吊鉤、鷹架作業的固定鉤、噴砂及噴漆作業機具的軌道等）需在設計階段考量設置。

在日後修護時才要提出其進入的方法是十分困難的，而且設計中沒有包括維修通道，設計者應該清楚地指出將來如何提供維修通道。

構件上所有要被塗裝的平面必須是看得到的，且為施工者可以安全接觸到的範圍之內。在良好的照明條件下，進行表面處理、塗裝和檢測的人員能夠安全簡便地在鋼結構各個部位移動。需要具有充足的空間供操作人員進行表面處理工作（見附錄A）。

特別注意的是要具有確保進入箱型構件和艙室的通道。其開口的大小應足夠讓工作人員以及其裝備進入（見附錄B）。另外，輔助的通風口的位置和尺寸要符合塗裝系統的施工要求。

結構構件間的狹窄空間應盡可能避免。對於因結構原因和實際情況，狹縫空間不可能避免的，建議參考附錄C的內容。

當該建材有腐蝕的可能，且於建造之後就無法進入時，則應該選用防蝕的材料或選用可維持該服務年限效能的塗裝系統，或者，也可以採用可容許的腐蝕程度（如採用較厚的鋼材）。

5.2 縫隙處理

狹窄通道、看不見的縫隙處和重疊連接處都會因濕氣和污垢的滯留（包括表面處理時的磨料），是腐蝕發生的潛在部位。這種潛在的腐蝕常常採用封閉的方法來杜絕之。於大部分的環境中，該空間都是用夾鐵將其填滿突出後，再將其周圍焊好。相接的平面必須要用連續的焊接將其焊起來以避免沙子或水氣的進入（見附錄D，

圖D.3)。

應特別注意從混凝土與鋼鐵的相接處，尤其是複合結構受到嚴重腐蝕因子的情況（見附錄D，圖D.4）。

5.3 防止沉積物和水滯留的措施

應該避免因表面結構水滯留和外來雜質增加而加大腐蝕因子的情況。設計者應當注意流出的效應可能造成的影響。例如，碳鋼與不銹鋼接合或不銹鋼上有銹點，將導致不銹鋼的腐蝕。

防止沉積物和水滯留的措施有：

- 帶有傾斜面或斜角的設計；
- 排除在頂端的開口剖面，或者避免在傾斜位置上的排列；
- 避免造成水和污垢滯留的凹缺；
- 避免水和腐蝕性液體的排出裝置靠近結構物。

能避免沉積物和水滯留的合適設計參數在附錄 D，圖D.1中說明。

5.4 邊緣

圓形邊緣有助於連續施工防護塗層，並在尖銳邊緣獲得足夠的塗層厚度（見附錄D，圖D.5）。施作於邊緣的油漆易受到傷害。因此，在製作過程中，所有尖銳邊緣需要磨圓或倒角，切割邊緣的毛邊應該要去除。

5.5 焊接表面缺陷

焊接時應避免有任何造成塗裝困難的缺失（如：凹凸不平、過度切割、氣孔、凹陷、飛濺）（見附錄D，圖D.6）。

5.6 螺栓連接

5.6.1 利用高張力螺栓防滑連接方式

防滑連接的摩擦面應在裝配前進行噴砂處理，最低處理等級要達到ISO 8501-1中規定的Sa 2.5等級，並達到要求的粗糙度。具有合適摩擦係數的塗層材料才可以用在摩擦面上。

5.6.2 預緊螺栓連接

採用預緊螺栓連接時對塗膜的技术要求。見 ISO 12944-5：1998，第5.6 條。

5.6.3 螺栓、螺母和墊圈

螺栓、螺帽及墊片應依防蝕塗裝系統的耐久性來加以保護。

5.7 箱形構件和空心構件

由於它們縮小了暴露於大氣腐蝕的表面積，箱體構件（內部可進入的）和空心構件（內部不可進入的），為了防蝕的目的，在形狀上應有一個特別的橫截面（交叉截面）。以下提供一些設計要求。

暴露在表面濕氣環境的開口箱體構件和空心構件需要設計排水口和採取有效防腐蝕措施。

封閉的箱體構件和空心構件不受空氣和濕氣的影響。為達到這個目的，它們的邊緣要用連續焊接方式完全密封起來，並且任何開口都要有密封蓋。在這些構件的組裝過程中，應特別注意確保沒有水滯留在裏面。

在塗裝前需要進行熱浸鍍鋅的元件，結構設計上要能保證鍍鋅順利進行（見ISO 1461和ISO 14713），特別是要避免在對密封焊接元件進行電鍍時的爆炸風險，還要避免工件出現未鍍鋅的點。

5.8 凹槽

加強筋、連接板或其他相似的結構上的凹槽直徑應不小於50mm（見附錄D，圖D.7）以考慮充分的表面處理和防護塗裝系統的施工所需要的空間。如果要凹槽的鋼板是很厚的（如 $>10\text{mm}$ ），那麼凹槽周圍鋼板的厚度減薄以便易於進行表面處理和塗裝施工。

5.9 加強材

當加強材需要用於腹板與翼板間時，（見附件D，圖D.7），在加強材和鄰接的元件之間的交叉點周圍的焊接是有必要的，從而避免缺陷的形成。設計加強材時應避免沉積物 and 水的滯留（見

5.3)，且供給空間予表面處理及塗裝系統的施作（見附件C）。

5.10 伽凡尼腐蝕(galvanic corrosion)的預防

當兩塊具有不同電位的金屬間存在導電連接時，在連續或週期性暴露在潮濕（電解液）環境情況下，活潑金屬（電極電位低的）會被腐蝕。這種電耦合的形成加快了活潑金屬的腐蝕速率，腐蝕速率與兩塊連接金屬的電位差、它們的面積大小差異、電解液的性質及活性相關。

因此，在活潑金屬元件與惰性金屬元件連接處應注意，特別是當活潑金屬構件的面積比惰性金屬部件小得多時。毫無疑問，在嚴苛條件下，為了降低腐蝕風險，用不銹鋼製作小表面積扣件，比用活潑金屬製作要好。當彈簧墊圈（例如：鎖緊墊圈、鋸齒墊圈）的使用可能會因為形成嚴重縫隙腐蝕以致損害連接處的長期使用性能時，不宜使用彈簧墊圈。

如果設計上電耦合的接合無法避免，則其接合面必須要絕緣。例如藉由給兩邊金屬都做油漆。如果只能漆其中一種金屬於該接合處，則漆較為惰性的金屬那一面是為較可實行的。或者，陰極防蝕也是可以考慮的。

5.11 加工、運輸和安裝

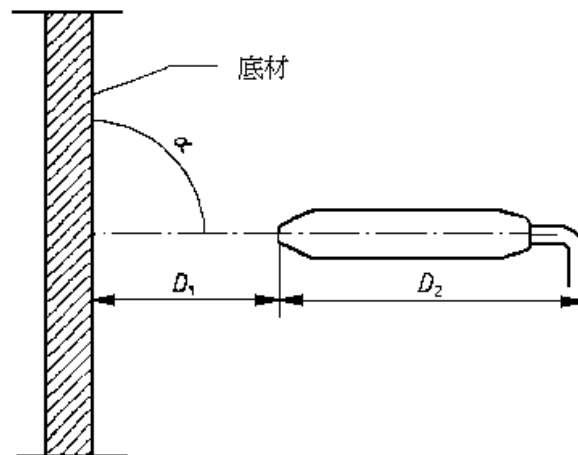
在設計時應考慮鋼結構的加工、運輸和安裝。主要是要考慮起重方法和起重點的設計。在起重和運輸期間支撐組件所需的夾具也要考量，還要考慮採取適當的措施防止在起重、運輸和現場加工（如焊接、切割和磨削）過程中對防護塗層的破壞。

於預製構件時接合處的防蝕，不管暫時性或永久性的，都應於設計階段就列入考量。

附錄A（參考件）

易入性—在防蝕施工中不同作業方式所需工作距離

操作	工具長度(D2)mm	工具與底材之間的距離(D1) mm	施工角度(α) 度
噴砂作業	800	200-400	60-90
動力工具清理			
—針槍	250-350	0	30-90
—摩擦性／碾磨性	100-150	0	—
手工具清理			
—鋼絲刷／錘、鎚	100	0	0-30
金屬噴射	300	150-200	90
塗裝施工			
—噴塗	200-300	200-300	90
—刷塗	200	0	40-90
—輥塗	200	0	10-90



α 工具的軸心與底材之間的角度

D1 工具至底材之間的距離

D2 工具的長度

圖 A.1

附錄B（參考件）

狹窄空間的開口通道建議最小尺寸

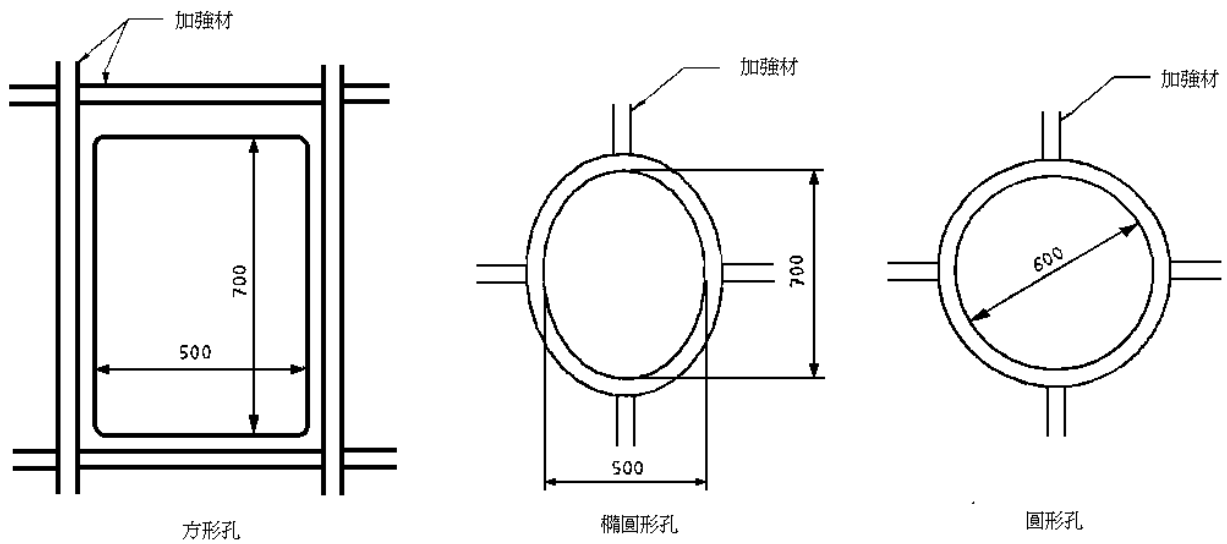
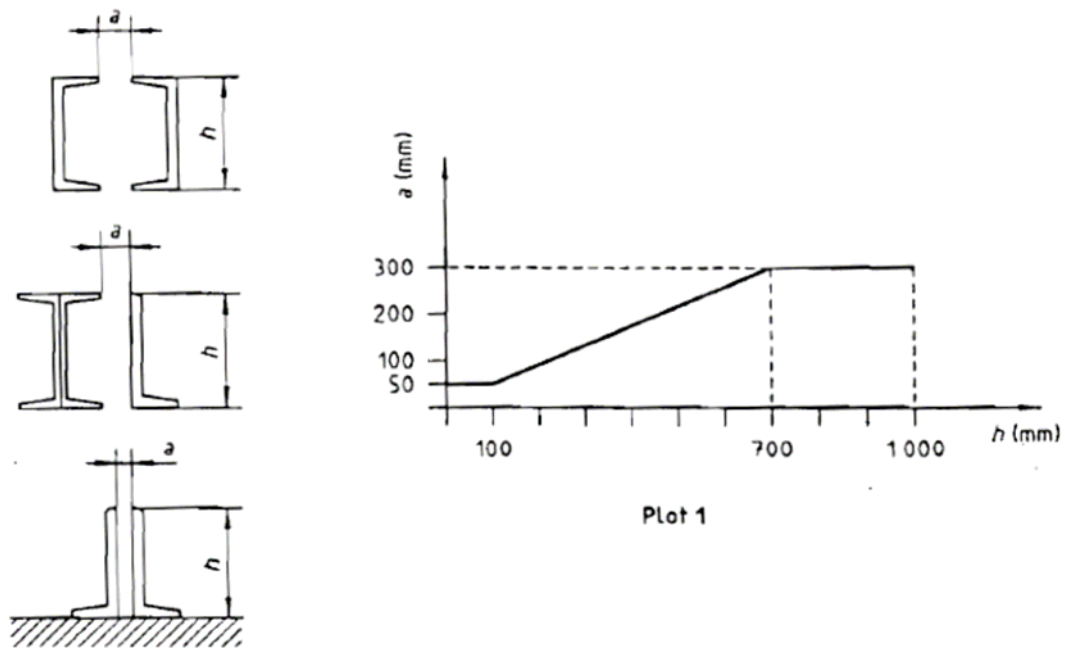


圖 B.1

附件C（參考件）

表面之間狹窄空間的最小尺寸

為確保表面處理、塗裝和維護工作的正常進行，操作人員必須能看見並用工具接觸到表面，因為規範要求必須能夠看到該表面並能接觸到表面。

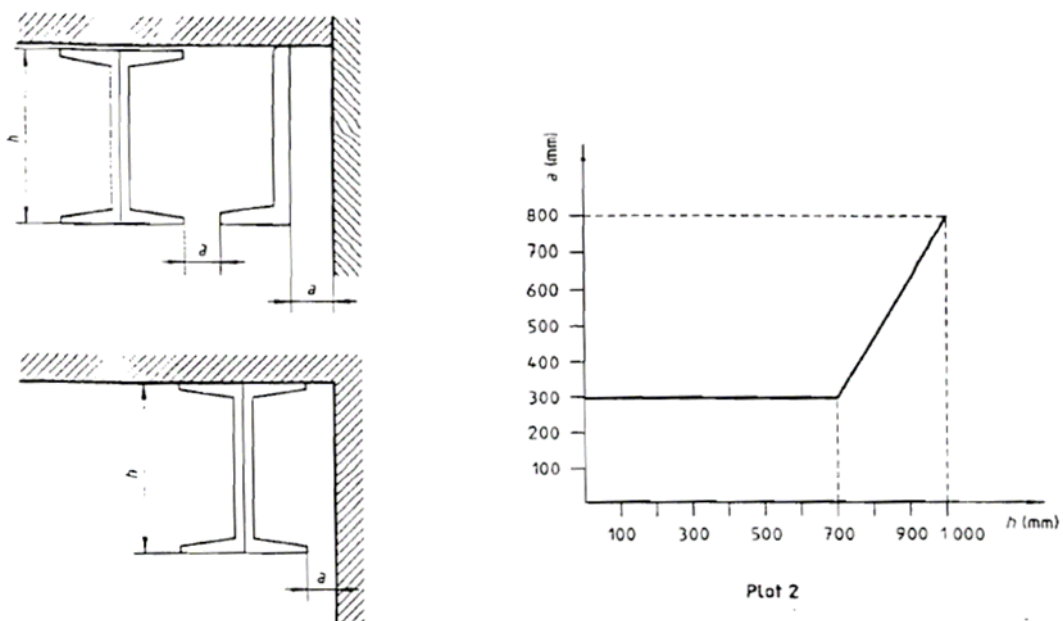


圖C.1

a —各構件或構件與鄰接表面允許的最小距離（mm）。

h —操作人員能夠到達狹窄空間的最大距離（mm）。

兩截面間允許最小距離 a 由圖1中 h 最大到1000mm所得。



圖C.2

圖 2 中給出各截面與鄰接表面允許的最小距離 a

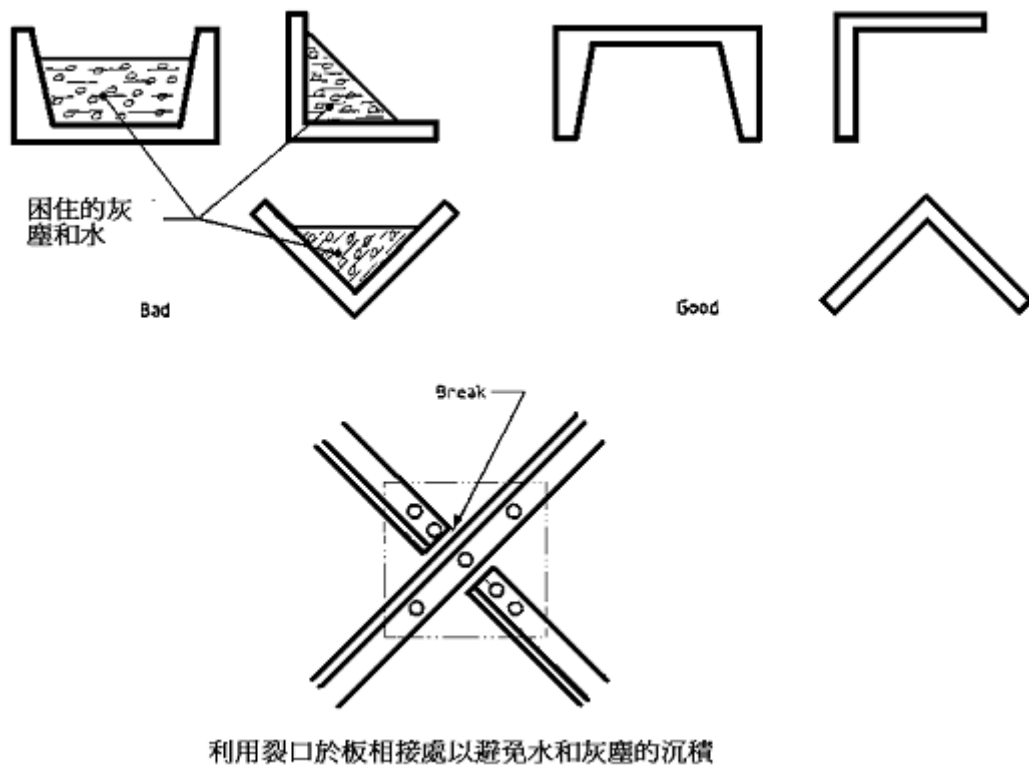
註1：如果操作人員必須達到的距離超過1000mm，在圖2 中 a 應該至少800mm。

註2：如果設計者不能遵從上述建議的，需採用特別措施。

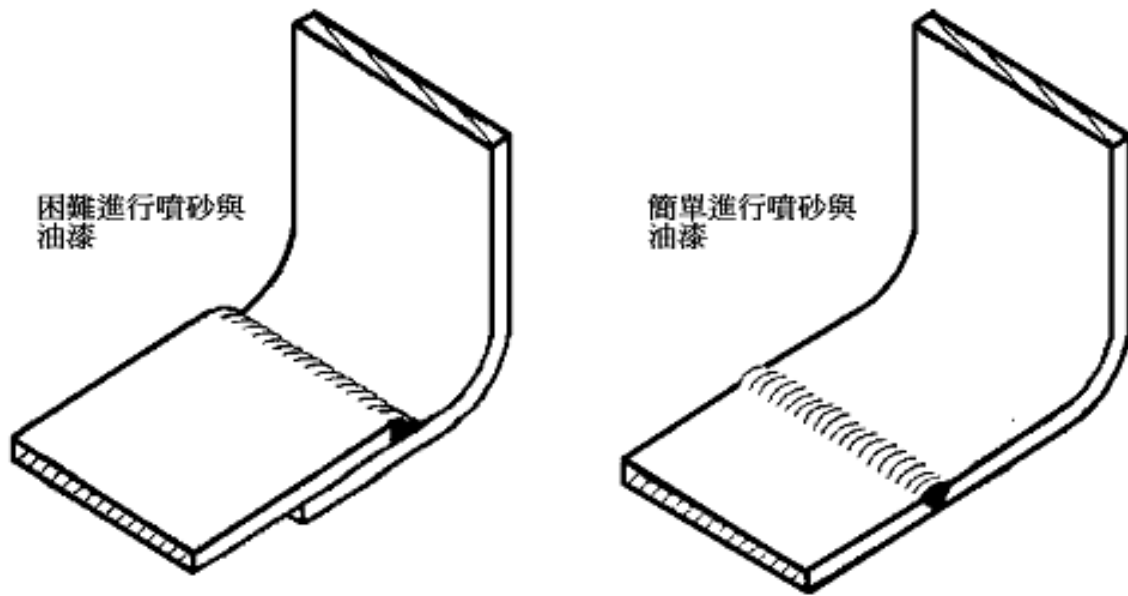
附件D（參考件）

避免沉積物聚積和水滯留的設計特點

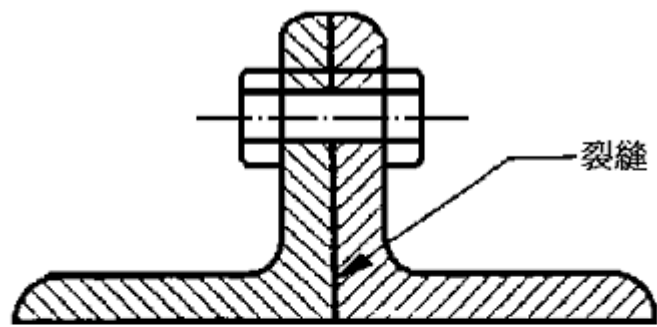
排水孔，滴水嘴，滴水管或者破裂處應避免沉積物形成或水滯留。應考慮水滴因風吹入缺口的可能性。而冰融化的情況也應考慮，建議設置排水管道排出結構中的水。



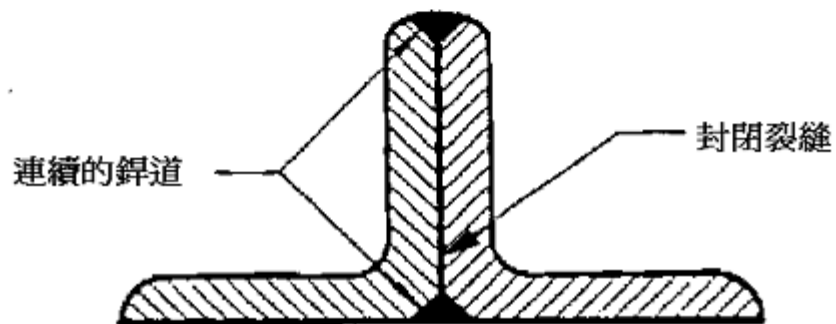
圖D.1 避免沉積物聚積和水滯留



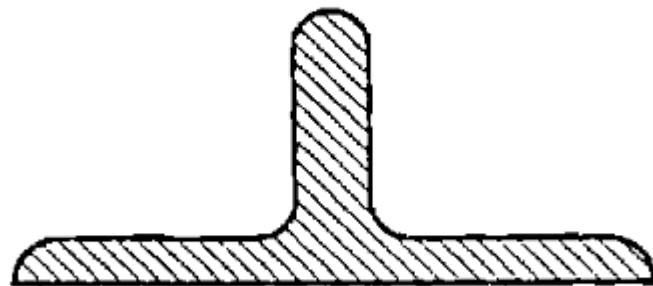
圖D.2 焊道的設計



不好（狹窄裂縫，防蝕困難）



較好

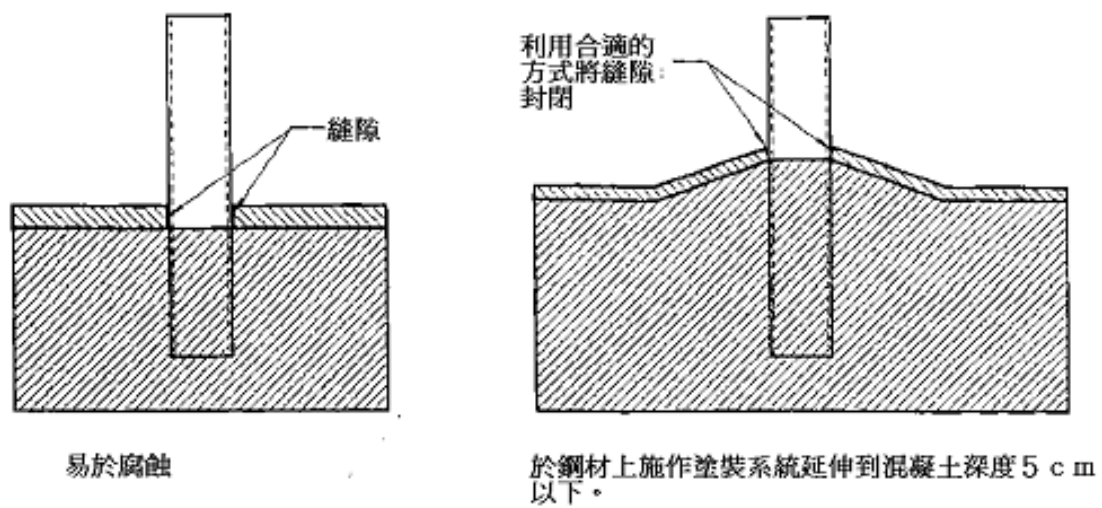


最好（單一的固體元件）

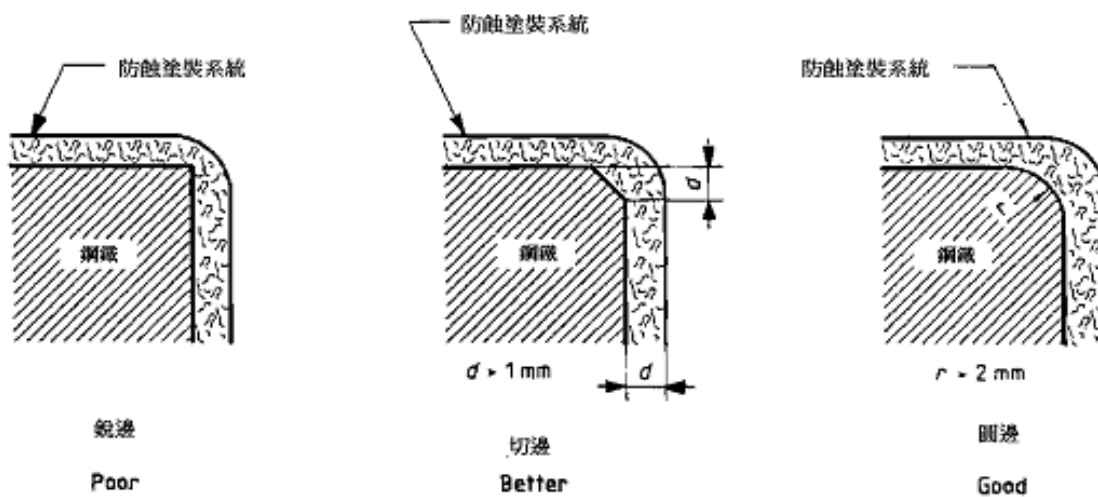
注意 1：這些例子只是描繪出基本要義。

注意 2：於熱浸鍍鋅的例子中，見5.7最後一段落

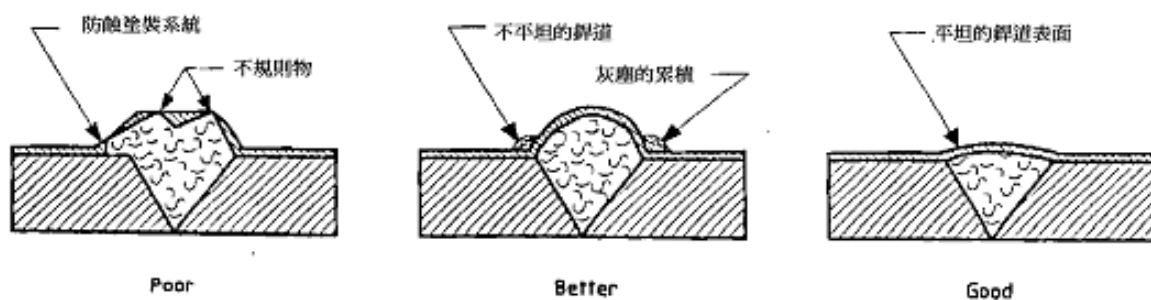
圖D.3 縫隙的處理方式



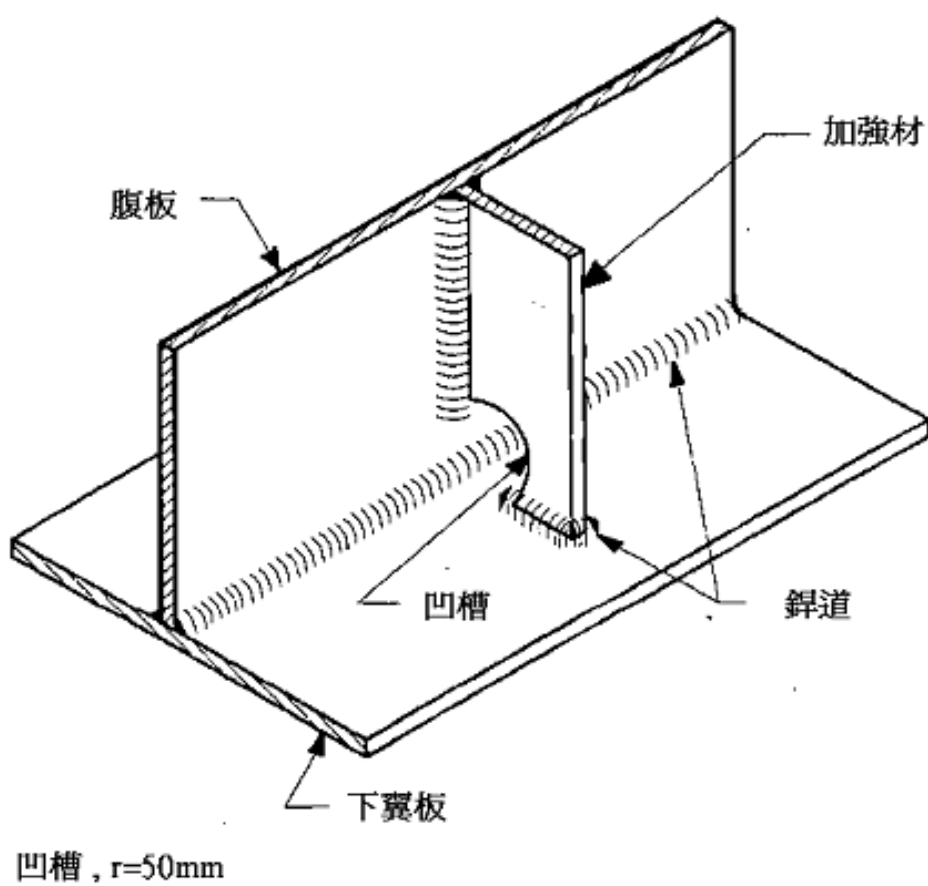
圖D.4 鋼材/混凝土複合結構



圖D.5 尖銳邊緣的避免



圖D.6 避免焊接表面缺陷



圖D.7 利於防蝕的加強材設計

塗料與清漆－鋼構造物防蝕塗料系統

第四部分：表面類型及表面處理

目錄

前言	4-3
簡介	4-4
1.範圍	4-6
2.參考文獻	4-6
3.定義	4-10
4.總論	4-12
5.將被處理的表面類型.....	4-12
6.表面處理方法	4-14
7.表面處理等級.....	4-18
8.表面粗度（粗糙度）和表面粗度等級.....	4-21
9.經處理後的表面評定.....	4-21
10.表面處理後的暫時保護（防腐蝕或防污染）	4-21
11.暫時或部分保護的表面進一步塗裝前的表面處理	4-22
12.熱浸鍍鋅的表面處理.....	4-22
13.熱熔射金屬（鋅和鋁）面的表面處理.....	4-23
14.電鍍鋅和粉末鍍鋅面的表面處理.....	4-24
15.其他塗漆表面的處理.....	4-24

16.關於污染和環保的建議	4-24
17.健康和 safety	4-24
附錄 A（規範基準）主要的（一次）表面處理標準等級.....	4-25
附錄 B（規範基準）部分的（二次）表面處理標準等級	4-27
附錄 C（參考件）除去無關塗層和外來物的工作程式	4-30
附錄 D（參考件）參考書目	4-32
附錄 E（參考件）按字母排列的名詞索引	4-33
附錄 ZA（規範）國際標準和與之相關的歐州標準.....	4-35

前言

ISO（國際標準化組織）是各國家標準化機構（ISO成員團體）共同組織的世界性聯合機構。國際標準的制定工作由ISO技術委員會負責。每個成員團體都有權派代表參加所關注課題的技術委員會，各政府性或非政府性的國際組織，凡與ISO由聯繫的，也都參加這項工作，有關電工標準化方面的內容，ISO與國際電工委員會（IEC）保持密切合作關係。

技術委員會通過的國際標準草案提交各成員團體表決，需取得至少75%參加表決的成員團體的同意，才能作為國際標準正式發佈。

ISO 12944-4 國際標準是由ISO/TC35 技術委員會「塗裝與修飾－鋼構防蝕之塗裝系統」SC14分委會制訂。

ISO 12944《塗料與清漆－鋼構造物防蝕塗料系統》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

附錄A和附錄B為ISO 12944標準的一部分，附錄C、附錄D和附錄E僅供參考。

簡介

未經保護的鋼材在大氣、水和土壤中會因腐蝕而破壞。因此，為了避免腐蝕破壞，在鋼結構服役期間需採取一些防腐蝕保護措施。

有很多種不同的方式可以保護鋼結構免遭腐蝕。ISO 12944 提供各種塗層體系和塗覆層來進行保護措施。該標準的各部分內容，都是為了獲得適當的、成功的鋼結構防腐蝕保護效果。其他的一些防腐蝕措施可能也可能是有效的，但需要各ISO會員討論及同意。

為了確保鋼結構防腐蝕措施的有效性，業主、設計人員、諮詢顧問、防腐蝕施工承包商、塗料製造商、塗裝檢查員都應以簡明的方式陳述他們關於塗層體系防腐蝕保護方面的最新最先進的技術進展，這些資訊應盡可能完善、清晰和易於理解，以免在實際履行防腐蝕工作時各相關方之間產生誤解和偏差。

ISO 12944國際標準將提供關於這些工作資訊的一些說明。這是為具有一定專業技術知識的人而編寫，且ISO 12944標準的使用者也熟悉其他相關的國際標準，特別是關於表面處理的標準和相關國際規範。

儘管ISO 12944不處理財務和合約問題，但事實上，當不遵從ISO 12944標準的要求和建議，採用不合適的防腐蝕措施時，就可能造成嚴重的財務後果。

ISO 12944-1定義了ISO 12944標準的範圍。對ISO 12944的一些基本名詞和定義的說明，還有其他部分的大致介紹。此外，它還包括健康、安全和環境保護方面的闡述，以及針對特定專案使用ISO 12944 標準的指南。

ISO 12944-4這一部分介紹了需要防腐蝕保護的不同底材表面類型，並介紹了這些表面進行機械、化學和熱處理的方法。它涉及表面處理等級、表面輪廓（粗糙度）、表面處理級別評定、已處理鋼材的暫時保護、暫時保護的鋼材進一步塗漆前的準備、金屬塗層的表面處理以及環境因素等。它盡可能地參考了有關塗裝塗料和相關產品前鋼

材表面處理的國際標準。

1. 範圍

ISO 12944有關碳鋼或低合金鋼結構的表面類型及處理方式有以下幾種：

- 無塗層表面；
- 鋅、鋁或鋅鋁合金之熔射表面；
- 熱浸鍍鋅表面；
- 電鍍鋅表面；
- 粉末鍍鋅表面；
- 預塗底漆的表面；
- 其他的塗漆表面。

ISO 12944定義了一些表面處理等級，但沒有具體說明任何有關表面處理前底材的狀況與需求。

高度磨光的表面和加工硬化的表面沒有包含在ISO 12944內容中。

2. 參考文獻

下列參考文獻通過本標準的引用而成為標準不可缺少的文獻。在本標準出版時，這些引用的標準版本都是有效的。但標準都會被修訂，鼓勵各方討論這些標準的最新版本在ISO 12944 繼續引用的可能性。IEC 和ISO 的成員對目前有效的國際標準保持著登記。

- ISO 1461:1999, Hot dip galvanized coatings on fabricated ferrous products—Specifications.
- ISO 2063:1991, Metallic and other inorganic coatings—Thermal spraying—Zinc,aluminum and their alloys.
- ISO 2409:1992, Paints and varnishes—Cross-cut test.

- ISO 4628-1:1982, Paints and varnishes—Evaluation of degradation of paint coatings—Designation of intensity, quantity and size of common types of defect—Part 1: General principles and rating schemes.
- ISO 4628-2:1982, Paints and varnishes—Evaluation of degradation of paint coatings—Designation of intensity, quantity and size of common types of defect—Part 2: Designation of degree of blistering.
- ISO 4628-3:1982, Paints and varnishes—Evaluation of degradation of paint coatings—Designation of intensity, quantity and size of common types of defect—Part 3: Designation of degree of rusting.
- ISO 4628-4:1982, Paints and varnishes—Evaluation of degradation of paint coatings—Designation of intensity, quantity and size of common types of defect—Part 4: Designation of degree of cracking.
- ISO 4628-5:1982, Paints and varnishes—Evaluation of degradation of paint coatings—Designation of intensity, quantity and size of common types of defect—Part 5: Designation of degree of flaking.
- ISO 4628-6:1990, Paints and varnishes—Evaluation of degradation of paint coatings—Designation of intensity, quantity and size of common types of defect—Part 6: Rating of degree of chalking by tape method.
- ISO 8501-1:1988, 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.
- Informative Supplement to ISO 8501-1:1988, Representative photographic examples of the change of appearance imparted to steel when blast-cleaned with different abrasives.
- ISO 8501-2:1994, Preparation of steel substrates before application

of paints and related products — Visual assessment of surface cleanliness—Part 2: Preparation grades of previously coated steel substrates after localized removal of previous coatings.

- ISO/TR 8502-1:1991, Preparation of steel substrates before application of paints and related products—Tests for the assessment of surface cleanliness—Part 1: Field test for soluble iron corrosion products.
- ISO 8502-2:1992, Preparation of steel substrates before application of paints and related products—Tests for the assessment of surface cleanliness — Part 2: Laboratory determination of chloride on cleaned surfaces.
- ISO 8502-3:1992, Preparation of steel substrates before application of paints and related products—Tests for the assessment of surface cleanliness—Part 3:Assessment of dust on steel surfaces prepared for painting(pressure-sensitive tape method).
- ISO 8502-4:1993, Preparation of steel substrates before application of paints and related products—Tests for the assessment of surface cleanliness—Part 4:Guidance on the estimation of the estimation of the probability of condensation prior to paint application.
- ISO 8503-1:1988, Preparation of steel substrates before application of paints and related products— Surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrates—Part 1: Specifications and definitions for ISO surface profile comparators for the assessment of abrasive blast-cleaned surfaces.
- ISO 8503-2:1988, Preparation of steel substrates before application of paints and related products— Surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrates—Part 2: Method for the grading of surface profile of abrasive blast-cleaned steel — Comparator procedure.
- ISO 8504-1:1992, Preparation of steel substrates before application

of paints and related products — Surface preparation methods — Part 1: General principles.

- ISO 8504-2:1992, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Surface preparation methods — Part 2: Abrasive blast-cleaning.
- ISO 8504-3:1993, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Surface preparation methods — Part 3: Hand-and power-tool cleaning.
- ISO 11124-1:1993, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for metallic blast-cleaning abrasives — Part 1: General introduction and classification.
- ISO 11124-2:1993, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for metallic blast-cleaning abrasives — Part 2: Chilled-iron grit.
- ISO 11124-3:1993, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for metallic blast-cleaning abrasives — Part 3: High-carbon cast-steel shot and grit.
- ISO 11124-4:1993, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for metallic blast-cleaning abrasives — Part 4: Low-carbon cast-steel shot.
- ISO 11126-1:1993, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives — Part 1: General introduction and classification.
- ISO 11126-3:1993, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives — Part 3: Copper refinery slag.

- ISO 11126-4:1993, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives — Part 4: Coal furnace slag.
- ISO 11126-5:1993, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives — Part 5: Nickel refine slag.
- ISO 11126-6:1993, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives — Part 6: Iron furnace slag.
- ISO 11126-7:1995, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives — Part 7: Fused aluminium oxide.
- ISO 11126-8:1993, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives — Part 8: Olivine sand.
- ISO 12944-1:1998, Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 1: General introduction.
- EN 10238:1996, Automatically blast-cleaned and automatically prefabrication primed structural steel products.

3. 定義

以下名詞定義主要為應用於ISO 12944，部分內容已在ISO 12944-1中被定義。

3.1 噴砂清潔 (abrasive blast-cleaning)：

高速運動的高能量磨料噴射衝擊要處理的表面。

3.2 噴砂用磨料 (blast-cleaning abrasive)：

用於噴砂清理的固體材料[ISO 11124-1；ISO 11126-1]。

3.3 灰塵 (dust) :

呈現於處理完待上漆的鋼表面上之疏鬆微粒，來自於噴砂清理或其他表面處理過程，或來自環境的因素所導致[ISO 8502-3]。

3.4 露點 (dew point) :

導致空氣中濕氣在固體表面產生冷凝的溫度。見ISO 8502-4。

3.5 浮銹 (flash rusting) :

在經處理後的鋼結構表面立刻呈現輕微的銹蝕。

3.6 砂礫 (grit) :

有顯著角度的顆粒，有著斷裂的表面及銳利的邊，且小於半圓狀[ISO 11124-1]。

3.7 黑鐵皮 (mill scale) :

鋼材熱加工或熱處理過程中所形成的氧化層。

3.8 銹 (rust) :

由可見的腐蝕產物所組成，於鐵來說，主要為含水的氧化鐵。

3.9 鋼珠 (shot) :

主要是圓形的顆粒，長度在寬度的兩倍以內，沒有邊角、裂面或其他尖銳表面瑕疵。

3.10 底材 (substrate) :

塗裝材料將上塗的表面稱之。

3.11 表面處理 (surface preparation) :

為了塗裝而處理表面的所有方式。

3.12 白銹 (white rust) :

在鋅表面上的白色至暗灰色的腐蝕產物。

4. 總論

表面處理的主要目的是確保除去有害物質，到一個良好的底漆與底材間附著力，另外，減少會導致腐蝕的污染物的數量。

通常在需要處理上漆鋼材表面的狀況有非常大的差異，特別是已塗裝需維修的鋼材表面。鋼結構的年齡和它們所處的位置、塗裝前表面的特性、原塗裝系統的性能及損壞程度、鋼結構在以前和將來所處腐蝕環境的類型和嚴重程度、將要應用的新塗裝系統都會影響所需的表面處理工作量。

當選擇一種表面處理方法時，必須考慮所需達到一定水準的清潔度的處理等級，且若有必要，適用於該塗裝系統的表面粗糙度也必須列入考量。由於表面處理的費用通常和清潔度水準成比例，通常考量方式為，表面處理等級適用於何種塗裝系統的目的和效能，或是塗裝系統適用於何種表面處理等級，則不管哪一種方式可以達到目的，就選擇哪一種方式。

執行表面處理的人員需要有適用的設備和充足的相關專業知識以確保他們的工作符合相關技術要求。必須遵守所有關於健康和安全的規則。重要的是所要處理的結構表面應該具有容易迅速進出其空間並且光線照射充足。所有的表面處理工作都應有效地監督與檢驗。

如果塗裝前，所選擇的表面處理方式沒能達到所要求的表面處理等級，或者已處理表面的狀態後來發生了變化。處理程序的相關步驟則需要重新施做以達到所要求的表面處理等級。

有關於鋁道的處置、焊渣的去除、毛邊和其他尖銳邊緣的去除等細節皆要詳細說明，這些基準必須與表面處理之前的製作相結合。更多詳細資訊，請參看 ISO 8504-1。

5. 將被處理的表面類型

將被處理的表面類型可分為以下幾類：

5.1 無塗裝表面

無塗裝表面由裸鋼組成，表面可能被氧化層(黑鐵皮)、銹或其他污染物所覆蓋。必須經由ISO 8501-1（銹蝕等級A、B、C及D）來評估。

5.2 金屬塗裝表面

5.2.1 熱熔射表面

熱熔射的表面是由鋅、鋁或是其合金，藉由火焰或是電弧噴射於鋼鐵的表面，且依據ISO 2063規範施作。

5.2.2 熱浸鍍鋅表面

熱浸鍍鋅的表面是藉由浸入熱溶液之鋅或是鋅的合金中來加以覆蓋於鋼鐵表面，且依據ISO 1461規範施作。

5.2.3 電鍍鋅表面

電鍍鋅的表面是由鋅的電沉積塗裝方式來加以覆蓋於鋼鐵的表面。

5.2.4 滲鋅表面

將鋼鐵的元件與鋅粉一同置於一個容器內加熱而在鋼鐵元件形成一層鋅鐵合金的膜層。

5.3 預塗底漆的表面

指在工廠依據EN 10238標準進行自動噴砂清理並自動噴塗預塗底漆的鋼材表面。

註：為達到ISO 12944此章節的目的，「依據EN 10238預塗底漆的表面」有嚴謹的用意，它只限定為自動噴砂清潔和自動上漆。

5.4 其他塗裝表面

其他以油漆塗裝的鋼材表面或金屬塗層的鋼材表面。

6. 表面處理方法

在進一步表面處理前，油、油脂、鹽、灰塵和類似的污染物都應

採用合適的方式盡可能地被去除。另外，先採用合適的手工或機械技術去除面積大且緊密附著的銹和黑鐵皮是必要的。當金屬塗裝的鋼材將被清潔時，則採用的技術和方法不需要除去完好的金屬塗層。附錄C中提供了清理方法的調查，其中所列的各種方法並不是最詳盡的。

6.1 水、溶劑和化學清洗

6.1.1 水的清洗

這種方法主要指直接用乾淨的淡水來清洗，表面所需要的水壓根據表面所需去除的污染物，如水溶性物質、疏鬆的銹及附著不良的塗層來決定。要移除油漬等污染物則添加合適的清潔劑是必要的。當使用了清洗劑後，必須使用乾淨的淡水沖洗。

6.1.2 蒸氣清洗

蒸氣清洗用於除去油和油漬。如果蒸氣中加入了清洗劑，隨後必須使用乾淨的淡水沖洗。

6.1.3 乳液清洗

乳液清洗係用乳狀清洗劑除去油和油漬，然後用乾淨的淡水（熱水或冷水）來清潔。

6.1.4 鹼液清洗

鹼液清洗係用鹼性清洗劑除去油和油漬，然後用乾淨的淡水（熱水或冷水）來清潔。

6.1.5 有機溶劑清洗

有機溶劑清洗係用適當的有機溶劑除去油和油漬，藉由沾滿有機溶劑的小塊布來清潔，通常用於清除小區域的油漬。

6.1.6 化成皮膜處理

化成皮膜處理（例如磷酸鹽、鉻酸鹽處理）用於熱浸鍍鋅、電鍍鋅塗裝及粉末鍍鋅之前的處理，以獲得適於塗裝的表面。然而，鹼液或弱酸也可以用於該表面之處理，通常伴隨著使用乾淨的淡

水來再加以清潔。此種的處理方式只能在油漆製造商的同意之下才可以採用。

註：藉由酸或鹼溶液的處理方式，視為腐蝕性清潔。

6.1.7 剝除的清潔

是藉由溶劑的黏膠（限於可溶於該溶劑的油漆）或鹼性的黏膠（限於可皂化的油漆）來移除表面上的油漆。通常侷限於使用在小區域，使用後適當的清潔是必要的。

6.1.8 酸洗

酸洗是指將工件浸入含有適當的弱酸池中以除去黑鐵皮和銹，表面不能受到太大的侵害。酸洗只適用於在嚴格控制的工廠條件下進行，通常不能在現場進行。

6.2 機械清理方法（包括噴砂清理）

6.2.1 手動工具清理

典型的手動工具包括鋼絲刷、除銹鏟、刮刀、嵌入研磨料的人造合成纖維布（砂布）、金剛砂布、除銹錘等，更多詳細資訊可參看ISO 8504-3。

6.2.2 動力工具清理

典型的動力工具包括旋轉的鋼絲刷、各種型式的研磨工具、撞擊錘和針槍。這些工具不能到達的表面區域須採用手工清理。清理操作不能造成結構件的損害和變形。且要注意敲擊方式的工具會易於造成表面的傷害（如凹陷、切口）。

當使用旋轉鋼絲刷時，應確保銹和污染物不是只被擦亮磨光，拋光的銹和黑鐵皮能形成看起來像潔淨金屬一樣的光澤，但實際上會傷害任何油漆的附著力。動力工具清理在作業效率和獲得的表面清潔程度方面比手工表面處理更高，但還是沒有像噴砂來得有效率。必須要注意的是在有些例子中電動工具的清潔會比噴砂要來得好（例如可避免灰塵積聚或磨料堆積）。更多細節可參看ISO

8504-3。

6.2.3 噴砂清理

在ISO 8504-2中指定的一種方法應被採用。噴砂清理用磨料參照ISO 11124和ISO 11126中相關部分的規定。

6.2.3.1 乾式噴砂清理

6.2.3.1.1 離心式噴砂清理

離心式噴砂清理是指在固定裝置中或移動式設備上，磨料裝在旋轉輪或放置於葉輪上，被均勻地拋出，高速抵達被清理表面。關於這方面技術的操作方式、效率以及限制，請參看ISO 8504-2。

6.2.3.1.2 壓縮空氣噴砂清理（譯注：指噴砂）

壓縮空氣噴砂清理是指將磨料輸入到空氣流中，經高速將磨料/空氣混合物從噴嘴射向要清理的表面。磨料可在一個壓力容器中混合進入空氣流，也可以從非壓力容器中吸取而被投入到空氣流中。關於這種技術的操作方式、效率以及限制，請參看 ISO 8504-2。

6.2.3.1.3 真空或吸入式噴砂清理

這種方法類似壓縮空氣噴砂清理（見 6.2.3.1.2），只是噴嘴上附有一個吸頭來回收用過的磨料及污染物，換句話說，該氣流可以藉由減低吸口端的壓力來吸附在表面上的磨料及污染物。關於這種技術的操作方式、效率以及限制，請參看 ISO 8504-2。

6.2.3.2 加濕磨料噴砂清理(壓縮空氣加濕磨料噴砂清理)

這種方法類似壓縮空氣噴砂清理（見6.2.3.1.2），只是有少量的液體（通常是乾淨的淡水）加入到空氣/磨料流中，以減少噴砂清理過程中的灰塵（主要是粒徑在50 μ m以下的懸浮顆粒物）產生。可以控制水的消耗量，通常在15-25 升/小時。關於這種

技術的操作方式、效率以及限制，請參看 ISO 8504-2。

6.2.3.3 濕式噴砂清理

6.2.3.3.1 壓縮空氣濕式噴砂清理

這種方法類似壓縮空氣噴砂清理（見 6.2.3.1.2），只是外加了水（通常是乾淨的淡水），來產生空氣、水和磨料混合流。關於這種技術的操作方式、效率以及限制，請參看 ISO 8504-2。

6.2.3.3.2 泥漿噴砂清理

將研磨料混合後分散在水中或其他液體中，用幫浦或壓縮空氣為動力將它噴向要清理的表面。關於這種技術的操作方式、效率以及限制，請參看 ISO 8504-2。

6.2.3.3.3 高壓液體噴砂清理

磨料（或磨料混合物）導入液體流（通常是乾淨的淡水）中，通過噴嘴直接噴射向表面。噴砂流體主要是加壓的液體，加入的固體磨料通常比壓縮空氣濕磨料噴砂清理要少。磨料可以是乾的或者是濕的泥漿。關於這種技術的操作方式、效率以及限制，請參看 ISO 8504-2。

6.2.3.4 噴砂清理的特殊應用方式

6.2.3.4.1 掃射噴砂清理

掃射噴砂清理的目的僅僅是清理或粗糙化有機塗層或金屬塗層的表面，或是用來移除一層表面層（附著不良的油漆）而其底下的油漆是緊密附著的且不會被噴砂磨料所傷害或是被剝落。其所需求的表面狀況必須由相關的單位來同意，為達到此目的必須要準備一個測試的區域，並且評估其各種噴砂清潔的參數，如磨料的硬度、噴射的角度、噴嘴到底材的距離、空氣壓力和磨料的尺寸大小等都是可以被調整的。通常來說，清潔是採用較低的空氣壓力和較平滑的磨料。

6.2.3.4.2 點狀噴砂清理

點狀噴砂清理是一種常用的方式，點狀噴砂清潔是壓縮空氣或是水氣注入噴砂清潔的一個方式，用於單一點的污漬（如：銹或焊點），它可以與掃射噴砂來相結合。根據噴砂清理的強度，處理結果可等同於處理等級P Sa 2 級或P Sa 2.5 級。

6.2.4 水刀噴射清理

這種方法是指直接採用一股高壓乾淨的淡水噴射清理表面。根據要去除的污染物（如可溶性物質、鬆脫的銹和附著不牢的塗層）的情況來決定水壓。如果清理過程中使用了清潔劑，則使用乾淨的淡水加以洗滌是必要的。

以下為常用的水刀噴射清理技術：

- 高壓水刀噴射清理技術（水壓：70-170Mpa）；
- 超高壓水刀噴射清理技術（水壓在 170Mpa 以上）。

註：水壓在低於 70 Mpa 時稱為水清洗（見6.1.1節）。

6.3 火焰清理

採用氧氣乙炔的火燄噴覆於欲被清潔的表面。黑鐵皮和銹通過火焰噴射效應和熱作用而去除，在經火焰清理後的表面於塗裝前應採用機械驅動鋼絲刷處理以去除任何殘留的銹和污染物。

7. 表面處理等級

表面處理等級的需求列於附錄A與附錄B。

其他的表面處理等級可藉由具代表性的照片，或者是該構件或元件的參考區域來加以採用。參考的區域必須有效的保護以避免可能會改變它們外觀的任何影響（如：覆蓋塑膠罩），或者保留照片作為代表性的例子。

有兩種表面處理型式：

■ 一次（全部的）表面處理（將整個表面處理成裸鋼面）：

這種表面處理型式包括去除黑鐵皮、銹、原有塗層和污染物，經一次表面處理後，整個表面只能呈現出裸鋼。

表面處理等級：Sa、St、F1 和Be。

■ 二次（部分的）表面處理（只留下完好的有機塗層或金屬塗層）：

這種表面處理型式包括去除銹和污染物，但留下完整的油漆塗層或金屬塗層。

處理等級：P Sa、P St 和P Ma。

在油漆和相關產品的施作之前，經濕式噴砂清理的表面需乾燥。如果處理過的表面發生了浮銹則需要去除，否則會對接下來之塗裝作業產生不良影響。

ISO 8501-1提供了噴砂清理後的表面處理等級Sa1、Sa2、Sa2.5、Sa3，經手工和動力工具清理的表面處理等級St2、St3，經火焰清理後的表面處理等級F1。

ISO 8501-1中包含了有關鋼材用不同的磨料（高碳鋼珠、鋼砂、鍛鐵砂、銅礦砂、煤爐熔渣）噴砂清理後鋼結構表面外觀上改變的照片樣例。

7.1 無塗層表面

鋼結構經表面處理後的最終表面外觀取決於鋼材表面原始狀態（例如銹蝕等級A-D）和所採用的表面處理方法來決定。各種的銹蝕等級以及表面處理的等級描述於ISO 8501-1和附錄A中。

至於冷軋型材和板材（以及類似元件），表面大多很平滑，而且在製造過程中所產生的雜質所污染是很難去除的，在這種情況下有必要將表面粗糙化和特別加強的表面清理(如採用噴砂清理)。失去光澤的情況(與黑鐵皮不同)不需要被去除，除非另有規定。

7.2 金屬塗層表面

如果這些金屬塗層（熱熔射，熱浸鍍鋅、電鍍鋅或粉末鍍鋅）需要完全從底材上去除，則可採用ISO 8501-1所定義的級數來實行。

如果金屬塗裝完整的保留下來的話，則必須執行二次表面處理。現行的規範中無法提供級數的參考。

7.3 預塗底漆表面

如果這些預塗底漆塗層需要完全從鋼底材上去除，則可採用ISO 8501-1所定義的級數來實行。

如果預塗底漆塗層需要保留，則二次表面處理就必須要執行。適當的表面處理等級於ISO 8501-2中有描述，以及附錄D中有提供一些標準。

7.4 其他塗漆表面

待處理表面應按 ISO 4628-1 至ISO 4628-6 標準進行評估（起泡、銹蝕、開裂、剝落和粉化的程度），膜厚之下的腐蝕和附著力的評估也將列入考量（見ISO 2409）。

塗漆鋼材上的局部塗層失效而銹蝕的區域可以採用局部（點狀）噴砂清理方式進行處理，但應小心不要損壞周圍區域完好塗層。

如果這些所有舊塗層需要完全從鋼底材上去除，則可採用ISO 8501-1所定義的級數來實行。

如果該油漆必須移除到金屬塗裝的狀態，則二次表面處理就必須要執行，現行的規範中無法提供級數的參考。

如果有些區域的油漆塗層需要保留，二次表面處理將被執行。當區域內尚有殘留的油漆以及裸鐵時，將使用P級數來定義該等級，於ISO 8501-2中提供了局部噴砂的級數P Sa2、P Sa2.5、P Sa3，局部手工或動力工具清理的級數P St2、P St3，採用局部機械打磨處理的級數P Ma。

8. 表面粗度（粗糙度）和表面粗度等級

於ISO 8503-1中詳細說明，不管是鋼珠(S)或是砂礫(G)等砂材噴砂後的鋼材表面，藉由表面粗度比較器(比較器S和比較器G)以及視覺上或是觸覺上的比較來規範和定義。

藉由ISO 8503-1中定義的ISO比較器來測量噴砂後的表面粗度的方法描述於ISO 8503-2內。

底材的表面粗度（粗糙度）影響塗層的附著力。對於一個防蝕塗裝系統，該表面的粗度為”中等(G)”或”中等(S)”等定義於ISO 8503-1中，都是一樣的合適。在此國際標準規範中，並不需要說明更接近的表面粗度的公差或是個別表面粗度的值，只要能被各相關單位所接受即可。

9. 經處理後的表面評估

在經過表面處理程序（按規定的要求清理）後，該表面必須依據ISO 8501-1或ISO 8501-2來加以評估，藉由鑑定該表面的外觀來評估其清潔度。在大多數的情況下，這已經足夠達到我們要的目的了。但對於一些塗層必須暴露在嚴苛的環境之中（例如浸水、連續冷凝環境）時，應考慮按照ISO 8502各部分中的規定採用物理或化學方法進行表面可溶性鹽和其他不可見污染物之測試。

10. 表面處理後的暫時保護（防腐蝕或防污染）

如果經處理的表面在預定塗裝（底漆或整個塗層體系）前，清潔度可能會發生變化（例如銹蝕形成），此時經處理表面應採取暫時保護措施，通常不需要塗裝的部位也會採取這項措施。

預塗底漆、膠黏紙、粘合膜、可撕性光澤漆和其他可除去的防護材料通常都用來作為暫時性的保護。在最後塗裝前，這些表面需要進一步的處理直到符合指定的表面狀況。

11. 暫時或部分保護的表面進一步塗裝前的表面處理

於上塗下一道塗裝之前，所有表面的髒污，腐蝕，和氣候的產物皆必須要用適當的方法來加以移除，例如，藉由水刀，濕式噴砂，蒸汽清潔、掃射噴砂清理、碾磨和手動或電動工具的清理等。連接處或是底漆損壞區域應在組裝完成後從第6款中選擇適當的方式來重新清潔並修復。

如果接下來將進行銲接或是鉚接，則其所有的殘留物皆必須依據規範來加以移除。最有效的方法是噴砂後再打磨清理。所採用的方法應經相關各方同意。

當可能使用掃砂噴砂或是其他適當的方式來移除現存的油漆或是將表面粗糙化，則接著除塵的動作是為了確保下一道油漆的附著力。舊塗層（特別為鋅粉塗裝）的表面不應該採用動力工具清理磨光或弄髒，導致下一道油漆的附著力不良。

對於噴砂清潔和預製底漆以及廠內底漆的鋼材表面，其殘餘的底漆在各相關單位同意之下以及其表面粗度為清晰的情況，是可以視為塗裝系統的一部分。假使該底漆不適合修護或是更進一步的塗裝，或是不適用於下一道油漆的情況之下，則必須全部移除。

12. 熱浸鍍鋅的表面處理

12.1 未風化的表面

在鋅的表面有缺陷或是損傷的區域應該要修護，如此鋅的保護能力才能夠還原。未風化的熱浸鋅鋼表面的污染物（油漬，油，殘餘的助溶劑或是標記物質）都應被去除。

鋅塗裝必須要使用非金屬砂材的掃射噴砂來處理（見6.2.3.4.1），其他處理方式須符合技術規格書要求。

在掃射噴砂之後，鋅塗裝必須具連續性且沒有任何機械性的傷害。鍍鋅表面應沒有會損害防蝕塗層（鋅層和後續施工的油漆塗

層) 耐久性的附著雜質。

鍍鋅層可能存在以下不正常情況：

- 垂流或局部過厚；
- 氣孔（針孔）；
- 鋅層和鋼材間的附著力差；
- 鋅滴點；
- 鋅灰。

經掃射噴砂清理後的表面應具有均勻的暗淡外觀。表面粗度（粗糙度）和最低限度的鋅層保留應經相關各方同意。

12.2 已風化的表面

在已風化的熱浸鍍鋅鋼表面，鋅腐蝕產物（白銹）已形成，外來污染物可能積聚。表面應該根據污染的範圍和污染物的性質採用適當的方法進行處理。氧化物，鹽份以及一些其餘的髒污將可以藉由添加清潔劑之乾淨的淡水來加以清洗，採用合成纖維絲為研磨劑的砂輪（或打磨刷）打磨去除，然後用熱水徹底清洗。或者，採用熱水清洗、高壓水清潔、蒸氣清潔、掃射噴砂處理或手工及動力工具清理方法都是可以接受的。

13. 熱熔射金屬（鋅和鋁）的表面處理

為了延長塗裝的壽命，熱熔射金屬塗裝必須要立刻塗裝於熱熔射之後，於任何沉澱物可能累積之前。於更進一步的塗裝之前，該表面必須要依據第11款項來加以處理。進一步有關於熱熔射的資訊請見ISO 2063。

14. 電鍍鋅和粉末鍍鋅的表面處理

有缺陷或損壞的電鍍鋅或粉末鍍鋅面應修補以恢復金屬塗層的防

護功能。附著不牢的電鍍鋅或粉末鍍鋅塗層應該被去除。電鍍鋅或粉末鍍鋅表面的污染物（如油漬、油、標記材料或鹽分）應該被去除。可採用專用的清潔劑、熱水、蒸氣清潔或化學方式處理（見6.1.6 條）。

電鍍鋅或粉末鍍鋅後續的塗裝將需要如同熱浸鍍鋅表面的處理方式（見 12 款）。

15. 其他塗漆表面的處理

附著不牢的或有缺陷的塗層應該被去除。有缺陷或損壞的塗層區域應修補以恢復防護塗層體系的防護功能。表面的污染物（如油漬、油、標記材料或鹽分）應該被去除。可採用專用的清潔劑、熱水、蒸氣清潔或化學方式處理（見6.1.6），後續表面可以採用具惰性的砂或其他經證實適用的材料（見11款）進行掃射噴砂清理。

16. 關於污染和環保的建議

表面處理所引起的污染通常被國家安全與環境的相關法規所規定。如果該法規並不存在，則需特別注意如工業廢棄物、塵土、噪音、臭味、有機溶劑等污染的發生。

廢棄物(如使用過的砂材，鏽，舊漆)應收集起來並以國家相關法規或是由各相關單位同意的方式來加以處理。

17. 健康和安全

見ISO 12944-1。

附錄A（規範基準）

主要的（一次）表面處理標準等級

標準處理 等級 ⁽¹⁾	表面處理 方法	ISO 8501-1 ⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾ 分級對應圖例	表面主要特點 細節描述，含表面處理前 後之細節(欄二)，詳見 ISO 8501-1	應用領域
Sa 1	噴砂清理 (6.2.3)	B Sa1 C Sa1 D Sa1	附著不良之黑鐵皮、銹、 油漆塗層及外來物須清除 ⁽⁵⁾	含以下表面處理： (a) 未上漆鋼鐵 表面 (b) 已上漆鋼鐵 表面，但前漆 已清除且達 到指定表面 處理等級 ⁽⁶⁾ 。
Sa 2		B Sa2 C Sa2 D Sa2	黑鐵皮、銹、漆及外來物 已清除，所殘留下來的都 非常牢固地附著在表面 上。	
Sa 2 1/2		A Sa 2 _{1/2} B Sa 2 _{1/2} C Sa 2 _{1/2} D Sa 2 _{1/2}	黑鐵皮、銹、漆及表面外 來物已清除，殘留之污痕 僅限於點狀或條狀之輕微 髒污。	
Sa 3 ⁽⁷⁾		A Sa 3 B Sa 3 C Sa 3 D Sa 3	黑鐵皮、銹、漆及表面外 來物已清除無髒污，且表 面為金屬原色。	
St 2	手動及電動 工具清理 (6.2.1,	B St 2 C St 2 D St 2	附著不良之黑鐵皮、銹、 漆及表面外來物已清除 ⁽⁵⁾	

St 3	6.2.2)	B St 3 C St 3 D St 3	附著不良之黑鐵皮、鏽、漆及表面外來物已清除 ⁽⁵⁾ 。然而表面須處理較 St 2 完整，已達該底材的金屬光澤呈現	
Fl	火焰清理 (6.3)	A Fl B Fl C Fl D Fl	黑鐵皮、鏽、漆及表面外來物已清除，存留之污痕僅限於表面變色(輕微色差)。	(6)
Be	酸洗清理 (6.1.8)		黑鐵皮、鏽、漆及表面外來物已清除，進行酸洗前，前漆須以其他適當方式清除之	例如：於熱浸鍍鋅之前

(1) 代號標示：

Sa = 噴砂清潔(ISO 8501-1)

St = 手動或電動工具清潔(ISO 8501-1)

Fl = 火焰清潔(ISO 8501-1)

Be = 酸洗清潔

(2) A,B,C,D 為無塗裝鋼鐵表面之初始狀態(見 ISO 8501-1)。

(3) 圖例標示僅說明未經塗裝之表面區塊(經處理後的狀態)。

(4) 對於有或沒有金屬塗層的鋼鐵表面，在特定的條件下，可提供合理性的技術可行性，某幾個表面處理標準等級也是可以接受的。

(5) 黑鐵皮如果能用鈍的補土刀撬起，即表示其附著極為不良。

(6) 須考量會影響分級評估之因素。

(7) 此表面處理分級，無法於工地現場達到。

附錄B（規範基準）

部分的（二次）表面處理標準等級

標準處理 等級 ⁽¹⁾	表面處理 方法	ISO 8501-1 或 ISO 8501-2 ^{(2) (4) (6)} 分級對應圖例	表面主要特點 細節描述，包含表面處理前 後細節(欄二)，詳見 ISO 8501-1	應用領域
P Sa 2 ⁽³⁾	局部噴砂 清理	B Sa 2 C Sa 2 D Sa 2 (用於無塗裝部位)	緊密附著的油漆須完好無缺 ⁽⁵⁾ 。黑鐵皮、鬆脫之掉漆、銹與外來物已清除，僅限強力附著之髒污殘留。	一些油漆塗層需要保留的已塗裝鋼材表面處理 ⁽⁷⁾
P Sa 2 _{1/2} ⁽³⁾		B Sa 2 _{1/2} C Sa 2 _{1/2} D Sa 2 _{1/2} (用於無塗裝部位)	緊密附著的油漆須完好無缺 ⁽⁵⁾ 。黑鐵皮、鬆脫之掉漆、銹與外來物已清除，殘留之污痕僅限於點狀或條狀之輕微髒污。	
P Sa 3 ^{(3) (8)}		C Sa 3 D Sa 3 (用於無塗裝部位)	緊密附著的油漆須完好無缺 ⁽⁵⁾ 。黑鐵皮、鬆脫之掉漆、銹與表面物事已清除無髒污，且表面為金屬原色	
P Ma ⁽³⁾	局部機械 研磨	P Ma	緊密附著的油漆須完好無缺 ⁽⁵⁾ 。黑鐵皮、鬆脫之掉漆、銹與外來物已清除，殘留之污痕僅限於點狀或條狀之輕微髒污。	

P St 2 ⁽³⁾		C St 2 D St 2	緊密附著的油漆須完好無缺 ⁽⁵⁾ 。附著不良之黑鐵皮、鏽、漆及 ⁽⁵⁾ 已清除	
P St 3 ⁽³⁾	局部手動及 電動工具 清理	C St 3 D St 3	緊密附著的油漆須完好無缺 ⁽⁵⁾ 。附著不良之黑鐵皮、鏽、漆及外來物已清除。然而表面須處理較 P St 2 完整，以達該底材的金屬光澤呈現	

(1) 代號表示：

P Sa = 用於已塗裝表面之局部噴砂清理(ISO 8501-2)

P St = 用於已塗裝表面之局部手動或電動工具清理(ISO 8501-2)

P Ma = 用於已塗裝表面之局部機械研磨(ISO 8501-2)

(2) 對於有或沒有金屬塗層的鋼鐵表面，在特定的條件下，可提供合理性的技術可行性，某幾個表面處理標準等級也是可以接受的。

(3) P用於表示先前塗裝油漆層的表面允許牢固附著的油漆層保留的這種情況下的表面處理等級。列在相關條目中的兩種經處理表面（有P和沒有P的），一為尚有油漆緊密附著的表面，另一為無任何油漆的表面，其主要特性需個別詳細說明於相關欄位。因此P字符號乃標示重新塗裝之總表面，而非單指未上漆的部份表面。至於重新塗裝的施作，參照ISO 8501-2：1994 子條款4.5。

(4) P 級表面處理無列出特定圖例，由於總表面的外觀因保留前漆的種類不同而差異甚大。以上表面分級圖例為無任何油漆的部份，且未列 P 級之表面。為供詳盡之說明，更多 P 級表面處理施作前後圖例請參照 ISO 8501-2。P Sa 2, P St 2 與 P St3 則無圖例，殘餘塗裝外觀與 P Sa 2_{1/2} 或 P Ma 相似。

(5) 油漆若無法以鈍的補土刀撬起，則被視為緊密附著

(6) 任何會影響評估的因素，皆須特別注意

(7) 保留的塗裝需紀錄以下資訊：

- (a) 油漆總類：一般塗裝(如黏著劑與顏料種類)或金屬塗裝，與塗裝厚度及施工日期
 - (b) 依 ISO 4628-3 定義的鐵銹種類、漆膜下腐蝕的細節、可施作部位等
 - (c) 依 ISO 4628-2 定義的起泡等級
 - (d) 其他關於附著力的資訊(如 ISO 2409 中的測試結果)、龜裂(ISO 4628-4)、粉化(ISO 4628-5)、化學或其他污染、其他任何相關的重要資訊等
- 確認新漆與原漆的相容性，為設計防護漆系統的必要步驟。

(8) 此表面處理分級，無法於工地現場達到

附錄C（參考件）

除去無關塗層和外來物的工作程序

清除之異物	應用程序	注意事項 ⁽¹⁾
油與油漬	水洗清潔(6.1.1)	含清潔劑之淡水，以水壓小於 70 MPa 洗淨，再以淡水沖淨。
	蒸氣清潔(6.1.2)	以淡水洗淨，若添加清潔劑則需另以淡水沖淨。
	乳化清潔(6.1.3)	以淡水沖淨。
	鹼性清潔(6.1.4)	鋁、鋅與其他金屬塗裝有受強鹼腐蝕之虞，以淡水沖淨。
	有機溶劑清潔(6.1.5)	許多有機溶劑會危害人體健康。用布沾取時需快速清潔，否則油汙與油漬不但擦不掉，待溶劑揮發後，反在表面形成一道薄膜。
水溶性髒污 (如：鹽)	水洗清潔(6.1.1)	以水壓小於 70 MPa 之淡水洗淨。
	蒸氣清潔(6.1.2)	以淡水沖淨。
	鹼性清潔(6.1.4)	鋁、鋅與其他金屬塗裝有受強酸腐蝕之虞，以淡水沖淨。
黑鐵皮	酸洗清潔(6.1.8)	此道處理無法於工地現場施作。以淡水沖淨。
	乾式噴砂清潔 (6.2.3.1)	以鋼珠或鋼砂噴射。殘餘的粉塵與沉積物需以不含油分的乾燥壓縮空氣吹淨或以真空吸塵器清潔之。
	水研磨清潔(6.2.3.3)	以淡水沖淨。
	火焰清潔(6.3)	火焰清潔後以機械研磨殘餘物，再清除粉塵與沉積物。
銹	程序與黑鐵皮清潔相同，另有：	
	電動工具清潔(6.2.2)	機械鋼刷可用於鐵銹鬆脫部位，機械打磨可用於鐵銹緊密附著部位。殘餘粉塵與沉積物必須清除乾淨。
	水刀清潔(6.2.4)	用以清除鐵銹鬆脫部位。不影響鋼鐵表面粗度。

	點狀噴砂(6.2.3.4.2)	用以局部清除鐵銹。
油漆	剝除(6.1.7)	溶劑類黏膠用於對有機溶劑敏感的油漆，剩餘髒汙以溶劑清除之。鹼性黏膠用於可皂化油漆，再以淡水完整清潔。剝除法僅限定於小面積使用。
	乾式噴砂清潔 (6.2.3.1)	以鋼珠或鋼砂噴射。殘餘的粉塵與沉積物需以不含油分的乾燥壓縮空氣吹淨或以真空吸塵器清潔之。
	水研磨清潔(6.2.3.3)	以淡水沖淨。
	水刀清潔(6.2.4)	用以清除附著不良的油漆。超高壓水刀(>170 MPa)可用於清潔緊密附著的油漆。
	掃砂清潔(6.2.3.4.1)	用以打粗油漆或清除最外層油漆。
	點狀噴砂(6.2.3.4.2)	用以局部清除油漆。
鋅腐蝕物	掃砂清潔(6.2.3.4.1)	氧化鋁（剛玉）、矽酸鹽砂或橄欖石砂可用於鋅面的掃射噴射清理
	鹼性清潔(6.1.4)	5% (m/m)的氨水溶劑，以嵌入研磨物的人造纖維墊，可用於清潔局部點銹，鹼性清潔既可用於較大表面。在高PH 值環境，鋅易受腐蝕。
(1)沖洗或乾燥時，須特別注意結構的孔槽細縫與鉚接處。		

附錄D（參考件）

參考書目

- (1)ISO 4618-1:1984, Paints and varnishes — Vocabulary — Part 1:General terms.
- (2)ISO 4618-2:1984, Paints and varnishes — Vocabulary — Part 2:Terminology relating to initial defects and to undesirable changes in films during ageing.
- (3)ISO 9000-1:1994, Quality management and quality assurance standards — Part 1: Guidelines for selection and use.
- (4)ISO 9001:1994, Quality systems — Model for quality assurance in design, development, production, installation and servicing.
- (5)ISO 9002:1994, Quality systems — Model for quality assurance in production, installation and servicing.
- (6)ISO 9003:1994, Quality systems — Model for quality assurance in final inspection and test.
- (7)ISO 9004-1:1994, Quality management and quality system elements — Part 1: Guidelines.
- (8)ISO 9004-2:1991, Quality management and quality system elements — Part 2: Guidelines for services.
- (9)EN 971-1:1996, Paints and varnishes — Terms and definitions for coating materials — Part 1: General terms.
- (10) Japanese Standard JSRA/SPSS 1984.
- (11) SSPC: Vol. 1, Vol. 2, Vis-1-1990.
- (12) NACE: RP0172-72, RP0175-75, RP0170-70.
- (13) SABS 0120: Part 3, HC-1988.

附錄E（參考件）

按字母排列的名詞索引

此字母索引提供了其餘國際標準規範的編號以供該名詞進一步的資訊。

研磨性噴砂(Abrasive blast-cleaning)	ISO 8504-2
噴砂(Blast-cleaning)	研磨性噴砂
起泡(Blistering)	見起泡的級數
冷鍛鋼砂(Chilled-iron grit)	ISO 11124-2
於已處理過的鋼材表面的氯化物 (Chloride on prepared steel surfaces)	ISO 8502-2
煤礦砂 (Coal furnace slag)	ISO 11126-4
於已處理過的鋼材表面的沉澱物 (Condensation on prepared steel surfaces)	ISO 8502-4
銅礦砂 (Copper refinery slag)	ISO 11126-3
龜裂 (Cracking)	見龜裂的級數
鋼切線(Cut-steel wire)	ISO 11124-5
起泡的級數(Degree of blistering)	ISO 4628-2
龜裂的級數(Degree of cracking)	ISO 4628-4
粉化的級數(Degree of flaking)	ISO 4628-5
銹蝕的級數(Degree of rusting)	ISO 4628-3
於已處理過的鋼材表面的塵土 (Dust on prepared steel surfaces)	ISO 8502-3
粉化(Flaking)	見粉化的級數

火焰清潔(Flame cleaning)	ISO 8501-1
融化的氧化鋁 (Fused aluminium oxide)	ISO 11126-7
手工具清潔 (Hand-tool cleaning)	ISO 8504-3
高碳鑄鋼珠和鋼砂(High-carbon cast-steel shot and grit)	ISO 11124-3
熱浸鍍鋅(Hot-dip galvanizing)	ISO 1461
於已處理過的鋼材表面的鐵腐蝕產物 (Iron corrosion products on prepared steel surfaces)	ISO/TR 8502-1
鐵礦砂 (Iron furnace slag)	ISO 11126-6
低碳鑄鋼珠 (Low-carbon cast-steel shot)	ISO 11124-4
鎳礦砂 (Nickel refinery slag)	ISO 11126-5
橄欖石砂 (Olivine sand)	ISO 11126-8
電動工具清潔 (Power-tool cleaning)	ISO 8504-3
處理級數 (Preparation grade)	見表面處理的級數
銹蝕級數—已上漆的鋼材(Rust grade—coated steel —未上漆的鋼材 —uncoated steel)	見銹蝕的級數 ISO 8501-1
表面處理的級數 (Surface preparation grade)	ISO 8501-1, ISO 8501-2
表面粗度 (Surface profile)	ISO 8503-1 到 ISO 8503-4
表面粗度比較器(Surface profile comparator)	
應用 (application)	ISO 8503-2
劃刻度 (calibration)	ISO 8503-3, ISO 8503-4
規範 (specification)	ISO 8503-1
熱熔射 (Thermal spraying)	ISO 2063

附錄 ZA (規範)

國際標準和與相關的歐洲標準

This European Standard incorporates by dated or undated reference, provisions from other publications. These normative references are cited at the appropriate places in the text and the publications are listed hereafter. For dated references, subsequent amendments to or revisions of any of these publications apply to this European Standard only when incorporated in it by amendment or revision. For undated references the latest edition of the publication referred to applies.

<u>Publication</u>	<u>Year</u>	<u>Title</u>	<u>EN</u>	<u>Year</u>
ISO 2063	1991	Metallic and other inorganic coatings — Thermal spraying — Zinc, aluminium and their alloys	EN 22063	1993
ISO 2409	1992	Paints and varnishes — Cross-cut test	EN ISO 2409	1994
ISO 8503-1	1988	Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrates — Part 1: Specifications and definitions for ISO surface profile comparators for the assessment of abrasive blast-cleaned surfaces	EN ISO 8503-1	1995
ISO 8503-2	1988	Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrates — Part 2: Method for the grading of surface profile of abrasive blast-cleaned steel — Comparator procedure	EN ISO 8503-2	1995
ISO 11124-1	1993	Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for metallic blast-cleaning abrasives — Part 1: General introduction and classification	EN ISO 11124-1	1997
ISO 11124-2	1993	Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for metallic blast-cleaning abrasives — Part 2: Chilled-iron grit	EN ISO 11124-2	1997
ISO 11124-3	1993	Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for metallic blast-cleaning abrasives — Part 3: High-carbon cast-steel shot and grit	EN ISO 11124-3	1997
ISO 11124-4	1993	Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for metallic blast-cleaning abrasives — Part 4: Low-carbon cast-steel shot	EN ISO 11124-4	1997
ISO 11126-1	1993	Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives — Part 1: General introduction and classification	EN ISO 11126-1	1997
ISO 11126-3	1993	Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives — Part 3: Copper refinery slag	EN ISO 11126-3	1997
ISO 11126-4	1993	Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives — Part 4: Coal furnace slag	EN ISO 11126-4	1998

<u>Publication</u>	<u>Year</u>	<u>Title</u>	<u>EN</u>	<u>Year</u>
ISO 11126-5	1993	Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives — Part 5: Nickel refinery slag	EN ISO 11126-5	1998
ISO 11126-6	1993	Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives — Part 6: Iron furnace slag	EN ISO 11126-6	1997
ISO 11126-8	1993	Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives — Part 8: Olivine sand	EN ISO 11126-8	1997
ISO 12944-1	1998	Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 1: General introduction	EN ISO 12944-1	1998

塗料與清漆－鋼構造物防蝕塗料系統

第五部分：防蝕塗料系統

目錄

前言	5-3
簡介	5-5
1. 概論	5-6
2. 參考標準	5-6
3. 定義	5-8
4. 塗料類型	5-10
4.1 總則	5-10
4.2 可逆性塗料	5-11
4.3 不可逆性塗料	5-11
4.4 不同類型塗料的一般特性	5-15
5. 塗裝系統	5-15
5.1 腐蝕環境和待塗表面的分類	5-15
5.2 底漆類型	5-16
5.3 揮發性有機物質的塗裝系統	5-17
5.4 乾膜厚度	5-17
5.5 耐久性	5-18
5.6 廠內及現場的施工	5-19

6. 防蝕塗裝系統表格.....	5-20
6.1 表格說明	5-20
6.2 影響耐久性的因素.....	5-21
6.3 表格中所列出的塗層體系的編號.....	5-22
6.4 選擇適當塗裝系統的指導方針.....	5-22
附錄 A（參考件）：塗裝系統	5-23
附錄 B（參考件）：預塗底漆	5-33
附錄 C（參考件）：一般特性	5-36
附錄 D（參考件）：揮發性有機化合物 (VOCs).....	5-37
參考書目	5-40

前言

ISO（國際標準化組織）是各國家標準化機構（ISO成員團體）共同組織的世界性聯合機構。國際標準的制定工作由ISO技術委員會負責。每個成員團體都有權派代表參加所關注課題的技術委員會，各政府性或非政府性的國際組織，凡與ISO有聯繫的，也都參加這項工作，有關電工標準化方面的內容，ISO與國際電工委員會（IEC）保持密切合作關係。

國際標準的起草符合ISO/IEC指令中第二部分的相關規則。

技術委員會的主要任務是制定國際標準，由技術委員會通過的國際標準草案提交各成員團體表決，需取得至少75%參發表決的成員團體的同意，才能作為國際標準正式發佈。

需注意，規範中的部分內容可能涉及到某些專利內容。ISO不對這些專利權負責。

ISO 12944-5國際標準是由ISO/TC35技術委員會「塗裝與修飾—鋼構防蝕之塗裝系統」SC14 分委會制定。

第二版已經經過技術修訂並取代了第一版（ISO 12944-5: 1998），修訂部分包括減少塗裝系統及表格的數量。表格中的塗裝系統也隨之進行了更改。

ISO 12944《塗料與清漆—鋼構造物防蝕塗料系統》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

簡介

未經保護的鋼材在大氣、水和土壤中會因腐蝕而破壞。因此，為了避免腐蝕破壞，在鋼結構服役期間需採取一些防腐蝕保護措施。

鋼結構的防腐蝕有幾種不同的途徑，ISO 12944針對塗層系統保護，在該標準的各部分內容中，涵蓋了對防腐作用有重要影響的各個方面及因素。其他的措施也是可行的，但是需相關單位達成共識。

為了確保鋼結構防腐蝕措施的有效性，業主、設計人員、諮詢顧問、防腐蝕施工承包商、塗料製造商、塗裝檢查員都應以簡明的方式陳述他們關於塗層體系防腐蝕保護方面的最新最先進的技術進展，這些資訊應盡可能完善、清晰和易於理解，以免在實際履行防腐蝕工作時各相關方之間產生誤解和偏差。

ISO 12944國際標準將提供關於這些工作資訊的一些說明。這是為具有一定專業技術知識的人而編寫，且ISO 12944標準的使用者也熟悉其他相關的國際標準，特別是關於表面處理的標準和相關國際規範。

儘管 ISO 12944不處理財務和合約問題，但是請注意一個事實，當不遵從ISO 12944 標準的要求和建議，採用不合適的防腐蝕措施時，就可能造成嚴重的財務後果。

ISO 12944-1定義了ISO 12944標準的範圍。它提供了一些基本術語和定義，還有對ISO 12944 的其他部分的大致介紹。此外，它還包括健康、安全和環境保護方面的闡述，以及針對某個特定項目使用ISO 12944標準的指南。

ISO 12944-5提供了與塗層體系的相關的一些條目和定義，以及針對不同類型防護塗層體系選擇的推薦意見。

1. 概論

ISO 12944此章節描述了常用的防蝕塗裝系統和油漆，同時也對在不同環境(見ISO 12944-2)和不同表面處理等級(見ISO 12944-4)，以及不同耐久性(見ISO 12944-1)的要求下，如何選擇塗裝系統提供了說明。塗裝系統的耐久性可分為短期、中期、長期。

2. 參考文獻

下列參考文獻通過本標準的引用而成為標準不可缺少的資訊。凡是註明日期的引用標準，只有該版次適用於本標準。凡未註明日期的引用標準，其最新版本（包括任何修訂檔）適用於標準。

- ISO 2808: Paints and varnishes—Determination of thickness.
- ISO 3549: Zinc dust pigments for paints—Specifications and test methods.
- ISO 4628-1: Paints and varnishes—Evaluation of degradation of coatings — Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance — Part 1: General introduction and designation system.
- ISO 4628-2: Paints and varnishes—Evaluation of degradation of coatings — Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance—Part 2: Assessment of degree of blistering.
- ISO 4628-3: Paints and varnishes—Evaluation of degradation of coatings — Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance—Part 2: Assessment of degree of rusting.
- ISO 4628-4: Paints and varnishes—Evaluation of degradation of coatings — Designation of quantity and size of defects, and of

intensity of uniform changes in appearance—Part 2: Assessment of degree of cracking.

- ISO 4628-5: Paints and varnishes—Evaluation of degradation of coatings — Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance—Part 2: Assessment of degree of flaking.
- ISO 4628-6: Paints and varnishes—Evaluation of degradation of coatings — Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance—Part 2: Assessment of degree of chalking by tape method.
- 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.
- ISO 8501-3: Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Visual assessment of surface cleanliness—Part 3: Preparation grades of welds, edges and other areas with surface imperfections.
- ISO 12944-1: Paints and varnishes—Corrosion protection of steel structures by protective paint systems—Part 1: General introduction.
- ISO 12944-2: Paints and varnishes—Corrosion protection of steel structures by protective paint systems—Part 2: Classification of environments.
- ISO 12944-4:1998, Paints and varnishes—Corrosion protection of steel structures by protective paint systems—Part 4: Types of surface and surface preparation.
- ISO 12944-6: Paints and varnishes—Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 6: Laboratory

performance test methods and associated assessment criteria.

- ISO 19840: Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Measurement of, and acceptance criteria for, the thickness of dry films on rough surfaces.

3. 定義

本標準收錄了ISO 12944-1中的名詞和定義，以及下列名詞和定義。

3.1 厚塗型 (high-build)

該種塗裝材料的性質允許單道施工可比普通型塗料得到更高厚度的特性。

註：於ISO 12944中指的是平均大於80um的乾膜厚度。

3.2 高固型 (high-solid)

該塗裝材料的體積固含量高於普通塗料的特性。

3.3 相容性 (compatibility) (產品在同一塗裝系統內)

兩樣或是更多樣的塗料用於同一塗裝系統中，不會產生不良的效應。

3.4 相容性 (compatibility) (底材與塗料間)

塗料產品施塗於底材上，不會產生不良的效應。

3.5 底漆塗裝 (priming coat)

塗裝系統中第一道塗層。

註：底漆對具有良好粗糙度和清潔的金屬表面或清潔的舊塗層表面提供良好的附著力。並對下一道塗層提供優良的基礎及附著力，此外，底漆通常也在覆塗中塗漆期間及整體塗裝系統有效期間提供防蝕保護。

3.6 中塗層 (intermediate coat)

介於底漆與最後一道面漆之間的塗裝。

註：英語中，通常意義與“undercoat”是一樣的，指的是最後一道面漆之前的塗裝。

3.7 面塗層 (top coat)

塗裝系統的最後一道塗層。

3.8 連結塗層 (tie coat)

用於增進中塗層之間的附著力或是用來避免某些塗裝上的缺失的塗層。

3.9 修邊補漆 (strip coat)

為讓困難塗裝的區域，如邊，銲道等，達到均勻的塗裝覆蓋所做的修補性質的塗裝。

3.10 乾膜厚度 (dry film thickness, DFT)

當油漆乾了之後留在該表面上的漆膜厚度。

3.11 額定乾膜厚度 (nominal dry film thickness, NDFT)

於塗裝系統內每一道塗層所指定的乾膜厚度或是整個塗裝系統的總乾膜厚度。

3.12 最大乾膜厚度 (maximum dry film thickness)

不至於引起塗料或塗裝系統性能出現不良後果的最大可以接受的乾膜厚度。

3.13 底漆 (primer)

施作於底材之上的底漆。

3.14 預塗底漆 (pre-fabrication primer)

用於噴砂清理後的鋼材表面，在建造期間對鋼材提供暫時保護且不影響鋼材的焊接和切割性能的快乾型塗料。

註：在許多語言版本中，pre-fabrication primer該詞與英語中的定義

並不全然相同。

3.15 作業時間 (pot life)

在任何特定的溫度下，當該塗料被均勻攪拌反應之後的可使用之最大時間。

3.16 儲存時間(shelf life)

塗裝材料於該原裝密封容器內維持其良好的狀況以及正常的儲存狀況之下的時間。

註：正常儲存狀況，指的是儲存溫度在3°C ~ 30°C 範圍內。

3.17 揮發性有機物質(volatile organic compound, VOC)

在一定溫度和壓力下會持續揮發的任何有機液體或固體。

4. 塗料種類

4.1 概論

有許多的塗裝系統被廣泛用於鋼結構防蝕作業中。

基於腐蝕性的類別，提供了許多依其所期望的耐久性的防蝕塗裝系統的例子於附錄A中的表A1到A8，都是可供參考的。這些所提供的塗裝系統皆為經過追蹤測試等所證明確保有效的才列於表中，但是該表並不代表最詳盡無疑的，類似的塗裝系統也是可以採用的。

此外，技術持續的發展和政府的立法，這些新的技術為了確保其合適性和有效性必須將以下列入考量之中。

(a) 該技術應用後之追蹤與記錄。

(b) 實驗室測試的結果至少符合 ISO 12944-6 要求。

註1：於4.2，4.3，4.4之中所提到的塗料化學和物理的特性並不是該塗料的使用方式，其所提到的硬化溫度以及乾燥上的限制為象徵性的，各式各樣的塗料將視其配方組成來決定。

基於應用目的，塗料可以被劃分為溶劑型、水性或者無溶劑型。根據乾燥及固化的方式它們被分為兩大類（參見4.2，4.3），再依其種類和硬化的機制來加以歸類（參見4.3.2-4.3.5）。

註2：主要的物理和機械特性將列於附錄C中。

4.2. 可逆性塗料

漆膜乾燥依靠溶劑揮發而乾燥，且無其他型態上的改變，亦即該過程是可逆的，且塗膜可隨時再度溶解於原溶劑中。

此種類型的漆基種類有：

- (a) 氯化橡膠(chlorinated rubber, CR)
- (b) 聚氯乙烯(vinyl chloride copolymers, PVC)
- (c) 壓克力聚合物 (acrylic polymers, AY)

乾燥時間與空氣流通狀況及溫度有關。在 0°C 甚至在更低的溫度下亦可乾燥，只是速度會隨著低溫而緩慢。

4.3. 不可逆性塗料

4.3.1 概述

該塗料的乾燥一開始隨著溶劑的揮發而成膜（當存在有溶劑之下），接著化學反應或凝結作用（在某些水性塗料中）。該反應為不可逆性的，也就是該塗料無法溶解於原溶劑中，一些常見的溶劑型及無溶劑塗料亦如此。

4.3.2 空氣乾燥塗料（氧化乾燥）

於此種塗料之中，該塗膜的硬化和組成是藉由溶劑的揮發之後，其漆基與大氣中的氧氣產生反應而形成。。

典型的漆基為：

- 醇酸樹脂 (Alkyd);
- 胺基甲酸醇酸樹脂 (Urethane Alkyd);

■ 環氧酯樹脂 (Epoxy ester)。

乾燥時間將視溫度或其他相關因素。其反應在低至0°C時仍可以進行，只是速度會隨著低溫而緩慢。

4.3.3 水性塗料（單一組成）

於此種塗料之中，其漆基溶解於水中，該塗膜藉由水的揮發以及其溶解的漆基的接合反應來成膜。

該過程不可逆，即這種塗膜在乾燥後不能再分散於水中。

可溶解於水中的漆基為：

■ 壓克力聚合物 (Acrylic polymers, AY);

■ 聚乙烯樹脂 (Vinyl polymers, PVC);

■ 聚異氰酸樹脂 (Polyurethane resins, PUR)。

乾燥時間將視空氣的流動性和溫度。溫度低到3°C也是可以乾燥，只是速度會隨著低溫而緩慢。高濕度（高於相對濕度80%）也會阻礙乾燥的反應。

4.3.4 化學反應乾燥塗料

4.3.4.1 一般考量

通常，此種塗料是由主劑和硬化劑所組成，主劑和硬化劑混合之後的作業時間為有限制的（見3.15）。

此種塗膜藉由溶劑的揮發，以及主劑與硬化劑間的化學反應來硬化。

下面列出常用的類型。

註：主劑和硬化劑的成分有可能已經混合好了。

4.3.4.2 環氧二液型塗料

4.3.4.2.1 主劑成分

成膜基料中的主劑(漆料的主成份)是含有環氧基的聚合物，可

與適當的硬化劑反應。

典型的漆基有：

—環氧樹脂 (Epoxy)；

—環氧乙烯基/環氧丙烯酸(Epoxy vinyl / epoxy acrylic)；

—環氧合成樹脂 (Epoxy combinations) (例如：環氧碳氫化合物樹脂epoxy hydrocarbon resin.)；

按配方可分為溶劑型、水性以及無溶劑型。

大多數的環氧塗料遇到日光照射會粉化。假如顏色或是光澤的維持是有必要的話，則面漆就必須採用脂肪族的聚異氰酸樹脂（見4.3.4.3）或適宜的物理性乾燥型塗料（見4.2）或水性塗料（見4.3.3）。

4.3.4.2.2 硬化劑成分

通常為聚胺 (Polyamines)、聚醯胺 (Polyamides)或其加合物。

聚醯胺因為其良好的施工性而適合用於底漆，至於聚胺硬化的塗料則有較佳的耐化學性。

乾燥時間受通風狀況以及溫度和其他相關因素影響。最低至5°C時硬化反應過程仍可進行，更低的溫度則要使用專用產品。

4.3.4.3 聚異氰酸二液型塗料

4.3.4.3.1 主劑成分

成膜基料中的主劑是聚合物含有自由氫氧基所組成，可與適當的異氰酸酯硬化劑反應。

可以分為溶劑型和無溶劑型。

典型的漆基有：

■ 聚酯樹脂 (Polyester)

■ 壓克力樹脂 (Acrylic)

- 環氧樹脂 (Epoxy)
- 聚乙醚樹脂 (Polyether)
- 氟素樹脂 (Fluoro resin)
- 聚異氰酸合成樹脂 (Polyurethane combinations) 如聚異氰酸碳氫樹脂 (polyurethane hydrocarbon resins, PURC)

4.3.4.3.2 硬化劑成分

常用的有芳香族聚異氰酸酯和脂肪族聚異氰酸酯。

如果選用合適的主劑，採用脂肪族聚異氰酸酯（PUR，aliphatic）硬化的塗層具有優異的光澤及顏色。

採用芳香族聚異氰酸酯硬化劑（PUR，aromatic）可使塗膜乾燥速度更快，但是塗膜會更快粉化和變色，因而不宜用於戶外。

乾燥時間受通風狀況以及溫度和其他相關因素影響。至 0℃ 甚至更低溫度時硬化反應過程仍可進行，一些特殊的產品在更低的溫度下硬化反應過程仍可進行，但相對濕度應在供應商建議的適當範圍內以避免漆膜出現起泡和針孔等現象的發生。

4.3.5 水氣硬化塗料

該塗膜藉由溶劑的揮發來乾燥或是成膜，與空氣中的水氣反應來加以硬化。

典型的漆基類型有：

- 聚異氰酸樹脂，一液型 (Polyurethane, 1-pack)
- 矽酸鹽樹脂，二液型 (Ethyl silicate, 2-pack)
- 矽酸鹽樹脂，一液型 (Ethyl silicate, 1-pack)

乾燥時間受通風狀況、溫度、濕度、膜厚及其它相關因素影響。如果空氣中含有足夠的濕氣，至 0℃ 甚至更低溫度時硬化反應過

程仍可進行。濕度越小，固化越緩慢。

需要注意的是，相對濕度、濕膜厚度、乾膜厚度應控制在供應商建議的適範圍內，以避免漆膜出現起泡、針孔或其他缺陷。

4.4. 不同類型塗料的一般特性

詳細資訊參見附錄C，該資訊僅用作選擇塗料時參考，如需應用；請結合附錄A中表格A.1至A.8及油漆製造商發行的資料和過去案例的經驗合併考量使用。

5. 塗裝系統

5.1. 腐蝕環境和待塗表面的分類

5.1.1. 環境分類

根據 ISO 12944-2，腐蝕環境可以分為如下類型：

6 類大氣腐蝕環境分類：

C1 非常低

C2 低

C3 中等

C4 高

C5- I 很高（工業）

C6-M 很高（海洋）

水下及土壤腐蝕環境分類：

Im1 浸於淡水中

Im2 浸於海水或含鹽份的水中

Im3 埋於土壤中

5.1.2. 待塗裝表面

5.1.2.1 新構件

新構件的底材為低合金鋼，銹蝕等級A、B和C等定義於ISO 8501-1，如同鍍鋅鋼材和金屬塗層鋼材（見ISO 12944-1），不同底材的表面處理描述於ISO 12944-4，底材與建議的表面處理等級則提供在本章節的表A.1到A.8依其腐蝕度分類。列於附錄A內的塗裝系統為典型的塗裝系統，其環境定義於ISO 12944-2，其鋼材表面的銹蝕等級A到C則定義於ISO 8501-1。當鋼材表面已經惡化至許多銹蝕孔洞的產生時（ISO 8501-1定義的銹蝕等級D），則乾膜的厚度或是油漆的道數要增加以符合其增加的表面粗度，且油漆製造商應給予適當的建議。

原則上，C1 環境下不需要防蝕塗裝的保護。如果因美觀原因而需要塗裝，則可採用C2（低耐久性）環境中的防護體系。

如果預計最終放置於C1 腐蝕環境中的鋼件需要在暴露的環境中（例如C4/C5 海洋環境）中運輸、臨時貯存或者組裝，將會因為來自空氣中的髒污和鹽份而開始受到腐蝕影響且持續到即使該鋼鐵製品已經移至最後C1分類的地點。為了避免該問題，鋼件應當在儲存地點進行保護或者塗裝底漆防護。乾膜厚度根據預期儲存時間和儲存環境的嚴酷性而定。

5.1.2.2 維護

已塗裝的表面進行維護前，應對舊塗層的表面狀態採用合適的方法進行檢查。可參照ISO 4628-1 至ISO 4628-8 決定是否需要局部修補或全部重塗。表面處理類型及防護塗層體系應是特定的。塗料供應商應提供推薦方案，並準備一定的試驗面積進行與原舊塗層的相容性測試。

5.2. 底漆類型

附錄A中表A.1 至A.8提供了各種類底漆的使用資訊，為達到ISO 12944規範的目的，底漆將由其成分來加以分類為兩大類別：

- 鋅粉底漆 (Zinc-rich primers, Zn(R))，鋅粉在不揮發組分中的重量

含量應不低80%。

- 其他底漆 (Misc.) 指的是那些含磷酸鋅或者其他防蝕成分之底漆，鋅粉在不揮發成分中的重量含量低於80%的底漆。鉻酸鋅，紅丹及鉛酸鈣等由於健康和安全因素不能廣泛應用。

預塗底漆部份，參見附錄 B。

有關鋅粉成分的部份應符合ISO 3549要求。

註 1：檢測鋅粉成分於非揮發物中的含量之方法參見ASTM D2371。

註 2：80%重量比的鋅粉於鋅粉底漆乾膜厚度內的值為表中所提供的塗裝系統耐久度的基準，對於鋅粉底漆在某些國家的國家標準有著比80%還高的鋅粉含量的規定。

5.3. 低揮發性有機物質的塗裝系統

附錄 A 中列出的塗層體系範例包含了為滿足低揮發性有機物質排放要求而設計的低揮發性有機物質的塗裝系統。

針對每種腐蝕環境分類，表格中分別列出了塗裝系統的漆料是否可為水性或是可為一液型或二液型等。幾個列出的塗裝系統也包括了高固型或是水性可適用於底漆到面漆，或是高固型和水性油漆的合併塗料等，關於VOCs 的更多資訊可參看附錄D。

5.4. 乾膜厚度

乾膜厚度 (DFT)、額定乾膜厚度 (NDFT) 及最大乾膜厚度的定義分別提供於3.10、3.11、3.12節。

表格 A.1-A.8 中的塗膜厚度均是額定乾膜厚度。乾膜厚度的測量通常是在整個塗裝系統上進行的。為了判斷方便，底漆塗層或塗裝系統的其他部分的厚度也可以分別測量。

註：儀器校準、測量方法、乾膜厚度、構件表面粗糙度對測量結果會有不同程度影響。

測量於粗糙表面乾膜厚度的方式和程序應符合ISO 19840，而於平

滑且鍍鋅的表面則要符合ISO 2808，其他方式的話則需相關單位的同意

粗糙表面進行乾膜厚度測定的方法及程序應當符合ISO 19840規範，如無另外協定，應當按照ISO 19840的下列標準執行：

- 所有測量值的算術平均值應當等於或者高於額定乾膜厚度(NDFT)。
- 所有測量值應當等於或者高於額定乾膜厚度(NDFT)的80%。
- 在所有測量點中，低於額定乾膜厚度但不低於80%額定乾膜厚度，且其數量要少於總測量點之數量的20%之內，為可以接受的結果。
- 所有的測量值應低於或者等於指定的最大乾膜厚度。

在接近額定乾膜厚度時應小心施工，以避免局部過厚。建議最大乾膜厚度不應超過額定乾膜厚度的3倍。為避免乾膜膜厚超過最大乾膜膜厚，各單位必須達成協議。於某些產品或是系統中，會有關鍵性的最大乾膜膜厚，則該產品或系統的相關資訊可由油漆製造商的技術資料所提供。

附錄 A 中的塗裝道數和額定乾膜厚度是基於採用無氣噴塗施工方式，採用滾塗、刷塗或傳統的空氣噴塗方式一般得到的漆膜厚度較薄，要達到相同的乾膜厚度則需要更多道數。可聯繫塗料製造商獲取更多資訊。

5.5. 耐久性

ISO 12944-1提供了耐久性的定義以及耐久性期限範圍。

防蝕塗裝系統的耐久性取決以下幾個參數：

- 塗裝系統的類型
- 結構的設計
- 表面處理前的底材狀況
- 表面處理等級
- 表面處理工作的品質
- 表面處理前，連接處、邊緣、焊縫等的狀態

- 施工作業的標準
- 施工條件
- 施工後的暴露狀況

塗層系統的狀態評定可以按照標準 ISO 4628-1、ISO 4628-2、ISO 4628-3、ISO 4628-4、ISO 4628-5 和ISO 4628-6來加以評估。表面處理的效果可以按照ISO 8501-1 和ISO 8501-3 評定。

附錄A中的表格已指出，第一次維修塗裝通常應在塗層狀態按ISO 4628-3評定達到Ri3等級時進行。基於這個先決條件，在ISO 12944定義塗裝系統的耐久性分為3個範圍：

- (a) 低 (L)：2~5 年
- (b) 中 (M)：5~15 年
- (c) 高 (H)：15 年以上

需要注意的是，這個耐久性期限範圍並非“保固期間”，耐久性可被認為是幫助業主建立維修計畫的技術性參考。而“保固期間”是合約條款約定項目而不屬於ISO 12944 該部分的討論範疇。“耐久性”與“保固期間”兩者間沒有必然聯繫，也可參看6.2 條款。“保固期間”通常比耐久性期限要短。

塗裝系統耐久期5-15年均被劃分為“中期耐久性”。使用者應當注意中期耐久性具有較寬範圍，在製作技術方案時應予以考量。

通常會因為塗層褪色、粉化、汙損、磨損、撕裂，或者出於美觀或其他原因，而使維護頻率提高。

5.6. 廠內及現場的施工

為確塗裝系統擁有最佳的效果，該塗裝系統主要的塗裝，或是整個系統最好都在廠內施工。廠內施工的優點和缺點如下：

優點

- (1)施工更易於控制

缺點

- (1)被施工物體可能受到廠房尺寸的限制

- (2)可以控制施工環境溫度 (2)可能因為操作、運輸、安裝過程中造成損傷
- (3)可以控制相對濕度 (3)可能超出最大塗裝間隔
- (4)易於損傷修復 (4)最後一道塗層可能在以後的工作中被污染
- (5)生產效率提高
- (6)便於廢料和污染控制

現場建造完成後，所有塗層損壞部分都應根據技術規範書中進行修補。

註：維修過的部位常會或多或少留下可見的痕跡，這也是在裝飾性比較重要的情況下，最好將面漆留到現場再做。

現場施工受至自然氣候條件強烈影響，而且這也會影響塗層的預期使用壽命。

如果預裝軸承連接處將被塗裝，則該塗裝系統的使用不可以導致其原輸入應力的降低。對於此種連接方式的構件於塗裝系統的選擇、搬運、組裝和運輸等都要多加注意。

6. 防蝕塗裝系統表格

6.1 表格說明

附錄 A 按照不同的腐蝕環境提供了塗層體系範例。表格中雙線僅為了閱讀方便，“預期耐久性”欄中的深灰色的陰影表示該體系的預期耐久性。這些塗層體系中用到的塗料應該適用於所提供的腐蝕環境中最高的一級。相關人員（Specifier）應當確認塗料供應商提供的文件或聲明能有效證明塗料及塗層體系的適用性和耐久性符合既定的腐蝕環境要求。如有必要，對塗層體系的適用性和耐久性可通過應用實例或按照ISO 12944-6 進行實驗室測試以及採用其他協定的方式進行證明和確認。

表中所列舉的塗裝系統遵循兩個不同的原則。

(a)表A.1、A.7 和A.8 中列舉的配套對應多種腐蝕條件（表A.1 是概括性的總表），塗裝體系是根據面漆的基料來劃分的。這種劃分方式有利於使用者以面漆的性能作為基礎選擇配套。這種情況下的腐蝕等級不是很明確，每個配套對應不止一種腐蝕等級。

(b)表A.2、A.3、A.4、A.5、A.6（參考下面個別的表格）列出的配套對應的是單一的腐蝕條件（將C5-I 和C5-M 視為一個分類）。這些塗裝體系是按照底漆的種類劃分的。這種劃分方式有利於使用者確切瞭解被塗物所處的腐蝕環境來選擇配套。

註：列出的塗裝系統被選作為“典型的系統”。此將導致表內的某些系統於某些國家並不是必要的或是可行的。然而可以推斷，既然不能提供簡單的概觀，其他的選擇也不可能全部的適用。

規範制定者要使用表中的塗裝系統，他將必須決定要使用總表或是單一各表內的塗裝系統，因為於兩種表中的塗裝系統編號是不一樣的。

6.2 影響耐久性的因素

實際上，一些塗裝系統實際證明耐久性超過 15 年，且有一些系統有超過25年的追蹤記錄。一般來說，增加其乾膜總膜厚和塗層的道數將會延長該塗裝系統的耐久性。此外，為高等級腐蝕環境設計的塗層體系如用於低腐蝕環境中，可提供更高的耐久性。

通常C5-I類別包含了各種工業地點的大氣環境。規範制定者在編寫塗裝技術規格書時，應當特別注意設備或鋼結構是否經受特殊化學品洩漏造成的浸蝕、是否存在管道滴漏或者重空氣污染物的浸蝕。

在有效貯存期（見3.16）內，塗料應能正常使用，沒有任何影響使用的老化變質現象，對塗層性能也應沒有任何影響。

6.3 表格中所列出的塗層體系的編號

表A.1-A.8中所列出的塗裝系統的編號在每個表格的左列中提供。以下列形式編碼（例如：表格A.2中塗裝系統編號No.A2.08）：記作：ISO 12944-5/A2.08。

在同一塗裝系統編號下，命名應當包括不同的塗層漆基（即包括底漆的漆基及後道塗層的漆基），以表格A.2 塗層體系No.A2.06）為例，記作：ISO 12944—5/A.2.06—EP/PUR。

如果某一塗層體系不在表格 A.1-A.8 中所列，則所有的資訊，包括表面處理、常見類型、塗裝道數、額定乾膜厚度等等也需要在表格中以同樣的方式提供。

6.4 選擇適當塗裝系統的指導方針

- 確定鋼結構所處的腐蝕環境（大氣候）腐蝕性類別（參見ISO 12944-2）。
- 確定是否有一些特殊情況（小環境）存在導致鋼結構處在更高等級的腐蝕環境中（參見ISO 12944-2）。
- 查看附錄A中的相關表格。表格A.2 至A.5 提供了對於腐蝕環境為C2 至C5 等級時各種常見的不同塗裝系統的選擇建議，而表格A.1 提供了A.2-A.5的內容概述。
- 根據耐久性要求選擇表格中的塗裝系統。
- 考慮到將採用的表面處理方法，選取最合適的一組。
- 諮詢塗料製造商，證實選擇的塗裝系統，並決定最為經濟有效的塗裝系統。

表 A.1 低合金碳鋼的塗裝系統於腐蝕度類別 C2，C3，C4，C5-I，C5-M。

底材：低合金碳鋼 表面處理：Sa2 1/2, 級數 A, B, C (見 ISO 8501-1)																							
系統 編號	底漆				下一 道漆	塗裝 系統		預期的持久性										相對應於表中的系統					
	漆基 ^d	底漆 種類 ^a	油漆 道數 ^a	額定 膜厚 ^b μm		油漆 道數	額定 膜厚 ^b μm	C.2															
								L	M	H	L	M	H	L	M	H	L						M
A1.01	AK.AY	Misc.	1-2	100	—	1-2	100																
A1.02	EP.PUR.ESI	Zn(R)	1	60 ^e	—	1	60																
A1.03	AK	Misc.	1-2	80	AK	2-3	120																
A1.04	AK	Misc.	1-2	80	AK	2-4	160																
A1.05	AK	Misc.	1-2	80	AK	3-5	200																
A1.06	EP	Misc.	1	160	AY	2	200																
A1.07	AK.AY.CR ^c .PVC	Misc.	1-2	80	AY.CR.PVC	2-4	160																
A1.08	EP.PUR.ESI	Zn(R)	1	60 ^e	AY.CR.PVC	2-3	160																
A1.09	AK.AY.CR ^c .PVC	Misc.	1-2	80	AY.CR.PVC	3-5	200																
A1.10	EP.PUR	Misc.	1-2	120	AY.CR.PVC	3-4	200																
A1.11	EP.PUR.ESI	Zn(R)	1	60 ^e	AY.CR.PVC	2-4	200																
A1.12	AK.AY.CR ^c .PVC	Misc.	1-2	80	AY.CR.PVC	3-5	240																
A1.13	EP.PUR.ESI	Zn(R)	1	60 ^e	AY.CR.PVC	3-4	240																
A1.14	EP.PUR.ESI	Zn(R)	1	60 ^e	AY.CR.PVC	4-5	320																
A1.15	EP	Misc.	1-2	80	EP.PUR	2-3	120																
A1.16	EP	Misc.	1-2	80	EP.PUR	2-4	160																
A1.17	EP.PUR.ESI	Zn(R)	1	60 ^e	EP.PUR	2-3	160																
A1.18	EP	Misc.	1-2	80	EP.PUR	3-5	200																
A1.19	EP.PUR.ESI	Zn(R)	1	60 ^e	EP.PUR	3-4	200																

表 A.1 (續)

底材：低合金碳鋼 表面處理：Sa2 1/2, 級數 A, B, C (見 ISO 8501-1)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
系統 編號	底漆				下一 道漆	塗裝 系統		預期的耐久性										相對應於表中的系統																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
	漆基 ^d	底漆 種類	油漆 道數	額定 膜厚 ^b μm		油漆 道數	額定 膜厚 ^b μm	C.2		C.3		C.4		C.5-I		C.5-M																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
								L	M	H	L	M	H	L	M	H	L							M	H																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A1.20	EP,PUR,ESI	Zn(R)	1	60 ^e	3-4	EP,PUR	額定 膜厚 ^b μm	油漆 道數																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							</

底漆的漆基	油漆(液態)			面漆的漆基	油漆(液態)		
	種類		可否為 水性		種類		可否為 水性
	一液型	二液型			一液型	二液型	
AK=醇酸樹脂	X		X	AK=醇酸樹脂	X		X
CR=氯化橡膠	X			CR=氯化橡膠	X		
AY=壓克力樹脂	X		X	AY=壓克力樹脂	X		X
PVC=聚氯乙烯	X			PVC=聚氯乙烯	X		
EP=環氧樹脂		X	X	EP=環氧樹脂		X	X
ESI=矽酸鹽樹脂	X	X	X	PUR=聚異氰酸樹	X	X	X
PUR=聚異氰酸樹脂,	X	X	X	EPC=環氧合成樹		X	

a Zn (R) = 鋅粉底漆，見 5.2。Misc. = 其餘防蝕成份種類的底漆。

b NFFT = 額定乾膜膜厚，詳細請見 5.4。

c 建議向油漆製造商檢查其相容性。

d 建議 ESI 底漆的下一道漆為連結漆較佳。

e 鋅粉底漆的額定膜厚 40um -80um 都可以使用。

表 A.2 低合金碳鋼的塗裝系統於腐蝕度類別 C2

底材：低合金碳鋼

表面處理：Sa2 1/2, 級數 A, B, C (見 ISO 8501-1)

系統編號	底漆				下一道漆	塗裝系統		預期的耐久性		
	漆基	底漆種類 ^a	油漆道數	額定膜厚 μ m ^b	漆基	油漆道數	額定膜厚 μ m ^b	低	中	高
A2.01	AK	Misc.	1	40	AK	2	80			
A2.02	AK	Misc.	1-2	80	AK	2-3	120			
A2.03	AK	Misc.	1-2	80	AK.AY.PVC.CR ^c	2-4	160			
A2.04	AK	Misc.	1-2	100	—	1-2	100			
A2.05	AY.PVC.CR	Misc.	1-2	80	AY.PVC.CR ^c	2-4	160			
A2.06	EP	Misc.	1-2	80	EP.PUR	2-3	120			
A2.07	LP	Misc.	1-2	80	EP.PUR	2-4	160			
A2.08	EP.PUR.ESI ^d	Zn(R)	1	60 ^e	—	1	60			

底漆的漆基	種類	可否為水性	下一道漆的漆基	種類	可否為水性
AK=醇酸樹脂	一液型	X	AK=醇酸樹脂	一液型	X
CR=氯化橡膠	一液型		CR=氯化橡膠	一液型	
AY=壓克力樹脂	一液型	X	AY=壓克力樹脂	一液型	X
PVC=聚氯乙炔	一液型		PVC=聚氯乙炔	一液型	
EP=環氧樹脂	二液型	X	EP=環氧樹脂	二液型	X
ESI=矽酸鹽樹脂	一液或二液型	X	PUR=聚異氰酸樹脂，脂肪族	一液或二液型	X
PUR=聚異氰酸樹脂，芳香或脂肪族	一液或二液型	X			

a Zn (R) = 鋅粉底漆，見 5.2。Misc. = 其餘防蝕成份種類的底漆。

b NDFT = 額定乾膜膜厚，詳細請見 5.4。

c 建議向油漆製造商檢查其相容性。

d 建議 ESI 底漆的下一道漆為連結漆較佳。

e 鋅粉底漆的指定膜厚 40um -80um 都可以使用。

表 A.3 低合金碳鋼的塗裝系統於腐蝕度類別 C3

底材：低合金碳鋼

表面處理：Sa2 1/2, 級數 A, B, C (見 ISO 8501-1)

系統編號	底漆				下一道漆	塗裝系統		預期的耐久性		
	漆基	底漆種類 ^a	油漆道數	額定膜厚 μm^b	漆基	油漆道數	額定膜厚 μm^b	低	中	高
A3.01	AK	Misc.	1-2	80	AK	2-6	120			
A3.02	AK	Misc.	1-2	80	AK	2-4	150			
A3.03	AK	Misc.	1-2	80	AK	3-5	200			
A3.04	AK	Misc.	1-2	80	AY.PVC.CR ^c	3-5	200			
A3.05	AY.PVC.CR ^c	Misc.	1-2	80	AY.PVC.CR ^c	2-4	160			
A3.06	AY.PVC.CR ^c	Misc.	1-2	80	AY.PVC.CR ^c	3-5	200			
A3.07	EP	Misc.	1	80	EP.PUR	2-3	120			
A3.08	EP	Misc.	1	80	EP.PUR	2-4	160			
A3.09	EP	Misc.	1	80	EP.PUR	3-5	200			
A3.10	EP.PUR.ESI ^d	Zn(R)	1	60 ^e	—	1	60			
A3.11	EP.PUR.ESI ^d	Zn(R)	1	60 ^e	EP.PUR	2	160			
A3.12	EP.PUR.ESI ^d	Zn(R)	1	60 ^e	AY.PVC.CR ^c	2-3	160			
A3.13	EP.PUR	Zn(R)	1	60 ^e	AY.PVC.CR ^c	3	200			

底漆的漆基	種類	可否為水性	下一道漆的漆基	種類	可否為水性
AK=醇酸樹脂	一液型	X	AK=醇酸樹脂	一液型	X
CR=氯化橡膠	一液型		CR=氯化橡膠	一液型	
AY=壓克力樹脂	一液型	X	AY=壓克力樹脂	一液型	X
PVC=聚氯乙稀	一液型		PVC=聚氯乙稀	一液型	
EP=環氧樹脂	二液型	X	EP=環氧樹脂	二液型	X
ESI=矽酸鹽樹脂	一液或二液型	X	PUR=聚異氰酸樹脂，脂肪族	一液或二液型	X
PUR=聚異氰酸樹脂，芳香或脂肪族	一液或二液型	X			

a Zn (R) = 鋅粉底漆，見 5.2。Misc. = 其餘防蝕成份種類的底漆。

b NDFT = 額定乾膜膜厚，詳細請見 5.4。

c 建議向油漆製造商檢查其相容性。

d 建議 ESI 底漆的下一道漆為連結漆較佳。

e 鋅粉底漆的指定膜厚 40um -80um 都可以使用。

表 A.4 低合金碳鋼的塗裝系統於腐蝕度類別 C4

底材：低合金碳鋼										
表面處理：Sa2 1/2, 級數 A, B, C (見 ISO 8501-1)										
系統編號	底漆				下一道漆	塗裝系統		預期的耐久性		
	漆基	底漆種類 ^a	油漆道數	額定膜厚 μm ^b	漆基	油漆道數	額定膜厚 μm ^b			
A4-01	AK	Misc.	1-2	80	AK	3-5	200			
A4-02	AK	Misc.	1-2	80	AY.CR.PVC ^c	3-5	200			
A4-03	AK	Misc.	1-2	80	AY.CR.PVC ^c	3-5	240			
A4-04	AY.CR.PVC	Misc.	1-2	80	AY.CR.PVC ^c	3-5	200			
A4-05	AY.CR.PVC	Misc.	1-2	80	AY.CR.PVC ^c	3-5	240			
A4-06	EP	Misc.	1-2	160	AY.CR.PVC ^c	2-3	200			
A4-07	EP	Misc.	1-2	160	AY.CR.PVC ^c	2-3	280			
A4-08	EP	Misc.	1	80	EP.PUR	2-3	240			
A4-09	EP	Misc.	1	80	EP.PUR	2-3	280			
A4-10	EP.PUR.ESI ^d	Zn(R)	1	60 ^e	AY.CR.PVC ^c	2-3	160			
A4-11	EP.PUR.ESI ^d	Zn(R)	1	60 ^e	AY.CR.PVC ^c	2-4	200			
A4-12	EP.PUR.ESI ^d	Zn(R)	1	60 ^e	AY.CR.PVC ^c	2-4	240			
A4-13	EP.PUR.ESI ^d	Zn(R)	1	60 ^e	EP.PUR	2-3	160			
A4-14	EP.PUR.ESI ^d	Zn(R)	1	60 ^e	EP.PUR	2-3	200			
A4-15	EP.PUR.ESI ^d	Zn(R)	1	60 ^e	EP.PUR	3-4	240			
A4-16	ESI	Zn(R)	1	60 ^e	—	1	60			
底漆的漆基		種類	可否為水性		下一道漆的漆基		種類	可否為水性		
AK=醇酸樹脂		一液型	X		AK=醇酸樹脂		一液型	X		
CR=氯化橡膠		一液型			CR=氯化橡膠		一液型			
AY=壓克力樹脂		一液型	X		AY=壓克力樹脂		一液型	X		
PVC=聚氯乙稀		一液型			PVC=聚氯乙稀		一液型			
EP=環氧樹脂		二液型	X		EP=環氧樹脂		二液型	X		
ESI=矽酸鹽樹脂		一液或二液型	X		PUR=聚異氰酸樹脂，脂肪族		一液或二液型	X		
PUR=聚異氰酸樹脂，芳香或脂肪族		一液或二液型	X							
a Zn (R) = 鋅粉底漆，見 5.2。Misc. = 其餘防蝕成份種類的底漆。										
b NDFT = 額定乾膜膜厚，詳細請見 5.4。										
c 建議向油漆製造商檢查其相容性。										
d 建議 ESI 底漆的下一道漆為連結漆較佳。										
e 鋅粉底漆的指定膜厚 40um -80um 都可以使用。										

表 A.5 低合金碳鋼的塗裝系統於腐蝕度類別 C5-I 和 C5-M

底材：低合金碳鋼										
表面處理：Sa2 1/2, 級數 A, B, C (見 ISO 8501-1)										
系統編號	底漆				下一道漆	塗裝系統		預期的耐久度		
	漆基	底漆種類 ^a	油漆道數	額定膜厚 μm^b	漆基	油漆道數	額定膜厚 μm^b	低	中	高
C5-I										
A5I.01	EP.PUR	Misc.	1-2	120	AY.CR.PVC ^c	3-4	200			
A5I.02	EP.PUR	Misc.	1	80	EP.PUR	3-4	320			
A5I.03	EP.PUR	Misc.	1	150	EP.PUR	2	300			
A5I.04	EP.PUR.ESI ^d	Zn(R)	1	60 ^e	EP.PUR	3-4	240			
A5I.05	EP.PUR.ESI ^d	Zn(R)	1	60 ^e	EP.PUR	3-5	320			
A5I.06	EP.PUR.ESI ^d	Zn(R)	1	60 ^e	AY.CR.PVC ^c	4-5	320			
C5-M										
A5M.01	EP.PUR	Misc.	1	50	EP.PUR	2	300			
A5M.02	EP.PUR	Misc.	1	80	EP.PUR	3-4	320			
A5M.03	EP.PUR	Misc.	1	400	—	1	400			
A5M.04	EP.PUR	Misc.	1	250	EP.PUR	2	500			
A5M.05	EP.PUR.ESI ^d	Zn(R)	1	60 ^e	EP.PUR	4	240			
A5M.06	EP.PUR.ESI ^d	Zn(R)	1	60 ^e	EP.PUR	4-5	320			
A5M.07	EP.PUR.ESI ^d	Zn(R)	1	60 ^e	EPC	3-4	400			
A5M.08	EPC	Misc.	1	100	EPC	3	300			

底漆的漆基	種類	可否為水性	下一道漆的漆基	種類	可否為水性
EP=環氧樹脂	二液型	X	EP=環氧樹脂	二液型	X
EPC= 環氧合成樹脂	二液型		EPC=環氧合成樹脂	二液型	
ESI=矽酸鹽樹脂	一液或二液型	X	PUR=聚異氰酸樹脂，脂肪族	一液或二液型	X
PUR=聚脲酯樹脂,芳香或脂肪族	一液或二液型	X	CR=氯化橡膠	一液型	
			AY=壓克力樹脂	一液型	X
			PVC=聚氯化乙烯	一液型	

a Zn (R) = 鋅粉底漆，見 5.2。Misc. = 其餘防蝕成份種類的底漆。

b NDFT = 額定乾膜膜厚，詳細請見 5.4。

c 建議向油漆製造商檢查其相容性。

d 建議 ESI 底漆的下一道漆為連結漆較佳。

e 鋅粉底漆的指定膜厚 40um -80um 都可以使用。

表 A.6—低合金碳鋼的塗裝系統於浸泡埋入類別 Im1, Im2, Im3

底材：低合金碳鋼

表面處理：Sa2 1/2, 級數 A, B, C (見 ISO 8501-1)

低耐久度的系統並不建議使用，因此並無該系統的例子。

系統編號	底漆				下一道漆	塗裝系統		預期的耐久性		
	漆基	底漆種類 ^a	油漆道數	額定膜厚 μm^b	漆基	油漆道數	額定膜厚 μm^b	低	中	高
A6.01	EP	Zn(R)	1	60 ^e	EP.PUR	3-5	360			
A6.02	EP	Zn(R)	1	60 ^e	EP.PURC	3-5	540			
A6.03	EP	Misc.	1	80	EP.PUR	2-4	380			
A6.04	EP	Misc.	1	80	EPGF.EP.PUR	3	500			
A6.05	EP	Misc.	1	80	EP	2	330			
A6.06	EP	Misc.	1	800	—	—	800			
A6.07	ESI ^d	Zn(R)	1	60 ^e	EP.EPGF	4	450			
A6.08	EP	Misc.	1	80	EPGF	3	800			
A6.09	EP.PUR	Misc.	—	—	—	1-3	400			
A6.10	EP.PUR	Misc.	—	—	—	1-3	600			

底漆的漆基	種類	可否為水性	下一道漆的漆基	種類	可否為水性
EP=環氧樹脂	二液型	X	EP=環氧樹脂	二液型	X
ESI=矽酸鹽樹脂	一液或二液型	X	EPGF=環氧玻璃薄片樹脂	二液型	
PURC=聚異氰酸合成樹脂	二液型		PURC=聚異氰酸合成樹脂	二液型	
PUR=聚異氰酸樹脂, 芳香或脂肪族	一液或二液型	X	PUR=聚異氰酸樹脂, 芳香或脂肪族	一液或二液型	X

a Zn (R) = 鋅粉底漆，見 5.2。Misc. = 其餘防蝕成份種類的底漆。

b NDFT = 額定乾膜膜厚，詳細請見 5.4。

d 建議 ESI 底漆的下一道漆為連結漆較佳。

e 鋅粉底漆的指定膜厚 40um -80um 都可以使用。

f 水性產品通常不適用於浸泡和埋入的情況。

表 A.7 熱浸鍍鋅鋼材的塗裝系統於腐蝕度類別 C2 到 C5-I 和 C5-M

底材：熱浸鍍鋅鋼材																					
ISO 12944-4 提供了一些表面處理的例子，其表面處理的類型要視該塗裝系統的類型而定，且須由該油漆製造商所聲明。																					
系統 編號	底漆			下一 道漆	塗裝系統		預期的耐久性 ^g (見 5.5 及 ISO 12944-1)														
	漆基	油漆 道數	額定 膜厚 μm ^b	漆基	油漆 道數	額定 膜厚 μm ^b	C2			C3			C4			C5-I			C5-M		
							L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H
A7.01	—	—	—	PVC	1	80															
A7.02	PVC	1	40	PVC	2	120															
A7.03	PVC	1	80	PVC	2	160															
A7.04	PVC	1	80	PVC	3	240															
A7.05	—	—	—	AY	1	80															
A7.06	AY	1	40	AY	2	120															
A7.07	AY	1	80	AY	2	160															
A7.08	AY	1	80	AY	3	240															
A7.09	—	—		EP.PUR	1	80															
A7.10	EP.PUR	1	60	EP.PUR	2	120															
A7.11	EP.PUR	1	80	EP.PUR	2	160															
A7.12	EP.PUR	1	80	EP.PUR	3	240															
A7.13	EP.PUR	1	80	EP.PUR	3	320															

漆基的種類	種類	可否為水性	下一道漆的漆基	種類	可否為水性
AY=壓克力樹脂	一液型	X	AY=壓克力樹脂	一液型	X
PVC=聚氯乙烯	一液型		PVC=聚氯乙烯	一液型	
EP=環氧樹脂	二液型	X	EP=環氧樹脂	二液型	X
PUR=聚異氰酸樹脂， 芳香或脂肪族	一液或二液型	X	PUR=聚異氰酸樹脂， 芳香或脂肪族	一液或二液型	X

b NDFT = 額定乾膜膜厚，詳細請見 5.4。

g 於此種類型的耐久度取決於塗裝與該熱浸鍍鋅的底材之間的附著力而定。

表 A.8 熱熔射金屬表面的塗裝系統於腐蝕度類別 C4, C5-I, C5-M 和 Im1 到 Im3

底材：熱熔射金屬（鋅，鋅鋁合金，鋁）
 表面處理：見 ISO 12944-4:1998，第 13 款。
 建議於 4 小時內立刻上塗該塗裝系統的第一道油漆或是封漆。
 如果有使用的話，該封漆應與後面的塗裝系統相容。

系統 編號	封漆			下一道漆	塗裝系統		預期的耐久度 ^g (見 5.5 及 ISO 12944-1)											
	漆基	油漆 道數	額定 膜厚 μ m ^b	漆基	油漆 道數	額定 膜厚 μ m ^b	C4			C5-I			C5-M			Im1toIm3		
							L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H
A8.01	EP.PUR	1	NA ^h	EP.PUR	2	160												
A8.02	EP.PUR	1	NA ^h	EP.PUR	3	240												
A8.03	EP	1	NA ^h	EP.EPC	3	460												
A8.04	EP.PUR	1	NA ^h	EP.EPC	3	320												

漆基的種類	種類	可否為水性 ^f	下一道漆的漆基	種類	可否為水性 ^f
EP=環氧樹脂	二液型	X	EP=環氧樹脂	二液型	X
EPC= 環氧合成樹脂	二液型		EPC=環氧合成樹脂	二液型	
PUR=聚異氰酸樹脂, 芳香或脂肪族	一液或二液型	X	PUR=聚異氰酸樹脂, 芳香或脂肪族	一液或二液型	X

b NDFT = 額定乾膜膜厚，詳細請見 5.4。

f 水性產品通常不適用於浸泡和埋入的情況。

g 於此種類型的耐久度取決於塗裝與該熱熔射的底材之間的附著力而定。

h NA = 不應用。封漆的膜厚不列入該塗裝系統的總膜厚之中。

附錄 B (參考用)

預塗底漆

預塗底漆為一層薄的塗膜施作於噴砂乾淨的鋼材上以提供暫時性的防蝕保護於構件的製作、運輸、儲存以及安裝的期間內，。預處理底漆表面以後還要覆塗包括底漆在內的整個塗裝系統，來加以覆蓋。於表B.1中說明了各種塗裝系統的底漆與幾種預塗底漆的相容性，而表B.2說明了當使用相關的塗裝系統時，一樣的預塗底漆在不同的暴露情況下的合適性。

預塗底漆應有以下幾種特性：

- (a) 必須適用於噴塗的方式以產生一道 15um~30um 均勻的乾膜。
- (b) 必須非常快速地乾燥。其底漆通常藉由自動噴砂機具生產線來噴塗，其生產線的速度為每分鐘 1m~3m。
- (c) 該油漆的機械特性必須要能勝任容許如滾床、起重機等正常的搬運。
- (d) 該塗裝必須提供一段有限時間的保護。
- (e) 底漆不應該被如銲接或是切割等一般的製作程序所嚴重損害，通常預塗底漆對於銲接和切割，以及健康與安全都有品質上的證

明。

(f) 底漆經由銲接或是切割所產生的銲煙不應該超過相關的職業暴露限制。

(g) 已上塗預塗底漆的表面最少要表面處理過於塗裝系統施塗前，以提供該表面為一良好的狀況下。於後續的油漆開始前，該表面處理的需求必須要經過裁定。

(h) 以上塗預塗底漆的表面必須適用於即將採用的塗裝系統，該預塗底漆通常不被視為底漆。

注意 1 一般來說，預塗底漆不是塗裝系統的一部分，其可能需要被移除。

注意 2 清潔和表面處理上的建議，請參考 ISO 12944-4。

注意 3 更進一步的資訊，請參考 EN 10238。

表 B.1 預塗底漆與塗裝系統的相容性

預塗底漆		預塗底漆的種類與塗裝系統底漆的相容性						
基料種類	防蝕成分	Alkyd	CR	Vinyl/PVC	Acrylic	Epoxy ^a	Polyurethane	Zinc silicate
醇酸樹脂	多種	v	NC	NC	v	NC	NC	NC
聚氯乙烯	多種	v	v	v	v	NC	NC	NC
環氧樹脂	多種	v	v	v	v	v	v	NC
環氧樹脂	鋅粉	NC	v	v	v	v	v	NC
矽酸鹽樹脂	鋅粉	NC	v	v	v	v	v	v ^b
壓克力樹脂(水性)	多種	NC	v	NC	v	NC	v	NC
注意：油漆配方的多樣性，建議向油漆製造商確認其相容性為佳。								
v = 原則上相容。								
NC = 原則上不相容。								
a 包括環氧合成樹脂，如 碳氫合成樹脂。								
b 需要經過掃砂清潔。								

表 B.2 於各種暴露情狀之下，預塗底漆與其相關的塗裝系統的合適性

預塗底漆		暴露狀況的合適性						
漆基	防蝕成分	C2	C3	C4	C5-I	C5-M	浸漬環境	
							無陰極防蝕	有陰極防蝕
醇酸樹脂	多種	v	v	v	NS	NS	NS	NS
聚氯乙烯	多種	v	v	v	NS	NS	NS	NS
環氧樹脂	多種	v	v	v	v	v	v	NS
環氧樹脂	鋅粉	v	v	v	v	v	v	NS
矽酸鹽樹脂	鋅粉	v	v	v	v	v	v	v
壓克力樹脂(水性)	多種	v	v	v	NS	NS	NS	NS
注意：油漆配方的多樣性，建議向油漆製造商確認其相容性為佳。								
v = 適用								
NS = 不適用								

附錄 C (參考用)

一般特性

表 C.1 不同種類油漆的一般特性

適用性 ■ 佳 ▲ 有限制性 • 差 — 不相關的	聚 氯 化 乙 烯 (PVC)	氯 化 橡 膠 (CR)	壓 克 力 樹 脂 (AY)	醇 酸 樹 脂 (AK)	聚脲酯 芳香族 (PUR, aromatic)	聚脲酯 脂肪族 (PUR, aliphatic)	矽酸乙 醚鋅粉 樹脂 (ESI)	環 氧 樹 脂 (EP)	環 氧 合 成 樹 脂 (EPC)
光澤抗性	▲	▲	▲	▲	•	■	—	•	•
色彩抗性	▲	▲	■	▲	•	■	—	•	•
耐化性：									
水中浸泡	▲	■	▲	•	▲	•	▲	■	■
雨水/沉澱物	■	■	■	▲	■	▲	■	■	■
溶劑	•	•	•	▲	■	▲	■	■	▲
溶劑 (飛濺)	•	•	•	■	■	■	■	■	■
酸	▲	■	▲	▲	■	▲	•	▲	■
酸 (飛濺)	■	■	▲	▲	■	■	•	■	■
鹼	▲	▲	▲	▲	▲	▲	•	■	■
鹼 (飛濺)	■	■	▲	▲	■	■	•	■	■
耐乾熱性：									
70°C 以下	•	•	▲	■	■	■	■	■	■
70°C 到 120°C	—	—	▲	■	■	■	■	■	▲
120°C 到 150°C	—	—	▲	•	▲	•	■	▲	▲
> 150°C 但 ≤ 400°C	—	—	—	—	—	—	■	—	—
物理特性：									
耐磨擦性	•	•	•	▲	■	▲	■	■	▲
耐衝擊性	▲	▲	▲	▲	■	▲	▲	■	▲
彈性	■	■	■	▲	▲	■	•	▲	▲
硬度	▲	▲	▲	■	■	▲	■	■	■

注意 表C.1提供的資訊是綜合各方面大量的資料而得出的，旨在盡可能地對現有常見類型塗料的性能提供常規指導。由於樹脂基團的不同，可能存在多種變化，有些品種是專為耐某種化學品或條件而設計的。為特定條件應用而選擇的塗料應當諮詢塗料製造商。

附錄 D (參考用)

揮發性有機化合物 (VOCs)

VOC 泛指任何揮發性有機物質，呈現於一個指定的體積在某種油漆或是原料之中，當施作中或施作後其在指定的條件下揮發進入大氣中。VOC 含量單位將表示為 g/litre。

注意 1：在歐洲，當溫度在 293.15K 時，其有機物質的蒸汽壓力為 0.01kPa 或更高，則該有機物質將被視為 VOC；在美國，該狀況並無特別說明，但是列出被認定為 VOCs 的有機物質的列表。

VOCs 視為空氣汙染且大多數為光化學反應。因此，製造商被迫使降低油漆內 VOCs 的含量來將空氣汙染減至最小化。

塗裝系統規範撰寫者以及使用者應該要注意這點，且事實上現在世界上許多地方都有嚴厲的法規正規範著 VOC 的釋放。當某塗裝系統將被採用的時候，將會被要求提供有關於該國家法規的資訊。

如果 VOC 的法規將執行的話，通常會參考工作地點的 VOC 總放射量或是油漆內的 VOC 等級。

油漆內的 VOCs 放射到環境之中可以被以下兩種主要的方式來降低：

- (1)藉由挑選合適的塗裝系統 (選擇較低 VOC 含量的產品)；
- (2)局限空間的塗裝系統作業可藉由來自通風系統的通風氣流穿越特殊的濾器來吸收 VOCs 或是穿越焚化爐來氧化 VOCs 形成二氧化碳和水。

透過選擇合適的產品來降低 VOC 通常為唯一較實際或是經濟的選項，因此基本上有三項可能的產品：高固溶劑型產品、無溶劑型產品或是水性產品等。也可以將以上三種產品合併使用。

當塗裝系統的選擇基於高固型或是無溶劑型產品時，於施工時要注意的是該類產品在達到附錄 A 中指定乾膜膜厚可能是有困難的。此類油漆通常要採用噴塗的方式來產生比所建議的膜厚還要高的膜厚，以確保其為一連續一致性的塗膜。

雖然於較少的油漆道數也能達到一個相等的總膜厚，但這可能無法提供一樣的防蝕等級，因為塗裝的道數於防蝕等級的影響力；更多的塗裝道數等於更好的保護。因此建議，當使用高固型和無溶劑型產品時，其總膜厚將會增加以補償較少的塗裝道數。

當塗裝系統的選擇基於水性油漆時，施工上的成功絕大部分要視其通風和氣候狀況，通常其範圍遠大於溶劑型的產品。(見 4.2，4.3.2 和 4.3.3)

表 D.1 說明了不同種類油漆的 VOC 含量和減低的可能性。

表 D.1 不同種類油漆的 VOC 含量

油漆種類	一般 VOC 範圍 g/litre	是否可水性化	是否可 高固體化	是否可無溶劑化
聚氯乙炔異聚合物	> 500	YES	NO	NO
氯化橡膠樹脂	> 500	NO	NO	NO
壓克力樹脂	> 500	YES	NO	NO
醇酸樹脂	330 to 500	YES	YES	NO
聚異氰酸樹脂(芳香族)	0 to 500	YES	YES	YES
聚異氰酸樹脂(脂肪族)	0 to 500	YES	YES	YES
環氧樹脂	0 to 700	YES	YES	YES
矽酸鹽鋅粉樹脂	350 to 650	YES	YES	NO
^a 100%固成分/無揮發成分				

注意 2：水溶性油漆亦可能含有 VOCs。其含量通常在 0 克/公升 到 120 克/公升。

水溶性塗裝系統幾乎適用於任何大氣腐蝕度的分類，尤其是面漆。用於浸泡或埋入的情況下，則高固型或無溶劑型油漆通常更為適用。

於建築物內側，有需要修補或重新粉刷的情況，水溶性塗裝系統或水溶性面漆相對容易符合溫度與通風的要求，因此特別適用於此類室內塗作業。在塗裝作業中，非常低或零的 VOC，將有利於環境且減少對健康與安全上的危害。當水溶性塗裝用以進行此類維護作業，塗裝作業的執行通常不會影響鄰近其他作業的進行。

在新建工程中，常建議用物理耐性高的塗裝系統，以將搬運或安裝過程中的損害減少到最小。在此類工程中，用於該構件之塗裝系統的面漆，仍建議採用水溶性油漆或可與之相容的面漆。(為日後的修補與養護)

上文中「相容性」乃指此道漆經過最低限度的表面處理後(僅移除髒污)，方可上塗水溶性面漆。須知，視所預期的暴露狀況，其他合適的替代選項，如高固型或是無溶劑型油漆等，都是可以列入考量的。

注意 3：某些水溶性油漆容器中，逐漸釋出的接合反應媒介，在某些情況下，將在侷限空間中發生反應。

參考書目

- [1] ASTM D 2371, Standard Test Method for Pigment Content of Solvent-Reducible Paints
- [2] EN 10238, Automatically blast-cleaned and automatically prefabrication-primed structural steel products

塗料與清漆－鋼構造物防蝕塗料系統

第六部分：實驗室性能測試方法

目錄

前言	6-3
簡介	6-4
1. 範圍	6-5
2. 參考文獻	6-5
3. 定義	6-7
4. 概論	6-8
5. 測試	6-9
6. 塗裝系統的評估	6-11
7. 試驗報告	6-15
附錄 A（參考件）：ISO 7253 測試的刮痕	6-17
附錄 B（參考件）：報告表格範例	6-18
表 1：鋼材塗裝系統的測試程序	6-14
表 2：鋅粉塗裝鋼材之塗裝系統附著力測試程序	6-15

前言

ISO（國際標準化組織）是各國家標準化機構（ISO成員團體）共同組織的世界性聯合機構。國際標準的制定工作由ISO技術委員會負責。每個成員團體都有權派代表參加所關注課題的技術委員會，各政府性或非政府性的國際組織，凡與ISO有聯繫的，也都參加這項工作，有關電工標準化方面的內容，ISO 與國際電工委員會（IEC）保持密切合作關係。

技術委員會通過的國際標準草案提交各成員團體表決，需取得至少 75%參加表決的成員團體的同意，才能作為國際標準正式發佈。

ISO 12944-6國際標準是由ISO/TC35「塗裝與修飾」技術委員會. SC14「鋼構防蝕之塗裝系統」分委會制訂的。

ISO 12944《塗料與清漆－鋼構造物防蝕塗料系統》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

附錄A是ISO 12944-6不可缺少的部分，附錄B僅供參考。

簡介

未經保護的鋼材在大氣、水和土壤中會因腐蝕而破壞。因此，為了避免腐蝕破壞，在鋼結構服役期間需採取一些防腐蝕保護措施。

有很多種不同的方式可以保護鋼結構免遭腐蝕。ISO 12944 針對的是採用塗裝系統和塗覆層來保護。該標準的各部分內容，都是為了獲得適當的、成功的鋼結構防腐蝕保護效果。其他的一些防腐蝕措施可能也可能是有效的，但需要各ISO會員討論及同意。

為了確保鋼結構防腐蝕措施的有效性，業主、設計人員、諮詢顧問、防腐蝕施工承包商、塗料製造商、塗裝檢查員都應以簡明的方式陳述他們關於塗裝系統防腐蝕保護方面的最新最先進的技術進展，這些資訊應盡可能完善、清晰和易於理解，以免在實際履行防腐蝕工作時各相關方之間產生誤解和偏差。

ISO 12944國際標準將提供關於這些工作資訊的一些說明。這是為具有一定專業技術知識的人而編寫，且ISO 12944標準的使用者也熟悉其他相關的國際標準，特別是關於表面處理的標準和相關國際規範。

儘管 ISO 12944不處理財務和合約問題，但事實上，當不遵從ISO 12944標準的要求和建議，採用不合適的防腐蝕措施時，就可能造成嚴重的經濟後果。

ISO 12944-1定義了ISO 12944標準的範圍。對ISO 12944的一些基本名詞和定義的說明，還有其他部分的大致介紹。此外，它還包括健康、安全和環境保護方面的闡述，以及針對特定專案使用ISO 12944 標準的指南。

ISO 12944-6這部分提供了通過實驗室性能測試來評價防護塗料體系的方法，以便能夠選擇最合適的防護塗料體系。

1. 範圍

ISO 12944此部分說明了實驗室測試方法和鋼構件防蝕塗裝系統評估之測試狀況，測試的結果將可以做為合適塗裝系統的選擇方向考量，但不可做為評估耐久度精確無誤的指標。

ISO 12944此部分涵蓋了無塗層鋼結構、熱浸鍍鋅鋼材以及熱熔射鋼材結構表面的防護塗料體系之設計應用。

ISO 12944此部分並沒有應用於電鍍鋅板鋼材的塗裝系統上面。

ISO 12944此部分中的一些測試不適用於水性塗裝系統（見4.2）。不過，某些水性塗裝系統還是必須符合在此規範描述的試驗程序之測試和評估，但測試結果要另行考慮。

在ISO 12944-2中定義的環境應列入考量。

2. 參考文獻

下列參考文獻通過本標準的引用而成為標準不可缺少的文獻。在本標準出版時，這些引用的標準版本都是有效的。但標準都會被修訂，鼓勵各方討論這些標準的最新版本在ISO 12944繼續引用的可能性。IEC和ISO的成員對目前有效的國際標準保持著登記。

- ISO 554:1976, Standard atmospheres for conditioning and/or testing – Specifications.
- ISO 1512:1991, Paints and varnishes – Sampling of products in liquid or paste form.
- ISO 1513:1992, Paints and varnishes – Examination and preparation of samples for testing.
- ISO 2409:1992, Paints and varnishes – Cross-cut test.
- ISO 2808:1997, Paints and varnishes – Determination of film thickness.

- ISO 2812-1:1993, Paints and varnishes – Determination of resistance to liquids – Part 1: General methods.
- ISO 2812-2:1993, Paints and varnishes – Determination of resistance to liquid – Part 2: Water immersion method.
- ISO 3231:1993, Paints and varnishes – Determination of resistance to humid atmospheres containing sulfur dioxide.
- ISO 4624:1978, Paints and varnishes – Pull-off for adhesion.
- ISO 4628-1:1982, Paints and varnishes – Evaluation of degradation of paint coatings – Designation of intensity, quantity and size of common types of defect – Part 1: General principles and rating schemes.
- ISO 4628-2:1982, Paints and varnishes – Evaluation of degradation of paint coatings – Designation of intensity, quantity and size of common types of defect – Part 2: Designation of degree of blistering.
- ISO 4628-3:1982, Paints and varnishes – Evaluation of degradation of paint coatings – Designation of intensity, quantity and size of common types of defect – Part 3: Designation of degree of rusting.
- ISO 4628-4:1982, Paints and varnishes - Evaluation of degradation of paint coatings – Designation of intensity, quantity and size of common types of defect – Part 4: Designation of degree of cracking.
- ISO 4628-5:1982, Paints and varnishes - Evaluation of degradation of paint coatings – Designation of intensity, quantity and size of common types of defect – Part 5: Designation of degree of flaking.
- ISO 6270:1980, paints and varnishes – Determination of resistance to humidity (continuous condensation).
- ISO 7253:1996, Paints and varnishes – Determination of resistance to neutral salt spray (fog).
- ISO 7384:1986, Corrosion tests in artificial atmospheres – General requirements.
- ISO 8501-1:1988, 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.

- ISO 8503-1:1988, Preparation of steel substrates before application of paints and related products –Surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrates – Part 1: Specifications and definitions for ISO surface profile comparators for the assessment of abrasive blast-cleaned surfaces.
- ISO 8503-2:1988, Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrates – Part 2: Method for grading of surface profile of abrasive blast-cleaned steel – Comparator procedure.
- ISO 12944-1:1998, Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 1: General introduction.
- ISO 12944-2:1998, Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 2: Classification of environments.
- ISO 12944-4:1998, Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 4: Types of surface and surface preparation.
- ISO 12944-5:1998, Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 5: Protective paint systems.

3. 定義

除ISO 12944-1提供的定義外，以下名詞和定義運用於ISO 12944：

3.1 耐候試驗（artificial ageing）

設計用來加速塗裝系統老化的程序，例如採用人工氣候更快地降低

在自然氣候下之防蝕效率。

3.2 視覺評估方法 (visual assessment method)

依據ISO 4628中的某部分以視覺性的評估塗裝系統的方法。

3.3 補充評估方法 (complementary assessment method)

除了根據ISO 4628中的視覺評估方法之外所用到的評估方法。

3.4 需求 (requirements)

為了確信某種塗裝系統適合用於某種腐蝕環境而必須獲得的(關於該塗裝系統性能的)測試結果。

4. 概論

4.1 耐候試驗和自然環境暴露的相關性

在選擇指定的情況的塗裝系統，最好是利用相似案例系統的使用上的經驗。因為塗裝系統的耐久性將受到許多外在因子的影響，如環境、結構設計、表面處理及施工和乾燥過程。

耐久性當然也和塗裝系統的化學及物理特性相關。例如，基料類型、乾膜厚度。這些特性能夠通過耐候試驗來評估。主要用於評估對水和對霧氣，以及對鹽霧的抗性，以作為濕膜附著力和阻隔能力的指標。利用耐候試驗和所指定的耐久度，將有較高機率能確保該塗裝系統的確有具備符合應用上指定耐久度的特性。

然而，耐候試驗結果的使用，應該注意耐候試驗將不一定與自然暴露有一樣的效果。許多因子對塗膜退化的過程都有其影響力，而在實驗室中，沒有能夠加速每樣因子的方法。因此要從各種不同於實驗室的耐候試驗組成，來製作一個可靠的塗裝系統的排名是很困難的，這有可能會導致有效的塗裝系統只因無法通過這些測試而被拒絕採用。建議自然暴露應持續長期的進行以解開異常現象。

4.2 附加的性能測試

在以下情況下，建議採用附加測試：

- (a)在採用紫外線（UV）輻射循環式耐候試驗後，認為還有必要採用附加測試來評估塗裝系統提供防蝕保護的能力時；
- (b)需要瞭解更多防蝕保護性能的的資訊時。

也可採用經各相關單位協商達成一致的附加測試方法。

註：如果要調查瞭解水性塗裝系統，經各相關單位同意的防蝕性能測試也可以採用。例如：採用不同循環條件（如：設定不同冷/熱溫度、噴鹽霧或不噴鹽霧）的耐候試驗方法也可以採用，表1內的耐久性時間可以供做說明參考。

5. 測試

5.1 試片

5.1.1 鋼材

除非另有協定，測試用試片應是採用和實際使用的同型號的鋼材製作的，尺寸應是150mm × 70mm。板厚根據試驗需要，但至少2mm。除非另有協定，試片表面應經噴砂清理達到ISO 8501-1中定義的Sa2.5 級或Sa3 級，表面粗糙度（輪廓）應符合ISO 8503-1中定義的中級[medium(G)]。應經採用ISO 8503-2中定義的比較器檢查。在其他各個方面，測試用樣板應符合ISO 7384 標準要求。

5.1.2 鋅粉塗裝鋼材

除非另有協定，測試用試片應是採用和實際使用的相同的鋅粉塗裝鋼材製作的。尺寸和厚度按鋼材要求。表面處理應經各相關單位同意。ISO 12944-4中提供了適用的表面處理方式。

5.2 塗料的取樣

ISO 1512中提供了如何選取測試的產品（或多塗層系統中的每種產品）具有代表性的樣品。檢驗和準備各樣品的試驗工作參照ISO

1513所描述。

5.3 試片的數量

除非另有協定，每項測試要準備三件試片。

5.4 塗裝系統

最好採用噴塗的方式來塗裝試片，該油漆應依據油漆製造商的塗裝說明來施作，每一道漆在厚度和外觀上應是連續的，且沒有垂流，積漆，不足，針孔，皺紋，光澤變異，內部包油，內部包微粒，過度乾燥噴塗以及起泡等缺陷，其乾膜膜厚依據ISO 2808來加以測量，且不應超過指定值20%。除非另有協定，製備好的塗漆試片在投入測試前，應該在按ISO 554定義的標準氣候環境（溫度： $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相對溫度： $50\pm 5\%$ 或溫度： $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相對溫度： $65\pm 5\%$ ）中放置三周。

如果要採用鹽霧試驗（見表1），表面劃線應劃透塗層直至底材（見附錄A），試板的邊緣和背面應採取適當保護措施。

5.5 對照系統

建議採用一組於工地現場成功使用多年，且於實驗室所熟知的一套塗裝系統做為對照組。該系統應與將被測試的塗裝系統於組成上和種類上以及厚度上都有所相似，合適的塗裝系統例子已於ISO 12944-5提供。

5.6 測試程序

測試程序應按表1和表2中的規定。

當依據ISO 2812-1來做測試時，應採用以下經驗證的分析化學品：

- (a) NaOH，10%（m/m）水溶液；
- (b) H₂SO₄，10%（m/m）水溶液；
- (c) 礦精，18% 芳烴含量。

對於用於ISO 12944-2表格2中定義的浸於水中或埋於土壤中的各

種腐蝕級別的塗裝系統的適用性的評估，要用到以下材料：

對於 Im1，ISO 2812-2 中定義的水；

對於 Im2 和Im3，氯化鈉 5%（m/m）水溶液。

6. 塗裝系統的評估

6.1 概論

用於各種腐蝕性級別（見ISO 12944-2，表1）中的塗料體系的測試項目和持續時間在6.2 條中提供。

只允許三件試片中的一件可以不完全符合6.3和6.4中的指定要求。

例如：某個總乾膜厚度不超過250µm 的體系，如果至少三件試片中的兩件符合下述情況，才能有資格被認可腐蝕度標示為”高度”C3的鋼板塗裝系統。

(a)在測試前，按照ISO 2409 測試的附著力等級為0或1級；

(b)在經480小時鹽霧試驗(ISO 7253)後，按ISO 4628-2至ISO 4628-5 評估沒有起泡、銹蝕、開裂、剝落等缺陷，按照ISO 2409測試的附著力等級為0或1級；

(c)在經240小時連續冷凝試驗（ISO 6270）後，按ISO 4628-2至ISO 4628-5 評價沒有（起泡、銹蝕、開裂、剝落）缺陷，按照ISO 2409 測試的附著力等級為0 或1 級；

註：對於用在浸於水中或埋於土壤（腐蝕性級別**Im1**、**Im2**、**Im3**）環境中的塗料體系，中期耐久性（**5-15** 年）是最低要求。

6.2 測試項目和持續時間

6.2.1 鋼材塗裝系統

於表1中提供之測試和測試持續時間應用於鋼材塗裝系統。

用於C5-I 腐蝕性級別中的塗裝系統（在各相關單位同意

後)，ISO 2812-1測試可用ISO 3231測試來取代或補充，試驗持續時間按照ISO 6270標準，例如240小時（10 個循環）用於低耐久性，480小時（20 個循環）用於中耐久性，720小時（30 個循環）用於高耐久性。通常該塗裝系統會應用鋅粉底漆。

6.2.2 鋅粉塗裝鋼材的塗裝系統

應用於鋅粉塗裝（包括熱浸鋅和熱熔射）鋼鐵基材上的塗料體系的測試項目和持續時間在表2中提供。

6.3 耐候試驗前的評估

評估方式

需求

ISO 2409

類別 0 或 1

如果該塗裝系統的乾膜膜厚超過 250 um，利用以下附著力試驗方法取替 ISO 2409：

評估方式

需求

ISO 4624

對底材(A/B)的附著力不可失敗
(除非拉拔試驗的值大於 5MPa)

6.4 經過指定時間耐候試驗後的評估

評估方式

需求

ISO 4628-2

起泡 0 (S0) (立即評估)

ISO 4628-3

生銹 Ri 0 (立即評估)

ISO 4628-4

裂痕 0 (S0) (立即評估)

ISO 4628-5

翹皮 0 (S0) (立即評估)

依據 ISO 7253 的耐候試驗之後，利用附錄 A 的方程式計算其在該底材刮痕上的腐蝕皆不應超過 1 mm。

於試片邊緣有超過 1 cm 的缺陷則該試片將不列入考慮。

互補評估方式

需求

ISO 2409

類別 0 或 1 (依據 5.4 中重
置 24 小時後的評估)

如果該塗裝系統的乾膜膜厚超過 250 μm ，利用以下附著力試驗
方法取替 ISO 2409：

ISO 4624

需求：對底材(A/B)的附著力不可失敗
(除非拉拔試驗的值大於 5MPa)
(依據 5.4 中重置 24 小時後的評估)

表 1、鋼材塗裝系統的測試程序

ISO 12944-2 定義 之腐蝕度類別	耐久性範圍	ISO 2812-1 ⁽¹⁾ 耐化學性 h	ISO 2812-2 浸水試驗 h	ISO 6270 水冷凝 h	ISO 7253 鹽霧試驗 h
C2	低 中 高	— — —	— — —	48 48 120	— — —
C3	低 中 高	— — —	— — —	48 120 240	120 240 480
C4	低 中 高	— — —	— — —	120 240 480	240 480 720
C5-I	低 中 高	168 168 168	— — —	240 480 720	480 720 1440
C5-M	低 中 高	— — —	— — —	240 480 720	480 720 1440
Im1	低 中 高	— — —	— 2000 3000	— 720 1440	— — —
Im2	低 中 高	— — —	— 2000 3000	— — —	— 720 1440
Im3	低 中 高	— — —	— 2000 3000	— — —	— 720 1440

(1)利用方法 1 (見 5.6 化學品的使用)，耐化學性的測試目的並不是評估其防蝕特性，而是用來評估該系統抵抗高度工業環境的能力，因此，不管其耐久性範圍為何，其測試持續時間維持一樣。

關於腐蝕性 C5-I，ISO 2812-1 的程序可由 ISO 3231 測試所取代或是補充 (10 次循環，240 小時於”低”耐久度；20 次循環，480 小時於”中”耐久度；以及 30 次循環，720 小時於”高”耐久度。)

表 2、 鋅粉塗裝鋼材之塗裝系統附著力測試程序

ISO 12944-2 定義之腐蝕度類別	耐久度範圍	ISO 6270 (水冷凝) h
C2	低 中 高	240 240 240
C3	低 中 高	240 240 240
C4	低 中 高	240 240 480
C5-I	低 中 高	240 480 720
C5-M	低 中 高	240 480 720

7. 測試報告

測試報告至少應含有以下資訊：

- (1) 進行測試的實驗室（名稱和地址）；
- (2) 進行每項測試的日期；
- (3) 對底材和底材表面處理的描述；
- (4) 識別防蝕塗裝系統的所有詳細資訊（製造商、產品名稱或型號、批號、塗層數量、每種塗層的幹膜厚度）；
- (5) 識別對照系統（見5.5 條）的所有資訊；

- (6) 乾燥/固化條件和持續時間；
- (7) 根據獲得的測試結果確定塗裝系統的等級分類（腐蝕性等級和耐久性，如C5-I中）；
- (8) 所進行的每個測試項目和持續時間；
- (9) 每件試片的測試結果；
- (10) 與指定測試方法的任何偏差。

測試報告應明確說明測試儀器和程序所依據的相關ISO標準。

測試報告應由執行測試的人員、實驗室主管或其他經授權的代表人員簽名。

附錄 B 提供了一個測試報告格式的樣例。

附錄A（參考件）

ISO 7253 測試的刮痕

A.1 刮痕的產生

所用的劃線工具應是可以重複利用的。如果不能，劃線工具應是ISO 2409：1992中4.1.1條中所描述的（單刃割刀）。

刮痕應平直，垂直或斜線（交叉），至少50mm 長。另外，刮痕應距任何板邊緣至少20mm 距離，整個劃痕必須均勻劃透直至底材。

A.2 刮痕周圍腐蝕的評估

鹽霧試驗後，測量橫過刮痕的腐蝕的最大寬度 C 值（毫米計量），計算底材上刮痕處腐蝕蔓延 M 值，用下面公式計算：

$$M = (C - W) / 2$$

W 是刮痕的原始寬度（毫米計量）。

附錄B（參考件）

報告表格範例

測試實驗室：

地址：

測試日期：

底材：

表面處理：

製造商：

地址：

塗裝系統：

	種類	產品名稱	批號	NDFT ⁽¹⁾
第一道漆				
第二道漆				
第三道漆				
第四道漆				
第五道漆				
第六道漆				
(1)NDFT = 指定乾膜膜厚				

對照系統：

	種類	產品名稱	批號	NDFT ⁽¹⁾
第一道漆				
第二道漆				
第三道漆				
第四道漆				
第五道漆				
第六道漆				

乾燥/硬化狀況：

測試持續時間：

於 ISO 12944-2 定義之大氣或水中/土壤的腐蝕度分類：

所需耐久度範圍：

測試	依據 6.3 和 6.4 的結果		
	試片 1	試片 2	試片 3
測量之乾膜膜厚			
測試前的評估： (ISO 2409 或 ISO 4624)			
測試 1：ISO..... 測試持續時間：...h 測試後的評估： ISO 4628-2 ISO 4628-3 ISO 4628-4 ISO 4628-5 ISO 2409 或 ISO 4624			
測試 2：ISO..... 測試持續時間：...h 測試後的評估： ISO 4628-2 ISO 4628-3 ISO 4628-4 ISO 4628-5 ISO 2409 或 ISO 4624			

意見：

簽名：

塗料與清漆－鋼構造物防蝕塗料系統

第七部分：塗裝工程的施作與管理

目錄

前言	7-3
簡介	7-4
1. 範圍	7-5
2. 參考文獻	7-5
3. 塗裝作業執行上的先決條件	7-6
3.1 資格證書	7-6
3.2 底材的狀況	7-7
3.3 健康，安全和環境的保護	7-7
4. 塗裝材料	7-7
4.1 供應	7-7
4.2 儲存	7-8
5. 塗裝作業的執行	7-8
5.1 概論	7-8
5.2 施工條件	7-10
5.3 施工方法	7-10
5.4 作業開始前的評定	7-11
6. 塗裝作業的監督	7-12

6.1 概論	7-12
6.2 量測和測試儀器	7-12
6.3 檢查油漆塗裝	7-12
7. 參考區域	7-13
7.1 概論	7-13
7.2 已塗裝過的表面	7-14
7.3 參考區域的記錄	7-14
7.4 塗裝的評估	7-14
附錄 A（參考件）、參考區域的數量	7-15

前言

ISO（國際標準化組織）是各國家標準化機構（ISO成員團體）共同組織的世界性聯合機構。國際標準的制定工作由ISO技術委員會負責。每個成員團體都有權派代表參加所關注課題的技術委員會，各政府性或非政府性的國際組織，凡與ISO有聯繫的，也都參加這項工作，有關電工標準化方面的內容，ISO與國際電工委員會（IEC）保持密切合作關係。

技術委員會通過的國際標準草案提交各成員團體表決，需取得至少 75%參加表決的成員團體的同意，才能作為國際標準正式發佈。

ISO 12944國際標準是由ISO/TC35「塗裝與修飾」技術委員會. SC14「鋼構防蝕之塗裝系統」分委會制訂的。

ISO 12944《塗料與清漆—鋼構造物防蝕塗料系統》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

附錄A僅供參考。

簡介

未經保護的鋼材在大氣、水和土壤中會因腐蝕而破壞。因此，為避免腐蝕破壞，在鋼結構服役期間需採取一些防蝕保護措施。

有很多種不同的方式可以保護鋼結構免遭腐蝕。ISO 12944 針對的是採用塗裝系統和塗覆層來保護。該標準的各部分內容，都是為了獲得適當的、成功的鋼結構防腐蝕保護效果。其他的一些防蝕措施可能也可能是有效的，但需要各相關單位達成一致意見。

為了確保鋼結構防腐蝕措施的有效性，業主、設計人員、諮詢顧問、防腐蝕施工承包商、塗料製造商、塗裝檢查員都應以簡明的方式陳述他們關於塗裝系統防蝕保護方面的最新最先進的技術進展，這些資訊應盡可能完善、清晰和易於理解，以免在實際履行防蝕工作時各相關單位之間產生誤解和偏差。

ISO 12944國際標準將提供關於這些工作資訊的一些說明。這是為具有一定專業技術知識的人而編寫，且ISO 12944標準的使用者也熟悉其他相關的國際標準，特別是關於表面處理的標準和相關國際規範。

儘管 ISO 12944不處理財務和合約問題，但事實上，當不遵從ISO 12944 標準的要求和建議，採用不合適的防腐蝕措施時，就可能造成嚴重的經濟後果。

ISO 12944-1定義了ISO 12944標準的範圍。它提供了一些基本名詞和定義，還有對ISO 12944 的其他部分的大致介紹。此外，它還包括健康、安全和環境保護方面的闡述，以及針對某個特定項目使用ISO 12944標準的指南

ISO 12944-7即針對現場或廠內的塗裝作業之執行和監督提供規範。

1. 範圍

1.1 ISO 12944 是有關於鋼結構現場或是廠內的塗裝作業之執行和監督。

1.2 ISO 12944 此章節不能應用於：

- 將被塗裝的表面處理作業（見 ISO 12944-4）以及該作業的監督。
- 金屬塗裝的施做。
- 預處理方式如磷酸鹽和鉻酸鹽去脂，以及如浸泡，粉末塗裝或鋼捲塗裝等塗裝方式。

2. 參考文獻

下列文獻通過本標準的引用而成為標準不可缺少的文獻。在本標準出版時，這些引用的標準版本都是有效的。但標準都會被修訂，鼓勵各方討論這些標準的最新版本在ISO 12944 繼續引用的可能性。IEC 和ISO的成員對目前有效的國際標準保持著登記。

- ISO 1512:1991, Paints and varnishes—Sampling of products in liquid or paste form.
- ISO 1513:1992, Paints and varnishes—Examination and preparation of samples for testing.
- ISO 2409:1992, Paints and varnishes—Cross-cut test.
- ISO 2808:1997, Paints and varnishes—Determination of film thickness.
- ISO 4624:1978, Paints and varnishes—Pull-off test for adhesion.
- ISO 8502-4:1993, Preparation of steel substrates before application of paints and related products—Tests for the assessment of surface cleanliness—Part 4: Guidance on the estimation of the probability of condensation prior to paint application.

- ISO 9001:1994, Quality systems — Model for quality assurance in design, development, production, installation and servicing.
- ISO 9002:1994, Quality systems — Model for quality assurance in production, installation and servicing.
- ISO 12944-1:1998, Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by Protective paint systems. Part 1: General introduction.
- ISO 12944-4:1998, Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by Protective paint systems. Part 4: Types of surface and surface preparation.
- ISO 12944-5:1998, Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by Protective paint systems. Part 5: Protective paint systems.
- ISO 12944-8:1998, Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by Protective paint systems. Part 8: Development of specifications for new work and maintenance.

3. 塗裝作業執行上的先決條件

3.1 資格證書

3.1.1 承包施作鋼構件防蝕塗裝系統的公司以及其人員，都應具有能力來執行該作業之正確性與安全性。要注意作業的執行上應由持有經過認證過的單位核發的資格證書的人員來執行，且該核發單位與各相關單位無關。

3.1.2 當承包商實施一套品質管理系統時，則該承包商應準備一份品質計畫包含了該承包商作業的一般標準，於作業的每個階段都應提供方法說明。

該承包商應有能力達到每個階段所指定的品質等級，關於這方面的證明，譬如提供依據 ISO 9001 或 ISO 9002 的品質確保系統的使用。

除非其他相關單位同意，否則該承包商應在說明書相關的品質手冊上提供客戶所有執行上和監督上的標準摘要。

3.2 底材的狀況

一個防蝕塗裝系統要視其初始和最終的表面狀況，來施以所需要適當的表面處理，個別的需求應於塗裝說明書中描述且能夠達到要求。

表面處理的方式於 ISO 12944-4 中有描述，處理過的表面應由 ISO 12944-4 中提供的方式如目視檢測清潔度、表面粗度和化學檢測清潔度等來加以評估。

該作業的各方面監督上的需求，評估的頻率，評估作業的地點都應由各相關單位同意。

假如該表面的狀況與說明書上所描述的不一樣時，則應通知客戶。

表面溫度必須大於周遭大氣的露點溫度，除非於塗料製造商的技術資料文件中有其他的說明。

3.3 健康，安全和環境的保護

有關於健康，安全和環境保護施作上的規定應符合規範，見 ISO 12944-1 和 ISO 12944-8。

4. 塗裝材料

4.1 供應

塗裝材料的供給應在當其將被使用的同時，塗料製造商的技術資料文件應包含所有使用上必要的細節。

假如需要進行任何試驗，則應提供說明，描述將使用的方法、取樣和進一步的取樣應依據 ISO 1512 和 ISO 1513。

若塗料製造商的技術資料文件中沒有包含任何有可能影響作

業的狀況或該作業最終的品質要求細節，則製造商應予提供。

4.2 儲存

製造商應於容器上標明該塗裝材料應該使用的日期（保存期限）。塗裝材料應儲存於溫度 $+3^{\circ}\text{C}$ 以上和 $+30^{\circ}\text{C}$ 以下，除非製造商的操作指南或說明書有指明其他的溫度，水性塗裝材料特別的是；於冰凍後可能就無法再使用了。

塗裝材料和其他使用的材料（溶劑，調薄劑等）應儲存於安全的地方。

塗料容器應保持密封直到內容物將被使用為止。部分使用過的容器可能被重新密封且之後會再使用，如果沒有則塗料製造商的技術資料文件中須說明。部分使用過的容器應清楚地標示出來。

5. 塗裝作業的執行

5.1 概論

將施作塗裝作業的空間應有安全的通道和良好的照明。

當使用塗裝材料時，除非另有說明，否則製造商的技術資料文件應詳閱並執行。

於施工前和施工中，塗裝材料應被查明以確保：

- 容器上的標籤和所指定的產品描述相符合；
- 表面無漆皮的形成；
- 無不可逆的沉澱產生；
- 於現場條件下的適用性。

任何沉澱物的呈現應能輕易地被攪拌融合掉。

任何黏度的調整；由於低溫的作業或是不同的作業方式的需求，都應依據塗料製造商的指導。假如於說明書中有需要進行此類調整時，則應通知業主。

作業的方式將視塗裝材料的種類、底材、構件的大小和種類以及鍋爐區域的條件等而定，環境保護的相關法規和需求可能會影響施工方式的選擇，除非有其他指定的施工方式。

底漆應能覆蓋整個鋼材的表面粗度，每一道漆應盡可能的平均塗裝且不能有任何未塗裝的區域存在。

膜厚的測量方式在 ISO 2808 中有描述。檢測指定乾膜膜厚的程序應由各相關單位同意（儀器、歸零、和任何表面粗度所造成結果上的誤差等）。

除非有另外同意，否則單點乾膜膜厚低於指定乾膜膜厚 80% 是不能接受的。除非有另外同意，單點值介於指定乾膜膜厚 80% 和 100% 之間且總平均等於或是大於指定乾膜膜厚為可接受的。

要注意的是除了要達到指定的乾膜膜厚，也要避免區域性過厚的膜厚，建議最大乾膜膜厚不可高於指定乾膜膜厚的三倍。對於超過最大乾膜膜厚的狀況，相關單位應有專業的協議。對於具有最大乾膜膜厚限制的產品或是系統的特殊情況下，則應遵守製造商所提供的技術資料文件內的資訊。

所有困難施作的表面，譬如：邊、角落、銲道、鉚釘和螺絲等，於塗裝上應特別的注意。

假如銳邊要有額外的防蝕保護，則應施作一道合理寬度（大約 25mm）的修邊補漆塗於銳邊的兩邊。

為了協助達到所需的乾膜膜厚，則於塗裝工作進行時應定期檢測其濕膜膜厚。

於製造商提供的塗裝材料技術資料文件中，將說明每道漆以及最後一道漆之間的塗裝間隔和使用，除非說明書上另有需求說明，否則皆應遵守。

在任何油漆塗膜上的缺失都可能導致該塗膜所提供的防蝕功能的降低，或是於其外觀上有顯著地影響，皆應於上塗下一道漆前

修補完成。為避免塗膜的傷害，於搬動或是運輸前，塗膜應有足夠的硬度才行。

對於不塗裝或是膜厚很低的部位，例如將被銲起來或是密接的部位（必須有適當的準確誤差）於塗裝開始前應由承包商清楚確認。

5.2 施工條件

為了確保塗裝的防蝕作用，於工地現場的大氣條件應確認符合各油漆材料的油漆製造商所提供之技術文件的需求和規定。於乾燥和油漆反應時也應符合上述之條件。

在作業開始前的計畫階段中，應對該環境的不利效應進行測量，以將其避免或是降至最低。

於塗裝作業的進行中，應注意的是所有外在會導致塗裝品質下降的因素。塗裝作業應與其他作業（如噴砂，焊接等）的地點隔開或是保護之。假如於作業中發生不良的天氣條件，則該作業應立即停止且已上塗的油漆應儘可能的將其保護之。

於塗料製造商的技術文件中應說明可進行塗裝的最高和最低表面溫度以及週遭的氣溫。

根據 ISO 8502-4 中，塗裝材料的施作溫度應大於露點溫度 3°C。一個潮濕的表面只能使用塗裝廠商技術文件中提供或是由塗料製造商所允許的塗裝材料。

將於工地現場進行燒銲作業之元件的塗裝作業，則該元件應於欲燒銲的所有部位作記號，而當該塗裝系統為多道漆系統時，則每一道漆應有所保留。

5.3 施工方法

5.3.1 刷子施工

刷子應適用於將塗裝的區域，特別是角落、螺絲、鉚釘和角邊以及難以施作的部位，說明書中應提供說明細節。

5.3.2 滾筒施工

塗裝材料的使用應適用於這種施作方式且應具有良好的整平特性，滾筒的種類和大小應適用於該指定的工作。滾筒施工一般不建議用於防銹底漆的施作上。

5.3.3 噴塗施工

以下噴塗方式為常見的：

- 通用低壓有氣噴塗；
- 無氣噴塗；
- 空氣輔助無氣噴塗；
- 靜電噴塗。

油漆的黏度、噴塗的壓力、噴嘴的種類、油漆材料的溫度、被噴塗表面的距離和噴塗的角度皆應控制良好以產生一致且連續的塗膜。

當使用以上方式時，應採取適當的預防措施以避免周遭環境遍佈著漆霧。

假如在難以進入的構件之銳邊和角落部位，難以達到所要求的漆膜厚度的狀況（不易噴塗的地點），則該部位應使用刷子，利用修邊補漆或是噴塗來預先上漆。

對於有沉澱傾向的油漆材料，油漆容器應附著一具電動攪拌器。

5.3.4 其他施工方式

假如採用其他方式，例如流動塗裝 (flow-coating)、熱融金屬塗裝或防蝕貼布的施做等，皆應根據製造商的操作指南來進行。

5.4 作業開始前的評定

所指定的作業方式應使用指定的材料來評定以確保其能提供

所需的保護。如果指定的材料或是作業方式發現並不適用，則說明書應依據各相關單位和發生的狀況來修正，如成本、時間等也應列入考量。

6. 塗裝作業的監督

6.1 概論

作業的執行應與予全程監督，監督應由合適且合格並具經驗的人員來進行。承包商有責任進行自檢，由業主指派監督人員，即使於廠內的塗裝作業仍是必要的。

當承包商並不熟悉施做之塗裝材料時，則應向該材料製造商諮商請教。

監督的等級應視該方案的種類和重要性、作業的難度和當地的條件、以及塗料的種類和其服務年限而定。監督的工作將需要適當的技術知識和經驗。

6.2 量測和測試儀器

應遵守該使用儀器的儀器製造商所提供之使用指南，使用過的儀器應檢查、歸零且定期維護，並記錄。

6.3 檢查油漆塗裝

塗裝的檢查應符合規範說明書，如：

- 視覺上的評估。如一致性、顏色、遮蓋力，以及缺失如針孔、皺紋、起坑、氣泡、翹皮、裂開或是垂流等；
- 若有必要，可藉由各式符合以下乾膜特性的儀器：
 - 乾膜膜厚：通常採用非破壞性方式 (見 ISO 2808)；也參考下面(1)的部分；
 - 附著力：採用破壞性的方式 (見 ISO 2409 或 ISO 4624)；
 - 多孔性：藉由電流或是高壓偵測器。

對於乾膜膜厚的測量，相關單位應與以下達成協議：

- (1) 測量的方式、測量的儀器、測量儀器歸零的細節、，以及將表面粗度對測量結果的影響列入考量。
- (2) 取樣的方法：每一種表面如何做測量和該做多少次的測量。
- (3) 測量結果：該如何報告以及其如何與認同的標準做比較。

乾膜膜厚（包含指定乾膜膜厚和最大乾膜膜厚）應在每一次關鍵的階段，以及在整個系統施作完畢時做檢測。一個關鍵性的階段是，例如，當塗裝作業職責上的改變或是當底漆與下一道漆之間的時間間隔過長時。

於承載螺絲連接處的表面油漆，例如高強度螺絲於靠摩擦力鉗住的連接處和高強度螺絲於剪力承載型的連接處應檢查是否符合合約上的協議。

假設破壞性檢測是必要的，刻痕切割器的測量是可以接受的。此種儀器可以用來檢測於塗裝系統中每一道漆的厚度，以及後續的油漆也可以被檢測。當測量多孔性，該儀器和測試電壓應得到各相關單位的同意。任何塗裝的損傷應依據規範說明書來加以修補。見 ISO 12944-8。

7. 參考區域

7.1 概論

參考區域為位於構件上合適的部位並對於該作業建立最小可接受的標準，並核對製造商或是承包商所提供的資料是否正確，使該塗裝的性能於完工後能隨時估驗。參考區域通常不用於產品保證的目的，但若是各承包單位同意的話，有可能用於此目的。

假設參考區域將被採用，其應在能代表該構件的腐蝕應力環境下來製作。所有在參考區域的表面處理和塗裝作業皆應於各相關單位的代表出席下執行，且各單位應以書面來提供他們的協議當該參

考區域與規範說明書的一致。所有的參考區域應準確的記錄且可能會永久地標示在該構件本體之上（見 ISO 12944-8）。

參考區域的大小和數量，實際上和經濟上都應在該構件總面積的合理的比例範圍之內。

7.2 已塗裝過的表面

對於已塗裝過的表面案例，將製作兩種參考區域（A 和 B）。該塗裝可能為舊漆或是其他承包商近期施作的塗裝。

A 類型參考區域

表面處理以及塗裝的作業皆與規範說明書一致。

B 類型參考區域

所有現存的有機塗裝皆移除至底材露出，接著將整個塗裝系統施做上去，且全部都要與規範說明書一致。

7.3 參考區域的記錄

承包商應保存於製作參考區域時的每一項作業的記錄（建議的表格，見 ISO 12944-8，附錄 B）。該記錄應包含所有相關的資料且應由各相關單位認可。

7.4 塗裝的評估

該塗裝的估驗方式應由各相關單位協議，最好採用國際性或是國家性的標準。

塗裝的缺失可能會發生在以下地點：

- 在構件上但沒有在參考區域內；
- 同時發生在構件上和參考區域內；
- 只發生在參考區域內。

如果參考區域是用於產品保證的目的，可能的缺失起因應由適當合格且具有經驗並由各相關單位認可的人員來裁定。

如果參考區域有損傷，應小心地修補，但該修補的部位則不再列入參考區域內。

附錄 A (參考用)

參考區域的數量

構件大小 (已上塗區域) m ²	建議最大參考 區域數量	建議的參考區域與 該構件總面積的 最大百分比例	建議的參考區域 的最大總面積 m ²
大於 2,000	3	0.6	12
介於 2,000 到 5,000	5	0.5	25
介於 5,000 到 10,000	7	0.5	50
介於 10,000 到 25,000	7	0.3	75
介於 25,000 到 50,000	9	0.2	100
大於 50,000	9	0.2	200

塗料與清漆－鋼構造物防蝕塗料系統

第八部分：新建與維護作業說明書之制定

目錄

前言	8-3
簡介	8-4
1. 範圍	8-5
2. 參考文獻	8-5
3. 定義	8-9
4. 如何為新建或維護工程制訂作業說明書	8-11
5. 作業說明書的內容	8-12
附錄 A（參考件）新建及維修的防蝕塗裝系統作業說明書之基本資訊	8-25
附錄 B（參考件）參考區域	8-29
附錄 C（參考件）新建工程計畫流程圖	8-33
附錄 D（參考件）維修作業計畫流程圖	8-35
附錄 E（參考件）環境類別－檢查表	8-37
附錄 F（參考件）簡易專案作業說明書範例	8-39
附錄 G（參考件）建議塗裝系統作業說明書－新建工程	8-43
附錄 H（參考件）建議塗裝系統作業說明書－維修工程	8-45
附錄 I（參考件）塗裝工作程序及施工條件報告建議格式	8-47
附錄 J（參考件）防蝕工程最終報告的建議格式	8-49

附錄 K (參考件) 現有防蝕塗裝系統(包含維修需求之評估)詳細檢驗報告 建議格式	8-51
表 1、作業說明書的內容	8-14
表 2、防蝕塗裝系統作業說明書內容.....	8-19
表 3、塗裝作業說明書的內容	8-21
表 4、檢驗和評估說明書的內容	8-23

前言

ISO（國際標準化組織）是各國家標準化機構（ISO成員團體）共同組織的世界性聯合機構。國際標準的制定工作由ISO技術委員會負責。每個成員團體都有權派代表參加所關注課題的技術委員會，各政府性或非政府性的國際組織，凡與ISO有聯繫的，也都參加這項工作，有關電工標準化方面的內容，ISO與國際電工委員會（IEC）保持密切合作關係。

技術委員會通過的國際標準草案提交各成員團體表決，需取得至少 75%參加表決的成員團體的同意，才能作為國際標準正式發佈。

ISO 12944-8國際標準是由ISO/TC35「塗裝與修飾」技術委員會SC14「鋼構防蝕之塗裝系統」分委會制訂的。

ISO 12944《塗料與清漆—鋼構造物防蝕塗料系統》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

附錄A至附錄K僅供參考。

簡介

未經保護的鋼材在大氣、水和土壤中會因腐蝕而破壞。因此，為了避免腐蝕破壞，在鋼結構服役期間需採取一些防腐蝕保護措施。

有很多種不同的方式可以保護鋼結構免遭腐蝕。ISO 12944針對的是採用塗裝系統和塗覆層來保護。該標準的各部分內容，都是為了獲得適當的、成功的鋼結構防蝕保護效果。其他的一些防蝕措施可能也可能是有效的，但需要各相關單位達成一致意見。

為了確保鋼結構防腐蝕措施的有效性，業主、設計人員、諮詢顧問、防腐蝕施工承包商、塗料製造商、塗裝檢查員都應以簡明的方式陳述他們關於塗裝系統防蝕保護方面的最新最先進的技術進展，這些資訊應盡可能完善、清晰和易於理解，以免在實際履行防腐蝕工作時各相關單位之間產生誤解和偏差。

ISO 12944國際標準將提供關於這些工作資訊的一些說明。這是為具有一定專業技術知識的人而編寫，且ISO 12944標準的使用者也熟悉其他相關的國際標準，特別是關於表面處理的標準和相關國際規範。

儘管 ISO 12944不處理財務和合約問題，但事實上，當不遵從ISO 12944標準的要求和建議，採用不合適的防腐蝕措施時，就可能造成嚴重的經濟後果。

ISO 12944-1定義了ISO 12944準的範圍。它提供了一些基本名詞和定義，還有對ISO 12944的其他部分的大致介紹。此外，它還包括健康、安全和環境保護方面的闡述，以及針對某個特定項目使用ISO 12944標準的指南

ISO 12944-8的這一部分對如何制訂一個防蝕保護工作所需作業說明書提供幫助。

1. 範圍

ISO 12944此部分討論採用防蝕塗裝系統在工地現場和廠內進行鋼結構防蝕保護的新建塗裝和維護塗裝所需作業說明書的制訂，也適用於鋼結構單一構件或元件。ISO 12944此部分與鋼構件暴露於不同的環境腐蝕因子下，如室內、室外、水中浸泡、埋於土壤，以及特殊因子像是高溫和低溫等不同範圍的耐久度的需求將列入考量。

熱浸鍍鋅的鋼、金屬熔射、電鍍鋅、粉末鍍鋅以及經預塗（預處理底漆）的鋼材表面，也都涵蓋在ISO 12944此部分中。

於附錄B為用來評估該防蝕作業之品質以及該塗裝系統之效能的參考區域的使用。附錄C和D提供了新建和維護作業之計畫的詳細流程圖，應在撰寫說明書時列入考量。

環境中如有嚴重的腐蝕因子或是高溫的發生，或是該防蝕塗裝系統將施作於其他的表面像是非鐵金屬或是混凝土等，則該說明書應將此列入考量之中。ISO 12944的這部分也將針對這種情況提供一些指導。

2. 參考文獻

下列文獻通過本標準的引用而成為標準不可缺少的資訊。在本標準出版時，這些引用的標準版本都是有效的。但標準都會被修訂，鼓勵各方討論這些標準的最新版本在ISO 12944繼續引用的可能性。IEC和ISO 的成員對目前有效的國際標準保持著登記。

- ISO 2409:1992, Paints and varnishes – Cross-cut test.
- ISO 2808:1997, Paints and varnishes – Determination of film thickness.
- ISO 4623:1984, Paints and varnishes – Filiform corrosion test on steel.
- ISO 4624:1978, Paints and varnishes – Pull-off test for adhesion.
- ISO 4628-2:1982, Paints and varnishes – Evaluation of degradation of

paint coatings – Designation of intensity, quantity and size of common types of defect – Part 2: Designation of degree of blistering.

- ISO 4628-3:1982, Paints and varnishes –Evaluation of degradation of paint coatings – Designation of intensity, quantity and size of common types of defect – Part 3: Designation of degree of rusting.
- ISO 4628-4:1982, Paints and varnishes –Evaluation of degradation of paint coatings – Designation of intensity, quantity and size of common types of defect – Part 4: Designation of degree of cracking.
- ISO 4628-5:1982, Paints and varnishes –Evaluation of degradation of paint coatings – Designation of intensity, quantity and size of common types of defect – Part 5: Designation of degree of flaking.
- ISO 4628-6:1990, Paints and varnishes –Evaluation of degradation of paint coatings – Designation of intensity, quantity and size of common types of defect – Part 6: Rating of degree of chalking by tape method.
- ISO 8501-1:1988, 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.
- ISO 8501-2:1994, Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Visual assessment of surface cleanliness – Part 2: Preparation grades of previously coated steel substrates after localized removal of previous coatings.
- ISO 8503-1:1988, Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Surface roughness characteristics of blast-cleaned Steel substrates – Part 1: Specifications and definitions for ISO surface profile comparators for the assessment of abrasive blast-cleaned surfaces.
- ISO 8503-2:1988, Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Surface roughness characteristics of blast-cleaned Steel substrates – Part 2: Method for the grading of surface profile of abrasive blast-cleaned steel –

- Comparator procedure.
- ISO 8503-3:1988, Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Surface roughness characteristics of blast-cleaned Steel substrates – Part 3: Method for the calibration of ISO surface profile comparator and for the determination of surface profile – Focusing microscope procedure.
- ISO 8503-4:1988, Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Surface roughness characteristics of blast-cleaned Steel substrates – Part 4: Method for the calibration of ISO surface profile comparators and for the determination of surface profile – Stylus instrument procedure.
- ISO 11124-1:1993, Preparation of steel substrates before application of pairs and related products – Specifications for metallic blast-cleaning abrasives – Part 1: General introduction and classification.
- ISO 11124-2:1993, Preparation of steel substrates before application of pairs and related products – Specifications for metallic blast-cleaning abrasives – Part 2: Chilled-iron grit.
- ISO 11124-3:1993, Preparation of steel substrates before application of pairs and related products – Specifications for metallic blast-cleaning abrasives – Part 3: High-carbon cast-steel shot and grit.
- ISO 11124-4:1993, Preparation of steel substrates before application of pairs and related products – Specifications for metallic blast-cleaning abrasives – Part 4: Low-carbon cast-steel shot.
- ISO 11126-1:1993, Preparation of steel substrates before application of pairs and related products – Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives – Part 1: General introduction and classification.
- ISO 11126-3:1993, Preparation of steel substrates before application of pairs and related products – Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives – Part 3: Copper refinery slag.
- ISO 11126-4:1993, Preparation of steel substrates before application of

pairs and related products – Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives – Part 4: Coal furnace slag.

- ISO 11126-5:1993, Preparation of steel substrates before application of pairs and related products – Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives – Part 5: Nickel refinery slag.
- ISO 11126-6:1993, Preparation of steel substrates before application of pairs and related products – Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives – Part 6: Iron furnace slag.
- ISO 11126-7:1995, Preparation of steel substrates before application of pairs and related products – Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives – Part 7: Fused aluminium oxide.
- ISO 11126-8:1993, Preparation of steel substrates before application of pairs and related products – Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives – Part 8: Olivine sand.
- ISO 12944-1:1998, Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structure by protective paint systems – Part 1: General introduction.
- ISO 12944-2:1998, Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structure by protective paint systems – Part 2: Classification of environments.
- ISO 12944-3:1998, Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structure by protective paint systems – Part 3: Design considerations.
- ISO 12944-4:1998, Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structure by protective paint systems – Part 4: Type of surface and surface preparation.
- ISO 12944-5:1998, Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structure by protective paint systems – Part 5: Protective paint systems.
- ISO 12944-6:1998, Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structure by protective paint systems – Part 6: Laboratory performance test methods.
- ISO 12944-7:1998, Paints and varnishes – Corrosion protection of steel

structure by protective paint systems – Part 7: Execution and supervision of paint work.

3. 定義

除 ISO 12944-1 提供的定義外，以下名詞和定義被用於ISO 12944 這部分。

3.1 元組件 (**constituent element**) :

為構件(3.10)的一部分，暴露在個別的環境之下，因此需要特定的防蝕塗裝系統。

註：例如，儲槽由一個以上的元組件所構成，像是內部，外部和支撐管架等。

3.2 乾膜厚度 (**dry film thickness,DFT**) :

塗層硬乾後保持在表面的塗膜厚度。

註：更詳細資訊可參照ISO 12944-5：1998第5.4條。

3.3 耐久性(**durability**) :

該塗裝系統施作後到其需要第一次維修的預期時間。

註：關於耐久性以及耐久性範圍的更多重要資訊，參照ISO 12944-1。

3.4 檢查員 (**inspector**) :

確保塗裝工作符合作業說明書 (3.8.1-3.8.4) 一項或多項要求的人員。

3.5 維修 (**maintenance**) :

於ISO 12944中所涵蓋確保鋼結構防蝕功能持續有效的所有措施。

註：維修包含了塗裝但不是只局限於塗裝，該種塗裝可以是修補油漆(修補退化的局部或是區域的塗裝系統)，修補油漆以覆蓋塗裝於該構件的方式或是整個重新上漆。

3.6 額定乾膜厚度 (nominal dry film thickness, NDFT) :

指技術要求中為獲得要求的耐久性而規定的每道塗層乾膜厚度或是整個塗層體系的總乾膜厚度

註：更詳細資訊可參照ISO 12944-5：1998第5.4 條。

3.7 企劃 (project) :

為開發說明書(3.8)的工作，該企劃可能包括一個或是更多的構件。

3.8 說明書 (Specification) :

技術性的文件描述了當一個鋼構件將藉由防蝕塗裝系統來進行防蝕保護的工作時所需要考量的地方，該文件由一些個別的說明書來組成：如企劃說明書、防蝕塗裝系統說明書、塗裝作業說明書、檢驗和評估說明書，將定義在3.8.1到3.8.4中。

3.8.1 企劃說明書 (project specification) :

描述該企劃以及與其個別相關需求的規格書。

註：專案企劃說明書的制訂者可以是業主或總承包商。

3.8.2 防蝕塗裝系統說明書 (protective paint system specification) :

根據專案企劃說明書 (3.8.1) 的要求，描述結構的表面處理和防蝕塗裝系統的技術規格書。

註：防蝕塗裝系統技術說明書的制訂者可以是塗料製造商。

3.8.3 塗裝作業說明書 (paint work specification) :

根據專案企劃說明書 (3.8.1)、防蝕塗裝系統說明書 (3.8.2) 和檢驗和評估說明書 (3.8.4) 的要求，描述塗裝工作執行方法的技術規格書。

註：塗裝作業說明書的制訂者可以是塗裝施工承包商。

3.8.4 檢驗和評估說明書 (inspection and assessment specification) :

描述如何進行檢查和評估的技術規格書。

3.9 制訂者 (specifier) :

制訂一個技術作業說明書的責任人。

3.10 構件 (structure) :

在一個既定企劃 (3.7) 中由一個或多個結構元組件 (3.1) 組成的鋼結構建築 (例如橋梁、工廠建築、儲槽或海上建築)。

4. 如何為新建或維護工程制訂作業說明書

建議制訂者考慮第5節提供的資訊，設定作業說明書應用的需防護的專案或元組件。然後，制訂者應逐一檢查在作業說明書中應考慮的項目。這些項目在附錄中，表1到4的備註欄中有詳細的解說。

當編寫一個新建或維護專案的防蝕作業說明書時，最重要的是選擇最合適的防蝕塗裝系統，與此相關的所有因素都應被考慮，例如：

- 需要的耐久性；
- 環境條件和特殊腐蝕因子；
- 表面處理；
- 塗料的不同類型；
- 塗層道數和塗料型號 (底漆、中塗漆、面漆)；
- 施工方式和施工要求；
- 施工場所 (工廠或現場)；
- 鷹架的需求；
- 關於 (將來) 維修保養的要求；
- 建康和安全要求；
- 環境保護要求。

這些因素在ISO 12944第1部分至第7部分中有詳細描述。在ISO 12944-8 這部分中，則提供對於說明書撰寫者重要的資訊。

當要對一個構件或是元組件的維修進行作業說明書草擬時，必須作出決定是否全部更新塗層還是部分去除舊塗層。

如果決定全部更新，作業說明書應按新建防蝕的要求進行制訂，例如利用附錄G的表格。

於草擬企劃說明書的早期階段時，撰寫者必須做關於必要的計畫參數的最終決定，如採用高張力螺栓的止滑連接方式，中空區域的內部表面以及其他隱藏的鋼材表面(見ISO 12944-3內設計上的細節)。

另外，如不用上漆的項目應於說明書上指明。

防蝕塗裝系統的選擇應基於實際的經驗以及實驗室效能測試的結果來決定，尤其當新的塗裝技術涉入時。該防蝕塗裝系統應與現存於表面上的油漆做相容性的測試。撰寫者應更進一步地考量有關於環境保護，健康和安全，以及廠內或工地現場工作條件的規定和需求。由於各式各樣有關於工作上健康安全，汙染控制等重要的國家規定，因此不太可能將其規定全部詳細地涵蓋於說明書中。但是，該說明書應注意的是要能符合當地的，區域的，國家的以及國際的法規和規定。

5. 作業說明書的內容

列於表1到4以下標題的項目為最好能涵蓋於說明書中：

- 企劃說明書的內容 (表 1)；
- 防蝕塗裝系統說明書的內容 (表 2)；
- 塗裝作業說明書的內容 (表 3)；
- 檢驗和評估說明書的內容 (表 4)。

註：對於小的結構或沒有特別防護要求的結構，只有該項目需要列入考量。

附錄F提供了一個基於表1的說明書範例。

註：每一個表都包含了足夠以確保撰寫者在撰寫任何一個關於上面的主題的說明書時所需要的資訊，不用再去參照其他的表，此將導致有

些措辭將於各個表單中不斷重複。例如，在1.1，2.1，3.1，以及4.1中的項目”企劃名稱”，”業主名稱”，以及”撰寫者名字”會不斷重複。實際上，在一個完成的說明書中這些資訊應該只需要提供一次就好。

表 1、作業說明書的內容

編號	主項目/子項目	備註
1.1	一般資訊	
1.1.1	工程名稱	
1.1.2	業主名稱	
1.1.3	結構位置	
1.1.4	撰寫者的名稱	單位或個人
1.1.5	構件所在當地的環境條件	見附錄 E 以及 ISO 12944-2
1.1.6	參照的規範、標準和法規	
1.2	工程項目類型	企劃、構件和元組件的定義，見第 3 節。
1.2.1	沒有保護的新建工程	
1.2.2	噴砂清潔且上漆的新建工程	
1.2.3	修邊補漆以及最終的塗裝作業	
1.2.4	維修	見附錄 H，I，J 和 K。
1.2.5	新建工程和維修作業的合併	
1.2.6	不需要上漆的項目	
1.3	構件和元組件的種類	每一個工程最好根據腐蝕因子而分開且將其設計上的需求列入考量並描述之。
1.3.1	設計	見 ISO 12944-3
1.3.2	組裝方式	例如，銲接、螺栓等。
1.3.3	連接方式	見 ISO 12944-3 和 ISO 12944-5
1.3.4	異金屬接合處	見 ISO 12944-3
1.3.5	人行通路，如人孔	見 ISO 12944-3
1.3.6	中空元件和箱型成員	見 ISO 12944-3
1.4	每個元組件的描述	每個構件應以與其各元組件之腐蝕

		因子相關的防蝕塗裝系統來加以分開。
1.4.1	底材	見 ISO 12944-4，包含了金屬塗料的底材，如鋅粉。
1.4.2	現存的油漆系統和其狀況	見附錄 K 和 ISO 12944-5
1.4.3	面積 (m ²)	
1.5	各個元組件之環境的描述	於 ISO 12944-2 中有提供描述，也見附錄 E。
1.5.1	大氣環境條件	見附錄 E，E.1.1。
1.5.2	特殊情況	見附錄 E，E.4.1。
1.5.3	特殊因子	見附錄 E，E.4.2 (包含其暴露於強烈紫外線照射下的效應)。
1.6	耐久性	
1.6.1	耐久性範圍	見 ISO 12944-1
1.7	防蝕塗裝系統 – 關於表面和表面處理的特別限制	表面種類，表面處理的級數，表面粗度以及表面處理的方式之細節皆可以於 ISO 12944-4 內找到，於說明書中，所需的表面處理級數應提供於每一個所採用的防蝕塗裝系統內。
1.7.1	針對新建或維修的表面和表面處理級數之種類	表面處理級數之外，該說明書應提供所需的表面處理作業的細節，見附錄 G 和 H 以及表 3。
1.7.2	表面處理的方式	見 ISO 12944-4
1.8	防蝕塗裝系統 – 關於油漆材料的特別限制	
1.8.1	針對新建、修補，以及維修作業的防蝕塗裝系統	見 ISO 12944-5、ISO 12944-7 和附錄 G，H 以及表 2。

1.8.2	塗裝和油漆作業的特別限制	例如：與現存表面油漆的相容性，銳邊的防蝕（見 ISO 12944-5 和 ISO 12944-7），防滑塗裝或是改採用無氣噴塗而不採用傳統式的設備。
1.8.3	健康、安全和環境保護的特殊規定	例如：低等級的有害物質，針對該有害物質污染的保護措施，廢棄物的處理。
1.9	防蝕塗裝系統 – 關於塗裝作業的特別限制	
1.9.1	塗裝作業的地點：廠內或是工地現場	見 ISO 12944-7
1.9.2	塗裝作業的條件	例如：時程表和氣候狀況（運作時將被列入考量）。見 ISO 12944-7
1.9.3	新建，修補和維修作業的防蝕塗裝系統的施工方式	見 ISO 12944-7，任何特定的法規皆應提供。特殊的施工方式應詳細的描述出來。
1.9.4	塗裝作業的限制	例如：與現存表面油漆的相容性，銲接處的遮蓋保護（見 ISO 12944-7），銳邊的防蝕保護（見 ISO 12944-5 和 ISO 12944-7）。
1.9.5	特殊的規定，尤其是： 健康和安全 環境保護	例如：低等級的有害物質，針對該有害物質污染的保護措施，廢棄物的處理。
1.10	防蝕塗裝系統的特性（除了防蝕功能之外）	
1.10.1	顏色	顏色應盡可能的基於顏色設計，如孟塞爾表色法，RAL 840 HR、NF X 08-002、BS 4800、NS 4054、UNE 48103、JPMA 標準油漆顏色或是

		NCS 等。符合相關的國家標準，塗裝系統內的每一道漆其顏色應彼此不相同，倒數第二道漆的顏色通常應為可以被面漆顏色完全遮蓋住的顏色。
1.10.2	面漆顏色的穩定性	見本表第 1.5.3 項。
1.11	品質控管	
1.11.1	品質控制，品質確保和記錄。	
1.12	檢驗和評估	見表 4。
1.12.1	內部單位檢驗	
1.12.2	外部單位檢驗 (如，獨立單位)	
1.12.3	外部檢驗單位以及檢驗師群的名字	該單位以及檢驗師群應由撰寫者指名。
1.12.4	檢驗方法	撰寫者應指示方式和所需儀器的種類，如果可能的話，採用國際標準。撰寫者應指示記錄和報告的程序。
1.12.5	檢驗步驟	檢驗的步驟如果有的話，應詳盡描述。
1.13	參考區域	
1.13.1	記錄	撰寫者通常應說明該企劃中的每一個構件的元組件所提供的參考區域，如果沒有說明，任何相關的單位可以要求參考區域的準備(將被同意的條件)。參考區域通常應在各相關單位的出席下被準備，如，業主，油漆製造商，承包商和主承攬商等。見 ISO 12944-7 以及附錄 B。
1.13.2	記錄的責任	
1.13.3	參考區域的數量和地點	
1.13.4	參考區域的大小	
1.13.5	參考區域的標示	

1.14	健康和 safety；環境保護	
1.14.1	合適的規定	於現場的規定應被觀察，假如適合的話，該規定應由撰寫者描述之，見 ISO 12944-7。
1.15	特殊的法規	
1.15.1	處理來自說明書上的差距，檢驗和評估上的限制之程序	應由撰寫者說明之。
1.15.2	於塗裝作業監督和執行上的相關特殊要素	應由撰寫者說明之。
1.15.3	任何進一步的法規	關於運輸，裝卸貨以及儲存等的法規應指示說明之。
1.16	會議	
1.16.1	投標前會議和開工前會議	投標前會議和開工前會議的細節應盡可能的說明，開工前會議的目的在釐清任何相關塗裝作業（見附錄 C 和 D）所剩下之疑問，以及之前上塗油漆的表面可否接受。
1.17	文件作業	撰寫者應適當說明所需的文件種類。
1.17.1	表面處理和防蝕塗裝系統的文件由以下資訊所組成。 - 塗裝作業 - 限制，見本表第 1.7 項到第 1.9 項 - 特性，見本表第 1.10 項 - 檢驗和評估 - 參考區域 - 其他項目	

表 2、防蝕塗裝系統作業說明書內容

編號	主項目/子項目	備註
2.1	一般資訊	
2.1.1	工程名稱	
2.1.2	業主名稱	
2.1.3	撰寫者名稱	單位或個人
2.2	鋼材的修飾	
2.2.1	銳邊	見 ISO 12944-3
2.2.2	鋼材表面的缺陷	
2.2.3	不規則狀銲道	見 ISO 12944-3
2.2.4	於工地現場燒銲的銲接區域	見 ISO 12944-3 和 ISO 12944-7
2.3	表面處理	
2.3.1	表面處理級數，包括存留油漆的處理。	見 ISO 12944-4。關於清潔，去油漬和髒汙的進一步細節，以及應提供任何現存油漆的狀況。
2.3.2	表面粗度	見 ISO 8503-1 到 ISO 8503-4
2.3.3	於工地現場燒銲的銲接區域	見 ISO 12944-3 和 ISO 12944-7
2.4	防蝕塗裝系統	
2.4.1	依據附錄 G 和 H 的防蝕塗裝系統之描述	見附錄 A 和 ISO 12944-5 ISO 12944-6 和 ISO 12944-7。
2.4.2	銳邊的防蝕	
2.4.3	塗裝間隔	須說明關於塗裝件格的規定，見製造商的技術資料文件和施工指導。
2.4.4	塗裝材料的技術資料文件和安全資料文件	這些資料文件要由油漆製造商提供和準備。
2.4.5	測試效能結果	依據 ISO 12944-6 的實驗室測試結果以及其他合適性的測試應予提供。

2.5	油漆製造商	
2.5.1	油漆製造商的資格	過程應盡可能的說明。
2.5.2	油漆製造商的列表	應提出認可的塗裝材料供應商名單，如果要選用其他供應商的產品，通常應說明選擇程序。
2.6	塗裝材料的品質控制和品質確保	見表 4。
2.6.1	檢驗，檢驗的品質和確認	
2.6.2	內部單位的檢驗	
2.6.3	外部單位的檢驗 (如，獨立的單位)	
2.6.4	檢驗師的名單	
2.6.5	檢驗的方式	應說明製造商在執行檢驗的方式。
2.6.6	檢驗步驟	應說明檢驗步驟的細節。
2.6.7	保證書的符合	符合保證書的塗裝材料之法規應說明之。
2.6.8	參考區域	見表 1，第 1.13 項。
2.6.8.1	記錄	
2.6.8.2	記錄的責任	
2.6.8.3	參考區域的數量和地點	
2.6.8.4	參考區域的大小	
2.6.8.5	參考區域的標示	

表 3 、 塗裝作業說明書的內容

編號	主項目/子項目	備註
3.1	一般資訊	
3.1.1	工程名稱	
3.1.2	業主名稱	
3.1.3	撰寫者名稱	單位或個人
3.2	塗裝承包商/施工者	
3.2.1	塗裝承包商/施工者列表	應提供有資格證明的塗裝承包商/施工者的列表，假設有其他的公司要進行這項工作，通常應說明選擇公司的程序。
3.2.2	塗裝承包商/施工者的資格證明	相關規定應說明之。
3.2.3	個人的資格證明	個人方面可能為，例如內檢、監工、工人等，見 ISO 12944-7:1998，第 3.1 款。
3.3	新建和維修作業的計畫	
3.3.1	計畫的步驟	見附錄 C 和 D。
3.4	新建和維修作業的執行	
3.4.1	塗裝承包商/施工者的任務和塗裝作業的程序	個別的任務和程序應說明之（包括搭鷹架、照明、機具和設備的使用，健康安全和環境的保護等。）見 ISO 12944-3 、 ISO 12944-4 和 ISO 12944-7。
3.4.2	環境可容忍的廢棄物	根據國家和地區的法規。
3.5	品質控制和確保	見表 4。
3.5.1	檢驗，檢驗的品質和確認	
3.5.2	內部單位的檢驗	

3.5.3	外部單位的檢驗 (如，獨立的單位)	
3.5.4	檢驗師的名單	
3.5.5	檢驗的方式	檢驗的方式應說明之。
3.5.6	檢驗的步驟	檢驗步驟的細節應說明之。
3.5.7	參考區域	見表 1，第 1.13 項。
3.5.7.1	記錄	
3.5.7.2	記錄的責任	
3.5.7.3	參考區域的數量和地點	
3.5.7.4	參考區域的大小	
3.5.7.5	參考區域的標示	

表 4、檢驗和評估說明書的內容

編號	主項目/子項目	備註
4.1	一般資訊	
4.1.1	工程名稱	
4.1.2	業主名稱	
4.1.3	撰寫者名稱	單位或個人
4.2	檢驗師	
4.2.1	檢驗師和檢驗單位的名單	檢查者名稱與地址列表，例如第三方及客戶檢查者。他們的任務和職責也應列出。這個名單應該僅只限於一個。
4.2.2	檢驗的方式	見表 1，第 1.12.4 項。
4.2.3	處理與說明書上有差距的程序	見表 1，第 1.15.1 和 1.15.2 項。
4.3	品質控制和品質確保	
4.3.1	檢驗師的資格證明	檢驗師的資格證明應符合適用的國家法規，國際標準以及其他文件證明皆應列入考量。
4.3.2	檢驗，檢驗的品質和檢驗結果的記錄	見本表第 4.3.7 和 4.3.8 項。
4.3.3	內部單位的檢驗	
4.3.4	外部單位的檢驗（如，獨立單位）	
4.3.5	品質確保和檢驗計畫	檢驗計畫應說明檢驗的任務和檢驗工作的範圍。
4.3.6	檢驗步驟	檢驗步驟的細節應說明之。
4.3.7	參考區域和保持參考區域的記錄之責任	見表 1，第 1.13，附錄 B 和本表第 4.3.2 以及 4.3.8 項。
4.3.8	有關品質控制和品質確保記錄的規定	關於表面處理作業、塗裝材料使用的一般資訊、塗裝材料的施工、施工時

		的環境條件以及測量的結果之品質控制和品質確保的紀錄通常應管制。應指派個人保存各部分作業的該類紀錄，見附錄 I，J 和 K。
4.3.9	記錄的分配	該記錄的傳送者和接收者應確定之。

附錄A（參考件）

新建及維修的防蝕塗裝系統作業說明書之基本資訊

工程項目

工程項目名稱

工程項目業主

工程項目位置

制訂者名稱

元組件：

腐蝕分類：

防蝕塗裝系統：

ISO 12944 5 塗裝系統編號（如果有需要）：

耐久性需求：

工廠施工

表面預處理 如果使用預處理底漆

預塗底漆（如有）：

表面處理：

底漆（類型及額定乾膜厚度）

第一道^a um

第二道^a um

邊緣保護

條紋塗層，如有： um

中塗漆（類型及額定乾膜厚度）

第一道 ^a	um
第二道 ^a	um
第三道 ^a	um

面漆（類型及額定乾膜厚度）

第一道 ^a	um
第二道 ^a	um
第三道 ^a	um

額定總乾膜厚度

註：a 根據需要取消或強調

現場施工

表面處理：

底漆（類型及額定乾膜厚度）

第一道 ^a	實乾/表乾
	um
第二道 ^a	實乾/表乾
	um

中塗漆（類型及額定乾膜厚度）

第一道^a 實乾/表乾

	um
第二道 ^a	實乾/表乾
	um
第三道 ^a	實乾/表乾
	um

面漆（類型及額定乾膜厚度）

第一道 ^a	實乾/表乾
	um
第二道 ^a	實乾/表乾
	um
第三道 ^a	實乾/表乾
	um
額定總幹膜厚度	um

顏色（符合表1 第1.10.1 條要求）

註：a 根據需要取消或強調

附錄B（參考件）

參考區域

參考區域是指結構上可用於以下目的的合適區域：

- 為防蝕工程建立一個最低可接受的標準；
- 檢查製造商或承包商提供的資料是正確的；
- 使能夠在完成後的任何時候檢查塗層的性能。

因此，參考區域成了檢驗表面處理和塗裝工作的標準。它們也是判定所設計的塗裝系統的性能是否達到預期要求的一種方法。

參考區域應該在結構的每個重要組元上準備，應由塗裝承包商處理表面和塗裝設計指定的塗層，並應由（作業說明書）制訂者認可檢查者、塗料製造商和業主、或其他指定的人員監督下完成。表面處理和塗裝施工的每一步驟都應經確認符合作業說明書要求後才能進行下一步驟。

當結構正常運行時，不同部位的腐蝕環境可能是不同的。因此，參考區域的位置選擇應考量這個因素。例如：選擇在既有潛在最嚴酷情況出現，又有溫和環境出現的位置。參考區域通常應包括焊接或其他連接部位、邊緣、拐角以及其他被認為可以代表高腐蝕性風險的區域。

參考區域應由承包商/施工者清楚和永久地標記。詳細記錄應該保存並確保不會被損壞。例如，採用漆字方式。更多資訊可參照ISO 12944-7。

所建議之參考區域用的報告

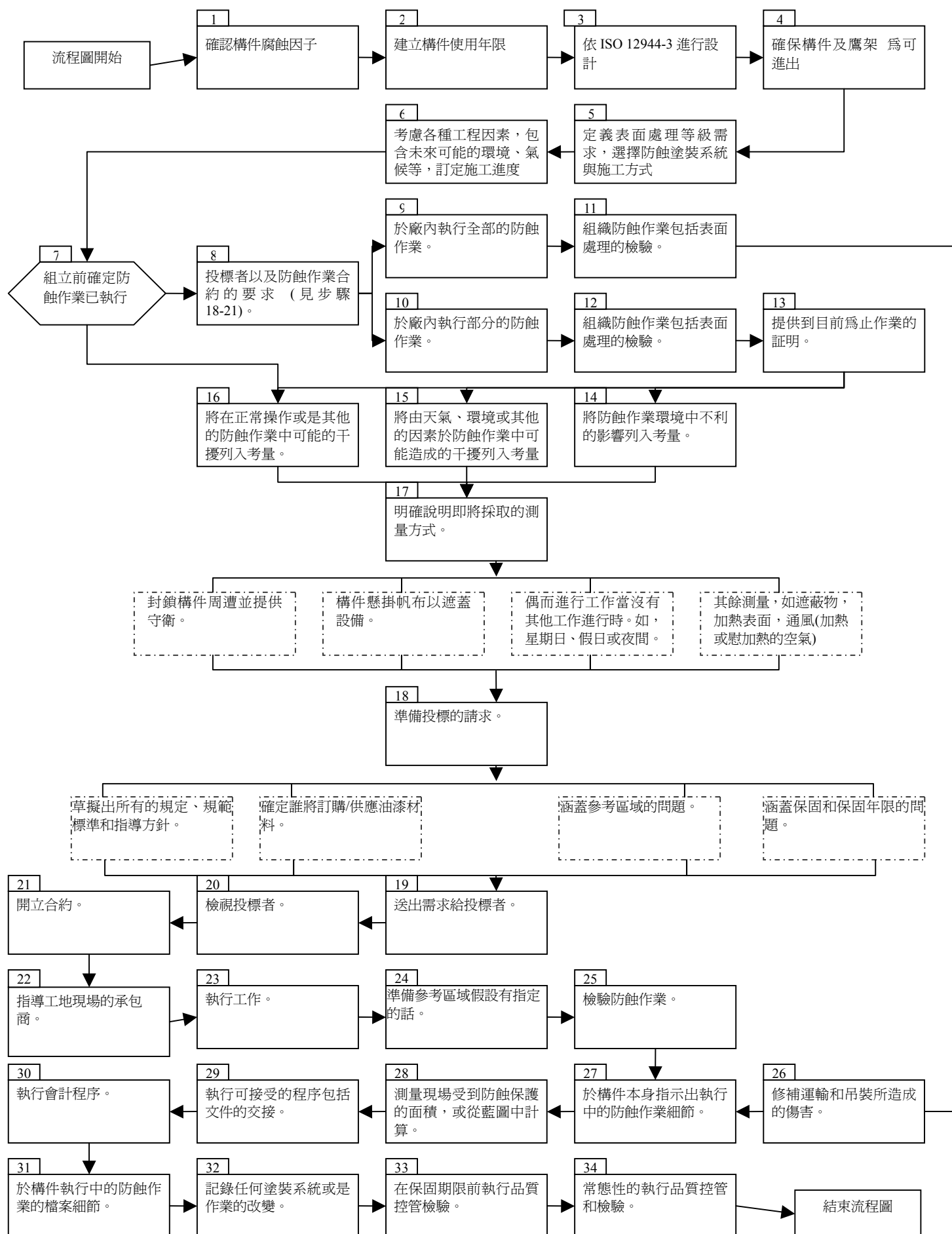
防蝕塗裝作業參考區域報告		
業主：		
撰寫者：		
企劃：		
元組件：		
	公司	負責人
表面處理		
塗裝作業		
塗裝材料供應商		
參考區域 ⁽¹⁾ ：		面積 m ²
地點和標示：		
表面的原始狀況： 未上塗的表面 (依據 ISO 8501-1 的資訊) 銹蝕等級 ☐ A ☐ B ☐ C ☐ D 補充資訊： 鋅粉塗裝鋼材表面： ☐ 熱浸鍍鋅 ☐ 熱熔射 ☐ 電鍍鋅板 鋅腐蝕 (如，鋅白) ☐ YES ☐ NO 補充資訊： 已上塗的表面 油漆的種類 (包括厚度和年紀，如果知道的話)： 依據 ISO 4628-3 的銹蝕等級： 依據 ISO 4628-2 的起泡等級： 依據 ISO 4628-4 的裂縫等級：		

依據 ISO 4628-5 剝離等級： 補充資訊：						
表面處理： 表面處理級數 (ISO 8501-1/ISO 8501-2) ☐ Sa 1 ☐ Sa 2 ☐ Sa 2$\frac{1}{2}$ ☐ Sa 3 ☐ PSa 2 ☐ PSa 2$\frac{1}{2}$ ☐ PSa 3 ☐ St 2 ☐ St 3 ☐ PSt 2 ☐ PSt 3 ☐ PMa ☐ Fl 其餘相關處理方式所達到的級數的資訊 ⁽²⁾ ：						
備註：						
(1) 每一個參考區域皆填入一個新的表單 (2) 例如當採用手工工具和電動工具時，處理級數為 St 2 和 St 3。						
	1	2	3	4	5	6
	預塗底漆	底漆	(3)	(3)	(3)	面漆
塗裝材料						
製造商						
品牌						
批號和產品編號						
顏色 ⁽⁴⁾						
施工方式 ⁽⁵⁾						
氣溫，°C						
相對濕度，%						
表面溫度，°C						
露點溫度，°C						
天氣狀況 (簡單描述)						
塗裝材料的調薄劑 (種類和數量)						
平均膜厚，um ⁽⁶⁾						
濕膜						

使用儀器						
乾膜 使用儀器						
其他量測方式，如果指定的 話 ⁽⁶⁾						
日期 時間						
塗裝作業地點 ⁽⁷⁾						
公司名稱 負責人簽名						
(3) 可能有進一步的操作。如，下一道漆的施工，銳邊的保護。 (4) 見表 1 第 1.10 項。 (5) 見 ISO 12944-7：1998，第 5.3 款。 (6) 列出各點的測量結果於個別的表單上。 (7) 如，鋼鐵廠，廠內或是工地現場。						

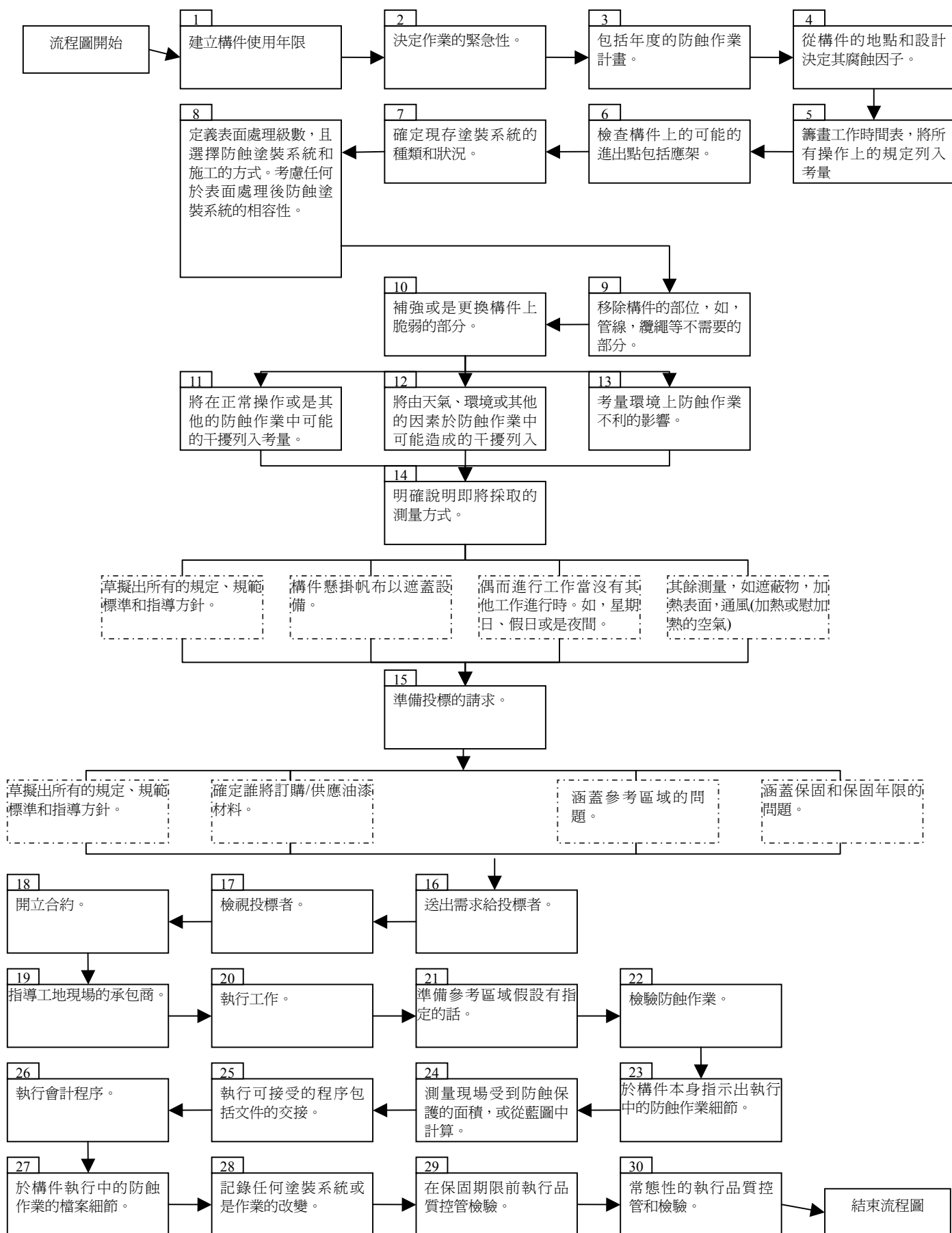
附錄 C (參考用)

新建工程計畫流程圖



附錄 D (參考用)

維修作業計畫流程圖



附錄 E (參考用)

環境類別 – 檢查表(由 ISO 12944-2 所衍生而來)

E.1 環境類別和相關的大氣種類

E.1.1 大氣腐蝕度類別

C1	非常低
C2	低
C3	中
C4	高
C5-I	非常高 (工業)
C5-M	非常高 (海洋)

E.1.2 大氣種類

農村
都市
工業
海洋

E.2 水和土壤的類別

lm1	淡水
lm2	海水或是鹽水
lm3	土壤

E.3 氣候狀況

極度寒冷
寒冷

溫寒

溫帶

乾燥且溫暖

適度乾燥且溫暖

極度乾燥且溫暖

溫暖且潮濕

穩定的溫暖和潮濕

E.4 特殊案例

E.4.1 特殊情況

建築物室內的腐蝕

廂型和中空元件的腐蝕

E.4.2 特殊因子

化學因子

機械因子

沉澱引起的腐蝕因子

中或高溫引起的腐蝕因子

各種腐蝕因子的結合引起腐蝕的增加

細節請詳見 ISO 12944-2。

附錄F（參考件）

簡易專案作業說明書範例（以表 1 為基礎）

編號	主項目/分項目	備註
1.1	總體資訊	
1.1.1	Tjorn 大橋	
1.1.2	瑞典國家道路管理部門	
1.1.3	瑞典西海岸	
1.1.4	Bjorn Christensson	
1.1.5	C4 高	ISO 12944-2
1.1.6	ISO 12944-1 到 ISO 12944-8	
1.2	項目類型 吊橋，主跨度 366m	
1.2.1	不需要	
1.2.2	新建、噴砂清理和塗裝	在工廠進行表面處理、施工底漆和中塗漆
1.2.3	修補和塗裝面漆	現場安裝後進行
1.2.4	不相關	
1.2.5	不相關	
1.2.6	不相關	
1.3	結構類型及組元 專案包括如下結構及組元：低合金鋼結構、鋼纜、樓梯、梯子	
1.3.1	根據 ISO 12944-3 進行設計的結構	
1.3.2	主要鋼結構採用焊接組裝，僅輔件用螺栓連接	
1.3.3	由螺栓連接鋼構件經表面預處理後僅塗底漆和中塗漆 螺栓連接的縫隙在組裝後需要特殊的塗層材料仔細封閉	額定幹膜厚度 190 μm-250μm
1.3.4	應當避免會造成電偶腐蝕的連接	見 ISO 12944-3
1.3.5	能夠通過人孔進入的盒狀構件的內表面在表面處理後只塗底漆和中塗漆	見 ISO 12944-3
1.3.6	不能通過人孔進入的盒狀構件及中空元件應進行密封並進行氣密性試驗	見 ISO 12944-3
1.4	各個組元（組成部件）的描述	
1.4.1	底材是鋼和熱浸鍍鋅鋼	
1.4.2	不相關	
1.4.3	不相關	
1.5	各個組元所處環境的描述	見 ISO 12944-2
1.5.1	鋼結構和纜繩暴露於相當於 C4 級腐蝕環境	

1.5.2	不易通過人口進入的盒狀構件內表面暴露於相當於 C2 級腐蝕環境	
1.5.3	外表面處於強紫外線照射下	
1.6	耐久性要求	
1.6.1	該專案要求的耐久性範圍為大於 15 年（高耐久性）	參見 ISO 12944-1
1.7	防護漆體系—關於表面類型及表面處理的要求	
1.7.1	鋼材表面：達到 ISO 8501-1 中 Sa2.5 級和 ISO 8503-2“中（G）”要求。 熱浸鍍鋅鋼纜：機械或化學清理，由於纜繩腐蝕性防護特別重要，需要特殊的腐蝕防護處理，另外列在附錄中。 熱浸鍍鋅鋼表面：通過掃射清理達到 ISO 8503-2 的達表面粗糙度“良（G）”等級。	
1.7.2	鋼材表面採用噴射清理、鍍鋅鋼表面採用掃射清理。 熱浸鍍鋅鋼索採用附錄中的機械及化學清理。	參見 ISO 12944 4
1.8	防護性塗層體系—關於塗裝材料的要求	
1.8.1	鋼件上：底漆使用環氧富鋅塗料，中塗漆用含氧化鐵顏料的環氧塗料。 熱浸鍍鋅鋼件：底漆採用含氧化鐵顏料的環氧塗料。 鋼纜上：面漆應採用聚氨酯，由於纜繩腐蝕性防護特別重要，需要特殊的腐蝕防護處理，另外列在附錄中。	
1.8.2	環氧塗料應採用無空氣噴塗設備施工。 聚氨酯應該採用手工施工（輥刷），不允許採用噴塗。	
1.9	防護性塗層體系—關於塗裝工作的要求	
1.9.1	承包方應當在在廠塗裝底漆和中塗漆，在現場塗裝面漆	參見 ISO 12944-7
1.9.2	現場要進行焊接的部位也應被預先保護，即使在良好的天氣條件下	參見 ISO 12944-7
1.9.3	施工方法。 邊緣部位應先條塗（注：用刷子先刷一條），距離邊緣各邊最少 2cm。	
1.9.4	不相關	
1.9.5	承包方應確保腳手架的搭建符合健康和安全管理規定，並選用規定的塗料。本地關於環境方面的法規應該遵守。	

1.10	防護漆體系的性能（防腐蝕性能以外的）	
1.10.1	顏色 每道塗層（包括條塗層）需具有不同的顏色。 面漆顏色為 NCS1080—Y80R	與面漆相鄰的最後一道 中塗漆的顏色會被面漆 遮蓋住
1.10.2	在保證期限末期，面漆的顏色應當保持為 NCS 1080- Y80R	
1.11	品質管制	
1.11.1	根據 BSK 及 ISO 9002 進行的品質保證 （BSK＝瑞士鋼結構法規）	
a 完整的規格書應當包括其附錄中特殊方法的詳細資訊。		
1.12	檢查與評估	
1.12.1	承包商須根據 BSK 法規進行檢查	
1.12.2	外部檢查應當根據外部機構的檢查計畫進行 檢查	
1.12.3	外部檢查機構及人員名稱應隨後給出（在現 場）	
1.12.4	應當根據ISO 8501-1ISO 8503-2 和 SS184160a 進行檢查	
1.12.5	品質控制步驟應當根據檢查計畫進行	
1.13	基準面（塗裝樣板區） 該工程項中目不採用	
1.14	健康、安全和環境保護	
1.14.1	承包商應當遵守瑞士健康安全法規，注意溶 劑及環氧和聚氨酯產品的使用。承包商應當 執行本地關於噴砂清理磨料，粉塵溶劑污染 處理的環保法規	
1.15	特殊要求	
1.15.1	如與技術規格書有偏差、承包商應提交所涉 及 的檢查計畫和標準給其客戶	
1.15.2	不相關	
1.15.3	不相關	
1.16	會議	
1.16.1	承包方應參加招投標會議及開工會議以解決 關於塗裝工作的問題	關於會議的更多細節由 瑞典國家道路管理部門 提出
1.17	文件	
1.17.1	檔需要滿足瑞士國家橋樑管理法規的要求	
a 瑞士標準 SS 184160：1992，色漆和清漆—金屬基材表面幹膜厚度的測定—磁通量及渦流 方法		

附錄 G (參考用)

建議塗裝系統作業說明書 – 新建工程

(構件中的每個元組件皆須填入)

工程項目名稱：

業主名稱：

企劃：	防蝕塗裝系統：
地點：	ISO 12944-5 的塗裝系統編號：
元組件：	環境：
繪製編號/區域：	需求耐久度：
位置編號：	文件編號：

廠內施工 表面處理級數： 預塗底漆的種類： 油漆製造商： 面積：_____m²				
防蝕塗裝系統	指定乾膜膜厚 um	塗裝間隔		乾燥時間 (____°C, h)
		最小 h	最大 h	
第一道漆 _____				
第二道漆 _____				
第三道漆 _____				
第四道漆 _____				
總共：				
注意：關於修補損傷部位，參考下面的“現場施工”。				

廠內施工 表面處理級數： 修補： 完整： 油漆製造商： 面積：_____m²				
防蝕塗裝系統	指定乾膜膜厚 um	塗裝間隔		乾燥時間 (____°C, h)
		最小 h	最大 h	
第一道漆 _____				
第二道漆 _____				
完成				
第一道漆 _____				
第二道漆 _____				
第三道漆 _____				
第四道漆 _____				
總共：				

附錄 H (參考用)

建議塗裝系統作業說明書 – 維修工程

(構件中的每個元組件皆須填入)

工程項目名稱：

業主名稱：

企劃：	防蝕塗裝系統：
地點：	ISO 12944-5 的塗裝系統編號：
元組件：	環境：
繪製編號/區域：	需求耐久度：
位置編號：	文件編號：

修補： 表面處理級數： 油漆製造商：					面積：_____m ²
底材狀況 (見附錄 K，C 區)					
防蝕塗裝系統	指定乾膜膜厚 um	塗裝間隔		乾燥時間 (____°C, h)	
		最小 h	最大 h		
第一道漆 _____					
第二道漆 _____					
第三道漆 _____					
第四道漆 _____					
總共：					

現場施工 表面處理級數 修補： 完整： 油漆製造商：					面積：_____m ²
防蝕塗裝系統	指定乾膜膜厚 um	塗裝間隔		乾燥時間 (____°C, h)	
		最小 h	最小 h		
第一道漆 _____					
第二道漆 _____					
完成					
第一道漆 _____					
第二道漆 _____					
第三道漆 _____					
第四道漆 _____					
總共：					

附錄 I (參考用)

塗裝工作程序及施工條件報告建議格式

工程名稱：		繪製編號： 防蝕計畫編號：		檢驗者：		評論：	
地點：	元組件：	3	工程種類： 例：表面處理，底漆， 中途漆，面漆施做	2	時間：	1	日期：
4	5	6	溫度	7	8	9	10
施工方法：	一般天氣狀況：	空氣： ℃	構件/元組件： ℃	相對溼度： %	露點： ℃	(砂材名稱與料號)	噴砂砂材：
油漆批號：	11	12	顏色：	13	標記： (例：ISO 標準表面處理 等級、表面不平整)	14	簽名：
(施工單位) _____ (日期) _____ (簽名) _____ (簽名) _____ (簽名)							

附錄 J (參考用)

防蝕工程最終報告的建議格式

構件名稱：	工程編號：		繪製編號：		
	防蝕塗裝系統：				
	ISO 12944-5 防蝕塗裝編號(如有使用)：				
	第一道	第二道	第三道	第四道	第五道
塗裝承包商：					
新建工程 鋼鐵表面鏽蝕等級(ISO 8501-1) ☐ A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ 發現軋製缺陷 ☐ 銳邊毛邊已清除 ☐ 焊渣包含焊珠，皆未處理			維護 ☐ 鏽蝕等級 Ri (ISO 4628-3) ☐ 未知 ☐ 已清潔(註明細節)		
指定表面處理等級(ISO 8501-1 或 ISO 8501-2)：					
噴砂清潔 ☐ Sa 2 ☐ Sa 2 ^{1/2} ☐ Sa 3 ☐ PSa 2 ☐ PSa 2 ^{1/2} ☐ PSa 3 火焰清潔 ☐ Fl 手動或電動工具清潔 ☐ St 2 ☐ St 3 ☐ PSt 2 ☐ PSt 3 機械打磨 ☐ PMa					
指定表面粗度(ISO 8503-1)：					
比較器 G ☐ 良好 ☐ 中等 ☐ 粗糙 ☐ 比較器 S ☐ 良好 ☐ 中等 ☐ 粗糙 ☐					
	表面處理細節	塗裝施做細節			
		第一道漆	第二道漆	第三道漆	第四道漆
已達表面處理等級(ISO 8501-1, ISO 8501-2)					
已達表面粗度 (ISO 8503-2)					
砂材品牌 名稱/種類 (例：符合 ISO 11124 / ISO 11126 系列標準)					
砂材製造商					

日期						
氣溫℃						
相對溼度%						
露點℃						
表面溫度℃						
指定油漆與塗裝種類 產品編號						
顏色						
批號						
油漆製造商						
施工方法						
額定乾膜厚度 μm						
乾膜 厚度	最小值 μm					
	平均值 μm					
	最大值 μm					
是否遵照指定？			是 / 否	是 / 否	是 / 否	是 / 否

是否提供參考區域？ ☐ 是，報告編號_____ ☐ 否

處理日期：

注意事項：

(依需求可附加報告)

日期： 檢驗人：

施工單位： 簽名：

附錄 K (參考用)

現有防蝕塗裝系統(包含維修需求之評估)詳細檢驗報告建議格式

A	基本資料
A1	工程名稱：
A2	業主：
A3	工程/構件地點：
A4	訂單編號：
A5	油漆製造商：
A6	防蝕塗裝工程承包商：
A7	
A8	構件： 區域： m ²
A9	原組件： 區域： m ²
A10	繪製編號： 部位編號：
A11	環境條件(見附錄 E 與 ISO 12944-2)：
A12	防蝕塗裝系統耐力範圍(見 ISO 12944-1)：
	保固期間： (自： 迄：)

B	防蝕塗裝系統
B1	表面處理(見 ISO 12944-4)：
B2	表面粗度(粗度)(ISO 12944-4)：
B3	底材(如：鋼材，熱浸鍍鋅)：
B4	預塗底漆 / 批號：
B5	底漆 / 批號：
B6	中途漆 / 批號：
B7	面漆 / 批號：
B8	時間 / 施工結束：
B9	修補作業日期 / 描述：
	

B10	乾膜膜厚(DFT)(見 ISO 2808) : 測量日期 : 所使用測量儀器 :					
	單點 / 區域					
	DFT 最小值 μm DFT 平均值 μm DFT 最大值 μm					

C	防蝕塗裝系統評估					
	缺失	構件/原組件	退化等級	照片 / 檔案 圖樣編號	缺失原因 估算	需維修 (是/否)
C1	起泡等級 ISO 4628-2	名稱 : 地點 : 相關塗料 : ☐ 整體 ☐ 局部				
C2	鏽蝕等級(Ri) ISO 4628-3	名稱 : 地點 : 相關塗料 : ☐ 整體 ☐ 局部				
C3	斷裂等級 ISO 4628-4	名稱 : 地點 : 相關塗料 : ☐ 整體 ☐ 局部				
C4	翹皮等級 ISO 4628-5	名稱 : 地點 :				

		相關塗料： _____ _____ ☐ 整體 ☐ 局部				
--	--	--	--	--	--	--

D	維修	
D1	性質： (a) 構件 (b) 原組件 (c) 位置	
D2	原因估算 (勾選適當選項)	☐ (a) 一般損傷與撕裂 ☐ (b) 不適當的防蝕塗裝系統 ☐ (c) 施工錯誤
D3	建議處理方式 (勾選適當選項)	☐ (a) 下次檢驗前毋須塗裝維修(標明年數) ☐ (b) 下次檢驗前需經塗裝維修(標明年數) ☐ (c) 一年內需塗裝維修 ☐ (d) 急需進行塗裝維修(小於四個月)
D4	注意事項：	