

港灣報導



季刊 第87期

要 目

- ❖ 臺灣大氣腐蝕環境分類與港灣構造物防蝕策略探討
- ❖ 台灣主要商港海嘯預報系統的驗證-以基隆港為例
- ❖ 淺談港灣功能多元化-以安平漁港瀨陽艦展示為例
- ❖ 港灣地區多元災情通報系統之研究
- ❖ 港灣水體美質評估技術探討

中 華 民 國 99 年 10 月 出 版

港灣報導季刊

第 87 期

交通部運輸研究所

中華民國 99 年 10 月

港 灣 報 導 第 87 期

刊期頻率：季刊

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.iot.gov.tw

電 話：(02)23496789

總 編 輯：林志明

編輯委員：邱永芳、朱金元、林昭坤、何良勝、簡仲璟、
蘇青和、單誠基、馬維倫

出版年月：每年2、6、10月

創刊年月：中華民國77年2月1日

定 價：100 元

本次出刊：300冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

印 刷 者：承亞興企業有限公司

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

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

五南文化廣場：40042臺中市中山路6號•電話：(04)22260330

GPN：2007700020 ISSN：1019-2603

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分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

目 錄

一、臺灣大氣腐蝕環境分類與港灣構造物防蝕策略探討…… 1

羅俊雄 工業技術研究院材料與化工研究所
劉益雄 工業技術研究院材料與化工研究所
陳桂清 交通部運輸研究所港灣技術研究中心
柯正龍 交通部運輸研究所港灣技術研究中心

二、台灣主要商港海嘯預報系統的驗證-以基隆港為例……21

陳冠宇 中山大學海下科技暨應用海洋物理研究所 助理教授
劉俊志 中山大學海下科技暨應用海洋物理研究所 研究助理

三、淺談港灣功能多元化-以安平漁港德陽艦展示為例……27

陳尚平 綠野國際建築師事務所前副所長
陳炳祺 浩海工程顧問股份有限公司顧問
陳昌生 浩海工程顧問股份有限公司副總經理
謝 豪 浩海工程顧問股份有限公司計畫經理
林東廷 浩海工程顧問股份有限公司前工程師

四、港灣地區多元災情通報系統之研究 …………… 42

黃敏郎 國立成功大學防災研究中心 組長
曾文傑 交通部運輸研究所港灣技術研究中心 助理研究員
林文釵 國立成功大學防災研究中心 研究助理
謝明志 交通部運輸研究所港灣技術研究中心 科長
紀雲曜 長榮大學土地管理與開發學系 副教授

五、港灣水體美質評估技術探討……………48

李麗雪 中華大學景觀建築系副教授

臺灣大氣腐蝕環境分類與港灣構造物防蝕策略探討

羅俊雄 工業技術研究院材料與化工研究所
劉益雄 工業技術研究院材料與化工研究所
陳桂清 交通部運輸研究所港灣技術研究中心
柯正龍 交通部運輸研究所港灣技術研究中心

摘要

臺灣為一海島，地處熱帶/亞熱帶，高溫、高溼與高鹽份的存在，造成金屬在大氣中容易腐蝕劣化，且工業發展的結果，伴隨產生的是工業污染，再加上車輛急劇成長所排放的高腐蝕性廢氣，更造就臺灣地區成為一高腐蝕性的大氣環境。金屬與鋼筋混凝土結構的大氣腐蝕機制，主要是材料受大氣中所含水分、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。因此，瞭解臺灣地區大氣腐蝕狀況，大氣腐蝕劣化因子的調查與研究，尤其重要。

本研究主要工作項目包括：(1)依據中國國家標準CNS，就金屬及合金之大氣腐蝕性污染測定方法，進行臺

灣全島之大氣腐蝕劣化因子調查，(2)金屬標準試片製作與現地暴露試驗之腐蝕速率量測，(3)完成臺灣大氣腐蝕環境分類之工作，(4)防蝕策略探討。

此外，本研究針對臺灣大氣腐蝕環境與碳鋼、鋅、銅、鋁四種金屬之腐蝕速率進行夏季季風期與東北季風期之比較，結果顯示，東北季風期金屬之腐蝕速率較夏季季風期為高，即東北季風帶來的濕氣與空氣中氯鹽、 SO_2 含量，增加了各金屬的腐蝕速率；此外，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，氯鹽的沉積速率明顯降低且趨於一定值。

一.前言

腐蝕問題，長久以來一直是世界各國所面臨的頭痛問題，臺灣亦然，尤其濱海地區的結構，更是直接暴露於嚴苛的腐蝕環境中，使其面臨了耐

久性上極大的挑戰。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；有

鑑於此，本土化大氣腐蝕因數的調查與掌握，對結構物耐久性防蝕設計的影響，有其重要性。然而臺灣缺乏完整的本土化大氣腐蝕因數資料庫。自1971年起，各研究單位如臺灣電力公司、工業技術研究院、中華電信研究所、中國鋼鐵公司、臺灣大學、成功大學等，均陸續進行現地大氣暴露試驗，即依據ISO 9223^[1]，以量測試片腐蝕速率的方式進行臺灣大氣腐蝕環境分類，然而因現場暴露試驗維護不易與缺乏相關研究經費，以致臺灣各地區多無十年以上的腐蝕試驗數據。隨著氣候變遷與工業的發展，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，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子調查研究」研究，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，以作為日後新建與既有金屬結構物之防蝕設計與維護管理的依據。本研究針對環境因子、材料性質與結構物腐蝕之間進行腐蝕特性分析，並進行臺灣地區腐蝕環境分區及防蝕對策探討，以建立適合於本土化結構物耐久性防蝕規劃、設計之參數與資訊，並運用於腐蝕劣化評估與維護管理工作上，同時也為往後之腐蝕相關規範修訂或研究計劃奠下基礎。

二.研究內容

2.1 氣象資料蒐集與分析

蒐集相對濕度、降水量、日照時數等氣象因子，將上述各因子進行分析。依據ISO 9223^[1]中大氣腐蝕環境分類方法以全年中溫度高於0°C，相對濕度(relative humidity, RH)大於80%之小時數或百分比計算濕潤時間(hours)。

2.2 氯鹽的沉積速率調查

氯鹽(Cl-)的沉積速率調查在過去並無固定測站進行監測，故參考ISO 9225^[2]金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性規範，安裝氯鹽沉積量採集裝置。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。本研究試驗場址(點)的選定包含垂直海岸線與平行海岸線之規劃，垂直海岸線試驗點的佈設以離海岸線距離，朝內陸沿一條直線設置，每條測線以離海岸線算起，分別約於臨海、100m、300m、1 km、3 km之距離處設置試驗點。全島共規劃9條調查路線，設置站址共41處，如下：

- (1) 東北季風海域(基隆)：基隆試驗線，包括海洋大學3處、市區民宅1處與深美國小1處，共5處。
- (2) 西北季風海域(桃園)：桃園試驗線，包括大潭安檢所1處、大潭電廠2處與觀音工業區1處，共4處。

- (3) 中部地區海域(台中)：台中港試驗線，包括台中港區內1處、港研中心1處與市區民宅3處，共5處。
- (4) 中部工業區海域(雲林)：台塑六輕麥寮工業區試驗線，包括六輕工業區內5處。
- (5) 西南部地區海域(高雄)：高雄港試驗線，包括高雄港區內4處與過港隧道管理中心1處，共5處。
- (6) 南部地區海域(恆春)：核三廠試驗線，包括核三廠區內4處與恆春市區民宅1處，共5處。
- (7) 東北部地區海域(宜蘭)：蘇澳港試驗線，包括蘇澳港區內3處、蘇澳市區民宅1處與龍德工業區1處，共5處。
- (8) 東部地區海域(花蓮)：花蓮港試驗線，包括花蓮港區內2處、市區民宅1處、市區加油站1處與花蓮火車站1處，共5處。
- (9) 東南部地區海域(台東)：台東成功漁港試驗線，包括成功新港安檢所1處與市區加油站1處，共2處。

另外為使試驗點之數據可作內插推算，於上述調查路線之垂直方向，即沿臺灣南北向再規劃西部二條、東部一條試驗線。臺灣西部之試驗線一為西部濱海沿線，另一則為臺灣高鐵沿線；西部濱海沿線試驗點包括：台電核能一廠、台電林口電廠、新竹外湖安檢所、台電通霄電廠、苗栗外埔安檢所、台中五甲安檢所、台電台中電廠、彰濱工業區、彰化王功安檢所、嘉義東石安檢所、台南成大安南校區水工試驗所、高雄縣興達火力電廠、中鋼公司、台電大林電廠、屏東

台電楓港變電站，共15個試驗點；高鐵沿線車站試驗點則包括高鐵新竹站、台中站、嘉義站、左營站，共4個試驗點。臺灣東部濱海公路沿線之試驗點包括：台北澳底安檢所、宜蘭梗枋安檢所、礁溪火車站、宜蘭朝陽南澳安檢所、花蓮太魯閣國家公園管理處、花蓮橄仔樹安檢所、花蓮石梯安檢所、台東東河金樽安檢所、台東富崗伽蘭安檢所、台東尚武安檢所，共10個試驗點。

在對照組方面，選擇臺灣距離海岸線較遠之山區或公路佈設試驗點，規劃之試驗點包括台北市陽明山國家公園管理處、北橫公路(公路總局第一區養護工程處復興工務段)、阿里山(公路總局第五區養護工程處阿里山工務段)、南橫公路(公路總局第三區養護工程處甲仙工務段)等4個試驗點。此外，都會地區於台北市、台中市與高雄市選取交通頻繁處，設置3個試驗點。氯鹽沉積速率的調查位置全臺灣共有77個試驗點。

各試驗點暴露後回收的紗布以定量的去離子水(約50 ml)沖洗，再依環保署水中陰離子檢測方法-離子層析法(NIEA W415.52B)之離子層析儀測定水中之氯離子含量。氯鹽之沉積速率， $R(Cl^-)$ ($mg/m^2/day$)，依下式計算：

$$R(Cl^-) = \frac{m}{A \times t} \dots\dots\dots (1)$$

式中， $R(Cl^-)$ = 氯化物沉積速率($mg/m^2/day$)

m =試樣溶液之氯離子總質量(mg)

A =暴露網表面積(m^2)

t =暴露時間，天(day)

2.3 二氧化硫沉積量調查

大氣中廢氣的污染程度決定了當地大氣的腐蝕性，若排放的廢氣中含有大量的SO₂與H₂S，這些氣體在大氣中會形成酸雨，且當這些硫化物溶於水以水膜形式存在時，將會形成強腐蝕介質，加速金屬腐蝕。本研究依據CNS 13754^[3]與ISO 9225規範，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進行硫酸鹽分析以測定二氧化硫之含量，二氧化硫的沉積速率以mg/m²/day表示。

一般在石化廠、煉銅廠、火力電廠等工業區與都市地區，大氣中均可能存在相當程度的硫化物；因此本研究針對二氧化硫沉積速率調查試驗點的佈設，主要以都市地區、工業地區、石化與火力電廠附近為主，並設置對照組，建置如下：

- (1) 都市地區：台北市、台中市、高雄市，選取交通頻繁處，共3個試驗點。
- (2) 工業地區：於表5.3.1中各工業區服務中心，共29個試驗點。
- (3) 石化與火力電廠：中油桃園煉油廠、高雄煉油廠、林園煉油廠、台電深澳、林口、大潭、通霄、台中、興達、大林發電廠與核能三廠，共有10個試驗點。
- (4) 臺灣西部南北縱向：高鐵沿線車站，地點包括高鐵新竹站、台中站、嘉義站、左營站，共有4個試

驗點。

- (5) 對照組：選擇臺灣距離海岸線較遠之山區或公路佈設試驗點，規劃之試驗點包括台北市陽明山國家公園管理處、太魯閣國家公園管理處、北橫公路(公路總局第一區養護工程處復興工務段)、阿里山(公路總局第五區養護工程處阿里山工務段)、南橫公路(公路總局第三區養護工程處甲仙工務段)、與礁溪火車站等6個試驗點。此外，在硫磺區如台北自來水事業處陽明山淨水站亦有1個試驗點。

二氧化硫沉積速率的調查位置共有54個試驗點，包括都市地區3個試驗點，全台工業區29個試驗點，石化與火力電廠11個試驗點，高鐵沿線4個試驗點，6個參考對照試驗點與硫磺溫泉區1個試驗點。

各試驗點暴露後回收的硫酸化平板依環保署水中陰離子檢測方法-離子層析法(NIEA W415.52B)測定，即使用碳酸鈉溶液先移出並溶解硫酸化平板之內容物，然後以離子層析儀檢測硫酸鹽含量。二氧化硫之沉積速率之計算如下：

$$R(\text{SO}_2) = \frac{(m_1 - m_0) \times 16.67}{A \times t \times 1000} \dots (2)$$

式中，

R(SO₂)= 二氧化硫沉積速率(mg/m²/day)

m₀=空白平板(未暴露)測試之硫酸鹽質量(μg)

m₁=每一平板之硫酸鹽質量(μg)

A=平板面積(m²)

t=暴露時間，天(day)

2.4 金屬試片現地暴露試驗

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ISO 9226^[4]大氣腐蝕性測定標準製作試片，採用螺旋狀標準試片，試片的材料如下：(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CNS14122^[5]「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。

螺旋狀標準試片之腐蝕速率單位以 $\mu\text{m/y}$ 表示，計算公式依據CNS 13753規範，如下：

$$R_{\text{corr}} = 0.25(\Delta m \cdot d) / (m \cdot t) \dots\dots\dots (3)$$

式中， R_{corr} =腐蝕速率($\mu\text{m/y}$)

Δm =質量損失(mg)

d =線材直徑(mm)

m =試片原始質量(g)

t =暴露時間，年(y)

現地暴露試驗試驗點建置的數量以涵蓋氯鹽沉積量與二氧化硫沉積量調查位置之75%為原則，全國合計共有88個試驗點。即在氯鹽沉積量調查路線上，9條垂直海岸線試驗點的佈設以距海岸線約臨海、300m、1 km、3 km之距離處設置，配合20個平行海岸

表1、混凝土橋梁之調查地點、背景與目視檢測紀錄

橋梁代號	所在區域	結構型式	橋齡	海岸線距離	狀況描述	原因
A	北部	PC+鋼構	17年	緊鄰海岸線	混凝土表面不佳；蜂巢	施工品質不佳
B	北部	RC	14年	100m	混凝土劣化、滲水	RC劣化
C	東北部	RC	24年	150m	梁、板腐蝕嚴重，混凝土剝落	RC劣化、鹽害
D	東北部	RC	24年	150m	梁、板腐蝕嚴重，混凝土剝落	RC劣化、鹽害
E	東北部	RC	22年	700m	橋面底板蜂窩、帽梁鋼筋腐蝕混凝土爆裂	施工品質不佳、鹽害
F	東部	PC	15年	3500m	狀況良好	-----
G	東部	PC	37年	3500m	混凝土略有風化現象	RC劣化
H	東部	PC	18年	100m	梁底混凝土剝落鋼筋外露銹蝕、橋台龜裂	施工品質不佳、鹽害
I	東部	PC	16年	750m	硫酸鹽侵蝕現象	設計與施工不佳
J	東部	RC	25年	750m	混凝土表面風化現象	RC劣化
K	東南部	PC	17年	300m	橋面底板鋼筋腐蝕混凝土爆裂	施工品質不佳、鹽害
L	南部濱海	RC	20年	緊鄰海岸線	梁、板腐蝕嚴重，混凝土剝落	鹽害
M	西南部濱海	PC	22年	緊鄰海岸線	梁、板腐蝕嚴重，混凝土剝落，部分預力鋼腱斷裂	鹽害
N	西部	PC	12年	3900m	橋台裂縫，無明顯腐蝕徵兆	外力損壞
O	西部	PC	12年	900m	帽梁破損，無明顯腐蝕徵兆	外力損壞
P	西部	PC	13年	500m	梁底混凝土剝落鋼筋銹蝕、橋台混凝土爆裂	混凝土保護層不足、鹽害
Q	西北部	PC	7年	900m	梁側發生裂縫、橋台滲水	外力損壞、維護不佳
R	西北部	PC	7年	200m	梁底鋼筋銹蝕混凝土剝落、橋台滲水	鹽害、維護不佳
S	西北部	PC	6年	1300m	橋面底板白華現象	材料不良
T	都市	PC	17年	--	伸縮縫滲水潮濕、白華	材料不良、維護不佳
U	山區	PC	11年	--	狀況良好	-----

線之臨海試驗點(西部濱海與東部濱海沿線之港口或安檢所)，4個高鐵沿線試驗點與4個參考對照試驗點，共55個試驗場址。在二氧化硫沉積量調查位置上，包括工業區所在各縣市各一個試驗點，共22個試驗點(高雄市設立兩處)，都市地區3個試驗點，石化與火力電廠11個試驗點，高鐵沿線4個試驗點，硫磺區2個試驗點與5個參考對照試驗點，共47個試驗場址。其中，若氯鹽沉積量與二氧化硫沉積量調查位置相同時，僅在該試驗點設立一組試片(包括碳鋼、鋅、鋁、銅四種金屬)裝置。

2.5 沿海鋼筋混凝土橋梁腐蝕現況調查

針對臺灣各區域選取21座橋梁，選取之橋梁主要以沿海環境為主，進行相關測試，橋梁背景資料與分布如表1所示。

本試驗以電化學方式進行鋼筋腐

蝕速率分析。並於每座橋梁在靠海側及靠陸地側各取一件混凝土試體，混凝土表面氯離子含量係採取混凝土表面至0.5cm深度之試樣進行分析。混凝土不同深度之氯離子含量分布分析，係將鑽心取樣試體於實驗室內由試體表面開始每2cm切一試片，每一試體可切4~5片試片，再按不同深度之試片進行氯離子含量分析，以取得每一試體不同深度之氯離子含量。依據擴散理論(Fick's第二擴散定律)進行混凝土中氯離子擴散速率分析，並與相關參數；如環境(迎風面、背風面、海岸距離…等)、混凝土相關性質進行關聯性分析。

2.6 港灣結構防蝕策略分析

根據相關分析評估資料，判斷其腐蝕發生原因，及環境腐蝕因子與材料腐蝕劣化行為之關聯性分析，並針對腐蝕劣化結果探討防蝕策略。

三.結果與討論

3.1 濕潤時間

大氣腐蝕是一種水膜下的電化學反應，空氣中水分在金屬表面凝聚生成水膜，與空氣中的氧氣是產生大氣腐蝕的基本條件。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65%^[6]。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。依據ISO 9223之定義，濕潤時間是指產生大氣腐蝕的電解質膜，以吸附或液態

膜型式覆蓋於金屬表面上的時間，亦可以全年中溫度高於 0°C ，相對濕度大於80%之小時數或百分比計算；濕潤時間愈長，腐蝕總量愈大。

圖1為臺灣本島各地區1998-2007相對濕度大於80%的月數。圖中，除山區測站外，淡水、宜蘭、蘇澳、花蓮、嘉義等測站之相對濕度大於80%的月數均大於5個月；然而依據ISO 9223，濕潤時間是以全年中溫度高於 0°C ，相對濕度大於80%之小時數或百分比計算，因此本研究濕潤時間的百分比是利用中央氣象局氣象站逐時記的之相對濕度資料，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2與圖3分別為2007.05-2007.10與2007.09-2008.01臺灣地區濕潤時間百分比之等位圖。顯然的，第二次調查期間為秋冬之季，臺灣受東北季風的影響呈現北濕南乾的現象。

3.1 氯鹽(Cl^-)的沉積速率調查

3.1.1 氯鹽沉積速率季節性之比較

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。

根據四次採樣調查結果，臺灣西部海岸的氯鹽沉積速率以初秋到冬季(2007.09-2008.01)最為嚴重，由台北縣石門鄉核能一廠一直到嘉義縣東石鄉，氯鹽沉積速率多大於 10 mg/m^2 /

day，且約在 $6 \sim 80\text{ mg/m}^2$ /day之間；而在夏季至初秋(2007.05-2007.09)以及春末至夏季(2008.05-2008.08)，因主要調查期間均為夏季，所以兩次所得之氯鹽沉積速率相近，即在林口火力電廠、桃園大潭至苗栗通霄電廠之間以及彰濱工業區附近的氯鹽沉積速率較大，約為 $6 \sim 15\text{ mg/m}^2$ /day；冬季至春末(2008.01-2008.05)，台北縣石門鄉核能一廠至桃園大潭間以及彰濱工業區與麥寮工業區附近氯鹽沉積速率較大，約在 $4 \sim 8\text{ mg/m}^2$ /day左右。

至於臺灣東部海岸的氯鹽沉積速率則以夏季至初秋(2007.05-2007.09)最為嚴重，分佈於台北縣貢寮鄉澳底安檢所附近以及花蓮石梯檢所至台東伽蘭安檢所之間，氯鹽沉積速率約為 $15 \sim 30\text{ mg/m}^2$ /day；而初秋到冬季(2007.09-2008.01)，較大的氯鹽沉積速率發生在花蓮橄仔樹安檢所至花蓮港試驗線之間，約為 $19 \sim 30\text{ mg/m}^2$ /day；至於冬季至春末(2008.01-2008.05)，台北縣貢寮鄉澳底安檢所至宜蘭梗枋安檢所的氯鹽沉積速率較高，約為 $6 \sim 24\text{ mg/m}^2$ /day左右；但在春末至夏季(2008.05-2008.08)期間，不僅台北縣貢寮鄉澳底安檢所至宜蘭梗枋安檢所的氯鹽沉積速率仍維持較高的沉積速率(約為 $15 \sim 48\text{ mg/m}^2$ /day之間)，且台東伽蘭安檢所附近的氯鹽沉積速率亦高達 12.6 mg/m^2 /day。

臺灣南部海岸的氯鹽沉積速率與西部海岸以及東部海岸相較，氯鹽沉積速率較小，四次調查的結果多小於 10 mg/m^2 /day。簡言之，臺灣本島一年期(2007.05-2008.08)累積的氯鹽沉積

速率，除南部海岸較低外(僅高雄港試驗線 0m與核三廠試驗線 0m處大於 $10 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ ，分別為 $11.7 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 與 $10.2 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)，西部海岸從雲林麥寮以北至北部海岸的核一廠，以及自核一廠至東部海岸的台東伽蘭安檢所附近，其一年累積的氯鹽沉積速率多大於 $10 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 。

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。圖4為氯鹽沉積速率第一次與第二次採樣之比較圖；圖中，綠色、藍色與紅色的區域均表示第二次氯鹽沉積速率增加的地方，即在西海岸北部至中部的沿海區域與東海岸花蓮港附近，氯鹽沉積速率都有明顯增加的趨勢，其中尤以林口火力電廠與桃園大潭海岸附近為甚。

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至桃園大潭附近以及中部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。

3.1.2 氯鹽沉積速率與距海岸線距離之關係

四次調查與一年期暴露之垂直海岸試驗線於距海岸0m、100m、300m、1000m、3000m之平均氯鹽沉積速率如圖5所示，顯然的，臺灣全年期之試驗結果，台塑六輕試驗線與桃

園大潭試驗線的平均氯鹽沉積速率較高。此外，一年期氯鹽沉積速率與距海岸線距離的關係如圖6所示，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。

3.2 二氧化硫沉積量調查

本研究四次採樣期間同氯鹽沉積速率調查。

第一次調查期間(2007.05-2007.09)，陽明山的硫磺區的二氧化硫沉積速率最大($646.03 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)，其餘介於 $7.04 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ (南橫天池)至 $325.30 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ (高雄煉油廠)之間。較高的沉積速率發生在高雄煉油廠($325.30 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)、大發工業區($257.88 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)、彰濱工業區($247.98 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)、桃園煉油廠($239.72 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)、大林火力電廠($226.86 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)、中鋼公司(210.43

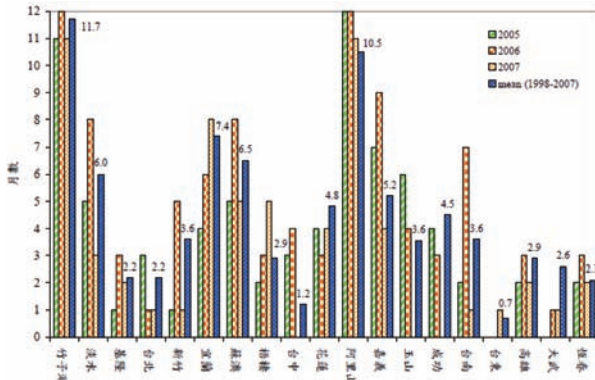


圖1、1998-2007 相對濕度大於80%的月數(資料來源：中央氣象局)

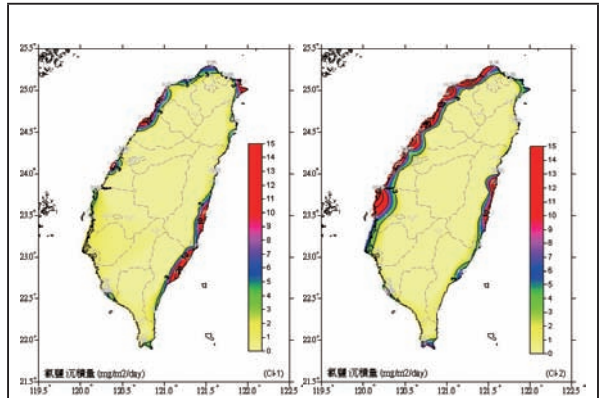


圖4、第一、二次調查期間(2007.05-2007.09, 2007.09-2008.01)氯鹽沉積速率比較

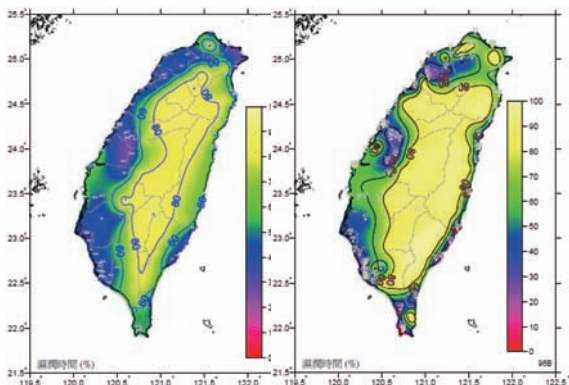


圖2、2007.05-2007.10 濕潤時間(%)

圖3、2007.09-2008.01 濕潤時間(%)

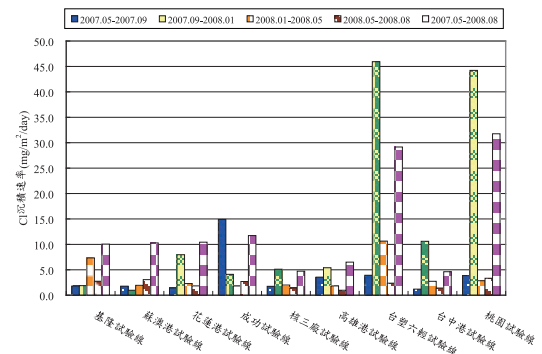


圖5、四次調查與一年期之垂直海岸試驗線平均氯鹽沉積速率

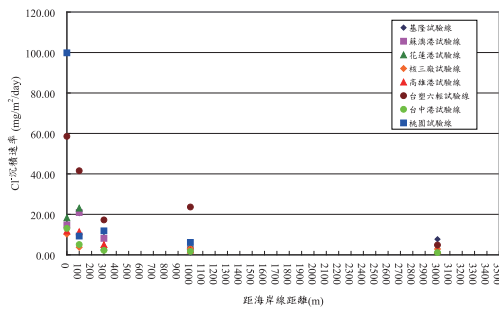


圖6、一年暴露期之氯鹽沉積速率與海岸線距離的關係

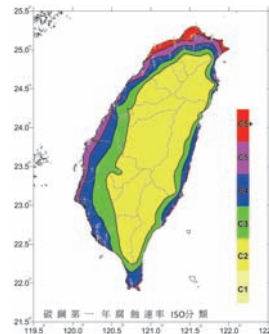


圖9、碳鋼第一年腐蝕速率ISO分類

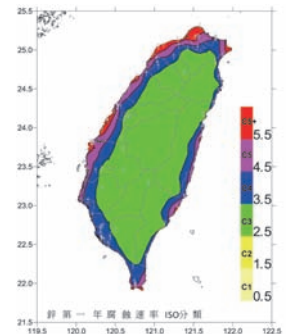


圖10、鋅第一年腐蝕速率ISO分類

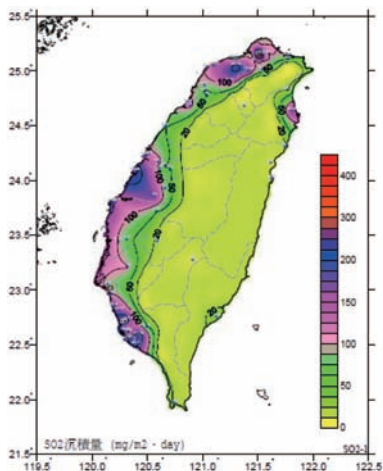


圖7、2007.05-2007.10 二氧化硫沉積速率

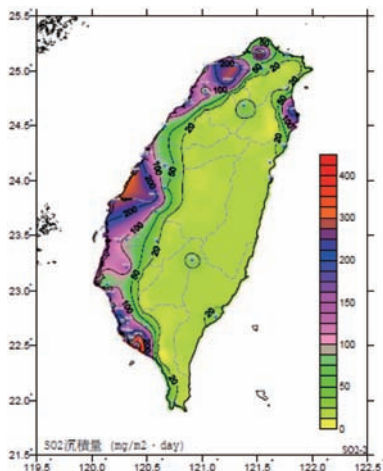


圖8、2007.09-2008.01 二氧化硫沉積速率

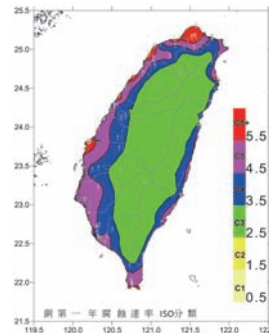


圖11、銅第一年腐蝕速率ISO分類

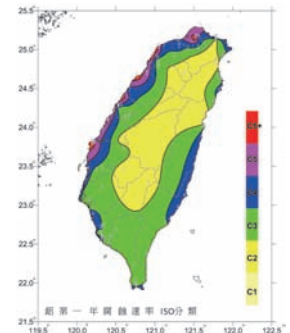


圖12、鋁第一年腐蝕速率ISO分類

mg/m²/day)、中油林園廠(207.39 mg/m²/day), 其值均大於CNS 13401 (ISO 9223)的最高分類標準(P3, 200 mg/m²/day)。至於六輕工業區, 因硫酸化平板設置的位置不在石化廠廠區內, 故僅測得該區域之背景值約為110.08 mg/m²/day。高鐵沿線二氧化硫沉積速率的分布以左營站最高(132.61 mg/m²/day)、台中站次之(75.90 mg/m²/day)、嘉義站再次之(58.49 mg/m²/day)、新竹站最低為(40.73 mg/m²/day)。東部海岸因無石化工業區或電廠的設立, 除龍德工業區(167.46 mg/m²/day)外, 二氧化硫沉積速率僅介於9.23 mg/m²/day(太魯閣國家公園)與31.78 mg/m²/day(豐樂工業區)之間。

2007.09-2008.01第二次調查期間

內，二氧化硫沉積速率仍以陽明山的硫磺區最高，約為 $2454.07 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ ，其餘介於 $6.87 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ (南橫天池)至 $585.31 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ (大林火力電廠)之間。其中較高的沉積速率發生在中油林園廠($515.26 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)、大發工業區($19.84 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)、彰濱工業區($299.32 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)、桃園煉油廠($292.69 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)、六輕工業區(石化廠區外，約 $276.65 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)與高雄煉油廠($240.24 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)。高鐵沿線二氧化硫沉積速率的分佈以左營站最高($151.60 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)、嘉義站次之($90.13 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)、台中站再次之($66.34 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)、最低為新竹站($61.31 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)。東部海岸因無石化工業區或電廠的設立，除龍德工業區($249.09 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)外，二氧化硫沉積速率僅介於 $7.76 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ (太魯閣國家公園) 與 $35.13 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ (和平工業區)之間。

第三次調查(2008.01-2008.05)，陽明山的硫磺區的二氧化硫沉積速率仍最高，為 $1568.51 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ ，其餘介於 $5.76 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ (南橫天池)至 $449.29 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ (陽明山國家公園)之間。高鐵沿線二氧化硫沉積速率的分佈以左營站最高($108.07 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)、嘉義站次之($92.43 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)、台中站再次之($86.95 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)、最低為新竹站($72.02 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)。此外，本次調查期間在台塑麥寮石化廠區內距海岸300m處亦設置了二氧化硫採集器，該處之二氧化硫沉積速率為 $205.37 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 。

第四次調查期間(2008.05-

2008.08)，二氧化硫沉積速率仍以陽明山的硫磺區最高，約為 $1368.95 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ ，其餘介於 $3.29 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ (南橫天池)至 $257.68 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ (台塑六輕試驗線300m)之間。較高的沉積速率發生在中鋼公司($254.76 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)、大發工業區($223.05 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)、桃園煉油廠($222.31 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)，其值均大於CNS 13401 (ISO 9223)的最高分類標準(P3, $200 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)。高鐵沿線二氧化硫沉積速率的分佈由大到小依序為左營站、台中站、新竹站、嘉義站，分別為54.63、50.11、22.99、21.55 $\text{mg/m}^2/\text{day}$ 。

圖7與圖8分別為2007.05-2007.10與2007.09-2008.01 二氧化硫沉積速率的等位圖；圖中，黃色表示二氧化硫沉積速率小於 $5 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 的區域，綠色表示沉積速率為 $50 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 的區域，藍色表示沉積速率為 $200 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 的區域，紅色則為 $400 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 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，所以兩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工業區附近，2007.09-2008.01 期間之二氧化硫沉積速率均有顯著增加的趨勢，本研究參考中央氣象局在此調查期間內的酸雨資料，發現金門、馬祖、宜蘭都有顯著的酸雨情形，但該些區域均無工業區、石化廠與火力電廠的設立，因此可合理的推論，臺灣西部沿海受大陸沿岸石化廠或火力電廠產生的二氧化硫影響甚巨，由以東北季風期為甚。

3.3 金屬試片現地暴露試驗

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

資料來源：CNS 13401 (ISO 9223)

3.3.1 金屬試片腐蝕速率季節性之比較

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 $\mu\text{m/yr}$ 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 $\mu\text{m/yr}$ 表示，但鋁的腐蝕速率須以 $\text{g/m}^2/\text{yr}$ 表示。

本研究四次採樣調查頻率與氣鹽沉積速率調查頻率相同。

第一次調查期間除了陽明山硫磺區的試片腐蝕速率特別大之外(碳鋼= $875 \mu\text{m/yr}$ 、鋅= $10.2 \mu\text{m/yr}$ 、銅= $55.2 \mu\text{m/yr}$ 、鋁= $16.692 \text{g/m}^2/\text{yr}$)，針對碳鋼金屬，大氣腐蝕速率介於 $9.6 \mu\text{m/yr}$ (南橫天池)至 $398.2 \mu\text{m/yr}$ (新竹外湖安檢所)之間；鋅金屬介於 $1.5 \mu\text{m/yr}$ (雲林斗六工業區)至 $44.1 \mu\text{m/yr}$ (桃園大潭試驗線 0m)之間；銅金屬介於 $0.6 \mu\text{m/yr}$ (南橫天池)至 $20.6 \mu\text{m/yr}$ (蘇澳龍德工業區)之間；而鋁金屬則介於 $0.136 \text{g/m}^2/\text{yr}$ (南

橫天池)至 $22.483 \text{g/m}^2/\text{yr}$ (彰化王功安檢所)之間。

第二次調查期間碳鋼金屬大氣腐蝕速率介於 $19.1 \mu\text{m/yr}$ (南橫天池)至 $480.2 \mu\text{m/yr}$ (台塑六輕試驗線0m處)之間；鋅金屬介於 $1.7 \mu\text{m/yr}$ (北橫巴陵)至 $157.7 \mu\text{m/yr}$ (桃園大潭試驗線 0m)之間；銅金屬介於 $1.1 \mu\text{m/yr}$ (南橫天池)至 $53.3 \mu\text{m/yr}$ (陽明山硫磺區)之間；而鋁金屬則介於 $1.133 \text{g/m}^2/\text{yr}$ (屏東工業區)至 $40.974 \text{g/m}^2/\text{yr}$ (六輕試驗線1Km處)之間。

第三次調查期間碳鋼金屬大氣腐蝕速率介於 $19.1 \mu\text{m/yr}$ (南橫天池)至 $480.2 \mu\text{m/yr}$ (台塑六輕試驗線0m處)之間；鋅金屬介於 $1.7 \mu\text{m/yr}$ (北橫巴陵)至 $157.7 \mu\text{m/yr}$ (桃園大潭試驗線 0m)之間；銅金屬介於 $1.1 \mu\text{m/yr}$ (南橫天池)至 $53.3 \mu\text{m/yr}$ (陽明山硫磺區)之間；而鋁金屬則介於 $1.133 \text{g/m}^2/\text{yr}$ (屏東工業區)至 $40.974 \text{g/m}^2/\text{yr}$ (六輕試驗線1Km處)之間。

第四次調查期間碳鋼金屬大氣腐蝕速率以陽明山硫磺區最高，為 $803.9 \mu\text{m/yr}$ ，其餘介於 $11.2 \mu\text{m/yr}$ (南橫天池)至 $414.5 \mu\text{m/yr}$ (新竹外湖安檢所)之間；鋅金屬介於 $1.8 \mu\text{m/yr}$ (雲林

斗六工業區)至 $45.7 \mu\text{m/yr}$ (新竹外湖安檢所)之間；銅金屬介於 $2.2 \mu\text{m/yr}$ (阿里山與雲林斗六工業區)至 $66.7 \mu\text{m/yr}$ (陽明山硫磺區)之間；而鋁金屬則介於 $0.279 \text{ g/m}^2/\text{yr}$ (南橫天池)至 $26.293 \text{ g/m}^2/\text{yr}$ (苗栗外埔安檢所)之間。

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帶入臺灣，再加上蒐集氣象資料顯示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。

3.3.2 各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，其分類標準如表2所示，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)。分析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，結果如圖9至圖12所示。

圖9至圖12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；圖中等位線區間的顏色依表2中各金屬最初第一年之腐蝕速率來區分，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，甚至在西北部海岸，碳鋼、鋅、銅的腐蝕環境可達C5+。針對碳鋼與鋅金屬而言，臺灣西部大氣腐蝕環境分類可以大甲溪為界，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，但高雄縣市與屏東恆春附近為C4，沿海地區則為C5至C5+等級。針對銅金屬，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。至於鋁金屬，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均為C3等級。

3.4 腐蝕因子環境分類

參考CNS 13401 (ISO 9223)，大氣腐蝕環境的分類可採用試片腐蝕速率量測與環境因子進行區分，若採用

環境因子進行分類，選擇的參數則包括濕潤時間(τ)、空氣中的氯鹽沉積速率(S)與二氧化硫沉積量(P)。其中，濕潤時間是以全年中溫度高於0°C，相對濕度大於80%之小時數或百分比計算，氯鹽沉積速率(mg/m²/day)是以CNS 13754 (ISO 9225)濕燭法測量，二氧化硫沉積量則是以CNS 13754 (ISO9225)規定之二氧化鉛硫酸化平板量測的沉積速率(mg/m²/day)測定或是空氣中的SO₂濃量(μ g/m³)計算；其中，各參數的量測時間均至少為一年以上。表3至表5分別為CNS 13401 (ISO 9223)規範中對濕潤時間、氯鹽沉積速率與SO₂沉積速率或濃度的分類；表6則為相對於表3至表5之分類結果，將大氣腐蝕環境分為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)。

表3、濕潤時間分類

類別	濕潤時間	
	hour/year	%
τ_1	$\tau \leq 10$	$\tau \leq 0.1$
τ_2	$10 < \tau \leq 250$	$0.1 < \tau \leq 3$
τ_3	$250 < \tau \leq 2500$	$3 < \tau \leq 30$
τ_4	$2500 < \tau \leq 5500$	$30 < \tau \leq 60$
τ_5	$5500 < \tau$	$60 < \tau$

(資料來源：CNS 13401, ISO 9223)

表4、氯鹽沉積速率分類

氯鹽沉積速率 mg/m ² /day	類別
$S \leq 3$	S_0
$3 < S \leq 60$	S_1
$60 < S \leq 300$	S_2
$300 < S \leq 1500$	S_3

(資料來源：CNS 13401, ISO 9223)

表5、二氧化硫(SO₂) 沉積量分類

SO ₂ 沉積速率mg/m ² /day	SO ₂ 濃度 μ g/m ³	類別
$P_d \leq 10$	$P_c \leq 12$	P_0
$10 < P_d \leq 35$	$12 < P_c \leq 40$	P_1
$35 < P_d \leq 80$	$40 < P_c \leq 90$	P_2
$80 < P_d \leq 200$	$90 < P_c \leq 250$	P_3

(資料來源：CNS 13401, ISO 9223)

表6、大氣腐蝕環境分類(以環境因子分類)

破銅															
	τ_1			τ_2			τ_3			τ_4			τ_5		
	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3
P0-P1	1	1	1 or 2	1	2	3 or 4	2 or 3	3 or 4	4	3	4	5	3 or 4	5	5
P2	1	1	1 or 2	1 or 2	2 or 3	3 or 4	3 or 4	3 or 4	4 or 5	4	4	5	4 or 5	5	5
P3	1 or 2	1 or 2	2	2	3	4	4	4 or 5	5	5	5	5	5	5	5
鋅與銅															
	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3
P0-P1	1	1	1	1	1 or 2	3	3	3	3 or 4	3	4	5	3 or 4	5	5
P2	1	1	1 or 2	1 or 2	2	3	3	3 or 4	4	3 or 4	4	5	4 or 5	5	5
P3	1	1 or 2	2	2	3	3 or 4	3	3 or 4	4	4 or 5	5	5	5	5	5
鋁															
	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3
P0-P1	1	2	2	1	2 or 3	4	3	3 or 4	4	3	3 or 4	5	4	5	5
P2	1	2	2 or 3	1 or 2	3 or 4	4	3	4	4 or 5	3 or 4	4	5	4 or 5	5	5
P3	1	2 or 3	3	3 or 4	4	4	3 or 4	4 or 5	5	4 or 5	5	5	5	5	5

NOTE—Corrosivity is expressed as the numerical part of the corrosivity category code (for example: 1 instead of C1).

(資料來源：CNS 13401, ISO 9223)

表7、利用2007.05-2008.08之腐蝕因子進行大氣腐蝕環境分類

項次	試驗地點	相對濕度 分類	氯鹽沉積量 分類	SO ₂ 沉積量 分類	碳鋼大氣腐 蝕分類	鋅與銅大氣腐 蝕分類	鋁大氣腐蝕 分類
1	核一廠	τ_4 (淡水)	S1	P1 (基隆3Km)	C3	C3	C3
2	基隆試驗線 0m	τ_4	S1	P1 (基隆3Km)	C3	C3	C3
3	100m	τ_4	S1	P1 (基隆3Km)	C3	C3	C3
4	300m	τ_4	S1	P1 (基隆3Km)	C3	C3	C3
5	1Km	τ_4	S1	P1 (基隆3Km)	C3	C3	C3
6	3Km	τ_4	S1	P1	C3	C3	C3
7	澳底安檢所	τ_4 (基隆)	S2	P1 (基隆3Km)	C4	C4	C3 or C4
8	梗枋安檢所	τ_4 (基隆)	S1	P1 (礁溪火車站)	C3	C3	C3
9	礁溪火車站	τ_4 (蘇澳)	S1	P1	C3	C3	C3
10	龍德工業區	τ_4 (蘇澳)	S1	P3	C5	C4 or C5	C4 or C5
11	蘇澳港試驗線 0m	τ_4	S1	P3 (龍德)	C5	C4 or C5	C4 or C5
12	100m	τ_4	S1	P3 (龍德)	C5	C4 or C5	C4 or C5
13	300m	τ_4	S1	P3 (龍德)	C5	C4 or C5	C4 or C5
14	1Km	τ_4	S0	P3 (龍德)	C5	C4 or C5	C4 or C5
15	南澳安檢所	τ_4 (蘇澳)	S1	P1 (和平)	C3	C3	C3
16	和平工業區	τ_4 (花蓮)	S1 (南澳)	P1	C3	C3	C3
17	太魯閣國家公園	τ_4	S0	P0	C3	C3	C3
18	美崙工業區	τ_4 (花蓮)	S1 (花蓮1Km)	P1	C3	C3	C3
19	花蓮港試驗線 0m	τ_4	S1	P1 (美崙)	C3	C3	C3
20	100m	τ_4	S1	P1 (美崙)	C3	C3	C3
21	300m	τ_4	S1	P1 (美崙)	C3	C3	C3
22	1Km	τ_4	S1	P1 (美崙)	C3	C3	C3
23	3Km	τ_4	S0	P1 (美崙)	C3	C3	C3
24	橄仔樹安檢所	τ_4 (花蓮)	S1	P1 (美崙)	C3	C3	C3
25	石梯安檢所	τ_4 (花蓮)	S1	P1 (美崙)	C3	C3	C3
26	成功試驗線0m	τ_4	S1	P1 (豐樂)	C3	C3	C3
27	300m	τ_4	S1	P1 (豐樂)	C3	C3	C3
28	金樽安檢所	τ_4 (成功)	S1	P1 (豐樂)	C3	C3	C3
29	伽蘭安檢所	τ_4 (台東)	S2	P1 (豐樂)	C4	C4	C3 or C4
30	豐樂工業區	τ_4 (台東)	S0 (花蓮3Km)	P1 (豐樂)	C3	C3	C3
31	尚武安檢所	τ_4 (台東)	S0	P1 (豐樂)	C3	C3	C3
32	核三廠試驗線 0m	τ_4 (恆春)	S1	P0 (核三1Km)	C3	C3	C3
33	100m	τ_4	S1	P0 (核三1Km)	C3	C3	C3
34	300m	τ_4	S1	P0 (核三1Km)	C3	C3	C3
35	1Km	τ_4	S1	P0	C3	C3	C3
36	3Km	τ_4	S0	P0 (核三1Km)	C3	C3	C3
37	楓港變電站	τ_4 (恆春)	S0	P0 (核三1Km)	C3	C3	C3
38	屏東工業區	τ_4 (高雄)	S0 (高雄市區)	P2	C4	C3 or C4	C3 or C4
39	中油林園廠	τ_4	S1 (大林電廠)	P3	C5	C4 or C5	C4 or C5
40	大林火力電廠	τ_4	S1	P3	C5	C4 or C5	C4 or C5
41	中鋼公司	τ_4	S0	P3	C5	C4 or C5	C4 or C5
42	鳳山工業區	τ_4	S0 (高雄市區)	P2	C4	C3 or C4	C3 or C4
43	大發工業區	τ_4	S0 (中鋼)	P3	C5	C4 or C5	C4 or C5
44	高雄市區	τ_4	S0	P3	C5	C4 or C5	C4 or C5
45	高雄港試驗線 0m	τ_4	S1	P3 (高雄市區)	C5	C4 or C5	C4 or C5
46	100m	τ_4	S1	P3 (高雄市區)	C5	C4 or C5	C4 or C5
47	300m	τ_4	S1	P3 (高雄市區)	C5	C4 or C5	C4 or C5
48	1Km	τ_4	S0	P3 (高雄市區)	C5	C4 or C5	C4 or C5
49	3Km	τ_4	S0	P3 (高雄市區)	C5	C4 or C5	C4 or C5
50	高鐵左營站	τ_4	S0	P3	C5	C4 or C5	C4 or C5
51	高雄煉油廠	τ_4	S0(高鐵左營站)	P3	C5	C4 or C5	C4 or C5
52	仁大工業區	τ_4	S0(高鐵左營站)	P3	C5	C4 or C5	C4 or C5
53	永安工業區	τ_4 (高雄)	S1 (興達電廠)	P2	C4	C3 or C4	C3 or C4
54	興達火力電廠	τ_4 (高雄)	S1	P2	C4	C3 or C4	C3 or C4
55	安平工業區	τ_4 (台南)	S0 (台南市區)	P3	C5	C4 or C5	C4 or C5

項次	試驗地點	相對濕度 分類	氯鹽沉積量 分類	SO ₂ 沉積量 分類	碳鋼大氣腐 蝕分類	鋅與銅大氣腐 蝕分類	鋁大氣腐蝕 分類
56	成大水工所	τ_4	S1	P2	C4	C3 or C4	C3 or C4
57	官田工業區	τ_4 (台南)	S0(台南鄉村區)	P2	C4	C3 or C4	C3 or C4
58	東石安檢所	τ_4 (麥寮)	S1	P2(朴子)	C4	C3 or C4	C3 or C4
59	朴子工業區	τ_4 (嘉義)	S0	P2	C4	C3 or C4	C3 or C4
60	高鐵嘉義站	τ_4 (嘉義)	S0	P2	C4	C3 or C4	C3 or C4
61	斗六工業區	τ_4 (嘉義)	S0(鄉村區)	P2	C4	C3 or C4	C3 or C4
62	台塑六輕試驗線0m	τ_5 (麥寮)	S1	P3	C5	C5	C5
63	100m	τ_5	S1	P3	C5	C5	C5
64	300m	τ_5	S1	P3	C5	C5	C5
65	1Km	τ_5	S1	P3	C5	C5	C5
66	3Km	τ_5	S0	P3	C5	C5	C5
67	六輕工業區	τ_5	S0	P3	C5	C5	C5
68	王功安檢所	τ_4 (麥寮)	S1	P3(台塑六輕)	C5	C5	C5
69	彰濱工業區	τ_4 (梧棲)	S1	P1	C3	C3	C3
70	田中工業區	τ_4 (台中)	S0(台中市區)	P3	C5	C4 or C5	C4 or C5
71	南崗工業區	τ_4 (台中)	S0(台中市區)	P2	C4	C3 or C4	C3 or C4
72	大里工業區	τ_4 (台中)	S0(台中市區)	P1	C3	C3	C3
73	高鐵台中站	τ_4 (台中)	S0	P1	C3	C3	C3
74	台中市區	τ_4 (台中)	S0	P1	C3	C3	C3
75	台中工業區	τ_4 (台中)	S0(台中市區)	P2	C4	C3 or C4	C3 or C4
76	關連工業區	τ_4 (梧棲)	S0(台中港1Km)	P2	C4	C3 or C4	C3 or C4
77	台中火力電廠	τ_4 (梧棲)	S1	P3	C5	C4 or C5	C4 or C5
78	台中港試驗線 0m	τ_4	S1	P2(關連工業區)	C4	C3 or C4	C3 or C4
79	100m	τ_4	S1	P2(關連工業區)	C4	C3 or C4	C3 or C4
80	300m	τ_4	S0	P2(關連工業區)	C4	C3 or C4	C3 or C4
81	1Km	τ_4	S0	P2(關連工業區)	C4	C3 or C4	C3 or C4
82	3Km	τ_4	S0	P2(關連工業區)	C4	C3 or C4	C3 or C4
83	五甲安檢所	τ_4 (梧棲)	S1	P2(通霄電廠)	C4	C3 or C4	C3 or C4
84	通霄火力電廠	τ_4 (梧棲)	S1	P2	C4	C3 or C4	C3 or C4
85	外埔安檢所	τ_4 (梧棲)	S2	P2(通霄電廠)	C4	C4	C4
86	竹南工業區	τ_4 (新竹)	S0(鄉村區)	P2	C4	C3 or C4	C3 or C4
87	頭份工業區	τ_4 (新竹)	S0(鄉村區)	P3	C5	C4 or C5	C4 or C5
88	外湖安檢所	τ_4 (淡水)	S1	P1(高鐵新竹站)	C3	C3	C3
89	工研院	τ_4 (新竹)	S0(高鐵新竹站)	P2	C4	C3 or C4	C3 or C4
90	新竹工業區	τ_4 (新竹)	S0(高鐵新竹站)	P2	C4	C3 or C4	C3 or C4
91	平鎮工業區	τ_4 (新竹)	S0(鄉村區)	P2	C4	C3 or C4	C3 or C4
92	高鐵新竹站	τ_4	S0	P1	C3	C3	C3
93	桃園試驗線 0m	τ_4 (淡水)	S2	P2(桃園300m)	C4	C4	C4
94	100m	τ_4	S1	P2(桃園300m)	C4	C3 or C4	C3 or C4
95	300m	τ_4	S1	P2	C4	C3 or C4	C3 or C4
96	1Km	τ_4	S1	P3	C5	C4 or C5	C4 or C5
97	林口火力電廠	τ_4 (淡水)	S2	P2	C4	C4	C4
98	樹林工業區	τ_4 (台北)	S0(台北市區)	P2	C4	C3 or C4	C3 or C4
99	桃園煉油廠	τ_4 (台北)	S0	P3	C5	C4 or C5	C4 or C5
100	台北市區	τ_4	S0	P1	C3	C3	C3
101	陽明山國家公園	τ_5	S0	P3+	C5	C5	C5
102	陽明山硫磺區	τ_5	S0	P3+	C5	C5	C5
103	北橫巴陵	τ_5	S0	P0	C3 or C4	C3 or C4	C4
104	阿里山	τ_5	S0	P0	C3 or C4	C3 or C4	C4
105	南橫天池	τ_5	S0	P0	C3 or C4	C3 or C4	C4

依據CNS與ISO規範，若要以腐蝕因子進行大氣腐蝕環境分類，濕潤時間、氯鹽與二氧化硫的沉積速率至少應經過一年以上的連續量測，彙

整2007.05-2008.08一年調查期間之腐蝕因子檢測數據進行大氣腐蝕環境分類，結果如表7所示；若測點所在位置無實測的腐蝕因子數據，則以鄰近的

腐蝕因子資料推估，選用測點的名稱如表中括號內所示。

比較採用環境因子腐蝕分類與採用試片腐蝕速率分類的結果，發現使用環境因子進行之大氣腐蝕分類較為和緩；如以碳鋼為例，核一廠試驗點若採環境因子分類為C3等級，但以腐蝕速率分類則為C5+等級，其間的差異甚巨。經檢討，推論應是濱海區域實測之氯鹽沉積速率未確實反應現場氯鹽沉積量所致。因為濕燭法的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，再以化學分析法測定其氯鹽沉積量；但在東北季風與颱風侵襲臺灣時，持續強勁的風速會將部份纖維織物吹破或減薄，以致影響實際的氯鹽累積而造成較小的腐蝕等級。換句話說，本研究自2007.05至2008.08調查期間，濱海地區持續累積的氯鹽採集裝置可能因纖維織物的破裂、減薄而使量測到的氯鹽沉積量變小，以致ISO分類僅在S0-S1($< 60 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)的範圍內，但若採用S2 ($60\sim 300 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)修正並進行環境因子腐蝕分類，則濱海地區的腐蝕等級可為C5。因此，如何確保濕燭法纖維織物不受強風破壞的方法應審慎研究，而本研究在濱海地區所得一年期之氯鹽沉積速率應視為「2007.05-2008.08期間較低的氯鹽沉積速率，實際之氯鹽累積量應大於此量測值」。

3.5 鋼筋混凝土橋梁腐蝕現況調查

3.5.1 混凝土氯離子含量分布分析

由混凝土鑽心取樣試體，測試氯離子分布狀態分析，發現氯離子有明

顯由混凝土表面擴散至內部的現象。臺灣各區域橋梁混凝土表面之氯離子附著分布狀況顯示混凝土表面之氯離子附著量以臺灣北部、東北部地區及西南部地區要比其他區域來得高。

雖然氯離子附著於結構物表面之多寡，受到許多因素之影響，但由檢測結果初步以氣候環境的觀點來看，這與臺灣氣候的秋冬吹東北季風及夏季的西南氣流有其關聯性，由此可知，環境氣候對於結構物之腐蝕有其程度之影響性。

3.5.2 鋼筋腐蝕速率與海岸距離分析

本研究篩選橋齡在15~25年之間的橋梁進行鋼筋腐蝕速率量測，並與海岸距離及橋梁迎海風面、背海風面之關係進行分析。由於腐蝕因子對結構物已有長時間之附著與擴散行為，相對使鋼筋造成程度不同之腐蝕影響，分析顯示混凝土結構物鋼筋腐蝕速率與海岸距離有明顯之趨勢，結構物愈靠近海岸；鋼筋之腐蝕程度也較為明顯且嚴重。將橋梁靠陸地側（背海風面）與靠海側（迎海風面）之腐蝕速率進行比較，顯示在腐蝕程度的影響上橋梁之靠海側與也明顯高於靠陸地側。

3.5.3 混凝土表面氯離子含量與海岸距離之關係

混凝土表面之氯離子附著量與海岸距離有明顯之影響，海岸距離愈遠氯離子附著量愈少，而靠陸地側（背海風面）之氯離子附著量明顯低於靠海側（迎海風面），這種情形將造成結構迎海風面與背海風面鋼筋混凝土腐蝕劣化在程度上之差異，由分

析結果顯示，結構物與海岸距離超過3000m以上，靠陸地側（背海風面）與靠海側（迎海風面）之氯離子附著量已明顯降低且無差異，因此氯離子的影響即可忽略。

3.6 港灣結構防蝕策略探討

由以上相關研究分析顯示，臺灣地區受到海洋環境影響甚鉅，結構物防蝕觀念應以腐蝕環境分區為前提。不論混凝土或鋼結構之防蝕設計，首先均應包括工程規劃考量與防蝕設計基本觀念訂定，而混凝土結構則可再分為基本防蝕對策與設計、特殊防蝕對策與設計。其中對於工程規劃的考量，應包括結構工址的選擇、環境因素與條件、結構的選線與配置、跨河或跨海橋梁的梁底高程，以及參酌結構依其他設計規範或法規所設計的參數值(如設計載重、梁深等)。防蝕設計基本觀念則包括腐蝕環境的區分、結構物設計使用年限的訂定(或結構物的重要性等級)等。基本防蝕對策與特殊防蝕對策制定則需考慮各種设计方案與環境間的參數值、材料性質與規格之訂定、設計方針與詳細解說等。

針對不同腐蝕環境，混凝土結構基本防蝕設計對策可包含結構型式防蝕考量、結構構造防蝕考量、混凝土材料性質與適用性、混凝土配比設計、保護層厚度考量等項目。特殊防蝕設計對策則可包含化學摻料性質與使用指針、高性能混凝土設計(含自充填混凝土設計)、防蝕鋼筋應用、預力鋼鍵與套管防蝕考量、非金屬鋼筋與鋼鍵之應用、混凝土表面塗裝與陰極防蝕等。針對鋼筋混凝土新建與既建

結構之防蝕策略建議如下：

(1) 新建鋼筋混凝土結構物

綜合各種腐蝕因素及防蝕方法之分析並參考以往實際經驗與考慮防蝕耐久性及降低週期壽命成本等，混凝土結構物位於不同腐蝕環境分類區域內防蝕方法之適用性如表8^[7]所示，在土水中惡劣腐蝕環境如海水或酸性污水中及酸性或含氯鹽高之土質中宜採用改良混凝土本體，加厚鋼筋混凝土保護層外，並採用防蝕鋼筋為宜。其他土水中之新建結構物可參考公路橋梁設計規範之規定設計施工辦理。

(2) 既有鋼筋混凝土結構物

對已腐蝕劣化龜裂之混凝土結構物無論在大氣及土水中均採用陰極防蝕法較適宜而達有效防蝕長久耐用之目標。

至於鋼結構在防蝕設計上除結構型式與構造的防蝕設計考量外，大多以材料的選用，以及塗裝或金屬熔射系統的選擇為主，因此鋼結構橋防蝕設計與施工可分為結構型式及結構構造之防蝕設計考量、鋼材選用、塗裝系統選用及施工、無機塗裝系統選用及施工、水中或土壤中鋼構造陰極防蝕系統、品質管理及檢驗等範疇。而對於不同程度之腐蝕環境所採取的防蝕措施；包括表面處理、底塗層、中塗層、面層之施工處理過程。塗裝系統的選擇及塗裝的作業程序、層數、使用量(g/m^2)、塗層膜厚(μm)等，均應視環境的腐蝕條件而定。針對鋼結構之新建與既建結構物之防蝕策略建

議如下：

(1) 新建鋼結構物

在各種不同腐蝕環境下，大氣中

之新建鋼結構使用防蝕方法比較如表9^[7]所示，然而在土水中部分之新、舊鋼構材宜採用陰極防

表8、新建混凝土結構防蝕方法比較表

腐蝕環境分級防蝕方法	C1、C2	C3	C4	C5、C5+
(1)改良混凝土本體	X	★	○	◎
(2)混凝土表面塗裝防透水性材料	X	△	○	△
(3)添加鋼筋腐蝕抑制劑	X	△	○	△
(4)陰極防蝕法	X	△	○	○
(5)防蝕鋼筋	X	△	○	○
(6)注膠混凝土伴用滲入型防水劑	X	★	△	△
(7)雙重以上防蝕措施	X	★	◎	◎
(8)原設計採用之混凝土	◎	◎+T	◎+(5)或T	◎+(5)或T

註：◎很適用 ○可用 △在特別條件下可用 X不需用 ★不適用 T加厚鋼筋混凝土保護層
說明：適用性或可用性除考慮不同腐蝕環境之適用耐蝕性外，尚考慮初期費用及其功能、耐久性與維護等之經濟效益。

表9、新建鋼結構防蝕方法比較表

防蝕方法		熱浸鍍鋅	耐候鋼材	塗裝	鍍鋅+塗裝	Zn-Al 熔射	熔射+塗裝	環境腐蝕分級
地區環境								
山間、田園地區	必須考慮景觀時	△	△	◎	◎	△	○	C1、C2
	使用結凍防止劑之地區	△	△	△	○	○	◎	C4
	構材平時處在濕潤狀態	○	X	△	◎	○	◎	C3
	其他一般場地	◎	◎	◎	○	○	○	C1、C2
都市、工業區	必須考慮景觀時	△	△	○	◎	△	◎	C2、C3
	在塗裝作業無空間場地	◎	○	X	◎	◎	◎	C2、C3
	其他一般場地	◎	◎	○	◎	◎	◎	C2、C3
海岸地區	在海岸落鹽量少之地區	◎	△	○	◎	◎	◎	C4
	在上項地區落鹽量多而條件較惡劣之地區	○	X	△	◎	○	◎	C5
	受到海水飛沫波及之地區	X	X	X	○	△	◎	C5+

註：◎很適用 ○可用 △在特別條件下可用 X不適用
說明：適用性除考慮不同腐蝕環境之適用耐蝕性外，尚考慮初期費用及其週期壽命成本之經濟效益。鋼構之防蝕以“免維修結構物”為目標，油漆塗裝適用於防蝕壽命較短之防蝕法。

表10、既有鋼結構防蝕方法比較表

防蝕方法		塗裝	Zn-Al 熔射	熔射+塗裝	環境腐蝕分級
地區環境					
山間、田園地區	必須考慮景觀時	◎	△	○	C1、C2
	使用結凍防止劑之地區	△	○	◎	C4
	構材平時處在濕潤狀態	△	○	◎	C3
	其他一般場地	◎	○	○	C1、C2
都市、工業區	必須考慮景觀時	○	△	◎	C2、C3
	在塗裝作業無空間場地	X	◎	◎	C2、C3
	其他一般場地	○	◎	◎	C2、C3
海岸地區	在海岸落鹽量少之地區	○	◎	◎	C4
	在上項地區落鹽量多而條件較惡劣之地區	△	○	◎	C5
	受到海水飛沫波及之地區	X	△	◎	C5+

註：◎很適用 ○可用 △在特別條件下可用 X不適用
說明：(1)適用性除考慮不同腐蝕環境之適用耐蝕性外，尚考慮初期費用及其週期壽命成本之經濟效益。鋼結構之防蝕以“免維修結構物”為目標，油漆塗裝適用於防蝕壽命較短之防蝕法。
(2)原防蝕設施局部性之損壞，原則採用原防蝕設施補作防蝕。
(3)原防蝕設施全面劣化腐蝕時可照表所示改用其他較耐久性之防蝕方法辦理，以降低週期壽命成本或達成免維護結構防蝕之目標，惟如限於表面處理之繁雜困難時仍採用原防蝕設施處理。

蝕。

(2) 既有鋼結構物

有關既有鋼結構物之防蝕方法之適用性比較則如表10^[7]所示。

四.結論

- (1) 臺灣西部海岸的氯鹽沉積速率以初秋到冬季最為嚴重，而東部海岸的氯鹽沉積速率則以夏季至初秋最為嚴重，至於臺灣南部海岸的氯鹽沉積速率，與西部海岸以及東部海岸相較，氯鹽沉積速率較小。
- (2) 空氣中氯鹽含量輸送到內陸的分佈，受到風速、風向、地形局部遮避的影響；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) 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。
- (4) 為因應臺灣特有的海洋環境所帶來腐蝕的嚴重威脅，及成本與防蝕效能的考量下，應具體建立腐蝕環境分區(海岸線距離分區)，並針對環境分區研擬完善之防蝕對策。

參考文獻

- [1] ISO 9223/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Classification.
- [2] ISO 9225/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres Measurement of pollution.
- [3] 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.
- [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] 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.
- [6] “Outdoor atmospheric corrosion”, ASTM STP 1421, H.E. Townsend Ed., West Conshohocken, PA, 2002.
- [7] 林維明、黃兆龍、莊秋明、劉益雄，臺灣地區高、快速公路橋樑結構物的腐蝕危害潛勢分析，第四屆海峽兩岸材料腐蝕與防護研討會論文集，pp.331-398(2004,南投)。

台灣主要商港海嘯預報系統的驗證-以基隆港為例

陳冠宇 中山大學海下科技暨應用海洋物理研究所 助理教授
劉俊志 中山大學海下科技暨應用海洋物理研究所 研究助理

一、前言

芮氏規模8.8的智利大地震在台灣時間2010年27日下午2點34分發生，夏威夷的太平洋海嘯警報中心針對智利與秘魯沿岸發布最高層級海嘯警報，另外環太平洋53個國家和地區，包括部分亞洲地沿岸區亦在警報範圍內。根據太平洋海嘯警報中心的紀錄智利沿海地區出現數十公分至2米多的海嘯高度，美國及墨西哥東海岸、夏威夷都觀測到數十公分的海嘯高度。而日本氣象廳的沿岸觀測紀錄有1米多的海嘯高度。

此次研究目的是利用總體經驗模

態分解法 (Ensemble Empirical Mode Decomposition, 簡稱EEMD)的方式解析智利地震所引起海嘯傳達至基隆港外的水位觀測資料，藉以了解海嘯到達時間以及海嘯高度。同時將美國國家地震資訊中心(U.S. ,National Earthquake Information Center)對智利地震估算的FMT解(Fast Moment Tensor solution)代入台灣主要商港海嘯預報系統(簡稱本系統)，藉以計算基隆港附近海嘯的預報水位。最後比較本系統產生的水位與EEMD解析出的海嘯水位兩者的差異。

二、基隆港水位資料來源

基隆港的觀測儀器為港灣技術研究中心在基隆港東防波堤外水深44公尺處設置的剖面海流表面波浪與潮汐之監測系統(Acoustic Wave and Current Profile system, 簡稱AWCP系統)，設置地點如圖1。系統會將觀測的資料即時傳回岸上的主機。儀器設定的觀測頻率為1Hz，紀錄每小時的第10至第44分鐘觀測水位及水分子運動速度。由於海嘯從智利外海約需經過26小時後抵達基隆，其時間為2010年2月28日



圖1 交通部運輸研究所港灣技術研究中心基隆港觀測站儀器安裝位置(2008年港灣海氣地象觀測資料年報-波浪部分上冊)

下午四點多。故此研究取2010年2月28日的水位資料(圖2)來進行解析海嘯的水位高度。

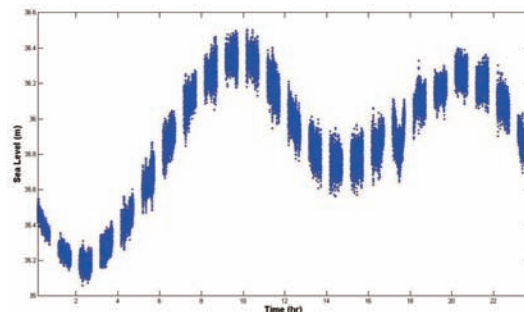


圖2 2010年2月28日每小時取第10分鐘至44分鐘的觀測水位。

三、研究方法

由於海面水位變化的資訊常是非線性(nonlinear)與非穩態(nonstationary)，所以不適合傅立葉系列的分析方法，故採用Wu and Huang(2008)使用的EEMD分析法。此方法能將原始訊號分解成多個本質模態函(Intrinsic Mode Function，簡稱IMF)。並改善之前經驗模態分解(Huang et al. 1998)出現的混模(mode mixing)問題，即在同一個IMF裡會有不同尺度的訊號混雜，或者是同一尺度的訊號出現在不同的IMF。產生混模的主要原因是部分訊號在整段時序資料中呈現斷斷續續的分布，而非連續性分布，EEMD的基本作法就是把一組白噪序列(white noise series)加入目標訊號分解後可得到一組IMF分量，再將多組不同白噪序列分別加入目標訊號分解出各自的IMF分量組，分別將每個IMF分量組其相對應的IMF分量加總平均後求得一組IMF分量，此IMF組即為最終的結果。本文使用國立中央大學數據分析方法研究中心所提供的EEMD分析程式，而加

入的白噪組數設定為500組。

本系統為港研中心委託中山大學的研究成果，其基本運作分為地震引起初始波源生成與互逆格林函數計算預報水位兩部分。前者利用美國國家地震資訊中心的FMT解代入Mansinha and Smylie(1971)提出的彈性半空間錯移模型(elastic half-space dislocation model)，此斷層模式主要是計算走向滑距及傾向滑距在垂直地表方向的分量，即垂直位移的總量，藉以獲得地震引發的海嘯初始水位。後者參考Xu (2007)把Loomis (1979)的互逆格林函數(reciprocal Green's Function)應用在海嘯預警的作法，將海嘯的傳播利用線性淺水方程式事先在預報點計算好特定區域內的互逆格林函數之後，以此範圍計算海嘯的初始水位分布對預報點所造成的水位時序列影響。

本系統的操作介面如圖3所示，操作步驟第一步要產生初始水位，在左上"輸入地震參數"的選單輸入地震規模(Mw)，震央經度(Lon.)，震央經度(Lat.)，深度(Depth)，斷層走向

(Strike)，傾角(Dip)，滑移角(Slip)，並選擇起始水位生成的範圍(Range)，最後按下"生成初始水位"的按鈕便會呈現地震造成的初始水位，以及震央位置的示意圖。第二步於"預報時間長度"的選單中選擇預報水位時間長度，水位顯示的起始時間由互逆格林函數估計的第一波到達時間來決定。最後於"選擇港口"的選單點選所需的水位預報地點來產生預報水位，時間解析為1分鐘。目前提供八個港口在地震發生後28小時內的預報功能，容許的海嘯

初始水位區域在經度東經100到西經70度，南緯47度與北緯66度。本文使用該系統來計算基隆港水位。

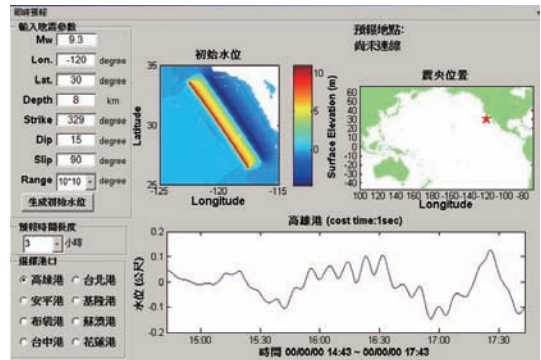


圖3 海嘯預報系統的操作介面。

四、結果

由水位資料(圖4)大略可看出第一波海嘯較明顯的波谷到達時間在2010年2月28日的下午5點至6點之間，故取下午5點10分到5點44分時段的水位來解析海嘯的水位。考慮若海嘯的周期大於資料觀測的時間長度34分鐘，則EEMD分解水位所得的海嘯分量容易和長周期的潮汐分量的訊號一起被分到餘訊(residual signal)，故有必要先濾除潮汐訊號。

由圖3可知下午3點至7點大致處於漲潮時期，為避開海嘯的影響，在此僅用下午3點10分至3點44分和下午6點10分至6點44分兩個時段的水位資料求取線性迴歸參數，藉以計算潮位(圖4藍線)。將5點10至5點44分時段的水位扣除潮位後得到濾潮後的水位(圖5)，以該水位進行EEMD分析，此時的餘訊便可代表海嘯的訊號。

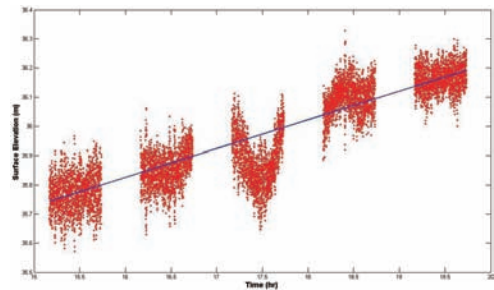


圖4 2010年2月28日下午3點到7點時段所擁有的水位資料，其中藍線為潮汐迴歸線。

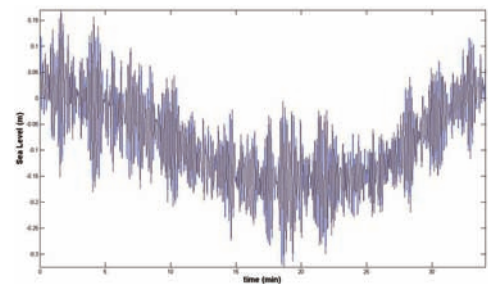


圖5 2010年2月28日下午5點10分到5點44分時段濾潮後的水位。

將濾潮後的水位經過EEMD分析的結果得到8個IMF分量和1個餘訊(圖6、圖7)，由於海嘯屬於長周期的波

動，故較高頻的6個IMF分量(C1到C6)應非海嘯的影響。另外低頻的兩個IMF分量C7和C8，其周期約20分鐘，由於相位相近基本上可視為同一分量，兩者加乘的水位波高2.8公分，波谷4.3公分。與C7、C8相較起來，餘訊對水位的影響較大，其水位最大值5公分，最小值約13.5公分，基本上可視為海嘯造成的水位。

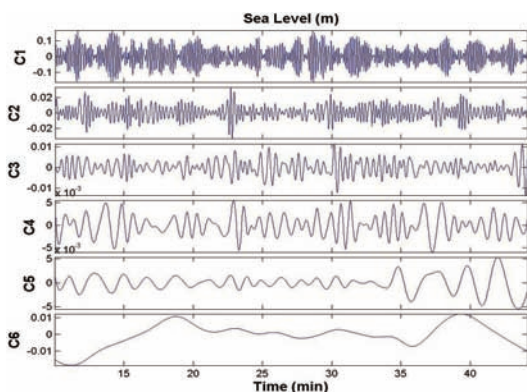


圖6 由EEMD分解出較高頻的IMF分量(C1至C6)。

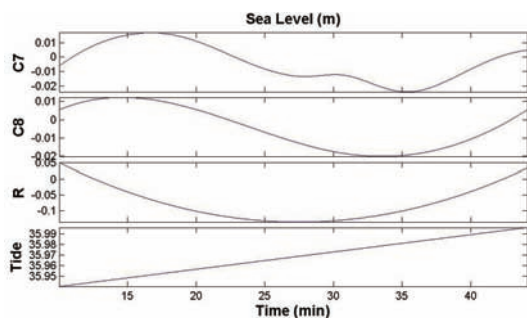


圖7 由EEMD分解出較低頻的IMF分量(C7、C8)與餘訊R，以及事先濾潮所扣除的潮位(Tide)。

此研究利用本系統產生的海嘯發生後水位與之前EEMD所分解的海嘯水位作比較。根據美國國家地震資訊中心發布最初發布的FMT解(表1)，將地震參數輸入系統，預報時間長度5小時(2010/2/28 13:34至18:34)，預報地點

為基隆港。輸入結果如圖8，結果顯示海嘯第一波的波峰為7.1公分，波谷為14.2公分，取下午5點10分至44分的預報系統水位與EEMD的海嘯餘訊，以及下午5點1分至5點35分的水位作比較(圖9)，能清楚的了解波谷的水位相近，而預報系統比海嘯餘訊的波谷到達時間先到9分鐘。

表1 美國國家地震資訊中心發布最初發布的智利地震FMT解。

USGS Centroid Moment Tensor Solution
10/02/27 06:34:09.75
BIO-BIO, CHILE
Epicenter: -35.988 -72.782
MW 8.6

USGS CENTROID MOMENT TENSOR
10/02/27 06:35:27.29
Centroid: -35.757 -72.389
Depth 36 No. of sta:189
Moment Tensor; Scale 10^{21} Nm
Mrr= 7.40 Mtt=-0.53
Mpp=-6.87 Mrt= 0.06
Mrp=-5.95 Mtp=-0.76
Principal axes:
T Val= 9.57 Plg=69 Azm= 84
N -0.48 3 183
P -9.08 19 274

Best Double Couple:Mo= 9.3×10^{21}
NP1:Strike= 11 Dip=25 Slip= 98
NP2: 182 65 86

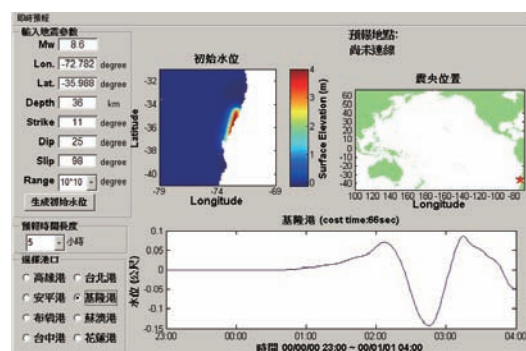


圖8 海嘯預報系統計算地震規模8.6的智利海嘯在基隆港所造成的水位。

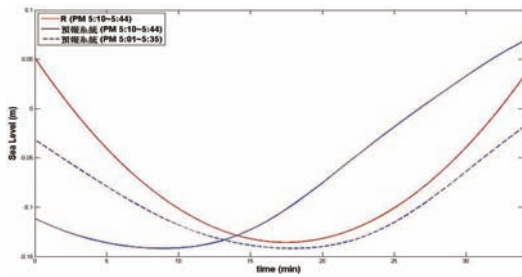


圖9 下午5點10分至44分預報系統計算地震規模8.6的水位(藍實線)與EEMD的海嘯餘訊(紅實線)，以及預報系統下午5點1分至5點35分的水位(藍虛線)比較。

美國國家地震資訊中心事後將智利地震規模由8.6重新上修成8.8，在此將修正後的FMT解(表2)同樣帶入作計算，結果顯示海嘯第一波的波峰由7.1公分增為12.4公分，波谷由14.2公分增為27公分，另外與下午5點10分至44分海嘯餘訊水位的比較(圖10)可看出波高相差13公分，而預報系統比海嘯餘訊的波谷到達時間先到11分鐘。

表2 美國國家地震資訊中心修正的智利地震FMT解。

```

10/02/27 06:34:08.34
OFFSHORE BIO-BIO, CHILE
Epicenter: -36.027 -72.834
MW 8.8

USGS CENTROID MOMENT TENSOR
10/02/27 06:35:27.50
Centroid: -35.766 -72.473
Depth 30 No. of sta:187
Moment Tensor; Scale 10**22 Nm
Mrr= 1.13 Mtt=-0.06
Mpp=-1.07 Mrt= 0.09
Mrp=-1.43 Mtp=-0.12
Principal axes:
T Val= 1.84 Plg=63 Azm= 80
N -0.06 4 180
P -1.78 26 272

Best Double Couple:Mo=1.8*10**22
NP1:Strike= 14 Dip=19 Slip= 104
NP2: 179 71 85

```

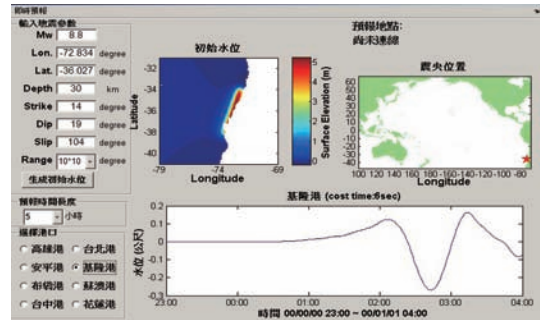


圖10 海嘯預報系統計算地震規模8.8的智利海嘯在基隆港所造成的水位。

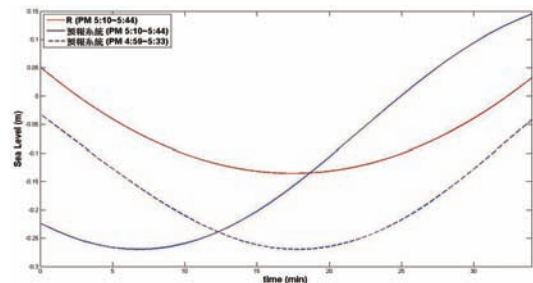


圖11 下午5點10分至44分預報系統計算地震規模8.8的水位(藍實線)與EEMD的海嘯餘訊(紅實線)，以及預報系統下午5點1分至5點35分的水位(藍虛線)比較。

五、結論

基隆港AWCP測量的水位在濾潮之後，使用EEMD的方法，能使海嘯的長周期訊號較完整的保留在餘訊。當使用美國國家地震資訊中心最早發布智利地震參數(規模8.6)，代入本系統，其預報水位與EEMD分析出的海嘯餘訊相較可知第一波的波谷深度接近，且預報的波谷早到9分鐘。而使用上修後的智利地震參數(規模8.8)

代入系統所得的結果，其預報水位比海嘯餘訊的波谷深度低約1倍，且預報的波谷早到11分鐘。兩者的差異可能由於預報系統的斷層模式所推算初始水位可能與實際有偏差，或者是因為互逆格林函數僅用2分網格地形計算，所以海嘯在近岸傳播的地形解析有些許不足，尚需更多的資料進行驗證。

參考文獻

1. 交通部運輸研究所港灣技術研究中心，「2008年港灣海氣地象觀測資料年報-波浪部分上冊」，2008。
2. Huang, N. E. , Z. Shen, and S. R. Long, M. C. Wu, E. H. Shih, Q. Zheng, C. C. Tung, and H. H. Liu, The empirical mode decomposition method and the Hilbert spectrum for non-stationary time series analysis, Proc. Roy. Soc. London, 454A,903-995, 1998.
3. Loomis, H.G., Tsunami prediction using the reciprocal property of Green's functions, Mar. Geod., 2(1), 27-39, 1979.
4. Mansinha, L. and Smylie, D. E.: The displacement fields of inclined faults, Bulletin of the Seismological Society of America, 61(5), 1433-1440, 1971.
5. Wu, Z. and N. E. Huang, Ensemble Empirical Mode Decomposition: A Noise Assisted Data Analysis Method, Advances in Adaptive Data Analysis Vol. 1, No. 1 ,1-41, 2008.
6. Xu, Z., The All-source Green's Function and its Applications to Tsunami,” Science of Tsunami Hazards, 26(1), 59-69, 2007.

淺談港灣功能多元化

-以安平漁港德陽艦展示為例

陳尚平 綠野國際建築師事務所前副所長
陳炳祺 浩海工程顧問股份有限公司顧問
陳昌生 浩海工程顧問股份有限公司副總經理
謝 豪 浩海工程顧問股份有限公司計畫經理
林東廷 浩海工程顧問股份有限公司前工程師

一、前言

近年來國內海域活動興起，促進港灣功能之多元化發展，包括漁港、商港等依據其實質潛力條件，各自發展適合之項目與功能，造就各港別具特色與多元之港灣功能。

台南市政府(以下簡稱市府)有鑑於安平港與安平地區寶貴之港灣與歷史文化資源，於民國91年提出「安平港國家歷史風景區計畫」，並獲得中央大力支持。在其實質推動發展項目之一，係利用我國汰換二次大戰之老舊戰艦成立軍艦博物館，提供國人

觀光與教育之實體展示設施，在歷經爭取除役軍艦及工程規劃設計施工等階段，業於民國99年春節期間先行開放國人登艦參觀。德陽艦展示開啟國內軍艦除役後之新生命與歷史教育傳承，亦是國內港灣功能多元化之一項創舉。

綜觀國內港灣功能多元化之發展，由初期以海鮮品嚐與魚貨採購為主，逐漸拓展至觀光旅遊、海域休閒遊憩及海洋文化教育等功能，與民眾生活之關係層面更廣且更深遠。

二、國內港灣功能多元化概述

隨著政府解嚴(民國76年7月15日)、海岸管制解除，近年來台灣地區因經濟成長，國民所得提高，民眾對生活品質相對重視。加上民國89年開始實施周休二日，國民休閒時間普遍增加，國人對於觀光遊憩之需求日益

殷切。而台灣地狹人稠，陸上遊憩資源有限，長達1,600公里之海岸資源促進海洋性遊憩活動興起，並亟需海上活動基地，以滿足國人遊憩需求，乃促進港灣功能之多元化發展。

國內漁港計225處(99年8月)，廣

佈於台灣本島及離島，自80年代初期因整體漁業環境變化，漁業成長受限，漁業經營結構面臨重新整合，漁港功能亦需適度調整。政府為謀漁業多元化發展，自81年度開始辦理休閒漁業規劃，民國82年5月公佈「娛樂漁業管理辦法」，而漁港建設方向亦有所調整，將觀光遊憩相關設施列入建設項目中。第二期台灣地區漁港建設方案(民國77~85年)為多功能漁港開始萌芽階段，梧棲漁港魚貨直銷中心即在此時期闢建；第三期台灣地區漁港建設方案(民國86~89年)明確將漁港功能多元化列入漁港建設四大目標之一，較具體建設成果如八斗子漁港碧砂港區之娛樂漁船浮動碼頭、烏石與富基漁港之魚貨直銷中心、將軍漁港綠美化等；第一期四年漁港建設中程計畫(民國90~93年)將漁港工程納入生態工法、景觀考量，並開放港區供遊艇停泊，推動漁港功能多元化設施計12處；第二期四年漁港建設中程計畫

(民國94~97年)將推動觀光漁港建設、提昇漁港環境品質等列為本期建設四大目標之一，辦理前鎮、興達、東石、花蓮、永安、竹圍及王功等7處觀光漁港建設；第三期四年漁港建設中程計畫(民國98~101年)延續前期四年建設精神，將加速漁港多元化建設、建立漁港優質環境等列為本期建設五大目標之一。

商港為進出口貨物之重要吞吐港，攸關國家貿易與經濟之發展，因此在開放民眾使用與參觀上不免受到一些限制。近年來海洋遊憩活動興起，國內商港在不妨礙港區安全及貨物裝卸作業之條件下，亦提供民眾親水空間，促進地方觀光發展。例如部份商港可供民眾搭乘遊艇觀賞港內海上風光，並不定期提供軍艦靠泊展示，另濱海遊憩區、親水遊憩區、遊艇碼頭、除役軍艦定點長期展示等計畫，亦由各港務局陸續推動中。

三、國內除役軍艦處置概況

近年來適逢我國海軍二代兵力整備時期，部分不符戰備需求之軍艦陸續除役。許多海軍早年主力戰艦歷經二次大戰洗禮，來台繼續服役，例如曾是捍衛台海主力之陽字號驅逐艦，全盛時期有26艘，90年代因二代艦陸續服役後開始逐步汰除，最後一艘瀋陽艦亦在94年11月於基隆港光榮除役。這些巡弋台海守護海疆之退役軍艦，除將艦上之武器系統、引擎等堪

用品拆除後封存或移植至新艦上繼續使用外，大致處置情形如下：

3.1廢料

軍方在無編列除役軍艦之裝備維護經費下，對於體型較小之艦體(如海鷗級飛彈快艇)，在無地方政府或海巡署接收情況下，最後多以公開招標方式將其拆解成廢鐵，再秤斤論兩賣出，這些老軍艦下場可謂殘破凋零、晚景淒涼。

3.2 靶艦

部分退役軍艦被作為訓練用靶艦擊沉入海，如94年9月漢光21號演習擔任靶艦之雲陽艦(DDG-927)，95年6月漢光22號演習之南陽艦(DDG-917)、正陽艦(DDG-928)及邵陽艦(DDG-929)等靶艦，可謂悲壯而有尊嚴之另類為國捐軀、戰死沙場，留下最後貢獻。

3.3 軍艦礁

行政院農業委員會漁業署為建構優質之海洋環境，利用大型軍艦具有廣大表面積及棲避空間之特點，於89~92年度與海軍總司令部合作辦理除役軍艦改製成軍艦礁之再造工程，

表1 國內軍艦礁概況

軍艦名稱	除役日期	沉放日期	沉放地點
萬安艦 (AP-523)	87/01/16	89/11/19	宜蘭縣石城人工魚礁區
凌雲艦 (AP-522)	88/02/16	89/12/16	澎湖縣七美人人工魚礁區
岳陽艦 (DDG-905)	88/01/16	90/10/13	花蓮縣奇萊鼻人工魚礁區
慶陽艦 (DDG-909)	88/07/16	90/11/02	蘇澳澳底外海
鎮海艦 (LSD-192)	88/06/01	90/12/09	小琉球外海
當陽艦 (DDG-911)	88/03/16	91/10/16	宜蘭縣人工魚礁區
居庸艦 (PCE-867)	87/01/16	91/11/09	宜蘭縣東澳人工魚礁區
大同艦 (ATA-548)	88/07/16	91/11/10	花蓮縣奇萊鼻人工魚礁區
中榮艦 (LST-210)	86/10/16	91/11/29	屏東縣人工魚礁區
武勝艦 (PCE-866)	87/02/16	92/01/09	澎湖縣錠鉤嶼人工魚礁區
萊陽艦 (DDG-920)	88/03/16	92/03/29	澎湖縣垵北人工魚礁區
綏陽艦 (DDG-926)	89/03/16	92/04/11	台東縣人工魚礁區
漢陽艦 (DDG-915)	88/08/16	92/04/19	苗栗縣外埔人工魚礁區

參考資料：

1. 中華民國海軍網站 <http://navy.mnd.gov.tw/>
2. 漁業署網站 <http://www.fa.gov.tw/>

自89年11月第一艘萬安艦投放後，迄92年4月之漢陽艦為止，先後已有13艘除役軍艦沉放於台灣四周海域，如表1所示。軍艦礁開啟我國人工魚礁之歷史新頁，不僅提供各類水產生物棲息、繁殖、索餌、洄游及躲避敵害之環境，亦提供漁民經濟又便利之作業場所，除具傳統人工魚礁生態再造及培育資源之效益外，亦讓這些戰功彪炳、榮耀一生之退役軍艦轉換方式永鎮海疆，更可對戰史軍品作另類之紀念保存。

3.4 軍艦博物館

許多先進國家將具有紀念價值之退役軍艦成立博物館，除可吸引觀光人潮，並具有歷史意義。國內在90年代軍艦除役潮下，一度讓地方政府與相關單位搶著接收陽字號驅逐艦情形，包括基隆市(爭取瀋陽艦)、高雄市(先後爭取洛陽艦、建陽艦)、台南市(先後爭取南陽艦、德陽艦)、金門縣(爭取中字號軍艦)及台中港務局(爭取瀋陽艦)等均向海軍總部爭取退役軍艦，但接收後之整備費及每年之維護費常讓有意設置軍艦博物館之單位裹足不前。

國內催生軍艦博物館之具體進度，除台南市政府設置中之驅逐艦展示館(原德陽艦展示館)將為國內第一個可供參觀之實體展示軍艦外，海軍核定給台中港務局之瀋陽艦已進行「台中港軍艦博物館瀋陽艦陳展規劃」，核定給高雄市政府之建陽艦已完成「軍艦博物館建陽艦復原前置作業」規劃，樂見不久將來軍艦博物館之陸續誕生。

四、相關船舶展示案例與分析

國外利用除役軍艦作為紀念館或博物館之案例甚多，具有推廣觀光、海洋科學、軍事科技及歷史教育等功能，並成為當地著名之旅遊景點。分析相關國內外實體船舶展示案例、安置方式及上岸方法如下：

4.1 船舶展示案例

一般船舶展示係結合實體船舶與展示館兩部分，亦有僅設置實體船舶展示或展示館者，茲以國內外案例(如圖1)說明如下。

1. 海功號

國內實體船舶展示之案例並不多，較具規模者為位於基隆市八斗子漁港碧砂港區之海功號。該船噸位為711.5噸，原屬省水產試驗所之試驗船，曾遠征南極為我國漁業寫下輝煌一頁。82年1月功成身退後，於87年12月移置岸上展示，以設置解說牌而未

開放登船方式，故各界常有再造海功號之提議，俾利進一步開放遊客登上甲板、駕駛室及艙房參觀。

2. 韓國統一公園艦艇展示館

韓國統一公園位於江原道江陵市，可俯瞰大海，設有艦艇展示館約4,000坪，於陸上展示1996年入侵之北韓潛水艇及1999年退役之4,000噸級陽字號驅逐艦，並開放部份空間供遊客登船參觀。

3. 美國夏威夷密蘇里號戰艦紀念館

密蘇里號為美國海軍愛荷華級戰艦之三號艦，建成於1944年，而在1992年正式除役，嗣後於夏威夷珍珠港設置密蘇里號戰艦展覽館(BATTLESHIP MISSOURI MEMORIAL)。本艦因1945年二次大戰時，由美國麥克阿瑟將軍及盟軍代表於艦上接受日本無條件投降之簽署



(A)基隆市八斗子漁港碧砂港區之海功號



(B)韓國江陵市統一公園之艦艇展示
(摘自 <http://www.gntour.go.kr/chn/main.jsp>)



(C)美國夏威夷珍珠港之密蘇里號、亞歷桑那號紀念館
(摘自 <http://www.usmissouri.com/>)



(D)美國加州聖地牙哥市之中途島航空母艦博物館
(摘自 <http://www.wretch.cc/blog/Nicklink/7771523>)



(E)大陸深圳市明斯克航空母艦世界
(摘自 <http://www.szminsk.com/>)

圖1 船舶展示案例

地點而聲名大噪。

4.美國夏威夷亞歷桑那號紀念館

同位於夏威夷珍珠港之亞歷桑那號紀念館(USS ARIZONA MEMORIAL)係為悼念二次大戰日本偷襲珍珠港，於死傷最為慘重之亞歷桑那號沉沒地點設置國家墓園供人參觀。由紀念館上方可看到沉艦之甲板、煙囪等遺骸。

5.美國聖地牙哥中途島號博物館

中途島號航空母艦於1945年竣工下水(滿載排水量為64,000噸，艦長298.4m，寬34.4m，吃水10.9m)，為美國海軍歷史上服役時間最長之航空母艦之一，於1992年除役。該艦退役後被改造為展示用途，於加州聖地牙哥設立中途島號博物館(USS MIDWAY MUSEUM)，成為聖地牙哥三大觀光景點之一。

6.大陸深圳市明思克航母世界

位於大陸深圳市沙頭角海濱之明思克航母世界為一軍事主題公園，展示前蘇聯退役航空母艦明思克號。該艦屬基輔級中型航空母艦，排水量42,000噸，於1978年完工，至1989年後無法使用，於1995年賣給韓國準備拆卸，至1998年被大陸一家公司購買後改裝為參觀娛樂用途。

4.2船舶安置方式

分析國內外船舶展示案例之安置方式包括岸置式、繫泊式及沉船式等，分述如下：

1.岸置式

岸置式係將展示船舶移置岸上陳列展覽，其主要特點為可觀賞船舶整體外觀、減輕日後維護工作，避免水

下船體之定期除污作業，惟相對減少船舶之臨場感。本安置方式較適合噸位與構造小之船舶，如國內海功號、韓國統一公園之潛艇展示等例。

2.繫泊式

繫泊式係將展示船舶繫靠錠泊於水域，其主要特點為維繫船舶之生命力，惟需定期進行水下船體之除污作業。本安置方式較適合噸位與構造大之船舶或陸上用地有限情況，又可分為：

(1) 繫靠碼頭式

將展示船舶繫靠於碼頭，如珍珠港之密蘇里號、聖地牙哥之中途島號等例。

(2) 錠泊水域式

將展示船舶錨錠於水域，以聯絡橋連繫船舶與岸上，如大陸深圳市之明思克號展示。

3.沉船式

利用沉船作為歷史見證屬較特殊之展示方式，與前述之人工安置方式不同，如珍珠港之亞歷桑那號。此設置概念亦可推廣至古沉船、軍艦礁等對象，提供遊客水下觀賞船舶與體驗歷史之另類海域遊憩方式。

4.3船舶上岸方法

船舶展示前之整備工作除船體整修外，依船舶安置方式之不同，其安置方法亦異。繫泊式展示僅需將對象船舶繫靠於碼頭或錠泊於水域，而岸置式船舶之上岸方法可依陳展地點條件考慮如下：

1.直接起吊上岸

噸位小之船舶可利用起重設備直接自水域吊掛上岸，而隨著施工船機與施工機械之操作能量與日俱進，可

起吊之船舶噸位亦愈益提高，如韓國統一公園之4,000噸級驅逐艦係由2艘1,800噸與1,500噸起重船直接吊掛至陸上展示場所。

2. 浮沉台船輔助上岸

常用來製作沉箱之浮沉台船，利

用其工作浮台之沉浮操作，國內中工19、20號浮沉台船(33×39×2.5m)曾協助載運海功號(56.6×9.1×3.25m)，配合岸邊之斜坡安置軌道、台車及絞機，將其移駁至碧砂港區之岸上安置(如圖2)。



(A)帶纜移動海功號



(B)海功號拖入浮沉台船



(C)工作浮台撐起海功號拖



(D)海功號運抵上岸處



(E)海功號由絞機拉上岸



(F)岸置後重新上漆之海功號

圖2 海功號利用浮沉台船輔助上岸(照片來源：楊明如先生)

3. 水道拖航岸置

利用天然河道或人工航道將對象船舶拖航至展示地點，再擋水固定船舶。參考全球防衛誌250期(94年6月)報導，採用此種上岸方法之案例如下：

美國新罕布夏州之青花魚號潛艇博物館位於一個淺坑中，當年事先浚

挖一條水道，利用拖船將青花魚號由泊地拖航至淺坑中，待固定於基台後再抽乾坑內之水。日本三笠號軍艦則是在靠泊定位後，將艦體之四週圍起來，再以水泥將艦體四周固定。巴黎市區之不屈號潛艇博物館，當年這艘潛艇係沿著塞納河，一路拖航至巴黎市中心之展示場地。

五、軍艦(南陽艦)展示規劃

台南為全台最早開發之地區，台南之開發則肇始於安平。台南市之歷史發展與港口息息相關，水岸之變

遷與都市發展一直關係密切，先民在安平遺留下來之豐富獨特歷史文化資產彌足珍貴，海岸、運河圍塑而成之

安平港及水岸地區具有成為國際性親水歷史文化生活博物館之條件。市府為促進國內旅遊發展，增進國人對台灣開台史之認識，繁榮地方發展，計畫以安平港地區為核心，將安平舊市區之歷史遺跡，包括廟宇、古堡、砲台等歷史文化資產與安平漁港、北邊之鹽水溪口附近結合，發展成為「安平港國家歷史風景區」，提供一個高品質之文化、知性、藝術及親水遊憩區。本計畫獲中央納入行政院六年建設計畫，並列入「挑戰2008：國家發展重點計畫」。

依據安平港國家歷史風景區計畫之具體措施主要分成歷史保存、自然保育、文化設施及產業文化觀光等四大類。在文化設施之執行計畫主要包括博物館、港區公園等設施，其中軍艦博物館為博物館發展項目之一，計畫展示我國海軍除役之陽字號軍艦，以宣揚海軍艦艇軍威，提昇我國海洋、船舶工程技術，深具文化教育意義。在市府積極爭取下，獲海軍總部同意撥交89年1月除役之南陽艦供展示，乃於93年7月起進行南陽艦展示規劃工作，並於同年12月完成規劃，奠立後續展示工程建設之依據。

5.1 展示基地

依據安平港國家歷史風景區計畫，軍艦博物館展示用地係位於億載金城之北側，毗鄰仁平路西側與國瑞造船廠南側之公七用地，近安平漁港舊港口且臨支航道出入口，基地略呈梯形，面積約0.84公頃，如圖3所示。



圖3 安平港國家歷史風景區計畫軍艦展示基地

5.2 南陽艦船舶特性

南陽艦原為美國海軍Allen M. Sumner級驅逐艦，編號DD-760，由美國紐約伯利恆鋼鐵公司於1943年11月21日建造，1944年9月30日完工下水，1945年10月11日成軍，在美國服役期間曾支援我國戡亂及參加韓戰與越戰，並於1951年起多次奉命巡弋台灣海峽。

民國63年5月美國將該艦售予我國，同年7月拖返左營，64年6月正式成軍，命名為「南陽」軍艦，舷號917。民國67年該艦納編六七敦睦支隊，訪問新加坡及韓國鎮海、釜山、仁川等地，71年8月完成「武進一號」系統改裝，使該艦具備現代化三度空間作戰能力，對我海軍反潛、防空、反水面武力之提昇，貢獻良多。在海軍服役期間先後參加定遠、天盾、雲海、龍睛、海鯊等演習，並擔任海峽偵巡、外島運補護航、巡弋警戒及各項演訓等任務，為海軍建軍備戰與確保海權，寫下不可磨滅之功勳與輝煌之史蹟，於89年1月除役。主要船舶特性如下：

1. 艦長：376呎6吋(約114.76公尺)

2. 艦寬：40呎9吋(約12.42公尺)

- 3.吃水：13呎10吋(約4.22公尺)
- 4.航速：最大(經濟)速率34(15)節
- 5.排水量：滿(輕)載3,320(2,200)噸

5.3 安置方式

考慮展示位址條件、對象船舶等因素，研擬可能安置方式，並評估建議最適方案。

1. 安置原則

- (1) 不影響漁船出入及北側造船廠之營運。
- (2) 通視良好足以展現軍艦整體雄姿且對鄰近景觀影響最小。
- (3) 經濟、安全及施工便利且日後易於維護，並減少對環境之影響與衝擊。
- (4) 與基地附近相關計畫之調和。

2. 安置方式研擬

參考國內外船舶展示方式及相關施工技術，研擬可能安置方式(如圖4)如下：

(1) 岸上浚填安置

以自然開挖方式將計畫用地浚深至軍艦吃水深度以下，拖曳軍艦進入臨時浚挖之水渠內，再於艦體週邊回填土砂及設置支撐工固定之。

(2) 岸上澆置安置

於基地打設三面臨時鋼板樁，並浚深至軍艦吃水深度以下，將軍艦拖曳至板樁圍築之水域內，再打設封口板樁，復於艦體底部復土，其上澆置混凝土加以固定。

(3) 船塢安置

在基地建造船塢，於軍艦入塢後關閉塢門，並排放塢內海水，再將其固定於支架上安置。

(4) 繫泊安置

於基地前側水域建造碼頭設施供軍艦繫泊安置，包括靠岸或離岸繫泊方式等考慮。

3. 安置方式評估

依下述因子分別比較各安置方式如下：

(1) 觀賞展示

以岸上浚填、岸上澆置等安置方式，除底部掩埋部份外，可於岸上開放空間觀賞軍艦外貌；採船塢安置方式可於塢內一覽全艦外貌；繫泊安置方式除水線以下之船體外，可於海上觀賞軍艦外貌，具延續軍艦生命及真實臨場感。

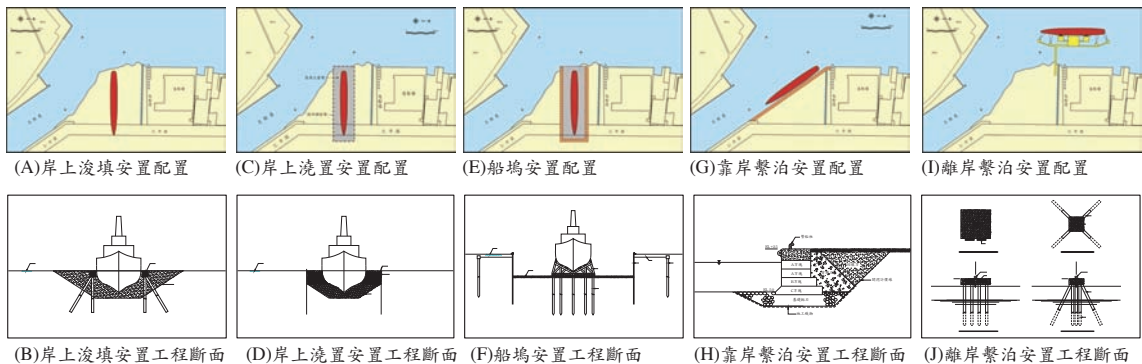


圖4 軍艦安置方式研擬

(2) 工程施工

岸上浚填安置之主要施工包括土方浚挖、軍艦拖曳定位、覆土回填及固定支撐等項目，相對上工程規模較小。施工上需注意艦體之安置平衡，並避免基礎不均勻沉陷造成傾斜。

岸上澆置安置之主要施工包括臨時鋼板樁打設、土方開挖、軍艦拖曳定位、回填土方、澆置混凝土、拔除鋼板樁等，相對上工程規模屬中等，施工上亦需注意艦體之安置平衡。

船塢安置之主要施工包括塢體打樁、塢門設置、塢池浚挖、地質改良、基礎工、止漏及船體支撐架設置等，相對上工程規模較大，施工工期較長。

繫泊安置之主要施工包括碼頭設施、泊地浚挖等項目，相對上工程規模屬中等。

(3) 日後維護

岸上安置方式之日後維護除軍艦內部保養外，主要為埋置區以上之艦體外部現地保養；船塢安置方式之日後維護主要為全艦內外埠現地保養；繫泊安置方式之日後維護除水線以上之艦體外部及艦體內部之現地保養外，尚需定期入塢上架進行水線以下之外埠除污與保養作業。

(4) 工程與維護費

軍艦之安置方式攸關初期建置成本與日後維修經費，分別估算各安置方式之建設工程費與日後維護費，以軍艦展示年期為30年，

年利率以1.6%計，依複利計算年總費用(年還本費用+年維護費)依序為：船塢安置(約854萬元)>繫泊安置(約475萬元)>岸上澆置安置(約229萬元)>岸上浚填安置(約159萬元)。

(5) 設施利用性

岸上安置方式之工程設施無法重覆展示利用，船塢安置方式可提供塢體容納計畫規模以下之其他不同船舶重覆展示利用，而繫泊安置之碼頭設施亦可提供容納同噸級以下之其他船舶重覆展示利用。

(6) 現地環境影響

岸上浚填安置因開挖範圍較大，對現地環境影響大，且軍艦安置於岸上將減少有限陸上用地之利用；岸上澆置安置亦需開挖基地，同樣將減少陸上用地，對現地環境影響較大；船塢安置方式需開挖塢池，所佔用陸上用地最大，對現地環境影響亦最大；繫泊安置方式視碼頭闢建位置對現地環境影響程度不一，惟對現地環境影響較小。

(7) 綜合評估與建議

所研擬四種安置方式中，原則上可分為岸上展示與泊靠碼頭展示兩種型態，其中岸上浚填安置、岸上澆置安置、船塢安置等屬於岸上展示，而繫泊安置屬泊靠碼頭展示。比較上述安置方式之優缺點，就不同比較因子而言，各安置方式均有其優缺點。考慮所展示對象船舶為大型軍艦，以繫

泊安置方式在施工上對現地環境之影響較小，並可保存較完整之陸上用地供其他相關公共與服務設施之規劃利用，且繫泊碼頭展示可延續軍艦生命，創造臨水景觀及具真實臨場感之景點，亦為目前國外大型軍艦常用之展示方式。雖然繫泊安置方式之初期建設費用略高且日後需定期進塢保養，但仍屬較佳之安置展示方式，故綜合評估結果建議採用繫泊碼頭之安置方式。

5.4 展示規劃

展示軍艦經評估採繫泊安置方式，包括靠岸繫泊、離岸繫泊等方案，並於岸上設置展示空間，以達「艦上展示偏重體驗、岸上展示偏重歷史」之規劃原則。

1. 整體規劃原則

- (1) 應與安平港國家歷史風景區密切結合

- (2) 應融入週遭環境地景氛圍中

- (3) 應考慮周邊未來發展

- (4) 應盡量採取對生態友善之設計

- (5) 應注重整體夜間照明

2. 展示區配置策略

展示區配置規劃須與安平港國家歷史風景區之其他設施相互配合串聯，並考慮未來發展狀況。

- (1) 納入周邊臨水用地整體設計

- (2) 結合億載金城景觀與動線系統

- (3) 預留港濱公園南北動線

- (4) 停車需求與周邊設施共同檢討

- (5) 考慮取消仁平路後之狀況

- (6) 結合水上交通系統

3. 配置方案規劃

展示區配置規劃分別以(A)離岸繫泊、(B)靠岸繫泊之軍艦展示，搭配岸上展示館規模採(A)精簡設計、(B)較大規模設計，進行配置模擬測試，所規劃測試方案(如圖5)並非唯一搭配方式，必要時亦可互為交換。



(A) 方案A 配置圖



(B) 方案B 配置圖



(C) 方案A 之3D 透視圖I



(D) 方案B 之3D 透視圖I



(E) 方案A 之3D 透視圖II



(F) 方案B 之3D 透視圖II

圖5 軍艦及岸上展示區配置方案規劃

(1)方案A：離岸繫泊/岸上展示館精簡設計(300~500坪)

本方案將水岸恢復為生態濕地，並將岸上展示館與地貌結合，使建築量體集中及隱藏於一低矮之綠化小土丘下。

- 以南陽艦為展示主體
- 採取低調之景觀建築
- 狀如小丘之展示館
- 設置屋頂觀景平台
- 以繫泊平台做為登艦設施
- 設置水岸親水木棧道
- 水岸復育為紅樹林生態濕地

(2)方案B：靠岸繫泊/岸上展示館採較大規模設計(600~800坪)

依1894年一張英國駐華公使館函件檔案中之安平地圖，顯示當時在億載金城外圍原建有土堤，設有砲口控制西南水道及外海，而此一土堤現已不存。

- 以軍艦博物館為展示主體
- 呼應歷史記憶之土堤型建築

- 內庭設反射水池
- 提供大眾線性水岸公共空間
- 登艦步道跨越鏡面水池

4.方案比較與建議

比較上述二方案優缺點互見(如表2)，關鍵比較點在於展示功能與繫泊地點穩靜度。方案B之博物館展示機能較健全，其特別展示功能可促成參觀者多次參訪，且因空間較有餘裕，在收藏、研究、教育等方面亦較完備，長期而言較具經營潛力；另採靠岸繫泊在舢舨碼頭開通前其繫泊地點較穩靜安全，且較不影響未來現代美術館景觀，故優先建議採B方案。

5.5建議

- 1.岸上展示內容以南陽艦為主，並擴及船艦相關主題及安平歷史軍事角色等。
- 2.爭取即將退役之同型艦以取代除役多年之南陽艦，可節省改修經費近千萬元。

表2 展示規劃方案比較與建議

方案	A：軍艦離岸繫泊/岸上展示館精簡設計(總樓地板面積約300~500坪)	B：軍艦靠岸繫泊/岸上展示館採較大規模設計(總樓地板面積約600~800坪)
優點	1.建築量體較小，對周遭環境視覺衝擊較小。 2.復育水岸植栽，較具自然野趣。 3.初期建置成本及長期營運成本均較低，財務問題較易解決。 4.保留較多空地，可供未來發展。	1.展示空間大，且設有特別展示室，可不斷更新內容，促成參觀者多次參訪動機。 2.展示內容可較多元深入，教育功能較全面。 3.展示面向較廣，易與在地環境產生關聯。 4.南陽艦繫泊位置之颱風波浪穩靜度較佳。 5.南陽艦停靠於基地邊界內，自岸上可觀覽全貌，且較不影響現代美術館景觀。 6.建築及鏡面水池提供之體驗較特殊強烈。
缺點	1.展示空間較小，未設特別展示室，較缺乏展示彈性及更新展示能力。 2.展示內容較少，教育功能較片面。 3.主要針對南陽艦展示，與在地環境關係較薄弱。 4.南陽艦位於未來現代美術館前，影響景觀。 5.南陽艦繫泊位置之颱風波浪穩靜度較低。 6.南陽艦船身後段位於造船廠前，自岸上不易觀覽全貌。	1.初期建置經費及長期營運成本均較高，財務籌措需著力較多。 2.建築量體較大，對視覺環境之衝擊亦較大。 3.未保留水岸邊坡，較無自然野趣。 4.南陽艦離岸較近，對水岸景觀可能衝擊較大。 5.保留較少空地，未來發展性較低。
建議方案		●

六、德陽艦展示工程建設

在93年12月完成南陽艦展示之規劃作業後，市府進一步爭取到94年4月除役之德陽艦以取代南陽艦，並於96年11月起陸續展開實質建設工作，包括繫泊水域、軍艦修復及展示館工程等。

6.1 德陽艦船舶特性

德陽艦原為美國GEARING級驅逐艦，原名SARFIELD DD-837，由美國紐約伯利恆鋼鐵公司建造，於1945年5月27日下水，同年7月31日完工成軍。民國66年美國將該艦售予我國，同年10月1日接艦官兵107員於美國佛羅里達州梅堡海軍基地舉行交接儀式，於67年1月30日駛抵國門，加入戰鬥序列，舷號為925(如圖6)。德陽艦原隸124艦隊，82年8月1日改隸146艦隊，86年10月1日又改隸131艦隊、252戰隊。

民國78年12月30日於海軍第一造船廠，配合大修工程執行武進三號任務，79年10月5日完成大修工程、系統安裝、單機測試及高速試車後正式出廠，並於80年5月5日完成天盾演習任務暨正規複訓後，服勤暨參與各項演訓任務，經各階段之精進準備，使該艦防空、反水面及反潛作戰邁向一體自動化之新紀元，符合現代化海戰之戰備需求(如圖7)。



圖6 德陽艦服役時之海上雄姿
(摘自 <http://forum.u-car.com.tw/>)



圖7 德陽艦水線以上及整體側視圖

德陽艦在海軍服役期間，先後參加多項演習，並擔任海峽偵巡、外島運補護航、巡弋警戒等任務，為海軍建軍備戰與確保海權，立下不可磨滅之功勳與輝煌之史績，而於94年4月1日功成身退除役。主要船舶特性如下：

1. 艦長：390呎6吋(約119.02公尺)
2. 艦寬：40呎9吋(約12.42公尺)
3. 吃水：14呎9吋(約4.50公尺)
4. 航速：最大(經濟)速率34(15)節
5. 排水量：滿(輕)載3,480(2,425)噸

6.2 德陽艦靠岸繫泊安置工程

在完成南陽艦展示規劃後，市府首先啟動「德陽艦靠岸繫泊安置工程」，由於德陽艦與南陽艦屬同級艦，船舶特性類似，原規劃工程內容大多可以延用。

1. 工程內容

本工程主要興建繫泊碼頭142.5公尺、護岸33.5公尺、防颱繫船直柱4處及泊地基礎挖方74,500立方公尺等。

2. 細部設計

主要檢討繫泊碼頭(如圖8)需求如下：

(1) 碼頭面高程

參考碼頭設計基準，碼頭面高

程依據當地之平均高潮位及潮差參考值，採用EL+2.5m(築港系統，較中潮系統低50.6公分)，與安平漁港之遠洋碼頭面高程相同。

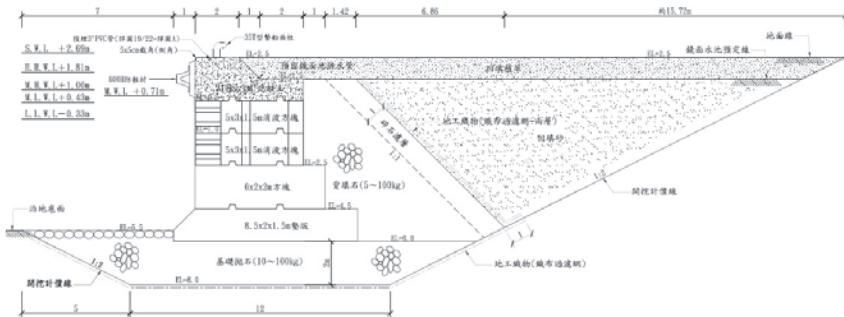


圖8 德陽艦繫泊碼頭標準斷面圖

(2) 泊地水深

泊地水深考慮德陽艦卸載後之艦艏與艦艉吃水、近艦艏船底之聲納音鼓切除、艦艉處推進器之拆除、軍艦俯仰、海床底質、潮位等因素，碼頭泊地水深採EL-5.5m(築港系統)。

(3) 碼頭構造

採消波重力式碼頭構造，並為後續鏡面水池工程預留設計。

3. 執行情形

本工程於96年11月5日動工興建，業於97年9月4日竣工。

6.3 德陽艦船艦修復展示工程

市府係於97年12月接收德陽艦，

為儘可能恢復除役前之英姿與狀態，除國防部提供艦上武器、通訊雷達等設備外，並辦理「德陽艦船艦修復展示工程」。

本工程於98年1月2日動工，分二階段進行，在德陽艦第二階段修復期間，市府配合99年春節假期，於99年2月14~20日先行開放民眾登艦參觀(如圖9)，使參訪者體驗艦上生活與軍艦雄威。

1. 第一階段

第一階段工程分別於海軍旗津基地碼頭與左營軍港進行：

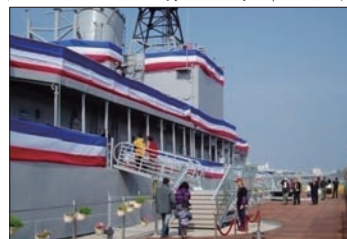
德陽艦除役後係泊靠於海軍旗津



(A) 德陽艦自左營軍港拖抵安平漁港
(摘自：台南市政府新聞稿 98.1.22)



(B) 德陽艦繫泊於展示碼頭進行第二階段修復
(摘自：台南市政府新聞稿 98.1.22)



(C) 99年春節期間德陽艦開放民眾登艦參觀I



(D) 99年春節期間德陽艦開放民眾登艦參觀II



(E) 99年春節期間德陽艦開放民眾登艦參觀III



(F) 99年春節期間德陽艦開放民眾登艦參觀IV

圖9 德陽艦船艦修復展示工程分二階段進行及工程期間先行開放參觀

基地碼頭，本工程於此檢查各艙間(含油櫃、水櫃)及清理廢棄物，並切除部分甲板上障礙物。

完成初步檢查與整理後，德陽艦於98年1月7日拖抵左營軍港，9日進入6號船塢上架進行主甲板水線下艦體檢測修復作業。主要施工內容包括以高壓水柱清除艦體表面海生物、檢查船底有無破損狀況與測厚、更換防蝕鋅板及船底油漆等。

2. 第二階段

在完成第一階段修復工程後，德陽艦於98年1月22日在高雄港勤公司之編號K-102(3,200馬力)與K-145(1,800馬力)2艘拖船分別於艦艏與艦艉帶纜下，由左營軍港拖回安平漁港展示基地，接續進行第二階段之艦體及艙間修復工程。

6.4 德陽艦靠岸碼頭景觀水藝工程

本工程於98年12月6日開工，工期預計120日曆天，主要工項為連結德陽艦與船博物館之鏡面水池工程，施作內容包括鏡面水池之池壁施作、池底面飾、水池水藝設備、景石設置、碼頭木棧道施作及照明等。

6.5 船博物館及展示工程第一期工程

市府為促進國內旅遊發展，增進國人對台灣開台史之認識，以文化建設帶動地方發展，於德陽艦繫靠碼頭之陸上腹地，配合德陽艦展示興建大員海洋歷史文化館(船博物館)，以呈現安平與台南之開發關聯性與史料，突顯安平港之歷史特殊地位。船博物館建築外型以海浪拍打岸邊之意象設計，配合德陽艦背景(如圖10)，將使本館成為另一著名之地標建築。(台南市政府新聞稿，98年11月25日)

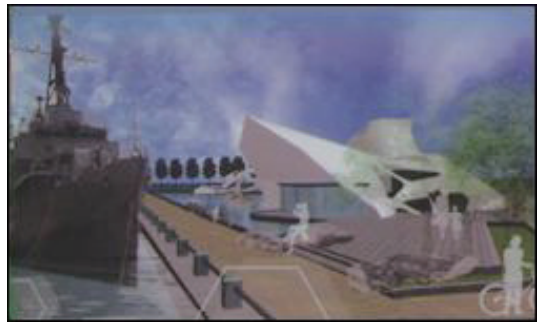


圖10 船博物館及展示工程願景圖

第一期工程以博物館建築本體為主要工項，業於98年12月8日開工，工期預計300日曆天，而展示工程將於第二期工程發包。

七、結語

在國內港灣功能多元化之潮流中，安平港國家歷史風景區計畫為安平漁港注入新風貌，改善漁港漁村環境景觀，提供國人觀光休憩之場所。

就歷史角度而言，有些退役軍艦頗具紀念意義，因此許多國家莫不積極加以保存。國內在90年代軍艦除役

潮下，台南市政府積極爭取除役之德陽艦於安平漁港展示，更是首開國內與漁港之先例。由93年起歷經規劃、建設及船艦修復，已使德陽艦成為具特色之實體展示船艦，讓參訪者在登艦參觀後更能充分體驗艦上官兵生活，不僅宣揚我國海軍艦艇軍威與海

洋文化教育，亦為前來府城參觀之遊客提供更高品質之文化、知性、藝術及親水之旅。

保存退役軍艦長期展示需龐大之

維護管理經費，欣見台南市政府克服萬難且初具成果，期盼未來能永續經營，並帶動國內軍艦博物館之蓬勃發展。

謝 誌

本文承蒙台南市政府文化觀光處文化資產科胡那鐘小姐、前德陽艦第七任艦長車舒曹先生、展華機械工程

股份有限公司楊明如董事長等提供寶貴資料，特致謝忱。

參考文獻

1. 海軍艦隊司令部，「老陽字號的故事」，93年12月。
2. 台南市政府，「安平港國家歷史風景區計畫南陽艦展示規劃」，93年12月。
3. 陳國銘，「陽字號軍艦博物館芻議」，全球防衛誌 250 期，第86~93頁，94年6月。
4. 陳國銘，「韓國軍艦博物館巡禮」，全球防衛誌 256期，第110~117頁，94年12月。
5. 台南市政府新聞稿，「德陽艦入港靠岸」，98年1月22日。
6. 羅玉如，「德陽艦今拖回安平港」，中華日報，98年1月22日。
7. 陳銀全，「德陽艦進港市府燃炮相迎」，中華日報，98年1月23日。
8. 行政院農業委員會漁業署，「海岸新生之漁港浚渫及多功能漁港開發規劃」，98年6月。
9. 台南市政府新聞稿，「德陽艦靠岸碼頭景觀水藝工程招標」，98年11月13日。
10. 台南市政府新聞稿，「大員海洋歷史館(船博物館)已開工」，98年11月25日。
11. 王光慈，「老軍艦戰功彪炳晚景淒涼」，聯合報，99年1月25日。

臺灣地區多元災情通報系統之研究

黃敏郎 國立成功大學防災研究中心 組長
曾文傑 交通部運輸研究所臺灣技術研究中心 助理研究員
林文釗 國立成功大學防災研究中心 研究助理
謝明志 交通部運輸研究所臺灣技術研究中心 科長
紀雲曜 長榮大學土地管理與開發學系 副教授

一、前言

民國99年莫拉克颱風，最大累積降雨量超過3000公厘，造成臺灣南部災情慘重。當時災區對外之聯繫與通訊中斷，災民無法利用市內電話與手機通話方式對外聯繫，但部分災民可透過手機的微弱訊號將災情對外傳遞出來，使後續對於救災對象與物資需求得以精確掌握，快速進行災害搶救作業。

災害發生後，災情通報之精度與頻度為掌握災情狀與救災成效之關鍵因素。但災害發生時，利用現有市內電話與手機通報方式，無法精準的描述災害之位置、狀況、影響範圍等救災重要資訊，因此造成救災資源調度失常與無法精準救災的缺憾，尤其在

劇烈天候環境下，對於災情傳遞更為一嚴峻之挑戰。

就目前國內各港區之災害防救作業，皆依據交通部相關規定進行，而在災情通報部分大多採用室內電話、手機通話與簡訊、無線電等方式進行災情之口述與文字描述，如此對於災害發生之位置、規模、與現況無法精準的描述與傳遞，如此可能會降低救災效率，因此本研究以國內基隆港、臺北港、臺中港與高雄港等臺灣地區之災情通報流程為研究對象，建構多元化災情通報系統，提供港務局防災業務單位即時掌握災害之時、空特性，並為救災決策參考，進而提升救災之精度，以達降低災害之目的。

二、相關研究

在災情之傳遞方面的相關研究方面，Palen(2007)[1]提出在災害發後的緊急處理及應變階段具有照相功能可傳送簡訊與多媒體簡訊的手機，可讓

資訊以點對點的方式快速傳送。而今年8月8日之莫拉克颱風造成南部重災區交通、通訊、水電的中斷，部分災民仍可使用手機簡訊方式對外傳送災

況與需訊息。因此在災中應變階段，手機簡訊可扮演災情傳遞之重要角色。Wang(2004) [2]架構一多媒體行動裝置之災情緊急應變資訊系統，提供消防隊等公共安全單位所使用，此系統結合多項基礎服務包括多媒體資訊接收處理、地理資訊系統服務與資料管理等，提供相關人員緊急應變所需的服務。

在國內方面，臺北市政府捷運工程局曾利用多媒體簡訊服務經由影像、語音技術與整體管理資訊系統之結合，更簡便迅速的忠實反映事故現場狀況[3]。而高雄港務局亦以進入簡訊緊急通報系統網頁發送多媒體簡訊方式，進行港區內災情通報[4]。其中，多媒體簡訊服務 [5]應用於港灣地區之災情傳遞，亦為一新的嘗試。

三、研究方法

以往的災情通報方式通以室內電話及行動電話為主，但往往人、事、時、地、物等資訊無法透過室內電話及行動電話中完全的被描述出來。若採用多方位災情通報方式，如多媒體簡訊、自動語音電話、網路自動傳真，配合手持裝置(PDA、平板電腦)或3G手機的使用，可以達到災情可經由多個管道傳遞的方式。

本研究以開放原碼地理資訊系統MapGuide Open Source軟體為系統平台，依據國內基隆港、臺北港、臺中港與高雄港等港灣地區之災情通報流程，開發具多媒體簡訊、3G手機

上網、語音電話、網路傳真、Google KML災情資訊檔下載等多元災情通報功能，提供更完整的通報管道（圖1），期望能在侷限之通訊條件下提升港灣地區災情通報之精度。



圖1、港灣地區多方位災情通報流程圖

四、研究結果與討論

4.1系統功能設計

本系統之功能規劃共為三個部份（如圖2），分別「系統首頁」、「新

增災害」、「災情通報及管理」、「交通部災情填報」、「防救災資源查詢」與「紀錄查詢」。

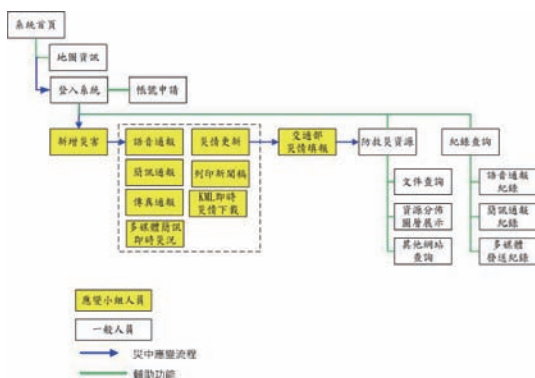


圖2、港灣地區防救災資料庫系統功能架構

「系統首頁」(圖3a)設計以地圖方式顯示港埤地區之即時災害狀況(災害類型與最新處置現況)。使用MapGuide Open Source軟體，無需下載任何元件即可瀏覽地圖資訊，可於未登錄系統狀況下了解即時港區之災害狀況。於首頁輸入帳號密碼後即可進入系統功能畫面。

系統功能畫面之「新增災害」功能(圖3b)，可透過空間位置點選或輸入坐標方式，並選擇相對應的災害事件、類型、描述、坐標及時間，於地圖畫面標示新增的災害位置及災害資訊。

而「災情通報及管理」功能方面，災情通報方式包含「語音通報」、「傳真通報」、「簡訊通報」，「災情管理」功能包含『災情更新』、「多媒體簡訊即時災況」與「列印新聞稿」。「災情通報及管理」為本系統之主要功能，方便港務人員透過網頁管理災情現況，具有提供災害發現者透過手機傳回現場災情照片的多媒體簡訊即時訊息(圖3c)的能力。

「紀錄查詢」功能包括各類通報歷程之管理作業(圖3d)，包括「語音通報紀錄查詢」、「簡訊通報紀錄查

詢」與「多媒體發送紀錄查詢」等三項功能。



圖3、港灣地區防救災資料庫系統功能畫面

以下就本研究開發之多元災情通報功能進行細部說明：

4.1 簡訊通報

「簡訊通報」功能主要提供港務局防災應變人員，將災情訊息向下與橫向傳遞至港區所屬相關單位之救災人員。此功能可將最近災情狀況自動帶入訊息內容，在選取要發送的對象後，系統發出簡訊內容給所有被選取的人（圖4）。

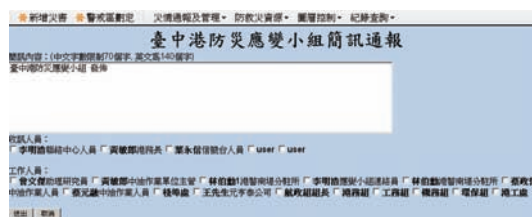


圖4、語音通報功能畫面

4.2 語音通報

「語音通報」功能可將災害資

訊由文字轉成語音電話傳送出去（圖5），受話對象不限於手機或市內電話，通報範圍較為廣泛，同時因為無文字數量之限制，因此災害之資訊描述優於簡訊通報方式。本功能同時設計因應不同災害選定不同受話群組，可達特定災害由特定權責單位人員接收的目標，提升災情傳遞之精度。



圖5、語音通報功能畫面

4.3 多媒體簡訊通報

本研究之多媒體簡訊服務架構如圖6，多媒體簡訊服務是租用中華電信股份有限公司行動電話簡訊特碼服務，當災害發現者發現災情後，以具有照相功能可使用MMS的手機，進行拍照並輸入災情簡訊內容，傳送至行動電話簡訊特碼服務指定的電話號碼，即完成多媒體簡訊傳送。多媒體簡訊會紀錄在中華電信MMS閘道中，而本研究之港區多方位災情通報系統則利用中華電信MMS閘道介面之功能將多媒體簡訊傳送到系統中，並將照片與簡訊文字分別記錄於系統之資料庫中。而於後續之災情傳遞流程中，系統之操作者可選擇多媒體之接收群組將災情傳遞或群播給簡訊接收者（圖3c）。同時透過系統之簡訊文字分析功能將文字中具有空間意涵的資訊（如碼頭編號、公司名稱…等）進行截取，並結合

地理資訊系統，展現現場照片與位置在系統介面上，供其他上網使用者進行各項之操作與決策分析參考。



圖6、多媒體簡訊服務架構

4.4 即時災情資訊下載

本系統為因應交通部之災情KML（Keyhole Markup Language）彙整需求設計「即時災情資訊下載」功能。KML為鎖孔標記語言，是一種XML語法與檔案格式，由Google公司設計公布之標記語言檔案格式，可用於塑模與儲存諸如點、線、圖像、多角形與模型等地理特定以顯示在「Google地球」、「Google地圖」與其他應用程式上[6]。因此透過本系統功能可將本系統即時災情資訊轉換成KML格式可供港務局人員進行下載，並提報致交通部，以縮短災情通報之時程，提升災情傳遞之效率。而KML檔案中除了空間位置與災情描述資訊外，另包括多媒體簡訊傳送至系統之即時災情照片（圖7）。此設計同時提升的災情描述之深度與廣度，讓災情處置人員可了解更多現地資訊，更能提升救災決策之精度。



圖7、即時災情資訊下載功能畫面

4.5 傳真通報

本功能主要提供應變小組人員進行向上災情傳遞之用。災情一旦經由確認，即可利用本功能進行災情傳遞

通報單之製作作業，待通報單製作完成後，送交上級確認核可後，於通報單中選定通報對象，進行通報單之發送工作，系統會自動進行網路傳真，將通報單內容傳真至所選取的單位（圖8）。



圖8、傳真通報功能畫面圖

五、結論

災中應變過程中，成功的災情傳遞是災情掌握不可或缺的關鍵要素，本研究中提出多方位災情通報系統包括「簡訊通報」、「電話語音通報」、「多媒體通報」、「網路傳真」與「KML即時災情資訊下載」等整合通報功能，可有效提升傳情傳遞之精度與時效，往往災害發生時交通、通訊、水電中斷的情形會影響災情傳遞之品質，採多方位災情通報，

可解決災情傳遞阻斷的問題。若透過多媒體簡訊將具空間意涵的文字進行解譯，並結合地理資訊系統的展示，可有效提供災害搶救時輔助決策分析所需之影音、空間與災情資訊。

而於未來之研究上，將考量納入開放之標準並結合更多的空間語意分析能力，期望建構災情多媒體空間資訊服務，以提升本研究實用範圍。

參考文獻

1. Leysia Palen, Starr Roxanne Hiltz and Sophia B. Liu (2007),” Online Forums Supporting Grassroots Participation in Emergency Preparedness and Response,” Communications of the ACM, March 2007/Vol. 50, No. 3。
2. Zhou Wang, Andreas Meissner, Jan Grimmer and Stefanie Richter(2004),” A Mobile Multimedia Emergency Response Information System for Public Safety Organizations,” The Second International Conference on Advances in Mobile Multimedia (MoMM2004)。
3. <http://www.dgbas.gov.tw/public/Data/6361418371.pdf>。
4. <http://163.29.117.218/>。
5. 黃敏郎、葉永信、林文釩、謝明志、曾文傑、紀雲曜(2009), “運用多媒體簡訊服務與地理資訊系統技術提升港灣地區災情通報之精度研究”，2009年台灣地理資訊學會年會暨學術研討會論文集。
6. KML 說明文件 http://earth.google.com/intl/zh-TW/userguide/v4/ug_kml.html

港灣水體美質評估技術探討

李麗雪 中華大學景觀建築系副教授

近年來由於工廠林立、海域污染等因素，國內港灣環境漸漸被破壞。根據2006年觀光局國人國內旅遊統計資料顯示，2006年國人到訪據點排名，以海岸、濕地、溪流瀑布等最高，在遊憩活動部份以自然賞景活動20.7%佔各類活動最高比例，由此可知到相關水體環境從事與親水相關活動備受台灣民眾喜愛。然而，在觀光發展上除了興建休閒遊憩設施之外，港灣的環境品質往往是決定其轉型成功與否的關鍵。而其中又以港灣水域是遊客接近漁業生產和親水的重要對象，故港灣水域的水質評估和改善必須被加以探討。

水之外觀、水色及味道為大眾判定水體品質之最直接的標準，而視覺及嗅覺感受也是我們在景觀營造中最重要的事項。本研究運用景觀評估方

法中的認知模式為基礎，以問卷調查方法評估觀賞者對於各種視覺刺激之個別偏好，並以大眾之共同意識為依歸（Zube,1982）。目的在瞭解大眾對於港區水體感受度的偏好情形，進而以此找出大眾偏好的水體與其水質間之關係。

水體景觀評估的操作主要在探討群眾對水色美質與偏好、水體顏色、透明度的感受情形，同時要了解其水質物化性因子的關係，藉以做為港灣水體改善的依據。研究架構如圖1所示。

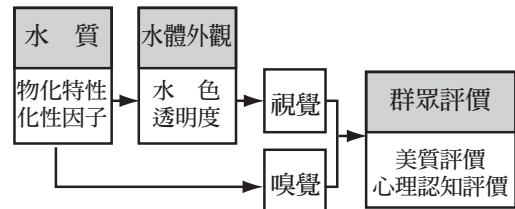


圖1 水體景觀評估架構

一、研究操作流程

(一) 問卷設計及問卷調查

研究分別對視覺與嗅覺滿意度之評估擬定問卷，項目分別為水色美質、水色偏好、海水清澈度及嗅覺滿意度。是在現地由受測者根據可以在視覺及嗅覺感官上之感受程度給予(差)~7(好)的評分。

問卷調查時間是選擇日照良好的上午10:30至下午2:30，旨在避免太陽光線角度對水色影響。每個測點受訪遊客各約為20至30人。

(二) 調查測點

調查測點是擇定高雄港、花蓮港及基隆港各5個測點進行問卷調查，且

同步分別進行二季的水質及浮游生物調查，及水色調查。

(三) 水質物化性因子調查

水質物化性因子調查項目共有12項，分別為鹽度、溶氧、酸鹼度及導電度、硝酸鹽、氨氮、總磷、BOD5、COD、濁度、透明度及油脂等。

鹽度是指海水內鹽的含量。鹽度的基本定義為每一千克的水內的溶解物質的克數。習慣以千分之一（ppt）表示。溶氧是指溶解於水中的氧，為表示水污染狀況的指標之一，簡稱為DO，單位為毫克/公升(mg/L)。酸鹼度是用來判斷液體為酸性或鹼性的單位，以水中含有多少氫離子濃度做為判定水的酸鹼性。導電度，是量度在25℃時溶液傳導電流的能力，單位為msiemens /m(或mho/cm)。硝酸鹽是硝酸根離子 NO₃⁻ 形成的鹽，是指水中硝酸鹽的含量，單位為毫克/公升(mg/L)。氨氮是指水中之氮以NH₄⁺、NH₃形態存在者，為生物活動及含氮有機物分解的產物，單位為毫克/公升(mg/L)。總磷指水中含磷量，以單位為毫克/公升(mg/L)表示。BOD5是指

於一定時間內，在一定的溫度下，有機物因受微生物的作用而氧化，所消耗的氧量。通常以20℃下培養5日之BOD，即BOD₅表示廢水有機污染程度，單位為毫克/公升(mg/L)。COD是指應用重鉻酸鉀為氧化劑在強酸情況下與廢水加熱2小時，使水中有機碳氧化為二氧化碳及水，其所消耗之重鉻酸鉀量換算成相當於氧之量，單位為毫克/公升(mg/L)。濁度是指水混濁程度的數值，單位依量測方式不同而分為標準濁度單位(NTU)及傑克生濁度單位(JTU)。透明度是將水樣置於30公分透視度計之無色透明玻璃管中，隨即放流，其所能看見玻璃管底部十字形記號之最大水深度，單位為公分(cm)。油脂是指不溶於水且比重比水為小，為阻害水中動植物呼吸及發生異臭之物質。

(四) 水色調查

於問卷調查時同時使用SONY DSC F828、600萬畫數照相機，以俯角45度35mm焦距進行水體照片拍攝，再帶回研究至以CMYK標準色票進行水色比對分析。

二、水體顏色與景觀美質調查結果

水體顏色是受太陽光線在水中被吸收和散射量的影響所致，通常水吸收紅光較多，對藍光散射較強，所以觀賞者多會看到藍色的水色。水色也會因為水中懸浮物質而改變，如水中含大量綠色浮游藻時，水色便會呈綠色，此乃因陽光射入水中時，經過較

短距離便被散射，離開水體，致紅光吸收量較少，使原本藍色的水體變得偏綠色。一般河溪水色的呈現是根據rayleigh定律（1871），水色是由比光線的波長還小的分子所散射，形成較強的較短波（藍光），此現象說明了天空和水在光線散射的情況下會呈現

藍色的原因。

水體是自然風景的重要組成因素之一，會影響景觀的美學價值及人類審美判斷，水域景觀是由水形、水色、水聲、水味、水彩等要素共同構成水域美學景觀面貌（薛惠鋒、苗治平，1994）。劉如熙（2006）、Gregory K. J.，Davis R. J.（1993）等研究指出「水色」是影響民眾對水體偏好的重要因子，同時最自然、水質最好的水體景觀並不是民眾所最偏好的。

根據謝嘉峰等（1997）、胡征宇、畢永紅（2005）、任洪濤、張光勤（2007）研究指出水中藻類優勢種群及其作用是決定水色的主要生物因子，水體營養狀況決定了水體藻類群落進而決定不同的水色，水色往往是水質的重要指標。所以就水色而言，藻類生長情形是導致水體呈現不同色度的關鍵因素。William J.Mitsch、Sven Erik Jorgensen（2004）指出湖泊水色的影響關鍵之一是因為湖泊優養狀況，在貧時因為光線散射，水色會

呈現青色；優養時因水中藻類增生，則呈現青綠色的。水體在貧養狀況，浮游動植物的含量少、歧異度較高；普養狀況，浮游動植物逐漸增加、歧異度逐漸降低；優養時，水中藻類等浮游動植物的大量繁殖、歧異度低（Moran, 1980）。

水體顏色與景觀美質調查結果如表1所示，本研究利用高雄港兩次調查及花蓮港第一次調查共13個測點水色與景觀美質及景觀偏好情形來看，海水顏色偏向帶有藍色的青海綠色最為觀景者所喜愛，且其景觀美質評價也較高；海水顏色以偏向帶有綠色的青海綠色觀景者的喜好程度次之，且其景觀美質評價屬普通；海水顏色以偏向灰色者觀景者是最不喜好的，其景觀美質評價也是較低的。（圖2）

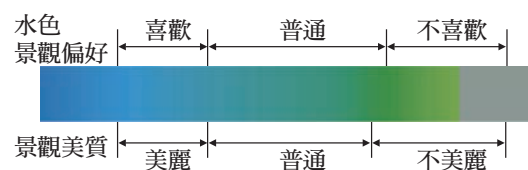


圖2 水色與景觀美質及偏好關係分佈圖

表1 水體景觀評估結果分析表

測點			
	真愛碼頭 (98.3.13)	旗津渡船頭 (98.3.13)	新光碼頭 (98.3.13)
美質平均值	5.05	4.5	4.04
偏好平均值	4.75	4.45	3.66
清澈感受度平均值	4.75	3.6	3.37
顏色(CMYK)	青海綠色(70-0-30-35)	暗藍灰綠色(50-35-35-0)	銅青藍色(80-50-15-30)
透明度(公尺)	1.92	1.74	1.85

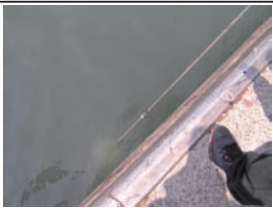
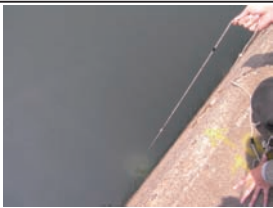
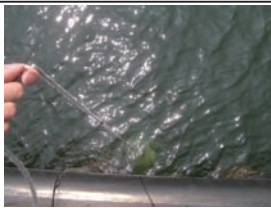
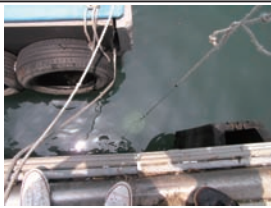
測點			
	鼓山渡船頭 (98.3.13)	鹽埕碼頭 (98.3.13)	真愛碼頭 (98.6.6)
美質平均值	3.41	4.15	4.47
偏好平均值	3.31	4.1	4.09
清澈感受度平均值	2.81	3.55	3.67
顏色(CMYK)	淺鋼青藍色(30-10-5-20)	鋼青色(35-15-0-25)	藍灰綠色(80-0-75-35)
透明度(公尺)	1.40	1.70	1.99

表2.7 水體景觀評估結果分析表（續）

測點			
	旗津渡船頭 (98.6.6)	新光碼頭 (98.6.6)	鼓山渡船頭 (98.6.6)
美質平均值	4.44	4.57	4.47
偏好平均值	4.34	4.44	4.38
清澈感受度平均值	4.19	3.73	4.18
顏色(CMYK)	橄欖綠(50-0-40-30)	深橄欖綠(25-0-15-20)	深鋼青藍色(70-25-5-30)
透明度(公尺)	1.71	1.68	1.83
測點			
	鹽埕碼頭 (98.6.6)	花蓮休閒碼頭入口(98.5.26)	花蓮休閒碼頭出口(98.5.26)
美質平均值	3.16	4.67	4.67
偏好平均值	3.11	4.45	4.52
清澈感受度平均值	2.83	4	4.52
顏色(CMYK)	暗灰色(70-55-55-0)	青海綠色(60-0-30-30)	藍綠色(70-5-15-25)
透明度(公尺)	1.23	2.17	2.92

三、視覺嗅覺感官滿意度水質評估模式

本研究主要重點是在於建立視覺感受滿意度指標模式，本研究利用生物棲地評估模式（Habitat evaluation procedure HEP）的概念和分析方

法，將其應用於視覺及嗅覺感受滿意度和各水質因子間關係的探討，其施作流程如圖3所示。

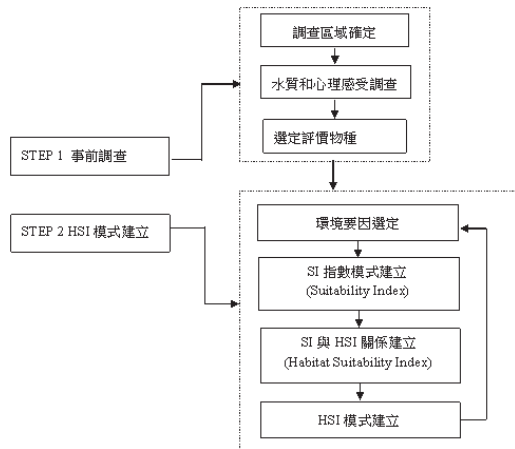


圖3 HEP評價模式操作流程

首先進行線性相關分析，利用 Pearson 相關係數判定各種水質因子與視、嗅覺滿意度是否相關。本研究主要重點是在於建立視覺感受滿意度指標模式。

本計畫在尋求水質視覺及嗅覺滿意度與水質物性化性因子間關係的方法上，參考了生物棲地適合度曲線（Habitat Suitability Curve, HSC）的概念（Schamberger and O' Neil, 1986），以數學包絡線取代一般的統計回歸分析。HSC是依物種與其棲地環境因子相關散佈圖的包絡線所繪製的，指出物種對某棲地環境因子之最佳出現狀況。以某棲地環境因子而言，假設調查點的樣本夠多，當此因子固定為某定值時，其出現生物量最大的調查點所呈現結果，應為是其他因子已表現了最佳棲地狀態時所呈現的結果。故此包絡線的意義是表示在其他棲地環境因子都已是最佳狀態不需再加以考慮的情況下，該項因子與生物量的變化關係。同時，Mathur et al. (1985) 認為，此曲線須在各棲地

環境因子於統計上相互獨立的前提下才能成立。

本研究主要是探討人類視覺感受滿意度與水質物性化性因子之間的關係，因此將此數學包絡線改稱「水質滿意度曲線」（Water Quality Satisfy Curve, WQSC）。同樣的，當某項水質因子固定時，如圖4中所示為視各評估項目與因子間的關係散佈圖中。

如圖4以視覺滿意度與透明度圖來說明，當透明度固定為3.81時呈現視覺滿意度無因次化後最高為1的測點，應為當其他因子（例如濁度、COD等）呈現最佳狀態時的結果。由於視覺感受滿意度並不僅是依據透明度單獨一項因子所獲得，故當透明度在固定的情況下，其他測站或許會因為透明度以外的水質因子不佳而影響到視覺感受滿意度。即同樣透明度為3.81但滿意度無因次化後卻低於1的測點，就是為因受其他因子不佳的影響而使滿意度低落。故在此所謂的水質滿意度曲線，是取滿意度最高值連結繪製所成曲線，表示的是假設其他水質因子都在最佳狀態時，該項水質因子與視覺感受滿意度的相關關係，亦即有排除其他水質因子影響的意義。

HSC可描述適合生物生存的某項棲地環境因子的必須存在範圍。在水質感受滿意度上，各項水質因子的WQSC可以作為判斷水質視覺感受令人滿意的該項因子應有的存在區間。例如從圖4中可知，如要使水質保持在最高的視覺滿意度，只水質透明度一項就須保持於3.81以上。此外，為易於判定滿意度的水準以及為使各因

子做整合時容易操作，將滿意度的最大值定為1.0。如此所得的滿意度曲線我們稱之為滿意度指標SI (Satisfy

Index)，當其原本用於生物棲地時是被稱為適宜度指標 (Suitability Index)。

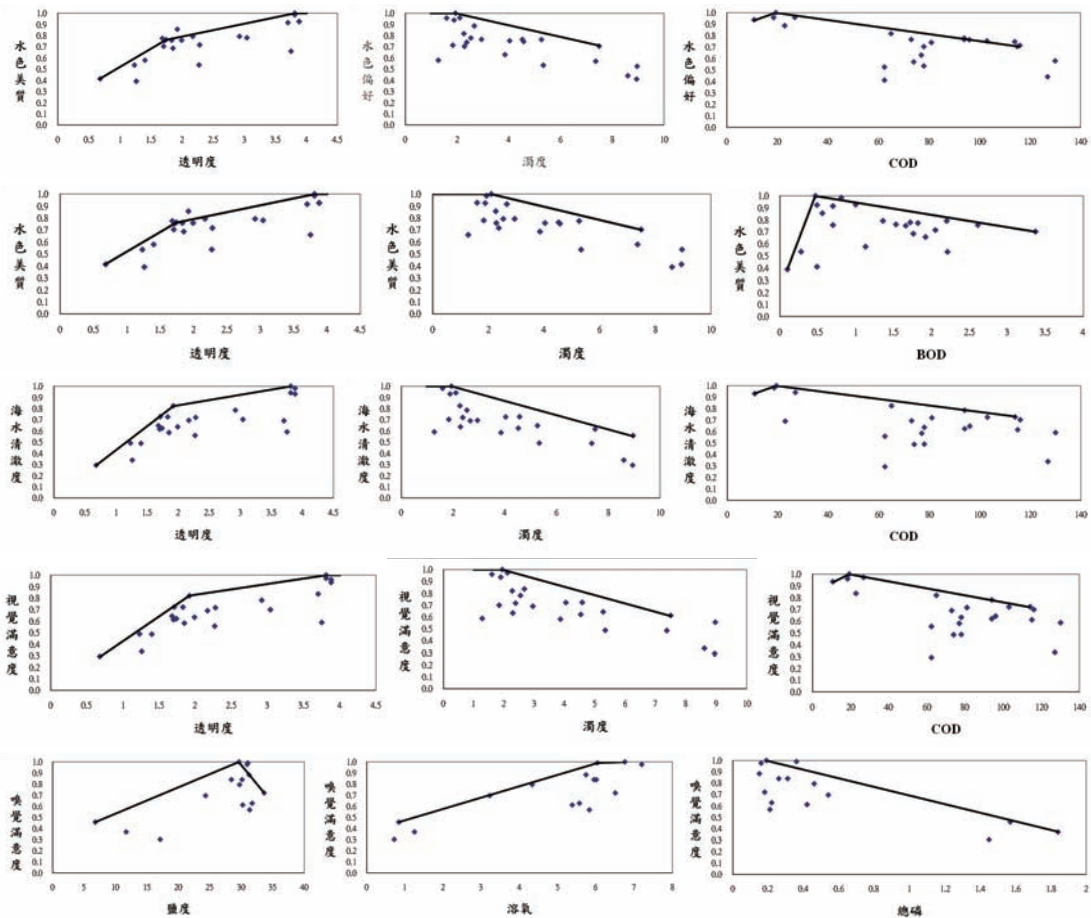


圖4 視覺嗅覺水質滿意度評估指標

四、視覺與水質HEP模式之建立與應用

依上敘步驟及方法，建立高雄港、花蓮港及基隆港水質與視覺感受的指標模式。水質滿意度指標 (Water Quality Satisfy Index, WQSI) 主要目的在於能求得視覺及嗅覺感受與水質因子間具有良好關係的數學式，與棲地適合度指標 (Habitat Suitability

Index, HSI) 的方法類似。

如圖 5 所示，其中視覺滿意度為水色偏好、水色美質及海水清澈度之平均。圖上X軸表示水質因子所建立的WQSI指標，其中WQSI如下 (1) ~ (4) 式所示；Y軸表示視覺感受項目；r值表示WQSI模式評估與視覺感

受之相關係數，由圖可知水質因子所建立的WQSI模式與視覺感受項目知相關性很高，介於0.86~0.89間，故所建立的WQSI模式與視覺感受有一定的線性相關。

$$\text{水色美質: } WQSI = SI_{\text{透明度}} \times SI_{\text{濁度}} \times SI_{BOD} \dots\dots(1)$$

$$\text{水色偏好: } WQSI = SI_{\text{透明度}} \times SI_{\text{濁度}} \times SI_{COD} \dots\dots(2)$$

$$\text{海水清澈度: } WQSI = SI_{\text{透明度}} \times SI_{\text{濁度}} \times SI_{COD} \dots\dots(3)$$

$$\text{視覺滿意度: } WQSI = SI_{\text{透明度}} \times SI_{\text{濁度}} \times SI_{COD} \dots\dots(4)$$

由（1）式可知水色美質受到透明度、濁度及BOD之水質因子影響，利用其透明度、濁度及BOD的SI圖可以評估遊客對於港區水色美質之感受；由（2）式可知遊客對於港區水色偏好受到透明度、濁度及COD之水質因子影響，利用其透明度、濁度及COD的

SI圖可評估遊客對於港區水色偏好之感受；由（3）式可知遊客對於港區海水清澈度受到透明度、濁度及COD之水質因子影響，利用其透明度、濁度及COD的SI圖可評估遊客對於港區海水清澈度之感受；由（4）式可知遊客對於港區視覺滿意度受到透明度、濁度及COD之水質因子影響，利用其透明度、濁度及COD的SI圖可評估遊客對於港區視覺滿意度之感受。

由圖4及上述結果發現，當透明度在3.81m以下、濁度在2.11NTU以上及BOD在0.47mg/L以上時，遊客對於水體之水色美質感受程度開始下降。而當透明度在3.81以下、濁度在2.11NTU以上及COD在19.4mg/L以上時遊客對於水體的水色偏好、海水清澈度及視覺滿意程度皆開始下降。因此，針對這些水質因子的標準去控制，便能達到改善遊客對於港區水質之視覺感受。

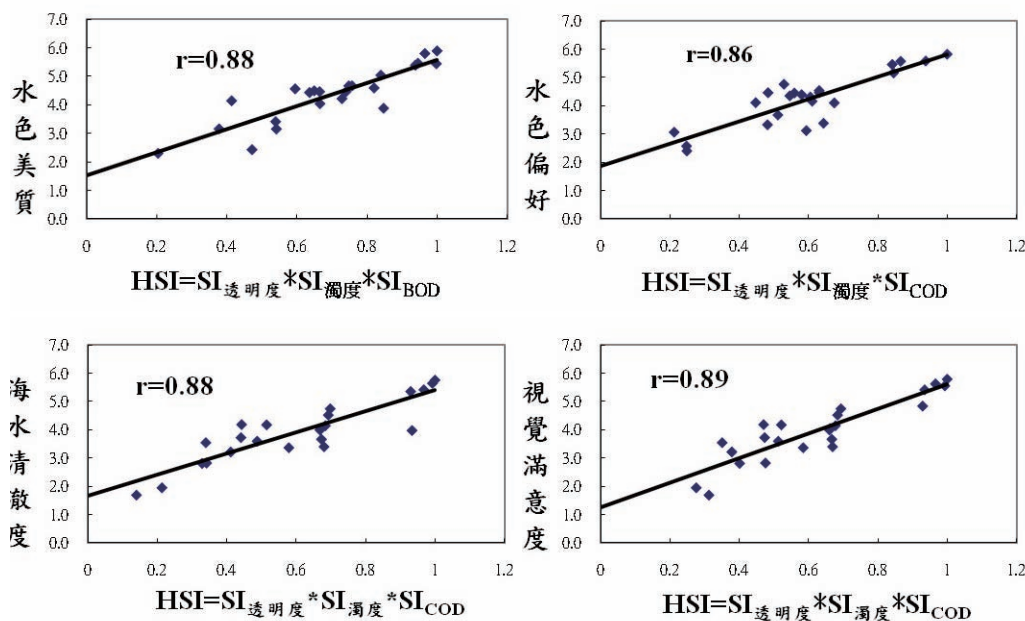


圖5 港灣視覺滿意度HEP模式建立

五、結論與應用

嗅覺與水質HEP模式之建立與應用可依上敘步驟及方法，建立高雄港、花蓮港及基隆港水質與嗅覺滿意度的指標模式，如圖6所示。圖上X軸表示水質因子所建立的結果WQSI指標，其中WQSI模式如式(5)式所示；Y軸表示視覺感受項目；r值表示WQSI指標與嗅覺感受之相關係數，由圖可知水質因子所建立的WQSI模式與嗅覺滿意度相關性很高為0.83，故所建立的WQSI模式與嗅覺感受有一定的線性相關。

嗅覺滿意度： $WQSI = SI_{\text{溶氧}} \times SI_{\text{鹽度}} \times SI_{\text{總磷}} \dots\dots\dots(5)$

由(5)式可知遊客對於港區水體之嗅覺受到溶氧、鹽度及總磷之水質

因子影響，利用其溶氧、鹽度及總磷的SI圖可以評估遊客對於港區嗅覺滿意度之感受；

由圖4及上述結果發現，當水體溶氧小於6.04mg/L、鹽度在29.6%以下及總磷在0.19mg/L以上時，遊客對於水體之嗅覺感受程度開始下降。因此，針對此三種水質因子去改善便能提升遊客對於港區水體之嗅覺滿意度。

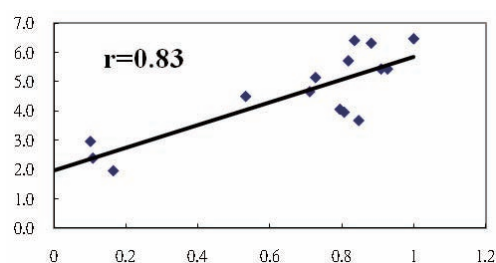


圖6 港灣嗅覺滿意度HEP模式建立

參考書目

1. Gregory, K. J., Davis R. J. (1993) The Perception of Riverscape Aesthetics: an Example from Two Hampshire Rivers, Journal of Environmental Management.39:171-185.
2. Moran, Joseph M. (1980) Introduction to Environmental Science. San Francisco W.H. Freeman.
3. William J. Mitch Sven Erik Jorgensen (2004) Ecological Engineer and Ecosystem Restoration.
4. Zube, E.H., J.L. Sell, and J.G. Taylor. 1982. Landscape perception, research, application and theory. Landscape Planning. 9:1-35.
5. 謝嘉峰、吳健銘、翁明祥、賴明芬、沈美慧，1997，海水中農藥檢測方法之研究與建立，行政院環境保護署環境檢驗所。
6. 胡征宇、畢永紅，2005，水色及其藻類之關係，生態科學期刊01期。
7. 薛惠鋒、苗治平，1994，水域景觀美學價值評價理論研究，人文地理期刊02期。
8. 劉如熙，2006，野溪景觀評估模式之建立，逢甲大學水工程所碩士論文。

港 灣 報 導 徵 稿 簡 訊

1. 本刊為提供國內港灣工程界同仁交換工作經驗與心得之園地，歡迎工程、學術界之同仁提供港灣工程相關之工程動態、實務、工程新聞、技術新知、地工技術、工程材料、營運規劃及其他有關之工程簡介或推動中之計畫等的報告、論著或譯述。
2. 投稿者應保證所投稿件無侵害他人著作權情事，如有違反，願就侵害他人著作權情勢負損害賠償責任，並對中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）因此肇致之損害負賠償責任。
3. 來稿經本刊接受刊登後，作者應附具著作授權同意書，同意非專屬授權予本刊做下述利用：
 - (1) 以紙本或是數位方式出版。
 - (2) 進行數位化典藏、重製、透過網路公開傳輸、授權用戶下載、列印、瀏覽等資料庫銷售或提供服務之行為。
 - (3) 再授權國家圖書館或其他資料庫業者將本論文納入資料庫中提供服務。
 - (4) 為符合各資料庫之系統需求，並得進行格式之變更。
4. 作者應保證稿件為其所自行創作，有權為前項授權，且授權著作未侵害任何第三人之智慧財產權。
5. 稿件每篇以8頁（含圖）（4000~5000字）以內為原則，稿酬從優；請附磁片或E-mail，並請加註身分證字號及戶籍地址（含鄰、里）。
6. 本刊每年刊行3期，分別於2月、6月、10月出版。如蒙惠稿請於每期出版前30日寄交本刊。
7. 聯絡電話：(04)2658-7139 馬維倫
傳真電話：(04)2656-4415
E-mail：elisa@mail.ihmt.gov.tw
8. 歡迎賜稿，來稿請寄：
43542臺中縣梧棲鎮中橫十路2號
交通部運輸研究所港灣技術研究中心「港灣報導編輯委員會」收

ISSN 1019-2603



9 771019 260006

GPN 2007700020

定價 100 元