104-45-7819
MOTC-IOT-103-H3DA002c

港灣海氣象環境資訊整合及統計分析研究（2/4）

─ 港灣海氣象資料品質檢核與統計分析(2/4)─

交 通 部 運 輸 研 究 所

中 華 民 國 104 年 5 月

104-45-7819
MOTC-IOT-103-H3DA002c

港灣海氣象環境資訊整合及統計分析研究（2/4）

─ 港灣海氣象資料品質檢核與統計分析(2/4)─

著 者：簡仲璟、陳明宗、劉清松

交 通 部 運 輸 研 究 所

中 華 民 國 104 年 5 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

港灣海氣象環境資訊整合及統計分析研究. (2/4) : 港灣海氣象資料品質檢核與統計分析. (2/4) / 簡仲璟, 陳明宗, 劉清松著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運研所, 民 104.05
面 ; 公分
ISBN 978-986-04-4615-9(平裝)

1.海洋氣象 2.港埠資訊查詢系統

444.94 104005504

港灣海氣象環境資訊整合及統計分析研究 (2/4)

- 港灣海氣象資料品質檢核與統計分析(2/4) -

著　　者：簡仲璟、陳明宗、劉清松
出版機關：交通部運輸研究所
地　　址：10548 臺北市敦化北路 240 號
網　　址：www.ihmt.gov.tw (中文版＞中心出版品)
電　　話：(04) 26587176
出版年月：中華民國 104 年 5 月
印 刷 者：群彩印刷科技股份有限公司
版(刷)次冊數：初版一刷 70 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所港灣技術研究中心網站
定　　價： 350 元
展 售 處：
交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880
國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1•電話：(02)25180207
五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號 • 電話：(04)22260330

GPN：1010400444　　ISBN：978-986-04-4615-9 (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。

104

港灣海氣象環境資訊整合及統計分析研究(2/4)

交通部運輸研究所

GPN: 1010400444
定價 350 元

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：港灣海氣象環境資訊整合及統計分析研究(2/4)
— 港灣海氣象資料品質檢核與統計分析（2/4）—

國際標準書號	政府出版品統一編號	運輸研究所出版品編號	計畫編號
ISBN978-986-04-4615-9 (平裝)	1010400444	104-45-7819	103-H3DA002c

本所主辦單位：港灣技術研究中心
主管：邱永芳
計畫主持人：簡仲璟
研究人員：陳明宗、劉清松
參與人員：錢爾潔、馬維倫、陳正義，張麗瓊
聯絡電話：(04)26587136　傳真號碼：(04)26564415

研究期間
自 103 年 01 月
至 103 年 12 月

關鍵詞：港灣、海氣象、資訊系統、風速、油污擴散

摘要：本計畫為 4 年期研究計畫之第 2 年，本年度包含 3 個研究子計畫，其研究工作成果如下：

(一) 海域油汙監測與擴散模擬技術研發

本計畫已完成「航海雷達遙測技術應用於海氣象特徵與海面油污監測之評估」、「蒐集分析目前世界各國作業海流預測模式的發展現況」、「評估適用於油污擴散模擬臺灣海流作業化海流預測模式」、「雷達監測技術之軟硬體規劃及設計」、「規劃油污擴散數值模式發展策略」、「航海雷達改裝及實驗室測試」等工作。並針對雷達系統之軟硬體進行海岸現場之測試工作，確認雷達觀測系統應用於海面目標偵測的效果。(詳細內容請參閱第二至第三章)

(二) 港灣海氣象資料統計分析與品質檢核

本年度蒐集臺中港、布袋港及安平港港區及附近海域之風速與風向觀測資料，進行基本統計與風速分布特性分析，以瞭解風速分布之特性以進行高低絕對值合理性與時間相對值合理性等 2 種檢核方法所需之檢核標準研定，以作為後續電腦執行資料品管自動作業之依據。(詳細內容請參閱第四至第五章)

(三) 港灣環境資訊系統功能提升規劃與建置

本年度主要工作為延續與擴展『港灣環境資訊網』系統功能與應用層面，其研究範圍及具體成果包括二個部份：(一) 應用系統維護更新：完成港灣環境資訊網頁之功能更新與維護及各應用子系統維護與資料庫更新。(二) 功能新增與提昇評估：完成網頁首頁工具(Silverlight) 更換評估、使用者網頁解析度自動檢測、介接展示新增港口測站即時觀測資料、中央氣象局資料庫規劃/整合/展示、歷線圖自選相關性展示功能評估、藍色公路路線新增、航班到達目的地時間 ETA 推算、郵輪航線納入藍色公路可行性評估以及新增設之港口即時影像介接等工作項目。此外，透過使用者會議與線上調查方式進行系統服務滿意度問卷調查，整體網站整體滿意度達到 96.5%。(詳細內容請參閱第六章)

本計畫所建置之「港灣環境資訊網」已能提供航港局、港務公司、引水人、航商及相關業者查詢國內各主要港口即時海氣象觀測及預測資訊，同時可由使用者依據其須求設定預警訊息通知和各港之船舶自動辨識系統（簡稱 AIS）進行連結，使船長及引水人在船上即可獲得即時海象資訊，以提升 e 化航運之服務水準及航行之安全保障。

出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
104 年 5 月	448	350	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: Harbor Environment Information System Integration and Statistical Analysis (2/4)

ISBN	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
978-986-04-4615-9 (pbk)	1010400444	104-45-7819	103-H3DA002c

DIVISION: Harbor & Marine Technology Center
DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-fang
PROJECT ADVISOR: Chien Chung-ching
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chen Ming-tzung, Liu Ching-sung
PROJECT STAFF: Chen Cheng-yi, Chien Er-jier , Ma Wei-lun , Chang Lee-chung
PHONE: (04) 26587136 FAX: (04) 26564415

PROJECT PERIOD
FROM January 2014
TO December 2014

KEY WORDS: Harbor, Oceanic and Meteorological, Information System, Wind Speed, Oil spill

ABSTRACT:

In this second year of four years research, This report includes three sub-projects: (1) Development on the Technology of Oil Spill Monitoring and Simulation (2) Harbor Oceanic and Meteorological Data Quality Checks and Statistical Analysis, and (3) Harbor Environment Information Website System Functions Enhance Planning and Implementation. The summaries of the above three projects are as following:

(1) Development on the Technology of Oil Spill Monitoring and Simulation

The objectives of this project were to develop an oil spill detection technology based on marine X-band radar and to build up an oil spill forecasting system. The study will be performed in three phases. The first phase will propose the prototype of oil spill sensing technology based on the marine X-band radar and develop the numerical model for tracking oil spills. The second phase will test the radar system and numerical model. The final phase will integrate remote sensed data in the numerical model. The results of this study can be used not only to assist authorities on the maintenance and management of environment safety, but also to improve technology for tracking the oil spills.

(2) Harbor Oceanic and Meteorological Data Quality Checks and Statistical Analysis

The results for this year include collecting observational wind data of Taichung, Budai and Anping harbors and surrounding sea areas and to perform basic statistical analysis and distribution characteristics of wind speed, in order to understand the characteristics of wind speed distribution of the absolute value for the level of rationality and reasonableness of the time relative value. Two kinds of checklist standards given to the computer to perform a follow-up operation of automatic quality control based on the information.

(3) Harbor Environment Information Website System Functions Enhance Planning and Implementation

Important tasks of this year include: (a) the harbor environment information system for maintenance, and the Oceanic and Meteorological database subsystem for updated, (b) the harbor environmental information website update function display and maintenance, web page tool (Silverlight) replace assessment, automatically detect the web pages screen resolution of users, add and show the new harbor observations information, Central Weather Bureau library planning /integration / display, feasibility assessment the correlation function of hydrograph diagram, Blue Highway added estimated sailing time (Estimated Time of Arrival), Cruise route feasibility assessment bring into Blue Highway and the addition of harbor Webcam be interfaced display and other work items. In additional, the user satisfaction survey conducted through meetings and online user survey method, site overall satisfaction reached 96.5%.

This project built on “Harbor Environmental Information Network” has been able to provide the Port Authority, the Ports Corporation, pilot, shipping companies and related industry inquiries the instant sea meteorological observations and forecasts of the major ports, to enhance the level of e-shipping service.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
May 2015	448	350	☐RESTRICTED ☐CONFIDENTIAL ☐SECRET ☐TOP SECRET ■UNCLASSIFIED

The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications

港灣海氣象環境資訊整合及統計分析研究(2/4)

—港灣海氣象資料品質檢核與統計分析(2/4)—

目 錄

中文摘要..... I

英文摘要..... II

目 錄..... III

圖 目 錄..... VI

表 目 錄..... XXIII

第一章 計畫概述 1-1

1.1 計畫緣起與目標..... 1-1

1.2 計畫工作項目 1-3

第二章 海域油污遙測技術之建立 2-1

2.1 雷達技術應用於海面油污與海氣象監測之評估 2-1

2.2 雷達監測技術之軟硬體規劃及設計 2-16

2.3 航海雷達之改裝及測試 2-31

2.4 航海雷達之海岸現場觀測試驗與影像測試分析 2-39

2.5 航海雷達影像測試分析 2-46

2.6 本年度近海油污事件追蹤 2-50

第三章 海域油污擴散模擬 3-1

3.1 海流模式發展現況..... 3-1

3.2 適用於油污擴散之海流模式理論介紹 3-11

3.3 海流模式執行環境建置 3-22
3.4 油污擴散模式之理論介紹 3-25
第四章 港區風速機率分布 4-1
4.1 資料來源與蒐集 4-2
4.2 風速分布特性之機率密度函數 4-5
4.3 機率密度函數之參數估計及適合度檢定 4-8
4.4 風速機率分布之比較 4-23
4.5 風速合理性檢核標準 4-71
第五章 港區風速差值機率分布 5-1
5.1 風速差值分布特性之機率密度函數 5-1
5.2 風速差值機率分布之比較 5-14
5.3 風速差值之界線值分析 5-46
5.4 風速差值合理性檢核標準 5-59
第六章 港灣環境資訊系統工作成果 6-1
6.1 港灣環境資訊系統架構 6-2
6.2 港灣環境資訊網頁 6-15
6.3 海氣象觀測資訊 6-19
6.4 海氣象模擬資訊 6-50
6.5 藍色公路 6-56
6.6 港區影像系統 6-71
6.7 港區地震系統 6-83
6.8 海嘯模擬系統 6-87
6.9 大氣腐蝕監測 6-93

6.10 使用者會議..... 6-99

6.11 使用者線上滿意度問卷調查..... 6-101

第七章 結論與檢討 7-1

7.1 結論..... 7-1

7.2 檢討..... 7-2

參考文獻..... 參-1

附錄一 103 年度港灣環境資訊服務系統使用者會議紀錄 **..... 附 1-1**

附錄二 期末審查意見及辦理情形說明表 **..... 附 2-1**

附錄三 期末審查簡報 **..... 附 3-1**

圖 目 錄

圖 2.1 本計畫雷達監測技術之發展規劃 2-1

圖 2.2 不同方式的岸邊機動性雷達觀測作業 2-4

圖 2.3 海面波浪所造成粗糙度變化的示意圖 2-6

圖 2.4 海面波浪造成雷達波布拉格散射之示意圖 2-7

圖 2.5 不同電磁波段對海面的雷達波抑制比 2-9

圖 2.6 清潔與污染海面(CEM3AB)所測得之波譜與波動抑制比 2-9

圖 2.7 不同油污對電磁回波之影響 2-10

圖 2.8 國外利用 X-band 雷達偵測海面油污之案例 2-10

圖 2.9 國內利用 X-band 雷達偵測海面油污之案例 2-11

圖 2.10 X-band 雷達偵測海面油污之適用條件 2-12

圖 2.11 降雨強度對雷達電磁波所造成之衰減量 2-13

圖 2.12 從 X-band 雷達取得之回波訊號時序列案例 2-15

圖 2.13 從雷達回波時序列轉換為極坐標影像之結果 2-15

圖 2.14 從雷達極坐標影像轉換為卡式坐標之結果 2-16

圖 2.15 雷達監測系統架構 2-16

圖 2.16 影像空間域濾波示意圖 (Gonzalez & Woods, 2006) 2-23

圖 2.17 影像頻率域濾波減噪之流程 2-24

圖 2.18 空間域濾波與頻率域濾波之關係 2-24

圖 2.19 (a)影像範例; (b)影像橫切剖面之影像強度; (c)影像強度之一階微分; (d)影像強度之二階微分 2-28

圖 2.20 海流與水深對波浪分散關係之影響 2-30

圖 2.21 本計畫所使用之雷達主機外觀 2-33
圖 2.22 本計畫所使用之雷達天線外觀 2-33
圖 2.23 雷達主機之電路圖 2-34
圖 2.24 雷達主機電路圖中 J204 處之細部電路說明 2-34
圖 2.25 雷達主機電路板上訊號檢驗之電路點 2-35
圖 2.26 雷達主機之細部電路圖 2-35
圖 2.27 雷達主機訊號檢驗之電路點 2-36
圖 2.28 雷達 Video 訊號之檢驗 2-36
圖 2.29 雷達 Trigger 與 Video 訊號之檢驗 2-37
圖 2.30 雷達 Heading 訊號之檢驗 2-37
圖 2.31 雷達 Bearing 訊號之檢驗 2-38
圖 2.32 本計畫從雷達系統所擷取並轉換而成之雷達回波影像 2-38
圖 2.33 雷達屏幕回波影像之檢驗 2-39
圖 2.34 臺南安平漁港北防坡堤現場測試實景 2-40
圖 2.35 現場測試之車載配備 2-40
圖 2.36 現場測試初期因雜訊造成影像轉換錯誤 2-41
圖 2.37 經修正訊號辨識演算法後取得之影像 2-42
圖 2.38 實測雷達影像與 Google 空照影像套疊結果 2-42
圖 2.39 現場雷達觀測波浪之測試 2-43
圖 2.40 臺南安平海域現場之單張雷達影像 2-44
圖 2.41 安平漁港現場防坡堤外之蚵架分布 2-45
圖 2.42 連續雷達影像時序列對時間域平均後之結果 2-45
圖 2.43 海面蚵架區域的原始子影像 2-46

圖 2.44 蚵架影像經均值濾波後之結果 2-47
圖 2.45 蚵架影像經拉普拉斯濾波後之結果 2-47
圖 2.46 將均值濾波後影像進行影像邊緣偵測結果 2-49
圖 2.47 透過高維度系集經驗模態法分解蚵架影像成分之結果 2-49
圖 2.48 將影像成分 5 進行影像邊緣偵測結果 2-50
圖 3.2 σ 坐標系統示意圖 3-7
圖 3.3 ROMS 系統架構圖 3-8
圖 3.4 垂直 S 座標系統示意圖 3-9
圖 3.5 SELFE 模式架構圖 3-11
圖 3.6 SELFE 模式垂直座標系統 (Zhang and M. Baptista, 2008) 3-19
圖 3.7 海上溢油主要的風化過程 3-26
圖 3.8 油污擴散模擬流程圖(Tkalich, 2006) 3-30
圖 3.9 VOILS 模式混合層與油污濃度的剖面圖 (Tkalich, 2006) 3-38
圖 3.10 Aveiro lagoon. (a) Aveiro lagoon 的水深地形，(b) 建置數值模擬所需的非矩形網格 (Azevedo et al., 2014) 3-39
圖 3.11 溢油擴散模擬架構圖 3-39
圖 3.12 模擬 Aveiro lagoon 表層溢油傳輸擴散的情形(Azevedo et al., 2014) 3-40
圖 3.13 海域油污監測與擴散模式之短期與長期規劃架構圖 3-41
圖 4.1.1 臺中港風速風向觀測站地理位置示意圖 4-3
圖 4.1.2 安平港風速風向觀測站地理位置示意圖 4-3
圖 4.1.3 布袋港風速風向觀測站地理位置示意圖 4-4
圖 4.1.4 各港區測站 2011 年風速月平均值 4-4

圖 4.4.1a 臺中港 E0 測站春季風速分佈與理論機率密度函數套配..... 4-23
圖 4.4.1b 臺中港 E0 測站夏季風速分佈與理論機率密度函數套配..... 4-24
圖 4.4.1c 臺中港 E0 測站秋季風速分佈與理論機率密度函數套配..... 4-24
圖 4.4.1d 臺中港 E0 測站冬季風速分佈與理論機率密度函數套配..... 4-25
圖 4.4.2a 臺中港 E0 測站春季各分佈函數於不同機率下之風速界線值.. 4-26
圖 4.4.2b 臺中港 E0 測站夏季各分佈函數於不同機率下之風速界線值 . 4-26
圖 4.4.2c 臺中港 E0 測站秋季各分佈函數於不同機率下之風速界線值.. 4-27
圖 4.4.2d 臺中港 E0 測站冬季各分佈函數於不同機率下之風速界線值 . 4-27
圖 4.4.3a 臺中港 E0 測站不同季別風速機率密度函數比較(韋伯 3 參數). 4-28
圖 4.4.3b 臺中港 E0 測站不同季別風速機率密度函數比較(韋伯 2 參數) 4-29
圖 4.4.3c 臺中港 E0 測站不同季別風速機率密度函數比較(萊利) 4-29
圖 4.4.3d 臺中港 E0 測站不同季別風速機率密度函數比較(通用極值) 4-30
圖 4.4.3e 臺中港 E0 測站不同季別風速機率密度函數比較(伽瑪) 4-30
圖 4.4.3f 臺中港 E0 測站不同季別風速機率密度函數比較(對數常態). 4-31
圖 4.4.4a 臺中港 W0 測站春季風速分佈與理論機率密度函數套配 4-32
圖 4.4.4b 臺中港 W0 測站夏季風速分佈與理論機率密度函數套配 4-32
圖 4.4.4c 臺中港 W0 測站秋季風速分佈與理論機率密度函數套配 4-33
圖 4.4.4d 臺中港 W0 測站冬季風速分佈與理論機率密度函數套配 4-33
圖 4.4.5a 臺中港 W0 測站春季各分佈函數於不同機率下之風速界線值.. 4-34
圖 4.4.5b 臺中港 W0 測站夏季各分佈函數於不同機率下之風速界線值.. 4-35
圖 4.4.5c 臺中港 W0 測站秋季各分佈函數於不同機率下之風速界線值.. 4-35
圖 4.4.5d 臺中港 W0 測站冬季各分佈函數於不同機率下之風速界線值.. 4-36
圖 4.4.6a 臺中港 W0 測站不同季別風速機率密度函數比較(韋伯 3 參數). 4-36

圖 4.4.6b 臺中港 W0 測站不同季別風速機率密度函數比較(韋伯 2 參數). 4-37
圖 4.4.6c 臺中港 W0 測站不同季別風速機率密度函數比較(萊利)..... 4-37
圖 4.4.6d 臺中港 W0 測站不同季別風速機率密度函數比較(通用極值)... 4-38
圖 4.4.6e 臺中港 W0 測站不同季別風速機率密度函數比較(伽瑪)..... 4-38
圖 4.4.6f 臺中港 W0 測站不同季別風速機率密度函數比較(對數常態).... 4-39
圖 4.4.7a 臺中港 W1 測站春季風速分佈與理論機率密度函數套配 4-40
圖 4.4.7b 臺中港 W1 測站夏季風速分佈與理論機率密度函數套配 4-40
圖 4.4.7c 臺中港 W1 測站秋季風速分佈與理論機率密度函數套配 4-41
圖 4.4.7d 臺中港 W1 測站冬季風速分佈與理論機率密度函數套配 4-41
圖 4.4.8a 臺中港 W1 測站春季各分佈函數於不同機率下之風速界線值.. 4-42
圖 4.4.8b 臺中港 W1 測站夏季各分佈函數於不同機率下之風速界線值.. 4-43
圖 4.4.8c 臺中港 W1 測站秋季各分佈函數於不同機率下之風速界線值.. 4-43
圖 4.4.8d 臺中港 W1 測站冬季各分佈函數於不同機率下之風速界線值.. 4-44
圖 4.4.9a 臺中港 W1 測站不同季別風速機率密度函數比較(韋伯 3 參數). 4-44
圖 4.4.9b 臺中港 W1 測站不同季別風速機率密度函數比較(韋伯 2 參數). 4-45
圖 4.4.9c 臺中港 W1 測站不同季別風速機率密度函數比較(萊利)..... 4-45
圖 4.4.9d 臺中港 W1 測站不同季別風速機率密度函數比較(通用極值)... 4-46
圖 4.4.9e 臺中港 W1 測站不同季別風速機率密度函數比較(伽瑪)..... 4-46
圖 4.4.9f 臺中港 W1 測站不同季別風速機率密度函數比較(對數常態) 4-47
圖 4.4.10a 安平港 W0 測站春季風速分佈與理論機率密度函數套配 ... 4-48
圖 4.4.10b 安平港 W0 測站夏季風速分佈與理論機率密度函數套配 ... 4-48
圖 4.4.10c 安平港 W0 測站秋季風速分佈與理論機率密度函數套配 ... 4-49
圖 4.4.10d 安平港 W0 測站冬季風速分佈與理論機率密度函數套配 ... 4-49

圖 4.4.11a 安平港 W0 測站春季各分佈函數於不同機率下之風速界線值 . 4-50
圖 4.4.11b 安平港 W0 測站夏季各分佈函數於不同機率下之風速界線值 . 4-50
圖 4.4.11c 安平港 W0 測站秋季各分佈函數於不同機率下之風速界線值 . 4-51
圖 4.4.11 安平港 W0 測站冬季各分佈函數於不同機率下之風速界線值 ... 4-51
圖 4.4.12a 安平港 W0 測站不同季別風速機率密度函數比較(韋伯 3 參數) 4-52
圖 4.4.12b 安平港 W0 測站不同季別風速機率密度函數比較(韋伯 2 參數) 4-53
圖 4.4.12c 安平港 W0 測站不同季別風速機率密度函數比較(萊利)..... 4-53
圖 4.4.12d 安平港 W0 測站不同季別風速機率密度函數比較(通用極值) .. 4-54
圖 4.4.12e 安平港 W0 測站不同季別風速機率密度函數比較(伽瑪)..... 4-54
圖 4.4.12f 安平港 W0 測站不同季別風速機率密度函數比較(對數常態)... 4-55
圖 4.4.13a 安平港 X0 測站春季風速分佈與理論機率密度函數套配 4-56
圖 4.4.13b 安平港 X0 測站夏季風速分佈與理論機率密度函數套配 4-56
圖 4.4.13c 安平港 X0 測站秋季風速分佈與理論機率密度函數套配 4-57
圖 4.4.13d 安平港 X0 測站冬季風速分佈與理論機率密度函數套配 4-57
圖 4.4.14a 安平港 X0 測站春季各分佈函數於不同機率下之風速界線值 .. 4-58
圖 4.4.14b 安平港 X0 測站夏季各分佈函數於不同機率下之風速界線值 .. 4-58
圖 4.4.14c 安平港 X0 測站秋季各分佈函數於不同機率下之風速界線值 .. 4-59
圖 4.4.14d 安平港 X0 測站冬季各分佈函數於不同機率下之風速界線值 .. 4-59
圖 4.4.15a 安平港 X0 測站不同季別風速機率密度函數比較(韋伯 3 參數) . 4-60
圖 4.4.15b 安平港 X0 測站不同季別風速機率密度函數比較(韋伯 2 參數) . 4-61
圖 4.4.15c 安平港 X0 測站不同季別風速機率密度函數比較(萊利)..... 4-61
圖 4.4.15d 安平港 X0 測站不同季別風速機率密度函數比較(通用極值) ... 4-62
圖 4.4.15e 安平港 X0 測站不同季別風速機率密度函數比較(伽瑪)..... 4-62

圖 4.4.15f 安平港 X0 測站不同季別風速機率密度函數比較(對數常態)... 4-63
圖 4.4.16a 布袋港 W0 測站春季風速分佈與理論機率密度函數套配 ... 4-64
圖 4.4.16b 布袋港 W0 測站夏季風速分佈與理論機率密度函數套配 ... 4-64
圖 4.4.16c 布袋港 W0 測站秋季風速分佈與理論機率密度函數套配 ... 4-65
圖 4.4.16d 布袋港 W0 測站冬季風速分佈與理論機率密度函數套配 ... 4-65
圖 4.4.17a 布袋港 W0 測站春季各分佈函數於不同機率下之風速界線值 . 4-66
圖 4.4.17b 布袋港 W0 測站夏季各分佈函數於不同機率下之風速界線值 . 4-66
圖 4.4.17c 布袋港 W0 測站秋季各分佈函數於不同機率下之風速界線值 . 4-67
圖 4.4.17d 布袋港 W0 測站冬季各分佈函數於不同機率下之風速界線值 . 4-67
圖 4.4.18a 布袋港 W0 測站不同季別風速機率密度函數比較(韋伯 3 參數) 4-68
圖 4.4.18b 布袋港 W0 測站不同季別風速機率密度函數比較(韋伯 2 參數) 4-69
圖 4.4.18c 布袋港 W0 測站不同季別風速機率密度函數比較(萊利)..... 4-69
圖 4.4.18d 布袋港 W0 測站不同季別風速機率密度函數比較(通用極值) .. 4-70
圖 4.4.18e 布袋港 W0 測站不同季別風速機率密度函數比較(伽瑪)..... 4-70
圖 4.4.18f 布袋港 W0 測站不同季別風速機率密度函數比較(對數常態)... 4-71
圖 5.2.1a 臺中港 E0 測站春季時差 1 之風速差值分佈與機率函數套配.. 5-14
圖 5.2.1b 臺中港 E0 測站春季時差 3 之風速差值分佈與機率函數套配.. 5-15
圖 5.2.1c 臺中港 E0 測站春季時差 6 之風速差值分佈與機率函數套配.. 5-15
圖 5.2.1d 臺中港 E0 測站春季時差 12 之風速差值分佈與機率函數套配 . 5-16
圖 5.2.2a 臺中港 E0 測站夏季時差 1 之風速差值分佈與機率函數套配.. 5-16
圖 5.2.2b 臺中港 E0 測站夏季時差 3 之風速差值分佈與機率函數套配 . 5-17
圖 5.2.2c 臺中港 E0 測站夏季時差 6 之風速差值分佈與機率函數套配.. 5-17
圖 5.2.2d 臺中港 E0 測站夏季時差 12 之風速差值分佈與機率函數套配 . 5-18

圖 5.2.3a 臺中港 E0 測站秋季時差 1 之風速差值分佈與機率函數套配.. 5-18
圖 5.2.3b 臺中港 E0 測站秋季時差 3 之風速差值分佈與機率函數套配 . 5-19
圖 5.2.3c 臺中港 E0 測站秋季時差 6 之風速差值分佈與機率函數套配.. 5-19
圖 5.2.3d 臺中港 E0 測站秋季時差 12 之風速差值分佈與機率函數套配. 5-20
圖 5.2.4a 臺中港 E0 測站冬季時差 1 之風速差值分佈與機率函數套配.. 5-20
圖 5.2.4b 臺中港 E0 測站冬季時差 3 之風速差值分佈與機率函數套配 . 5-21
圖 5.2.4c 臺中港 E0 測站冬季時差 6 之風速差值分佈與機率函數套配.. 5-21
圖 5.2.4d 臺中港 E0 測站冬季時差 12 之風速差值分佈與機率函數套配. 5-22
圖 5.2.5a 臺中港 E0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(強森 SU).. 5-23
圖 5.2.5b 臺中港 E0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(強森 SU)... 5-24
圖 5.2.6a 臺中港 E0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(常態) 5-24
圖 5.2.6b 臺中港 E0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(常態)..... 5-25
圖 5.2.7a 臺中港 E0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(通用極值)... 5-25
圖 5.2.7b 臺中港 E0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(通用極值) .. 5-26
圖 5.2.8a 臺中港 E0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(誤差函數)... 5-26
圖 5.2.8b 臺中港 E0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(誤差函數) .. 5-27
圖 5.2.9a 臺中港 E0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(邏輯) 5-27
圖 5.2.9b 臺中港 E0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(邏輯)..... 5-28
圖 5.2.10a 安平港 W0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(強森 SU).. 5-28
圖 5.2.10b 安平港 W0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(強森 SU) .. 5-29
圖 5.2.11a 安平港 W0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(常態)..... 5-29
圖 5.2.11b 安平港 W0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(常態)... 5-30
圖 5.2.12a 安平港 W0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(通用極值)... 5-30

圖 5.2.12b 安平港 W0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(通用極值) 5-31
圖 5.2.13a 安平港 W0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(誤差函數)... 5-31
圖 5.2.13b 安平港 W0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(誤差函數) 5-32
圖 5.2.14a 安平港 W0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(邏輯)..... 5-32
圖 5.2.14b 安平港 W0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(邏輯)... 5-33
圖 5.2.15a 安平港 X0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(強森 SU) .. 5-33
圖 5.2.15b 安平港 X0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(強森 SU).. 5-34
圖 5.2.16a 安平港 X0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(常態)..... 5-34
圖 5.2.16b 安平港 X0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(常態) ... 5-35
圖 5.2.17a 安平港 X0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(通用極值).. 5-35
圖 5.2.17b 安平港 X0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(通用極值) . 5-36
圖 5.2.18a 安平港 X0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(誤差函數).. 5-36
圖 5.2.18b 安平港 X0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(誤差函數) . 5-37
圖 5.2.19a 安平港 X0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(邏輯)..... 5-37
圖 5.2.19b 安平港 X0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(邏輯) ... 5-38
圖 5.2.20a 布袋港 W0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(強森 SU)... 5-38
圖 5.2.20b 布袋港 W0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(強森 SU).. 5-39
圖 5.2.21a 布袋港 W0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(常態)..... 5-39
圖 5.2.21b 布袋港 W0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(常態)... 5-40
圖 5.2.22a 布袋港 W0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(通用極值)... 5-40
圖 5.2.22b 布袋港 W0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(通用極值) 5-41
圖 5.2.23a 布袋港 W0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(誤差函數)... 5-41
圖 5.2.23b 布袋港 W0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(誤差函數) 5-42

圖 5.2.24a 布袋港 W0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(邏輯)..... 5-42
圖 5.2.24b 布袋港 W0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(邏輯)... 5-43
圖 5.2.25a 臺中港 E0 測站春季不同時差之機率密度函數(強森 SU)... 5-44
圖 5.2.25b 臺中港 E0 測站夏季不同時差之機率密度函數(強森 SU)... 5-44
圖 5.2.25c 臺中港 E0 測站秋季不同時差之機率密度函數(強森 SU)... 5-45
圖 5.2.25d 臺中港 E0 測站冬季不同時差之機率密度函數(強森 SU)... 5-45
圖 5.3.1a 臺中港 E0 測站春季時差 3 之風速差值各機率函數之界線值.. 5-47
圖 5.3.1b 臺中港 E0 測站春季時差 12 之風速差值各機率函數之界線值. 5-47
圖 5.3.2a 臺中港 E0 測站夏季時差 3 之風速差值各機率函數之界線值.. 5-48
圖 5.3.2b 臺中港 E0 測站夏季時差 12 之風速差值各機率函數之界線值. 5-48
圖 5.3.3a 臺中港 E0 測站秋季時差 3 之風速差值各機率函數之界線值.. 5-49
圖 5.3.3b 臺中港 E0 測站秋季時差 12 之風速差值各機率函數之界線值. 5-49
圖 5.3.4a 臺中港 E0 測站冬季時差 3 之風速差值各機率函數之界線值.. 5-50
圖 5.3.4b 臺中港 E0 測站冬季時差 12 之風速差值各機率函數之界線值. 5-50
圖 5.3.5a 臺中港 E0 測站於強森 SU 時差 3 之風速差值各季的界線值... 5-51
圖 5.3.5b 臺中港 E0 測站於強森 SU 時差 12 之風速差值各季的界線值.. 5-51
圖 5.3.6a 臺中港 E0 測站於常態時差 3 之風速差值各季的界線值..... 5-52
圖 5.3.6b 臺中港 E0 測站於常態時差 12 之風速差值各季的界線值..... 5-52
圖 5.3.7a 臺中港 E0 測站於通用極值時差 3 之風速差值各季的界線值.. 5-53
圖 5.3.7b 臺中港 E0 測站於通用極值時差 12 之風速差值各季的界線值. 5-53
圖 5.3.8a 臺中港 E0 測站於誤差函數時差 3 之風速差值各季的界線值.. 5-54
圖 5.3.8b 臺中港 E0 測站於誤差函數時差 12 之風速差值各季的界線值. 5-54
圖 5.3.9a 臺中港 E0 測站於邏輯時差 3 之風速差值各季的界線值..... 5-55

圖 5.3.9b 臺中港 E0 測站於邏輯時差 12 之風速差值各季的界線值..... 5-55
圖 5.3.10 臺中港 E0 測站春季於強森 SU 機率函數下風速差值之界線值 . 5-56
圖 5.3.11 臺中港 E0 測站春季於常態機率函數下風速差值之界線值... 5-57
圖 5.3.12 臺中港 E0 測站春季於通用極值機率函數下風速差值之界線值... 5-57
圖 5.3.13 臺中港 E0 測站春季於誤差機率函數下風速差值之界線值... 5-58
圖 5.3.14 臺中港 E0 測站春季於邏輯機率函數下風速差值之界線值... 5-58
圖 6.1 港灣環境資訊系統架構圖 6-2
圖 6.2 港灣環境資訊網功能方塊圖 6-3
圖 6.3 港灣環境資訊網(首頁)..... 6-3
圖 6.4 港灣環境資訊網頁系統架構圖 6-4
圖 6.5 港灣環境資訊網(一般訪客版)..... 6-5
圖 6.6 一般訪客版網頁功能架構圖 6-6
圖 6.7 專家版網頁功能架構圖 6-11
圖 6.8 專家版(登入畫面)..... 6-11
圖 6.9 專家版(統計圖表列印畫面)..... 6-12
圖 6.10 專家版(歷史影像下載畫面)..... 6-12
圖 6.11 PDA 版功能架構圖..... 6-13
圖 6.12 無障礙版功能架構圖 6-13
圖 6.13 港灣環境資訊網(無障礙版)..... 6-14
圖 6.14 Pad(Android OS)版海氣象即時觀測資訊功能架構圖 6-14
圖 6.15 Microsoft Silverlight 元件安裝畫面..... 6-16
圖 6.16 silverlight 支援流程圖 6-17
圖 6.17 silverlight 海氣象整合畫面圖 6-18

圖 6.18 從不同裝置偵測解析度畫面 6-19
圖 6.19 資料庫介接架構圖(網路)..... 6-22
圖 6.20 資料庫同步程式 6-22
圖 6.21 資料品管及匯入程式 6-23
圖 6.22 能見度資料品管及匯入程式 6-23
圖 6.23 金門水頭港能見度資訊 6-24
圖 6.24 金門(水頭)、金門(料羅)、金門(九宮)、綠島、馬祖
-海象觀測資訊(潮汐) 6-24
圖 6.25 金門(水頭)、金門(料羅)、金門(九宮)、綠島、馬祖
-海象觀測資訊(海流) 6-25
圖 6.26 金門(水頭)、金門(料羅)、金門(九宮)、綠島、馬祖
-海象觀測資訊(水溫) 6-25
圖 6.27 金門(水頭)、金門(料羅)、金門(九宮)、綠島、馬祖
-海象觀測資訊(波浪) 6-26
圖 6.28 港灣環境資訊網-海象觀測資訊(風力) 6-27
圖 6.29 港灣環境資訊網-海象觀測資訊(綜合表) 6-27
圖 6.30 iOS 的系統架構 6-29
圖 6.31 iOS App 的開發方式 6-29
圖 6.32 港灣環境資訊網 iOS App(iPAD)版開發架構..... 6-30
圖 6.33 港灣環境資訊網 iOS App(iPAD)版開發實機..... 6-30
圖 6.34 合作備忘錄及資料提供方式 6-32
圖 6.35 中央氣象局浮標(風力、波浪)觀測資料..... 6-33
圖 6.36 中央氣象局浮標(海流)觀測資料..... 6-33
圖 6.37 中央氣象局潮位站觀測資料 6-35

圖 6.38 中央氣象局觀測資料介接系統架構圖 6-36
圖 6.39 中央氣象局資料檔同步程式 6-36
圖 6.40 中央氣象局觀測資料匯入程式 6-37
圖 6.41 中央氣象局觀測資料綜合表 6-38
圖 6.42 整合港研中心與中央氣象局資料之規劃構想圖 6-39
圖 6.43 海氣象整合資訊（港研中心－花蓮港資訊） 6-40
圖 6.44 海氣象整合資訊（點選其他港口切換） 6-40
圖 6.45 海氣象整合資訊（中央氣象局－台東外海資料浮標資訊） 6-41
圖 6.46 海氣象整合資訊（中央氣象局－東石壓力式水位計資訊） 6-41
圖 6.47 海氣象整合資訊（中央氣象局－將軍音波式水位計資訊） 6-42
圖 6.48 海氣象整合資訊第二版畫面 6-43
圖 6.49 海氣象整合資訊第三版（港研中心-風力資訊） 6-44
圖 6.50 海氣象整合資訊第三版 (潮汐資訊)..... 6-44
圖 6.51 海氣象整合資訊第三版(波浪資訊)..... 6-45
圖 6.52 海氣象整合資訊第三版(海流資訊)..... 6-45
圖 6.53 海氣象整合資訊第三版(水溫資訊)..... 6-46
圖 6.54 海氣象歷線圖(三日區間資料)..... 6-46
圖 6.55 海氣象歷線圖(自選資料區間)..... 6-47
圖 6.56 基隆港之風速與波高值套疊畫面 6-48
圖 6.57 高雄港之風速與波高值套疊畫面 6-49
圖 6.58 近岸數值模擬資料介接系統架構圖 6-52
圖 6.59 海象模擬資訊-風力資料(WRF 模式)..... 6-53
圖 6.60 海象模擬資訊-西太平洋(圖型動畫+模擬數值[WRF 模式]) 6-53

圖 6.61 海象模擬資訊-套疊 WRF 模式(以臺北港為例) 6-54
圖 6.62 海象模擬資訊-海流資料(小尺度) 6-54
圖 6.63 海象模擬資訊-布袋港(小尺度/海流資料) 6-55
圖 6.64 船舶動態辨識系統網路架構圖 6-56
圖 6.65 船舶動態資料(AIS)匯入程式 6-58
圖 6.66 藍色公路海氣象數值模擬預報(以布袋至馬公航段-風向為例) ... 6-59
圖 6.67 藍色公路 AIS 船舶動態資訊(以布袋至馬公滿天星 2 號為例) 6-59
圖 6.68 港灣環境資訊網之 14 條藍色公路航線 6-60
圖 6.69 藍色公路(基隆至平潭) 6-61
圖 6.70 藍色公路(臺北至平潭) 6-61
圖 6.71 藍色公路(基隆至台州) 6-62
圖 6.72 藍色公路(臺中至廈門) 6-62
圖 6.73 固定航班預估到達時間資訊推算流程圖 6-64
圖 6.74 藍色公路 ETA 預估到達時間-以基隆至南竿航線為例 6-65
圖 6.75 臺灣海域 AIS 接收站設置地點 6-66
圖 6.76 臺灣船舶動態系統網頁(2014/06/13 查詢畫面) 6-67
圖 6.77 麗星郵輪(寶瓶星)航行路線軌跡 6-68
圖 6.78 數值模擬計算網格圖(WA03、SWAN) 6-68
圖 6.79 AIS 接收範圍與數值模擬兩者共同所涵蓋之區域 6-69
圖 6.80 麗星郵輪(寶瓶星)-航舶動態+海氣象波高模擬資訊 6-69
圖 6.81 麗星郵輪(寶瓶星)-航舶動態+海氣象波向模擬資訊 6-70
圖 6.82 麗星郵輪(寶瓶星)-航舶動態+海氣象風速模擬資訊 6-70
圖 6.83 麗星郵輪(寶瓶星)-航舶動態+海氣象風向模擬資訊 6-71

圖 6.84 麗星郵輪(寶瓶星)-航船最近三日內的航行軌跡 6-71
圖 6.85 即時影像監視及傳輸架構 6-72
圖 6.86 廣播系統與攝影機狀況圖 6-73
圖 6.87 廣播系統儲存硬碟使用狀況圖 6-74
圖 6.88 即時影像系統(金門九宮碼頭)..... 6-76
圖 6.89 即時影像系統(金門水頭碼頭-1) 6-76
圖 6.90 即時影像系統(金門水頭碼頭-2) 6-77
圖 6.91 即時影像系統(金門料羅-1) 6-77
圖 6.92 即時影像系統(金門料羅-2) 6-78
圖 6.93 傳統、紅外線及熱顯影像比較圖 6-79
圖 6.94 一般攝影機與熱影像儀+低照度攝影機比較 6-79
圖 6.95 熱顯影像攝影機解析度 6-80
圖 6.96 熱顯影像攝影機效果(海岸與船行)..... 6-80
圖 6.97 熱顯影像攝影機效果(浮標)..... 6-80
圖 6.98 熱顯影像攝影機效果(防救災~人員落海) 6-81
圖 6.99 港灣環境資訊網目前使用之即時影像系統 6-81
圖 6.100 GSN VPN 網路架構圖 6-84
圖 6.101 港灣環資訊網首頁-地震發生燈號訊息告知..... 6-86
圖 6.102 港灣環資訊網首頁-地震發生資訊..... 6-86
圖 6.103 港區地震系統-近期地震之 x,y,z 地表地震圖 6-87
圖 6.104 港區歷史地震查詢畫面 6-87
圖 6.105 海嘯模擬子系統網路架構圖 6-88
圖 6.106 海嘯資料同步程式(批次檔)..... 6-89

圖 6.107 海嘯資料同步的訊息記錄 6-89
圖 6.108 海嘯資料儲存位置圖 6-89
圖 6.109 海嘯資料儲存資料檔說明圖 6-90
圖 6.110 引發海嘯發生之地震資訊(資料表)..... 6-90
圖 6.111 海嘯引發水位上升之分析結果訊息(資料表)..... 6-91
圖 6.112 海嘯模擬數值(資料表)..... 6-91
圖 6.113 港灣環境資訊網-近期海嘯查詢 6-92
圖 6.114 各港區海嘯預警通報訊息以及水位歷線圖查詢 6-93
圖 6.115 海嘯預警通報水位歷線圖(以基隆港為例)..... 6-93
圖 6.116 大氣腐蝕環境 GoogleMap 整合衛星地圖觀察試驗點 6-94
圖 6.117 大氣環境腐蝕因子調查與腐蝕環境地圖(以基隆港為例)..... 6-96
圖 6.118 大氣腐蝕監控試驗地點基本資料與試驗地點實驗數據 6-96
圖 6.119 港灣環境資訊網-港區大氣腐蝕(首頁) 6-97
圖 6.120 港灣環境資訊網-港區大氣腐蝕(港區) 6-98
圖 6.121 港灣環境資訊網-港區大氣腐蝕(花蓮港試驗線 300m 為例)... 6-98
圖 6.122 試驗地點實驗數據(以基隆試驗線 0m 為例) 6-99
圖 6.123 103 年度使用者會議活動照片 6-101
圖 6.124 港灣環境資訊網滿意度調查表 6-103
圖 6.125 港灣環境資訊網滿意度線上調查表 6-104
圖 6.126 滿意度調查問卷(年齡分佈)..... 6-105
圖 6.127 滿意度調查問卷(網站知名度)..... 6-105
圖 6.128 滿意度調查問卷(瀏覽頻率)..... 6-105
圖 6.129 滿意度調查問卷(網站使用難易度)..... 6-106

圖 6.130 滿意度調查問卷(網頁美編風格)..... 6-106
圖 6.131 滿意度調查問卷(網站連線速度)..... 6-106
圖 6.132 滿意度調查問卷(資訊提供使用率)..... 6-107
圖 6.133 滿意度調查問卷(App 開發急切度)..... 6-107
圖 6.134 滿意度調查問卷(網站整體滿意度)..... 6-107
圖 6.135 個人資料保護法說明 6-108

表 目 錄

表 2-1 各種油污遙測技術與其監測之原理 2-3
表 2-2 雷達系統之軟硬體規劃 2-19
表 2-3 雷達現場監測油污之配置 2-21
表 2-4 本年度近海潛在油污事件彙整 2-51
表 3-1 海洋模式比較表 3-12
表 3-2 GLS 紊流閉合模式相關參數 3-16
表 3-3 溢油模式功能比較表 3-29
表 4-1 機率密度函數之參數估計結果 4-12
表 4-2 機率密度函數之適合度檢定結果 4-12
表 4-3a 臺中港觀測站 E0 春季風速 6 種機率密度函數適合度排序表 . 4-14
表 4-3b 臺中港觀測站 E0 夏季風速 6 種機率密度函數適合度排序表 . 4-14
表 4-3c 臺中港觀測站 E0 秋季風速 6 種機率密度函數適合度排序表 . 4-14
表 4-3d 臺中港觀測站 E0 冬季風速 6 種機率密度函數適合度排序表 . 4-15
表 4-4a 臺中港觀測站 W0 春季風速 6 種機率密度函數適合度排序表.. 4-15
表 4-4b 臺中港觀測站 W0 夏季風速 6 種機率密度函數適合度排序 4-15
表 4-4c 臺中港觀測站 W0 秋季風速 6 種機率密度函數適合度排序 4-16
表 4-4d 臺中港觀測站 W0 冬季風速 6 種機率密度函數適合度排序 4-16
表 4-5a 臺中港觀測站 W1 春季風速 6 種機率密度函數適合度排序 4-16
表 4-5b 臺中港觀測站 W1 夏季風速 6 種機率密度函數適合度排序 4-17
表 4-5c 臺中港觀測站 W1 秋季風速 6 種機率密度函數適合度排序 4-17
表 4-5d 臺中港觀測站 W1 冬季風速 6 種機率密度函數適合度排序 4-17

表 4-6a 安平港觀測站 W0 春季風速 6 種機率密度函數適合度排序 4-18
表 4-6b 安平港觀測站 W0 夏季風速 6 種機率密度函數適合度排序 4-18
表 4-6c 安平港觀測站 W0 秋季風速 6 種機率密度函數適合度排序 4-18
表 4-6d 安平港觀測站 W0 冬季風速 6 種機率密度函數適合度排序 4-19
表 4-7a 安平港觀測站 X0 春季風速 6 種機率密度函數適合度排序 4-19
表 4-7b 安平港觀測站 X0 夏季風速 6 種機率密度函數適合度排序 4-19
表 4-7c 安平港觀測站 X0 秋季風速 6 種機率密度函數適合度排序 4-20
表 4-7d 安平港觀測站 X0 冬季風速 6 種機率密度函數適合度排序 4-20
表 4-8a 布袋港觀測站 W0 春季風速 6 種機率密度函數適合度排序 4-20
表 4-8b 布袋港觀測站 W0 夏季風速 6 種機率密度函數適合度排序 4-21
表 4-8c 布袋港觀測站 W0 秋季風速 6 種機率密度函數適合度排序 4-21
表 4-8d 布袋港觀測站 W0 冬季風速 6 種機率密度函數適合度排序 4-21
表 4-9 全體風速資料之 6 種機率密度函數適合度總排序 4-22
表 4-10 累積機率 2%之風速合理性檢核標準 4-72
表 4-11 累積機率 0.2%之風速合理性檢核標準 4-72
表 4-12 累積機率 0.02%之風速合理性檢核標準 4-73
表 4-13 各港區測站各季之風速合理性檢核標準 4-74
表 5-1 風速差值機率密度函數之參數估計結果 5-3
表 5-2 風速差值機率密度函數之適合度檢定結果 5-4
表 5-3a 臺中港 E0 春季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔 1 時) .. 5-4
表 5-3b 臺中港 E0 春季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔 3 時) .. 5-5
表 5-3c 臺中港 E0 春季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔 6 時) .. 5-5
表 5-3d 臺中港 E0 春季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔 12 時).. 5-5

表 5-4a 臺中港 E0 夏季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔 1 時) .. 5-6
表 5-4b 臺中港 E0 夏季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔 3 時) .. 5-6
表 5-4c 臺中港 E0 夏季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔 6 時) .. 5-6
表 5-4d 臺中港 E0 夏季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔 12 時).. 5-7
表 5-5a 臺中港 E0 秋季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔 1 時) .. 5-7
表 5-5b 臺中港 E0 秋季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔 3 時) .. 5-7
表 5-5c 臺中港 E0 秋季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔 6 時) .. 5-8
表 5-5d 臺中港 E0 秋季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔 12 時).. 5-8
表 5-6a 臺中港 E0 冬季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔 1 時) .. 5-8
表 5-6b 臺中港 E0 冬季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔 3 時) .. 5-9
表 5-6c 臺中港 E0 冬季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔 6 時) .. 5-9
表 5-6d 臺中港 E0 冬季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔 12 時).. 5-9
表 5-7a 全體風速差值之機率密度函數適合度總排序(時間間隔 1 小時).. 5-10
表 5-7b 全體風速差值之機率密度函數適合度總排序(時間間隔 3 小時).. 5-11
表 5-7c 全體風速差值之機率密度函數適合度總排序(時間間隔 6 小時)... 5-12
表 5-7d 全體風速差值之機率密度函數適合度總排序(時間間隔 12 小時) . 5-13
表 5-8 累積機率 2%之風速差值合理性檢核標準..... 5-59
表 5-9 累積機率 0.2%之風速差值合理性檢核標準..... 5-60
表 5-10 累積機率 0.02%之風速差值合理性檢核標準 5-60
表 5-11 各港區測站各時差之風速差值合理性檢核標準 5-62
表 6-1 工作彙總表 6-1
表 6-2 港灣環境資訊網頁功能版本表(依使用設備區分) 6-4
表 6-3 一般訪客版網頁功能項目說明表 6-6

表 6-4 入口網站畫面設計表 6-17
表 6-5 海氣象資料庫備份計畫表 6-19
表 6-6 海氣象觀測年報資料筆數統計表 6-20
表 6-7 海氣象資料提供港口代碼對照表 6-31
表 6-8 海氣象資料類型代碼對照表 6-31
表 6-9 浮標(風力、波浪)觀測資料檔案欄位格式 6-33
表 6-10 資料浮標測站站碼說明 6-33
表 6-11 浮標(海流)觀測資料檔案欄位格式 6-34
表 6-12 潮位測站站碼說明 6-34
表 6-13 潮位站觀測資料檔案欄位格式 6-35
表 6-14 資料浮標(海流)測站站碼 6-35
表 6-15 數值預報子系統之資料庫筆數統計表 6-50
表 6-16 AIS 資料表 6-57
表 6-17 ETA（Estimated Time of Arrival）資料表 6-63
表 6-18 即時影像監視及傳輸使用現況表 6-72
表 6-19 攝影機相關傳輸狀況說明表 6-74
表 6-20 影像錄存架構方案特性及頻寬需求分析比較 6-82
表 6-21 不同影像壓縮技術對傳輸速率、儲存容量需求比較表比較表 ... 6-83
表 6-22 不同壓縮技術於租用電信專線之影像傳輸品質比較表 6-83
表 6-23 Access 資料庫資料表欄位說明 6-95
表 6-24 Access 資料庫資料表(view_totaldata 結果) 6-95
表 6-25 103 年使用者會議議程表 6-100

第一章 計畫概述

1.1計畫緣起與目標

台灣四周環海，開發海洋資源、發展航運、從事港灣建設及規劃等均需長期可靠之海氣象資料作為依據。此外，為提昇船舶進出港操航安全、船席機動調配及港埠運作效能等，對於有關港灣自然環境資訊的即時提供也是非常重要的需求。因此，利用資訊技術將臺灣各港口之海氣象與港灣水理資料，以靜態或動態方式，透過資訊網路即時提供給港灣管理單位、國內外船舶業者及有關人員查詢，是一項應積極配合之施政工作。隨地球暖化所造成之氣侯變遷，未來將面臨更嚴峻的環境變化威脅。因此，港灣環境的即時監測資料、數值模式計算之預測資料及其他相關資訊之獲得，對於環境短期劇烈變化或長期演變趨勢之因應措施的擬定，將更形重要。

本中心目前之海氣象即時觀測資料經傳輸系統傳送至海情中心匯整後，須立即進入港灣環境資訊系統中之海氣象資料庫，並於港灣環境資訊網站作顯示與提供查詢服務外，也作為海氣象數值預報作業中資料同化處理之用。然而資料在經由儀器量測、編碼發送、通訊傳輸、接收解碼、彙整儲存等一連串複雜流程中，可能因儀器故障、電源供應不穩或斷電、人為疏忽或干擾及其他不明原因，造成資料錯誤或漏失，其中錯誤之失真資料若不經篩檢而誤用，極可能造成重大損害。因此，基於資料之立即應用並轉化為可靠之資訊需求，對資料進行即時檢核及管制有其必要性。

由於港灣區域為海水與人工結構物的交界區域，受到海域地形與人工防波堤等影響，水文條件極為複雜，對於船舶進出港的安全影響至深。尤其臺灣海域為東亞航運必經之地，經濟快速開發使得臺灣對外的航運更趨頻繁，尤其是石化工業的油品及化學品進出口更增加了港灣環境管理的不確定性。針對海面油污漂移資訊的取得，目前國內外主要都是依靠海域環境監控或是電腦數值模擬這兩種方法進行之。其中應用遙測科技於海洋油污染監測可以有效協助掌握污染在空間上的變化情況；而結合模擬海潮流運動之三維水動力模式及預測洩油漂移軌跡之數值模式，

則能準確地預測外洩油污之漂移軌跡及其擴散範圍。隨著海洋污染法的通過與實施，一個有效的監測、預警與決策之整合系統建立是非常需要的，尤其是面對複合性災害，整合性之資訊需求是迫切的。

為達成國家經濟之永續發展目標，各項交通基礎建設是必須之前端工作，不僅陸運或空運，對四面環海之台灣而言海運更形重要。隨著經濟發展海上運輸交通日益繁忙,因此海上航行交通安全也日漸受到重視。為了避免類似阿瑪斯號貨輪船難事故，應研擬如何提供海運交通安全所需之自然環境資訊方案。本計畫所進行之港灣環境資訊系統，除了對海運航行安全有正面助益外，對海上緊急災害救助（例如船難人員撤離）之對策研擬也有幫助，同時也降低對環境衝擊性不良影響（例如海面油污染）。此外本研究計畫也可有效準確掌握全球暖化所產生氣候變遷之海氣象特性改變的影響衝擊，促使政府預為規劃及研擬因應對策，提昇國土安全，促成社會穩定，減少災害之經濟損失，保育自然環境，增進國民福祉。

本研究以執行「港灣海氣象環境資訊整合及統計分析研究」計畫為目標。規劃研究期程共計4年，主要研究目標為(1)利用港區長期之海氣象監測資料進行有系統之統計分析，以瞭解各港區(海域)之海氣象環境特性之差異、演變趨勢及相互間關聯性，同時考量不同環境條件設定下，探討各海氣象種類在各不同港區(海域)之可航行或可遊憩或可作業之天數。同時也依據統計分析結果，進行海氣象資料自動檢核系統規劃與建置，藉以提升即時觀測資料品質並降低人工品管之人力負擔；(2)以雷達遙測技術為基礎，進一步開發其海洋油污染偵測之技術，同時建立油污擴散預報系統，藉以協助掌握污染在時間與空間上的變化情況。透過海域油污的即時監測與擴散模擬，提供作為早期預警與管理的工具，提升油汙汙染緊急應變時效,減低港埠營運影響及環境汙染的災害損失及(3) 整合本中心現場海氣地象即時觀測與海象數值計算即時預報兩個動態系統之作業流程，並依防災觀點逐步建置海氣地象預警系統，此外本中心他項計畫所建立之相關系統也將持續分階段納入。

1.2 計畫工作項目

有關海域油汙監測與擴散模擬技術研發分三年進行，本年度為第一年，其中遙測技術之研發工作內容為對雷達設備進行相當程度之改裝與實驗室測試，油污擴散模擬之研發工作內容為蒐集、評估及規劃海流模式與油污擴散模式。需完成工作項目如下：

1. 蒐集雷達遙測技術現況，評估其應用在海氣象特徵與海面油污即時監測之適用性。
2. 針對雷達偵測油污以及海象功能進行軟硬體規劃及設計。
3. 進行雷達設備之改裝及實驗室測試。
4. 蒐集分析目前世界各國作業海流模式。
5. 評估及比較適用於油污擴散模擬之臺灣海域作業化海流預測模式。
6. 規劃油污擴散數值模式發展策略。
7. 整合相關技術 (海流流場預測、海域油污擴散模擬、資料交換與訊息傳遞及系統自動作業化) 進行實務操作之可行性探討。

上一年度計畫中已初步研擬高低絕對值、空間相對值、時間相對值及因果相對值等4種合理性之海氣象資料自動檢核原則，本年度依高低絕對值、時間相對值兩種需人為選定檢核標準之檢核方法，進行港區風速統計機率分布之探討，建立各港區之風速分布機率密度函數，以作為檢核標準值之選定。本年度先進行臺中港、安平港及布袋港之港區風速分布特性分析。需完成工作項目如下：

1. 臺中港、安平港及布袋港港區，共計6個測站風速資料蒐集
2. 依據歷年觀測風速之統計特性進行資料分類與整理。
3. 針對風速變化特性進行理論機率密度函數之選定。
4. 各港區風速分布之統計分析直方圖(組體圖)與理論機率密度函數套配比較。
5. 各港區風速差值分布之統計分析直方圖(組體圖)與理論機率密度函數套配比較。

6. 各港區風速及風速差值合理性檢核標準之建立。

7. 檢核標準之影響因素分析及應用。

目前「港灣環境資訊網」主要的應用資訊系統計有海象觀測資訊、海象模擬資訊、港區影像資訊、港區地震資訊及海嘯模擬資訊等。本年度工作內容主要為系統之網頁持續運轉維護、海氣象資料庫更新維護、系統功能提升與擴充建置及新增服務之規畫等。需完成工作項目如下：

1. 持續海氣地象觀測子系統之海情資料庫更新(含歷史資料匯入)維護及資料品管作業功能提升,海氣地象觀測資料包括風速、風向、潮位、波高、週期、波向、流速、流向、地震與各類觀測資料之統計表、統計圖(如方塊圖、玫瑰圖)等。

2. 持續數值預報系統之資料庫更新維護,其包含整個年度由風場(氣壓)、波浪、潮位、流場、擴散及海嘯等數值模式，於台灣環島海域不同尺度之計算結果，包括數位資料、資料數據表、資料歷線圖、平面等值動畫圖(如等水位、等波高、等週期、等相位、等風速、等流速等)、平面向量動畫圖(風向量、流向量或波向量等) 。

3. 持續進行港灣環境資訊應用系統維護，以確保整體系統運作之穩定性、資料品質可靠性以及系統保密與安全性。持續擴充港灣環境資訊網之功能應用與分享，配合資訊科技進步與使用者需求性；評估研擬網際網路不同平台功能展示工具；以充分發揮現有即時性資料之展示與應用功能。

4. 檢討現有海氣象觀測及數值推算之自動作業化流程、資訊傳輸系統運轉穩定度及系統整合介面相容性等相關問題，並研擬解決或改善方法。

5. 進行 App Store (IOS)及 Android 軟體平台應用在港灣環境資訊系統之開發及測試。

6. 船舶自動辨識系統(AIS)及大氣腐蝕監測相關資料彙入港灣環境資料庫。

7. 探討各港區即時影像長時間(含夜間)拍攝之影像成效評估。

8. 建立配合港灣技術研究中心各資料庫間的介接，持續確保資料收集之狀況及品質維護。建立有效的資料(資訊)交換與分享平台，納入中央氣象局、成功大學近海水文中心、水利署等相關單位所建置之海氣象觀測資料庫。
9. 辦理「港灣環境資訊系統」成果發表會及系統使用者年度會議，蒐集使用者需求意見、系統功能使用狀況及滿意度調查統計分析。

第二章　海域油污遙測技術之建立

海域油污遙測技術為本計畫的兩大工作重點之一。如圖 2.1 所示，為本計畫針對雷達監測技術之三年整體發展規劃。計畫第一年之重點為技術之研發；第二年則著重於系統之現場試驗與檢討；第三年則將與聚焦於監測技術與數值模擬結果之整合工作。本計畫詳述第一年之雷達監測技術之研發工作如下。

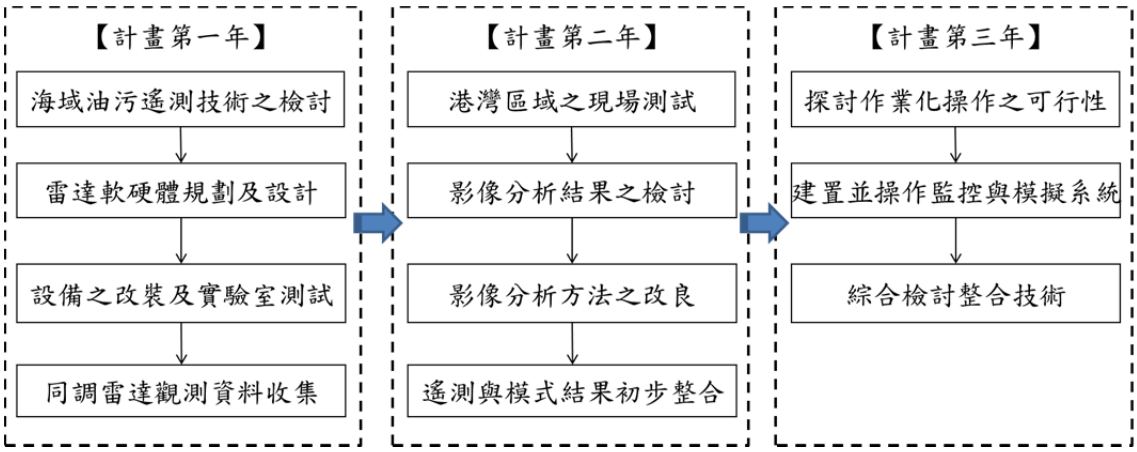


圖 2.1 本計畫雷達監測技術之發展規劃

2.1 雷達技術應用於海面油污與海氣象監測之評估

2.1.1 現有海域油污遙測技術之檢討

海洋遙測現已受到相當程度重視與廣泛應用，可利用光學攝影或是雷達感測的方式，取得廣大海面資訊。其中衛星及航空方式搭載雷達進行海洋遙測的技術發展已有超過三十年的發展歷史，且已發展出從衛星所攝得之海洋波場影像中取出海洋環境資訊的方法(Doong et al., 2003)。衛星遙感在大尺度、時變性低的海洋環境現場研究上具有相當大的優勢，自 1990 年代初期就有學者利用衛星影像進行油污監測之工作(Bern et al., 1993)。由於可全天候進行大型空間尺度範圍之偵測，許多研究針對衛星搭載之合成孔徑雷達(Synthetic Aperture Radar, SAR)所

測得之海面影像已發展不同的影像演算法，並透過衛星影像分析，可從中判讀海面油污之特徵。然而由於軌道運行之特性，一般非同步衛星 (asynchronous satellite) 之再訪率較長，有時為一天，有時達數天，不易達到作業化油污監測之目的。

不同海洋特徵所需之觀測尺度規模亦不同(Kanevsky, 2009)，其中海面油污的時間解析度建議約在一天之內；空間解析度則需在百公尺之內才能有效的被解析出。為了能獲得更高解析度之海面資訊，在岸邊或是船舶上搭載 X-band 航海雷達設備進行海洋觀測也是近年來常見的遙測方式。航海雷達原本為探測搜尋之設備，經陸地或船舶之表面而產生反射，因而得知陸地、島嶼或航行船舶等資訊。當雷達應用於船舶導航目的時，海面回波會干擾目標物之判識，故通常被視為雜訊而濾除，但進行海洋環境調查研究時，海面回波正是吾人所感興趣而欲取得之訊號。

根據海面油污的物理特性,以往已有不同的油污監測技術被提出。表 2-1 彙整出各種油污監測技術與其監測之原理。早期有透過目視或是攝影機等光學技術進行海面監測，但受限於水域環境的光源限制，以電磁波做為核心的監測技術相繼被提出。例如有研究透過紅外線(對應頻率約在 300 GHz 到 430 THz 之間，對應波長則約在 1 mm 到 750 nm 之間)掃瞄的方式偵測海面油污,其觀測原理為油污吸收太陽輻射之後，會轉化為熱能，因此可透過紅外線感測器偵測出。雷射螢光計(laser fluorosensors)的觀測原理則是根據油污因吸收紫外光後,油污合成物內電子被激發，導致油污會產生螢光，因而可透過雷射螢光計偵測出(Brown and Fingas, 2003)。輻射計則是根據油污與一般海面所反射輻射量的不同，藉以辨識出油污所在區域。相較於上述的油污監測技術，微波(microwave)技術的優勢在於日夜皆可進行觀測。微波技術偵測油污的原理在於乾淨海表面與覆蓋有油污之海表面的毛細波所造成的海面電磁回波量存有差異。

表 2-1 各種油污遙測技術與其監測之原理

觀測方式	觀測原理	技術特徵	相關參考文獻
目視攝影機 可見光譜儀	光學偵測	適用於能見度佳之海域	Taylor et al., 1992 Wadsworth et al., 1992
紅外線感測器	偵測油污的熱能	較適合日間觀測	Brekke and Solberg, 2005
紫外線感測器	偵測油污的反射光	適合日間觀測	Goodman and Funds, 1988
雷射螢光計	偵測油污因吸收紫外光後產生的螢光(電子被激發)	夜間適合近距離觀測	Brown and Fingas, 2003
輻射計	偵測油污所產生較強烈的輻射	具有量測油污厚度的潛力	Fingas and Brown, 1997
微波雷達	偵測油污與乾淨海面電磁回波之間的差異	日夜皆可進行觀測	Kanevsky, 2009
微波散射計	量測油污與乾淨海面電磁回波散射量的差異	日夜皆可進行觀測	Fingas and Brown, 1997

從 1960 年代起，就有學者發現雷達回波可反映出一些海面之波紋特徵(Ijima et al., 1964)，且不同頻段電磁波於海面所產生的回波效果不盡相同。曾有學者利用各種頻率範圍的雷達電磁波來進行波浪觀測，分析結果確認了 X-band 雷達應用於海面波紋觀測的可行性 (Mattie and Harris, 1978)。為能將雷達技術實際應用於海洋環境調查，Young et al. (1985)於 1980 年代提出分析 X-band 雷達海面回波影像時序列資料之演算流程，藉以從中推算海面波譜資訊，並反推求得海表面波浪與流場，確立了 X-band 雷達應用於海洋參數觀測的可行性。德國研究單位 GKSS Research Center (現已更名為 Helmholtz-Zentrum Geesthacht 研究中心)延續 Young et al. (1985)的研究結果，持續發展 X-band 雷達遙測技術，並率先提出雷達作業化觀測技術與觀測系統之主要架構。

進一步擬從 X-band 雷達的海面回波影像中辨識出油污所在區域與一般海面之差異，在 1990 年代已有學者透過實驗證實 X-band 電磁波在油污監測應用之效果較 L-band 與 C-band 更理想(Fingas and Brown, 1997)。此外，針對油污監測之應用，早期有 Tennyson (1988)評估船用

X-band 雷達應用於海面油污監測之可行性，並成功偵測到距離雷達天線 8km 之海面油污特徵。後期則有挪威的團隊投入此一領域之研究，並推出以 X-band 雷達為技術核心的商業化監測系統(Egset and Nøst, 2007)。

在國內，港灣技術研究中心與臺灣大學進行 X-band 雷達遙測系統之建置(王，1999)，為國內開發 X-band 雷達海洋環境遙測系統之先驅。港灣技術研究中心也與臺灣海洋大學(尹等，2005；翁等，2011)的研究團隊共同合作，持續投入此領域之技術發展與研究討論，並針對雷達所測得海面影像的統計特徵進行深入之檢討，獲得許多豐碩的成果。成功大學的研究團隊則將研究重心聚焦於雷達系統軟硬體技術之研發，自行開發雷達訊號的取樣、分析方法與軟體程式，並經將雷達系統自行改裝為陸上移動式觀測系統 (如圖 2.2 所示)，對臺灣沿海進行機動性的觀測作業，在 X-band 雷達遙測領域也獲得了相關之研究結果(吳等，2002、2004、2005、2006、2008、2009；Wu et al., 2008、2010、2011)。以這些研究結果為基礎，將有助於針對本研究計畫所提出之研究主題進行更完整與深入之檢討。



圖 2.2 不同方式的岸邊機動性雷達觀測作業

根據前述之討論發現，應用 X-band 雷達發展海面油污監測技術具有極大之潛力。相較於以衛星、飛機或是船舶作為載台之方式，X-Band 雷達也可固定架設於岸邊，只要提供穩定電力即可在時間上持續觀測空間面的海面狀況，屬於一種兼具時間與空間海象資訊的三維度觀測

技術。有鑑於此，本研究計畫以 X-band 雷達為核心，發展其海面油污監控技術。

2.1.2 X-Band 雷達偵測油污技術之研究

為能確認 X-Band 航海雷達應用於海域油污偵測的效果，則需要釐清海面油污的雷達成像機制。雷達影像是依據觀測範圍內不同位置所反射的回波強度進行成像，而主導海面電磁回波的效應主要分為 tilt modulation 與 Hydrodynamic modulation 兩類。tilt modulation 指的是海浪波面的傾斜特徵，不同斜率(傾角)的波面會對電磁波產生不同的回波效果。當海面起伏大或波浪大時，水面波動曲面之海面類似鏡面，雷達波射向鏡面產生反射，其反射強度與雷達掠角(grazing)有關。Hydrodynamic modulation 則指出了波浪水粒子運動過程中，因水動力效應，造成波浪表面不同區塊的粗糙度差異，如圖 2.3 所示。根據波浪理論，迎波面上波峰的水粒子朝波谷方向運動；波谷處的水粒子則朝波峰方向運動。這樣的現象造成迎波面的幅聚(convergence)效應，進而增強了重力波面上的粗糙度(毛細波數量)。但在背波面上的水粒子則分別向波峰與波谷運動，造成波面的幅散(divergence)效應，致使背波面的毛細波減少，波面粗糙度相對較迎波面平滑。而粗糙海面上所呈現數公分波長的毛細波就是雷達回波之重要關鍵，也是海面電磁回波產生布拉格散射(Bragg scattering)的主因。

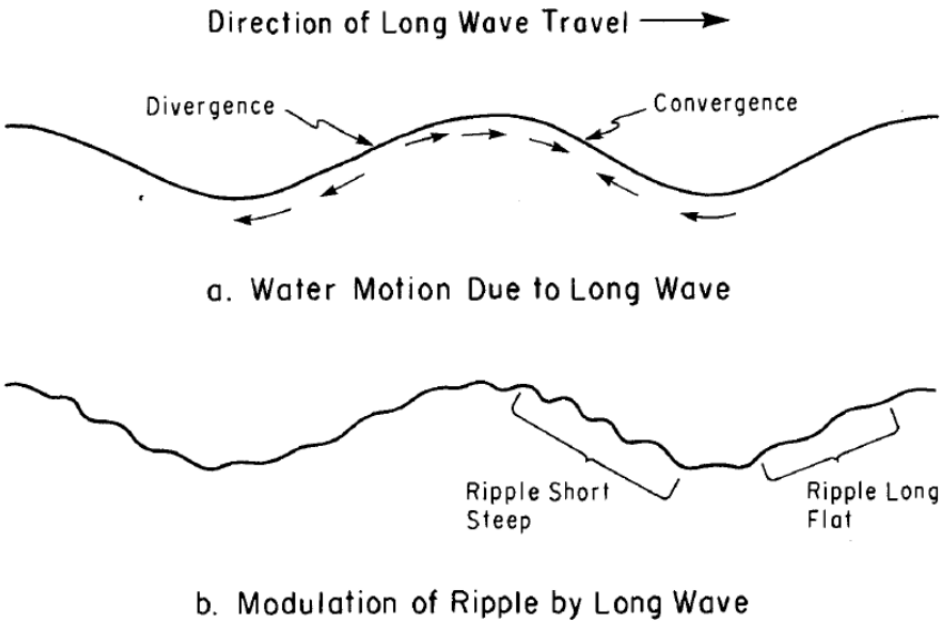


圖 2.3 海面波浪所造成粗糙度變化的示意圖
(資料來源：Mattie and Harris, 1978)

主導海面電磁回波的另一項重要物理機制為布拉格散射。根據研究，當電磁波長λ_R與海面波長λ_w若滿足下式關係時，電磁波與海面波動的幾何形狀產生共振而導致反射被強化，如圖 2.4 所示。

$$\lambda_w = \frac{\lambda_R}{2\cos\theta_g} \quad \text{..... (2-1)}$$

上式中θ_g為雷達的觀測掠角。一般而言，架設於岸邊之雷達，因其架設高度有限，大多為低掠角(low grazing angle)之狀況，也就是$\cos\theta_g \approx 1$。在此情況下，電磁波鏡面反射的現象並不明顯，布拉格散射為雷達回波之主要機制。

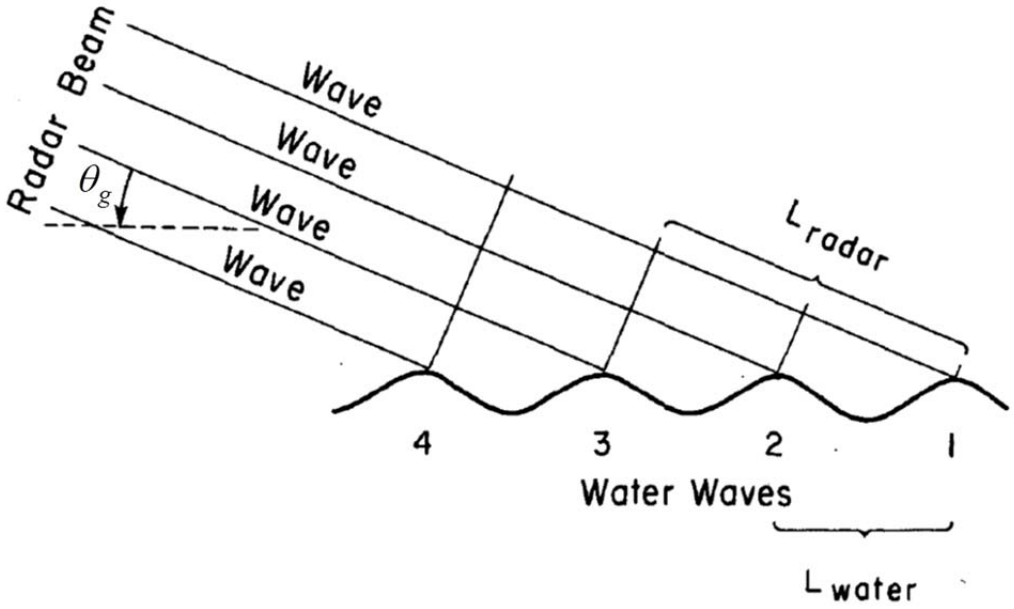


圖 2.4 海面波浪造成雷達波布拉格散射之示意圖
(資料來源：Mattie and Harris, 1978)

X-band 電磁波的頻率介於 8GHz~12GHz 之間，相對應的電磁波長為 2.5cm~3.75cm。一般商用之 X-band 雷達的電磁波頻率多設定在 9 GHz 左右，對應的電磁波長則約為 3cm。在低掠角的觀測情況下 ($\cos\theta_g \approx 1$)，造成 X-band 雷達之布拉格散射的波長條件約為 1.5cm，剛好是微風吹拂海表面初期，受到所產生的毛細波(capillary wave)。根據波浪理論，只需微弱風之作用，海面就會產生毛細波(McCormick, 2009)，因此海面毛細波之發生頗為頻繁。對 X-band 雷達的工作波長而言，海面風速約二級風以上即可引發海面毛細波(CEDRE, 2007)。由於海面毛細波與 X-band 電磁波長之間所存在的布拉格散射關係，X-band 雷達相對於其他波段的雷達於海面能有較好之回波散射效果。

利用雷達電磁波偵測海面油污之原理是立基於電磁波接觸到乾淨海水面與油污所覆蓋海水面會產生不同的回波效果。海面油膜對短波長重力波和毛細波具有一定的抑制作用，稱為 Marangoni damping (Wismann and Theis et al., 1993; Lombardini and Piazzese et al., 1982)。因油污黏滯性的影響，抑制了海面的布拉格波(可造成雷達電磁波產生布拉格散射之海面波浪條件)，進而影響海面電磁波布拉格散射的效應。

此一機制是從雷達影像中區分油污與一般乾淨海面之間差異的重要物理基礎。為能透過定量的數據來評判海面油污對雷達回波的影響，Wismann and Theis et al. (1993)以海面污染薄膜與清潔海面之間的雷達回波比值定義為抑制比(damping ratio)，透過此一定量指標來評估不同電磁波段與不同掠角(grazing angle)在海面污染薄膜與清潔海面的回波特徵。圖 2.5 與圖 2.6 顯示不同電磁波段對海面的雷達波抑制比，證實了海面污染薄膜確實會影響電磁回波之特徵。值得注意的是，不同成分的油污也會造成不同程度的海面波動抑制現象。換言之，不同成分的油污會造成不同程度的雷達回波效果，圖 2.7 顯示重油所造成的電磁回波差異較輕油明顯。此外，愈高頻段的電磁波對於清潔海面與油污海面之間回波差異也會愈明顯。

基於上述之討論可初步確認利用 X-band 雷達偵測海面油污的可行性，如圖 2.8 所示，國際間已有發展出以 X-band 雷達為基礎的油污偵測技術。我國在此時開始發展此一相關技術為時並不算晚，相關的成果可應用於港灣油污控管之業務上，進而確保港區環境之品質。在國內，國立臺灣大學的研究團隊也曾針對 2001 年 2001 年 1 月 14 日的阿瑪斯油污事件進行 X-band 雷達監測與檢討(王等，2001；劉等，2001)。該團隊於 2001 年 2 月 9 日於南灣進行海面監測，當時在南灣海域內並未發現有任何明顯之大面積油漬帶漂浮在海面上，但在阿瑪斯號沈船下風處有較不明顯的疑似由油漬所造成的雷達回波暗帶(圖 2.9)，應是國內學界利用 X-band 雷達進行油污監測的先例。

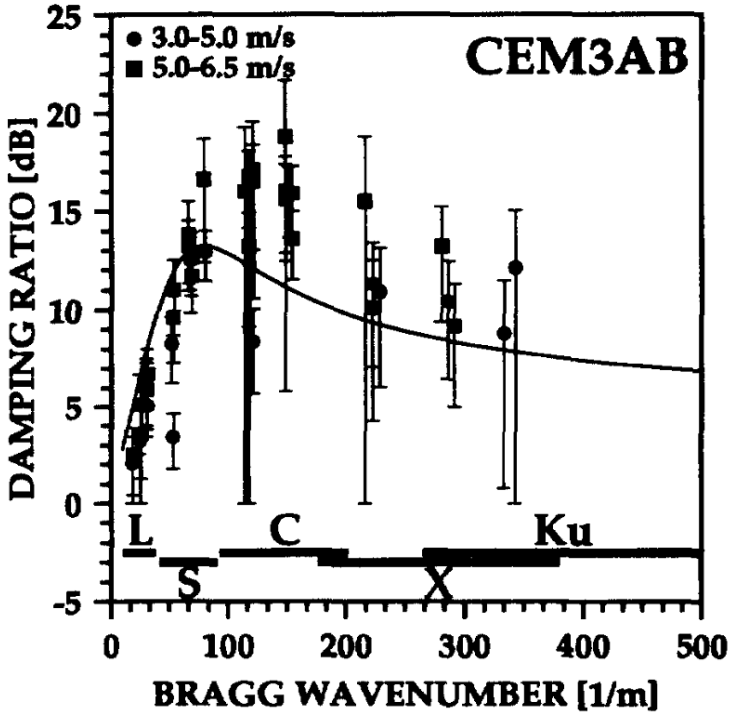


圖 2.5 不同電磁波段對海面的雷達波抑制比
(資料來源：Wismann, Theis et al., 1993)

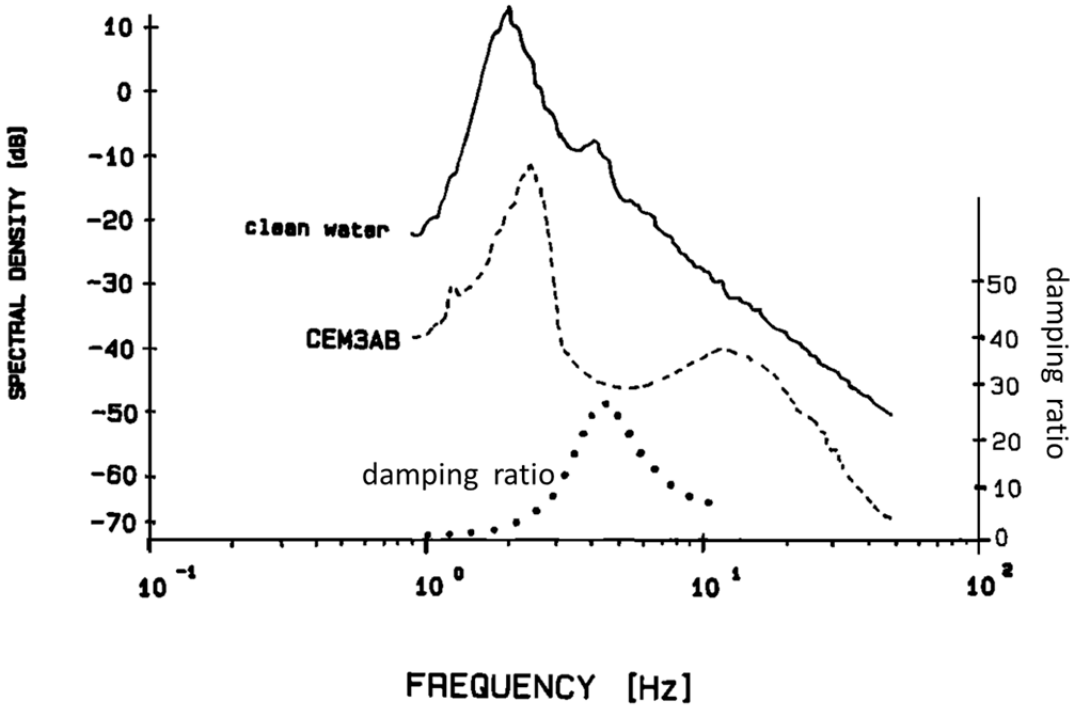


圖 2.6 清潔與污染海面(CEM3AB)所測得之波譜與波動抑制比
(資料來源：Alpers and Hühnerfuss, 1989)

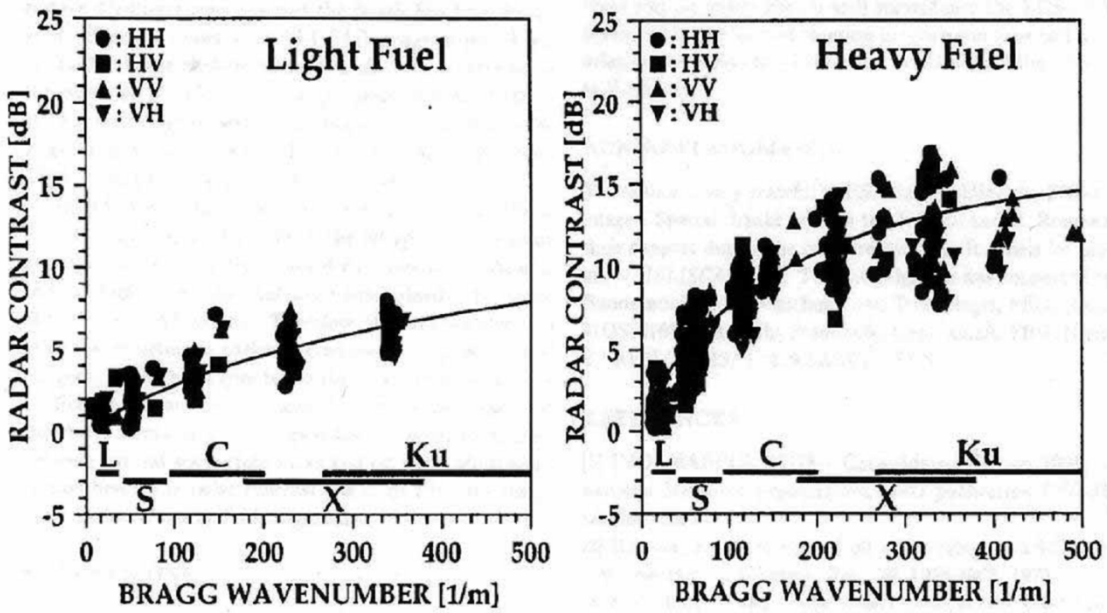


圖 2.7 不同油污對電磁回波之影響
(資料來源：CEDRE, 2007)

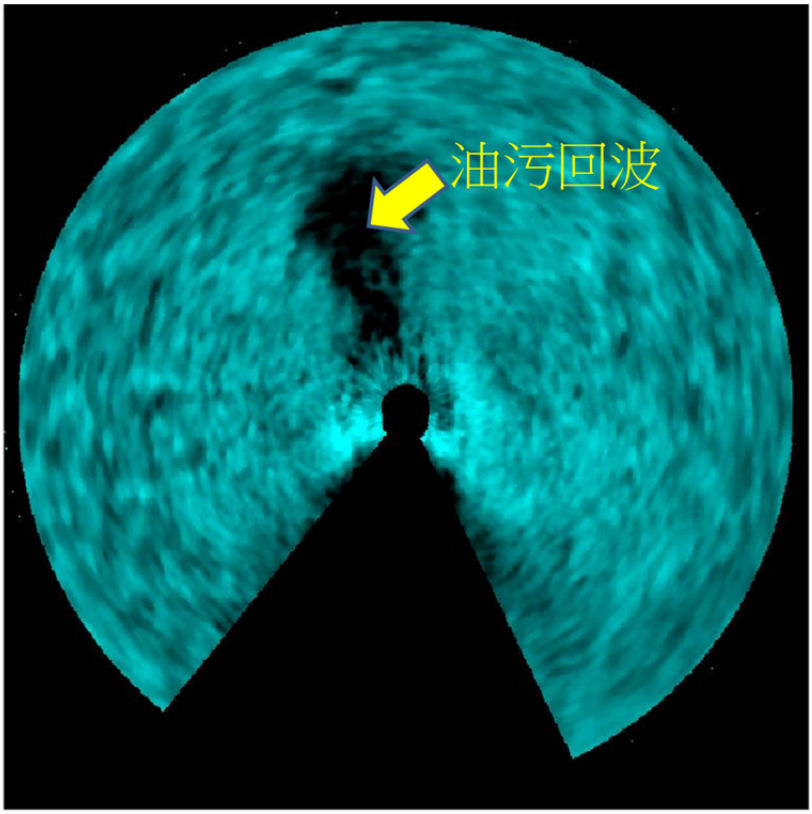


圖 2.8 國外利用 X-band 雷達偵測海面油污之案例
(資料來源：Noest and Egset, 2006)

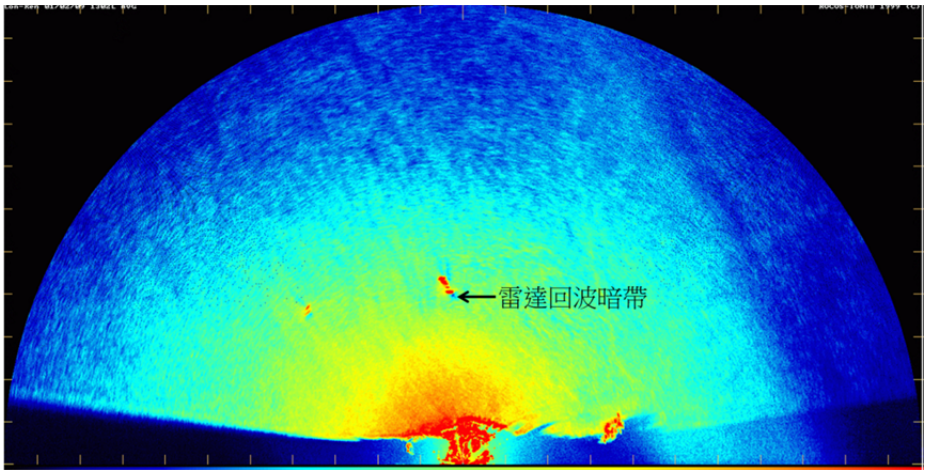


圖 2.9 國內利用 X-band 雷達偵測海面油污之案例
(資料來源：王等, 2001)

2.1.3 X-band 雷達偵測海面油污適用環境條件之檢討

如前節所述，X-band 雷達雖具有監測海面油污之能力，但每一項觀測設備都有其使用之限制，X-band 雷達也有其適用之環境條件。如圖 2.10 所示，當無風或是風速太過為微弱，海面布拉格波相對較不明顯，致使雷達電磁波經過油污與一般乾淨海面之間的差異並不明顯。一旦風吹拂海面產生毛細波之後，油污所造成的抑制效應與乾淨海面的毛細波就會對電磁波產生不同的回波效果，因而有助於辨識油污與一般乾淨海面之間的差異。一般而言，風速達 2m/sec 左右，雷達偵測油污的效果就可被辨識出。Alpers and Hühnerfuss (1989)提出油污抑制海面波動的效應與海面波長與風速有關，波長愈短與風速愈大，海面波動被抑制的現象則愈明顯。然而，風速若是太過強大，則也會影像雷達監測海面油污能力。一般而言，當風速超過 10m/sec~14m/sec 時，海面油污會被波浪碎波所攪動，造成油污抑制海面布拉格波的效應會被影響，進而導致透過雷達影像中分辨出油污區域與清潔海域之差別會減小。

除了船舶之外，風浪或湧浪在雷達影像中所產生的亮暗相間之波紋影像(如圖 2.14 所示)也是影響油污辨識的因素之一。此種波紋特徵為海面波鋒前緣所造成的強烈回波(亮帶)與因重力波水體遮蔽效應所

造成的微弱回波帶(暗帶)所共同組成的波紋特徵。有鑑於海面之重力波會以約略每秒數公尺的速度移動，透過將連續影像序列對其時間域進行平均，可有效將海表面影像的重力波特徵移除，藉以解析海面影像中所測得的其他特徵。

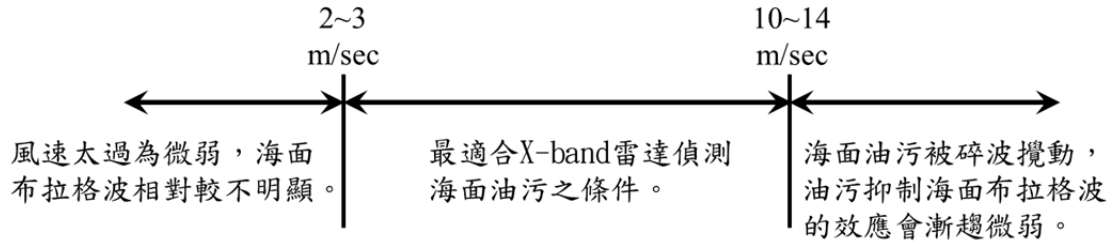


圖 2.10 X-band 雷達偵測海面油污之適用條件

降雨也會影響雷達監測海面油污的效果。大氣中影響衰減的主要成份是氧氣和水汽，當雷達電磁波入射到大氣氣體的分子時，由於氣體分子吸收了部份電磁波能量，並將能量轉換為熱能消耗掉，使得雷達電磁波的能量衰減。因此雷達天線接收電磁波的過程當中，除了須考慮雜訊之影響外，往往也需要考慮到電磁波在大氣傳遞過程中的訊號衰減。對頻率為 9.8GHz 的航海雷達而言，大氣中的氣體對雷達波僅有極輕微的衰減作用(熊，1991)，大多數的衰減效應來自於大氣中的雨滴。如圖 2.11 所示，為不同降雨強度對雷達電磁波所造成之衰減量。可得知當降雨強度越短以及電磁波長越短時，電磁波隨距離之衰減效應會越明顯。

除大氣中的雨滴之外，雨滴擊打海面所造成的效應也是影響雷達偵測油污的因素之一。雨滴撞擊海面時，會產生環波與二次撞擊等現象，進而導致海面粗糙度變大。然而，當雨水進入到海水體後，則會產生水下擾動，這卻會造成的水體本身黏滯力變大，反而會將抑制原本存在於海水面的毛細波，進而導致海面粗糙度變小，影響雷達回波之機制，也因此造成降雨期間的海面雷達回波機制更為複雜。

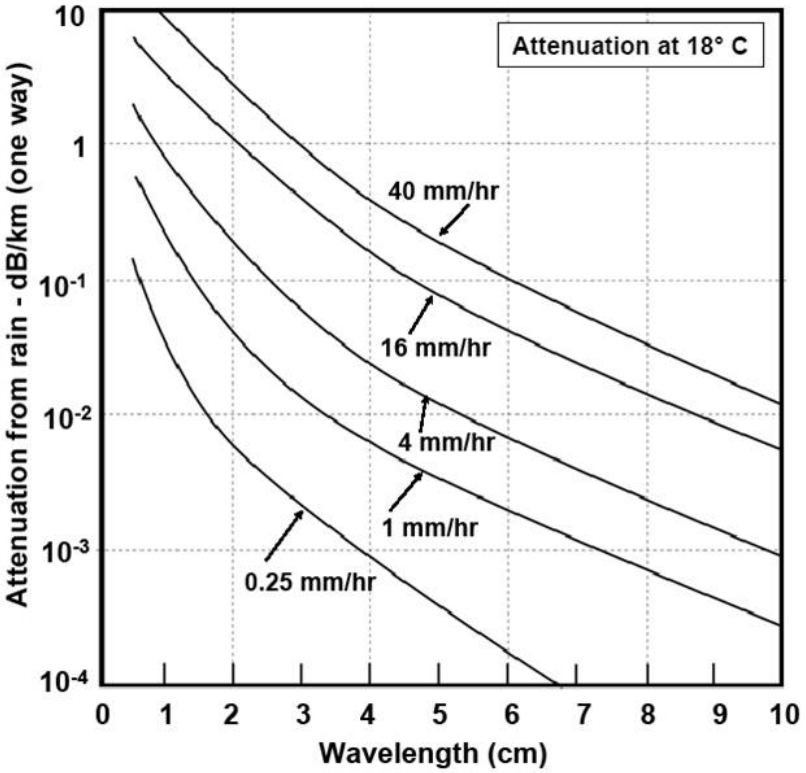


圖 2.11 降雨強度對雷達電磁波所造成之衰減量
(資料來源：IEEE New Hampshire Section)

除上述的影響之外，湧升流可能會造成海面產生懸浮生物膜(biogenic slicks)，因造成黏滯性的改變，進而也抑制了海面的毛細波。然而湧升流屬於較大尺度的海洋物理現象，對於雷達監測相對尺度較小的油污現象，其影響相對較小。

2.1.4 X-band 雷達成像技術之研究

雷達測得之海面回波影像是偵測油污之依據，本計畫針對航海雷達成像技術進行研究與討論，藉以掌握 X-band 雷達偵測油污之基礎技術。

雷達之基本組成中的觸發電路每隔一段時間產生作用時間很短之觸發脈衝送至發射機，發射機在觸發脈衝控制下產生一具有固定寬度之脈衝訊號，並將訊號送至雷達天線，天線再將脈衝之能量聚成束集中朝一方向，每隔一固定時間，就發射一次脈衝波。在相鄰兩脈衝波

發射時間內，天線則接收脈衝波經由外在環境反射所得到之回波。電磁波之行進速率與光速相同為3×10^8 m/sec，距離雷達愈遠處，其回波就會愈慢返回到雷達天線，也因此可藉由雷達訊號時序列中不同時間之變化計算出雷達回波的空間位置。

由雷達回波訊號時序列中，如圖 2.12 所示，每一脈衝波代表著空間中雷達天線所指向的每一個方位角(azimuth)。而相鄰脈衝波之間的訊號則代表著在空間中某一方位上，距離雷達不同遠近位置所返回的回波強度。雷達回波訊號的擷取及數位化是透過高速取樣(本計畫將使用 20 MHz 的訊號取樣頻率)的資料擷取設備來進行，取樣頻率(S_R)決定了雷達影像徑向的空間解析度(Δ_R)：

$$\Delta_R = \frac{V_e}{2S_R} \quad \text{..... (2-2)}$$

上式中，V_e為電磁波的行進速度，與光速相同。

根據式(2-2)可推算當使用取樣頻率為 20 MHz 的資料擷取卡擷取雷達訊號時，雷達影像之徑向的空間解析度為 7.5m/pixel。至於雷達影像側向的空間解析度(Δ_s)則受到雷達硬體規格的影響：

$$\Delta_s = \frac{2\pi R}{F_{PR}} T_s \quad \text{..... (2-3)}$$

上式中F_{PR}為雷達的脈衝波發射頻率(Hz)；T_s為雷達天線旋轉一圈所需時間(sec)；R為雷達徑向觀測範圍，亦即雷達的觀測半徑(m)。本計畫使用之雷達脈衝波發射頻率為 3000 Hz，天線轉速為 42 R.P.M.，由上述之數學式可計算出雷達影像中距離雷達 3 km 處任一位置點之側向的空間解析度約為 4.4 m/pixel。由於後續的影像譜分析方法是架構在卡氏坐標的影像矩陣架構下，本計畫透過坐標轉換以及空間線性內插的方法，將原始極坐標的雷達影像轉換成以卡式坐標所建構出的影像矩陣，如圖 2.13 與圖 2.14 所示。考慮到雷達影像的徑向空間解析度固定為 7.5m/pixel，本計畫坐標轉換完後，在進行空間線性內插時，將卡氏坐

標影像的空間解析度定為 7.5m/pixel。

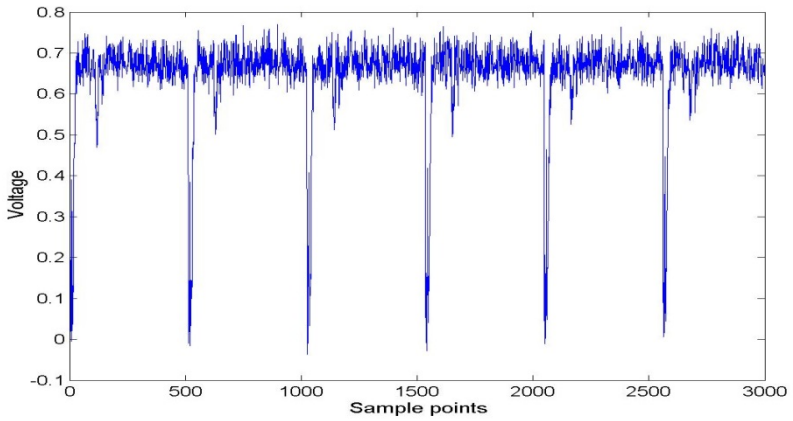


圖 2.12 從 X-band 雷達取得之回波訊號時序列案例

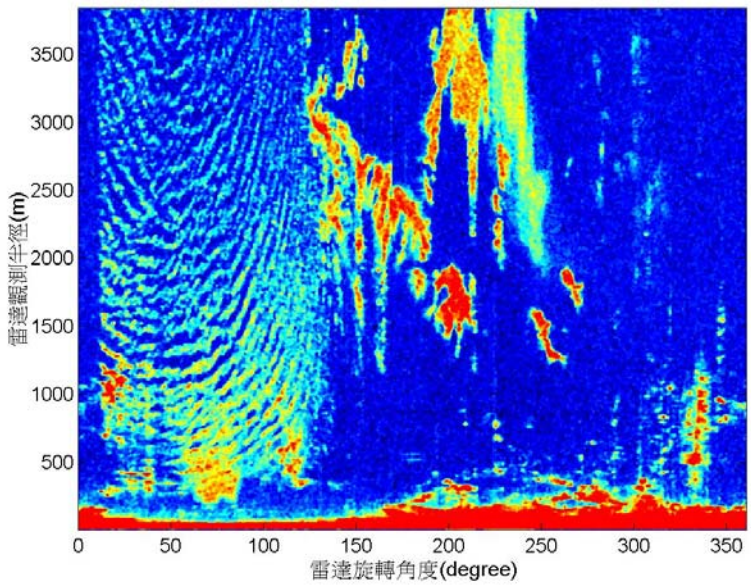


圖 2.13 從雷達回波時序列轉換為極坐標影像之結果

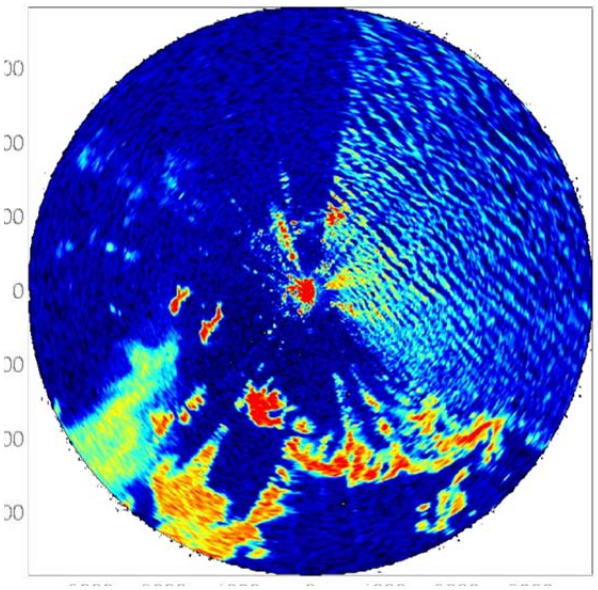


圖 2.14 從雷達極坐標影像轉換為卡式坐標之結果

2.2 雷達監測技術之軟硬體規劃及設計

2.2.1 雷達觀測系統原型規劃

雷達觀測系統的作業架構如圖 2.14 所示。為能達到油污監測之目標，需整合下列三項關鍵技術，作為雷達遙測技術之核心：



圖 2.15 雷達監測系統架構

1. 雷達硬體技術

本研究計畫之油污監測所用的雷達設備與現有多數船舶所搭載之雷達設備相同，但這些商用雷達原本皆僅作為船舶導航用途，並未針

對油污監測進行任何處理。為能將其應用於油污監測，有必要進行部分硬體與功能之確認。因雷達的各種技術參數必須選擇得當，本案詳述各參數的功能如下：

(1) 工作波長 ― 雷達所用的波長愈短 (即頻率越高)，目標的反射能力越強，且天線尺寸也愈小，亦即在同樣天線尺寸下電波波束愈狹，方位測量的正確度愈高。本計畫使用 X-band 雷達之工作波長約為 3cm，對應之 Bragg 散射波約為 1.5cm，對海面能產生較好的散射效果。

(2)電波波束 ― 電波的波束是錐體形的，整個波束的立體角愈小，射頻能量愈集中，目標的反射也愈強；波束水平方向愈窄，所獲得的雷達回波影像則愈精細。而雷達影像之側向解析度正比於雷達觀測距離與雷達訊號水平束寬的乘積，較窄的水平束寬可以改善雷達影像之側向解析力，本計畫所使用之航海雷達水平束寬為 1.2°。

(3) 脈衝重複頻率 ― 每秒內發射的脈衝次數要看所測目標的距離遠近而定，遠距離用較低的脈衝重複頻率，近距則用較高的脈衝重複頻率。若脈衝頻率選擇過高，反射回來的脈衝未到達時即發射出下一個脈衝，這樣就很難分清哪個回波是哪個探測脈衝的，因此就無法測量距離。但過低的脈衝重複頻率則會使接收機在天線的旋轉一圈中所收的脈衝累積數目減少，從而使雷達影像中的波紋變不明顯，所以也是不利的。本計畫所使用雷達的脈衝重複頻率最高為 3000Hz。

(4) 脈衝寬度 ― 脈衝寬度愈窄，區別距離的能力愈強，最短可測距離愈短，亦即雷達的盲區會愈小。但也不可過窄，因為脈衝的寬度愈窄，所含的諧波分量愈多，接收機的通頻帶應該愈闊，否則射頻脈衝的包跡的前後邊就會傾斜，致使測距正確度變壞，最短可測距離變大。若通頻帶加寬，進入接收機的噪聲機會較

多。本計畫所使用航海雷達的脈衝寬度最短為 $7x10^{-8}$(sec)，經計算得雷達盲區的半徑小於 50m。

(5)天線的轉速 ― 天線轉速愈快，雷達觀測海水面的頻率會愈高。觀測頻率雖然與偵測海面油污效果的關係不大，但愈高的觀測頻率能完整的描述波浪在時間域的變化特性。雷達天線的轉速一般約為每分鐘 20~60 轉，本計畫所使用航海雷達的天線的轉速為 42rpm，經計算得知雷達系統約每 1.43 秒，即可獲取一張雷達影像。

2. 高速訊號取樣技術

因 X-band 雷達設備中所獲得的回波訊號為類比式(analog)電壓值，不易分析與保存，必須透過資料擷取與數位化轉換技術俾使回波訊號轉換為電腦可辨識、儲存與分析的數位值。雷達訊號取樣頻率通常由使用者自定，但是一般來說要符合 Nyquist sampling theorem，即須考慮有效取樣頻率(effective sampling frequency)，否則易造成取樣失真(aliasing)。有效取樣頻率必須大於兩倍的 Nyquist frequency。本計畫針對雷達訊號將採用高速取樣頻率，以 20MHz 的取樣頻率擷取雷達訊號，可取得之雷達影像空間解析度為 7.5m/pixel，以確保失真情形不易發生。

3. 影像分析技術

影像分析技術是從海面雷達回波影像獲得油污資訊的核心。海面回波影像當中雖含有油污資訊於其中，但仍需先經由適當的影像處理方法從中求得觀測區域之油污資訊。為了從三維度的海面回波影像資料中求取出所需資訊，必須建立一套影像時序列的分析方法，這即是本研究的核心工作。

本計畫綜整 X-band 雷達監測系統之軟硬體規劃如表 2-2 所示，藉以作為未來建置作業化雷達監測站之依據。

表 2-2 雷達系統之軟硬體規劃

項目	規劃之規格
雷達天線長度	6.5ft
工作電源	110V/60Hz 交流電
雷達電磁波段	9410MHz
雷達輸出功率	12,000W
雷達天線轉速	42rpm
雷達訊號取樣電壓範圍	-5V~+5V
訊號取樣頻率	20MHz 以上
訊號取樣解析度	12bit 以上
資料收錄系統儲存容量	500GB 以上
電腦系統 CPU 運算速度	2GHz 以上
雷達系統觀測半徑	5km 以上
電腦作業系統	Windows 7
建議搭配軟體工具	1. 免費影像展示軟體(IrfanView) 2. 免費文書處理軟體(OpenOffice) 3. 免費科學運算軟體(Octave)

2.2.2 海岸現場雷達監測作業之檢討

除前節所討論的雷達觀測系統之外，與現場進行監測作業時，仍需考慮到其他相關之配合條件。雷達系統設置於岸邊，雖可少去在海上工作之危險性，但並非岸上任何地點均適合架設雷達天線，測站設

置處必須考量諸多因素，包含架設位置、電力供給、系統安裝的困難度等。本計畫針對雷達測波站的上述因素進行檢討與評估，藉以作為未來進行海面監測作業之參考。

1. 雷達架設位置

雷達架設位置要以能取得越大範圍的海面回波資訊為優先考量，Tennyson (1988)曾利用船用 X-band 雷達偵測到距離雷達天線 8km 之海面油污特徵。但考慮到實務應用時，越長距離的雷達系統作業模式，會減低雷達的脈衝重複頻率，進而減低雷達影像的側向解析度。有鑑於此，本計畫所使用的系統預設觀測距離為 4.5km，藉以取得最佳之影像側向解析度；一旦有遠距離的油污事件發生，可依照實際需求調整雷達監測範圍。

雷達觀測範圍與天線架設高度有關，考慮到海面回波之效果，雷達天線的架設高度理論上越高，其觀測掠角相對越大，也就越有利於海面回波之偵測,因此雷達架站的優先選擇為附近海岸地區的制高點。除天然之地勢之外，在現場還可考慮建築物頂樓進行雷達架設的可行性。

2. 雷達系統的電力供給

雷達系統對於電力的需求可分為三部份，分別為雷達天線本體(天線長度為 6.5ft)、訊號擷取器以及分析用的電腦(含螢幕)，雷達天線需要進行電磁波的發射接收以及天線之轉動等動作，若以本計畫所使用之雷達天線，每小時觀測一次，每次擷取 64 張影像為例計算，每次觀測包含暖機、訊號擷取、分析、資料儲存等工作時間約需 15 鐘。經本計畫測試，在海岸現場沒有穩定市電的條件下，使用 2000W 之汽油發電機已足夠負荷整個系統的所需電力。

3. 現場系統組裝

由於海面油污的偵測是一件需要高度時效性的工作，因此抵達現

場之後，能越早將系統組裝完成進行觀測，則越能完成工作之需求。本計畫所設計之雷達觀測系統元件包含有：雷達天線本體、天線支架、電腦系統、發電機等。上述設備利用一般休旅車即可裝載，到現場之後理論上在半小時之內即可完成系統組裝，並啟動監測作業。如表 2-3 所示，本計畫綜整前述雷達現場監測油污之配置。

表 2-3 雷達現場監測油污之配置

系統項目	規　格
監測範圍大小	半徑 4.5km 以上之區域
影像解析度	7.5m/pixel
儀器大小	6.5ft 之船用雷達天線(請參考圖 2.1)加上控制主機與電腦
安置位置或高度	架設高度建議附近區域的制高點。天線與觀測水域之間需有效避開其他障礙物之影響。
電源供應	穩定 110V 的市電或是發電機

2.2.3 海面回波影像之前處理

為能更有效從 X-band 雷達回波影像中提取出海面油污特徵，本研究計畫將透過影像處理進行影像特徵強化。由於雷達觀測屬於間接式的遙測技術，在觀測過程當中，外在環境或多或少會對觀測結果造成一定程度之影響。在觀測區域的雷達影像訊號中，一些會影響到海面回波訊號偵測的電磁回波，皆視為雜訊。由於 X-band 之電磁波對於海面之重力波(風浪)會產生較為強烈之回波，而這些重力波之波紋會影響油污目標物之判讀。此外，一些海面船舶所造成的強烈回波，也有可能會影響到海面回波訊號之研究。為能更完整的取得研究所需之回波資訊，本計畫於雷達影像分析過程的前期將進行影像訊號減噪的研究。

影像訊號減噪最直接的做法就是進行濾波(filtering)。濾波程序雖

可能會影響後續的影像特徵邊緣偵測的結果。然而本計畫前期工作的重點為發展各種具有潛力的油污影像處理方法，一旦取得實際油污影像就可深入檢討各種影像處理方法的實際效果，並檢討結合不同影像處理方法的可行性。

一般常見的影像濾波方式可區分為空間域濾波(spatial filtering)以及頻率域濾波(frequency domain filtering)。空間域濾波技術中，以線性平滑濾波法最為簡便，其所使用之濾波器一般稱為平均濾波器(averaging filter)，或稱作低通濾波器(lowpass filters)。其方法是以濾波器遮罩(mask)所定義之像素區域中回波能量的平均值，取代原影像中每一個像素對應之原始回波能量值(圖 2.16)。

空間影像 $f(x,y)$ 經過與空間濾波器遮罩的摺積運算之後，得到濾波後的影像 $g(x,y)$，其數學關係可由下式表達之：

$$g(x,y)=\sum_{s=-a}^{a}\sum_{t=-b}^{b}w(s,t)f(x+s,y+t) \quad \text{..... (2-4)}$$

上式中，$w(s,t)$ 為所設計之濾波器遮罩。以均值濾波器為例，其遮罩函數可表示為：

$$w=\begin{bmatrix}1/9 & 1/9 & 1/9\\ 1/9 & 1/9 & 1/9\\ 1/9 & 1/9 & 1/9\end{bmatrix} \quad \text{..... (2-5)}$$

另一種常用的濾波器遮罩為拉普拉斯(Laplacian) 濾波器，其遮罩函數有許多不同的表示式，其中常見為：

$$w=\begin{bmatrix}0 & 1 & 0\\ 1 & -4 & 1\\ 0 & 1 & 0\end{bmatrix} \quad \text{..... (2-6)}$$

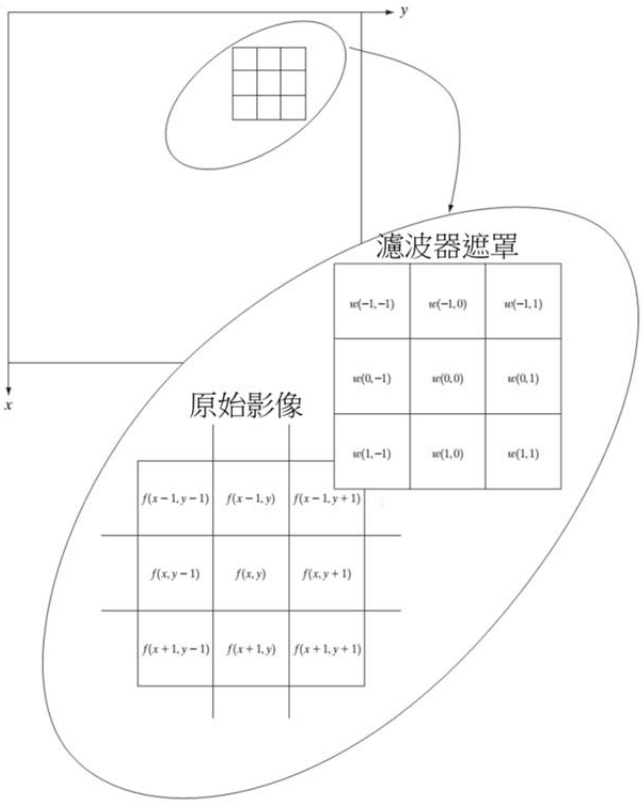


圖 2.16 影像空間域濾波示意圖 (Gonzalez & Woods, 2006)

相較於空間域濾波，頻率域濾波則是先透過譜轉換將空間影像轉換至頻率域，並透過頻率域的濾波器與前述頻率域的影像函數進行演算，之後再透過逆譜轉換，取得濾波後之影像分析結果。相關分析流程則如圖 2.17 所示。事實上，空間域與頻率域的線性濾波之間存在著下列關係(圖 2.18)：

$$f(x,y)*h(x,y) \Leftrightarrow F(u,v)H(u,v) \quad \text{..... (2-7)}$$

上式中，*代表兩函數之摺積(convolution)，$F(u,v)$與$H(u,v)$則分別為$f(x,y)$與$h(x,y)$於頻率域之函數，亦即經傅立葉轉換後之結果。針對較小尺寸的影像矩陣而言，在計算上空間濾波會比頻率域濾波更有效率(Gonzalez & Woods, 2006)。但針對大尺寸的影像矩陣而言，若透過快速傅立葉演算法進行，則可有效減少運算量。

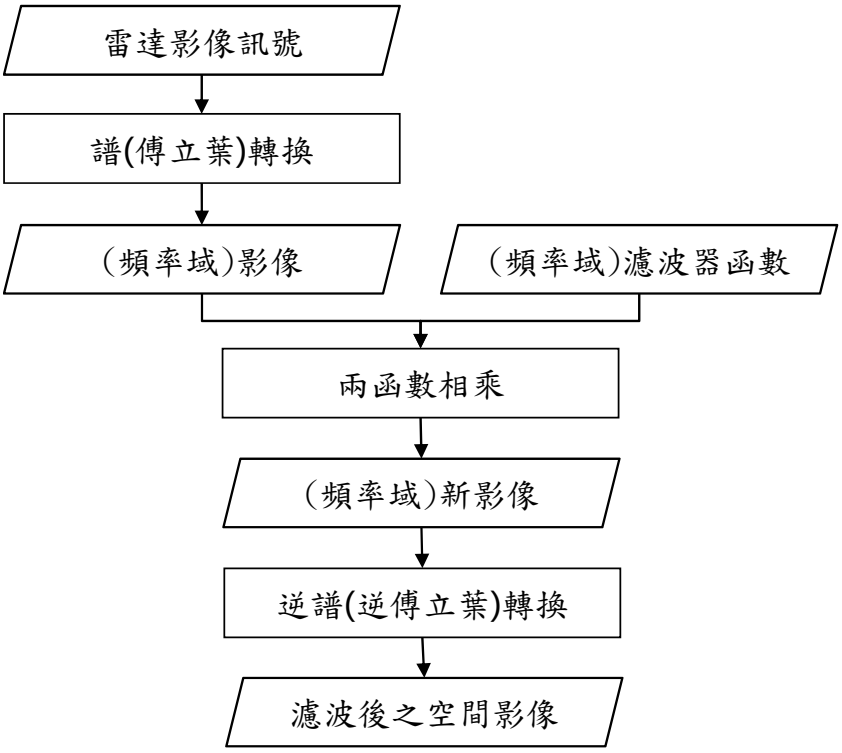


圖 2.17 影像頻率域濾波減噪之流程

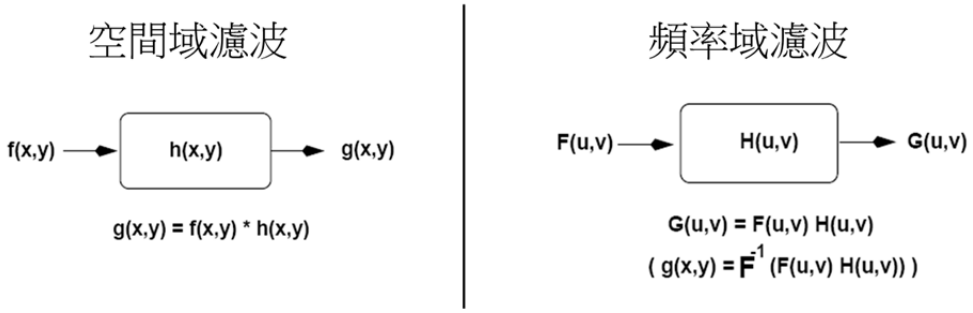


圖 2.18 空間域濾波與頻率域濾波之關係

2.2.4 海面油污影像特徵之成分拆解

本計畫從影像成分拆解的觀點來解釋海面雷達回波影像，則可將回波影像視為各種不同成分的影像基底所線性疊加合成之結果。因此，透過一些數學演算技術，理論上可以分解出各成分影像，再根據各成分影像進行分析處理，藉以更有效地掌握目標影像的各種物理特徵。往昔最常見的影像分解技術是高維度的傅立葉轉換，然而使用傅立葉

轉換的前提為被分析影像的各成分皆滿足空間均勻(homogeneous)之特性。考慮到本研究計畫所研究之海面油污僅分布於整張影像的某一局部區域，應較偏向非均勻(inhomogeneous)之特性。為能有效的解析出海面影像中的各種海洋特徵，本研究計畫將嘗試引入具有分析非均勻訊號的高維度系集經驗模態法(multi-dimensional ensemble empirical mode decomposition, MEEMD)作為解析影像局部特徵的基礎。事實上，在使用 MEEMD 的過程中，就已經算是一種濾波的步驟。然而目前還沒有一種濾波器可以完美的處理所有自然界的影像訊號。有鑑於此，本計畫執行前期先發展不同的影像演算方法，並檢討結合不同影像處理方法的可行性。

高維度系集經驗模態法為 Wu et al. (2009)所提出，其演算法是以一維度的 EEMD 分析技術為基礎，進行高維度的拓展。考慮到自然界的空間影像訊號較為隨機，可將空間影像視為分布在兩個正交方向的訊號。因考慮到影像矩陣運算的便利性，可將被分析函數的坐標系統從卡氏坐標 $f(x,y)$ 轉換為矩陣坐標 $f(m,n)$，亦即令所分析的影像函數為 $f(x,y)=f(m,n)$。令 $f(m,n)$ 於 y 方向的成分為 $g_j(m,n)$，下一步則將針對 $g_j(m,n)$ 的每一列進行 EEMD 分解(Wu and Huang, 2008)。令 $s(m,n)$ 影像訊號中第 n 列以及第 j 項的成分為 $g_j(\sim,n)$，該函數是由不同的 IMF(intrinsic mode functions)所組成：

$$g_j(\sim,n)=\left(c_{1,n,j}\quad c_{2,n,j}\quad \ldots\quad c_{M,n,j}\right) \qquad (2\text{-}8)$$

上式中，$\left(c_{1,n,j}\quad c_{2,n,j}\quad \ldots\quad c_{M,n,j}\right)$ 為訊號之 IMF 成分波，j 則代表 IMF 成分波的序號。換言之，$c_{m,n,j}$ 代表影像矩陣坐標 (m,n) 中第 j 個 IMF 成分波函數。相較於一維時序列的 EEMD 分解，因空間影像屬於二維度矩陣，因此針對上式需進行再次的分解：

$$g_j(\sim,n)=\sum_{k=1}^{K}D_{j,k}(\sim,n)=\sum_{k=1}^{K}\left(d_{1,n,j,k}\quad d_{2,n,j,k}\quad \ldots\quad d_{M,n,j,k}\right) \qquad (2\text{-}9)$$

上式中，$\left(d_{1,n,j,k}\quad d_{2,n,j,k}\quad \ldots\quad d_{M,n,j,k}\right)$ 代表第二層 EEMD 分解過程中，訊

號之 IMF 成分波。$d_{1,n,j,k}$ 代表影像矩陣坐標(m,n)中於第一次 EEMD 分解過程中第 j 個 IMF 成分波函數以及第二次 EEMD 分解過程中第 k 個 IMF 成分波函數。經過上述的影像矩陣分解過程，原訊號 $f(m,n)$與分解後各成分間的關係則可以用下列數學關係表示之：

$$f(m,n)=\sum_{k=1}^{K}\sum_{j=1}^{J}\begin{pmatrix} d_{1,1,j,k} & d_{2,1,j,k} & \cdots & d_{M,1,j,k} \\ d_{1,2,j,k} & d_{2,2,j,k} & \cdots & d_{M,2,j,k} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ d_{1,N,j,k} & d_{2,N,j,k} & \cdots & d_{M,N,j,k} \end{pmatrix} \quad \text{..... (2-10)}$$

透過上述的影像訊號分解，原始影像訊號將會被分解為沿著 j 方向以及沿著 k 方向分布的影像成分，且這些影像成分會各自獨立。然而大多數的影像成分特徵會同時包含有 j 方向以及沿著 k 方向分布資訊於其中。

2.2.5 海面油污影像特徵辨識技術之建立

除了利用高維度系集經驗模態法進行影像成分切割之外，本計畫進一步研究影像特徵邊緣偵測演算方法，藉以協助界定出油污分布範圍。影像邊緣檢測的目的是要找出回波影像強度值有劇烈變化或是有突然改變的邊界位置，要找回波影像強度值變化最劇烈的數學方法可利用回波影像的梯度值(gradient)，包括一階梯度值和二階梯度值都是判斷影像邊界的重要工具。如圖 2.19 所示為一影像邊緣偵測之示意圖。透過影像的一階梯度值和二階梯度值計算，可求取出邊緣特徵之差異。針對二維空間影像 $f(x,y)$計算梯度的基本概念為：

$$\nabla f(x,y)=\begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} \dfrac{\partial f(x,y)}{\partial x} \\ \dfrac{\partial f(x,y)}{\partial y} \end{bmatrix} \quad \text{..... (2-11)}$$

上式中，G_x 為影像水平方向之梯度值；G_y 代表垂直方向之梯度值。為方便判斷影像中每一個像素點的梯度值與其方向，可透過下式計算之：

$$\mathrm{G} = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad \text{..... (2-12)}$$

$$\theta_{\mathrm{G}} = \tan^{-1}\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \quad \text{..... (2-13)}$$

在實務影像分析過程中，考慮到回波影像本身屬於離散矩陣，而非連續型函數，可透過設計相關遮罩函數與影像進行摺積(convolution，或稱卷積或是迴旋積)運算(Parker, 2010)：

$$G_x = \mathrm{M}_x * f(x,y) \quad \text{..... (2-14)}$$

$$G_y = \mathrm{M}_y * f(x,y) \quad \text{..... (2-15)}$$

M_x與M_y分別為 x 方向與 y 方向的遮罩函數，以 Sobel 函數為例，其函數可表達為：

$$\mathrm{M}_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{..... (2-16)}$$

$$\mathrm{M}_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{..... (2-17)}$$

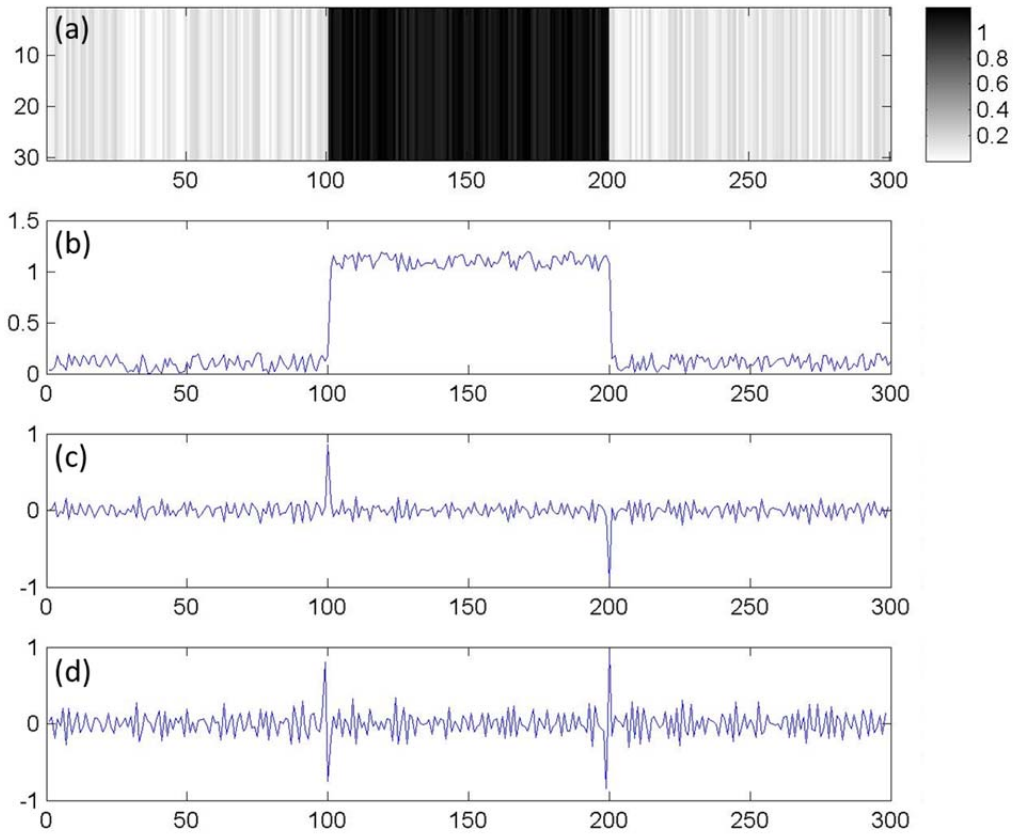


圖 2.19 (a)影像範例; (b)影像橫切剖面之影像強度; (c)影像強度之一階微分; (d)影像強度之二階微分

2.2.6 雷達測波技術之建立

X-band 雷達影像具有描述海面特徵在空間變化之能力，海面的相關資訊皆隱藏在影像灰度值矩陣中，形同無數個單點觀測儀器同時進行觀測，各自取得不同位置點之海洋特徵，對於描述非均勻海域之特性，是一項有利之工具。海面回波影像當中雖含有波浪資訊於其中，但需要先經由適當的影像處理方法從中求得觀測區域之波浪值。

為了從三維度的海面回波影像資料中求取出所需資訊，必須建立一套影像時序列的分析方法。因海浪中波長與波向等波浪資訊可經由波浪譜(wave spectrum)計算求得，而波浪譜又可藉由回波影像的影像譜(image spectrum)分析得到，因此如何正確計算影像譜是從事波浪遙測重要的工作之一。如下式所示，影像譜的方法可利用三維快速傅立葉

轉換求得影像時序列的傅立葉係數，其為一複數函數，取其絕對值平方可得到雷達影像之影像譜，其為雷達影像求取波浪特性的重要媒介。

$$S(k_x,k_y,\omega)=\iiint g(x,y,t)\mathrm{e}^{[-\mathrm{i}(k_x x+k_y y-\omega t)]}\mathrm{d}t\mathrm{d}x\mathrm{d}y \quad \text{..... (2-18)}$$

上式中$S(k_x,k_y,\omega)$為影像譜；$g(x,y,t)$代表影像時序列函數，含有時間與空間資訊於其中；k_x,k_y為雷達影像中成分波之波數(wave number)；ω為影像時序列之角頻率。

關於影像中波浪資訊的求取，Borge et al.(1999)已針對$S(k_x,k_y,\omega)$與波浪參數(波譜、波高、週期等)之間的關係進行詳盡之介紹與討論。由於雷達並非直接接觸海面作量測，透過雷達所得之$g(x,y,t)$為觀測範圍內雷達回波之強弱，並非實際海面水位之變化，因此分析雷達影像所獲得之影像譜並不直接等同於實際海面之波譜，但兩者之間可互相轉換。Borge et al. (2004)曾利用下式 Modulation Transfer Function (MTF)將影像譜$S(k)$轉換成實際海況之波數譜$S'(k)$：

$$S(k)=k^{-\beta}\times S'(k) \quad \text{..... (2-19)}$$

上式中β為率定係數，可透過與現場觀測資料進行同步率定。海面回波影像經由上述轉換後，可獲得波浪於頻率域(frequency domain)與波數域(wave number domain)的能量分布。此一能量分布已被前人推導出數學關係：

$$\omega=\sqrt{g|\vec{k}|\tanh\left(|\vec{k}|d\right)}+\vec{k}\cdot\vec{U} \quad \text{..... (2-20)}$$

上式為波浪之分散關係式，其中d為水深，$\vec{U}$為流場。

圖 2.20 描述了分散關係式中不同海洋參數間的關係，由圖中可看出波浪於頻率域與波數域之能量會受到海面流場與水深之影響。圖 2.20(a)為深水且無海流影響的波浪分散關係，可看出其能量分布於k_x

與k_y方向呈現對稱之分布。當波浪與海流之間交互作用的情況下，如圖 2.20(b)所示，海流會影響波浪高頻之能量分布，若是單一方向的海流，將造成波浪於k_x與k_y方向的能量分布不對稱。至於水深的影響，乃是淺水條件下，海底床摩擦力對波浪能量的影響變得不可忽略。從圖 2.20(c)可看出，水深會影響波浪低頻之能量分布。透過計算不同流速條件下的波數理論分布與雷達影像實際測得之波數譜能量分布，進行最小二乘法的分析，可求取出與實際測得之波數譜能量分布最契合的波數理論分布與其所對應的流速條件。

雷達回波包含波浪訊息與背景雜訊，而其中的示性波高與雷達影像的訊噪比(signal to noise ratio, SNR)存在相關性，Borge et al.(1999)研究結果顯示，實際作業時，藉由雷達系統與資料浮標等系統進行同步觀測以率定兩者間之係數，爾後利用雷達影像之訊噪比即可計算浪高。至於波浪週期、波長與波向等海況參數可藉由分析雷達所測得之方向波譜求得。

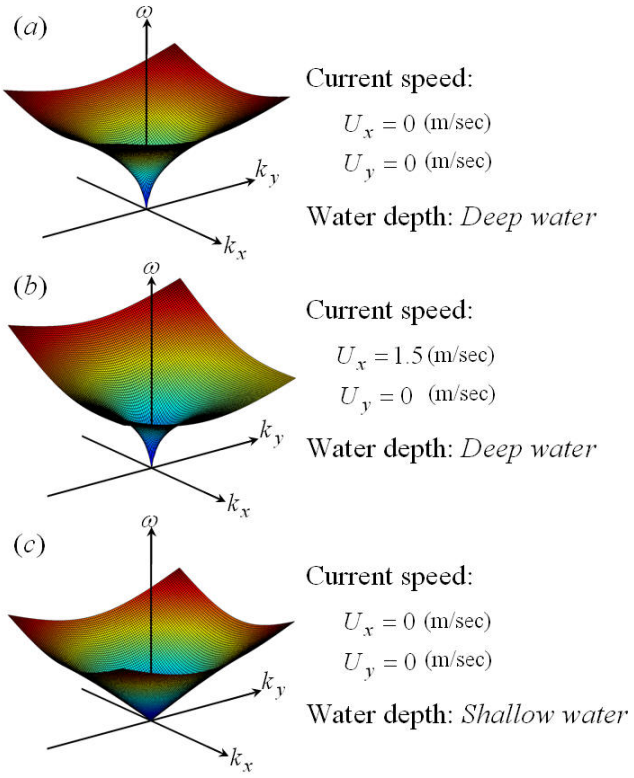


圖 2.20 海流與水深對波浪分散關係之影響

2.3 航海雷達之改裝及測試

本計畫選用一般船舶所搭載之導航用雷達設備，將其改裝為油污監測系統，所使用之航海雷達主機與天線之外觀如圖 2.21 與圖 2.22 所示。於雷達系統進行正式油污測試作業前，必須先確保系統各項功能的正常運作與訊號正常輸出。本計畫於系統架設前先於實驗室進行雷達訊號之檢驗與確認，為能正確擷取出雷達訊號並轉換成為雷達影像，需從雷達端擷取的訊號源共有 4 組：

1. video：雷達回波訊號源，用來成像海面之特徵。
2. trigger：雷達脈衝波之觸發訊號，用來辨識雷達訊號的特徵。
3. heading：雷達船艏向訊號，用來辨識雷達天線之方向。
4. bearing：雷達方位角輔助訊號，用來協助辨識雷達影像之方向。

由於本計畫所收集之訊號皆來自於雷達主機，依據圖 2.23 之電路圖可對雷達所輸出之訊號進行確認。圖 2.24 為輸出訊號端點處之細部電路圖，本計畫所需之訊號大多可透過 J204 的電路中擷取出。實際雷達電路板上的 J204 接點如圖 2.25 所示，其中雷達回波訊號(video)為構成雷達影像的關鍵。

雷達系統每隔一段時間會透過雷達天線發射一脈衝波，之後逐漸衰減，相鄰兩脈衝波之間即為觀測區域的回波訊號(video)。除可透過 J204 的電路中擷取出 video 訊號之外，從圖 2.26 與圖 2.27 所顯示之 J201 電路接點亦可擷取出 video 訊號。相較於 J204 電路中的的 video 訊號，J201 電路接點為雷達天線進入到主機電路板前的訊號點，理論上可取得最原始的 video 訊號。如圖 2.28 所示，為透過示波器同步擷取 J204 電路與 J201 電路的 video 訊號，圖中的標示 1 為 J204 電路的 video 訊號；標示 2 為 J201 電路的 video 訊號。結果顯示兩組 video 訊號的波形特徵雖然相近，但 J201 電路的 video 訊號強度相對較強，對於呈現海

面回波特徵應有其優勢。有鑑於此，本計畫未來將以 J201 電路的 video 訊號作為繪製雷達影像之回波訊號。

然而僅透過 video 訊號並無法繪製出空間雷達影像，需透過其他三組之訊號源輔助辨識出雷達訊號時序列所對應的空間位置。相較於 video 訊號，雷達脈衝波之觸發訊號(trigger)屬於有規則波形的人工訊號，用來精準辨識出雷達脈衝波的發射時間。雷達系統 trigger 與 video 訊號理論上應近似於同步啟動，如圖 2.29 所示，為透過示波器同步擷取 trigger 與 video 訊號之結果，其中標示 1 為 trigger 訊號；標示 2 為 video 訊號。結果顯示 trigger 的方波訊號發生後，video 訊號隨即發生，並逐漸衰減。

除了 trigger 與 video 訊號之外，為能辨識出雷達天線發生脈衝訊號時的相對方位，需要有雷達船艏向訊號(heading)與雷達方位角輔助訊號(bearing)作為輔助。heading 訊號為雷達天線旋轉至船艏向時，系統產生一組方波訊號，藉以提供雷達系統辨識雷達天線的相對方位角。如圖 2.30 所示，為透過示波器所擷取雷達主機之 heading 訊號。經訊號測試後發現，相鄰兩方波之間的時間差約為 1.4sec，與天線旋轉一圈所需之時間吻合，可確認訊號擷取腳位無誤。雖然雷達天線每旋轉一圈(360˚)就會產生一次 heading 方波訊號，可藉此求取天線轉動的方位資訊，然而天線旋轉過程中，天線迎風面可能會受到風壓之影響，導致轉速不一定非常穩定。為能取得更精準天線方位角的資訊，則可透過雷達方位角輔助訊號(bearing)進行天線方位角之修正。如圖 2.31 所示，為本計畫透過示波器所擷取雷達主機之 bearing 訊號畫面，可確認 bearing 方波訊號每隔約 2 millisecond 會改變其電壓值。bearing 方波訊號變動之時間間隔是根據天線轉動的角度產生變化。以本計畫所使用之雷達為例，天線旋轉一圈(360˚)所需時間約為 1.4sec。換算下來，天線旋轉一圈的過程中，bearing 方波訊號變動約 700 次。天線每轉動約 0.5˚，bearing 方波訊號就會變動一次電壓值。

本計畫應用雷達進行油污監測的其中一項技術關鍵在於將類比的

雷達回波訊號數化並轉換成為空間影像，因此除了透過示波器進行雷達訊號的檢測之外，本計畫進一步將數化後的訊號轉換為影像。如圖 2.32 所示，為本計畫從雷達系統所擷取並轉換而成之雷達回波影像。經與圖 2.33 原航海雷達屏幕所同步呈現之回波影像比較後可發現兩者之影像回波特徵一致，初步確認訊號擷取與影像轉換過程之正確性。



圖 2.21 本計畫所使用之雷達主機外觀



圖 2.22 本計畫所使用之雷達天線外觀

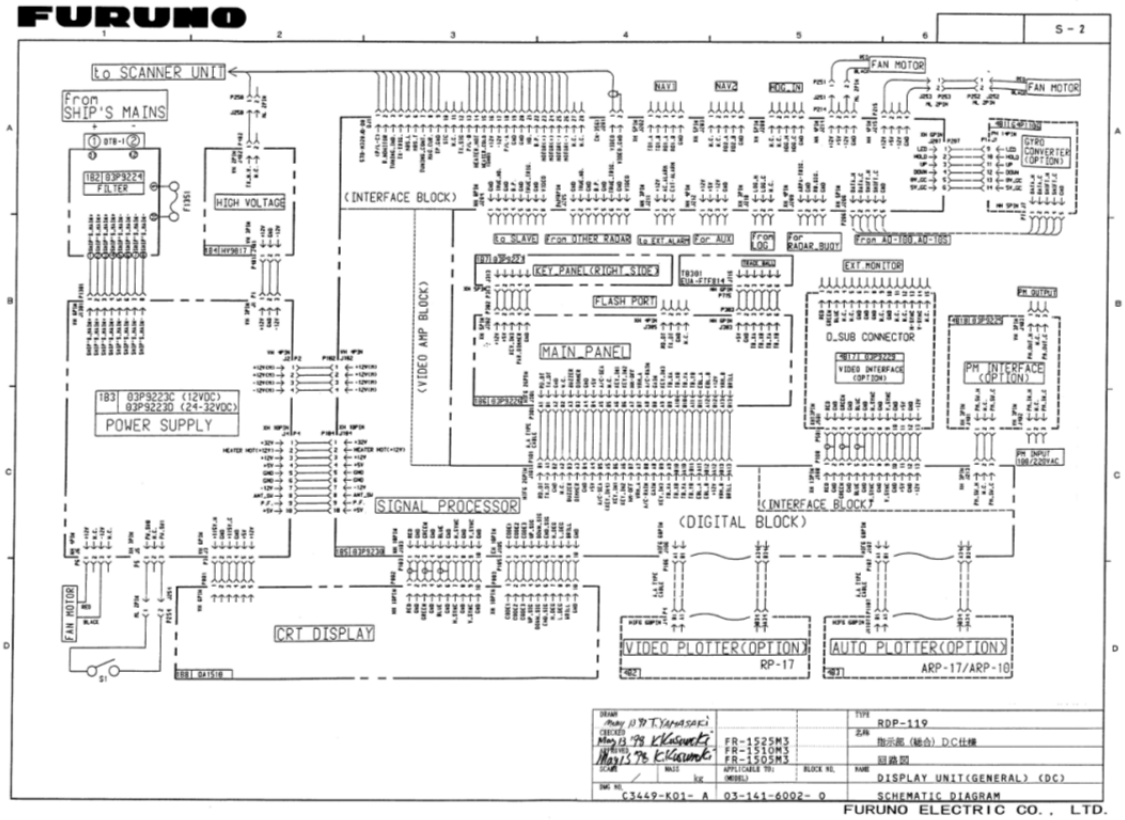


圖 2.23 雷達主機之電路圖

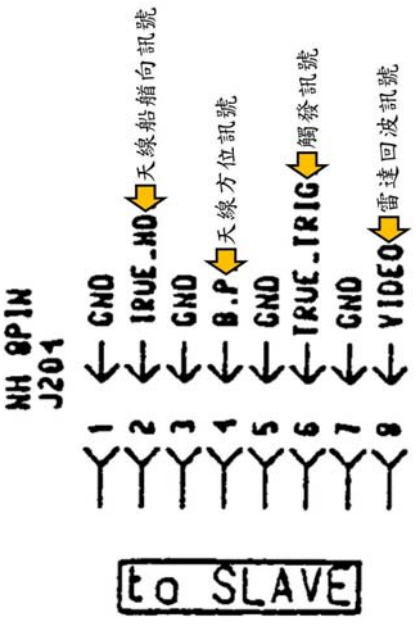


圖 2.24 雷達主機電路圖中 J204 處之細部電路說明

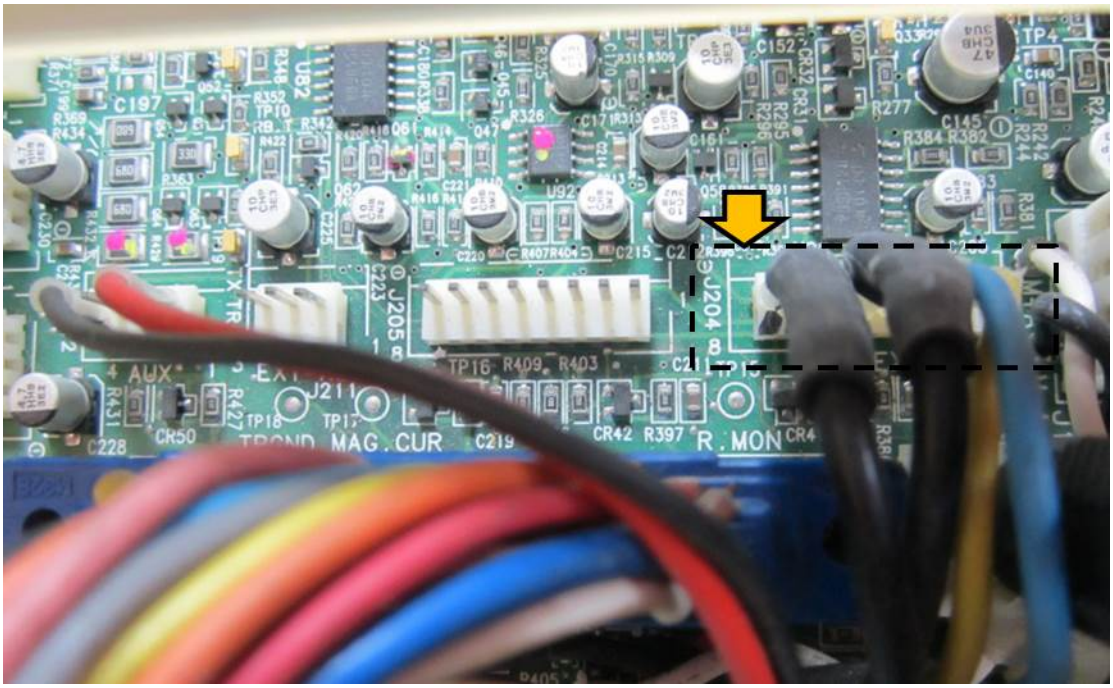


圖 2.25 雷達主機電路板上訊號檢驗之電路點

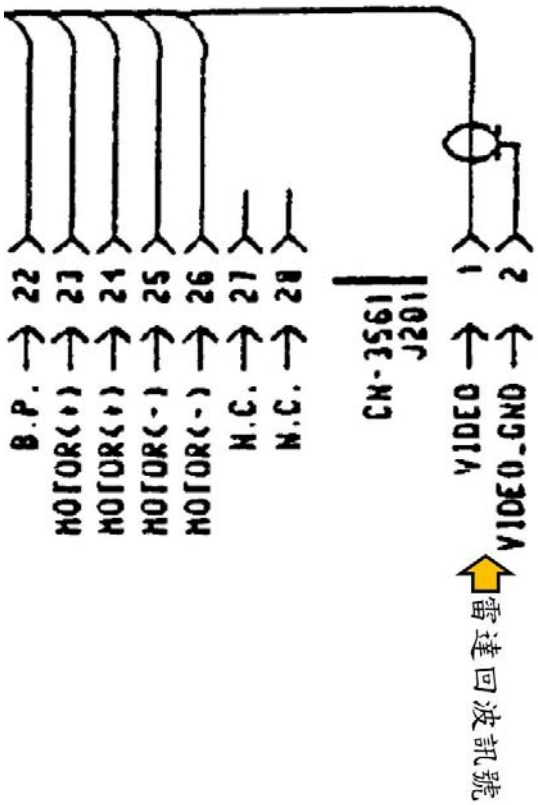


圖 2.26 雷達主機之細部電路圖

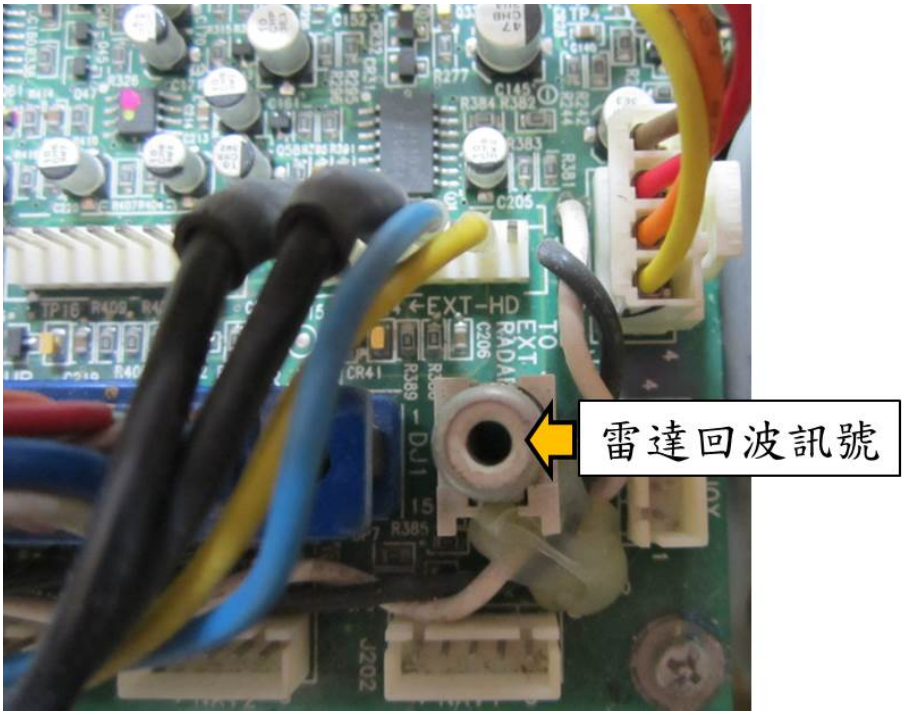


圖 2.27 雷達主機訊號檢驗之電路點

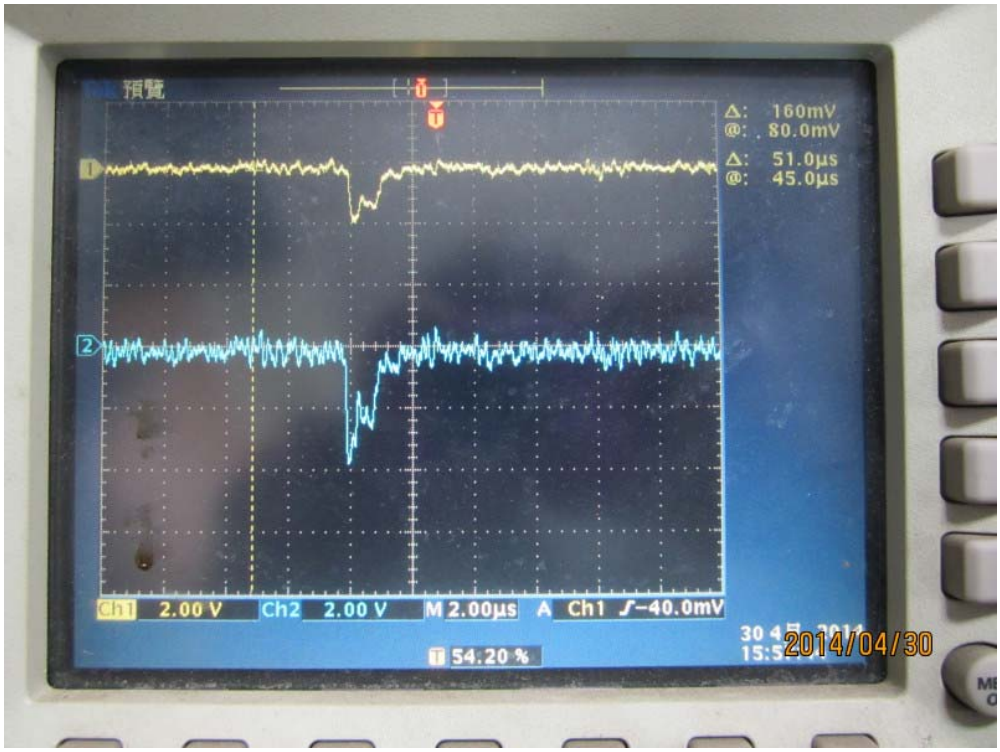


圖 2.28 雷達 Video 訊號之檢驗

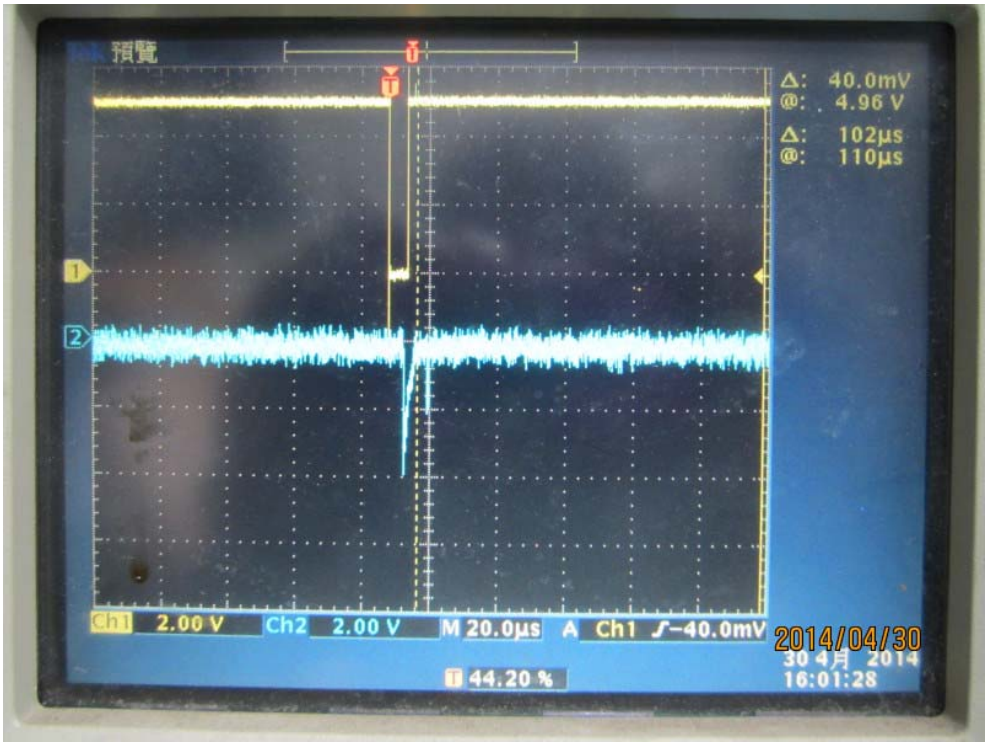


圖 2.29 雷達 Trigger 與 Video 訊號之檢驗

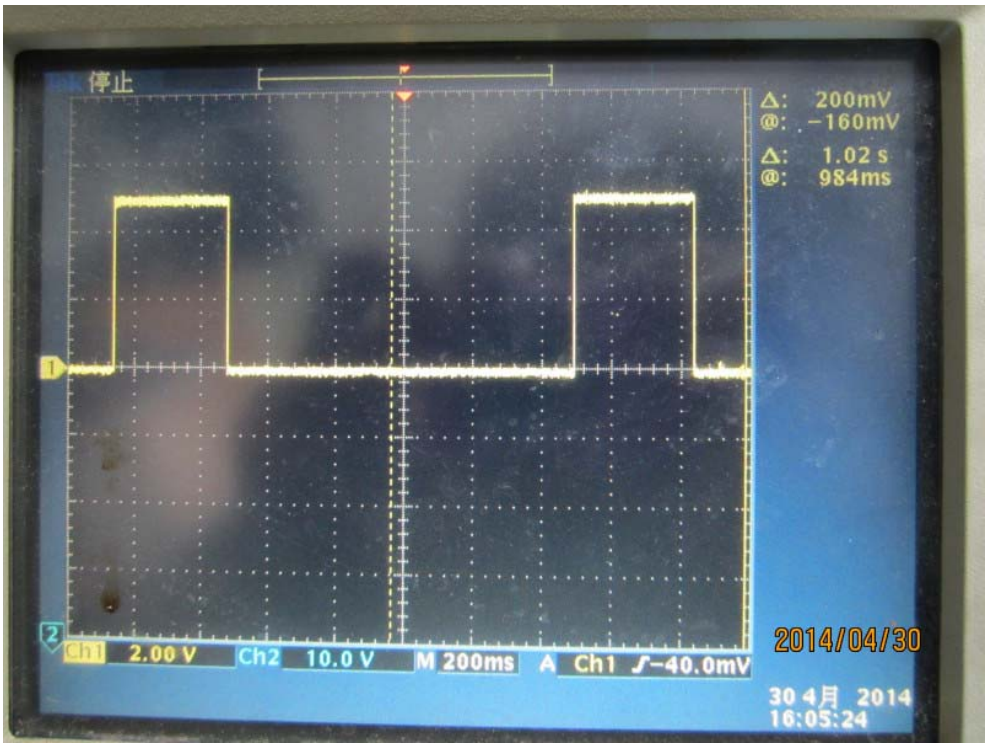


圖 2.30 雷達 Heading 訊號之檢驗

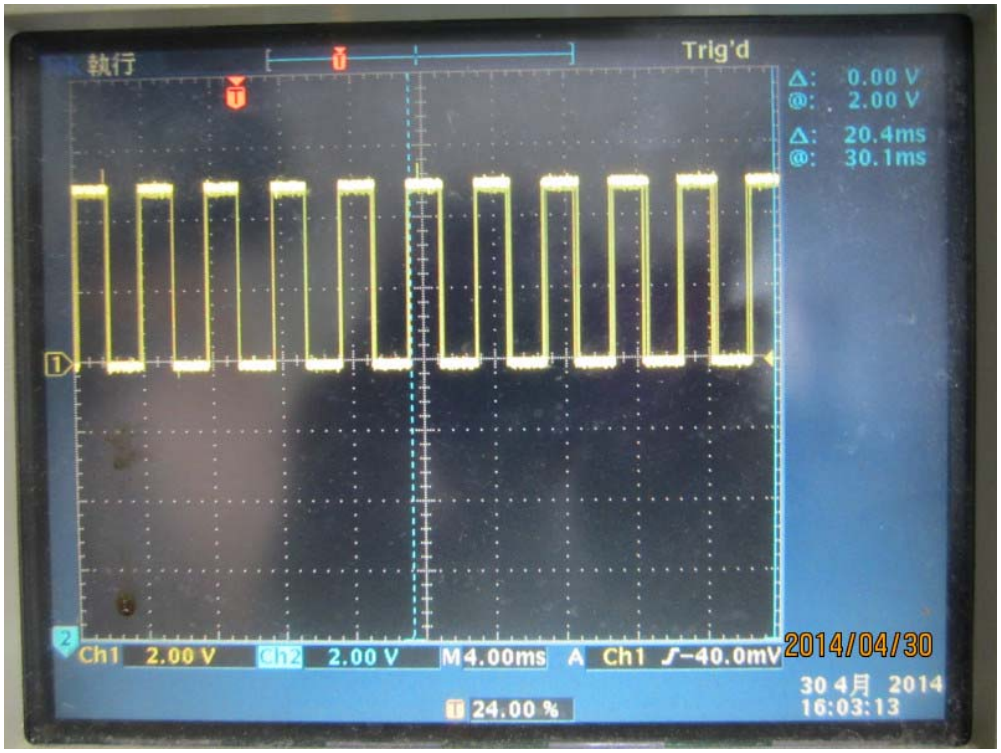


圖 2.31 雷達 Bearing 訊號之檢驗

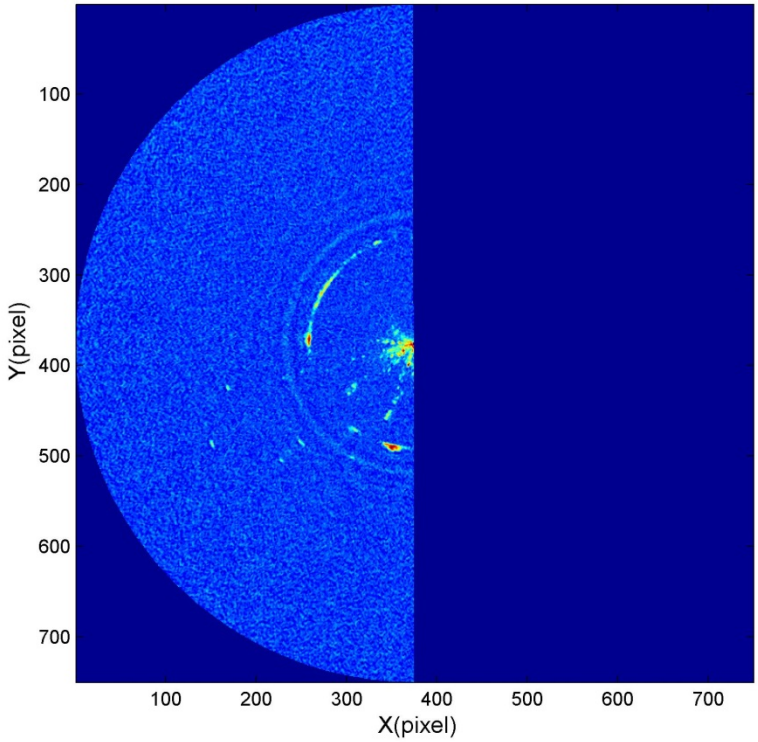


圖 2.32 本計畫從雷達系統所擷取並轉換而成之雷達回波影像



圖 2.33 雷達屏幕回波影像之檢驗

2.4 航海雷達之海岸現場觀測試驗與影像測試分析

透過實驗室訊號測試與確認之後，本計畫進一步前往海岸現場進行現場雷達系統之測試。由於海面油污染為偶發事件，在等待實際油污事件發生時以進行現場測試前，本計畫先透過偵測海面上特殊之特徵作為前期測試。

第一次測試為 8 月 19 日，本計畫團隊選取臺南安平漁港進行航海雷達之現場測試，雷達天線架設於漁港北防坡堤之堤頭(圖 2.34)，藉以取得大範圍之海面監測影像。本計畫團隊在抵達現場後，隨即開始進行雷達站之架設。經測試發現，系統能在 20 分鐘內就組裝完畢，並啟動監測作業。圖 2.35 顯示本系統除雷達天線及發電機之外，其餘設備皆放置於車內。此次測試初步確認了雷達系統具有高機動性，能透過小型車裝載至目的地，並於抵達後的 20 分鐘內啟動監測作業。



圖 2.34 臺南安平漁港北防坡堤現場測試實景



圖 2.35 現場測試之車載配備

由於現場外在環境之影響,雷達測試過程遠比實驗室內更為困難，所接收到的雷達訊號也更為複雜。本次現場測試初期在啟動系統後，所接收到的影像結果因外在環境雜訊之影響，造成了影像轉換過程發

生錯誤，如圖 2.36 所示。經現場人員修改影像解算程式之後，在短時間內隨即修正訊號辨識演算法，並取得正確之海面回波影像如圖 2.37 所示。經由與 Google 空照影像套疊(圖 2.38)之後，確認雷達所監測得之海面回波影像正確無誤。本系統也同時進行現場波浪觀測(圖 2.39)，確認雷達系統測波功能運作正常。本計畫團隊再於 8 月 22 日在相同地點進行測試，再次進行雷達監測系統效能之確認與檢討。

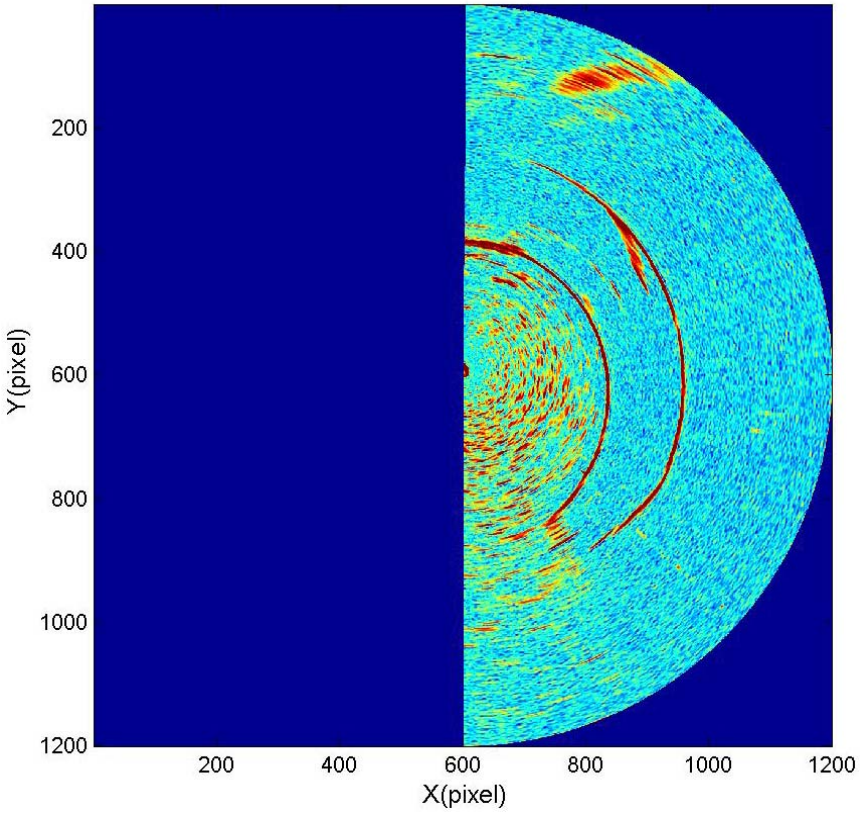


圖 2.36 現場測試初期因雜訊造成影像轉換錯誤

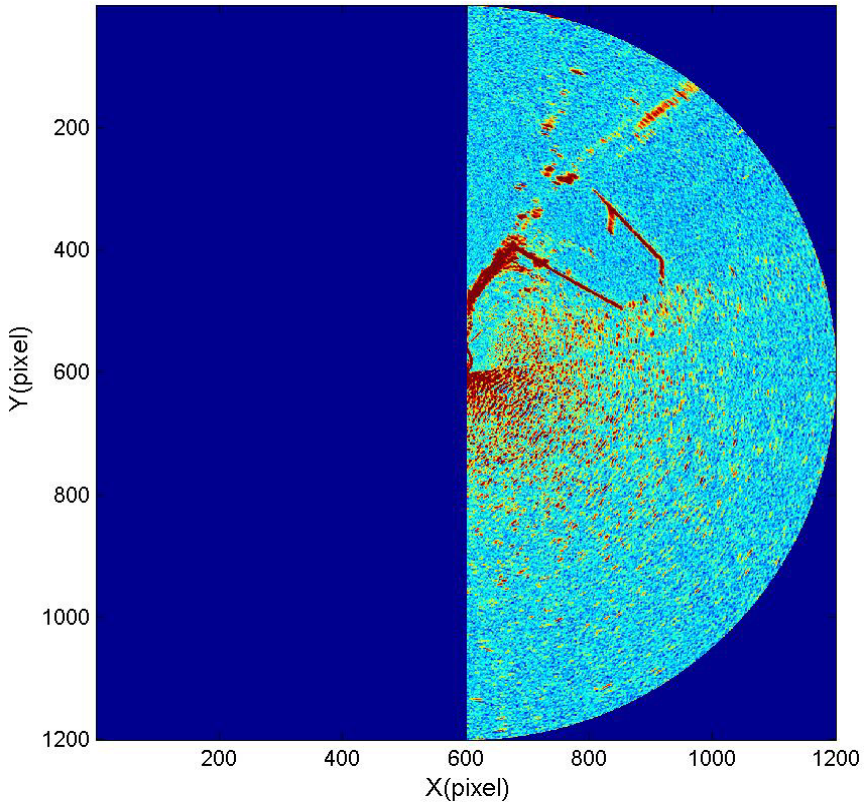


圖 2.37 經修正訊號辨識演算法後取得之影像

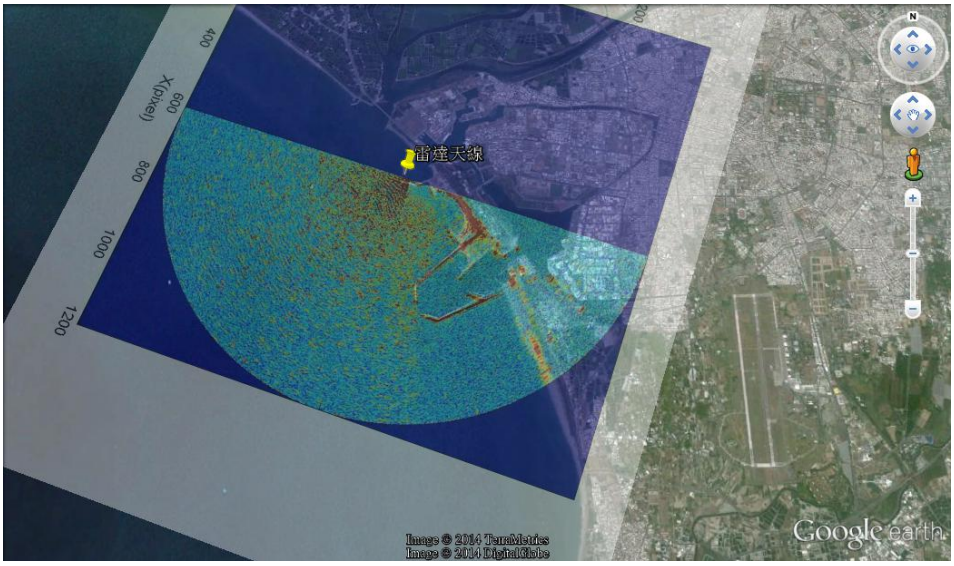


圖 2.38 實測雷達影像與 Google 空照影像套疊結果

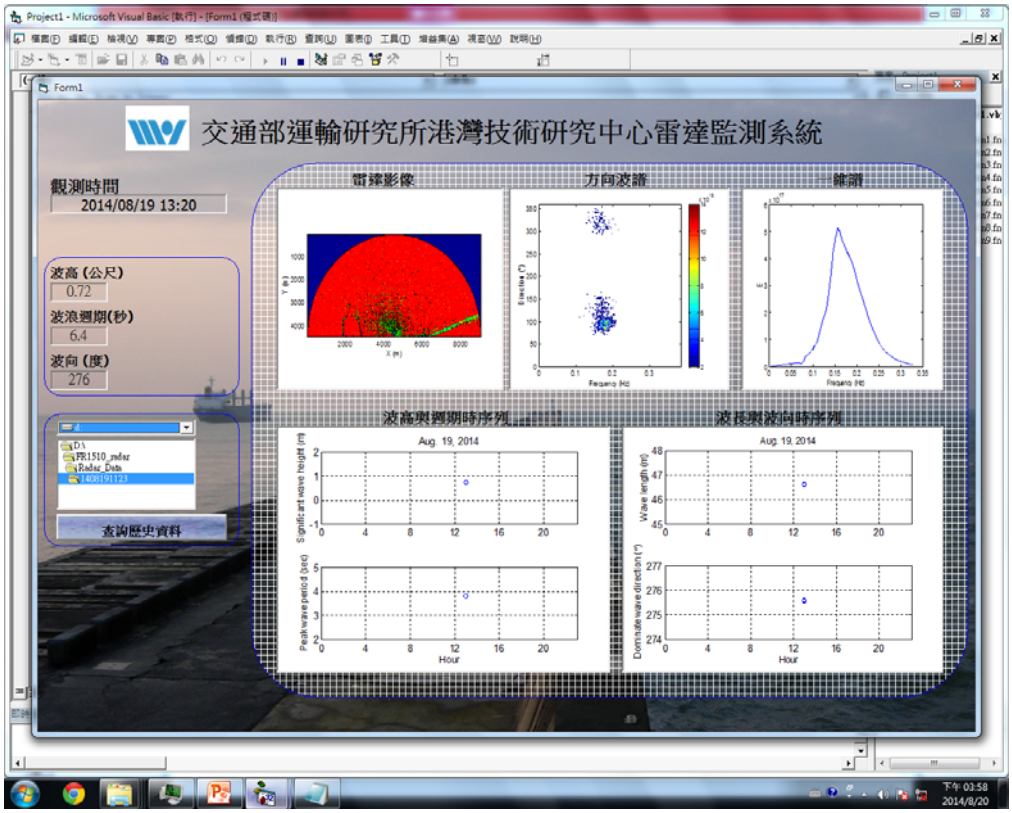


圖 2.39 現場雷達觀測波浪之測試

計畫執行期間因沒有油污事件可進行現場測試，本計畫於 9 月 25 日進行第三次的雷達系統現場測試,目的是評估海面特徵的識別能力。圖 2.40 為臺南安平海域現場之單張雷達影像觀測結果，雷達天線之架設位置為臺南四草大橋之上，在距離雷達天線較近之海域可辨識出亮暗相間的波紋特徵，此為風湧浪波鋒前緣處所造成的回波特徵。除風湧浪之波紋特徵之外,從雷達影像中還辨識出明顯的兩組港口防波堤，經與 Google 空照結果比對之後可確認分別為臺南安平漁港以及安平商港之防波堤。在臺南安平漁港南北防波堤之前端皆發現有較強烈之回波區域，經與圖 2.41 的安平漁港現場防坡堤外之拍照結果比對之後，確認前述雷達影像中在臺南安平漁港防波堤前端所發現的較強烈回波為海面蚵架群所造成之回波。

事實上船舶、蚵架、漂流木、油污等海上浮體都會造成異於一班海水面的雷達回波強度。為避免誤用監測結果，在取得雷達影像後必須進行謹慎之判斷。為確保海上安全，海面船舶之間都需較保持足夠

的安全距離，因此海上船舶的回波大多為單點強烈回波。蚵架則因養殖效益之考量，大多屬於大片範圍之強烈回波，但該強烈回波區域中仍有回波相對微弱之區域。這是因為蚵架與蚵架之間的間隙所造成之結果。此外，船舶因具有自主動力，一般漂流物則無，透過長時間的監測監測目標物的移動軌跡與速度也可辨識出其差異性。而相較於上述目標物，油污因會減緩雷達回波強度，因此影像中所呈現的回波強度應是較一般海面更微弱。

本計畫將連續雷達影像時序列對時間域進行平均，結果如圖 2.42 所示，平均後的影像中已無前述之風湧浪波紋特徵，且海面蚵架所造成之回波較圖 2.40 的結果更為明顯。

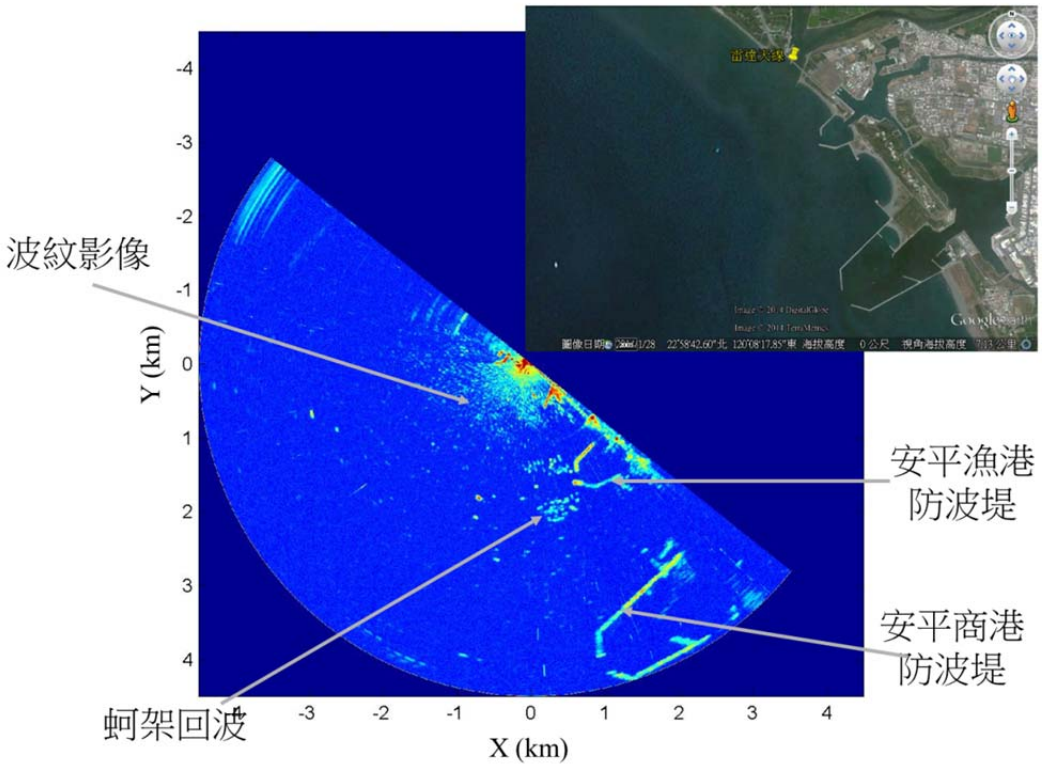


圖 2.40 臺南安平海域現場之單張雷達影像



圖 2.41 安平漁港現場防坡堤外之蚵架分布

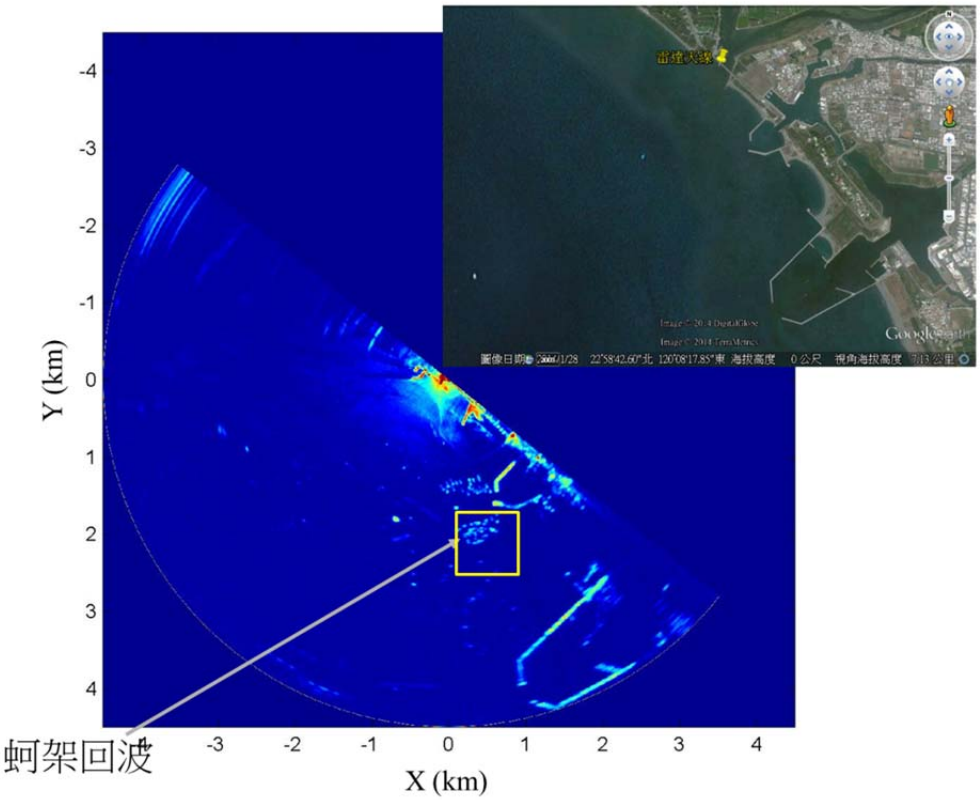


圖 2.42 連續雷達影像時序列對時間域平均後之結果

2.5 航海雷達影像測試分析

本計畫進一步利用圖 2.42 中，方框所標示區域的雷達子影像進行測試分析，藉以確認相關演算法應用於影像特徵辨識的可行性。考慮到未來所分析的海面油污回波強度應低於乾淨海面之回波強度，但影像中的蚵架回波強度則較海面回波強烈，因此將所分析的子影像先進行強度反轉，也就是讓蚵架所在區域的回波強度低於背景海面的回波強度。如圖 2.43 的上圖所示，為海面蚵架區域的子影像強度；下圖則為從原始影像中擷取其中一列之回波強度序列值。從圖中可發現，原始影像中海面背景回波強度值呈現些許之震盪特徵。為避免後續進行影像邊界辨識時產生誤判，本計畫透過前述之影像濾波演算法對原始子影像進行處理。如圖 2.44 所示，為原始影像經由均值濾波後之結果，顯示濾波後的海面背景回波強度值已相對較為穩定，有助於後續影像邊界之辨識。然而分析結果也發現，並非所有的濾波演算法都適用於本計畫之影像分析。如圖 2.45 所示，為原始影像經由拉普拉斯濾波後之結果，濾波後的蚵架回波特徵反而更不明顯，且海面背景回波強度值呈現更劇烈之震盪，反而不利於後續之影像辨識。

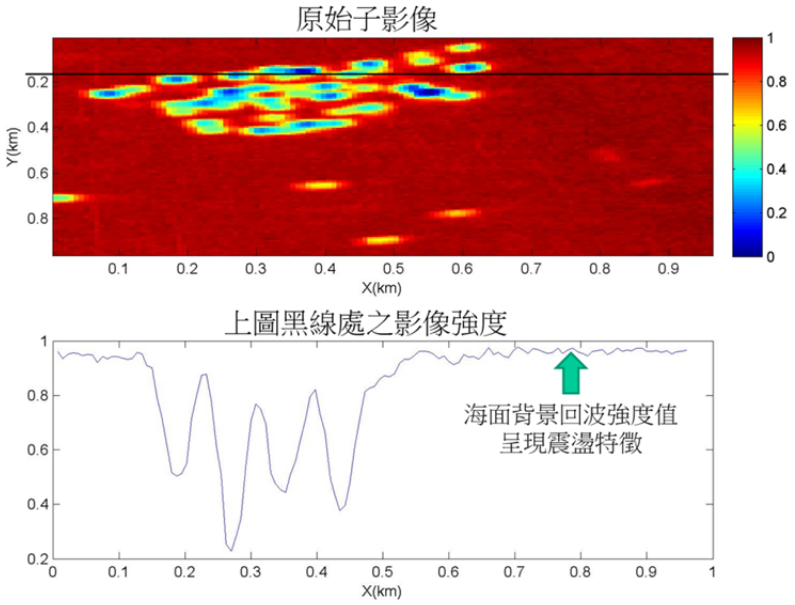


圖 2.43 海面蚵架區域的原始子影像

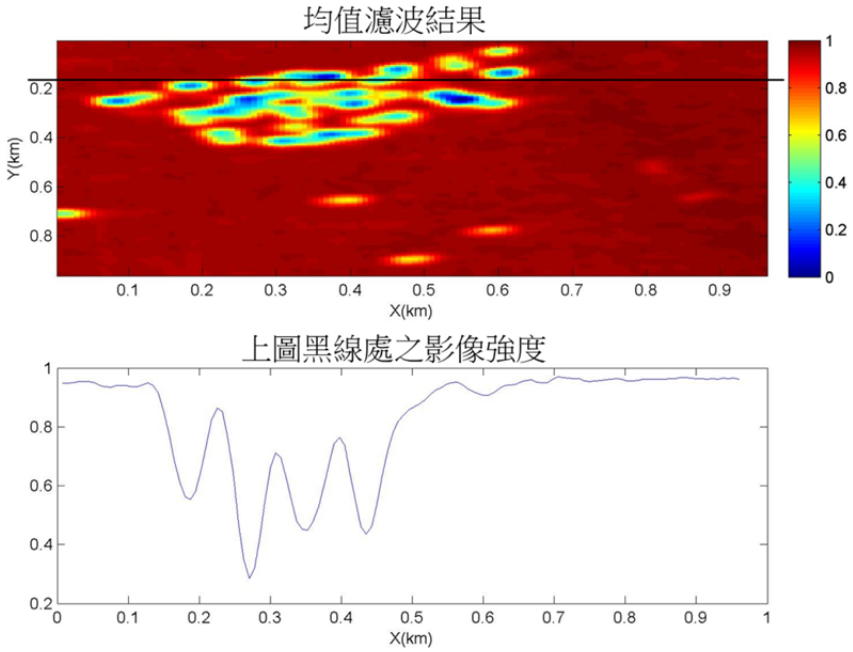


圖 2.44 蚵架影像經均值濾波後之結果

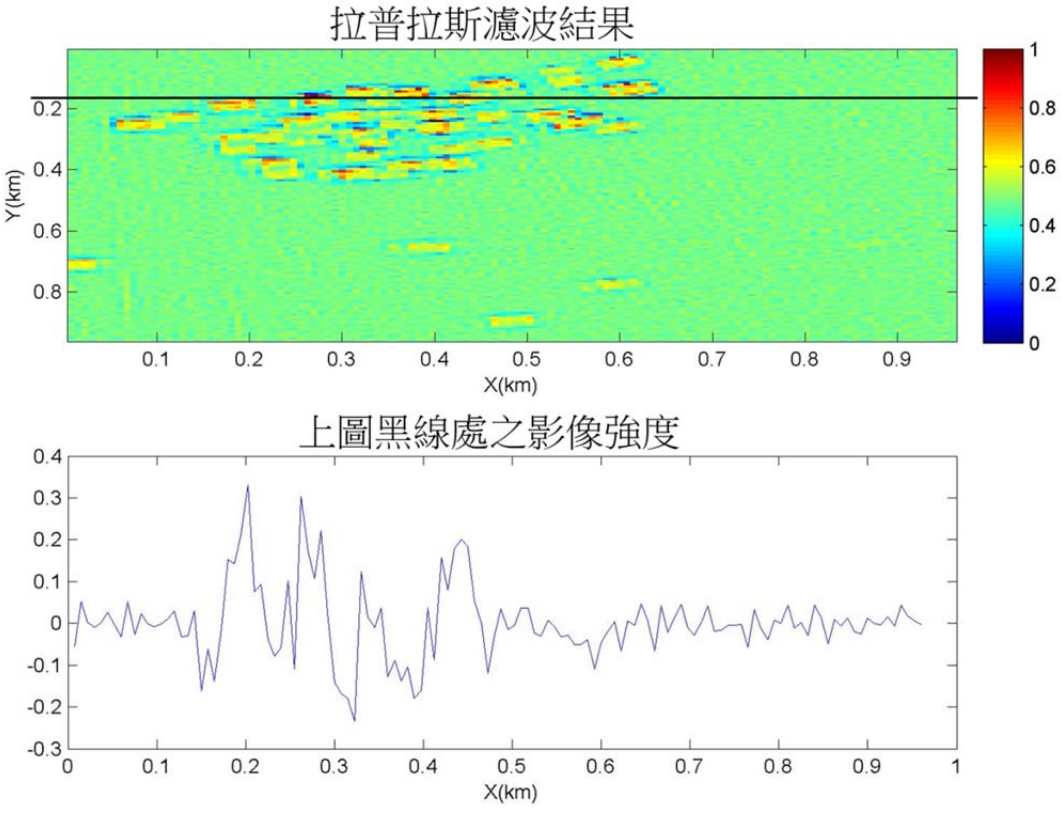


圖 2.45 蚵架影像經拉普拉斯濾波後之結果

本計畫進一步將將均值濾波後影像進行影像邊緣偵測，分析結果如圖 2.47，顯示前述之影像特徵辨識演算法確實可界定出蚵架區域。然而經邊緣偵測後的蚵架回波是分布在空間影像內的數塊小區域，為能進一步針對蚵架群的總體區域進行邊緣偵測與辨識，本計畫透過高維度系集經驗模態法針對圖 2.44 的影像進行成分之分離，結果如圖 2.47 所示。事實上，透過 MEEMD 還有可能拆解出更多的 IMF。然而更多的 IMF 解算過程代表更多的影像運算時間。根據本計畫測試，針對 128pixel*128pixel 子影像的五組 IMF 解算需要約 2 小時的運算時間。考慮到實務影像分析的時效性，目前本計畫是以五組 IMF 為分析基礎。

影像成分之分離結果顯示，從影像成分 5 可求取出蚵架群的總體區域分布。本計畫進一步針對影像成分 5 進行邊緣偵測，結果如圖 2.48 所示，顯示透過上述的流程確實能有效界定出海面特殊回波之區域範圍。未來在取得海面油污影像之後，本計畫將依照此一影像處裡方法進行油污分布範圍之界定。本計畫未來也將評估透過空拍光學影像或是衛星影像進行油污案例之驗證。

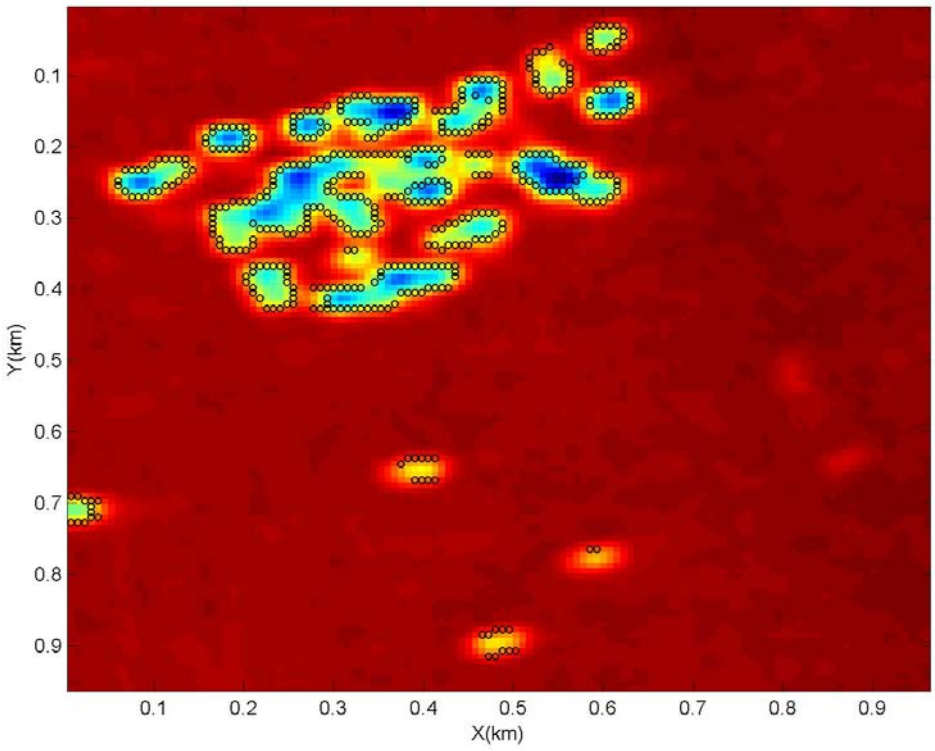


圖 2.46 將均值濾波後影像進行影像邊緣偵測結果

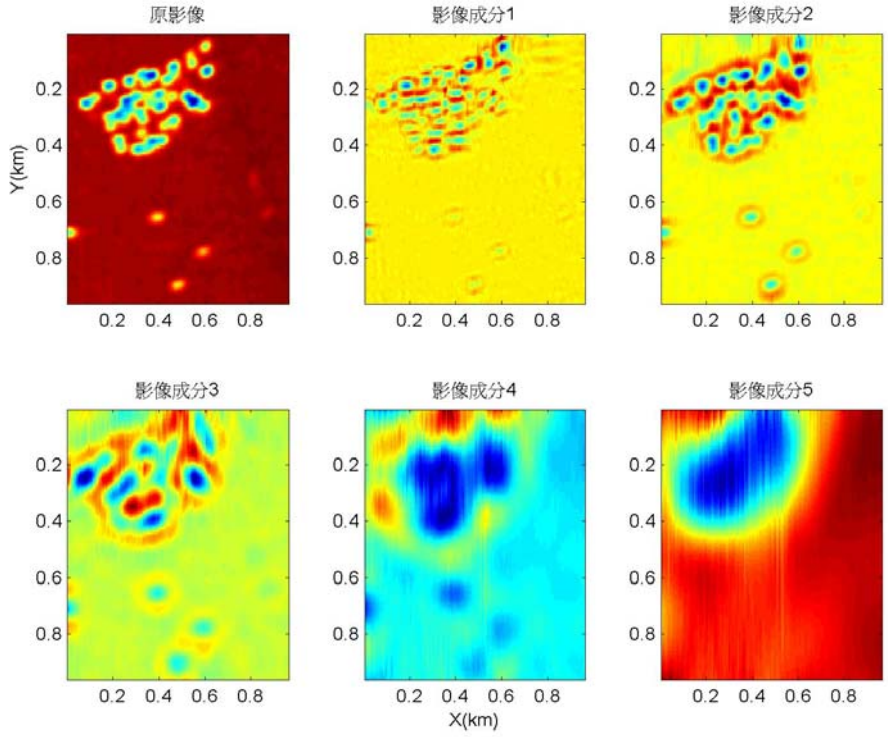


圖 2.47 透過高維度系集經驗模態法分解蚵架影像成分之結果

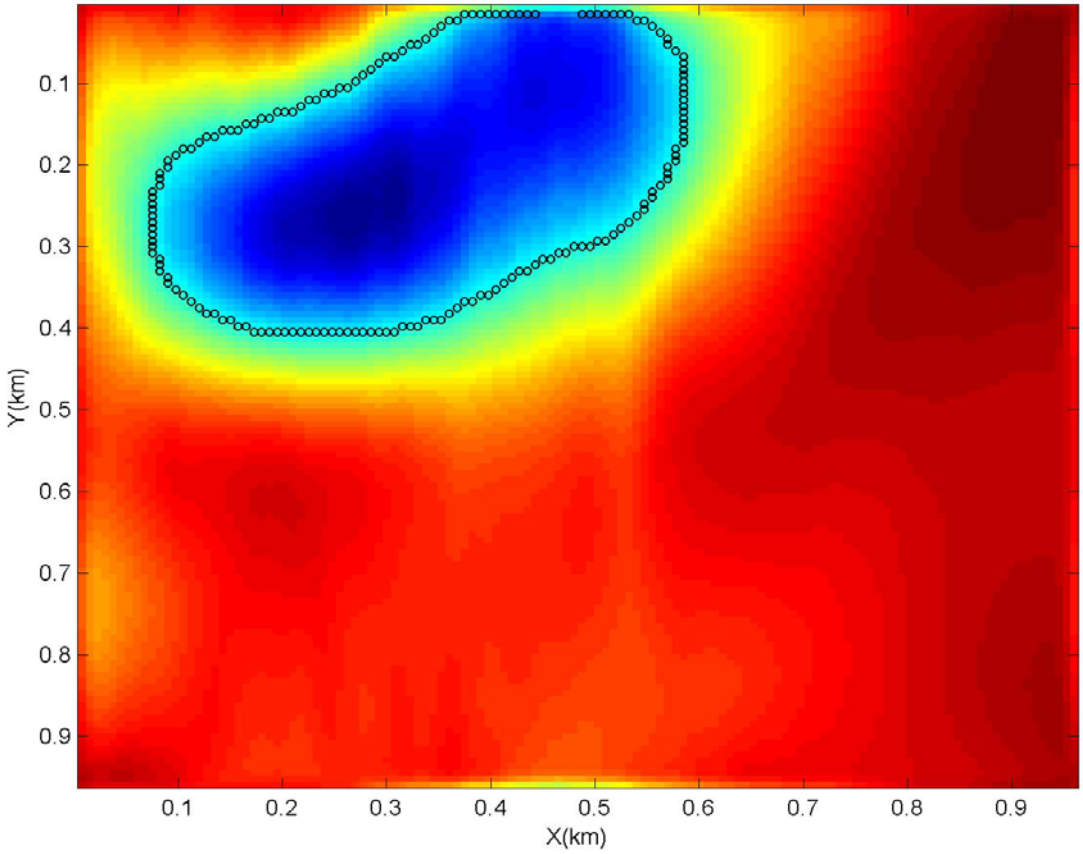


圖 2.48 將影像成分 5 進行影像邊緣偵測結果

2.6 本年度近海油污事件追蹤

為能將雷達系統實際應用於海面油污之偵測，本計畫持續關注臺灣環海之海域油污事件，表 2-4 為本計畫彙整今年在臺灣海域潛在或已發生的油污事件。從該表的事件說明可發現，雖然今年在臺灣海域有發生十多起的油污事件，但由於都屬於小型油污，在海巡署的監控下，事件發生數小時內皆已被控制或是清理完畢，因此截至完稿前尚未能有機會取得海上油污之雷達監測的實測資料。本計畫團隊將持續監控臺灣海域的油污事件，專責的工作小組隨時可將已整合的雷達監測系統載運至油污現場進行海面監測之測試。

表 2-4 本年度近海潛在油污事件彙整

發生時間	發生地點	事件說明
1 月 3 日	高美溼地岸際海域	於高美溼地岸際海域發現油污污染，海巡署安檢所人員即攜帶除污裝備協同臺中縣環保局水保科等相關單位人員，將油污順利清除完畢。
1 月 7 日	馬公漁港	因工廠內油管破裂導致廠區左後方約 50 公尺處潮間帶產生油污，馬公漁港安檢所即於現場進行油污清理，現場油污無擴散情形。
2 月 26 日	旗津漁港	於旗津漁港發現油污污染；五總隊旗后安檢所、中興商檢所人員即攜帶除污裝備協同旗津漁港管理人員，將油污順利清除完畢。
3 月 27 日	新竹漁港	因漁船於新竹漁港內下沉，已有油污外漏情形，隨即佈放吸油棉並聯繫環保局人員共同將油污實施清除。
7 月 2 日	琉球鄉威尼斯沙灘岸際	於琉球鄉威尼斯沙灘岸際發現一桶油桶漂浮在海上，並有油污外洩，隨即派員實施攔油索佈放及投置吸油棉後，污染範圍已獲得控制。
7 月 13 日	澎湖赤馬漁港	港區整補場前方有大片油污。海巡安檢所人員立即於現場鋪設攔油索及吸油棉。數小時內油污就已受到控制。
9 月 11 日	苗栗外埔漁港	因包商施工不慎造成柴油外洩，海巡署與縣府環保局今天清查污染水域約 100 平方公尺。
10 月 10 日	澎湖外海	海研五號研究船在澎湖外海沉沒。環保署水保處於 13 日在澎湖岸際巡視，並未發現油污情況。由於海研五號是用高級柴油，比重低於海水，一旦洩漏會浮在海面，會隨空氣自然揮發。
10 月 24 日	臺東長濱港區	海巡署巡查港區時發現港區內有面積約 140 平方公尺之黑色浮油。在海巡人員歷經 2 個小時妥善處理，油污已受到控制，有效抑止污染。
10 月 31 日	臺東富岡漁港	紅燈塔處發現輕油之油污，即施放攔油索及吸油棉將油污清除。
11 月 7 日	臺東大武漁港	大武安檢所於港區安檢亭前方發現油污污染(70 公尺*3 公尺、輕油)。隨由安檢所派員實施佈設攔油繩與吸油棉將油污清除完畢。

第三章　海域油污擴散數值模擬

3.1 海流模式發展現況

數值海洋模式計算模擬的範圍可從河口至海洋盆地，大部份的海洋模式皆求解於三維的那維-斯托克斯方程式 (3D Navier-Stokes eauations)，與質量守恆方程式推導出在水體、鹽度、熱含量、及熱通量等物理量。

全球所使用的數值海洋模式大部份都屬開放程式，可自行選擇適宜的模式並由網站下載程式碼。數值模式建置的計算網格可區分為結構性網格 (structured grids) 及非結構性網格 (unstructured grids)。在結構性網格模式分別有 POM (Blumberg and Mellor, 1987)、TRIM (Casulli and Cheng, 1992)、ROMS (Shchepetkin and McWilliams, 2005)、NCOM (Barron et al., 2006)。非結構性網格模式分別有 ADCIRC (Luettich et al., 1991)、QUODDY (Lynch and Werner, 1991)、UnTRIM (Casulli and Walters, 2000)、ELCIRC (Zhang et al., 2004) 、SELFE (Zhang and M. Baptista, 2008)、SEOM (Iskandarani et al., 2003)、及 FVCOM (Chen et al., 2003)。

數值海洋模式在數值計算的難以突破困難包括：(1)無法解決不規則近岸地形；(2)無法保證質量、動量與能量的守恆。因此有三類數值計算方法去處理上述困難。第一類：屬典型的有限差分法 (finite differences) 的有 SEOM 與 QUODDY；第二類：有限體積法 (finite volumes) 則有 UnTRIM、ELCIRC 以及 FVCOM 等；第三類：有限元素法 (finite element) 為 ADCIRC 與 SELFE。每種數值方法各有其優缺點，有限差分法的優勢是容易識別且具有良好的計算效率，但計算的準確性卻會被不規則的地形起伏(如島嶼的邊界)所限制；有限元素法的優勢是幾何的靈活性，可完整詮釋不規則的地形邊界，但計算效率就遠不如有限差分法；有限體積法則兼具良好的計算效率及能完整詮釋

不規則的地形邊界。

數值海洋模式面臨的挑戰是需包含河川、複雜的河口與海岸地形、以及到海岸陸棚整個系統，因需結合不同的空間與時間尺度，所以數值海洋模式使用的數值方法可分為顯式法與隱式法兩種。顯式法的優點在於記憶體空間較為節省，在高速運算上的應用也比隱式法簡單，缺點是在時間步長上須配合模擬範圍的水深作修正，才能達到穩定。隱式法較為穩定，且時間格點的大小不受模式區域內水深所影響，缺點則是較耗記憶體空間，在應用上比顯式法複雜。自 1990 年起，半隱式非結構性網格模式 (semi-implicit unstructured grid models)開始盛行，如 UnTRIM、SUNTANS (Fringer et al., 2006)、及 ELCIRC 等。如 UnTRIM 模式利用隱式法處理動量方程 (momentum equations) 中的正壓梯度 (barotropic-pressure gradient) 與垂直黏性 (vertical viscosity) 項，以及連續方程 (continuity equation) 的發散項 (divergence term)，如此會得到較佳的計算結果。ELCIRC 模式曾成功應用在美國哥倫比亞河口系統 (Columbia River estuary – plume – shelf system)，哥倫比亞河口有寬廣的潮間帶、強烈的潮流、與明顯的流速梯度。即便如哥倫比亞河口複雜的地形，ELCIRC 亦能提供快速計算效率來模擬及預測三維河口海流與擴散的演變 (Baptista et al., 2005)，並結合實測資料變成一個重要觀測系統 (CORIE, Baptista, 2006)。

準確的海潮流資訊是油污擴散模擬成功的關鍵，由上述可知數值海洋模式技術已趨穩定，歐美各國作業化海洋模式的發展趨勢由於大範圍模式(全球海洋模式或大西洋海洋模式等)之範圍、邊界、驅動力等條件多類似甚至相同，所以模式之發展已由各國或研究機構獨自發展建置而趨向於共同研發的模式系統。回顧各種海洋作業模式特性可依發展區域區分成歐洲、美國與亞洲三個部分，以下就主要的數值海洋模式說明如下。

3.1.1 歐盟

1. NEMO

NEMO (Nucleus for European Modelling of the Ocean, http://www.nemo-ocean.eu) 與 MERSEA (Marine Environment and Security for the European Area)為大型的跨國海洋環流作業化模式的平台。MERSEA 是歐盟贊助之大型跨國研究計畫，是屬於 GMES(Global Monitoring for Environment and Security)全球環境監測系統下的海洋監測計畫，旨在整合歐洲各國所發展的海洋物理、生物化學、和生態系統之全球和區域尺度監測和預測模式及作業化相關技術（衛星資料分析整合、資料同化技術發展、提升計算效率、及作業化技術發展等），預測時間尺度從數日延長至數月。MERSEA 計畫已於 2008 年 3 月結束，研發成果已併入 NEMO 模式系統平台作業中。

NEMO 模式系統平台結合了歐洲數個主要的海洋環流、海冰、示踪劑、和生物化學及其相關的物理數值模式的作業化發展與執行單位，主要成員為法國國家氣象研究中心(CNRS)、義大利歐洲－地中海氣候變遷中心(CMCC)、義大利國家地球物理與火山學研究中心(INGV)、英國自然環境研究委員會南安普敦海洋研究中心(NERC-NOC, Southampton)、英國自然環境研究委員會利物浦海洋研究中心(NERC-NOC, Liverpool)、法國 Mercator-Ocean、及英國氣象局(UKMO)，以共同研究發展先進海洋作業化模式為主要目標。

2. COHERENS

COHERENS (COupled Hydrodynamical-Ecological model for REgional Shelf seas, http://www2.mumm.ac.be/coherens/index.php) 模式於 1990 至 1998 年由歐盟贊助，結合歐洲數國的海洋學者，為了研究北海的海洋環境生態系統而聯合發展出之三維水理及生態模式，目的是藉由物理及生物數值模式來了解人類活動行為對海洋生態之影響，並做為模擬分析及預測物理與生地化的過程及監測海岸地區與大陸棚

海域中污染物質傳輸的工具。COHERENS 中的水動力模組以三維動量方程式、連續方程式、及溫鹽的傳輸方程式描述海水的運動，動量方程式並採用 Boussinesq 及垂直方向的水靜力平衡(hydrostatic equilibrium)的假設而簡化。

為了避免以卡式座標系統(x, y, z, t)處理底層邊界差分計算的繁複及困難，在 COHERENS 模式中使用 σ 座標系統 (sigma-coordinate system)，將計算領域中垂直方向的座標，統一劃分成固定數目的層數，這樣的處理方式使差分計算變得容易且易於了解。目前的版本包括生態模組、漂砂模組、及粒子追蹤模組。

3. FVCOM

FVCOM (The Unstructured Grid Finite Volume Community Ocean Model, http://fvcom.smast.umassd.edu/fvcom) 使用非結構性網格有限體積數值方法可解析海洋中內陸沙洲及具有錯綜複雜的地形之河口、港灣、及具有廣大潮間帶的沼澤等不規則形狀之海陸交界的物理與生態變化過程。

FVCOM 模式使用的非結構性網格有限體積法結合有限差分法容易識別及計算效率高的特色，也具備有限元素法幾何靈活性的特徵，提升計算的效率及準確性。目前的版本包括多種模組選擇 (圖 3.1)，如數值技巧方面的資料同化模組、系集卡門濾波模組、多層網格嵌套模組、三維乾濕處理模組等；數值計算方面的波浪模組、GOTM 紊流模組、三維漂砂模組、水質生態模組、追蹤顆粒模組、及極區冰模組等。

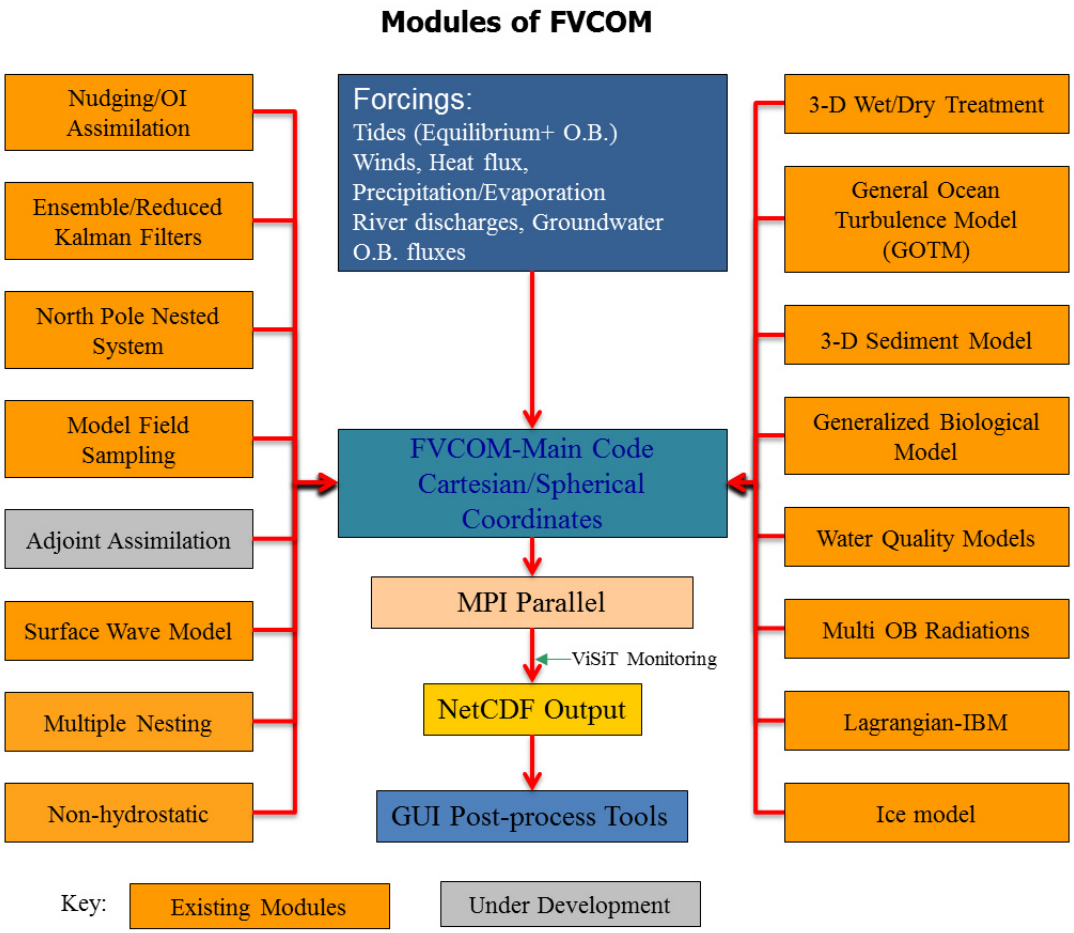


圖 3.1 FVCOM 模式架構圖

3.1.2 美國

美國則以海軍研究所(NRL)發展的 HYCOM 系統、ROMS (Shchepetkin and McWilliams, 2005)、及 POM (Blumberg and Mellor, 1987)模式系統為主流。在應用上，HYCOM 系統逐漸以大型環流系統為整合方向，ROMS 主要應用於區域作業化預測，POM 以陸棚或沿海為主要應用方向。

1. HYCOM

HYCOM (HYbrid Coordinate Ocean Model, http://hycom.org)是美國

全球海洋資料同化試驗(GODAE)其中一部分，在美國邁阿密(MIAMI)大學等密度面坐標海洋模式(MICOM)基礎上發展起來的。該模式的原始方程式與全球海洋模式相同，在保留了 MICOM 等密度面坐標優點的同時，採用垂向混合坐標 (等密度坐標、σ 坐標及 z 坐標的混合)，從而可以在開闊的層化海洋中採用等密度面坐標，然後平滑地過渡到淺海或陸架區域的隨地坐標，在混合層或層化不明顯的海域則採用 z 坐標。混合坐標擴展了傳統的等密度面坐標海洋模式的應用範圍，彌補了等密度面坐標的不足。

2. POM

POM (Princeton Ocean Model, http://www.ccpo.odu.edu/POMWEB/)為三維非線性海洋模式，此模式可模擬大尺度海洋、海岸等天文潮及氣象潮所引起的水位與流場變化，亦可計算小尺度河川、渠道等之水理運動如溫度、鹽度等的改變。為簡化方程式， POM 使用了兩個假設條件:第一為假設流體本身的重量與壓力梯度力平衡，亦即為靜力平衡(hydrostatic assumption)；及第二假設水體內部的密度差異可以忽略，除非這個差異是由重力所引起此條件，此為包氏近似(Boussinesq approximation)。

由於傳統卡式座標系統在地形水深變化複雜處計算上不便，且地形和側邊界不連續的數值網格會造成模式計算上的誤差，因此 POM 模式利用 Philip(1957)所創立之 σ 座標系統(示意圖如圖 3.2)，將卡式座標系統轉換至 σ 座標系統。σ 座標是將不同水深等分為固定的垂直分層，垂直方向的水深雖然都不同，網格數卻都一樣，但網格間的距離會隨水深不同而改變。如此邊界上的分層不會變化，對模式計算上帶來很大的便利。

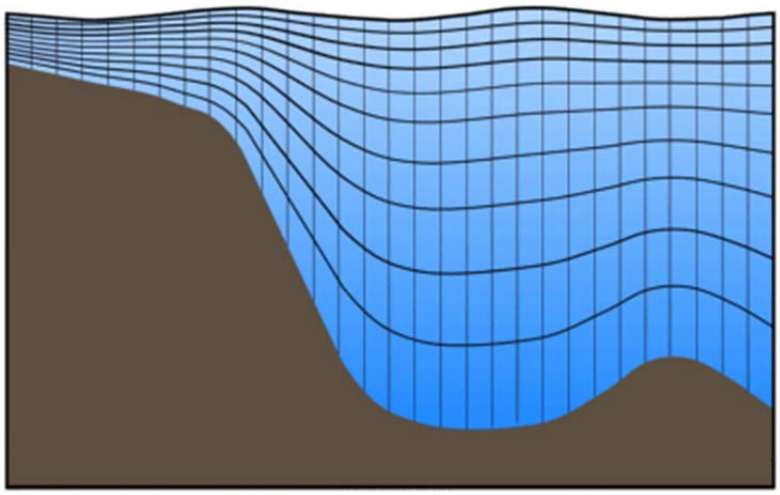


圖 3.2 σ 坐標系統示意圖

POM 模式採用的數值方法為有限差分法，在數值解的技巧上將連續方程分別在時間、空間上進行分解，在空間網格的訂定上採 Arakawa C-grid，其為一交錯網格的分佈。在時間網格的計算上採用 mode splitting 方法，將計算過程分為內部、外部兩種計算模組，由外部模式計算水位變化後提供給內部模式，內部模式則根據外部模式提供的水位值計算得水平速度。內模的差分方法採用隱格式，外模差分方法採用顯格式，在計算的穩定性上顯格式較不穩定、易於發散，但計算時間較短；隱格式計算較為穩定，但因計算過程較為複雜，因此需較長的計算時間。在模式運算的經濟效益及準確性的雙重要求下，內、外模分別的積分延時必須小心設定，使模式在最佳狀態下執行運算。

3. ROMS

ROMS (Regional Ocean Modeling System, https://www.myroms.org) 為三維非線性的斜壓原始方程式，由 Rutger University 與 UCLA 兩校共同研究開發完成，此模式可以模擬不同尺度之運動海洋模式，如全球尺度的海流模擬、中尺度由氣象因素或是天文潮所引起的水位與流場變化，也可以計算小尺度河川渠道等的水理運動。ROMS 模式的控制方程式是 primitive equations，為了簡化方程式，ROMS 採用與 POM 一樣的兩個假設，即為靜力平衡(hydrostatic assumption)與包氏近似

(Boussinesq approximation)，系統架構如圖 3.3。

ROMS 所使用的座標系統稱為 S 座標，它最早是由 Song and Haidvogel (1994)所開發完成，該座標系統在設計上較為彈性，採取水深非等比例分層的方式，座標系統示意圖如圖 3.4，S 座標可藉由設定參數增加計算網格的解析度，在計算水深變化大之區域時，可以改善不連續數值網格所造成計算誤差。

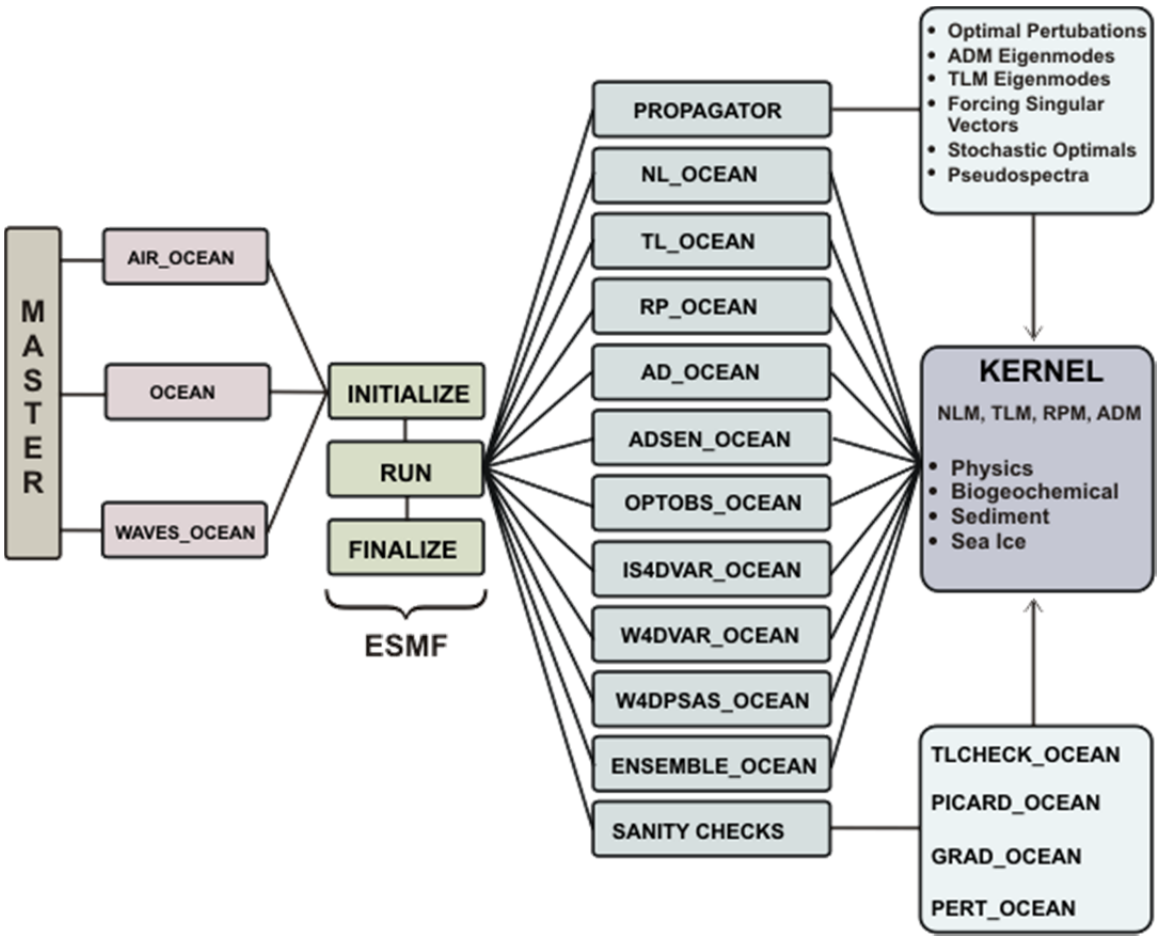


圖 3.3 ROMS 系統架構圖

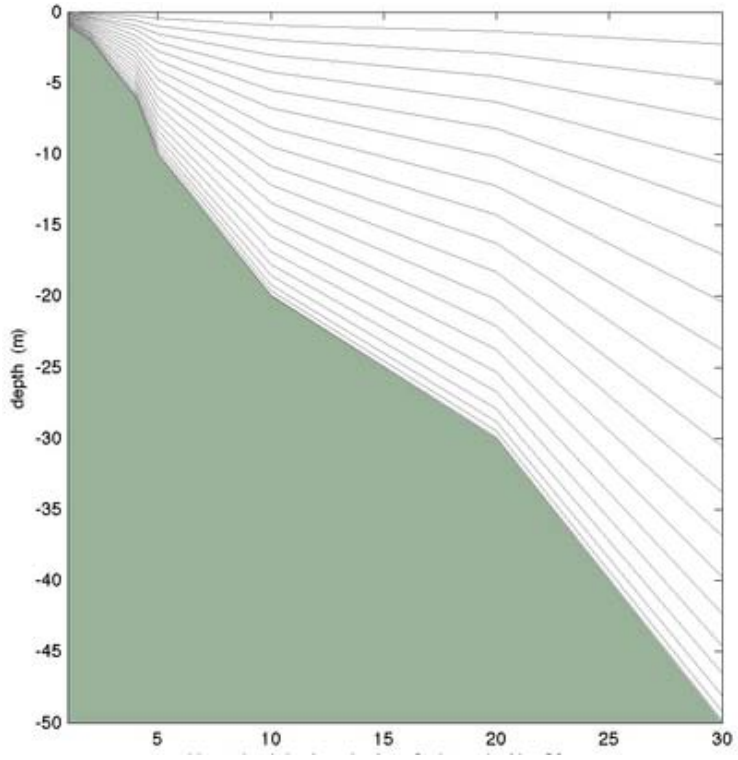


圖 3.4 垂直 S 座標系統示意圖

數值模式朝向精細化流場之研究時，地形變化對於流場有顯著的影響，使用網格座標系統隨地形變化的模式，例如 Princeton Ocean Model (POM)與 Regional Ocean Model System (ROMS)，可以適當描述流場受到地形的影響。在地形變化大的區域，因為流體靜水壓力不連續造成數值解不收斂，即為水平壓力梯度計算誤差。Jan et al. (1999) 在臺灣海峽地形坡度變化大的地方，由於垂直層化強烈的海流將產生斜壓(baroclinic)調整，使得座標系統採用 σ 座標的模式(如 POM)，不適處理這一類的狀況。Ezer (2002) 針對 POM 與 ROMS 的不同演算法在數值計算上的誤差與模式計算的效率進行比較，ROMS 所使用的方法可以減少計算上的誤差，以及允許使用較大數值積分時步長以增加計算的效率。ROMS 模式中使用新的水平壓力梯度演算 Shchepectkin (2003)，相較於 POM 模式所採用的水平壓力梯度演算法，可以有效減少模式計算誤差的累積。

4. SELFE

前述的 ELCIRC 模式成功應用在 CORIE 與其他系統，但 Zhang and Baptista (1998) 將此模式作進一步改善，以 ELCIRC 模式基礎改成 SELFE (Semi-implicit Eulerian-Lagrangian Finite Element, http://www.stccmop.org/knowledge_transfer/software/selfe)模式，即半隱式尤拉-拉格朗日有限元素法，其電腦計算效能更優於 ELCIRC 模式，並有高階項的形狀函數 (shape functions) 應用在複雜的水深地形與在水體垂直的物理變化量。SELFE 模式採用有限元素的非結構性網格設置，垂直網格部分採用混合 SZ 座標或 S 座標，採用 SZ 座標時，除可提高表底層之解析度外，可避免採用 S 或σ座標時，由於地形變化較大產生之水平壓力梯度不一致性。

SELFE 利用 ELM (Eulerian-Lagrangian Method) 計算對流項，並利用半隱式法求解，可使用較大的時間步長計算，並確保模式的穩定與精度。意即模式不受 CFL 條件限制。CFL 條件 (Courant-Friedrichs-Lewy condition)指流體質點在一個時間步階Δt內，不能流過一個空間大於網格的距離Δx。因此當網格尺寸Δx非常小時，必需選很小的Δt才能使數值穩定。油污的移動速度可能會很緩慢，Δt需配合油污的可能移動速度，又模擬港區油污擴散時，為了完整描述複雜地形，Δx可能會非常小，因此半隱式法適用於油污擴散模擬。

對於溫鹽擴散的傳輸，除可採用 ELM 計算外，亦可利用上風法 (upwind) 或 TVD 演算以避免數值擴散的問題。紊流模組除採用常見的 GLS 紊流模組外，也可利用 GOTM 紊流模式進行更複雜的計算，該模式亦納入乾濕點的計算，驅動力可包含潮汐、氣象、河流等，模式已應用於美國哥倫比亞河口之作業化預報。模式除基本水動力系統外，也包括了油污擴散模組、波浪模組、生態系統模組、資料同化模組、水質模組、漂砂模組，是一套可應用於多方面的模式系統，模式架構如圖 3.5。

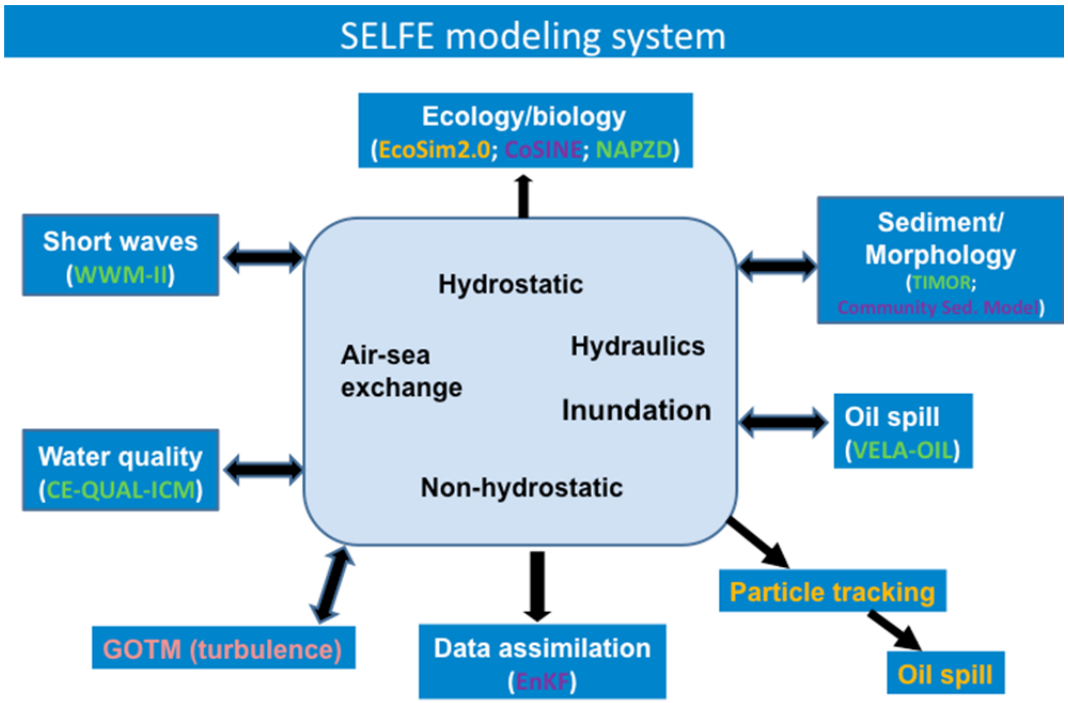


圖 3.5 SELFE 模式架構圖

3.1.3 亞洲

日本氣象廳(JMA)在其氣象研究所（MRI）開發一個海洋模式(Meteorological Research Institute, Community Ocean Model, MRI.COM)，提供日本周圍海域、西北太平洋及北太平洋每日及每月的溫度及流速平均資料。亞洲其他各國亦多以上述這幾種系統為主要發展及應用為主。

3.2 適用於油污擴散之海流模式理論介紹

3.2.1 評估適用於油污擴散之海流模式

綜合上節可知，全球使用的海洋模式眾多，早期純粹以海洋模式進行模擬河口的潮流及暴潮位的演變。近十年來，由於電腦科技迅速的進步，海洋模式已結合大氣及波浪模式，來提昇河口流體動力現象預測的精度。目前較常見結合大氣與波浪模式的海洋模式有 SELFE、

ADCIRC 及 FVCOM。Chen 等人(2013)利用此三套模式模擬美國麻薩諸塞州 (Massachusetts state) 的 Scituate 港口的流體動力現象，其中搭配的波浪模式依序為 WWM、SWAN、SWAVE。由模擬結果顯示，三套模式理論基礎皆採用淺水波方程架構，唯在水深地形方面因使用不同的數值技巧，以及水表面與底床摩擦係數差異，造成邊界處流體動力有些微的差異，但整體來說，三套模式模擬結果皆非常的相近。

眾多的海洋模式雖各具不同的優缺點，在理論基礎上各模式皆差異不大，唯一的差異即不同的數值技巧，但大家最後一致目標即希望能達到一套具備有快速的計算效率與精度佳的模式。本計畫除了選擇適用的海洋模式，也希望能具備模擬溢 (洩) 油擴散的能力。綜觀上述模式，如表 3-1，唯 SELFE 模式具有此能力，且結合大氣與波浪模式能有更高精度的模擬結果，另一重點是具有快速的電腦計算效率，可以達到災害緊急應變與防災預警之時效要求。本計畫目前擬採用 SELFE 數值海洋模式，以下即針對此模式介紹。

表 3-1 海洋模式比較表

海流模式	數值方法	驅動力	垂直方向座標系統	模組
NEMO	有限差分法	潮汐、各種氣象資料、河流等	S 座標 Z 座標 混合 SZ 座標	海冰、示踪劑、生物化學
COHERENS	有限差分法	潮汐、各種氣象資料、河流等	σ 座標系統	生態、漂砂、粒子追蹤
FVCOM	有限體積法	潮汐、各種氣象資料、河流等	σ 座標系統 S 座標系統	資料同化、系集卡門濾波、多層網格嵌套、三維乾濕處理、波浪、GOTM 紊流、三維漂砂、水質生態、追蹤顆粒、極區冰
HYCOM	有限差分法	各種氣象資料	垂向混合座標(等密度坐標、σ 座標及 z 座標的混合)	
POM	有限差分法	潮汐、各種氣象資料、河流等	σ 座標系統	
ROMS	有限差分法	潮汐、各種氣象資料、河流等	S 座標系統	波浪、大氣、生態系統、資料同化、沉積、極區冰
SELFE	有限元素法	潮汐、各種氣象資料、河流等	混合 SZ 座標或 S 座標	油污擴散、波浪、生態系統、資料同化、漂砂、水質

3.2.2 SELFE 海洋模式物理公式

SELFE模式是由Zhang與Baptista以 ELCIRC模式基礎修改而成，是一個求解三維淺水波方程 (3D shallow-water equaions)、靜水壓方程(Hydrostatic)、包氏近似 (Boussinesq approximations)、與鹽度及溫度的傳輸方程的海洋流體動力數值模式。SELFE 模式主要求解海氣交界自由液面 (Free surface) 的運動情況、水體中三維的流場與鹽度及溫度分佈。

SELFE 模式的基本控制方程式有連續與動量方程式，為簡化SELFE 模式的方程式，第一個假設為不可壓縮流體運動，則在卡氏座標下描述水體的連續方程式可寫為：

$$\nabla \cdot \mathbf{u} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad \text{..... (3-1)}$$

為描述自由液面$\eta(x,y,t)$隨著流場演變，本模式求解下式：

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \nabla \cdot \int_{-h}^{\eta} \mathbf{u}\, dz = 0 \quad \text{..... (3-2)}$$

第二個假設則是使用近似的方法簡化流體的動力方程式，引用包氏近似 (Boussinesq approximations)，因此求解三維的動量方程 (3D momentum equations)，寫作：

$$\frac{\mathbf{D}\mathbf{u}}{\mathbf{D}t} = \mathbf{f} - g\nabla\eta + \frac{\partial}{\partial z}\left(\nu \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial z}\right) - \frac{1}{\rho_0}\nabla p_A - \frac{g}{\rho_0}\int_z^{\eta} \nabla\rho\, d\zeta + \nabla \cdot (\mu \nabla \mathbf{u}) \quad \text{(3-3)}$$

其中，$\mathbf{f} = -f\,\mathbf{k} \times \mathbf{u} + \alpha g \nabla \psi$ 。

鹽度對流擴散傳輸方程 (salt advection-diffusion-reaction)，寫作：

$$\frac{\mathbf{D}S}{\mathbf{D}t} = \frac{\partial}{\partial z}\left(\kappa \frac{\partial S}{\partial z}\right) + F_S \quad \text{..... (3-4)}$$

溫度對流擴散傳輸方程(temperature advection-diffusion -reaction)，

寫作：

$$\frac{\mathbf{D}T}{\mathbf{D}t}=\frac{\partial}{\partial z}\left(\kappa\frac{\partial T}{\partial z}\right)+\frac{Q}{\rho_O C_P}+F_{\mathrm{h}} \quad \text{..... (3-5)}$$

以上程式中符號標記說明如下：

(x,y)：水平卡式座標 (m)。

z：垂直座標，向上為正 (m)。

∇：$\left(\frac{\partial}{\partial x},\frac{\partial}{\partial y}\right)$ 。

$\eta(x,y,t)$：自由液面高度，(m)。

$h(x,y)$：水深，(m)。

$\mathbf{u}(x,y,z,t)$：水平速度向量，於卡式座標速度分量為 (u,v) ，$(\mathrm{m\,s^{-1}})$ 。

w：垂直速度，(m/s)。

f ：科氏因子，$(\mathrm{s^{-1}})$ 。

g ：重力加速度，$(\mathrm{m\,s^{-2}})$ 。

$\hat{\psi}(\phi,\lambda)$：地球潮汐位能，(m)。

α ：有效地球彈性因子(= 0.69) (Schwiderski, 1980)。

$\rho(\mathbf{x},t)$：水密度，ρ_0 唯一常數，1025 $\mathrm{kg\,m^{-3}}$ 。

$p_A(x,y,t)$：自由液面的大氣壓力，$(\mathrm{N\,m^{-2}})$ 。

S, T ：水體中鹽度$(\mathrm{practical\,salinity\,units\,(psu)})$與溫度$(\mathrm{N\,m^{-2}})$。

ν：垂直渦流黏滯係數，$\left(\mathrm{m^2\ s^{-1}}\right)$ 。

μ：水平渦流黏滯係數 $\left(\mathrm{m^2\ s^{-1}}\right)$ 。

κ：鹽度垂直渦流擴散係數或熱通量垂直渦流擴散係數$\left(\mathrm{m^2\ s^{-1}}\right)$。

F_S, F_h：擴散作用造成的側向應力 (在 SELFE 中予以忽略)。

$\dot{Q}$：太陽輻射的吸收率$\left(\mathrm{W\ m^2}\right)$。

C_P：水的比熱$\left(\mathrm{J\ kg^{-1}\ K^{-1}}\right)$。

SELFE 模式採用 Generic Length Scale (GLS) 紊流閉合模式 (turbulence closure models) (Umlauf and Burchard, 2003) 處理垂直方向的混合作用，優點包含多種閉合模式 ($k-\varepsilon$ (Rodi, 1984); $k-\omega$ (Wilcox, 1998)；Mellor and Yamada (1982))。紊流閉合模式中紊流動能 (k) 與通用長度尺度 (generic length-scale) (ψ) 的傳輸、產生及消散可寫作：

$$\frac{\mathbf{D}K}{\mathbf{D}t}=\frac{\partial}{\partial z}\left(\nu_K^{\psi}\frac{\partial K}{\partial z}\right)+\nu M^2+\mu N^2-\varepsilon \quad \text{..... (3-6)}$$

$$\frac{\mathbf{D}\psi}{\mathbf{D}t}=\frac{\partial}{\partial z}\left(\nu_{\psi}\frac{\partial \psi}{\partial z}\right)+\frac{\psi}{K}\left(c_{\psi 1}\nu M^2+c_{\psi 3}\mu N^2-c_{\psi 2}F_W\varepsilon\right) \quad \text{..... (3-7)}$$

其中，ν_K^{ψ}與ν_{ψ}為垂直紊流擴散(vertical turbulent diffusivities)；$c_{\psi 1}$、$c_{\psi 2}$、$c_{\psi 3}$(如表 3-2)為模式特定常數(model-specific constants)(Umlauf and Burchard, 2003；Zhang et al., 2004)；F_W為接近壁面函數(wall proximity function)；M與N為剪力與浮力頻率(shear and buoyancy frequencies)；ε是消散率 (dissipation rate)。通用長度尺度定義為：

$$\psi=\left(c_{\mu}^{0}\right)^{p}K^{m}\ell^{n} \quad \text{..... (3-8)}$$

上式中 $c_{\mu}^{0}=0.3^{1/2}$，ℓ是紊流混合長度(turbulence mixing length)，p、m 、

及 n 在不同紊流閉合模式皆有不同的特定常數。

根據 Umlauf and Burchard (2003) 之紊流閉合理論，式(3-3)與式(3-5)的垂直紊流黏滯與擴散係數是參考 k 、ℓ 及穩定函數 (stability functions)，可寫作：

$$\nu = \sqrt{2} s_m K^{1/2} \ell_w$$
$$\mu = \sqrt{2} s_h K^{1/2} \ell_w$$
$$\nu_k^\psi = \frac{\nu}{\sigma_k^\psi} \quad \text{..... (3-9)}$$
$$\nu_\psi = \frac{\nu}{\sigma_\psi}$$

其中，K 為紊流運動能量，ℓ 為紊流混合長度，施密特數 (Schmidt numbers) 為 ν_k^ψ 與 ν_ψ，穩定函數 (stability functions) 為 s_m 與 s_h (Kantha and Clayson, 1994; Canuto et al., 2001; or Galperin et al., 1988)。

表 3-2 GLS 紊流閉合模式相關參數

模式	ψ	σ_k^ψ	σ_ψ	$c_{\psi 1}$	$c_{\psi 2}$	$c_{\psi 3}^+$	$c_{\psi 3}^{-\ a}$
$k-\varepsilon$	$\sim \varepsilon$	1.0	1.3	1.44	1.92	1.0	-0.629
$k-\omega$	$\sim \sqrt{k}/\ell$	2.0	2.0	0.555	0.833	1.0	-0.642

資料來源：Kantha and Clayson (1994)

在河川與海洋的表面與底床，紊流動能 (turbulent kinetic energy) 與混合長度 (mixing length) 來自於狄利克雷邊界條件 (Direchlet boundary conditions)，寫作：

$$K = \frac{1}{2} B_1^{2/3} \left| \tau_b \right|^2 \quad \text{..... (3-10)}$$

$$\ell = \kappa_0 d_b \text{ or } \kappa_0 d_s \quad \text{..... (3-11)}$$

其中，τ_b 為底部摩擦剪應力；$\kappa_0 = 0.4$ 為馮卡門常數 (von Karman's constant)；B_1 是常數；d_b 與 d_s 分別是底部與海水表面邊界的距離。

SELFE 模式動量方程的垂直邊界條件如下：

在海水面有考慮內部雷諾應力與剪應力的平衡可寫作：

$$\nu \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial z} = \tau_w \text{，在 z} = \eta \quad \text{..... (3-12)}$$

其中，τ_w 為剪應力。

在底床邊界層考慮無滑移條件 (no-slip condition)，則內部雷諾應力與底床磨擦力的平衡可寫作：

$$\nu \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial z} = \tau_b \text{，在 z} = -h \quad \text{..... (3-13)}$$

其中，τ_b 為底床磨擦力。

紊流邊界層中(Blumberg and Mellor, 1987)，底床磨擦力可寫作：

$$\tau_b = C_D |\mathbf{u}_b| \mathbf{u}_b \quad \text{..... (3-14)}$$

邊界層內速度剖面遵守對數率(logarithmic law)，可寫作：

$$\mathbf{u} = \frac{\ln\left[(z+h)/z_0\right]}{\ln(\delta_b / z_0)} \mathbf{u}_b \text{，} \left(z_0 - h \le z \le \delta_b - h\right)_b \quad \text{..... (3-15)}$$

其中，δ_b 為計算網格邊界層的厚度。

邊界層的雷諾應力可由式(3-15)推導出：

$$\nu \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial z} = \frac{\nu}{(z+h)\ln(\delta_b / z_0)} \mathbf{u}_b \quad \text{..... (3-16)}$$

紊流閉合模式的渦流黏性 (eddy viscosity) 可從 (3-9) 的穩定函

數 (stability function)、紊流動能 (turbulent kinetic energy)、與中尺度的混合長度 (mesoscale mixing length) 得到：

$$
\begin{aligned}
&s_m = g_2 \\
&K = \frac{1}{2} B_1^{2/3} C_D \left|\mathbf{u}_b\right|^2 \\
&\ell = \kappa_0 \left(z + h\right)
\end{aligned}
\quad \text{..... (3-17)}
$$

其中，g_2 與 B_1 是常數，$g_2 B^{1/3} = 1$。然而，邊界層內的雷諾應力 (Reynolds stress) 可改寫作：

$$
\nu \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial z} = \frac{\kappa_0}{\ln\left(\delta_b / z_0\right)} C_D^{1/2} \left|\mathbf{u}_b\right| \mathbf{u}_b \text{ ，} \left(z_0 - h \le z \le \delta_b - h\right)_b \text{ ..... (3-18)}
$$

阻力係數 (drag coefficient) 可由式 (3-13)、式 (3-14) 與式 (3-18) 計算求得：

$$
C_D = \left(\frac{1}{\kappa_0} \ln \frac{\delta_b}{z_0} \right)^{-2} \quad \text{..... (3-19)}
$$

3.2.3 SELFE 海洋模式數值方法

SELFE 模式中，非結構三角形網格 (unstructured triangular grids) 使用在水平方向，而垂直方向則結合隨地形變化 (terrain-following) 的 S 與 Z 座標系統，如圖 3.6。垂直座標 (z-axis) 起始點在平均水位 (Mean Sea Level, MSL)。S 座標 (Song and Haidvogel, 1994) 放置於 Z 座標的上層 (如圖 3.6 中 a 及 b)，S 與 Z 座標的區分線 (demarcation line) 在 $k^z = -h_s$ 處，意即 h_s 在 S 垂直座標上隨最高水面位至改變而變動。底部邊界線 k^b 在 Z 座標上會如圖 3.6 中呈現階梯式的變化。SELFE 模式在垂直座標結合 S 與 Z 座標系統，S 座標區域計算的層數皆使用在淺水區 ($h \le h_s$)；為解決底部效率則在深水區 ($h \ge h_s$) 使用 Z 座標。

綜合上述結果，S 座標可隨著自由液面的曲線變動，且可在自由液

面下計算網格作局部加密，以求得精度更佳的自由液面下各項物理量的演變情況。另 Z 座標於底床處以階梯式方法處理，更能描述複雜海底地形的變化情形。

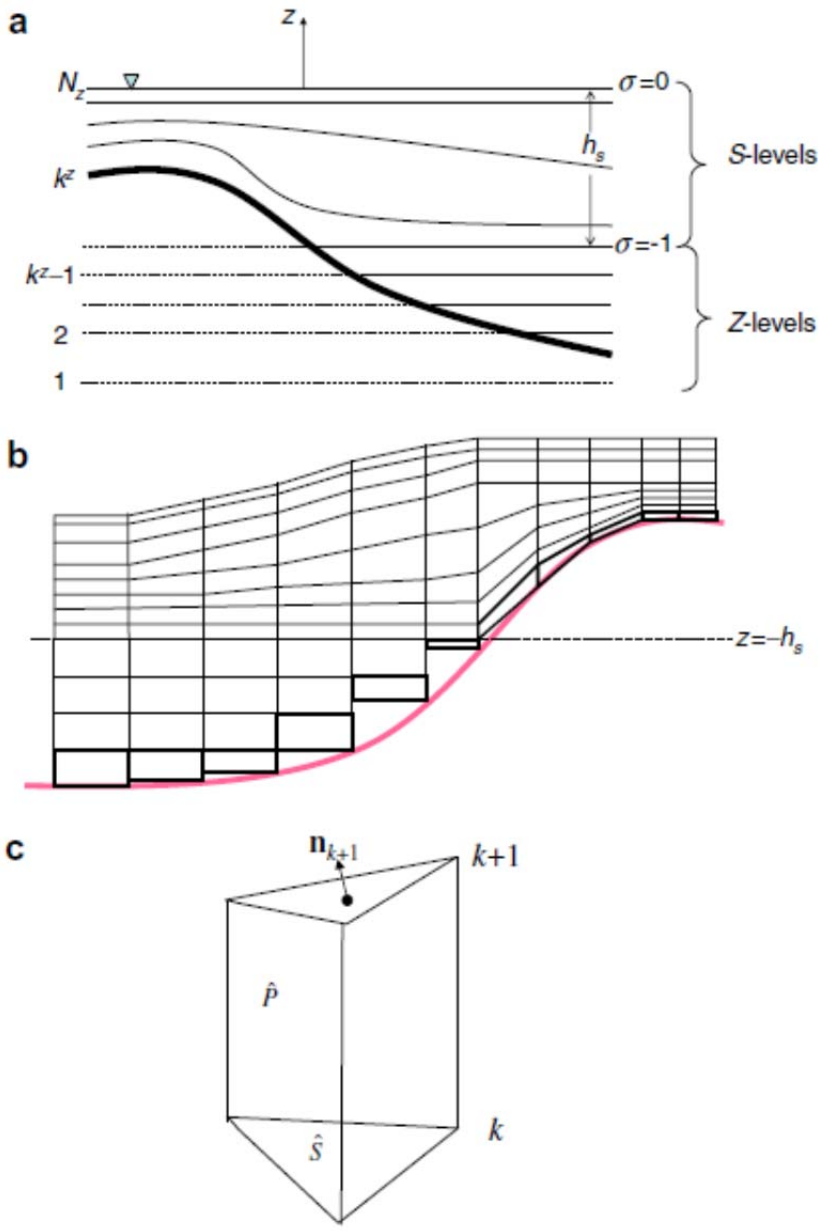


圖 3.6 SELFE 模式垂直座標系統 (Zhang and M. Baptista, 2008)

SELFE 中連續方程 (如式(3-1)) 的離散方程式如下所示：

$$\frac{\eta^{n+1}}{\Delta t}+\theta\nabla\bullet\int_{-\eta}^{\eta}\mathbf{u}^{n+1}dz+(1-\theta)\nabla\bullet\int_{-\eta}^{\eta}\mathbf{u}^{n}dz=0 \quad \text{..... (3-20)}$$

$$\frac{\mathbf{u}^{n+1}-\mathbf{u}_{*}}{\Delta t}=\mathbf{f}^{n}-g\theta\nabla\eta^{n+1}-g(1-\theta)\nabla\eta^{n}+\frac{\partial}{\partial z}\left(v^{n}\frac{\partial\mathbf{u}^{n+1}}{\partial z}\right) \quad \text{..... (3-21)}$$

$$\begin{cases} v^{n}\dfrac{\partial\mathbf{u}^{n+1}}{\partial z}=\tau_{w}^{n+1}, & \text{at } z=\eta^{n} \\ v^{n}\dfrac{\partial\mathbf{u}^{n+1}}{\partial z}=\chi^{n}\mathbf{u}_{b}^{n+1}, & \text{at } z=-h \quad \chi^{n}=C_{D}\left|\mathbf{u}_{b}^{n}\right| \end{cases} \quad \text{..... (3-22)}$$

上式中，下標星號 (*) 表示時間步階 (time step)，$0\le\theta\le1$ 為隱性因子 (implicitness factor)。

SELFE 採用 Galerkin 加權殘值法離散 (Galerkin weighted residual method) 模式方程組，式(3-20) 又寫作：

$$\int_{\Omega}\phi_{i}\frac{\eta^{n+1}-\eta^{n}}{\Delta t}d\Omega+\theta\left[-\int_{\Omega}\phi_{i}\cdot\mathbf{U}^{n+1}d\Omega+\int_{\Gamma_{v}}\phi_{i}\hat{U}_{n}^{n+1}d\Gamma_{v}+\int_{\overline{\Gamma}_{v}}\phi_{i}\hat{U}_{n}^{n+1}d\Gamma_{v}+\right]$$
$$+(1+\theta)\left[-\int_{\Omega}\phi_{i}\cdot\mathbf{U}^{n}d\Omega+\int_{\Gamma}\phi_{i}U_{n}^{n}d\Gamma\right]=0,$$
$$(i=1,.....,N_{p}) \quad \text{..... (3-23)}$$

沿著垂直方向積分動量方程式(3-21) 可得隱式項 (Implicit terms)：

$$\mathbf{U}^{n+1}=\mathbf{G}^{n}-g\theta H^{n}\Delta t\nabla\eta^{n+1}-\chi^{n}\Delta t\mathbf{u}_{b}^{n+1} \quad \text{..... (3-24)}$$

與顯示項 (Explicit terms)：

$$\mathbf{G}^{n}=\mathbf{U}_{*}+\Delta t\left[\mathbf{F}^{n}+\tau_{w}^{n+1}-g(1-\theta)H^{n}\nabla\eta^{n}\right],$$
$$H^{n}=h+\eta,\ \mathbf{F}^{n}=\int_{-h}^{\eta^{n}}\mathbf{f}dz,\ \mathbf{U}_{*}=\int_{-h}^{\eta^{n}}\mathbf{u}_{*}dz \quad \text{..... (3-25)}$$

消除式(3-24) 中 $\mathbf{U}_b^{n+1}$ ，

$$\frac{\mathbf{u}_b^{n+1}-\mathbf{u}_{*b}}{\Delta t}=\mathbf{f}_b^{n}-g\nabla\eta^{n+1}\nabla\eta^{n}+\frac{\partial}{\partial z}\left(v^{n}\frac{\partial\mathbf{u}^{n+1}}{\partial z}\right), \quad \text{..... (3-26)}$$

at $z=\delta_b$ - h

上式中 $\frac{\partial}{\partial z}\left(v^{n}\frac{\partial\mathbf{u}^{n+1}}{\partial z}\right)=0$ 。

式(3-18) 底部邊界層速度之離散方程式式可寫作：

$$\mathbf{u}_b^{n+1}=\hat{\mathbf{f}}_b^{n}-g\theta\Delta t\nabla\eta^{n+1} \quad \text{..... (3-27)}$$

式(3-27)中

$$\hat{\mathbf{f}}_b^{n}=\mathbf{u}_{*b}+\mathbf{f}_b^{n}-g\Delta t(1-\theta)\nabla\eta^{n} \quad \text{..... (3-28)}$$

式(3-27) 中垂直黏性並不為顯式表示 (explicitly present)，內部包含通過項 (through terms) $\mathbf{u}_{*b}$ 與科氏力項 (Coriolis term) $\mathbf{f}_b^n$ ，式(3-27) 代入 式(3-24) 的結果：

$$\mathbf{U}^{n+1}=\hat{\mathbf{G}}^{n}-g\theta\hat{H}^{n}\Delta t\nabla\eta^{n+1} \quad \text{..... (3-29)}$$

上式中

$$\hat{\mathbf{G}}^{n}=\mathbf{G}^{n}-\chi^{n}\Delta t\hat{\mathbf{f}}_b^{n},\ \hat{H}^{n}=H^{n}-\chi^{n}\Delta t \quad \text{..... (3-30)}$$

SELFE 求解動量方程式(3-3) 中的黏性項，其離散方程式如下式表示：

$$\begin{aligned}&\int_{-h}^{\eta}\gamma_k\left[\mathbf{u}-\Delta t\frac{\partial}{\partial z}\left(\nu\frac{\partial\mathbf{u}}{\partial z}\right)\right]_{j,k}^{n+1}dz \\ &=\int_{-h}^{\eta}\gamma_k\left\{\mathbf{u}_*+\Delta t\left[\mathbf{f}_{j,k}^{n}-g\theta\nabla\eta_j^{n+1}-g(1-\theta)\nabla\eta_j^{n}\right]\right\}dz\end{aligned} \quad \text{..... (3-31)}$$

上式中$\gamma_k(z)$是在垂直因次的帽函數 (hat function)。

3.3 海流模式執行環境建置

本計畫利用 SELFE 模式建立臺灣海域之三維海流模式，透過模式建立使其能應用於海潮流運動與溢油污染擴散之模擬，並發展前置與後置處理軟體與流程，簡化處理數值模式所產生大量數據的流程，以期模式計算結果能完整的呈現。為了有效落實計畫執行目的，本節將描述模式建置過程與所需要的軟硬體設備。

3.3.1 軟硬體設備建置

在 SELFE 模式建置方面，是由官方網站(http://www.stccmop.org/knowledge_transfer/software/selfe)下載的程式來建立本計畫所使用的 SELFE 模式。資料經由前置處理程式將海面與側向邊界資料透過內插法內插至 SELFE 模式格網上，透過 SELFE 模式進行模擬，之後輸出格網上流速、鹽度、溫度、密度等變數資料，再經由後置處理程式分析各種變量之變化趨勢並繪製圖表。

由於 SELFE 模式為三維海洋模式，雖然其需要高速的計算能量與龐大的輸入出資料儲存空間，為了計畫結束後可順利移轉模式，本計畫於進行格網建置時亦考量個人電腦上可執行之環境。本計畫使用 HP ML350Pt08 伺服主機執行，硬體設備有 Intel® Xeon® Processor E5-2667 v2 處理器與 32GB 主記憶體，並採用 OpenMP 平行化技術提升 SELFE 模式執行效率，使其可以充分利用 32 核心進行運算。在作業系統方面，SELFE 模式並未限制模式執行環境，考量未來擴充性與降低模式發展、執行時所遭遇的阻礙，本計畫以來自於 Red Hat Enterprise Linux 依照開放原始碼規定釋出的原始碼所編譯而成 CentOS Linux 套件作為主要的系統環境，其具有系統穩定及支援性強的特性。由於 Linux 作業系統近幾年來發展迅速，不論是伺服器或桌面應用上都有相當數量的開放性源碼(open source)軟體可供選擇，尤其在科學運算與數據處理上更

是有許多自由軟體(freeware)可供應用，如此可大大降低軟體購置費用與增加系統擴充性。

而 SELFE 模式為一原始碼開放軟體，其利用標準 Fortran 程式語言開發，故需要 Fortran 編譯器才可編譯程式。為了程式執行與開發，本計畫以 Intel Fortran for Linux 來解決編譯程式的問題。而 Intel Fortran for Linux 具有標準 FORTRAN 77、90 與 95 的編譯能力，有卓越的浮點計算能力、最佳化的執行速度、多執行緒程式的編譯能力與支援 64 位元作業系統等特點。

除了編譯器的設定外，由於 SELFE 需要 NetCDF 程式庫的支援，而 NetCDF (network Common Data Format)最早是由美國國家科學委員會資助之 Unidata 計畫所發展，其用意是提供一種通用的資料存取方式，資料的內容可以包括單點的觀測值、時間序列、規則排列的網格、以及人造衛星或雷達之影像檔案。其資料格式廣泛應用於大氣與海洋研究中，其為一自我描述資料的格式、並且可以跨越平台和機器的限制，現有之 NetCDF 程式庫可提供 C、Fortran、C++、Perl、或其他語言的聯結，以讓程式發展者可以快速的讀寫資料檔案。NetCDF 亦為開放源碼軟體，使用者可自由下載，其官方網站為 http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/。SELFE 所讀寫資料都必須透過 NetCDF 程式庫來完成，模式建置時亦須同時安裝此程式庫。

後置繪圖與資料處理方面，本計畫亦採用開放源碼軟體為主，如以自由軟體 NCL(NCAR Command Language)來進行圖形的繪製，透過命令腳本方式呼叫 NCL 軟體繪製分析展示所需的圖形。

3.3.2 資料來源

在模式邊界條件方面，本計畫蒐集現有的海氣象資料庫作為驅動模式所需之外力與初始條件，以下則簡述各資料庫之基本參數與時空範圍。

1. 海表面風場資料

風場資料來源為中央氣象局 WRF (Weather Research and Forecast) 區域數值預報模式提供海面風場資料，空間格網有 45km、15km 及 5km 三種解析度。資料範圍皆涵臺灣海域，將視 SELFE 網格設置配合採用適用解析度的風場資料。

2. 海平面大氣壓力資料

關於海平面大氣壓力資料，本計畫採用與海面風場相同來源之 WRF (Weather Research and Forecast)區域數值預報模式提供海面氣壓資料，空間格網解析度亦有 45km、15km 及 5km 三種。資料範圍皆涵臺灣海域，將視 SELFE 網格設置採用適用解析度的氣壓場資料。

3. 海面溫度

關於海面溫度資料，本計畫採用與海面風場相同來源之 WRF (Weather Research and Forecast)區域數值預報模式提供海面溫度(SST)資料，空間格網解析度亦有 45km、15km 及 5km 三種。資料範圍皆涵臺灣海域，將視 SELFE 網格設置採用適用解析度的溫度資料。

4. 海洋鹽度與溫度

關於海洋鹽度與溫度，本計畫蒐集 NODC (National Oceanographic Data Center)的 WOA (World Ocean Atlas)海洋水文資料庫，其分析場資料包含海洋溫度、鹽度、溶氧、磷酸鹽、矽酸鹽等資料，資料時間為 2005 年，水平空間解析度為 1.0 度，垂直方向共有 33 層，分別是 0、10、20、30、50、75、100、125、150、200、250、300、400、500、600、700、800、900、1000、1100、1200、1300、1400、1500、1750、2000、2500、3000、3500、4000、4500、5000 與 5500 公尺，其資料範圍涵蓋全球，資料網址為 http://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOA05/pr_woa05.html。

5. 地形水深

在水深地形資料方面，採用美國地球物理資料中心(National Geophysical Data Center, NGDC)的 ETOPO1 地形水深資料庫，資料網址為 http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/，資料範圍涵蓋全球，資料格網解析度為 1 弧分， SELFE 使用的水深地形網格將選取適用範圍的風場資料並輔以 SMS 處理。

3.4 油污擴散模式之理論介紹

3.4.1 油污擴散過程

溢油污染之嚴重與否著重於數日至數週之短期變化，對生態之影響破壞亦在此一短暫期間所造成。在長期情況下，油污下沉及沉積後則含有生物分解作用，油污將漸漸自環境中消除。國際油輪船東防污染聯合會(The International Tanker Owners Pollution Federation, ITOPF)指出油污主要風化過程(weathering processes)涵蓋：擴展(spreading)、蒸發 (evaporation) 、 延 散 (dispersion) 、 乳 化 (emulsification) 、 溶 解 (dissolution)、氧化(oxidation)、沉澱及沉降(sedimentation/sinking)、生物分解(biodegradation)、及結合過程(combined processes)等過程，如圖 3.7 所示，以下即針對各種過程作說明。

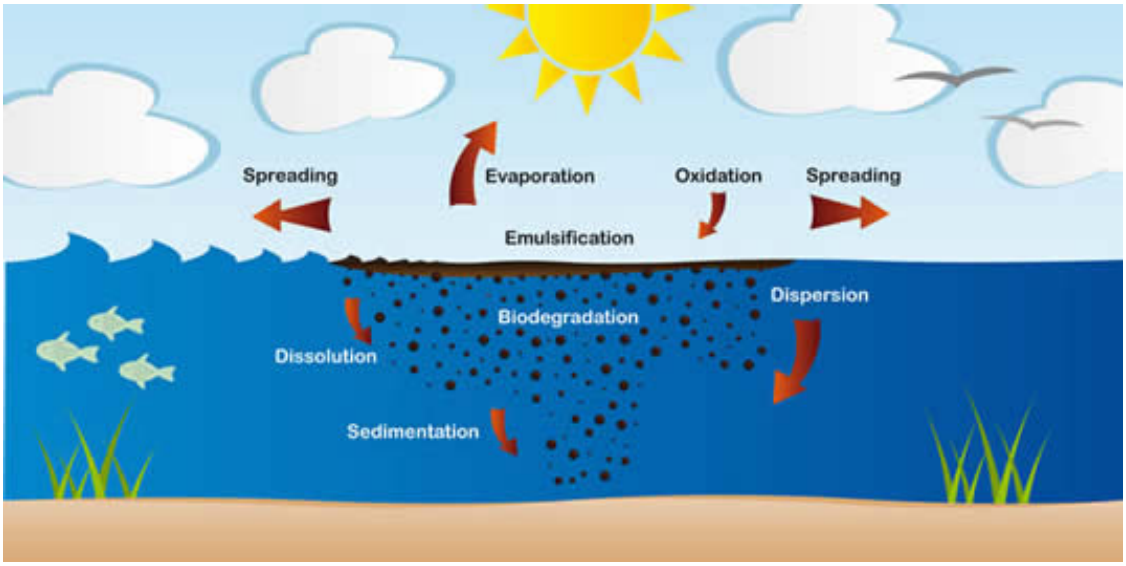


圖 3.7 海上溢油主要的風化過程 (ITOPF, http://www.itopf.com)

1. 擴展 (spreading)

當溢油剛溢洩在海面上初期(數小時內)，整團油污受油的黏滯性影響，油污緩慢的往外擴散。持續擴散一段時間，海面上油團面積增大，厚度變薄，受風、波浪作用、以及海面紊流影響造成油團破裂，並與風的方向平行形成狹長的帶狀油團。油團分散的速率取決於海水溫度、水流、潮流、與風速等。

2. 蒸發 (evaporation)

油團中較輕的成分會蒸發至大氣中，蒸發的速率與油的揮發性有關，如汽油、煤油、柴油等皆屬於黏滯性較小的輕油品，幾天內即可蒸發完，但黏滯性較大的重油，蒸發速率就非常緩慢。

3. 延散 (dispersion)

海面上的波浪與紊流會造成油團破裂成不同尺寸油團，並與表層水團混合在一起。

4. 乳化 (emulsification)

當二種液體結合且受海表面紊流作用會有乳化現象發生，形成油

包水或水包油。黏滯性較大的油品(如原油)才會產生乳化的情形，其顏色類似巧克力奶油的顏色。

5. 溶解 (dissolution)

水可溶解很多油的成份並進入周遭水體，溶解至水中需視油的種類與成份。大部份溶解至水中油成份多屬於可溶性的芳香族碳氫化合物 (light aromatic hydrocarbons compounds)，如苯 (benzene) 與 甲苯 (toluene)。

6. 氧化 (oxidation)

油與氧產生化學作用，再經歷陽光的照射，會產生氧化作用。即使在強烈的陽光作用，其速度是非常的緩慢，一天消散油污厚度不超過 0.1%。

7. 沉澱及沉降 (sedimentation/sinking)

一些密度較大的油品，會沉澱及沉降於海洋環境中，如原油 (crudes)。

8. 生物分解 (biodegradation)

海水中含有多樣的微小有機物 (micro-organisms) 或微生物 (microbes)，可分解溶解於水中油的成份，很多種類的微生物甚可分解原油的一些成份，這些作用稱為生物分解作用。

9. 結合過程 (combined processes)

所謂結合過程，最重要階段為溢(洩)油初期，包含擴散、蒸發、分散、乳化、溶解，最後溢(洩)油最終宿命階段為氧化、沉澱及沉降、生物分解等作用。

早期溢油模式的發展主要以海洋環境為主，多數模式僅以模擬油塊平移(advection)及分散兩個機制，或有其他模式僅專注於油污之物理

與化學變化，而較近期之模式則包括油污之運動(transport)及風化(weathering)現象。由於本計畫關心的油污擴散問題是在污染開始的兩三天內的擴散情形，污染的開始，即可掌握未來油污擴散方向，進而立即清除油污，所以影響較深的效應為分散(spreading)、蒸發(evaporation)、延散 (dispersion)及乳化(emulsification)，這四項效應在溢油開始產生的幾小時至一星期內影響最大，其他效應產生在一星期之後，故可不予考慮。

3.4.2 比較 OILMAP 與 SELFE-OILSPILL MODEL 之差異

目前全球所使用的油污染擴散數值模式可分為開放程式取得與商業用的軟體 (如 OILMAP)，OILMAP 為較常見的商業用軟體，其能預測溢油在水表面移動的情況與對環境衝擊影響程度，輸入條件包括：溢油地點 (經緯度)、溢油數量、油品種類等溢油狀況資料，及風場、海潮流和波浪等海洋環境資料等。進一步比較 SELFE 的油污擴散模組理論與 OILMAP，如表 3-2 所示，雖然 SELFE 的油污擴散模組理論缺少了生物分解的功能，但由油污分解時間尺度來看，此項功能可以不予考慮。又本計畫擬採用的 SELFE 的油污擴散模組考慮了波浪場資料，亦即空間上的波高、週期及波向，相較於單點的波浪資料更能完整描述溢油在海面上受到波浪的影響。後續將持續蒐集更多油污染擴散數值模式相關的資訊，瞭解模式的功能與特性，尤其需針對較小區域如港口內溢(洩)油的計算及模擬能力。

表 3-2 溢油模式功能比較表

模式功能	項目	SELFE-OILSPILL MODEL	OILMAP MODEL
外部輸入條件	風	✓	✓
	波浪	輸入波浪場資料	輸入單點波浪資料
	流	SELFE model	HYDROMAP model
油污風化過程	延散 (dispersion)	✓	✓
	擴展 (spreading)	✓	✓
	乳化 (emulsification)	✓	✓
	溶解 (dissolution)	✓	✓
	蒸發 (evaporation)	✓	✓
	氧化 (oxidation)	✓	✓
	沉澱及沉降 (sedimentation/sinking)	✓	✓
	生物分解 (biodegradation)	×	✓
	海岸交互作用 (coastal-interaction)	✓	✓

✓：表示具有此功能、×：表示不具有此功能

3.4.3 油污擴散模式之理論

溢油擴散模擬軟體可描述海水表層浮油與沉入水團之油污的傳輸過程(如圖 3.8)，在海水表層浮油描述採用二維溢油傳輸擴散模式(2D-VOILS)，而沉入水團之油污則採用三維溢油傳輸擴散模式(3D-VOILS) (Azevedo et al., 2014)。二維與三維溢油擴散模式需要水深地形、全球或區域潮流模式、氣象資料、大氣作用力、波浪、溢油特性及油品成份等輸入資料與模式的結合，來描述油污在海上傳輸與擴散的過程。在流體動力模式中採用 SELFE 模式來提供水位、流速場、溫度、以及鹽度等資料。

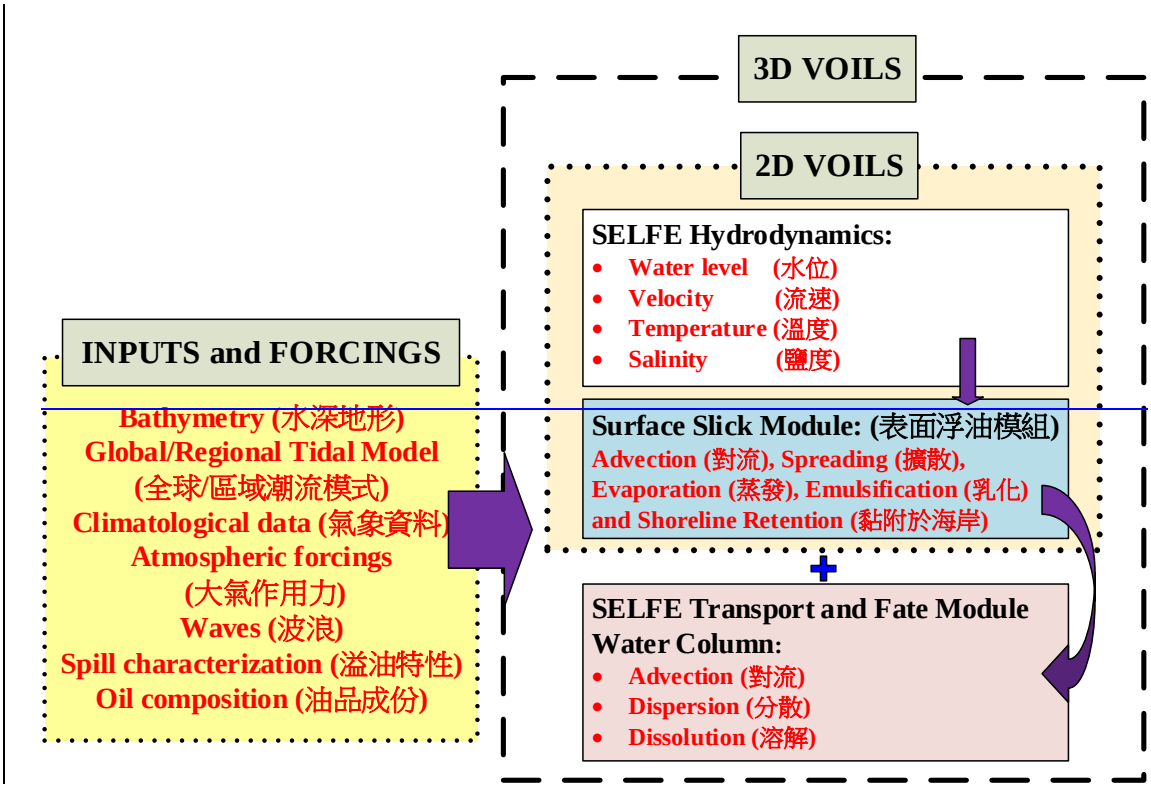


圖 3.8 油污擴散模擬流程圖(Tkalich, 2006)

二維與三維溢油擴散模組分別說明如下：

1. 油污的擴散與初始溢油面積 (Spreading and initial area of the slick)

油污在海面上擴散可由重力 (gravitational)、慣性力 (inertial)、黏滯力(viscous forces)、表面張力 (interfacial tension stresses)之間的平衡關係來描述，海水表層浮油範圍與厚度在溢油模式中是很重要的參數(Lehr, 2001)。溢油在海上的傳輸擴散過程非常複雜，需考慮油污的物理特性與海水表面的環境條件，特別是海水表面與水團中的紊流現象。

2. 二維油污模式 (The 2D oil spill model)

在二維溢油傳輸擴散模式 (2D-VOILS) 中，油污初始溢油面積可定義 (Lehr et al., 1984; Lehr, 2001)如下式：

$$A_{ini} = 2.27\left(\Delta_w V\right)^{\frac{2}{3}} t^{\frac{1}{2}} + 0.04\left(\Delta_w V U_{10}^4\right) t \quad \text{..... (3-32)}$$

$$A_{ini} = 3.4\pi\left(\frac{\Delta_w V^5}{v^2}\right)^{\frac{1}{6}} \quad \text{..... (3-33)}$$

式(3-32)中 A_{ini} 為初始溢油面積；$\Delta_w = \left(\rho_w - \rho_0\right)/\rho_w$ 為油與水密度差；ρ_w 為水的密度；ρ_0 為水的密度；V 為初始溢油體積；t 為溢油後時間；U_{10} 為水面上 10 m 處之風速；v 為水的運動黏滯係數。

海水表層浮油採用二維油污模式 (2D-VOILS) (Oli-veira et al., 2000; Oliveira and Fortunato, 2002)，以歐拉-拉格朗日方法 (Eulerian－Lagrangian scheme)求解油污在海水表層的傳輸過程現象。模擬海水表層油污傳輸過程，有蒸發、乳化、以及黏附於海岸邊等物理化學現象，可由式(3-32) 對流-擴散方程來求解。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}\left(h u_i\right) - \frac{\partial}{\partial x_i}\left(D_s \frac{\partial h}{\partial x_i}\right) = R_{h_2D} \quad \text{..... (3-34)}$$

$$R_{h_2D} = -Evap + Emul - \text{ShoreRetention} \quad \text{..... (3-35)}$$

t：時間；h：表層浮油厚度；x_i：水平卡式坐標系統

R_{h_2D}：表示油污的風化過程，即表層浮油的來源與沉降以及與水團的交互作用，有蒸發 (evaporation)、乳化 (emulsification)、黏附海岸邊 (shoreline retention) 等物理化學現象。

$$\text{油污擴散係數 } D_s = gh^2\left(\rho_w - \rho_o\right)\frac{\rho_o}{\rho_w C_f} \quad \text{..... (3-36)}$$

式(3-36)中 $C_f = 0.02\, kg \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 為水表面浮油阻力係數。

(3-34)式的二維油污風化過程可分成四個部份來描述，分別如下：

表層浮油對流速度：$u_i = \frac{\partial x_i}{\partial t}$ ..... (3-37)

沿著特徵線的水平速度梯度：$\frac{Dh}{Dt} = -\frac{\partial u_i}{\partial x_i} h$ ..... (3-38)

特徵線底部的源流項 (sources) 與沉流項 (sinks)：$\frac{Dh}{Dt} = R_{h_2D}$ ..... (3-39)

擴散方程則利用有限體積法求解，如下式：

$$\frac{Dh}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x_i}\left(D_s \frac{\partial h}{\partial x_i} \right) \quad \text{..... (3-40)}$$

油污的風化過程包含蒸發 (evaporation)、乳化 (emulsification)、黏附海岸邊 (shoreline retention)等現象，如下分別作說明：

(1) 蒸發 (Evaporation)

(3-35)式油污的蒸發需考慮溢油特性與油的蒸汽壓，依序表示如下：

$$\frac{dF_{evap}}{dt} = \frac{K_e A_s}{V_0} \cdot \exp\left[A - \frac{B}{T}\left(T_0 + T_G F_{evap} \right) \right] \quad \text{..... (3-41)}$$

$$T_0 = \begin{cases} 532.98 - 3.1295\,API, & \text{for crude-oil} \\ 654.45 - 4.6588\,API, & \text{for refine products} \end{cases} \quad \text{..... (3-42)}$$

$$T_G = 1356.7 - 247.36 \ln\left(API \right) \quad \text{..... (3-43)}$$

$$API = \frac{141.5}{\Delta} - 131.5 \quad \text{..... (3-44)}$$

(3-41)式中 F_{evap} 為油污分餾蒸發的作用；T 為時間；A_s 為溢油面積；V_0 為初始溢油體積；常數 $A = 6.3$，常數 $B = 10.3$；乳化常數 $K_e = C_{evap} \times U_{10}^{0.78}$ ($C_{evap} = 2.0 \times 10^{-3}$)，$T_0, T_G$ 為油污相關性參數；*API (American Petroleum Institute density)*：美國石油學會比重，$\Delta = \rho_0 / \rho_w$。

(2) 乳化 (Emulsification)

(3-35)式油污的乳化的過程為水滴進入到海面油污的混合過程，可由下列式子表示：

Mackay et al. (1980a):

$$\frac{dF_{emul}}{dt} = K_{emul} - \left(1 + U_{10}\right)^2 \left(1 - \frac{F_{emul}}{F_{emul}^{final}}\right) \quad \text{(3-45)}$$

Rasmussen (1985)：

$$\frac{dF_{emul}}{dt} = R_1 - R_2 \quad \text{(3-46)}$$

$$R_1 = \frac{K_1}{\mu_0}\left(1 + U_{10}\right)^2 \left(F_{emul}^{final} - F_{emul}\right) \quad \text{(3-47)}$$

$$R_2 = \frac{K_2}{AsphWax\mu_0} F_{emul} \quad \text{(3-48)}$$

上述式(3-45)中 F_{emul} 為部份含水量 (fractional water content)；F_{emul}^{final} 為油污乳化現象中可結合的最大水體積；K_{emul}, K_1 and K_2：乳化現象之無因次參數； $Asph$ and Wax ：瀝青物質與礦臘含量的百分比。

式(3-47)中 μ_0 為溢油的初始動黏滯度；式(3-47)與(3-48)中 R_1 and R_1 分別為水進入油污中的進流與出流量。

(3) 海岸邊黏附與脫離 (Shoreline retention and reposition)

油污黏附海岸邊是油污染在海岸地區最重要的部份，因對環境與社會-經濟的影響非常大，其過程可由下式表示：

$$M_{naxret} = \rho_0 h_{\max} A_{node} \quad \text{(3-49)}$$

其中 M_{naxret} 為海岸邊最多的油污黏附量；$h_{\max}$ 為最大黏附油污厚度容量；

A_{node} 為模式中每個計算節點影響的範圍

$$M_t = \sum_{ret=i} \{M_i - M_i \left(\frac{t - t_{ret_i}}{t_{removal}} \right) \cdot \exp \left[\left(\frac{t - t_{ret_i}}{t_{removal}} \right) - 1 \right] \quad \text{..... (3-50)}$$

其中 M_i 為模式中每個計算節點的油污殘留量，i 為節點數；$t_{removal}$ 為在每個海岸斷面時間移動常數；t_{ret_i} 為油污殘留出現的時間。

$$M_{rep_1} = M_1 \left(\frac{t - t_{ret_i}}{t_{removal}} \right) \cdot \exp \left[\left(\frac{t - t_{ret_i}}{t_{removal}} \right) - 1 \right] \quad \text{..... (3-51)}$$

其中 M_{rep_1} 為油污脫離海岸邊再返回到水中的時間。

3. 三維油污模式 (The 3D oil spill model)

沉入水團之油污採用三維油污模式 (3D-VOILS)，求解油污在水團中的延散 (dispersed) 與溶解 (dissolved)的傳輸與擴散如式(3-52)：

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u\frac{\partial C}{\partial x} + v\frac{\partial C}{\partial y} + w\frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z}\left(\kappa \frac{\partial C}{\partial z} \right) + Fc + R_{h_3D} \quad \text{..... (3-52)}$$

其中 C 為一般的追蹤者 (generic tracer)；u, v, w 分別為 x, y, z 方向速度分量；κ：垂直渦流擴散係數 (vertical eddy diffusivity)；Fc：水平擴散項。

R_{h_3D} 為水團中油污的源流與沉流 (sources and sinks)，定義如下式：

$$R_{h_3D} = -Dispersion - Dissolution \quad \text{..... (3-53)}$$

其中 Dispersion 表示油污在水團中延散過程；Dissolution 表示溶解過程。延散與溶解過程分別說明如下。

(1) 延散過程 (Dispersion process)

油污在水團中分散過程為浮力與剪應力在平衡過程中導致油污進入水體中，較大的油滴受浮力作用會再上浮到水面，小的油滴會沉入水中甚至沉入海底。圖 3.9 為表示油污在海水表層與混合層以及水團中的質量傳輸，可由下列式子表示：

$$\frac{dh}{dt}=\frac{k_{es}}{\rho_0}\left(\Lambda\rho_0 h - Z_m C_{em}\right) \quad \text{(3-54)}$$

$$\frac{dC_{em}}{dt}=\frac{K}{Z_m}\left(\Lambda\rho_0 h - Z_m C_{em}\right) \quad \text{(3-55)}$$

$$k_{es}=\frac{\left(\lambda_{ow}+\lambda_{wo}\right)\lambda_{wo}B_1}{\left(\lambda_{ow}+\lambda_{wo}B_1\right)} \quad \text{(3-56)}$$

$$\Lambda=\frac{\lambda_{ow}}{\lambda_{wo}B_1} \quad \text{(3-57)}$$

式(3-54)中 k_{es} 為油質量交換率；Λ 為油滴或混合因子；C_{em} 為油水混合層中的油滴濃度；$Z_m=\alpha H_s$ 為油水混合層的厚度，$\alpha=1.2-1.6$ 為無因次比例因子 (取決於海面上狀態)，H_s 為示性波高。

式(3-56)中 λ_{ow} 為油滴沉入水中的速率；λ_{wo} 為油滴再上浮到水面的速率；B_1 為再上浮到水面油滴的阻力。

另 λ_{ow} 又可定義如下

$$\lambda_{ow}=\frac{k_b\omega\gamma H}{16\alpha L_{ow}} \quad \text{(3-58)}$$

式(3-58)中 k_b 為油滴消散波浪能量係數；ω 為平均波浪頻率；L_{ow} 為垂直長度比例參數；γ 為白沫消散項 (Hasselmann, 1974)與湧浪衰減(SWAMP, 1985)的消散係數，可以下式表示：

$$\gamma = \begin{cases} 10^{-5}\,\omega\,E_w^{0.25}, & \text{for white-capping} \\ 1.8\times10^{-7}\,\omega^3, & \text{for swell decay} \end{cases} \quad \text{..... (3-59)}$$

其中平均波浪能量採用 (Komen et al., 1994)，定義如下：

$$E_w = \frac{g\rho H_s^2}{16} \quad \text{..... (3-60)}$$

油滴再上浮到水面的速率，可由下式表示：

$$\lambda_{wo} = \frac{w(r_l)}{L_{wo}} \quad \text{..... (3-61)}$$

$$w(r) = k_w r^p \quad \text{..... (3-62)}$$

式(3-61)中 $w(r_l)$ 為油滴上浮速度；L_{wo} 為垂直長度比例。

油滴再上浮到水面速度取決於雷諾數 ($\mathrm{Re} = 2rw/\nu$)，大的油滴 ($\mathrm{Re} \geq 50$) 上浮速度較快，小的油滴 ($\mathrm{Re} \leq 50$) 上浮速度較慢。

$$\begin{cases} p = 2 \text{ and } k_w = \dfrac{2g(1-\Delta w)}{9\nu}, & \text{if } \mathrm{Re} < 50 \\ p = 0.5 \text{ and } k_w = \sqrt{\dfrac{16g(1-\Delta w)}{3}}, & \text{if } \mathrm{Re} \geq 50 \end{cases} \quad \text{..... (3-63)}$$

較大的油滴再浮到水面與較小油滴趁入水中甚至底床，與油滴的半徑有關。油滴半徑範圍介於：$r_{\min} < r_c < r_1 < r_{\max}$，常被假設的經驗值分別為 $r_{\min} = 1\,\mu\mathrm{m}$ 與 $r_c = 50\,\mu\mathrm{m}$。

最大油滴半徑表示如下式：

$$r_{\max} = 1818 \in^{-0.5\pm0.1} v_0^{0.34\pm0.05} \quad \text{..... (3-64)}$$

平均最大油滴半徑可由下式計算得到 (Spaulding et al., 1992)：

$$r_l = 0.5 r_{\max} \quad \text{..... (3-65)}$$

少部份再上浮到水面的油滴能由下列式子計算得到：

$$B_l = \frac{\left(r_{\max}^{3-s} - r_c^{3-s}\right)}{\left(r_{\max}^{3-s} - r_{\min}^{3-s}\right)} \quad \text{(3-66)}$$

其中 $s = 2.3 \pm 0.06$ 為經驗參數。

在油污質量項，海水表層與水團中油污之間的運動(kinetic)有由下列式子表示：

$$\frac{dM_s}{dt} = -k_{es}\left(\Lambda M_s - M_e\right) \quad \text{(3-67)}$$

$$\frac{dM_e}{dt} = k_{es}\left(\Lambda M_s - M_e\right) \quad \text{(3-68)}$$

式(3-67)中 $M_s = h\rho_0 A_{node}$ 為每個水平計算格點中浮油的質量。式(3-68)中 $M_e = Z_m C_m A_{node}$：在混合層垂直計算格點中浮油的質量。

(2) 溶解過程　(Dissolution process)

在溢油發生的第一至第二天，油分子可能會溶解進入到水體中，約占總溢油質量的 5%。溶解過程取決於油的成份，或許不會有溶解現象的發生。溶解過程可由式(3-53)的第二項求解得到，而與質量項的關係式如下：

$$\frac{dM_d}{dt} = k_{ds}\left(\Lambda_{ds} M_{ds} - M_d\right) \quad \text{(3-69)}$$

其中 k_{ds} 為油污溶解過程中質量交換率；Λ_{ds} 為油污溶解過程中混合係數；M_{ds} 為油污溶解過程中表層浮油含有的質量；M_d 為溶解到混合層中油污的質量。

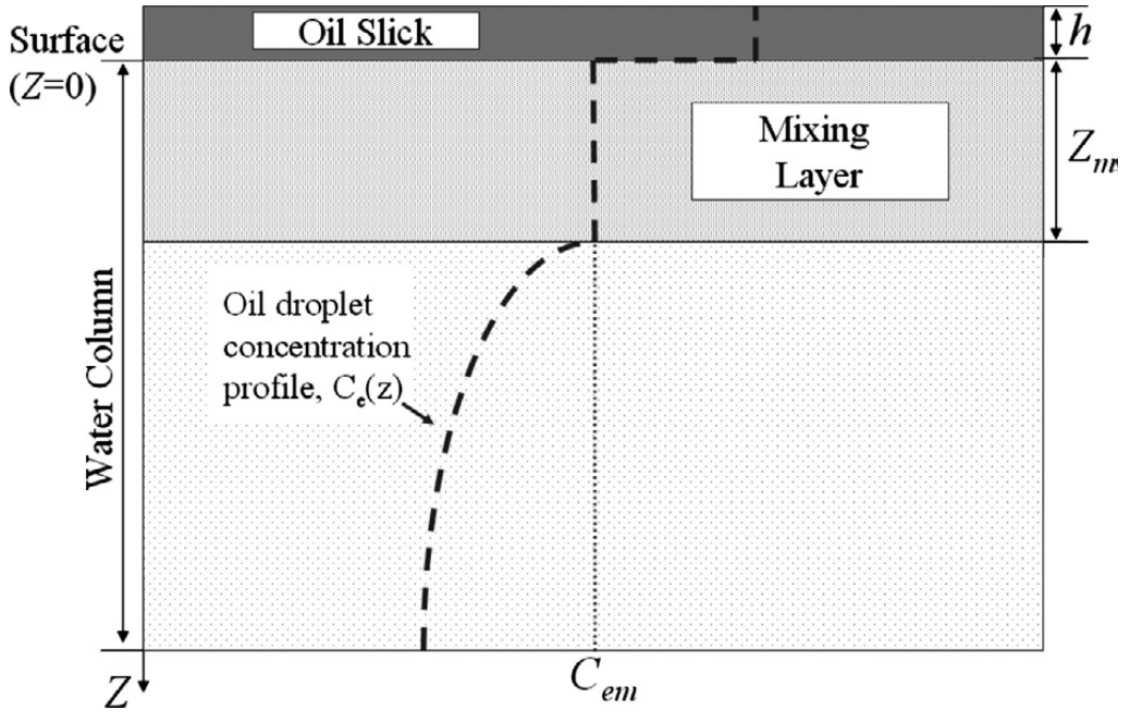


圖 3.9 VOILS 模式混合層與油污濃度的剖面圖 (Tkalich, 2006)

綜合上述二維與三維油污模式可知，海水表層油污風化過程可由式(3-35)來表示，其演變過程有油包水(water-in oil)的蒸發與乳化，處理黏附海岸邊有源流與沉流 (sources and sinks)。另在水團中的風化過程則以式(3-63)來描述，分別有分散與溶解過程。下式則可表示整個油污在海上的傳輸與擴散之物理化學現象。

$$R_h = R_{h_2D} + R_{h_3D} \quad \text{..... (3-70)}$$

3.4.4 規劃溢油擴散模式展示介面

建置未來溢油擴散模式展示介面，現階段參考 Azevedo et al. (2014)的方法，文中以葡萄牙湖 (Aveiro lagoon)為例，將取得之水深地形建立非矩形網格 (unstructured mesh) 建置數值模擬所需的非矩形網格(如圖3.10)。

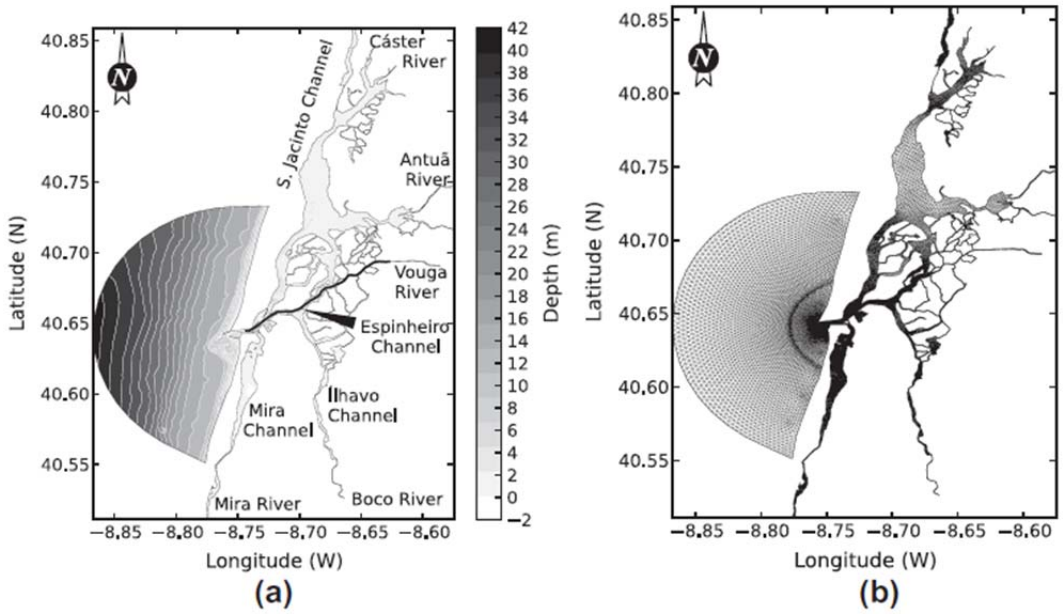


圖 3.10 Aveiro lagoon. (a) Aveiro lagoon 的水深地形，(b) 建置數值模擬所需的非矩形網格 (Azevedo et al., 2014)

利用海洋模式提供的流場資料做為油污擴散模式的輸入資料之一，即可連續每日模擬未來三日內溢油擴散，整體架構如圖 3.11。又擬以圖 3.12 之架構為基礎作展示介面之建置參考，圖中顯示的資訊有溢油位置附近的陸地與海域之座標位置及方位、油污的厚度、以及不同時間溢油擴散模擬的結果。若有溢油事件發生，上述資訊提供政府機關及相關單位作緊急處置及應變之重要參考依據。

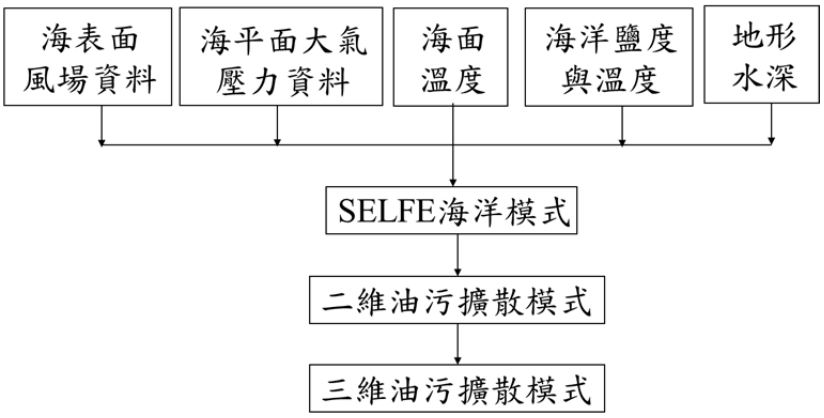
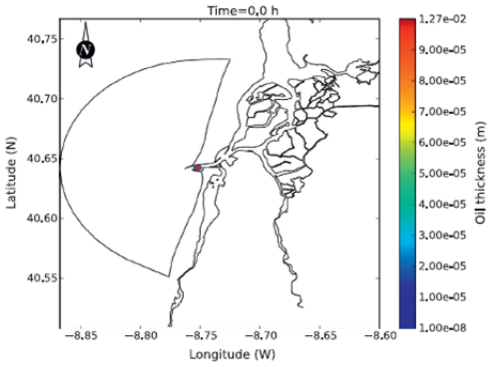
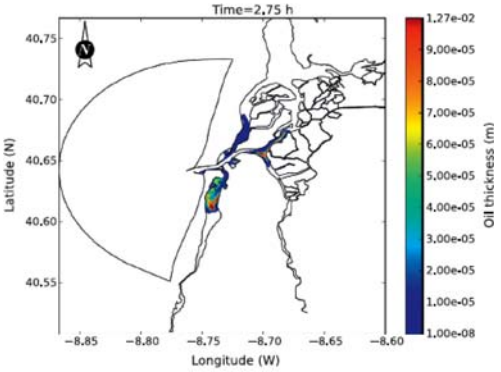


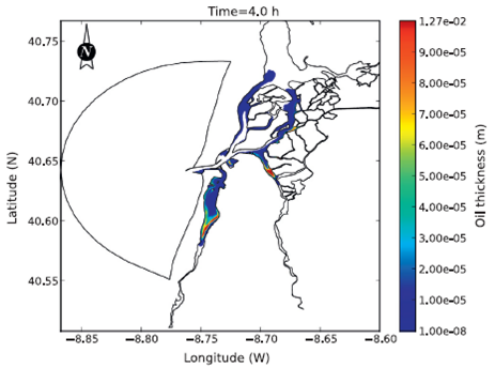
圖 3.11 溢油擴散模擬架構圖



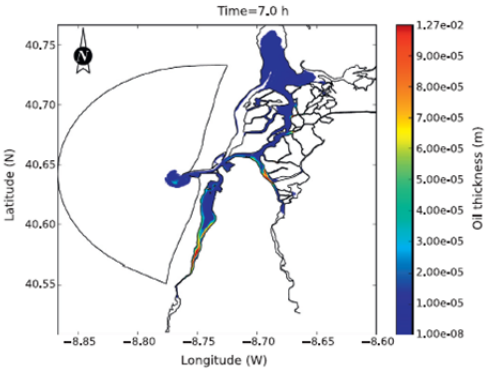
初始溢油 (0hr)



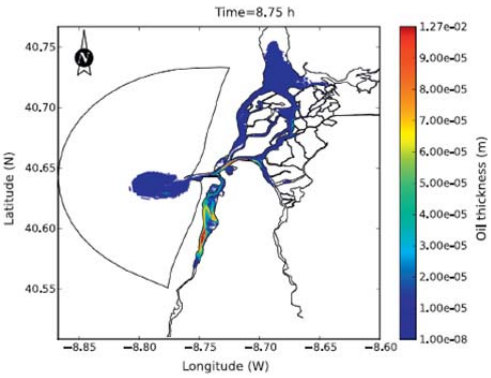
模擬溢油後 2hr45min



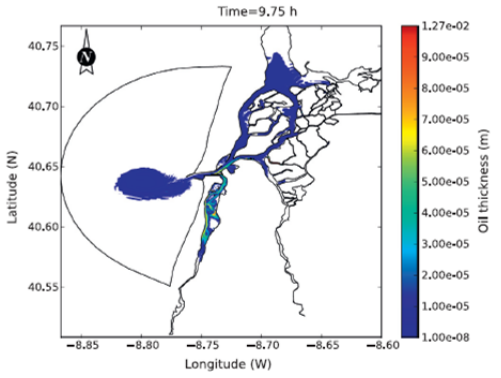
模擬溢油後 4hr



模擬溢油後 7hr



模擬溢油後 8hr45min



模擬溢油後 9hr45min

圖 3.12 模擬 Aveiro lagoon 表層溢油傳輸擴散的情形 (Azevedo et al., 2014)

3.4.5 雷達油污監測與溢油擴散模擬整合之初步規劃

本計畫三年內完成雷達油污監測與溢油擴散模擬，系統架構如圖3.12，三年內達成監測與預測的油污特性比對。為了提升預測的準確，下一階段擬規劃以即時的監測資料，輔以資料同化技術進行溢油擴散模擬的即時修正。

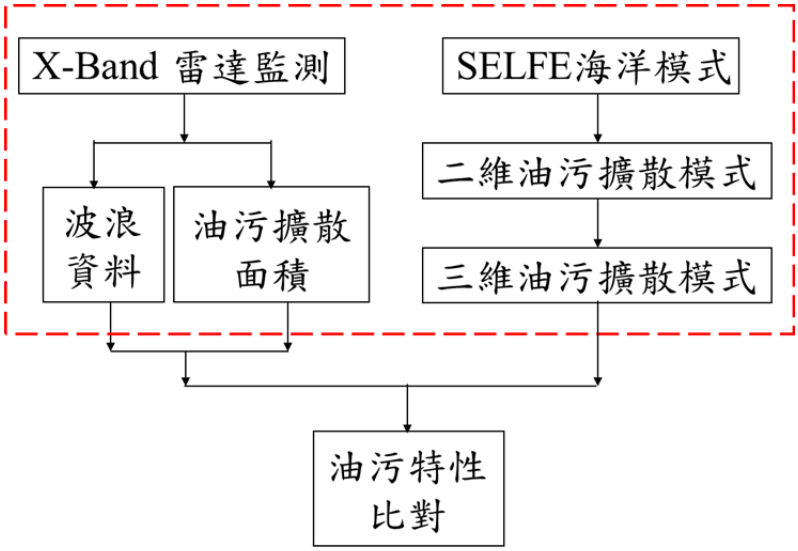


圖 3.13 海域油污監測與擴散模式之短期與長期規劃架構圖

第四章　港區風速機率分布

本中心目前之海氣象即時觀測資料經傳輸系統傳送至海情中心匯整後，須立即進入港灣環境資訊系統中之海氣象資料庫，並於港灣環境資訊網站作顯示與提供查詢服務外，也作為海氣象數值預報作業中資料同化處理之用。然而資料在經由儀器量測、編碼發送、通訊傳輸、接收解碼、彙整儲存等一連串復雜流程中，可能因儀器故障、電源供應不穩或斷電、人為疏忽或干擾及其他不明原因，造成資料錯誤或漏失，其中錯誤之失真資料若不經篩檢而誤用，極可能造成重大損害。因此，基於資料之立即應用並轉化為可靠之資訊需求，對資料進行檢核及管制有其必要性。

由於資料檢核與資料處理一連串流程步步相關，因為量測儀器的特性及校正、量測方法的原理及限制、通訊傳輸的方式與維護、原始資料的初級處理、監測環境背景狀態等皆可能影響資料的品質。因此，本計畫考量這些可能影響資料品質的因素及海氣象統計特性結果，於上一年度計畫中初步研擬高低絕對值、空間相對值、時間相對值及因果相對值等 4 種合理性之海氣象資料自動檢核方法，而且這些方法須可程式化後由電腦執行，以達到自動作業化需求。

其中高低絕對值合理性的檢核原則有 3 種包括 1.量測儀器有其固定的量測範圍，當觀測數據超出該範圍，顯然是異常資料應篩檢出來。本原則之篩檢門檻值與儀器有關，而無人為主觀選定之差異。2.海氣象變化主要為自然環境中水與空氣相互影響之流體綜合運動現象，故以流體力學或波動力學而言有其物理上的限制。例如觀測波高及波浪尖銳度不應超過量測位置之水深碎波極限。因此，本檢核原則之篩檢門檻值與量測地點有關，同樣無人為主觀選定之差異。3.海氣象資料平常大致維持在某一範圍內變動，因此當觀測數據超過某一門檻值時，可視為異常而篩檢出來，例如以 100 年(或 10 年)迴歸週期之統計值作為門檻。本計畫針對需人為選定之第 3 種檢核原則，進行港區風速統計

機率分布之探討，建立各港區之風速分布機率密度函數，以作為檢核門檻值之選定。本年度先進行臺中港、安平港及布袋港之港區風速分布特性分析。

4.1資料來源與蒐集

利用本中心歷年於臺中港、安平港及布袋港附近海域所進行海氣象調查計畫之觀測資料進行分析。另蒐集中央氣象局於臺中港港務大樓之風測站觀測資料。臺中港測站地理位置如圖 4.1.1 所示，圖中紅星為北防波堤堤頭(24°18'49"N 120°29'27"E ; TCW1)、北防風林(24°18'18"N 120°31'52" E;TCW0)及港務大樓(24°15'25"N 120°31'23" E;TCE0)之風測站位置；資料蒐集期間自 1999 年 1 月至 2011 年 11 月。安平港測站地理位置如圖 4.1.2 所示，圖中紅星為外海水深約-15m 之觀測樁(22°56'37"N 120°08'10"E ；APX0)及安平港信號臺(22°58'09"N 120°09'54"E ；APW0)之風測站位置；資料蒐集期間自 1999 年 1 月至 2011 年 11 月。布袋港測站地理位置如圖 4.1.3 所示，圖中紅星為布袋港辦事處大樓頂樓(23°23'00"N 120°08'50" E ；PTW0)之風測站位置；資料蒐集期間自 2006 年 8 月至 2011 年 11 月。資料蒐集期間由於儀器故障或維護而有部份資料缺漏，為求資料之可性度，本計畫定義當該月資料個數未達應測個數之 90%時視為缺資料，而不納入統計分析樣本。有關詳細觀測過程、儀器型式與安裝及資料傳輸處理等，請另參閱參考文獻[13][14][15][16]。

根據上一年度研究結果顯示，港區風速受季節變化有明顯差異，以歷年各月風速平均值而言，3 月至 4 月風速有逐漸變小趨勢；5 月至 8 月則大致穩定；9 月至 10 月風速有逐漸增大趨勢；11 月至翌年 2 月風速平均值雖然最大但大致穩定，如圖 4.1.4。因此，本計畫後續將 3 月至 4 月定義為春季；5 月至 8 月定義為夏季；9 月至 10 月定義為秋季；11 月至翌年 2 月定義為冬季。

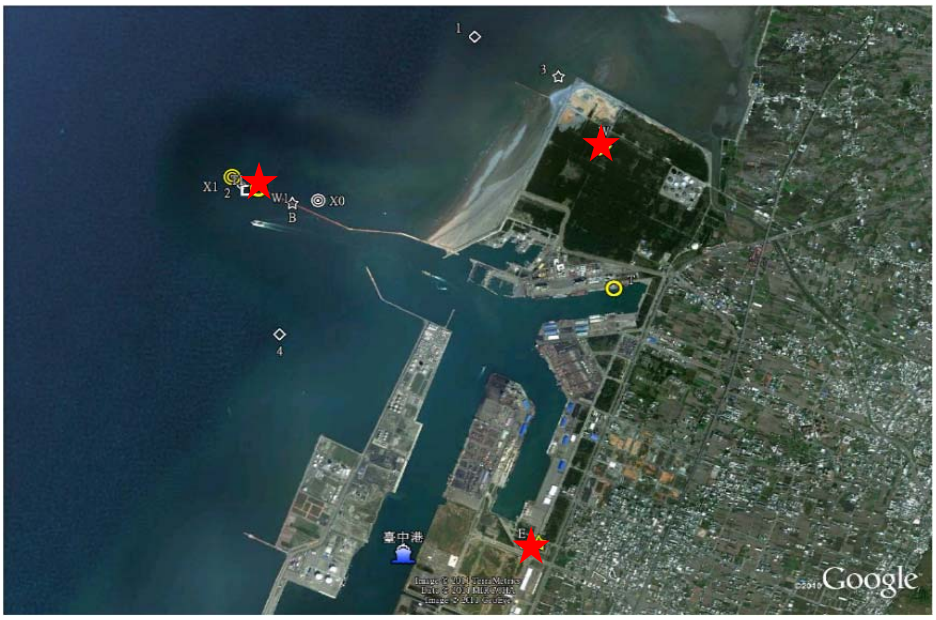


圖 4.1.1 臺中港風速風向觀測站地理位置示意圖

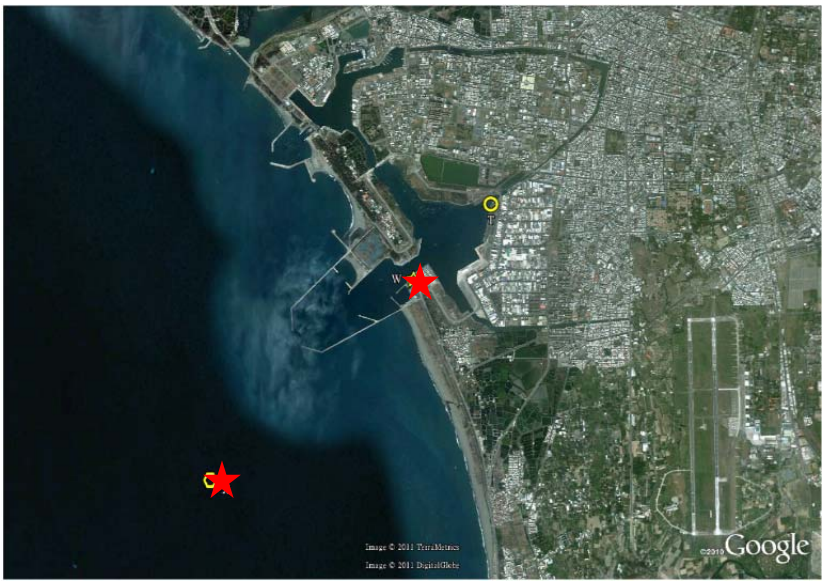


圖 4.1.2 安平港風速風向觀測站地理位置示意圖



圖 4.1.3 布袋港風速風向觀測站地理位置示意圖

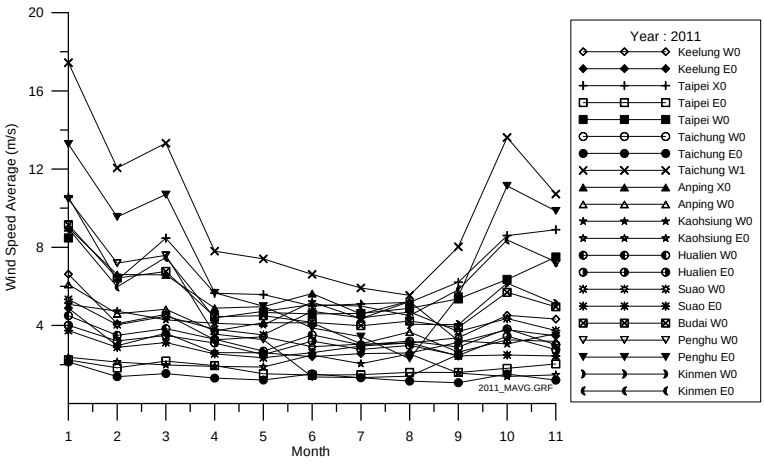


圖 4.1.4 各港區測站 2011 年風速月平均值

4.2風速分布特性之機率密度函數

有關風速之機率分佈研究成果已有多位學者提出，例如張景鐘、何忠穎〔1995〕利用基隆、臺中、高雄及花蓮等4大港口之風速風向資料，以機率及統計之理論和方法，探討各港口之風速分佈與適當之分佈機率函數並求出不同迴歸期之基本設計風速風向。凌拯民、劉秉勳、陳卿翊〔2009〕利用臺灣北、中、南及東8個具區域代表性之氣象局測站於2003年至2008年的風速觀測資料，進行風速分佈機率密度函數的探討。其結果指出某些地區如澎湖、台東測站在某些月份最適合之分佈函數並非常見之韋伯(Weibull)而是伽瑪(Gamma)。莊月璇〔2001〕及凌拯民、劉秉勳、陳卿翊〔2009〕等人之研究皆指出並非所有地區或時段的風速分佈皆適合利用韋伯機率函數作有效的描述，一些地形較複雜或特殊區域或週期性或季節性劇烈的氣候變化所導致氣壓、溫度的變異，皆會影響風速呈現不同的分佈型態。目前大部分的研究者對於風速分佈的探討大都著重於建築物受風影響或是風能利用等方向，例如張景鐘、何忠穎〔1995〕求得基隆港迴歸期100年之設計風速於1月及9月分別是22.1m/s及45.4m/s，而高雄港則為分別是15.7m/s及33.4m/s，以9月份之45.4m/s檢視顯然颱風風速資料已一併納入統計分析之內，並沒有區分季風與颱風之處理。

在前一小節中所研提之4種檢核方法，大致上須利用統計方法求得樣本資料之分佈機率密度函數及不同樣本資料間之迴歸經驗式等檢核模型之建立。一般在分析風速數據資料時並非事先能確定這些數據分佈的機率分佈圖形是屬於哪一種已知的機率密度函數，例如常見的韋伯(Weibull)機率密度函數。一般的作法是先繪製這些數據的統計直方圖，然後利用適合度(Goodness of Fit)檢定方法去比較直方圖所呈現的統計分佈與哪些已知的機率密度函數分佈最接近，而常用之檢定方法如卡方(Chi-Square Test)檢定或K-S檢定。不過在利用統計直方圖分析風速分佈特性時，數據分組之組個數及分組之組間距是2 個重要關鍵。不同的組個數或組間距會影響其機率分佈是否可代表風速特性的準確程度。因為相同的風速數據，當組個數越多時直方圖中可能因每組累積的數

據數量太少而呈現不連續之跳動現象，此顯示其機率分佈圖的機率變動過於敏感；但當分組個數變少時可能過寬之組間距會使數據一直重複落在同一組間距內，此過低的解析度也會造成無法反映數據的真實分佈。因此，如何求得合適之機率密度函數作為檢核模型，以利於資料的檢核作業並提升資料品質是本研究重點。

由於資料繁多，本計畫先以臺中港、布袋港及安平港之風速資料進行分析，下一年度再納入其他港口。參考以往研究結果在可能適合之風速分布機率密度函數選擇上，本計畫以韋伯3參數(Weibull 3P)、 韋伯2參數(Weibull 2P)、萊利(Rayleigh)、通用極值(Generalized Extreme Value)、伽瑪(Gamma)及對數常態(Lognormal)等6種常見之風速機率密度函數進行風速分布特性探討。介紹說明如下：

1.韋伯3參數(Weibull 3P)：

$$f(x)=\frac{\alpha}{\beta}(\frac{x-\gamma}{\beta})^{\alpha-1}exp(-(\frac{x-\gamma}{\beta})^{\alpha}) \quad \text{.....(4-1a)}$$

$$F(x)=1-exp(-(\frac{x-\gamma}{\beta})^{\alpha}) \quad \text{.....(4-1b)}$$

$\gamma \leq x < +\infty$

2.韋伯2參數(Weibull 2P)：

$$f(x)=\frac{\alpha}{\beta}(\frac{x}{\beta})^{\alpha-1}exp(-(\frac{x}{\beta})^{\alpha}) \quad \text{.....(4-2a)}$$

$$F(x)=1-exp(-(\frac{x}{\beta})^{\alpha}) \quad \text{.....(4-2b)}$$

$0 \leq x < +\infty$

3. 萊利(Rayleigh)：

$$f(x)=\frac{x-\gamma}{\beta^2}exp(-\frac{1}{2}(\frac{x-\gamma}{\beta})^2) \quad \text{.....(4-3a)}$$

$$F(x)=1-exp(-\frac{1}{2}(\frac{x-\gamma}{\beta})^2) \quad \text{.....(4-3b)}$$

$\gamma < x \leq +\infty$

4. 通用極值(Generalized Extreme Value)：

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\beta} exp\left(-(1+\alpha z)^{-\frac{1}{\alpha}}\right)(1+\alpha z)^{-1-\frac{1}{\alpha}}, & \alpha \neq 0 \\ \frac{1}{\beta} exp(-z - exp(-z)), & \alpha = 0 \end{cases} \quad \text{..... (4-4a)}$$

$$F(x) = \begin{cases} exp\left(-(1+\alpha z)^{-\frac{1}{\alpha}}\right), & \alpha \neq 0 \\ exp(-exp(-z)), & \alpha = 0 \end{cases} \quad \text{..... (4-4b)}$$

$1 + \alpha z > 0 \quad for\ \alpha \neq 0$

$-\infty < x < +\infty \quad for\ \alpha = 0$

$$z = \frac{x-\gamma}{\beta}$$

5. 伽瑪(Gamma)：

$$f(x) = \frac{(x-\gamma)^{\alpha-1}}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} exp(-(x-\gamma)/\beta) \quad \text{..... (4-5a)}$$

$$F(x) = \frac{\Gamma_{(x-\gamma)/\beta}(\alpha)}{\Gamma(\alpha)} \quad \text{..... (4-5b)}$$

$\gamma \leq x \leq +\infty$

Γ ： Gamma Function

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} t^{\alpha-1} e^{-t} dt \quad (\alpha > 0)$$

Γ_x ：Incomplete Gamma Function

$$\Gamma_x(\alpha) = \int_0^{x} t^{\alpha-1} e^{-t} dt \quad (\alpha > 0)$$

6. 對數常態(Lognormal)：

$$f(x) = exp(-\frac{1}{2}(\frac{ln(x-\gamma)-\beta}{\alpha})^2)/(x-\gamma)\alpha\sqrt{2\pi} \quad \text{..... (4-6a)}$$

$$F(x) = \Phi(\frac{ln(x-\gamma)-\beta}{\alpha}) \quad \text{..... (4-6b)}$$

$\gamma < x \leq +\infty$

Φ ： Laplace Integral

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_0^x e^{-t^2/2}\,dt$$

式(4-1)至式(4-6)中，x為樣本變數，$f(x)$為機率密度函數(probability density function)，$F(x)$為累積機率函數 (cumulative probability function)，α 、β及γ 為描述機率密度函數之參數，γ 稱為位置參數 (location parameter)與樣本平均值 (mean)有關，而 β 值稱為尺度參數 (scale parameter) 與樣本標準偏差 (standard deviation)有關，α 為形狀常數，決定機率函數之尖扁形狀。

4.3機率密度函數之參數估計及適合度檢定

4.3.1 機率密度函數之參數估計

統計資料及機率密度函數決定後，函數中之參數如何推定，有不同的方法。一般機率密度函數之參數推定法，有力矩法 (MOM，method of moment)，最小二乘法(LSM， least square method)及最大概似法(MLM，maximum likelihood method)等。力矩法為最簡單之參數推定法，其乃利用機率密度函數的力矩，求出平均值與變異數，建立二者與形狀參數及位置參數的關係。最小二乘法為常用之推定法，而其值得注意的是如何決定排序資料之機率而不導致偏態的結果，即是給予適當的劃位 (plotting position)。最大概似法在統計學上是最常被用來做為參數估計值的方法，將機率密度函數使用數學式子推導求得相關的相似

函數，經由疊代法反覆將相似函數做運算，當疊代數值逐漸收斂於某參數估計時，即為所求之參數估計值。在一般情況下，最大概似法有較佳的統計特性，尤其是用於很多樣本時，可以獲得較佳的參數估計值；但在樣本數過少時，使用最大概似法時會有很大的偏差，在運用方面需特別注意。

4.3.2 機率密度函數之適合度檢定

在分析風速數據資料時，並非事先便能確定這些數據本身的機率分佈圖形一定是屬於那種已知的機率密度函數，一般最常見之統計分析法便是繪製這些數據的統計直方圖 (Histograms)，然後利用適合度 (Goodness of Fit) 檢定方法，去測試直方圖所呈現的統計分佈與那些已知機率密度函數分佈最接近，例如前一小節所述之6種機率密度函數，常用之檢定方法如卡方檢定 (Chi-Square)、K-S(Kolmogorov-Smirnov) 檢定及A-D檢定(Anderson-Darling) 等方法。此外一般還有Cramér-von-Mises檢定法、Shapiro-Wilk檢定法、相關係數檢定法(The probability plot correlation coefficient test) 以及Jarque-Bera檢定法等。K-S檢定是比較檢定所得的累積機率與所假設的理論累積分佈函數，首先將樣本數為n的資料由小至大排列為x1, x2 ….. xn，可由樣本值得到階梯式的累積機率曲線：

$$S_n(X_k) = \frac{k}{n}$$

再由階梯式累積機率曲線 $S_n(X_k)$ 與理論累積機率密度函數*F(x)* 所產生的最大誤差，來檢定理論模式與觀測資料間的差異情況，假設所產生的最大誤差為 D_n：

$$D_n = max|F(x) - S_n(x)|$$

而 K-S 檢定就是要比較在某一顯著水準（Significance level）α 之下，由上式所得的最大觀測誤差 D_n 與臨界值 D_n^α，其定義為：

$$\mathrm{P}(\mathrm{D_n} \le \mathrm{D_n^\alpha}) = 1 - \alpha$$

其中各種不同的 n 值，在不同的 α 值下之 D_n^α 值，可查表得知。

如果最大觀測誤差D_n 小於臨界值 D_n^{α}，則在有效水準α下，接受所假設的機率分佈型式；反之，所假設之機率分佈型式不符合實測值。一般常使用有效水準α＝5％ 或1％。

4.3.3 應用軟體 EasyFit 使用說明

本計畫採用MathWave所研發之應用軟體 EasyFit進行風速分布機率密度函數之參數估計及適合度檢定。由於EasyFit套裝軟體計算數據資料之分布時與資料分組組區間隔大小有關。因為該套裝軟體繪圖係以正規化表示，但其橫軸(x軸)並非以實際x量計算，而是以各區間之統計機率值和為1當作正規化。換言之，若區間間隔為1時：

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = 1$$

但若區間間隔為0.5時：

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = 0.5$$

舉例若風速分布在區間間隔0.5、1.0 及2.0 時之統計值分別如下表：

區間	次數	機率密度 a	機率密度 b	機率密度 c
0.0~0.5	0	0	0	0
0.5~1.0	0	0		
1.0~1.5	0	0	0	
1.5~2.0	0	0		
2.0~2.5	0	0	0	0.03
2.5~3.0	0	0		
3.0~3.5	0	0	0.03	
3.5~4.0	3	0.03		
4.0~4.5	4	0.04	0.10	0.38
4.5~5.0	6	0.06		
5.0~5.5	10	0.10	0.28	
5.5~6.0	18	0.18		
6.0~6.5	20	0.20	0.37	0.52

6.5~7.0	17	0.17		
7.0~7.5	10	0.10	0.15	
7.5~8.0	5	0.05		
8.0~8.5	4	0.04	0.07	0.07
8.5~9.0	3	0.03		
9.0~9.5	0	0	0	
9.5~10.0	0	0		
合計	100	1.0	1.0	1.0

依上表分布曲線之面積分別如下：

$\int_{-\infty}^{+\infty} f_a(x)dx$ =(0.03+0.04+0.06+0.10+0.18+0.20+0.17+0.10+0.05+0.04+0.03)*0.5=0.5

$\int_{-\infty}^{+\infty} f_b(x)dx$ =(0.03+0.10+0.28+0.37+0.15+0.07)*1.0=1.0

$\int_{-\infty}^{+\infty} f_c(x)dx$ =(0.03+0.38+0.52+0.07)*2.0=2.0

因此本計畫另撰寫程式處理當區間間隔非1.0時之數據統計直方圖與套配所得之理論機率分布函數曲線之比較。

應用軟體 EasyFit所提供之理論機率密度函數眾多近50種，本研究所選取之6種機率密度函數如3.1小節，該軟體皆有提供。將原始風速資料依季別(春03~04、夏05~08、秋09~10及冬11~02)，分別輸入EasyFit而求得各理論機率密度函數之參數值，其估計方法為一般常用之最大概似法。如前述最大概似法在樣本數過少時，會有較大的偏差，但本計畫所採用之風速資料樣本數眾多(8,000~80,000)，因此採用最大概似法為合適之選擇。EasyFit提供各機率密度函數之參數估計結果如表4-1。本研究根據此結果輸入自撰之統計與繪圖程式進行後續分析。適合度檢定，EasyFit則提供卡方檢定 (Chi-Square)、K-S(Kolmogorov-Smirnov)檢定及A-D檢定(Anderson-Darling)等3種方法。參數估計誤差統計值及其檢定排序結果EasyFit提供如表4-2。由該表中可知不同機率密度函數在不同檢定方法下之適合度排序。

表 4-1 機率密度函數之參數估計結果

#	Distribution	Parameters
1	Gamma (3P)	α=7.8065 β=0.65178 γ=-0.63865
2	Gen. Extreme Value	k=-0.12123 σ=1.6108 μ=3.6939
3	Lognormal (3P)	σ=0.23419 μ=2.0089 γ=-3.2125
4	Rayleigh (2P)	σ=3.0223 γ=0.57513
5	Weibull	α=2.8804 β=4.9686
6	Weibull (3P)	α=2.2878 β=4.4043 γ=0.54919

表 4-2 機率密度函數之適合度檢定結果

#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
1	Gamma (3P)	0.02436	4	2.2577	3	35.24	4
2	Gen. Extreme Value	0.02204	2	1.6279	2	21.735	2
3	Lognormal (3P)	0.0259	5	2.3946	4	39.846	5
4	Rayleigh (2P)	0.05664	6	17.897	6	91.588	6
5	Weibull	0.02324	3	6.8226	5	25.442	3
6	Weibull (3P)	0.01496	1	1.339	1	8.1246	1

4.3.4 機率密度函數適合度比較

參照表4-2彙整6個測站之風速理論機率密度函數適合度檢定結果如表4-3~表4-8。對臺中港E0測站而言，由表4-3比較可發現不同檢定方法對各機率密度函數之適合度檢定結果差異不大，且各機率密度函數適合度之優劣沒有明顯受季別變化影響。整體而言，通用極值及韋伯3參數適合度最佳；伽瑪及韋伯2參數次之；萊利及對數常態較差。對臺中港W0測站而言，由表4-4比較同樣可發現不同檢定方法對各機率密度函數之適合度檢定結果差異不大，但各機率密度函數適合度之優劣有

些許受季別變化影響，例如韋伯2參數在春夏兩季之適合度較秋冬兩季劣；對數常態則在春夏兩季之適合度較秋冬兩季優。整體而言，韋伯3參數及伽瑪適合度最佳；通用極值及韋伯2參數次之；對數常態及萊利較差。對臺中港W1測站而言，由表4-5比較同樣可發現除卡方檢定對秋季之通用極值檢定結果外，不同方法對各機率密度函數之適合度檢定結果差異不大，但各機率密度函數適合度之優劣同樣有些許受季別變化影響，例如韋伯3參數在夏季之適合度明顯較秋季劣；而對數常態則夏季之適合度明顯較秋季優。整體而言，通用極值及韋伯3參數適合度最佳；對數常態及伽瑪次之；韋伯2參數及萊利較差。對安平港W0及X0測站而言，由表4-6及表4-7比較同樣可發現不同檢定檢定方法對各機率密度函數之適合度檢定結果差異不大，但各機率密度函數適合度之優劣同樣有些許受季別變化影響。安平港W0測站整體而言，通用極值及韋伯2參數適合度最佳；韋伯3參數及對數常態次之；伽瑪及萊利較差。安平港X0測站整體而言，韋伯2參數及韋伯3參數適合度最佳；通用極值及伽瑪次之；萊利及對數常態較差。對布袋港W0測站而言，由表4-8比較同樣可發現不同檢定方法對各機率密度函數之適合度檢定結果非常一致，但各機率密度函數適合度之優劣同樣有受季別變化影響，例如韋伯3參數在夏季之適合度明顯較秋季劣；而對數常態則夏季之適合度明顯較秋季優。整體而言，韋伯3參數及伽瑪適合度最佳；通用極值及韋伯2參數次之；對數常態及萊利較差。

由以上各測站各季別之風速資料其機率密度函數適合度優劣並非全部具有明確的一致性，在部分資料組其適合度排序有差異，如表4-9中韋伯3參數機率密度函數在臺中港W1夏季、安平港W0春季、安平港W0秋季及布袋港W0夏季等之適合度不佳。換言之，一般常見之韋伯3參數機率密度函數在某些季別(月份) 並不是最適合之分佈函數，此結果和以往相關研究指出並非所有地區或時段的風速分佈皆適合利用韋伯機率函數作有效描述的結論相同。不過綜觀全體風速資料之6種機率密度函數適合度總排序，仍然以韋伯3參數及通用極值適合度最佳；伽瑪及韋伯2參數次之；對數常態及萊利則較差。

表4-3a 臺中港觀測站E0春季風速6種機率密度函數適合度排序表

資料名稱：TCE0_Spring						
機率密度函數 適合度檢定	韋伯3 參數	韋伯2 參數	通用 極值	伽瑪	對數 常態	萊利
K-S 檢定	1	4	2	3	5	6
A-D 檢定	2	4	1	3	5	6
卡方 檢定	1	4	2	3	6	5
總和排序	1	4	2	3	5	6

表4-3b 臺中港觀測站E0夏季風速6種機率密度函數適合度排序表

資料名稱：TCE0_Summer						
機率密度函數 適合度檢定	韋伯3 參數	韋伯2 參數	通用 極值	伽瑪	對數 常態	萊利
K-S 檢定	2	5	1	3	6	4
A-D 檢定	2	4	1	3	6	5
卡方 檢定	2	5	1	3	6	4
總和排序	2	5	1	3	6	4

表4-3c 臺中港觀測站E0秋季風速6種機率密度函數適合度排序表

資料名稱：TCE0_Autumn						
機率密度函數 適合度檢定	韋伯3 參數	韋伯2 參數	通用 極值	伽瑪	對數 常態	萊利
K-S 檢定	1	3	4	2	5	6
A-D 檢定	2	4	1	3	5	6
卡方 檢定	1	4	2	3	5	6
總和排序	1	4	2	3	5	6

表4-3d 臺中港觀測站E0冬季風速6種機率密度函數適合度排序表

資料名稱：TCE0_Winter						
機率密度函數 適合度檢定	韋伯3 參數	韋伯2 參數	通用 極值	伽瑪	對數 常態	萊利
K-S 檢定	2	5	1	4	6	3
A-D 檢定	2	5	1	4	6	3
卡方 檢定	2	5	1	4	6	3
總和排序	2	5	1	4	6	3

表4-4a 臺中港觀測站W0春季風速6種機率密度函數適合度排序表

資料名稱：TCW0_Spring						
機率密度函數 適合度檢定	韋伯3 參數	韋伯2 參數	通用 極值	伽瑪	對數 常態	萊利
K-S 檢定	2	5	4	1	3	6
A-D 檢定	2	5	4	1	3	6
卡方 檢定	2	5	4	1	3	6
總和排序	2	5	4	1	3	6

表4-4b 臺中港觀測站W0夏季風速6種機率密度函數適合度排序

資料名稱：TCW0_Summer						
機率密度函數 適合度檢定	韋伯3 參數	韋伯2 參數	通用 極值	伽瑪	對數 常態	萊利
K-S 檢定	4	5	1	3	2	6
A-D 檢定	4	5	2	3	1	6
卡方 檢定	4	5	1	3	2	6
總和排序	4	5	1	3	2	6

表4-4c 臺中港觀測站W0秋季風速6種機率密度函數適合度排序

資料名稱：TCW0_Autumn						
機率密度函數 適合度檢定	韋伯3 參數	韋伯2 參數	通用 極值	伽瑪	對數 常態	萊利
K-S 檢定	1	2	3	4	5	6
A-D 檢定	1	3	4	2	5	6
卡方 檢定	1	2	5	3	6	4
總和排序	1	2	4	3	6	6

表4-4d 臺中港觀測站W0冬季風速6種機率密度函數適合度排序

資料名稱：TCW0_Winter						
機率密度函數 適合度檢定	韋伯3 參數	韋伯2 參數	通用 極值	伽瑪	對數 常態	萊利
K-S 檢定	1	2	3	4	5	6
A-D 檢定	1	2	4	3	5	6
卡方 檢定	1	2	5	4	6	3
總和排序	1	2	4	3	6	5

表4-5a 臺中港觀測站W1春季風速6種機率密度函數適合度排序

資料名稱：TCW1_Spring						
機率密度函數 適合度檢定	韋伯3 參數	韋伯2 參數	通用 極值	伽瑪	對數 常態	萊利
K-S 檢定	1	6	3	4	2	5
A-D 檢定	2	6	1	4	3	5
卡方 檢定	2	6	1	5	4	3
總和排序	1	5	1	4	3	4

表4-5b 臺中港觀測站W1夏季風速6種機率密度函數適合度排序

資料名稱：TCW1_Summer						
機率密度函數 適合度檢定	韋伯3 參數	韋伯2 參數	通用 極值	伽瑪	對數 常態	萊利
K-S 檢定	4	5	1	3	2	6
A-D 檢定	5	4	1	3	2	6
卡方 檢定	5	4	1	3	2	6
總和排序	5	4	1	3	2	6

表4-5c 臺中港觀測站W1秋季風速6種機率密度函數適合度排序

資料名稱：TCW1_Autumn						
機率密度函數 適合度檢定	韋伯3 參數	韋伯2 參數	通用 極值	伽瑪	對數 常態	萊利
K-S 檢定	3	2	1	5	6	4
A-D 檢定	2	3	1	4	6	5
卡方 檢定	1	2	6	4	5	3
總和排序	1	2	3	5	6	4

表4-5d 臺中港觀測站W1冬季風速6種機率密度函數適合度排序

資料名稱：TCW1_Winter						
機率密度函數 適合度檢定	韋伯3 參數	韋伯2 參數	通用 極值	伽瑪	對數 常態	萊利
K-S 檢定	2	6	1	4	3	5
A-D 檢定	2	6	1	4	3	5
卡方 檢定	2	6	1	4	3	5
總和排序	2	6	1	4	3	5

表4-6a 安平港觀測站W0春季風速6種機率密度函數適合度排序

資料名稱：APW0_Spring						
機率密度函數 適合度檢定	韋伯3 參數	韋伯2 參數	通用 極值	伽瑪	對數 常態	萊利
K-S 檢定	5	4	1	3	2	6
A-D 檢定	5	4	1	3	2	6
卡方 檢定	5	4	1	3	2	6
總和排序	5	4	1	3	2	6

表4-6b 安平港觀測站W0夏季風速6種機率密度函數適合度排序

資料名稱：APW0_Summer						
機率密度函數 適合度檢定	韋伯3 參數	韋伯2 參數	通用 極值	伽瑪	對數 常態	萊利
K-S 檢定	1	2	3	6	5	4
A-D 檢定	1	3	4	6	5	2
卡方 檢定	3	4	1	6	5	2
總和排序	1	4	2	6	5	2

表4-6c 安平港觀測站W0秋季風速6種機率密度函數適合度排序

資料名稱：APW0_Autumn						
機率密度函數 適合度檢定	韋伯3 參數	韋伯2 參數	通用 極值	伽瑪	對數 常態	萊利
K-S 檢定	6	2	1	5	3	4
A-D 檢定	6	2	1	4	3	5
卡方 檢定	6	3	1	4	2	5
總和排序	6	2	1	4	3	5

表4-6d 安平港觀測站W0冬季風速6種機率密度函數適合度排序

資料名稱：APW0_Winter						
機率密度函數 適合度檢定	韋伯3 參數	韋伯2 參數	通用 極值	伽瑪	對數 常態	萊利
K-S 檢定	1	3	2	4	5	6
A-D 檢定	1	5	2	3	4	6
卡方 檢定	1	3	2	4	5	6
總和排序	1	3	2	3	5	6

表4-7a 安平港觀測站X0春季風速6種機率密度函數適合度排序

資料名稱：APX0_Spring						
機率密度函數 適合度檢定	韋伯3 參數	韋伯2 參數	通用 極值	伽瑪	對數 常態	萊利
K-S 檢定	2	1	4	5	6	3
A-D 檢定	2	1	4	5	6	3
卡方 檢定	2	1	4	5	6	3
總和排序	2	1	4	5	6	3

表4-7b 安平港觀測站X0夏季風速6種機率密度函數適合度排序

資料名稱：APX0_Summer						
機率密度函數 適合度檢定	韋伯3 參數	韋伯2 參數	通用 極值	伽瑪	對數 常態	萊利
K-S 檢定	4	3	1	2	5	6
A-D 檢定	4	3	1	2	5	6
卡方 檢定	4	3	1	2	5	6
總和排序	4	3	1	2	5	6

表4-7c 安平港觀測站X0秋季風速6種機率密度函數適合度排序

資料名稱：APX0_Autumn						
機率密度函數 適合度檢定	韋伯3 參數	韋伯2 參數	通用 極值	伽瑪	對數 常態	萊利
K-S 檢定	2	1	3	5	6	4
A-D 檢定	2	1	3	5	6	4
卡方 檢定	3	1	4	5	6	2
總和排序	2	1	3	5	6	3

表4-7d 安平港觀測站X0冬季風速6種機率密度函數適合度排序

資料名稱：APX0_Winter						
機率密度函數 適合度檢定	韋伯3 參數	韋伯2 參數	通用 極值	伽瑪	對數 常態	萊利
K-S 檢定	2	3	1	4	6	5
A-D 檢定	1	3	2	4	6	5
卡方 檢定	1	2	6	3	5	4
總和排序	1	2	3	4	6	5

表4-8a 布袋港觀測站W0春季風速6種機率密度函數適合度排序

資料名稱：PTW0_Spring						
機率密度函數 適合度檢定	韋伯3 參數	韋伯2 參數	通用 極值	伽瑪	對數 常態	萊利
K-S 檢定	1	2	5	3	4	6
A-D 檢定	2	3	5	1	4	6
卡方 檢定	2	3	5	1	4	6
總和排序	1	3	5	1	4	6

表4-8b 布袋港觀測站W0夏季風速6種機率密度函數適合度排序

資料名稱：PTW0_Summer						
機率密度函數 適合度檢定	韋伯3 參數	韋伯2 參數	通用 極值	伽瑪	對數 常態	萊利
K-S 檢定	5	4	2	3	1	6
A-D 檢定	5	4	2	3	1	6
卡方 檢定	5	4	2	3	1	6
總和排序	5	4	2	3	1	6

表4-8c 布袋港觀測站W0秋季風速6種機率密度函數適合度排序

資料名稱：PTW0_Autumn						
機率密度函數 適合度檢定	韋伯3 參數	韋伯2 參數	通用 極值	伽瑪	對數 常態	萊利
K-S 檢定	1	2	4	3	5	6
A-D 檢定	1	2	4	3	5	6
卡方 檢定	1	2	5	3	6	4
總和排序	1	2	4	3	5	5

表4-8d 布袋港觀測站W0冬季風速6種機率密度函數適合度排序

資料名稱：PTW0_Winter						
機率密度函數 適合度檢定	韋伯3 參數	韋伯2 參數	通用 極值	伽瑪	對數 常態	萊利
K-S 檢定	1	5	2	3	4	6
A-D 檢定	1	5	2	3	4	6
卡方 檢定	1	5	2	3	4	6
總和排序	1	5	2	3	4	6

表4-9 全體風速資料之6種機率密度函數適合度總排序

機率密度函數 / 資料名稱	韋伯3參數	韋伯2參數	通用極值	伽瑪	對數常態	萊利
臺中港E0春季	1	4	2	3	5	6
臺中港E0夏季	2	5	1	3	6	4
臺中港E0秋季	1	4	2	3	5	6
臺中港E0冬季	2	5	1	4	6	3
臺中港W0春季	2	5	4	1	3	6
臺中港W0夏季	4	5	1	3	2	6
臺中港W0秋季	1	2	4	3	5	5
臺中港W0冬季	1	2	4	3	6	5
臺中港W1春季	1	5	1	4	3	4
臺中港W1夏季	5	4	1	3	2	6
臺中港W1秋季	1	2	3	5	6	4
臺中港W1冬季	2	6	1	4	3	5
安平港W0春季	5	4	1	3	2	6
安平港W0夏季	1	4	2	6	5	2
安平港W0秋季	6	2	1	4	3	5
安平港W0冬季	1	3	2	3	5	6
安平港X0春季	2	1	4	5	6	3
安平港X0夏季	4	3	1	2	5	6
安平港X0秋季	2	1	3	5	6	3
安平港X0冬季	1	2	3	4	6	5
布袋港W0春季	1	3	5	1	4	6
布袋港W0夏季	5	4	2	3	1	6
布袋港W0秋季	1	2	4	3	5	5
布袋港W0冬季	1	5	2	3	4	6
全體總和排序	1(53)	4(83)	2(55)	3(81)	5(104)	6(119)

4.4 風速機率分布之比較

前一小節已說明風速分布之機率密度函數之參數估計及適合度檢定之方法，本節將針對各港區各季別風速之統計分布進行比較，以瞭解其分布特性並據以研擬風速資料自動檢核所需之檢核標準。

4.4.1 臺中港E0測站

臺中港E0測站風速之分布直方圖及6種機率密度函數之匹配結果如圖4.4.1。圖中藍圓實線為韋伯3參數、藍圓虛線為韋伯2參數、紅十字實線為萊利、紅十字虛線為對數常態、黑三角實線為通用極值及黑三角虛線為伽瑪。由原始風速直方圖分布與各機率密度函數之套疊結果比較顯示其匹配效果大致還可接受，換言之，各機率密度函數可有效描述風速的分布情形，其中以韋伯3參數及通用極值較佳。不過在分布尖峰處各機率密度函數皆有高估情形，尤其是春季及冬季資料組。

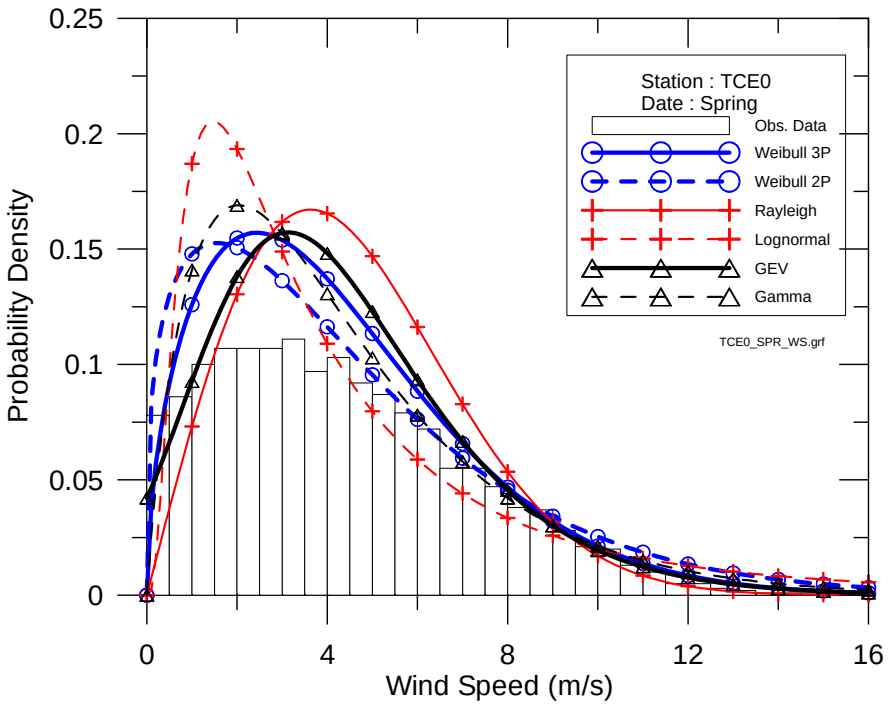


圖4.4.1a 臺中港E0測站春季風速分佈與理論機率密度函數套配

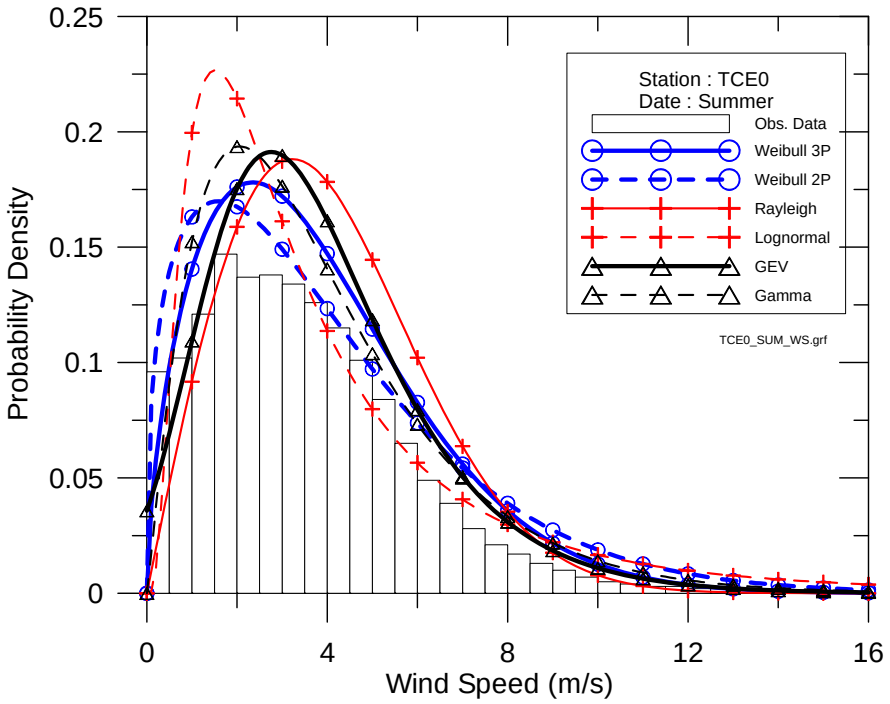


圖4.4.1b 臺中港E0測站夏季風速分佈與理論機率密度函數套配

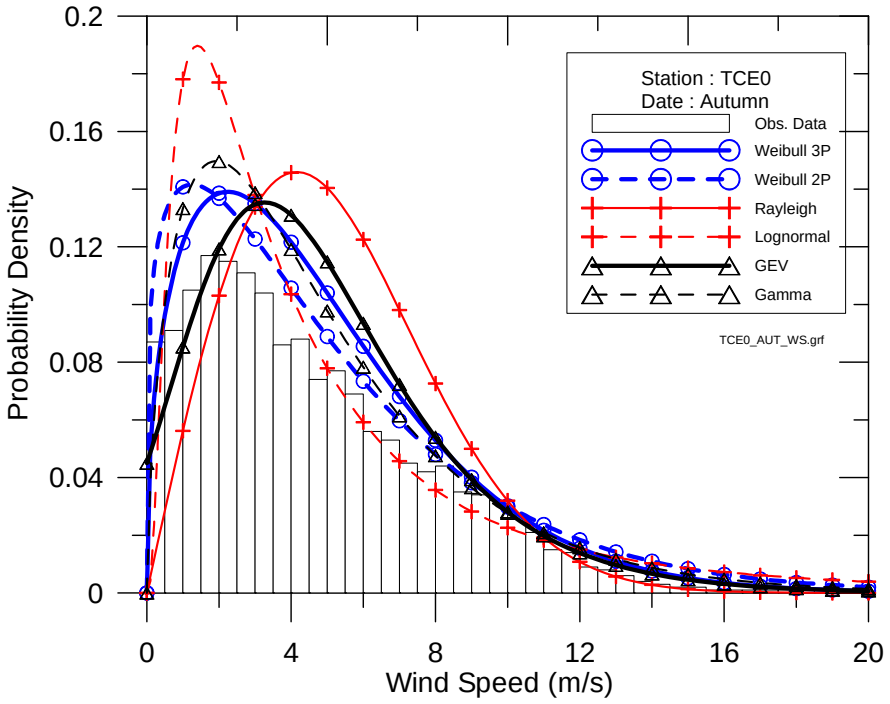


圖4.4.1c 臺中港E0測站秋季風速分佈與理論機率密度函數套配

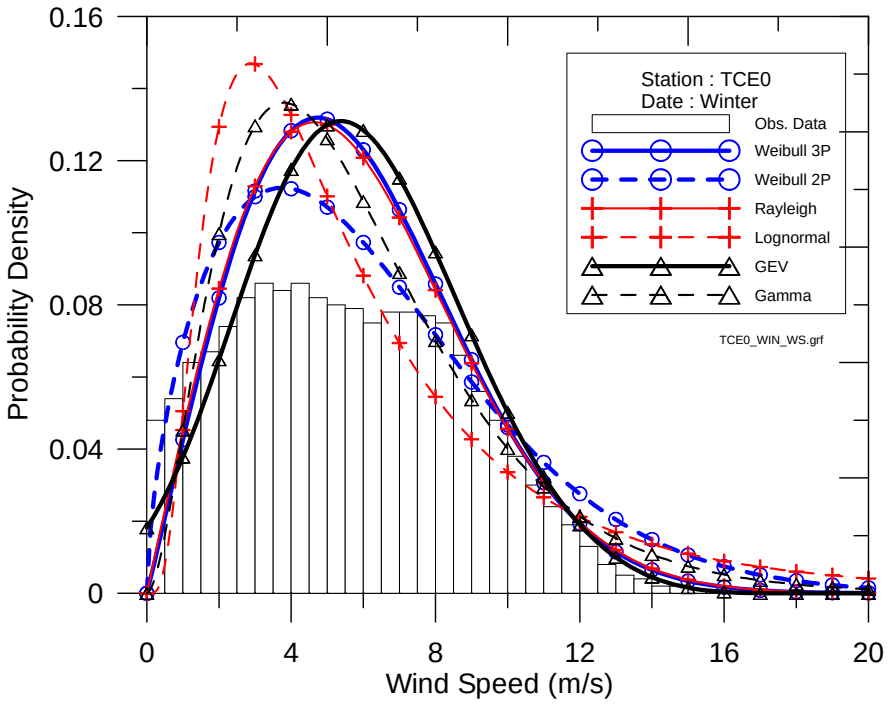


圖4.4.1d 臺中港E0測站冬季風速分佈與理論機率密度函數套配

為配合風速資料自動檢核所需之檢核標準選定，本研究依據上述匹配所得最佳之各機率密度函數在不同累積機率需求下分析其風速界線值(即檢核標準)，其結果如圖4.4.2。圖中藍實圓實線為韋伯3參數、藍虛圓虛線為韋伯2參數、紅方形實線為萊利、紅菱形虛線為對數常態、黑實三角實線為通用極值及黑十字虛線為伽瑪。圖中顯示隨累積機率(水平座標)愈小風速界線值愈大，此表示當風速自動檢核在較低之累積機率下其風速檢核標準較大。以春季為例，當累積機率為5%時韋伯3參數之風速界線值為9.7m/s；對數常態為14.0m/s。當累積機率為0.5%時韋伯3參數之風速界線值為14.1m/s；對數常態為31.1m/s。在相同累積機率下對數常態之風速界線值與其他機率函數相較明顯不同且較大許多，因此針對檢核標準的選定而言，可能不是理想的機率密度函數。至於其他機率密度函數則差異不大，其中以韋伯2參數較大而萊利較小些。後續在研定風速檢核標準時除對數常態外其他函數皆可採用，其中基於適合度之排序結果以韋伯3參數及通用極值為優先考量。

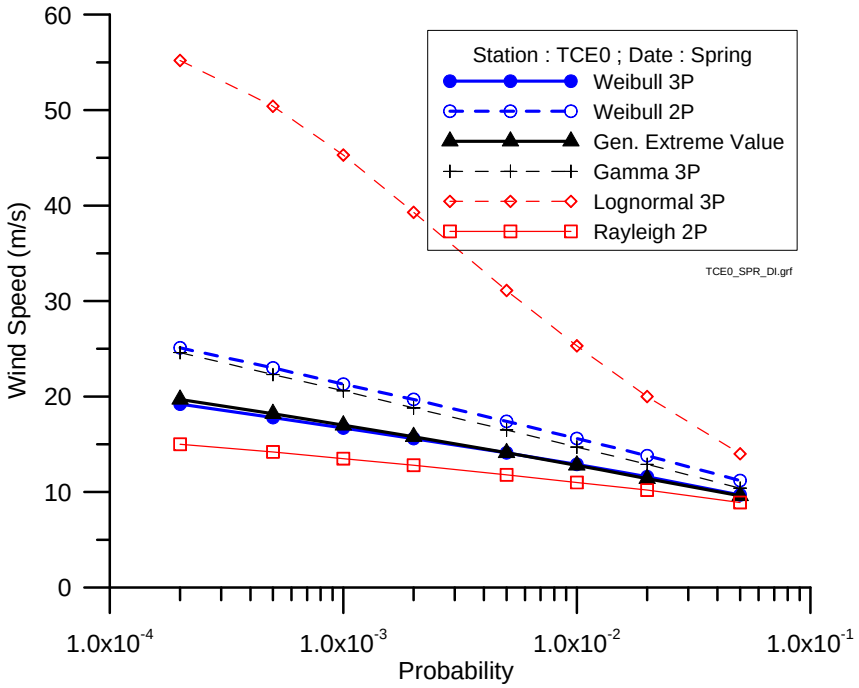


圖4.4.2a 臺中港E0測站春季各分佈函數於不同機率下之風速界線值

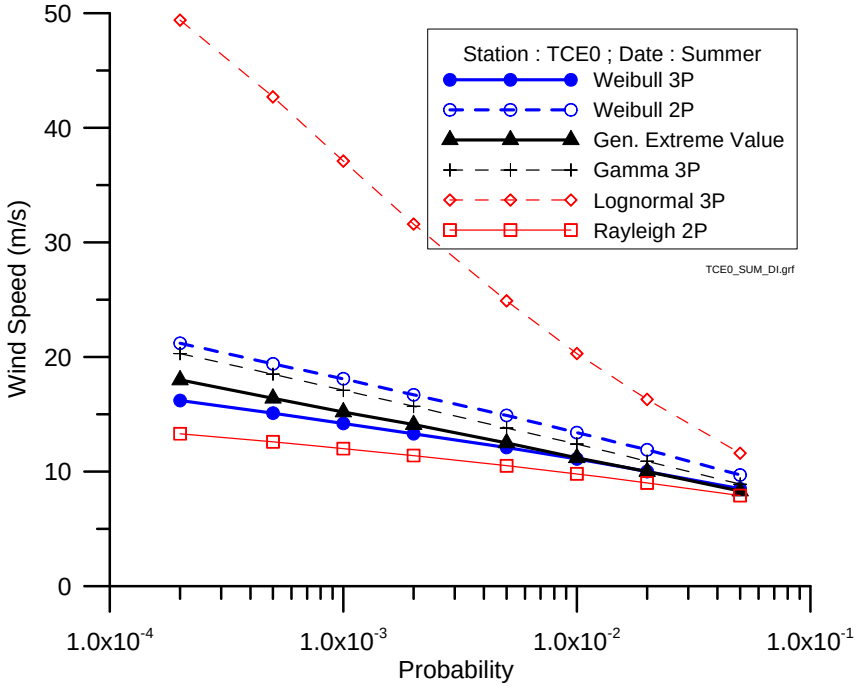


圖4.4.2b 臺中港E0測站夏季各分佈函數於不同機率下之風速界線值

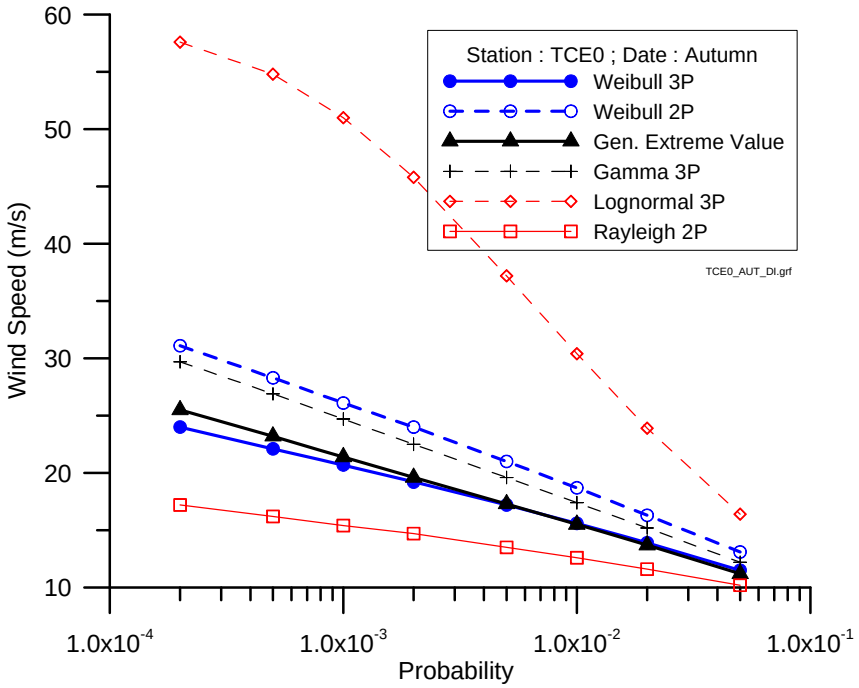


圖4.4.2c 臺中港E0測站秋季各分佈函數於不同機率下之風速界線值

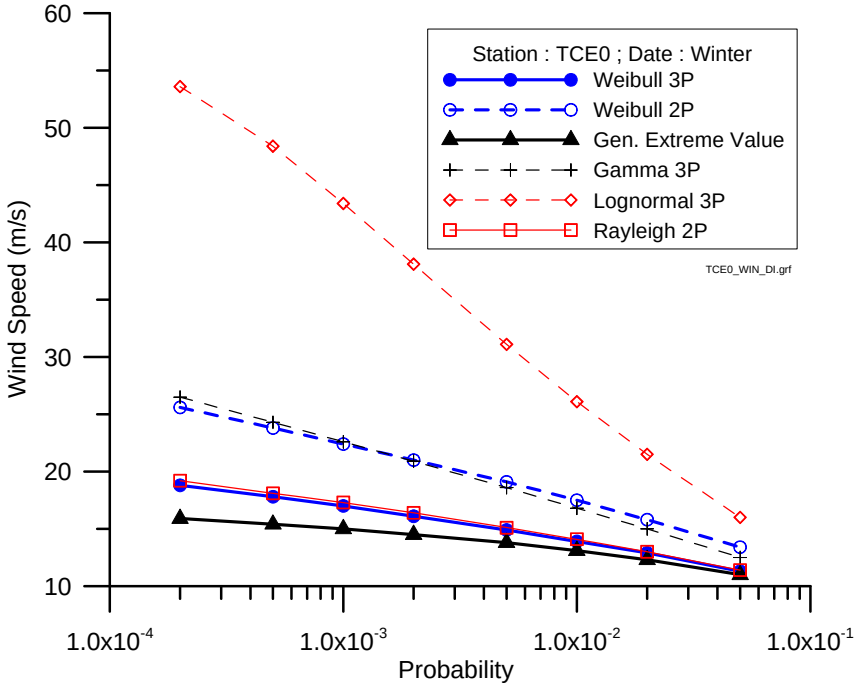


圖4.4.2d 臺中港E0測站冬季各分佈函數於不同機率下之風速界線值

風速界線值隨季別之變化情形如圖4.4.3，綠實三角實線為春季、紅十字實線為夏季、黃實圓實線為秋季及黑虛方形實線為冬季。圖中顯示在相同累積機率下各機率密度函數之風速界線值隨季別不同而有差異，其中通用極值風速界線值隨累積機率愈大而愈小之趨勢冬季與其他季別不一致。大致而言風速界線值秋季最大、春季與冬季次之、夏季則最小。以韋伯3參數為例，當機率為0.5%時秋季風速界線值為17.2m/s、冬季風速界線值為14.9m/s、春季風速界線值為14.1m/s、夏季風速界線值為12.1m/s。因此，後續在研訂風速檢核標準時應考慮季別之差異。

由以上分析可發現風速界線值會隨季別不同而有較明顯的差異，但隨不同機率密度函數其差異較不明顯，不過其差異會隨累積機率愈小而愈大。

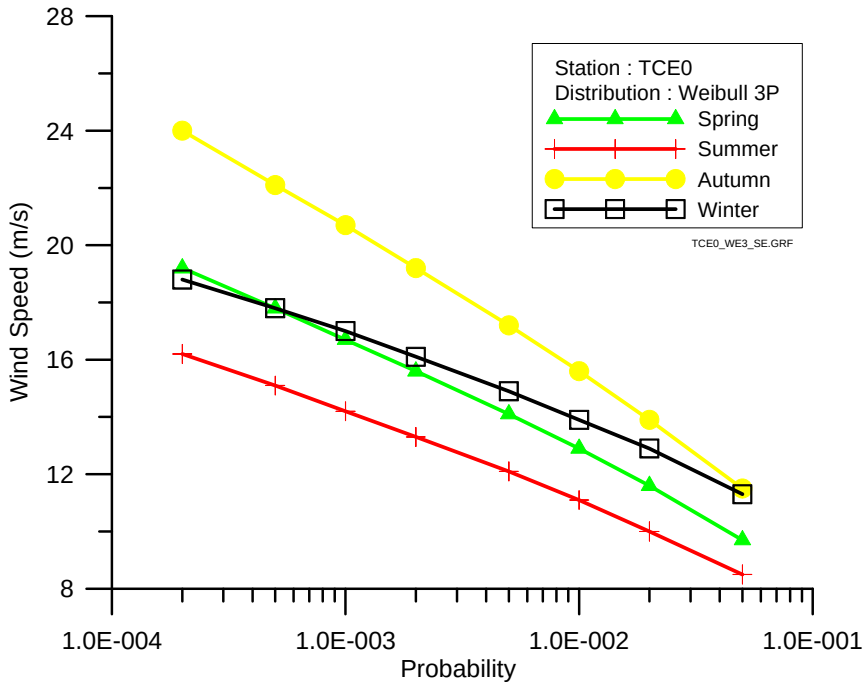


圖4.4.3a 臺中港E0測站不同季別風速機率密度函數比較(韋伯3參數)

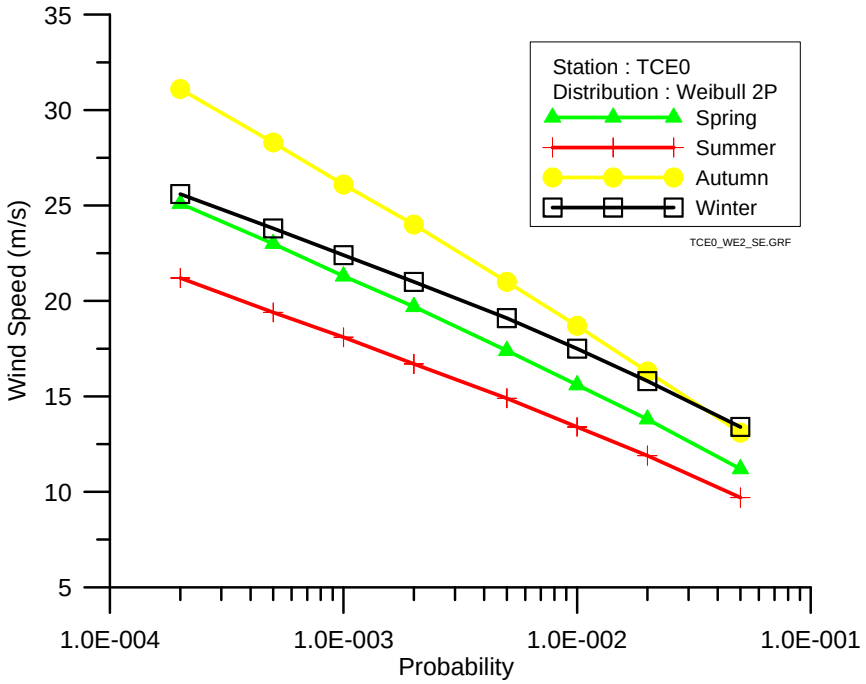


圖4.4.3b 臺中港E0測站不同季別風速機率密度函數比較(韋伯2參數)

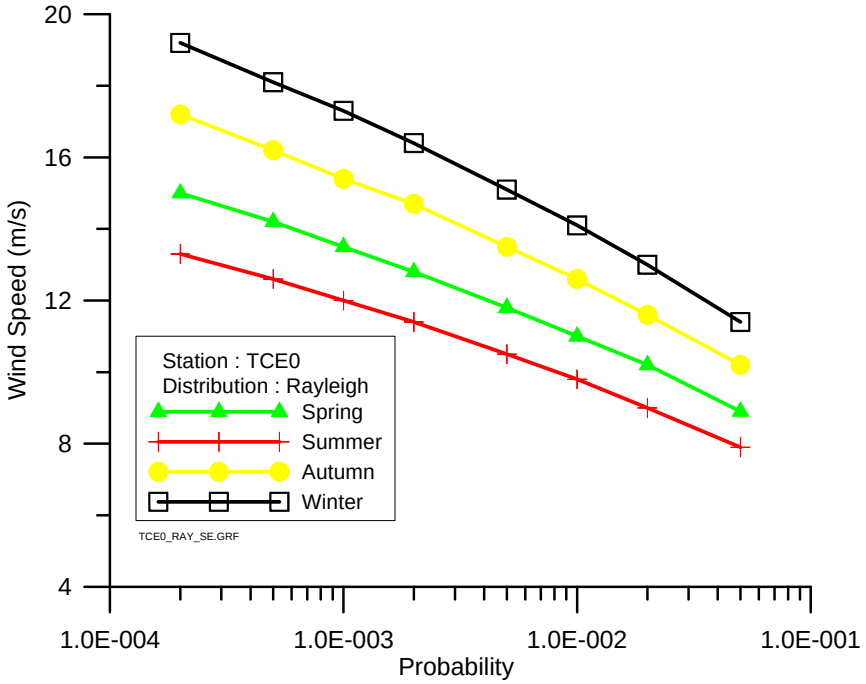


圖4.4.3c 臺中港E0測站不同季別風速機率密度函數比較(萊利)

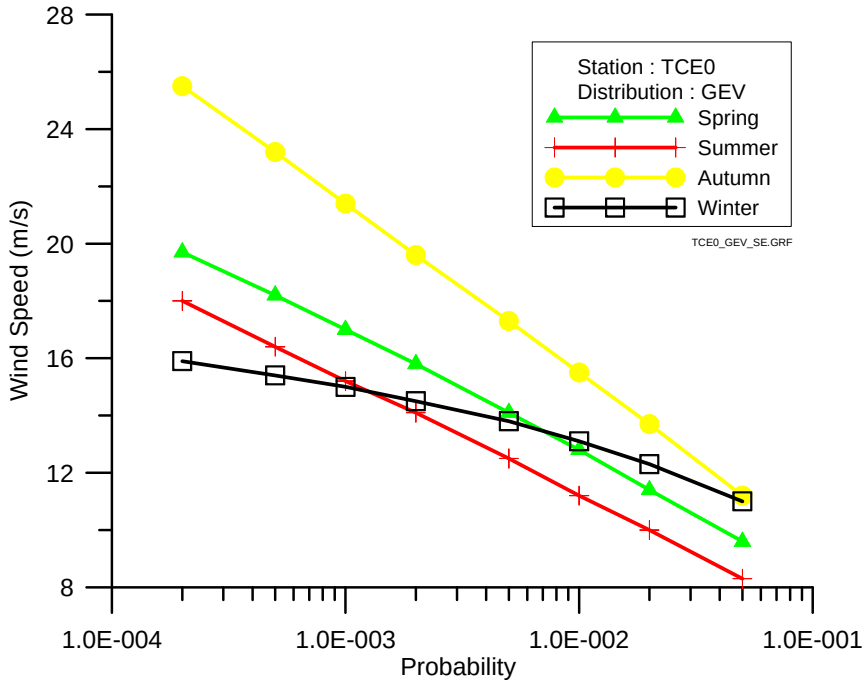


圖4.4.3d 臺中港E0測站不同季別風速機率密度函數比較(通用極值)

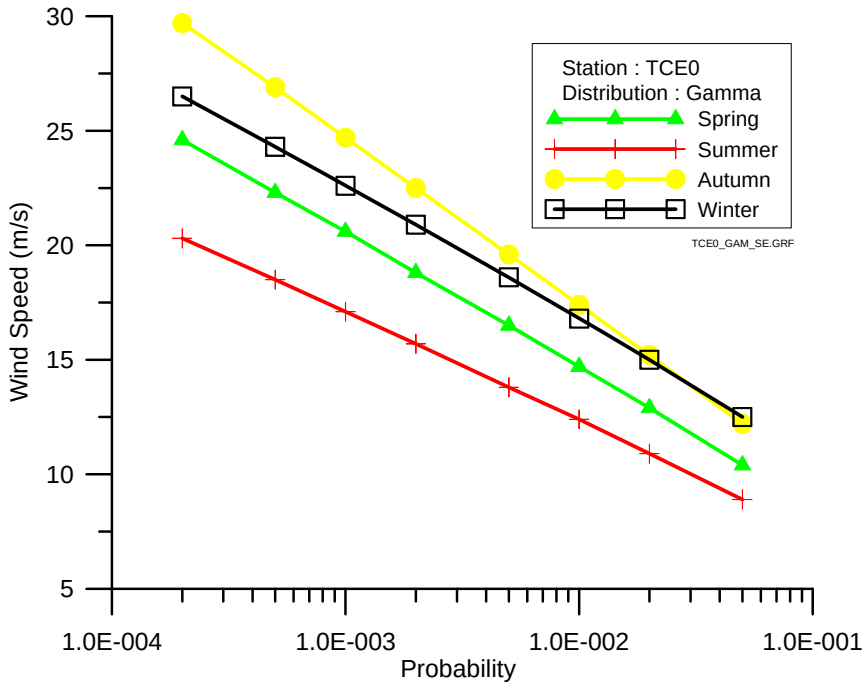


圖4.4.3e 臺中港E0測站不同季別風速機率密度函數比較(伽瑪)

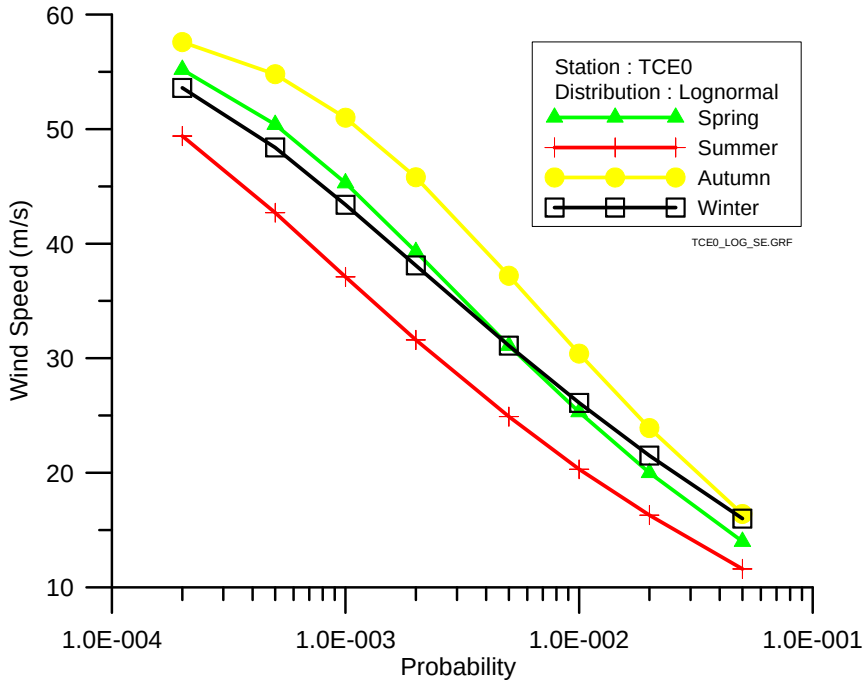


圖4.4.3f 臺中港E0測站不同季別風速機率密度函數比較(對數常態)

4.4.2 臺中港W0測站

臺中港W0測站風速之分布直方圖及6種機率密度函數之匹配結果如圖4.4.4。由原始風速直方圖分布與各機率密度函數之套疊結果比較顯示其匹配效果在春季及夏季較佳，秋季及冬季則有較大偏差。其偏差主要是風速在0m/s~2m/s之間分布直方圖大於機率密度函數及風速在2m/s~8m/s之間分布直方圖小於機率密度函數；另外冬季時風速在10m/s~16m/s之間分布直方圖大於機率密度函數。整體而言，各機率密度函數大致可有效描述風速的分布情形，其中以韋伯3參數及伽瑪較佳。

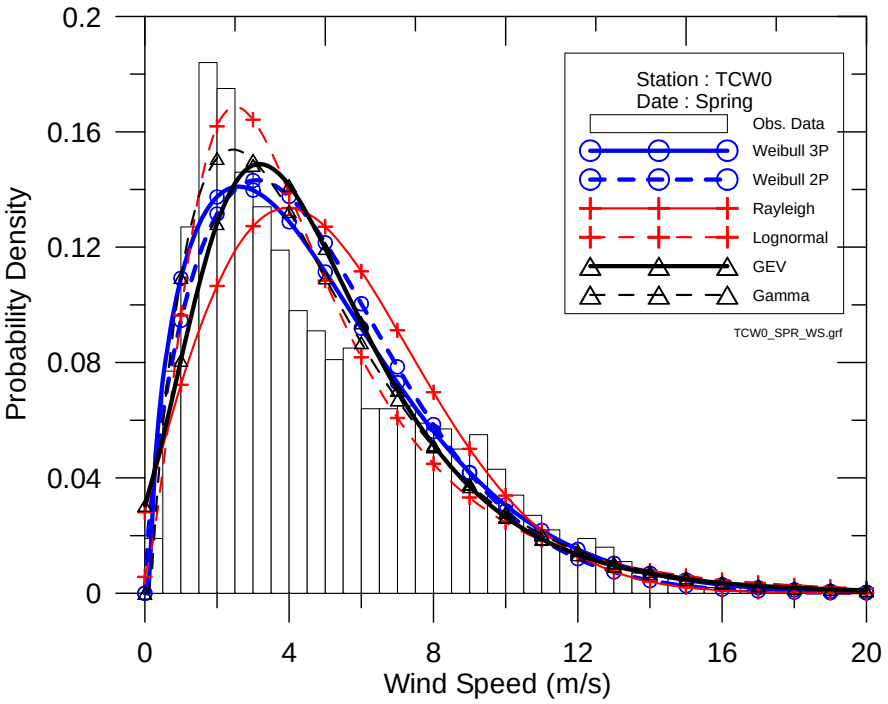


圖4.4.4a 臺中港W0測站春季風速分佈與理論機率密度函數套配

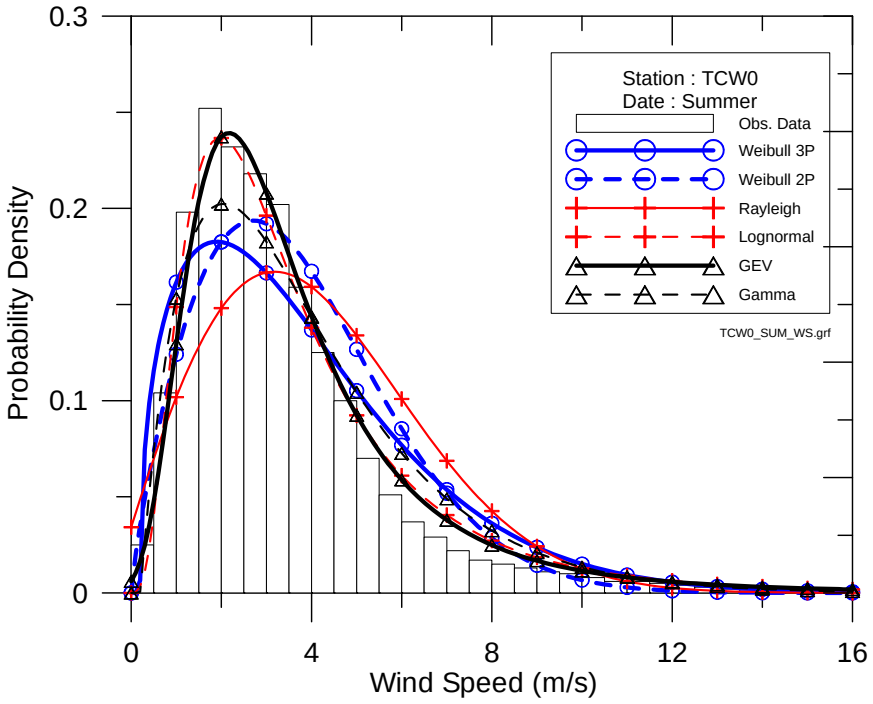


圖4.4.4b 臺中港W0測站夏季風速分佈與理論機率密度函數套配

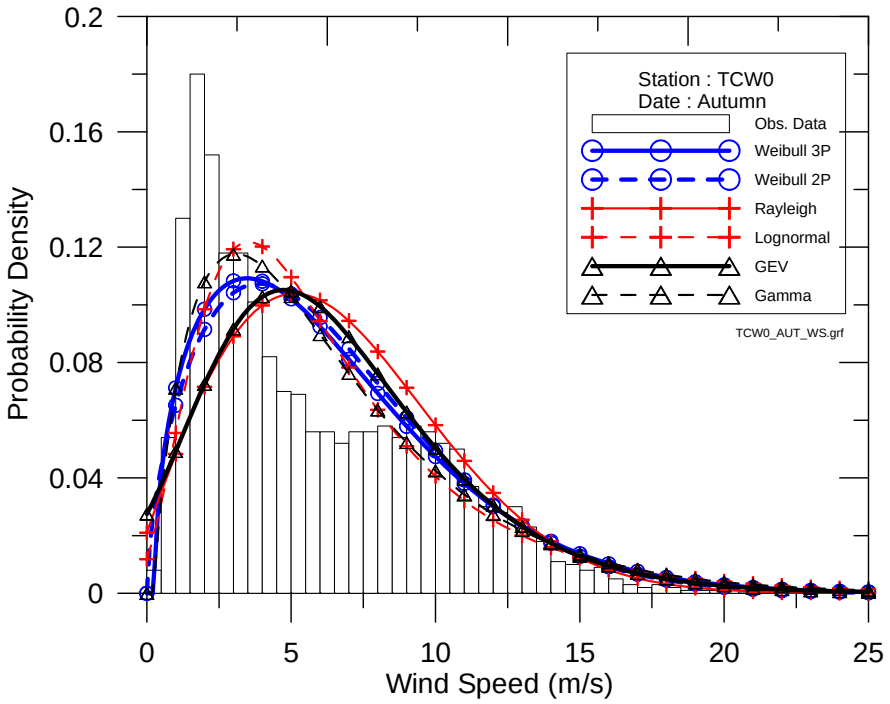


圖4.4.4c 臺中港W0測站秋季風速分佈與理論機率密度函數套配

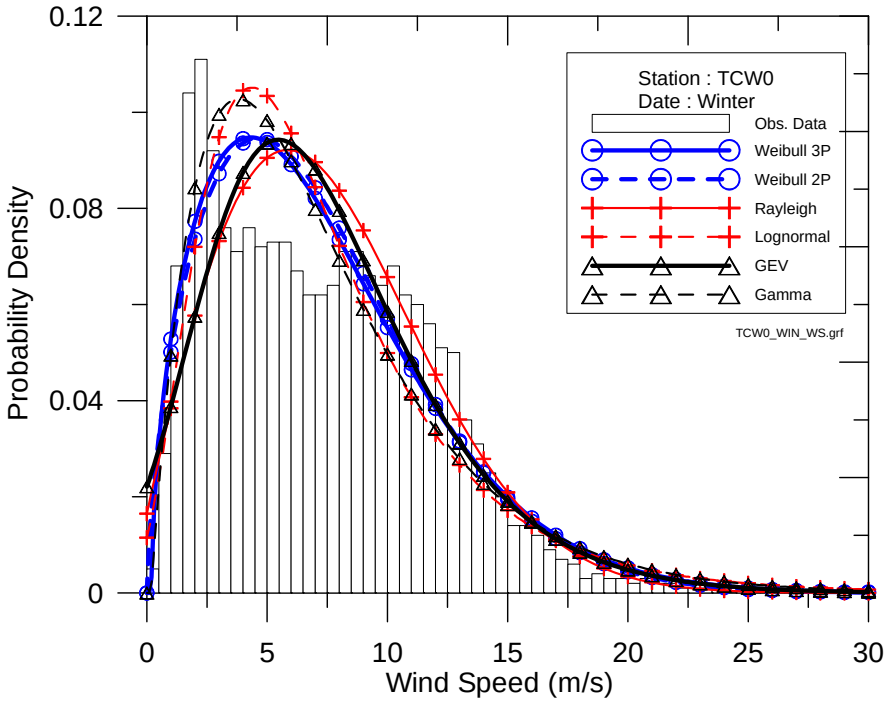


圖4.4.4d 臺中港W0測站冬季風速分佈與理論機率密度函數套配

本測站風速分布之各機率密度函數在不同累積機率下其風速界線值如圖4.4.5。圖中顯示隨累積機率愈小風速界線值愈大，此表示當風速自動檢核在較低之累積機率下其風速檢核標準較大。在相同累積機率下對數常態之風速界線值最大而萊利最小，此與臺中港E0測站之結果相同，但夏季則以通用極值最大。各機率密度函數間風速界線值之差異隨累積機率愈小而愈明顯，例如以春季資料為例當累積機率5%時韋伯3參數之風速界線值為11.2m/s；對數常態之風速界線值為12.2m/s，兩者相當接近。但當累積機率0.1%時韋伯3參數之風速界線值為19.7m/s；對數常態之風速界線值為30.9m/s，兩者差異明顯增大。後續在研定風速檢核標準時，考量適合度之排序結果以韋伯3參數及伽瑪為優先。

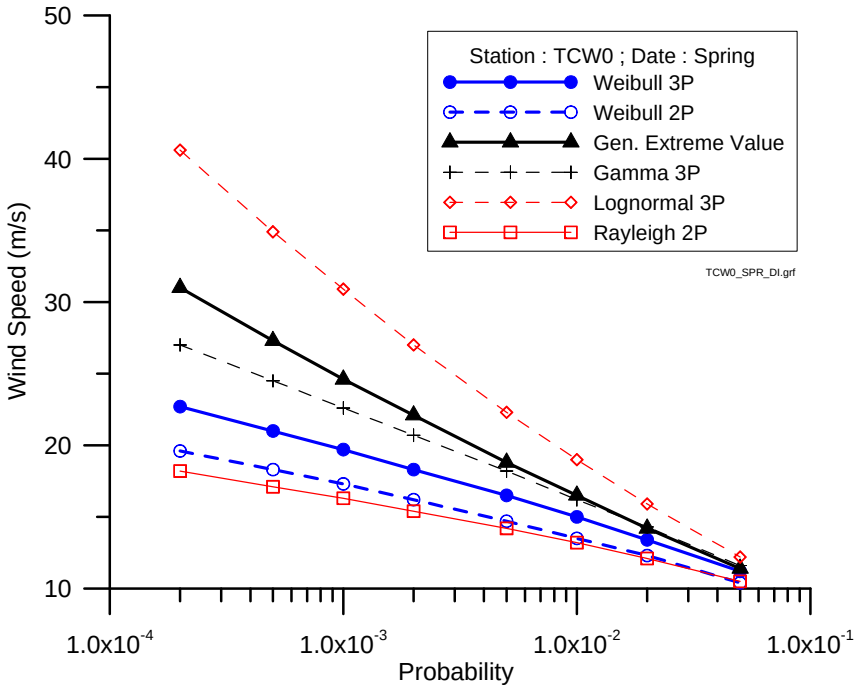


圖4.4.5a 臺中港W0測站春季各分佈函數於不同機率下之風速界線值

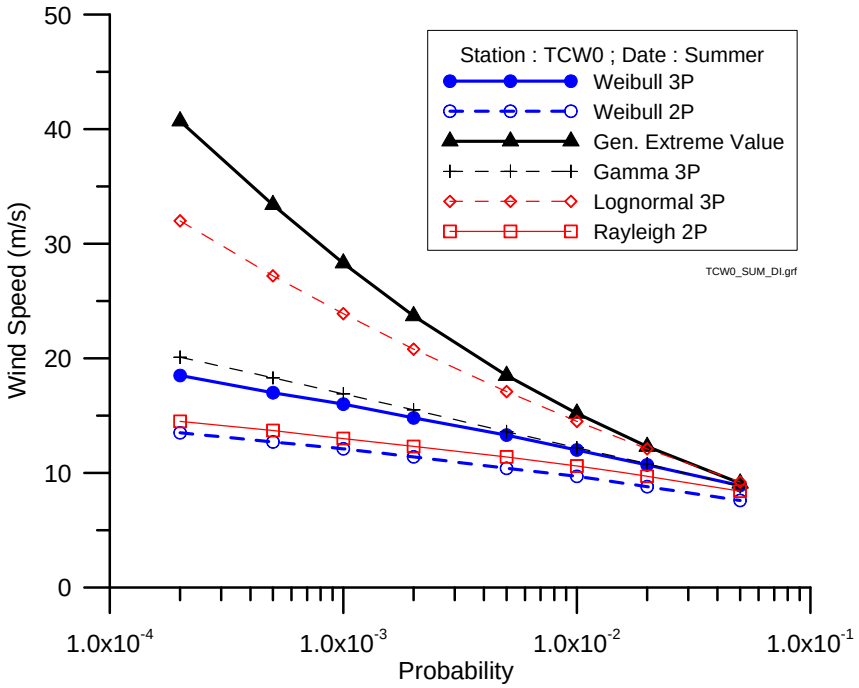


圖4.4.5b 臺中港W0測站夏季各分佈函數於不同機率下之風速界線值

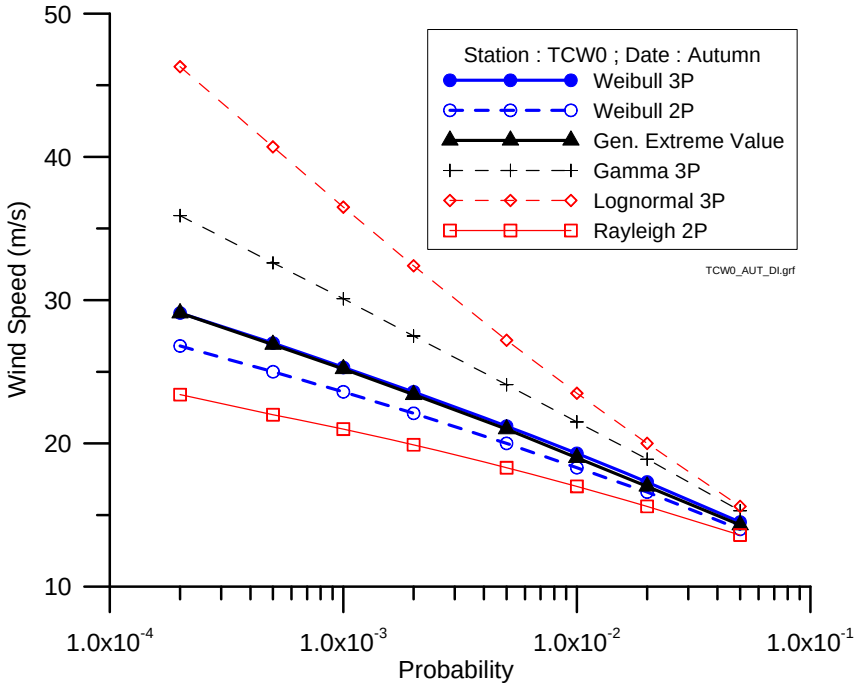


圖4.4.5c 臺中港W0測站秋季各分佈函數於不同機率下之風速界線值

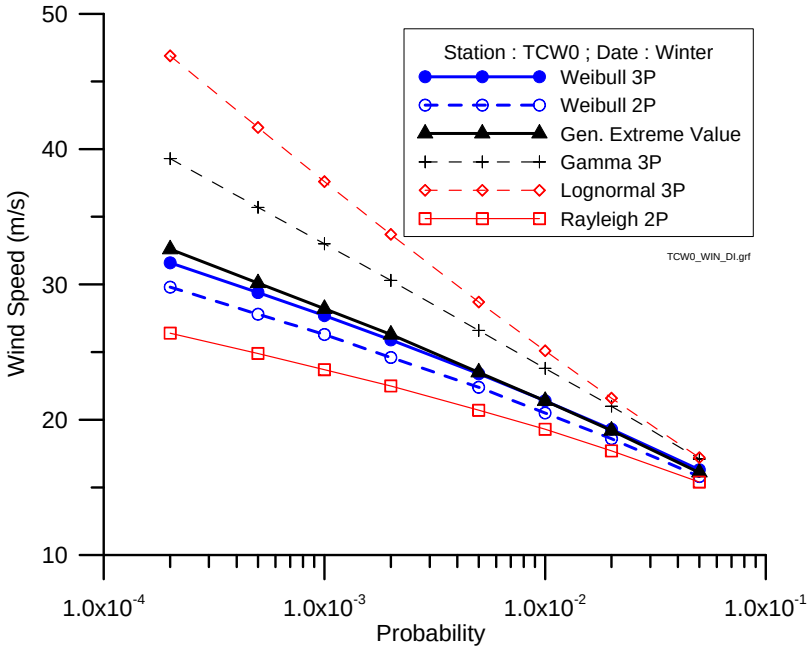


圖4.4.5d 臺中港W0測站冬季各分佈函數於不同機率下之風速界線值

風速界線值隨季別之變化情形如圖4.4.6。圖中顯示在相同累積機率下各機率密度函數之風速界線值隨季別不同而有差異，其中通用極值風速界線值隨累積機率愈大而愈小之趨勢夏季與其他季別不一致。風速界線值仍然以冬季最大、春季與冬季次之、夏季則最小。

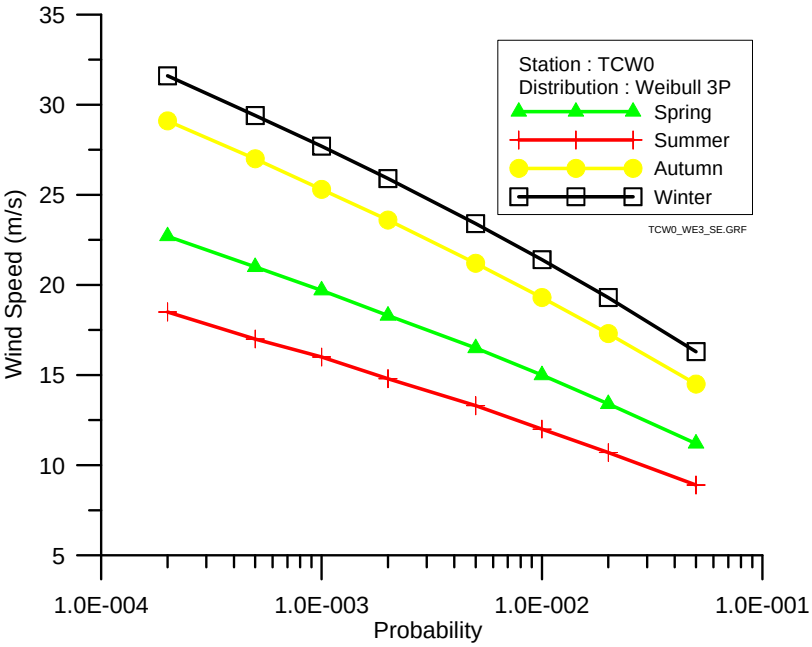


圖4.4.6a 臺中港W0測站不同季別風速機率密度函數比較(韋伯3參數)

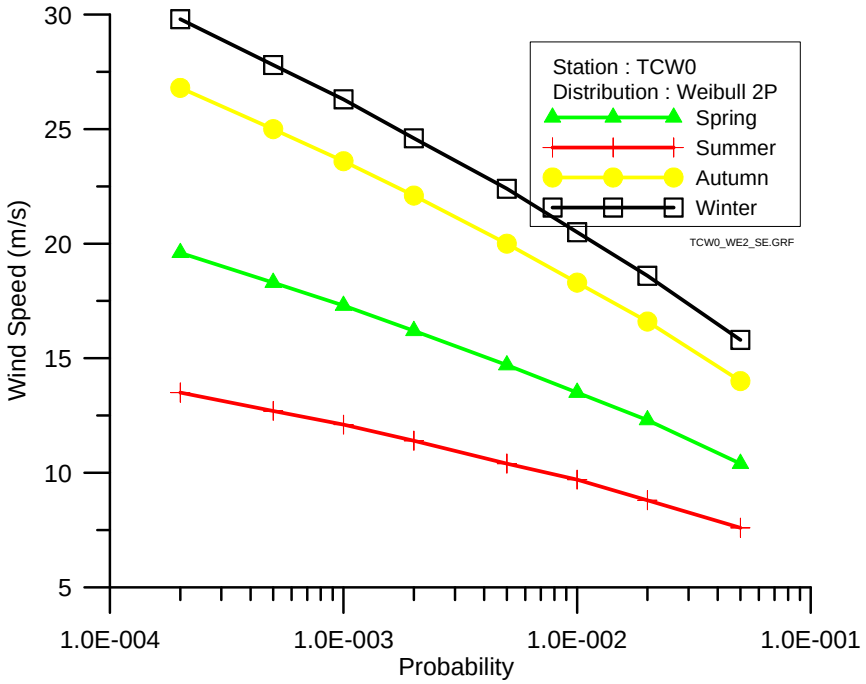


圖4.4.6b 臺中港W0測站不同季別風速機率密度函數比較(韋伯2參數)

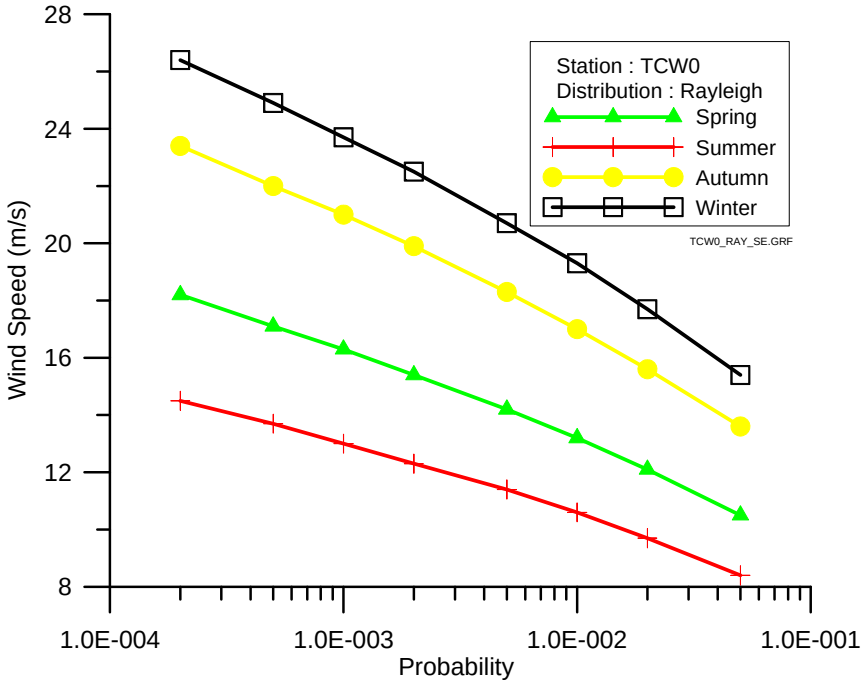


圖4.4.6c 臺中港W0測站不同季別風速機率密度函數比較(萊利)

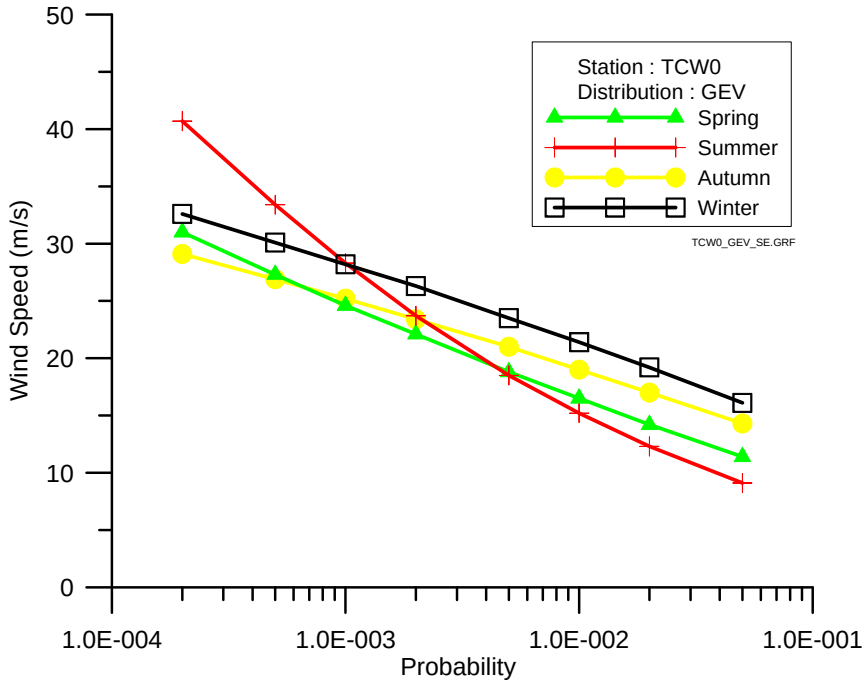


圖4.4.6d 臺中港W0測站不同季別風速機率密度函數比較(通用極值)

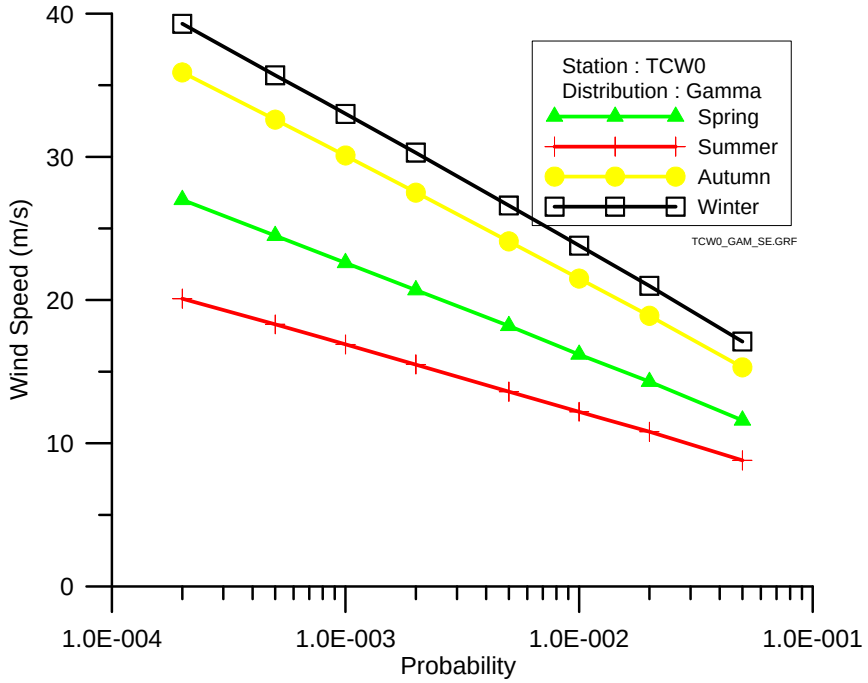


圖4.4.6e 臺中港W0測站不同季別風速機率密度函數比較(伽瑪)

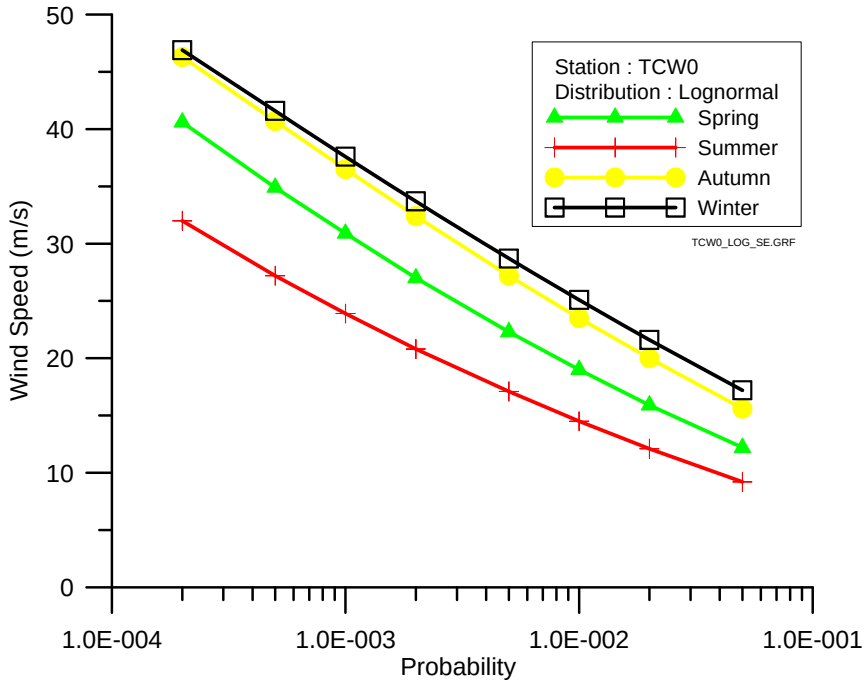


圖4.4.6f 臺中港W0測站不同季別風速機率密度函數比較(對數常態)

4.4.3 臺中港W1測站

臺中港W1測站風速之分布直方圖及6種機率密度函數之匹配結果如圖4.4.7。由原始風速直方圖分布與各機率密度函數之套疊結果比較顯示其匹配效果在春季及夏季較佳，而在秋季及冬季則有較大偏差。但春季當風速在15m/s~20m/s之間分布直方圖略大於於機率密度函數；而夏季當風速大於10m/s時機率密度函數有略為高估之偏差。秋季偏差主要是各機率密度函數皆無法反映直方分布圖之雙峰現象，因為在風速在0m/s~5m/s之間分布直方圖大於機率密度函數；風速在5m/s~12m/s之間分布直方圖小於機率密度函數；風速在12m/s~20m/s之間分布直方圖大於機率密度函數；風速在20m/s以上分布直方圖小於機率密度函數。另外冬季時風速約在5m/s~15m/s之間分布直方圖小於機率密度函數；風速約在15m/s~23m/s之間分布直方圖大於機率密度函數。整體而言，各機率密度函數未能真實描述風速的分布情形，其中以韋伯3參數及通用極值較佳。

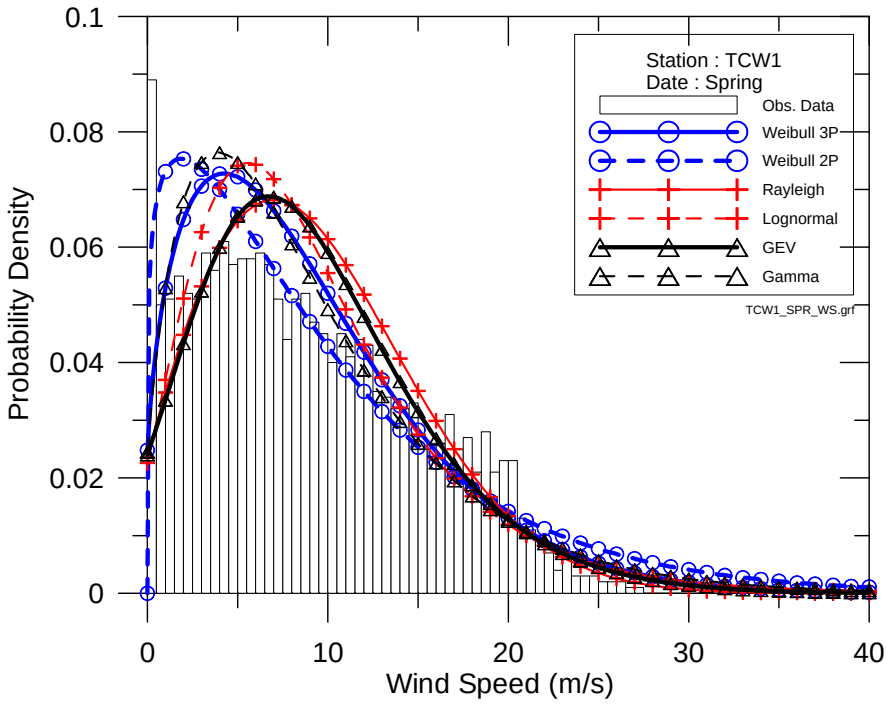


圖4.4.7a 臺中港W1測站春季風速分佈與理論機率密度函數套配

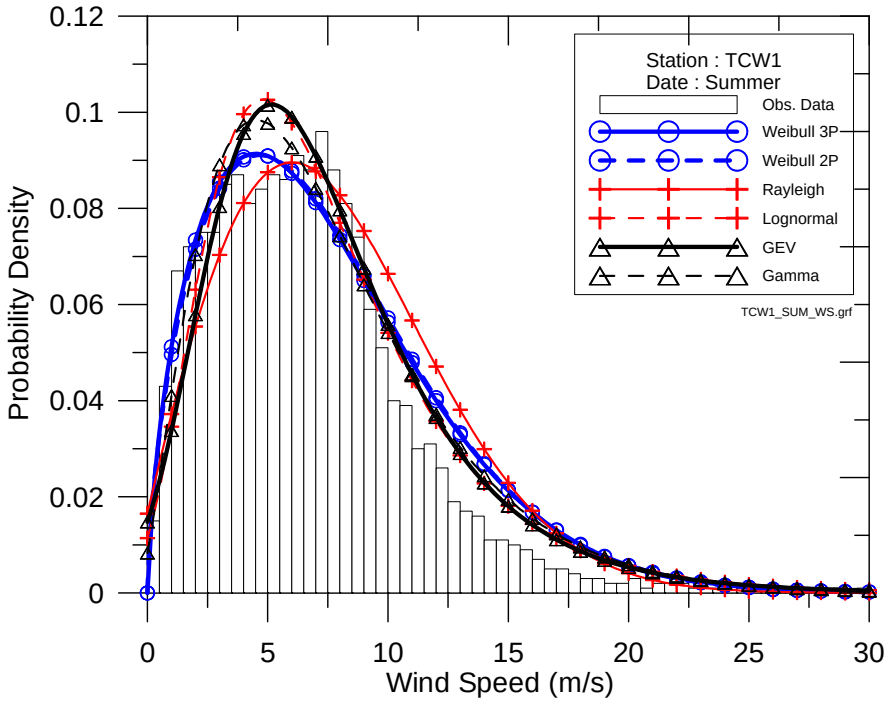


圖4.4.7b 臺中港W1測站夏季風速分佈與理論機率密度函數套配

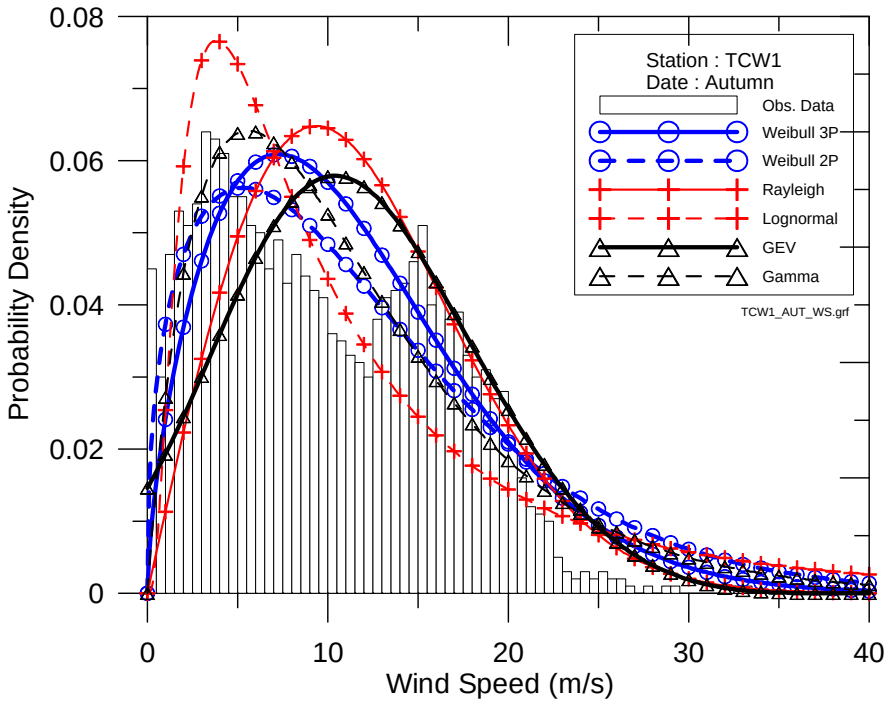


圖4.4.7c 臺中港W1測站秋季風速分佈與理論機率密度函數套配

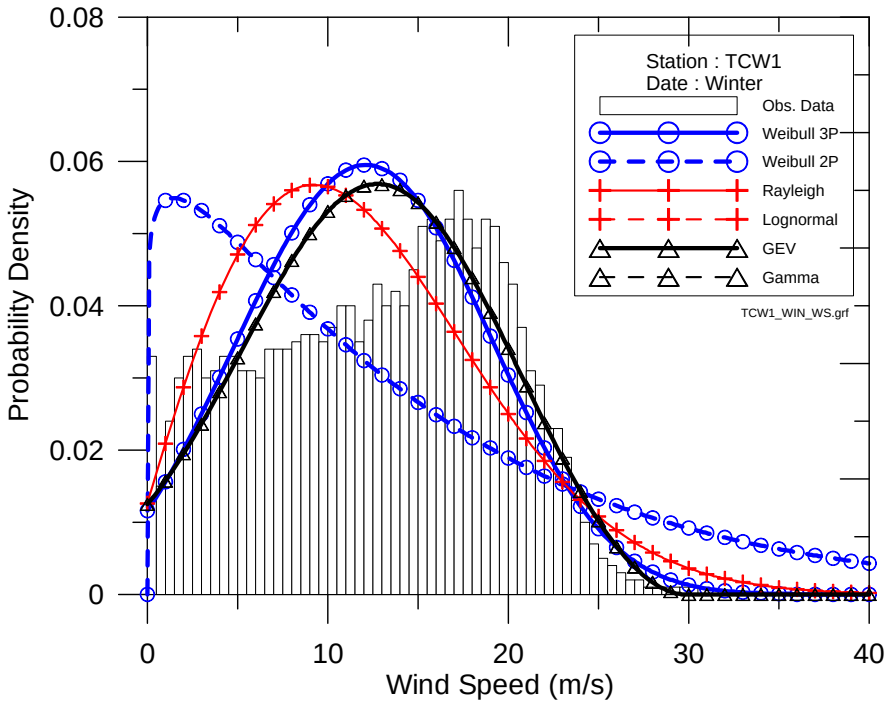


圖4.4.7d 臺中港W1測站冬季風速分佈與理論機率密度函數套配

本測站風速分布之各機率密度函數在不同累積機率下其風速界線值如圖4.4.8。圖中顯示同樣隨累積機率愈小風速界線值愈大，此表示當風速自動檢核在較低之累積機率下其風速檢核標準較大。在相同累積機率下韋伯2參數及對數常態之風速界線值最大而通用極值及萊利最小，此與臺中港E0及W0測站之結果稍有不同。各機率密度函數間風速界線值之差異隨累積機率愈小而愈明顯，此與其他測站結果相同。後續在研定本測站風速檢核標準時，考量適合度之排序及風速界線值隨累積機率之變化穩定性仍以韋伯3參數為優先。

風速界線值隨季別之變化情形如圖4.4.9。圖中顯示在相同累積機率下各機率密度函數之風速界線值隨季別不同皆有明顯差異，而且風速界線值隨累積機率愈大而愈小之趨勢各季別也不一致，此和臺中港E0及W0測站之結果明顯不同。以通用極值為例如圖4.4.9d顯示春季與夏季風速界線值隨累積機率愈大而愈小之程度較冬季及秋季明顯。此外在冬季資料期間對數常態及伽瑪機率密度函數未通過適合度檢定。

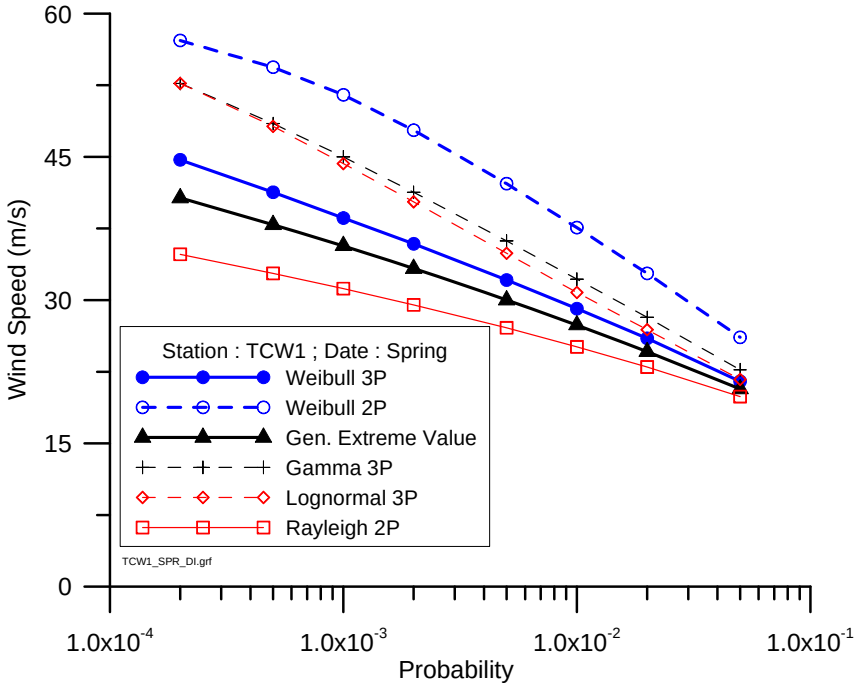


圖4.4.8a 臺中港W1測站春季各分佈函數於不同機率下之風速界線值

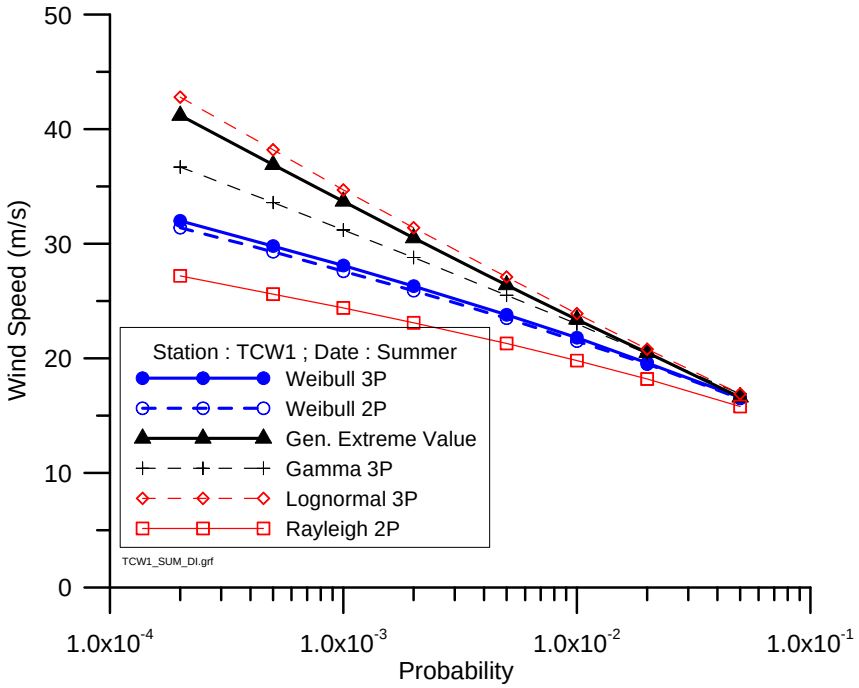


圖4.4.8b 臺中港W1測站夏季各分佈函數於不同機率下之風速界線值

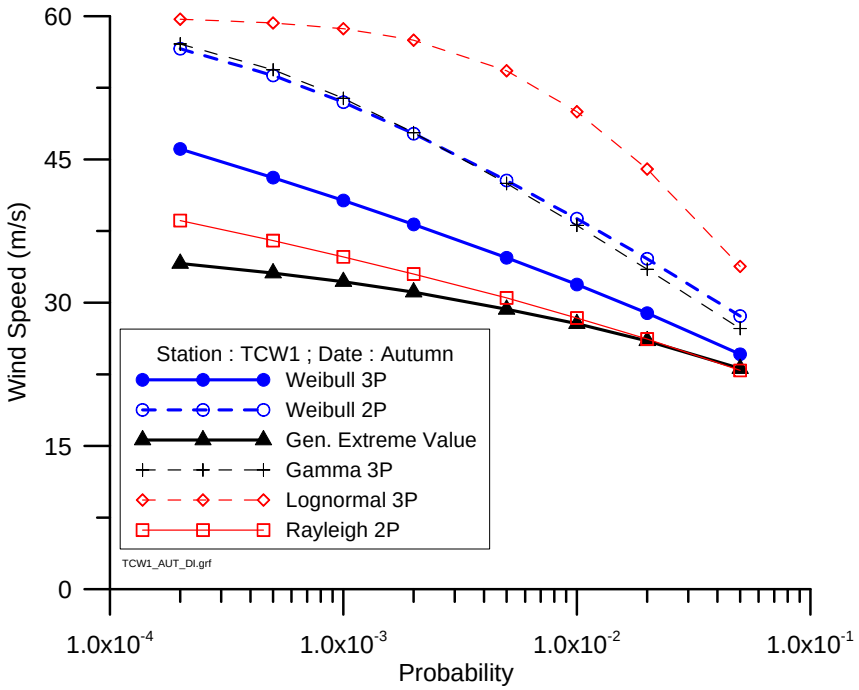


圖4.4.8c 臺中港W1測站秋季各分佈函數於不同機率下之風速界線值

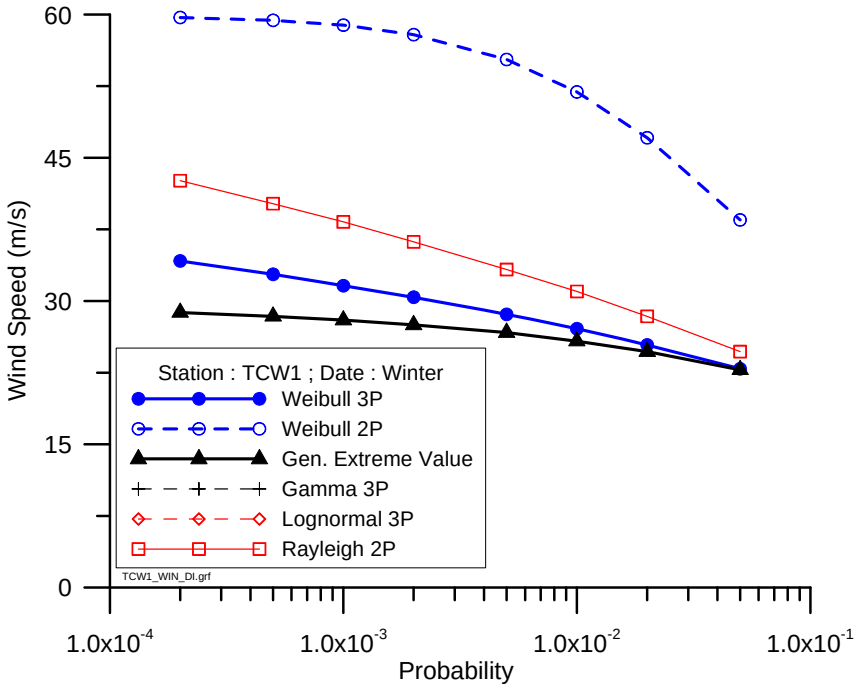


圖4.4.8d 臺中港W1測站冬季各分佈函數於不同機率下之風速界線值

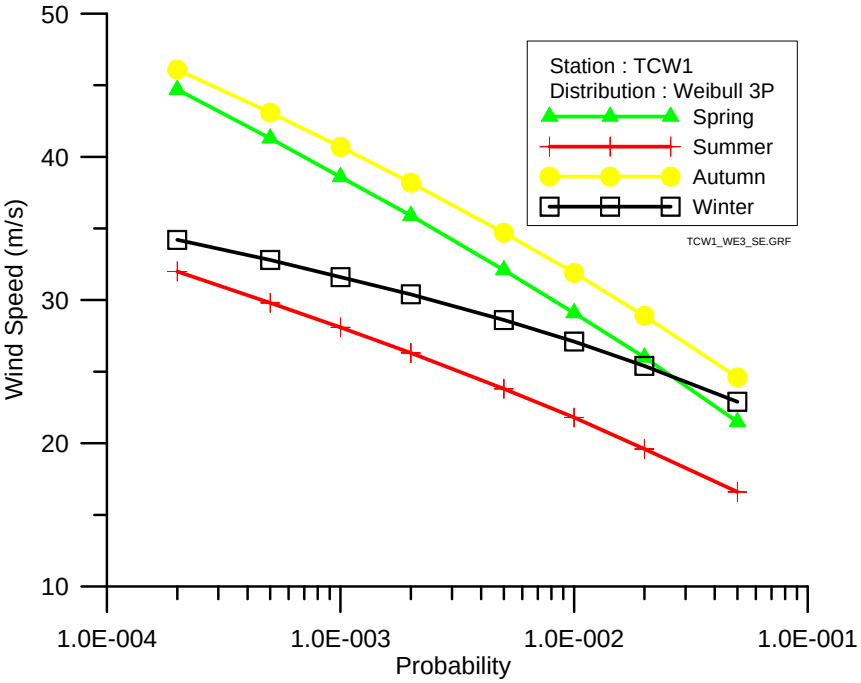


圖4.4.9a 臺中港W1測站不同季別風速機率密度函數比較(韋伯3參數)

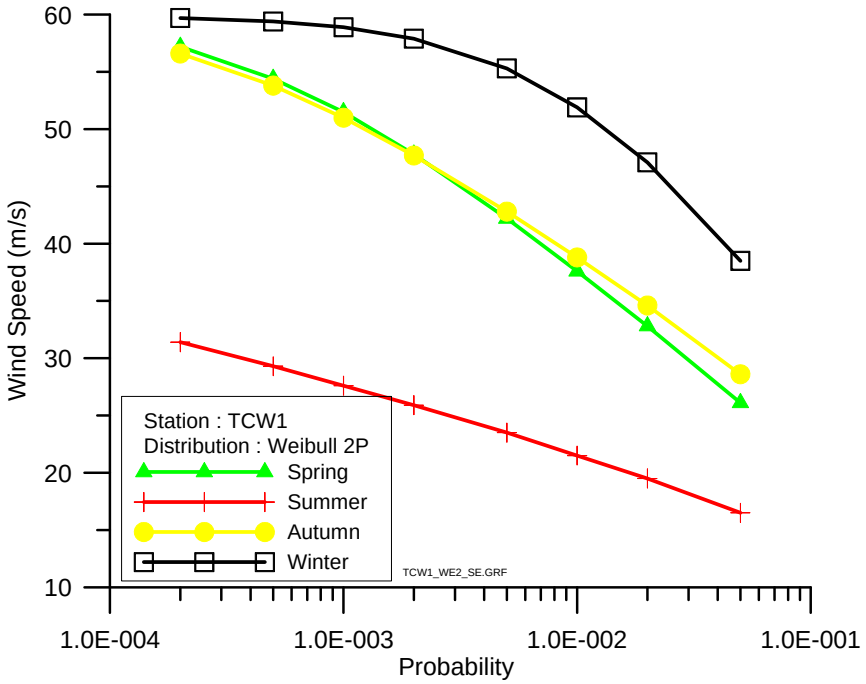


圖4.4.9b 臺中港W1測站不同季別風速機率密度函數比較(韋伯2參數)

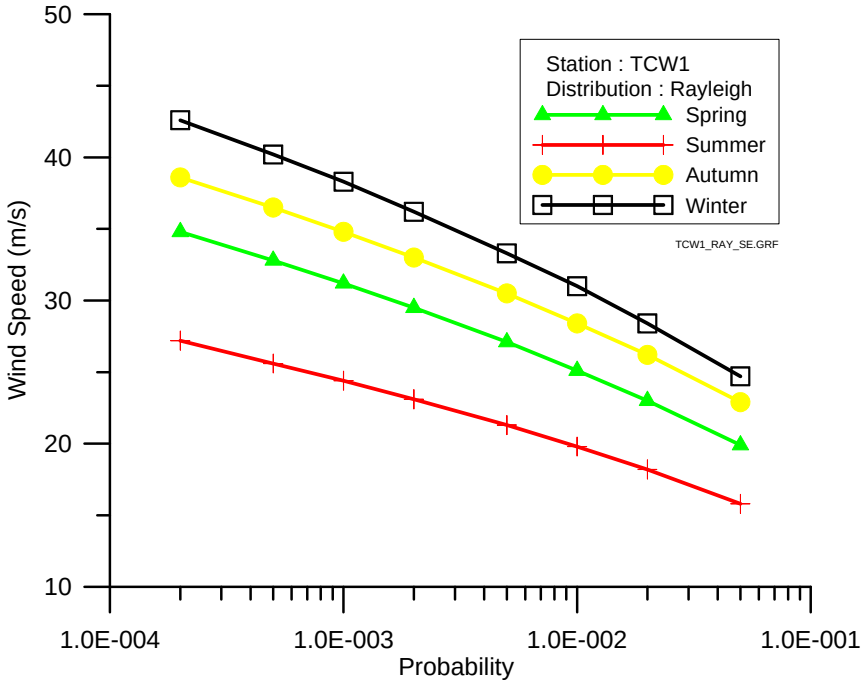


圖4.4.9c 臺中港W1測站不同季別風速機率密度函數比較(萊利)

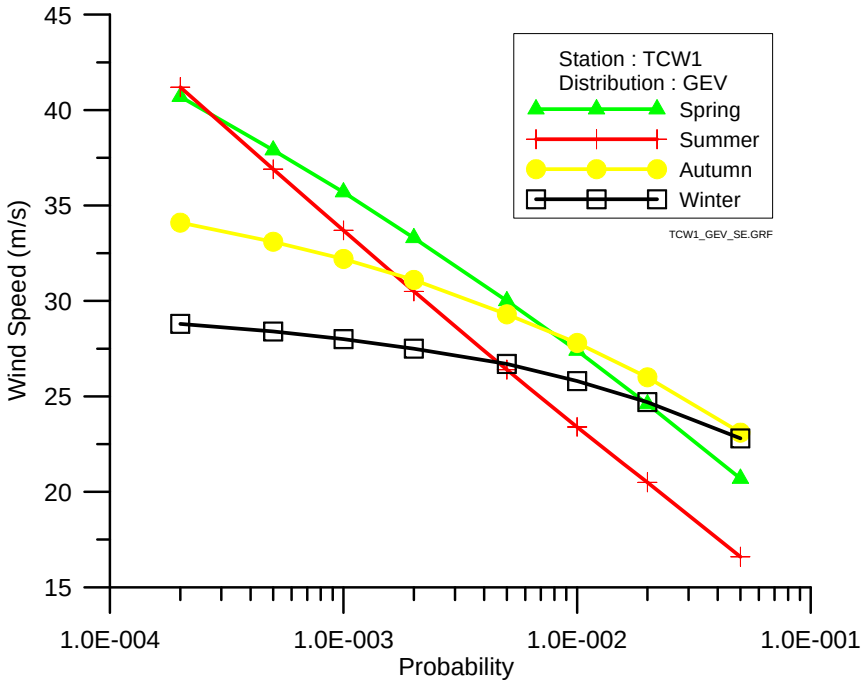


圖4.4.9d 臺中港W1測站不同季別風速機率密度函數比較(通用極值)

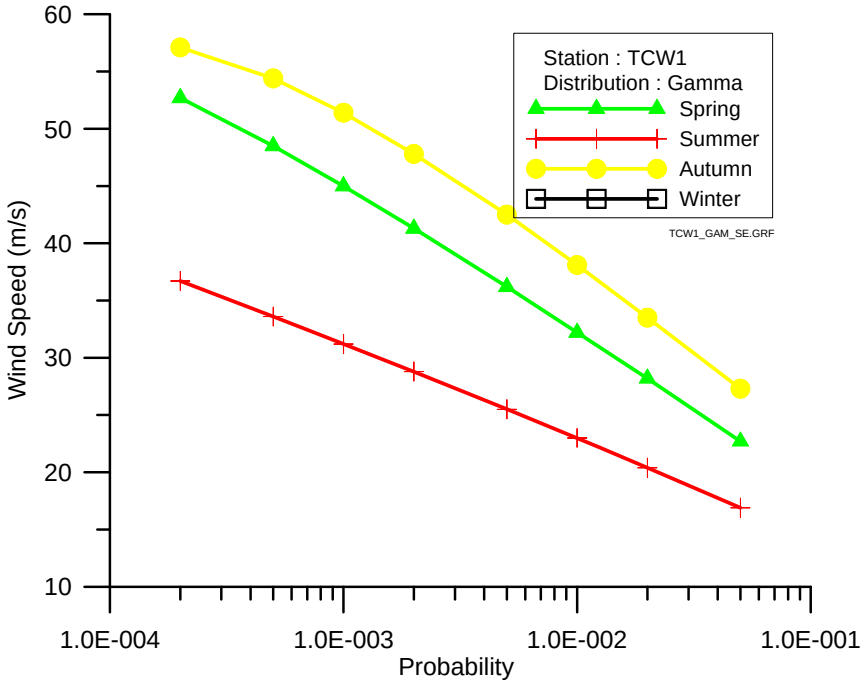


圖4.4.9e 臺中港W1測站不同季別風速機率密度函數比較(伽瑪)

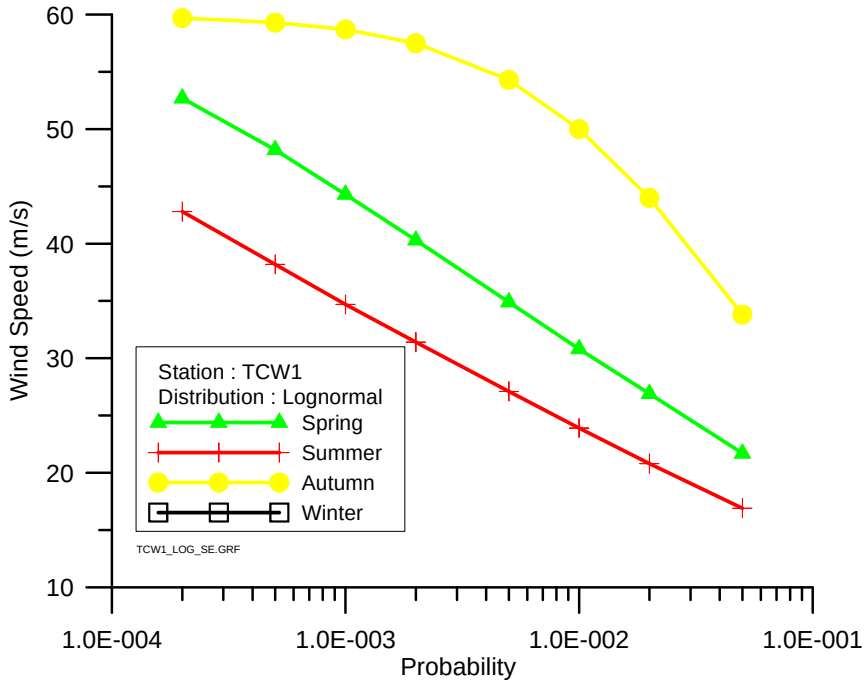


圖4.4.9f 臺中港W1測站不同季別風速機率密度函數比較(對數常態)

4.4.4 安平港W0測站

安平港W0測站風速之分布直方圖及6種機率密度函數之匹配結果如圖4.4.10。由原始風速直方圖分布與各機率密度函數之套疊結果比較顯示其匹配效果在春季及冬季相當良好，而在秋季及夏季則有較明顯的偏差。秋季偏差主要是風速在1m/s~4m/s之間分布直方圖大於機率密度函數；風速在4.5m/s以上分布直方圖小於機率密度函數。另外夏季時風速約在1m/s~3m/s之間分布直方圖小於機率密度函數；風速約在4m/s~6m/s之間分布直方圖稍大於機率密度函數。整體而言，各機率密度函數尚能有效描述風速的分布情形，其中以通用極值最佳。

本測站風速分布之各機率密度函數在不同累積機率下其風速界線值如圖4.4.11。圖中顯示同樣隨累積機率愈小風速界線值愈大，在相同累積機率下對數常態之風速界線值最大而韋伯2參數最小(夏季以通用極值最小)。各機率密度函數間風速界線值之差異同樣隨累積機率愈小而愈明顯，此與其他測站結果相同。

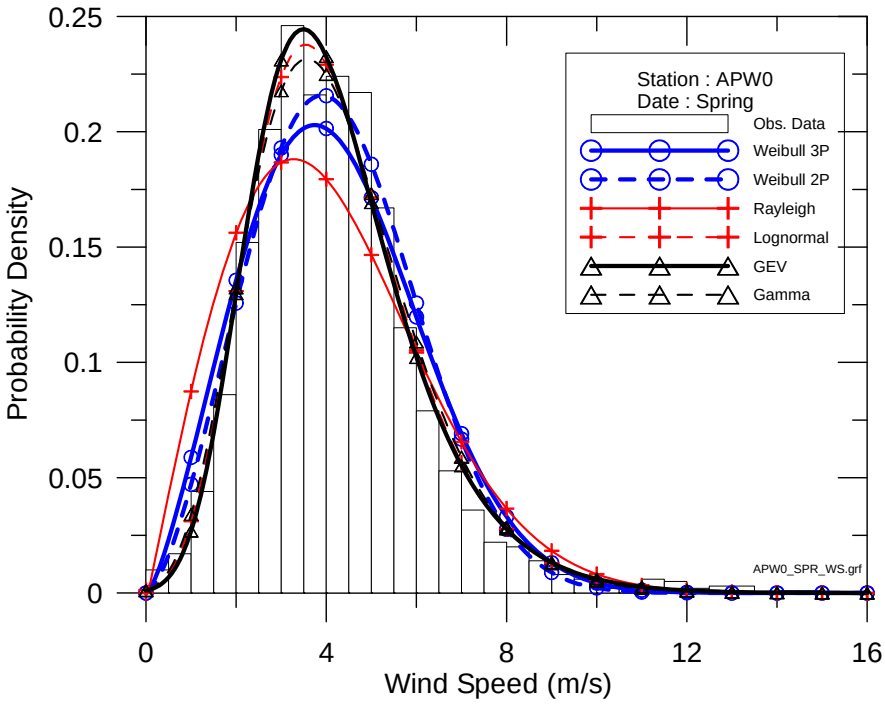


圖4.4.10a 安平港W0測站春季風速分佈與理論機率密度函數套配

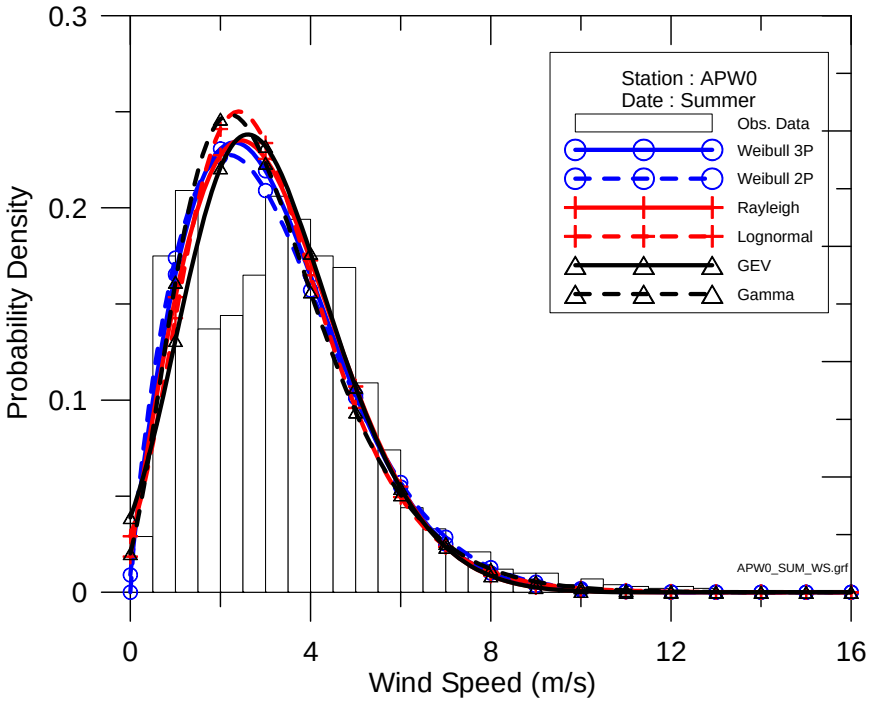


圖4.4.10b 安平港W0測站夏季風速分佈與理論機率密度函數套配

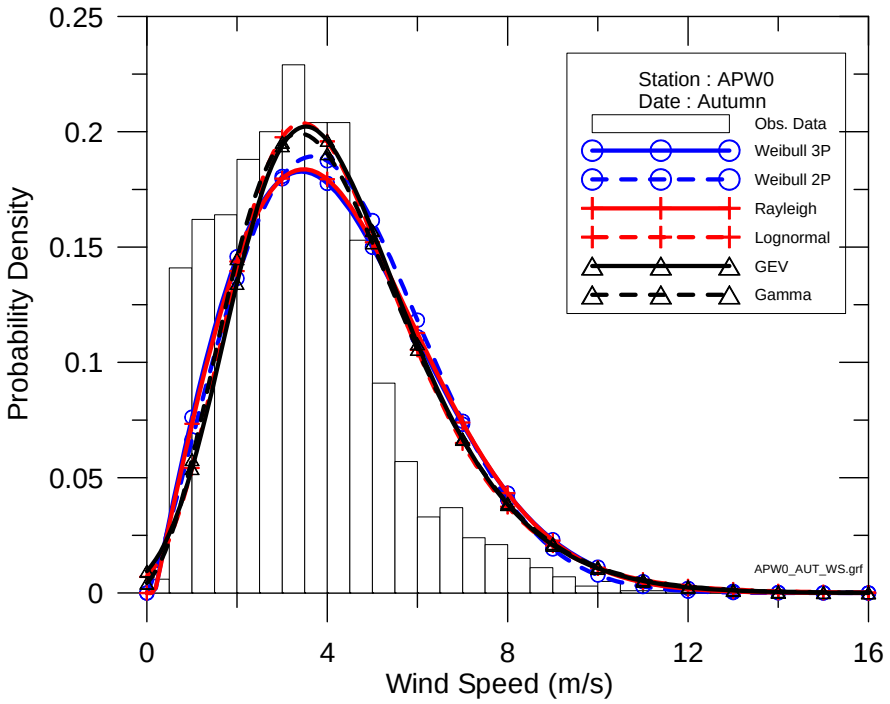


圖4.4.10c 安平港W0測站秋季風速分佈與理論機率密度函數套配

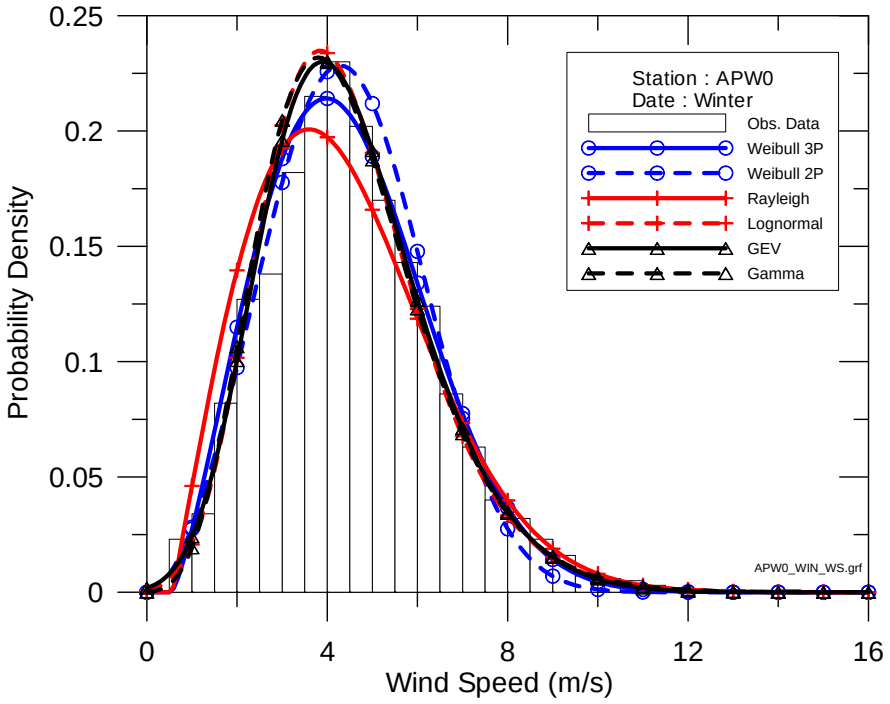


圖4.4.10d 安平港W0測站冬季風速分佈與理論機率密度函數套配

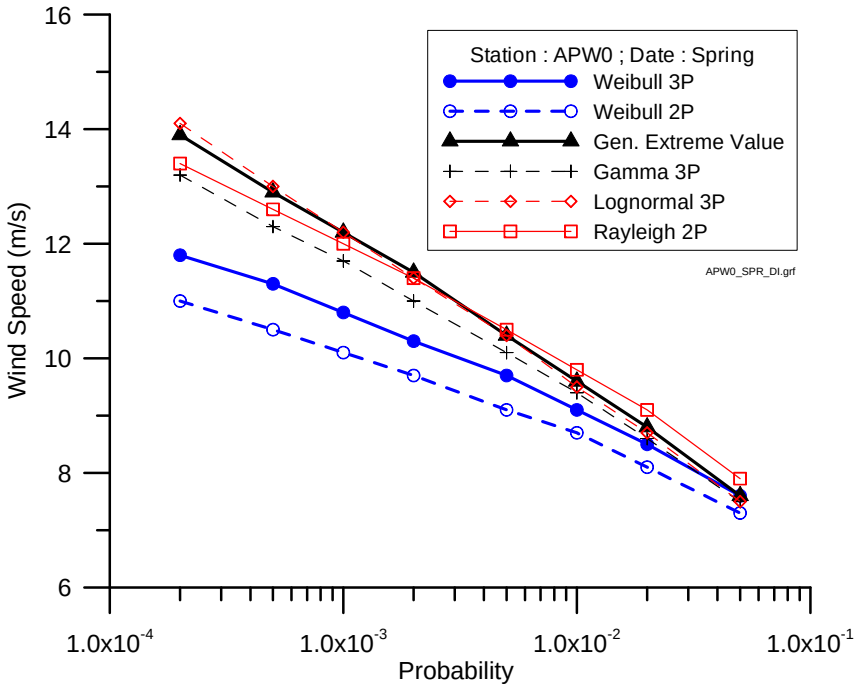


圖4.4.11a 安平港W0測站春季各分佈函數於不同機率下之風速界線值

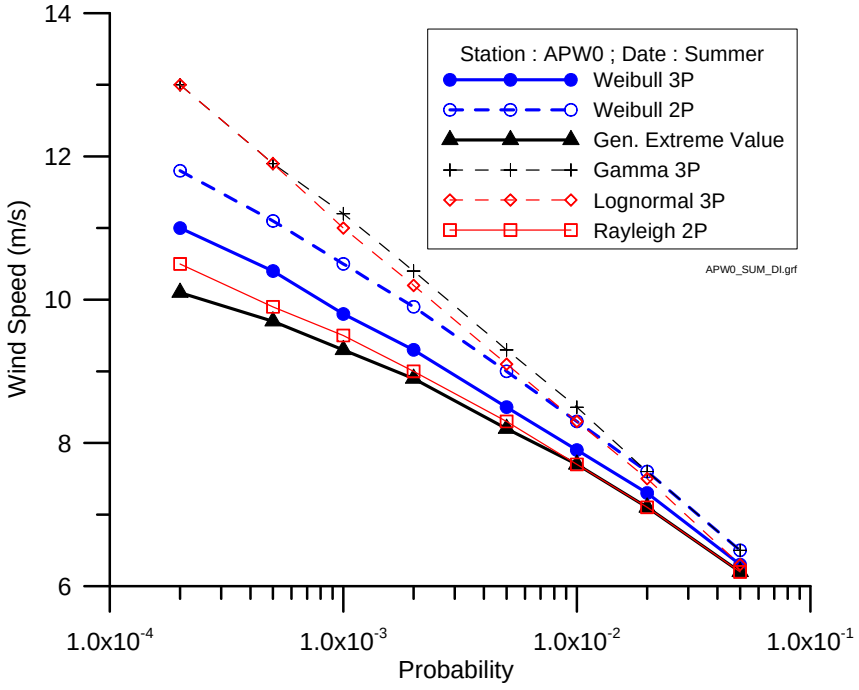


圖4.4.11b 安平港W0測站夏季各分佈函數於不同機率下之風速界線值

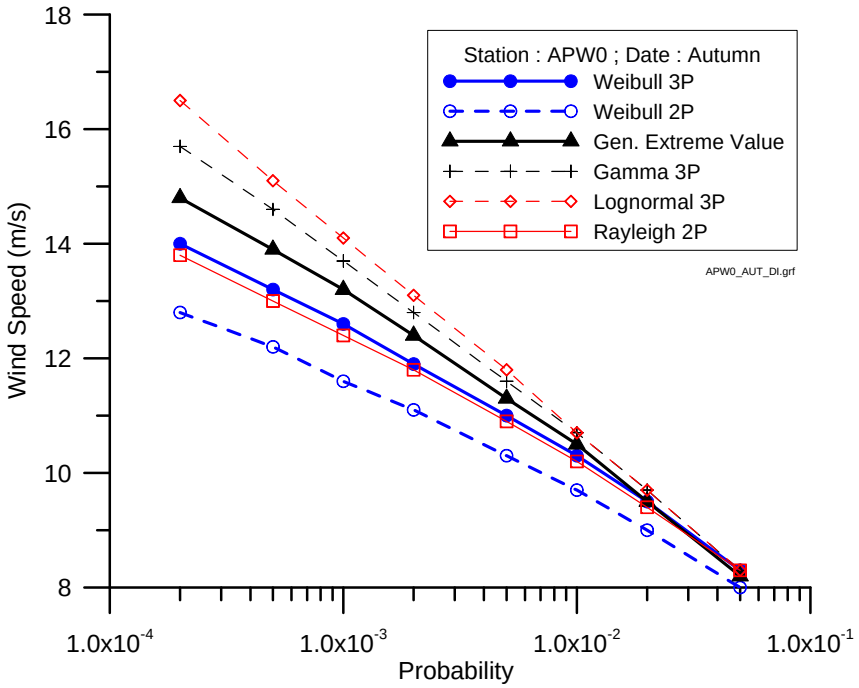


圖4.4.11c 安平港W0測站秋季各分佈函數於不同機率下之風速界線值

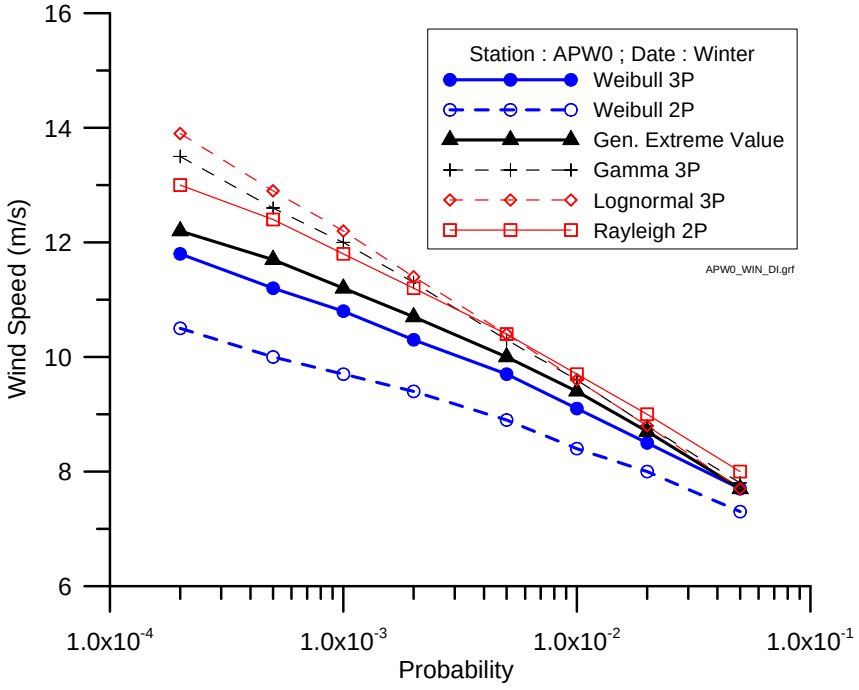


圖4.4.11 安平港W0測站冬季各分佈函數於不同機率下之風速界線值

風速界線值隨季別之變化情形如圖4.4.12。圖中顯示在相同累積機率下各機率密度函數之風速界線值隨季別不同而有差異，尤其是秋季風速界線值最大與夏季風速界線值最小相較兩者相較差異最明顯，而春季與冬季則較接近。除韋伯2參數夏季外，大致而言不同季別之風速界線值隨累積機率愈大而愈小之趨勢各機率密度函數無明顯差異。對照上述其他測站經常在通用極值出現風速界線值隨累積機率愈大而愈小趨勢各季不一致之情形有所不同。此可能是安平港W0測站之風速季統計有良好之穩定性有關。

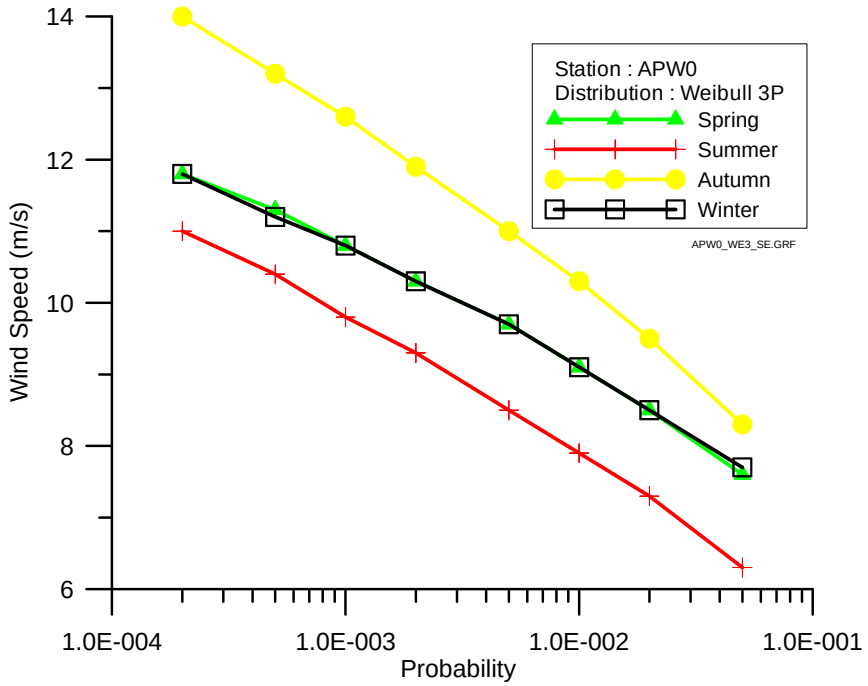


圖4.4.12a 安平港W0測站不同季別風速機率密度函數比較(韋伯3參數)

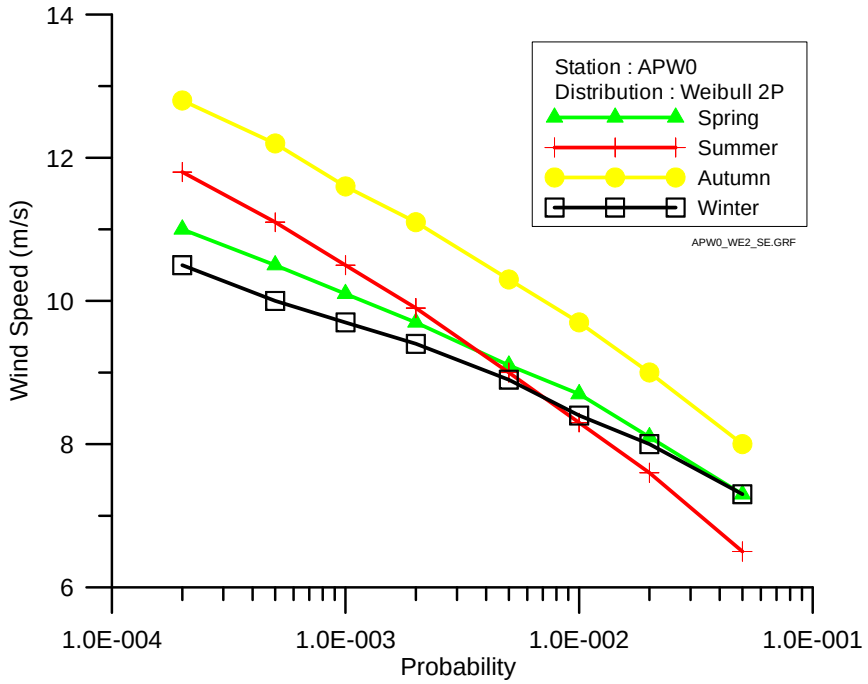


圖4.4.12b 安平港W0測站不同季別風速機率密度函數比較(韋伯2參數)

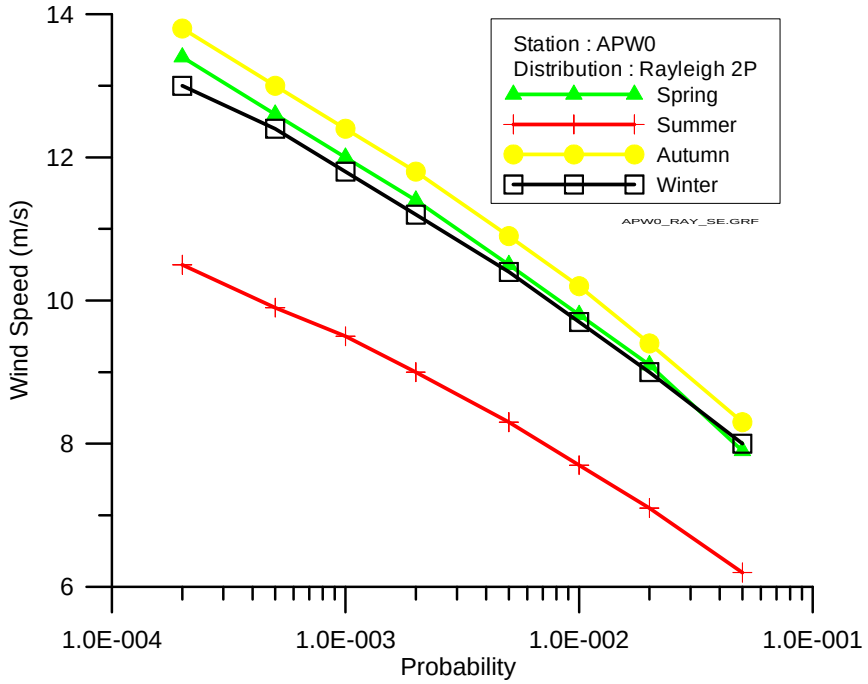


圖4.4.12c 安平港W0測站不同季別風速機率密度函數比較(萊利)

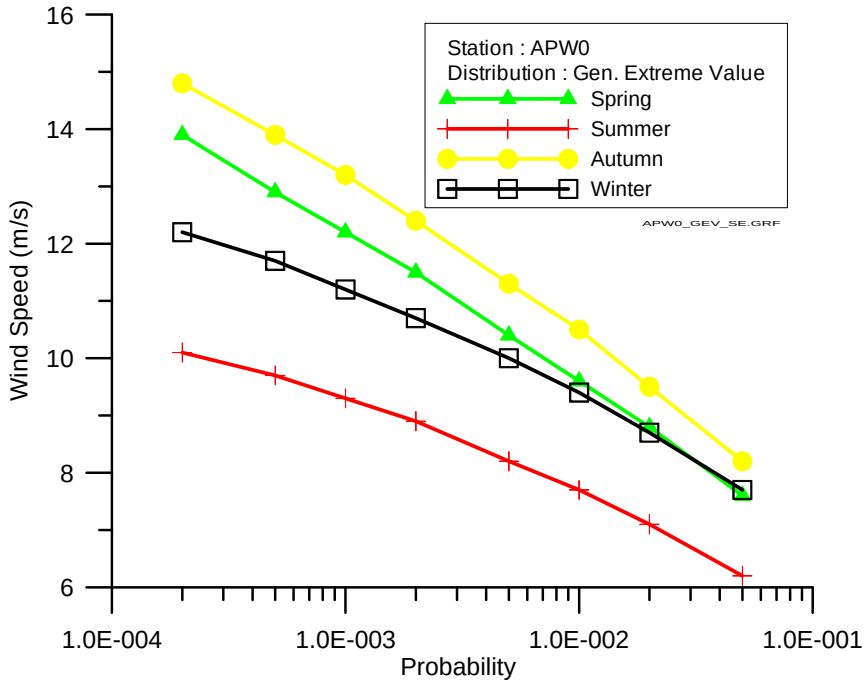


圖4.4.12d 安平港W0測站不同季別風速機率密度函數比較(通用極值)

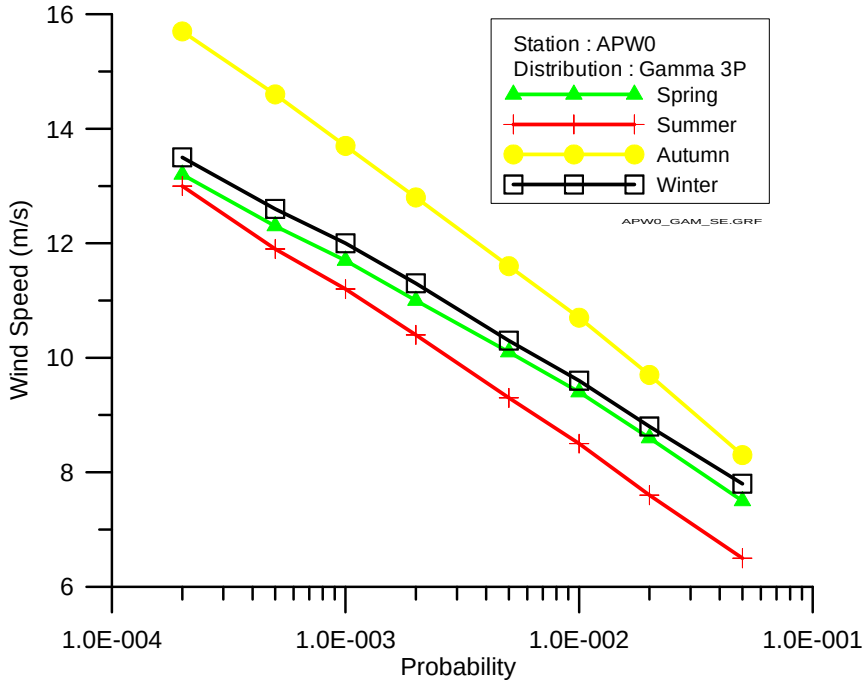


圖4.4.12e 安平港W0測站不同季別風速機率密度函數比較(伽瑪)

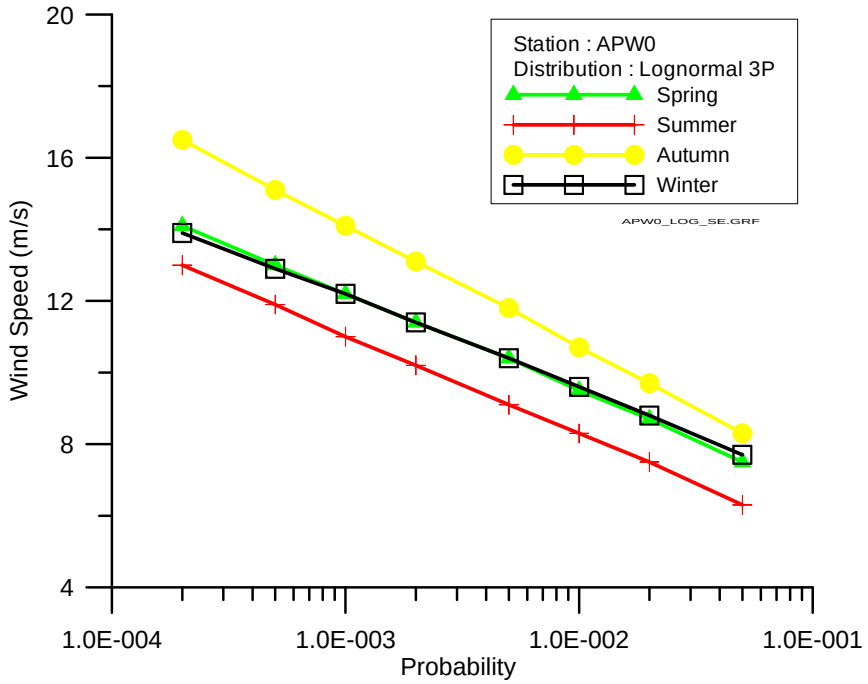


圖4.4.12f 安平港W0測站不同季別風速機率密度函數比較(對數常態)

4.4.5 安平港X0測站

安平港X0測站風速之分布直方圖及6種機率密度函數之匹配結果如圖4.4.13。由原始風速直方圖分布與各機率密度函數之套疊結果比較顯示其匹配效果在春季、夏季及冬季相當良好，而在秋季則有些許偏差。秋季偏差主要是風速在0.5m/s~4m/s之間分布直方圖大於機率密度函數；風速約在6.0m/s以上分布直方圖小於機率密度函數。整體而言，各機率密度函數皆能有效描述風速的分布情形，其中以韋伯3參數及韋伯2參數較佳。

本測站風速分布之各機率密度函數在不同累積機率下其風速界線值如圖4.4.14。圖中顯示同樣隨累積機率愈小風速界線值愈大，在相同累積機率下對數常態之風速界線值與其他機率函數相較明顯不同且較大許多，因此針對檢核標準的選定而言，可能不是理想的機率密度函數，此與臺中港E0測站之結果相似。各機率密度函數間風速界線值之差異同樣隨累積機率愈小而愈明顯，換言之隨累積機率愈大各機率密度函數間風速界線值愈接近，當累積機率為5%時機無差異，此與其他測站結果相同。

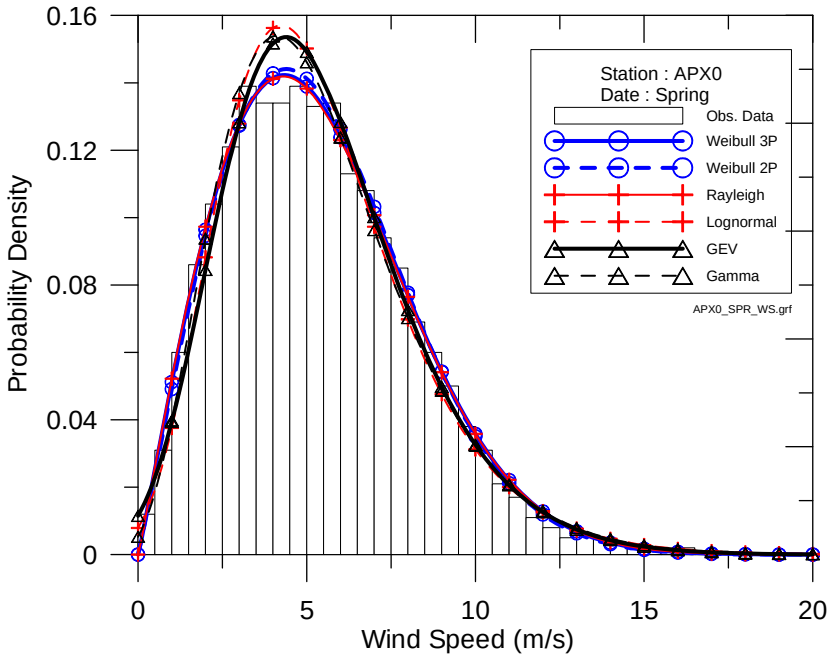


圖4.4.13a 安平港X0測站春季風速分佈與理論機率密度函數套配

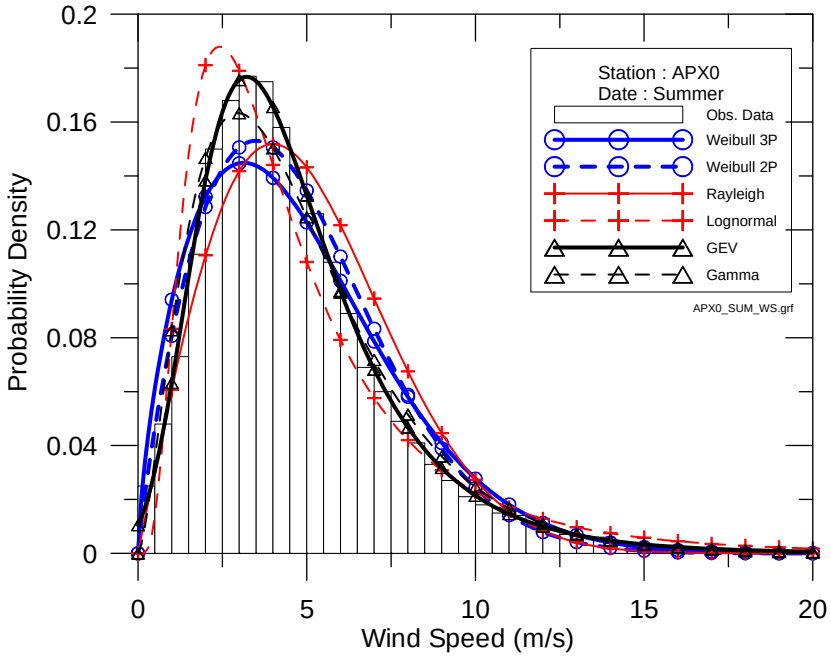


圖4.4.13b 安平港X0測站夏季風速分佈與理論機率密度函數套配

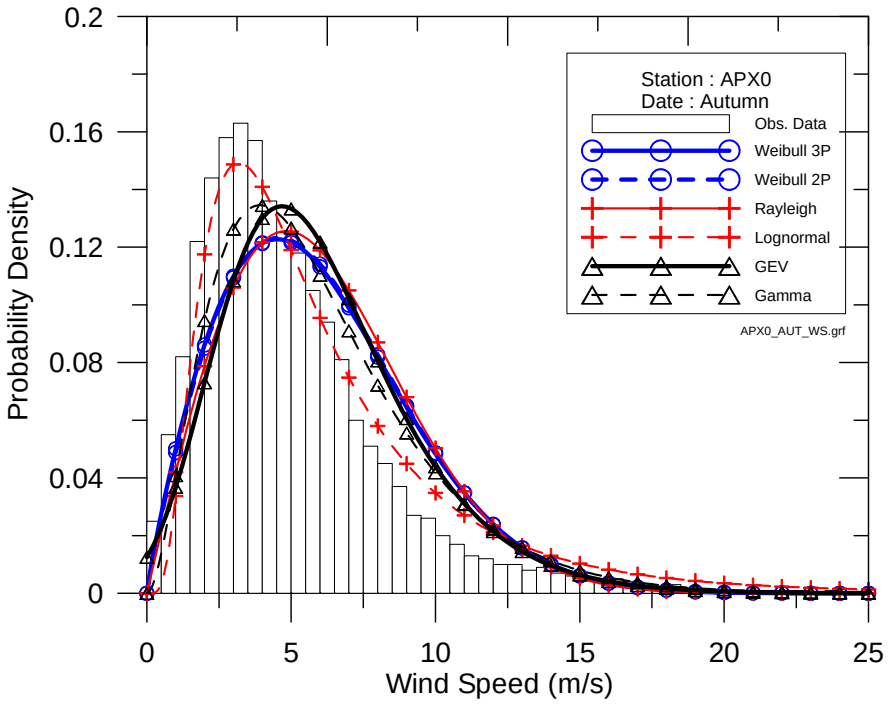


圖4.4.13c 安平港X0測站秋季風速分佈與理論機率密度函數套配

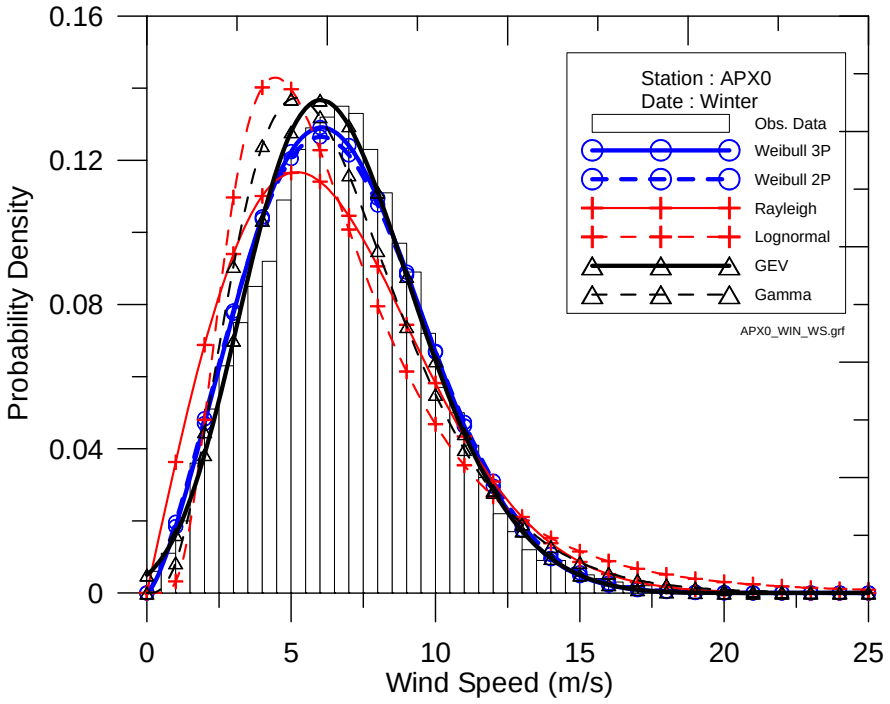


圖4.4.13d 安平港X0測站冬季風速分佈與理論機率密度函數套配

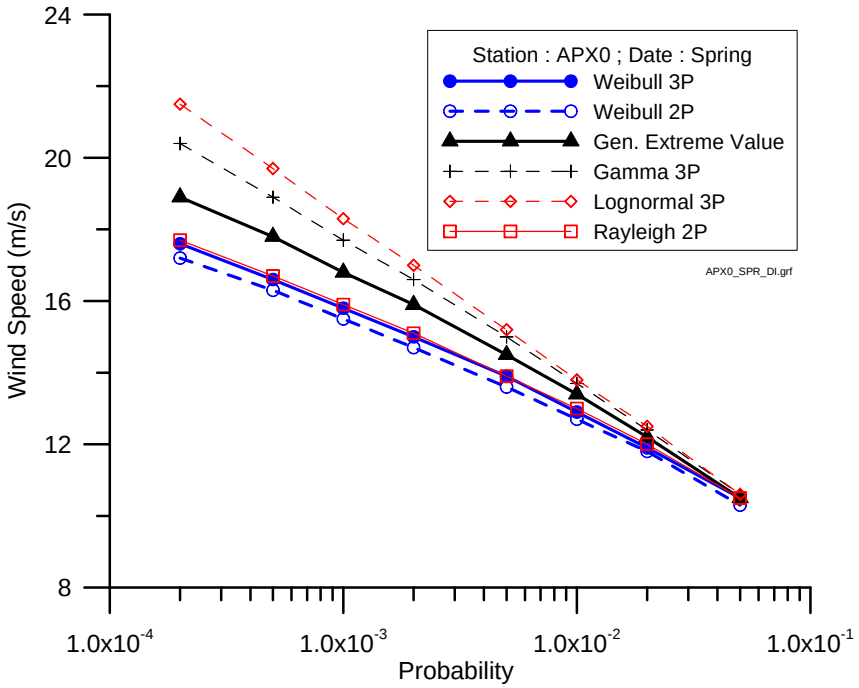


圖4.4.14a 安平港X0測站春季各分佈函數於不同機率下之風速界線值

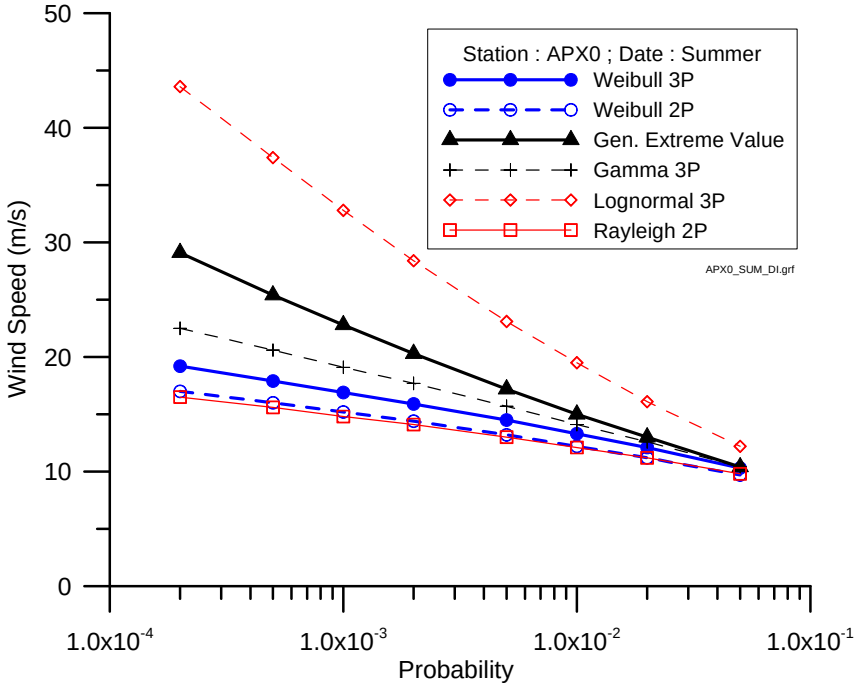


圖4.4.14b 安平港X0測站夏季各分佈函數於不同機率下之風速界線值

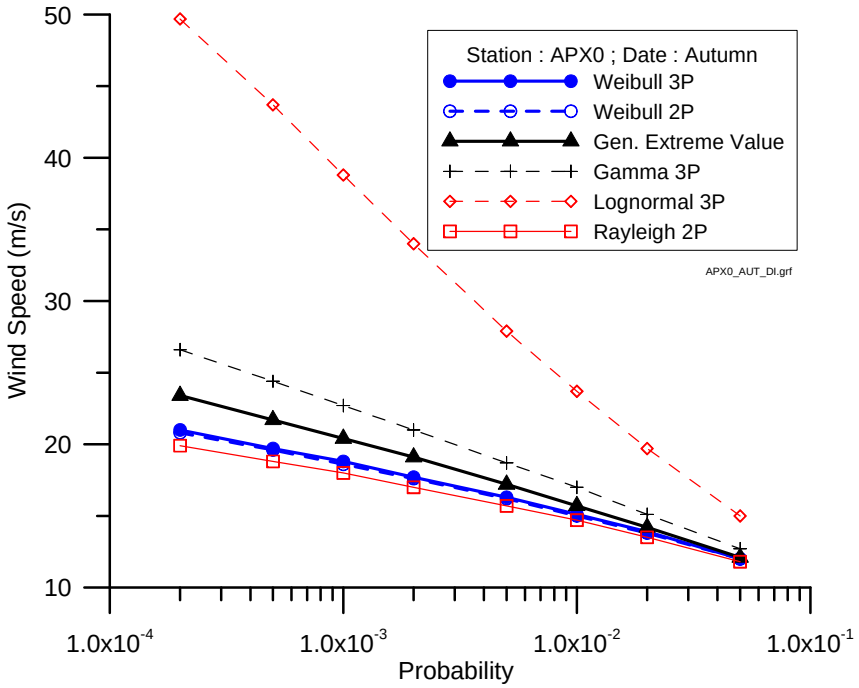


圖4.4.14c 安平港X0測站秋季各分佈函數於不同機率下之風速界線值

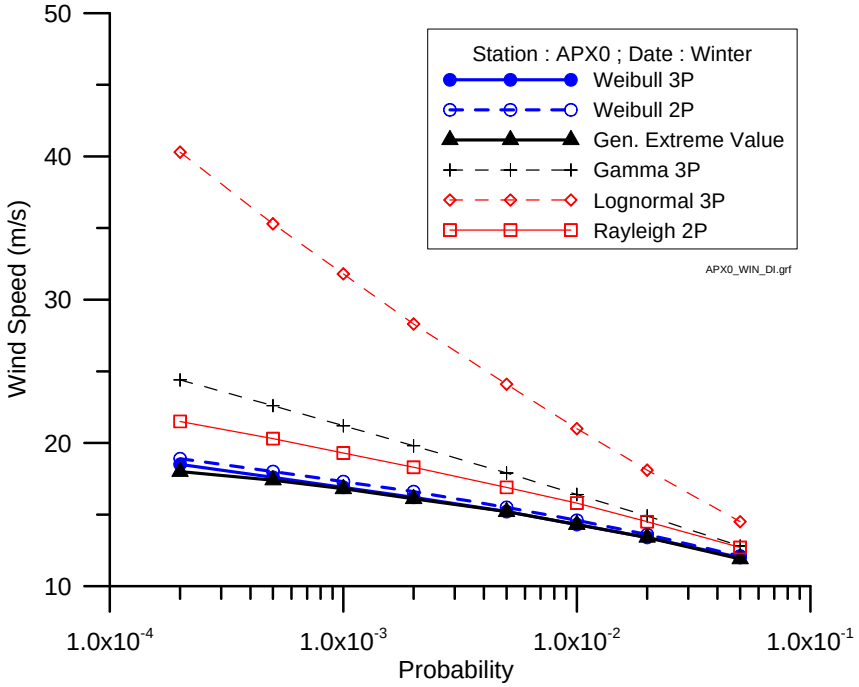


圖4.4.14d 安平港X0測站冬季各分佈函數於不同機率下之風速界線值

風速界線值隨季別之變化情形如圖4.4.15。圖中顯示在相同累積機率下各機率密度函數之風速界線值隨季別不同而有差異，其中通用極值夏季及對數常態春季風速界線值隨累積機率愈大而愈小之趨勢與其他季別不一致，此和臺中港W1測站之結果相似。以通用極值為例如圖4.4.15d顯示夏季風速界線值隨累積機率愈大而愈小之程度較冬季明顯。對大部分的機率密度函數而言，以秋季風速界線值最大與春季風速界線值最小，相較兩者相較差異最明顯。本測站風速界線值隨季別之變化情形與臺中港W1測站相似，其原因可能與安平港X0在海上觀測樁而臺中港W1在北防坡堤頭，兩者所量測同是離岸較遠之無遮蔽海面風速有關。

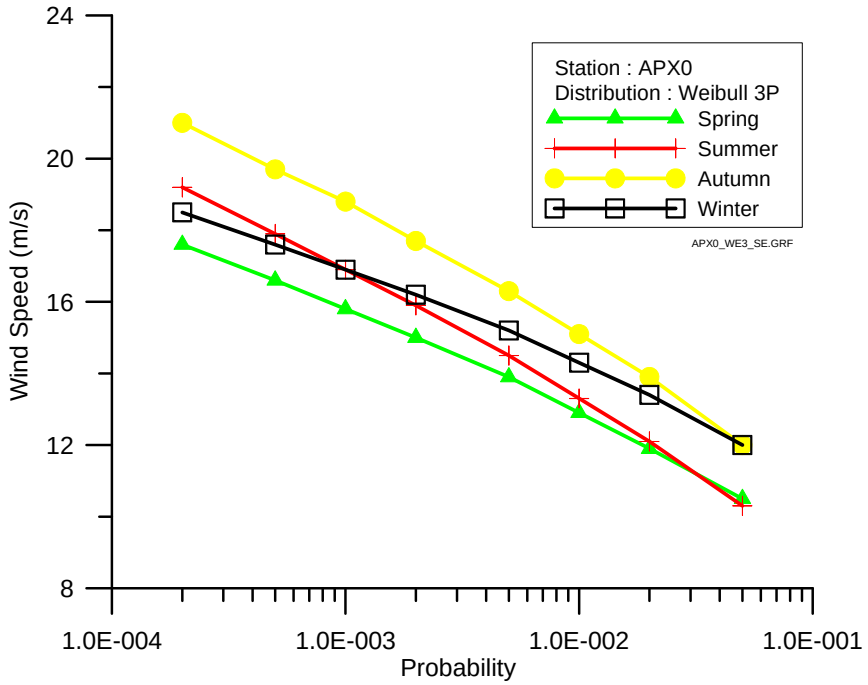


圖4.4.15a 安平港X0測站不同季別風速機率密度函數比較(韋伯3參數)

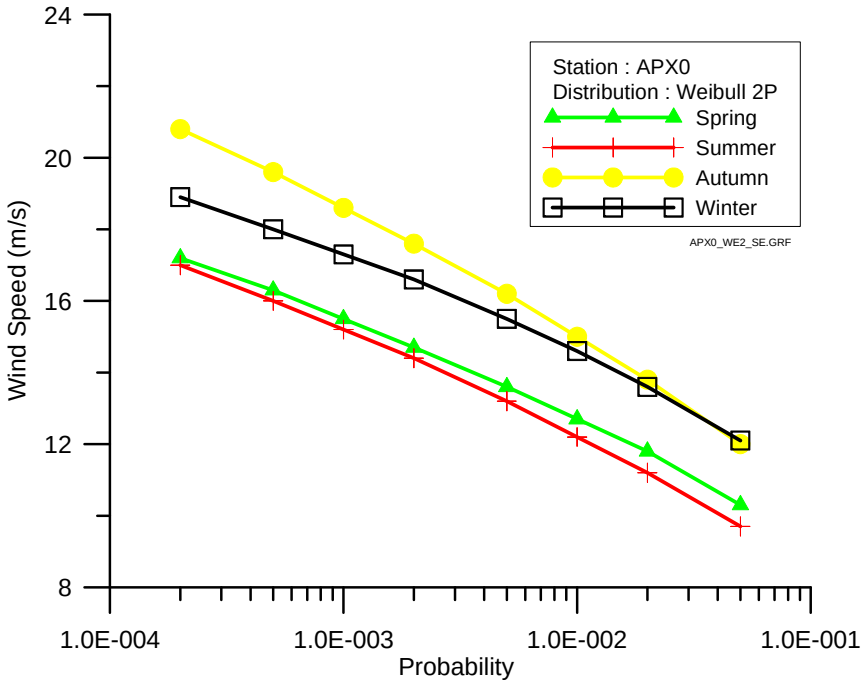


圖4.4.15b 安平港X0測站不同季別風速機率密度函數比較(韋伯2參數)

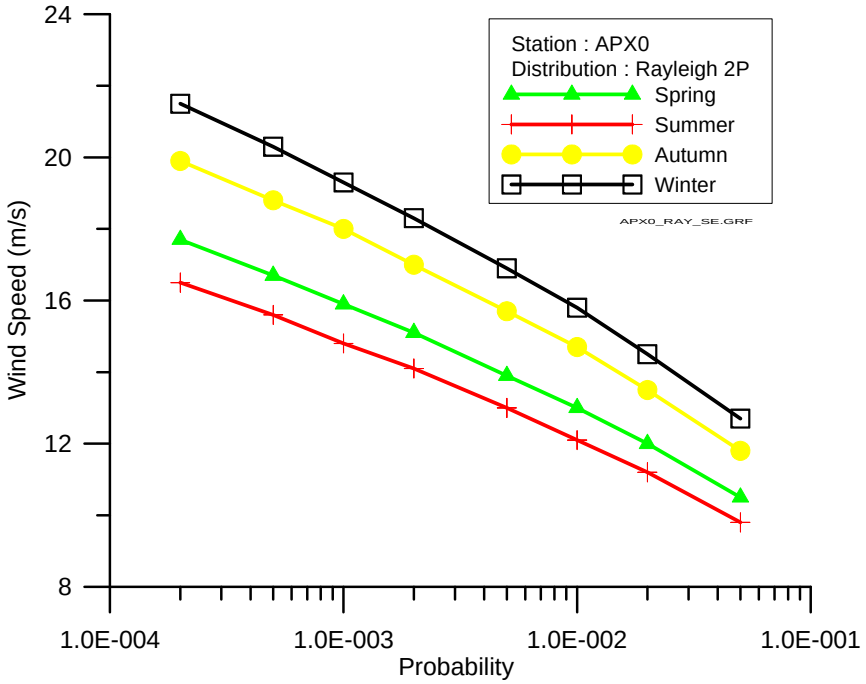


圖4.4.15c 安平港X0測站不同季別風速機率密度函數比較(萊利)

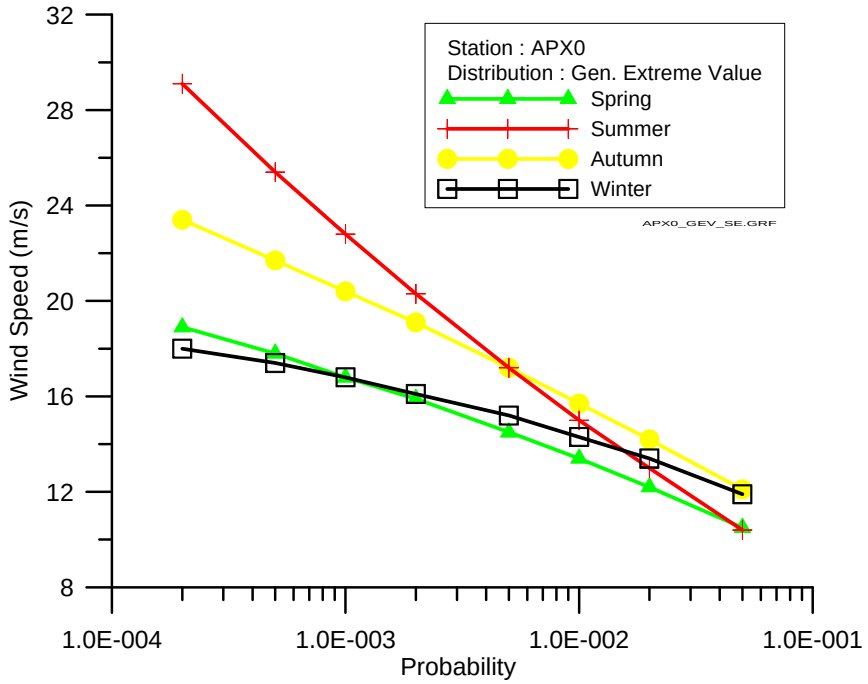


圖4.4.15d 安平港X0測站不同季別風速機率密度函數比較(通用極值)

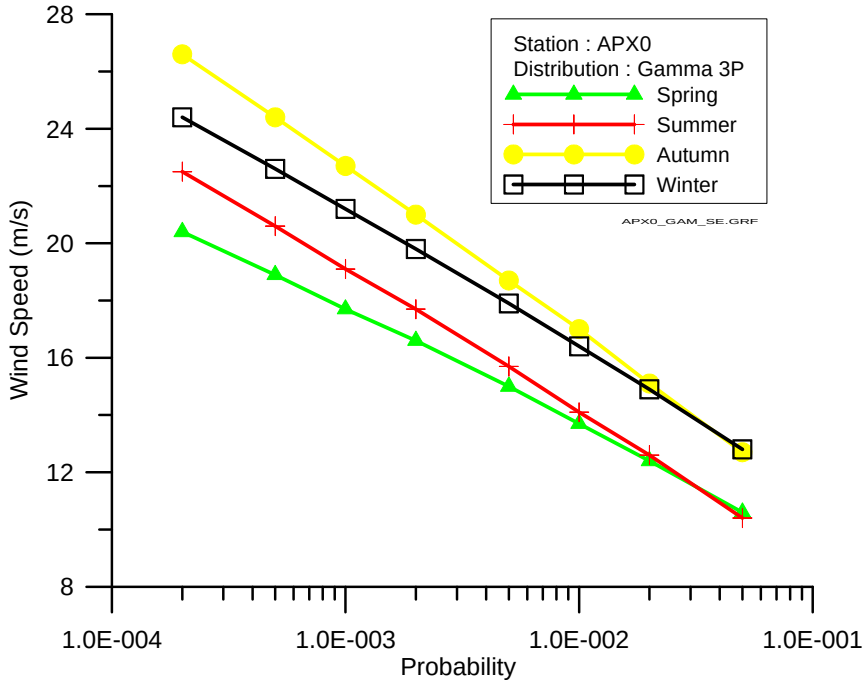


圖4.4.15e 安平港X0測站不同季別風速機率密度函數比較(伽瑪)

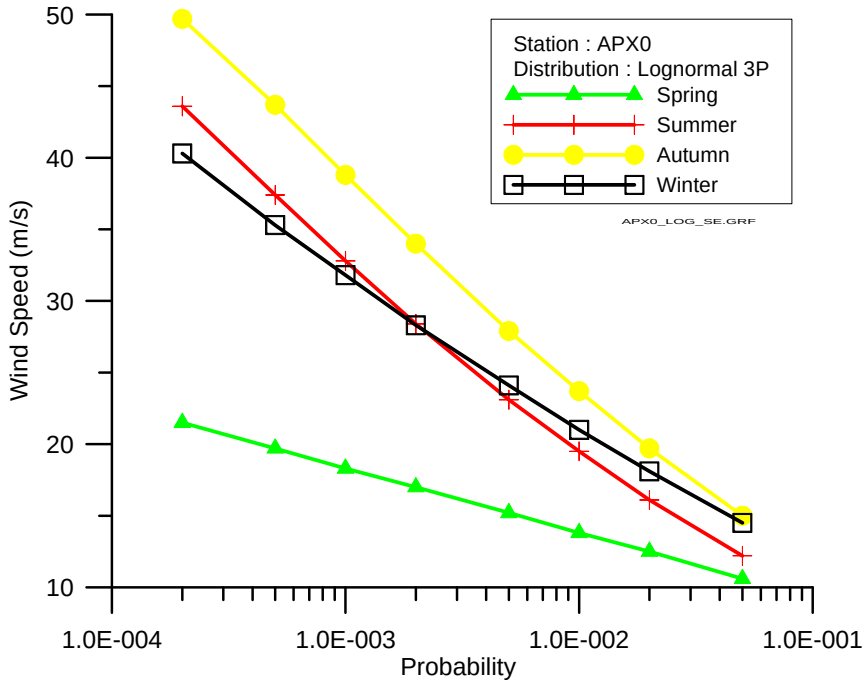


圖4.4.15f 安平港X0測站不同季別風速機率密度函數比較(對數常態)

4.4.6 布袋港W0測站

布袋港W0測站風速之分布直方圖及6種機率密度函數之匹配結果如圖4.4.16。由原始風速直方圖分布與各機率密度函數之套疊結果比較顯示其匹配效果在春季及夏季相當良好，而在秋季與冬季則有些許的偏差。秋季偏差主要是風速在0.5m/s~4m/s之間分布直方圖大於機率密度函數；風速約在6.0m/s以上分布直方圖小於機率密度函數，此與安平港W0及X0測站相似。整體而言，各機率密度函數皆能有效描述風速的分布情形，其中以韋伯3參數及伽瑪較佳。

本測站風速分布之各機率密度函數在不同累積機率下其風速界線值如圖4.4.17。圖中顯示同樣隨累積機率愈小風速界線值愈大，在相同累積機率下對數常態之風速界線值最大而萊利最小(夏季以通用極值最大；冬季以萊利最大且通用極值最小)。各機率密度函數間風速界線值之差異同樣隨累積機率愈小而愈明顯，換言之隨累積機率愈大各機率密度函數間風速界線值愈接近，當累積機率為5%時機無差異，此與其他測站結果相同。

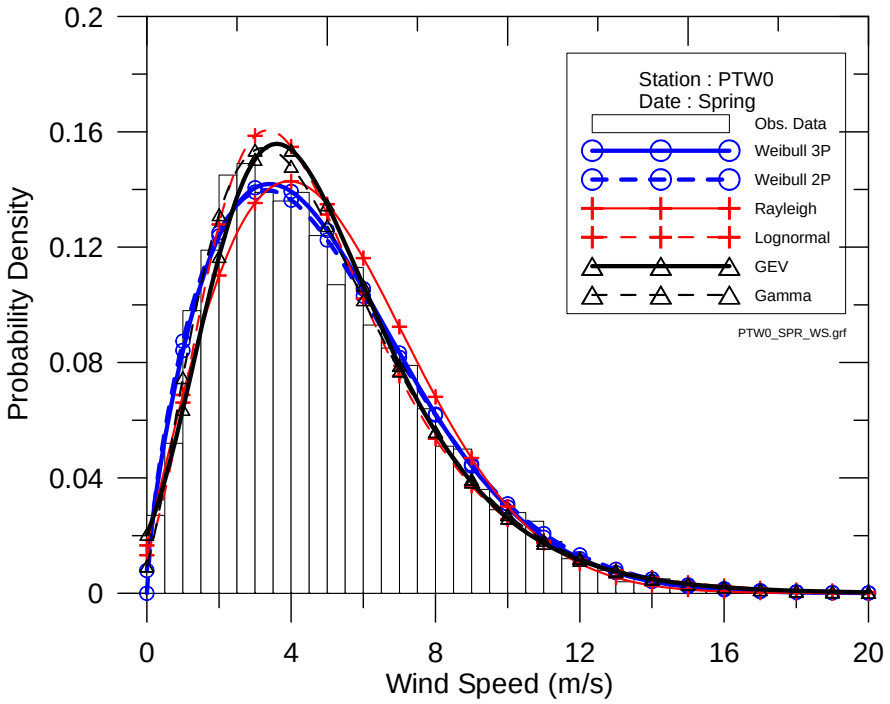


圖4.4.16a 布袋港W0測站春季風速分佈與理論機率密度函數套配

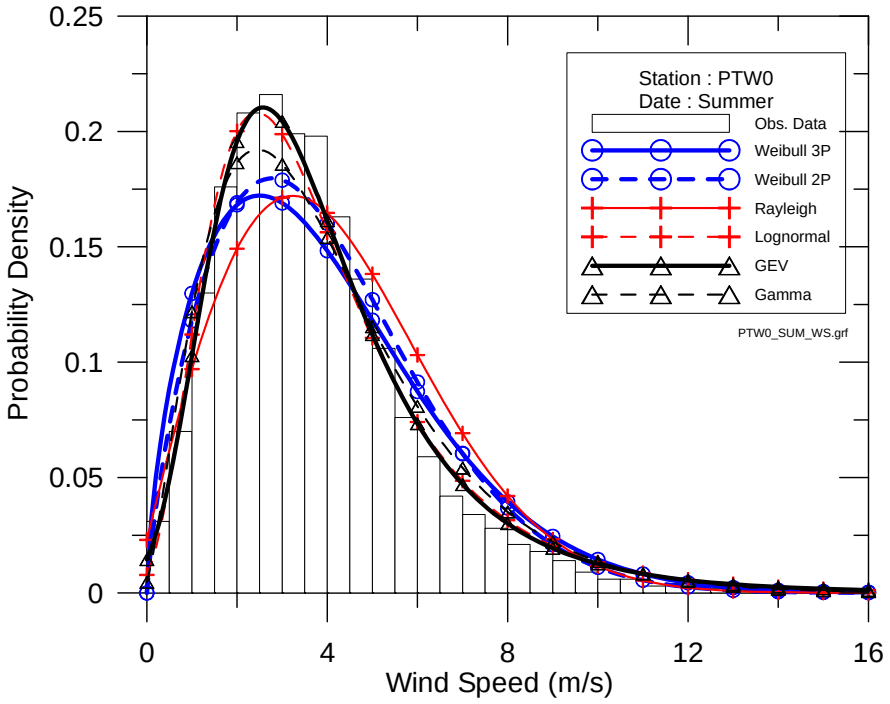


圖4.4.16b 布袋港W0測站夏季風速分佈與理論機率密度函數套配

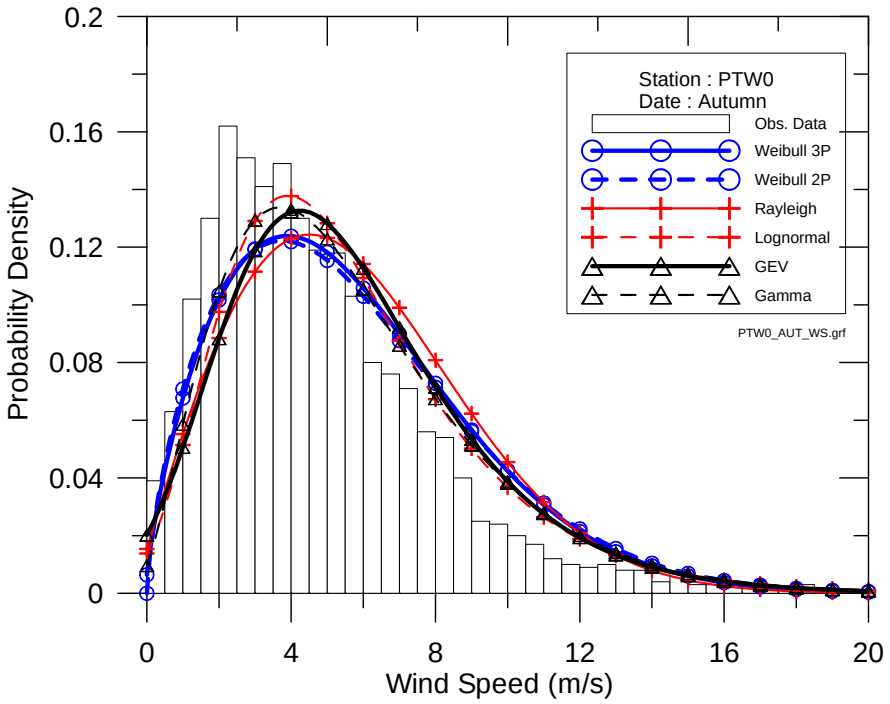


圖4.4.16c 布袋港W0測站秋季風速分佈與理論機率密度函數套配

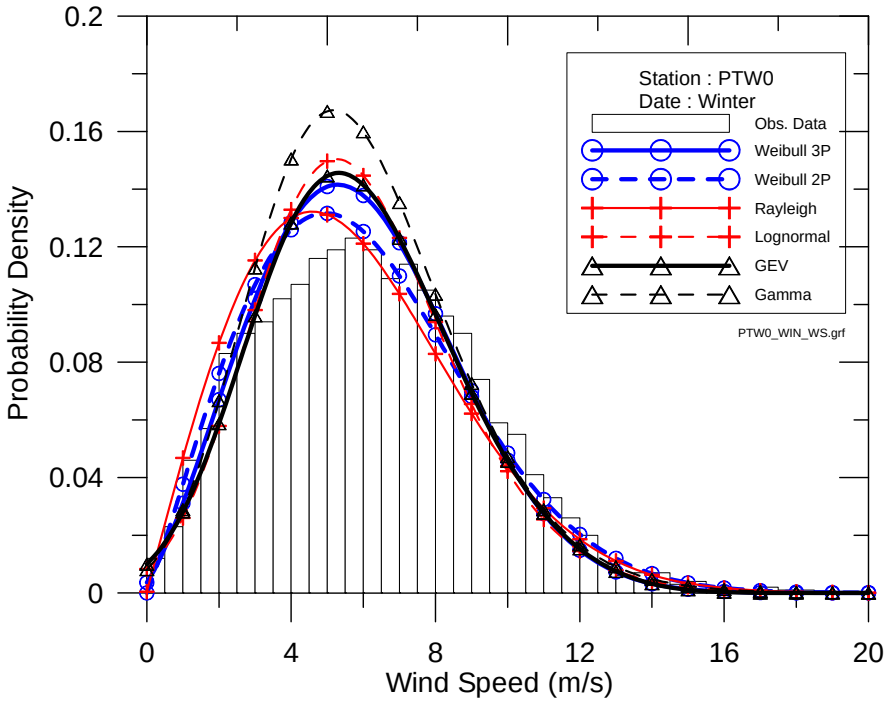


圖4.4.16d 布袋港W0測站冬季風速分佈與理論機率密度函數套配

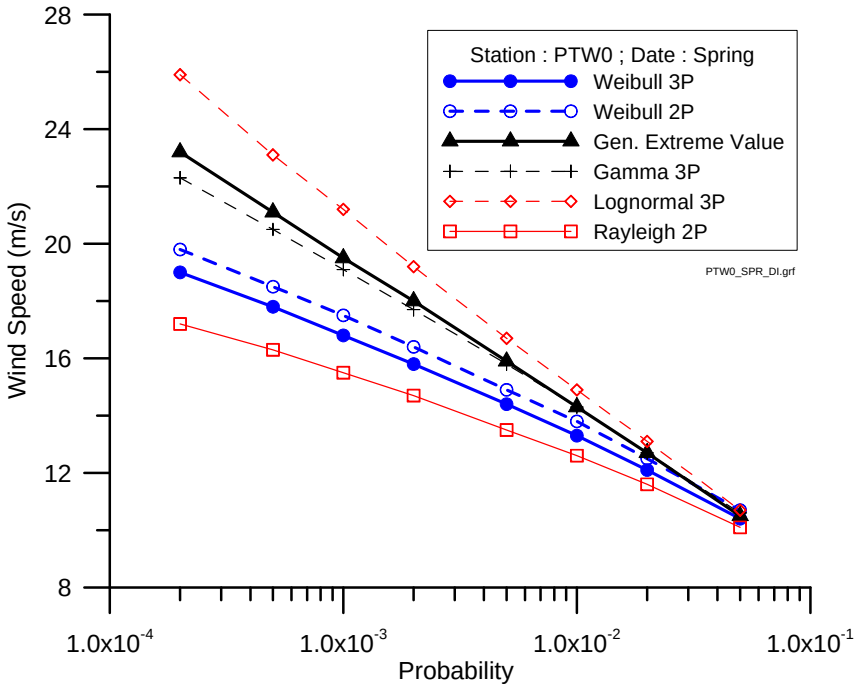


圖4.4.17a 布袋港W0測站春季各分佈函數於不同機率下之風速界線值

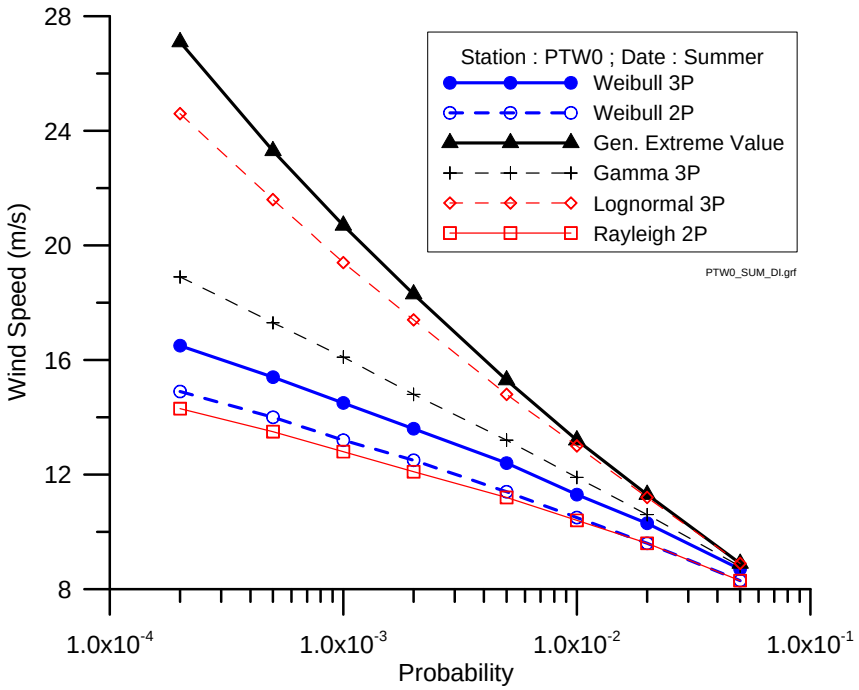


圖4.4.17b 布袋港W0測站夏季各分佈函數於不同機率下之風速界線值

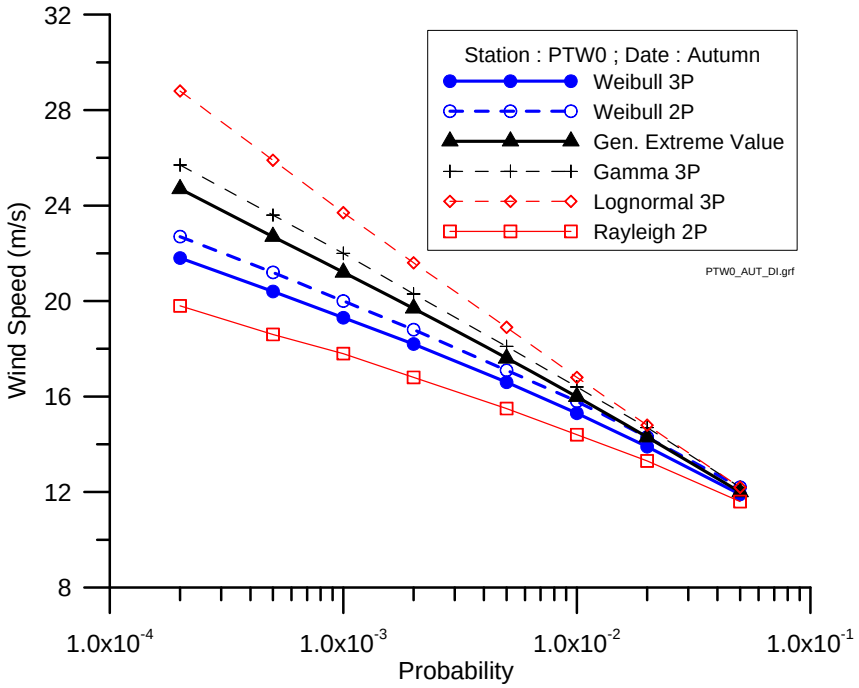


圖4.4.17c 布袋港W0測站秋季各分佈函數於不同機率下之風速界線值

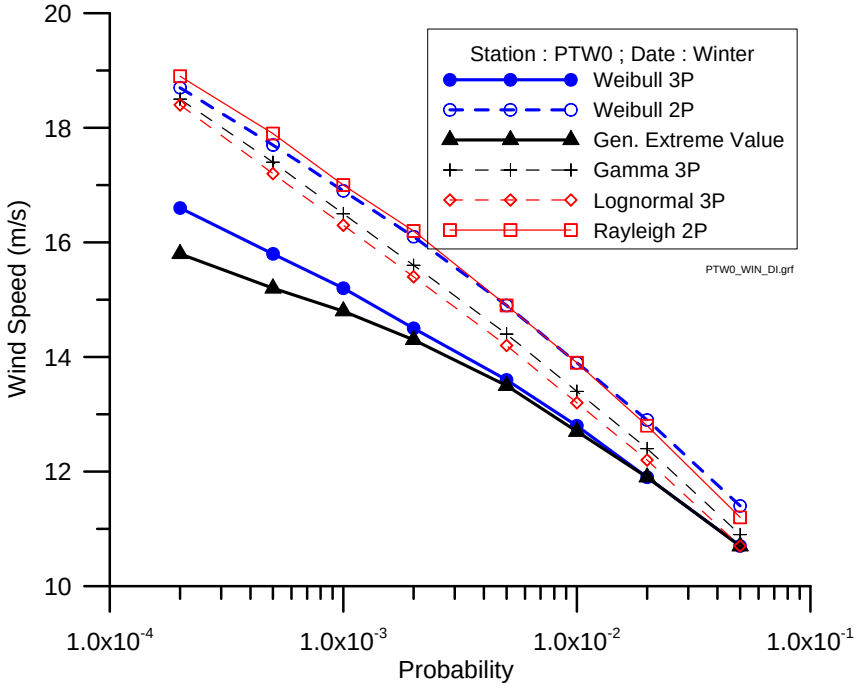


圖4.4.17d 布袋港W0測站冬季各分佈函數於不同機率下之風速界線值

風速界線值隨季別之變化情形如圖4.4.18。圖中顯示在相同累積機率下各機率密度函數之風速界線值隨季別不同而有差異，其中通用極值的夏季及對數常態的冬季風速界線值隨累積機率愈大而愈小之趨勢與其他季別不一致，此和安平港X0測站之結果相似。以通用極值為例如圖4.4.18d顯示夏季風速界線值隨累積機率愈大而愈小之程度較冬季明顯。對大部分的機率密度函數而言，以秋季風速界線值最大與夏季風速界線值最小，相較兩者相較差異最明顯。

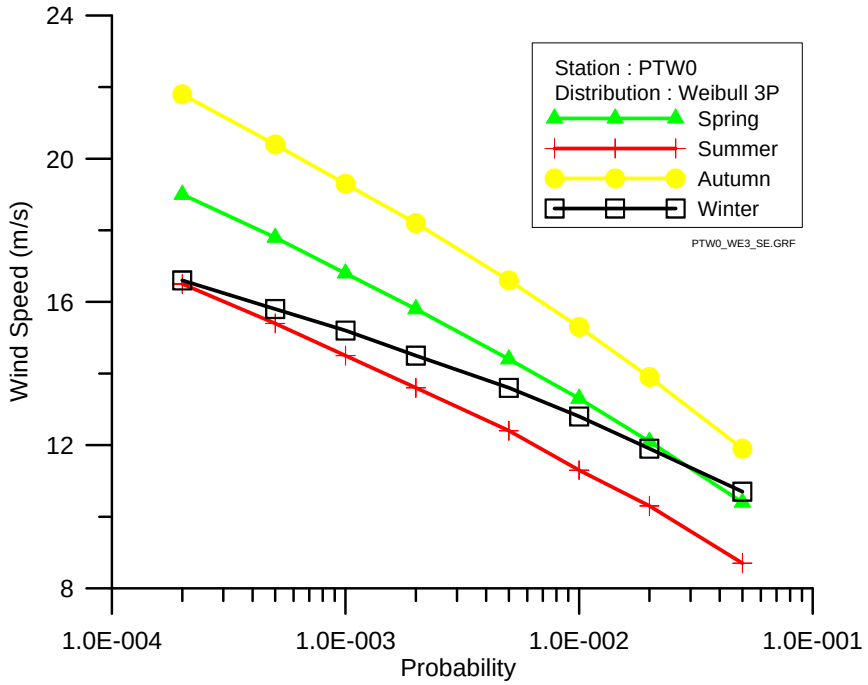


圖4.4.18a 布袋港W0測站不同季別風速機率密度函數比較(韋伯3參數)

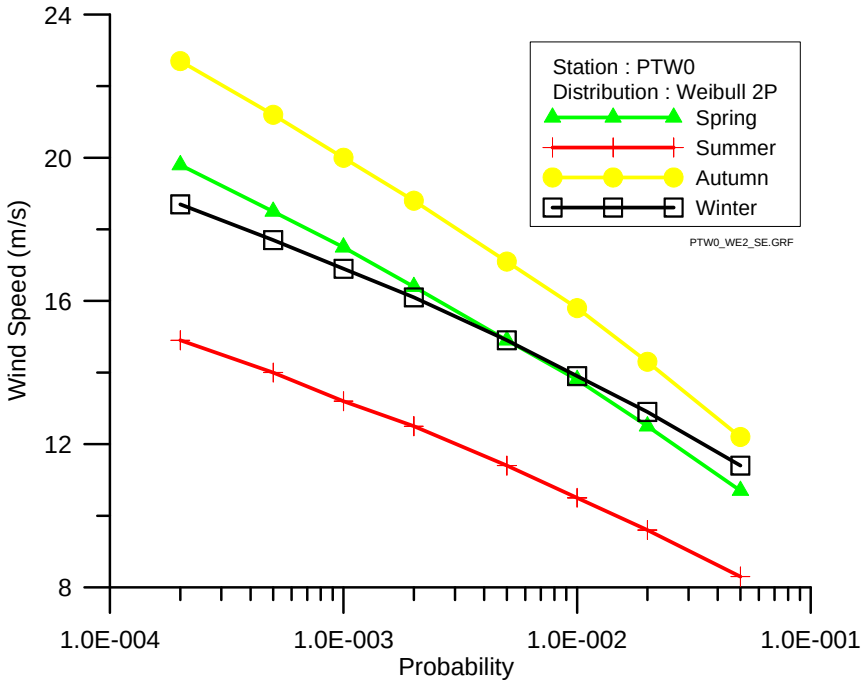


圖4.4.18b 布袋港W0測站不同季別風速機率密度函數比較(韋伯2參數)

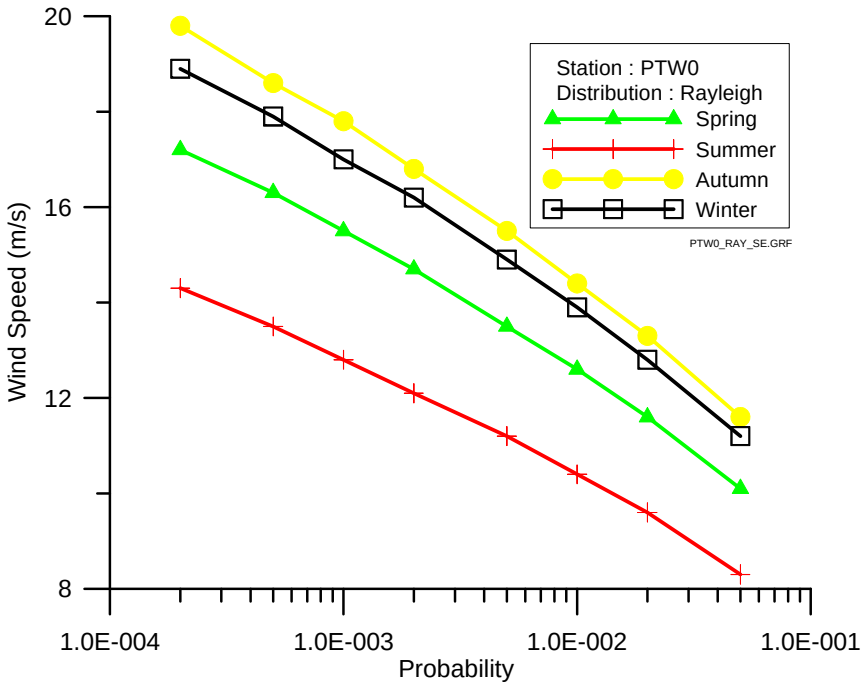


圖4.4.18c 布袋港W0測站不同季別風速機率密度函數比較(萊利)

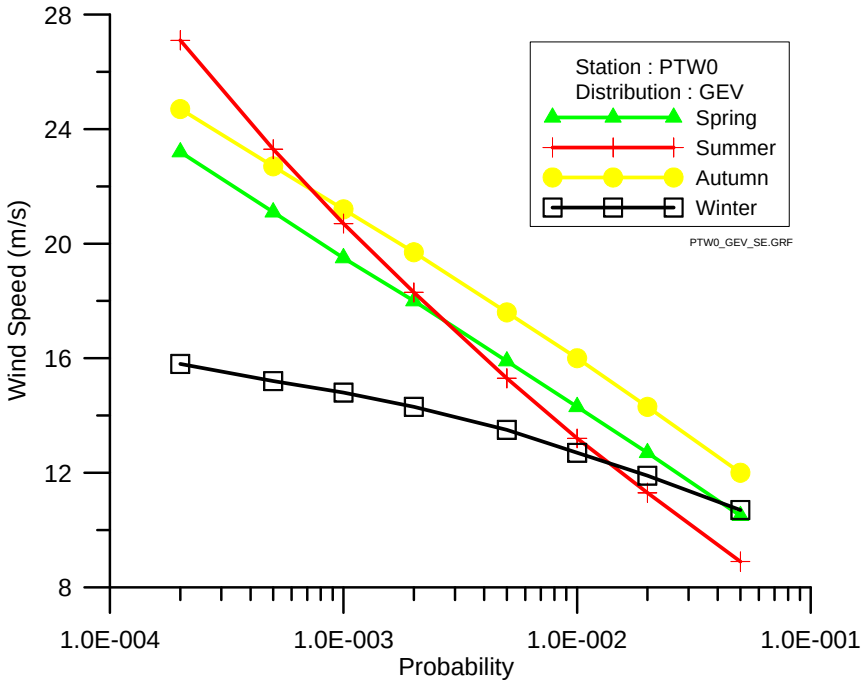


圖4.4.18d 布袋港W0測站不同季別風速機率密度函數比較(通用極值)

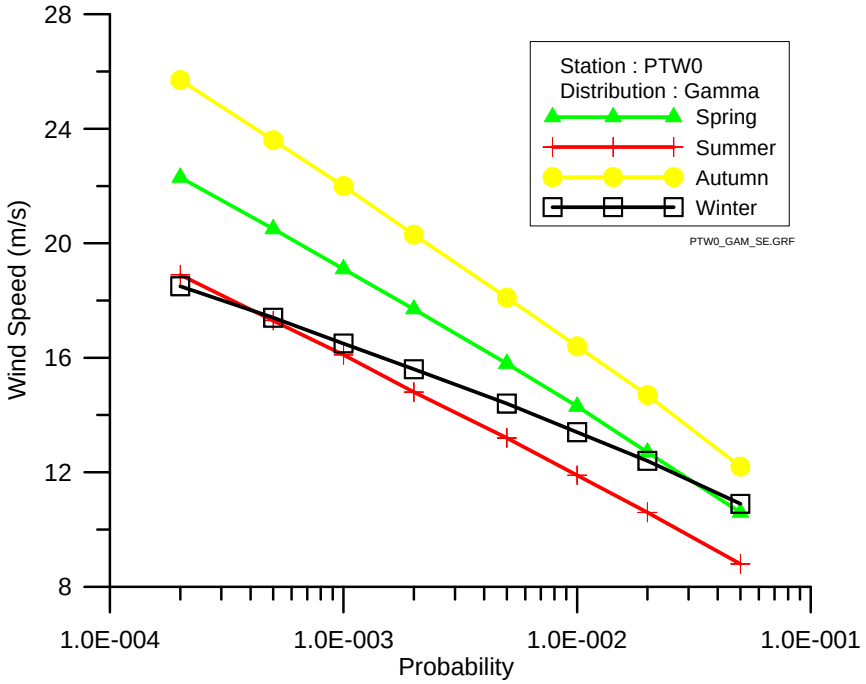


圖4.4.18e 布袋港W0測站不同季別風速機率密度函數比較(伽瑪)

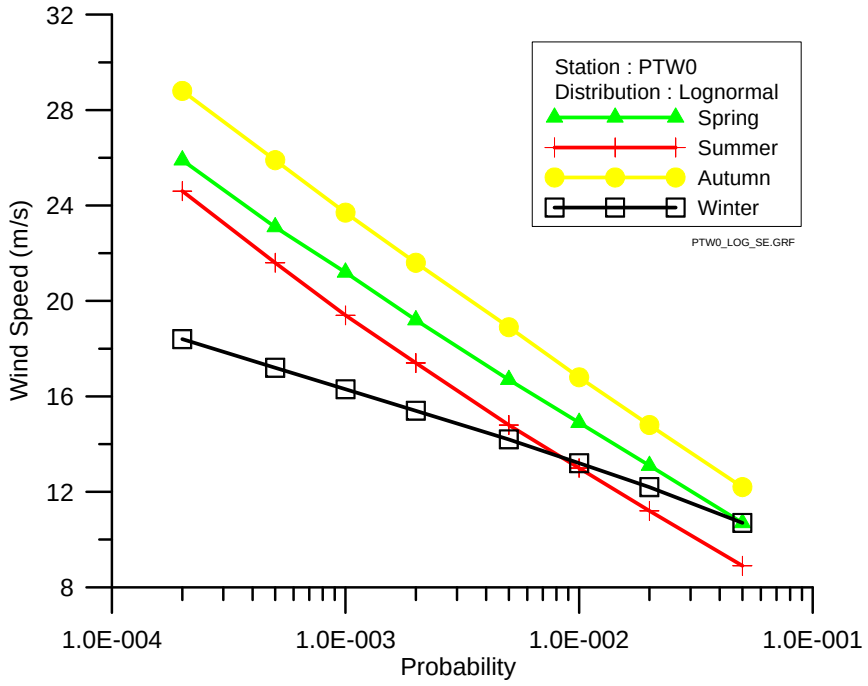


圖4.4.18f 布袋港W0測站不同季別風速機率密度函數比較(對數常態)

4.5 風速合理性檢核標準

根據風速機率分布之比較及風速界線值隨季別及機率密度函數形式之差異分析結果，本節將針對各港區各季別風速之合理性檢核標準初步研定結果進行比較探討。由上節統計分析結果顯示韋伯3參數及通用極值兩種機率密度函數的適合度檢定排序較佳且風速界線值與季別有關，故後續以這2種函數為主，針對累積機率2%、0.2%及0.02%在各季別之風速檢核標準(即風速界線值)進行研定。

依據統計分析結果彙整風速檢核標準如表4-10~表4-12。由表中數值比較顯示風速檢核標準與累積機率及測站位置有關。累積機率愈小風速檢核標準愈大;測站位置主要是離岸距離愈大風速檢核標準愈大。當累積機率愈小風速檢核標準隨機率密度函數型式不同而有愈明顯差異，如表4-12中加黑底之數值，兩種機率密度函數之風速檢核標準差異較明顯，相較累積機率較大之表4-10中兩者差異不大。此外不同季別之風速檢核標準也是在累積機率較小時差異明顯，例如安平港X0測站當累積機率2%時通用極值之檢核標準在夏季與冬季分別是13.0m/s及

13.4m/s兩者相近；但當累積機率0.02%時則分別是29.1m/s及18.0m/s兩者有明顯差異。

表4-10 累積機率2%之風速合理性檢核標準

單位:公尺/秒

季別及機率函數 / 測站	春季		夏季		秋季		冬季	
	通用極值	韋伯3參數	通用極值	韋伯3參數	通用極值	韋伯3參數	通用極值	韋伯3參數
臺中港E0	11.4	11.6	10.0	10.0	13.7	13.9	12.3	12.9
臺中港W0	14.2	13.4	12.3	10.7	17.0	17.3	19.2	19.3
臺中港W1	24.6	26.0	20.5	19.6	26.0	28.9	24.7	25.4
安平港W0	8.8	8.5	7.1	7.3	9.5	9.5	8.7	8.5
安平港X0	12.2	11.9	13.0	12.1	14.2	13.9	13.4	13.4
布袋港W0	12.7	12.1	11.3	10.3	14.3	13.9	11.9	11.9

表4-11 累積機率0.2%之風速合理性檢核標準

單位:公尺/秒

季別及機率函數 / 測站	春季		夏季		秋季		冬季	
	通用極值	韋伯3參數	通用極值	韋伯3參數	通用極值	韋伯3參數	通用極值	韋伯3參數
臺中港E0	15.8	15.6	14.1	13.3	19.6	19.2	14.5	16.1
臺中港W0	22.1	18.3	23.7	14.8	23.4	23.6	26.3	25.9
臺中港W1	33.3	35.9	30.5	26.3	31.1	38.2	27.5	30.4
安平港W0	11.5	10.3	8.9	9.3	12.4	11.9	10.7	10.3
安平港X0	15.9	15.0	20.3	15.9	19.1	17.7	16.1	16.2
布袋港W0	18.0	15.8	18.3	13.6	19.7	18.2	14.3	14.5

表4-12 累積機率0.02%之風速合理性檢核標準

單位:公尺/秒

季別及機率函數 / 測站	春季		夏季		秋季		冬季	
	通用極值	韋伯3參數	通用極值	韋伯3參數	通用極值	韋伯3參數	通用極值	韋伯3參數
臺中港E0	19.7	19.2	18.0	16.2	25.5	24.0	15.9	18.8
臺中港W0	31.0	22.7	40.7	18.5	29.1	29.1	32.6	31.6
臺中港W1	40.7	44.7	41.2	32.0	34.1	46.1	28.8	34.2
安平港W0	13.9	11.8	10.1	11.0	14.8	14.0	12.2	11.8
安平港X0	18.9	17.6	29.1	19.2	23.4	21.0	18.0	18.5
布袋港W0	23.2	19.0	27.1	16.5	24.7	21.8	15.8	16.6

本研究風速分布統計分析之主要目的為建立資料合理性檢核時之標準依據，因此在樣本之選擇上與一般設計風速之極值分析不同，在極值分析時之樣本選取常見有年(或月)最大值法，颱風事件法及門檻值法等方法，而本研究風速資料樣本係依季別分類後全體採用。因此，極值分析之設計風速一般會較本研究之檢核標準風速大。例如張景鐘、何忠穎〔1995〕所求出臺中梧棲(即本研究之臺中港E0測站)10年及50年迴歸期之設計風速分別為31.7m/s及38.2m/s，相較表4-12中臺中港E0測站秋季之風速檢核標準值僅約25.5m/s。除樣本選取方式不同外，機率密度函數也與設計風速之極值分析常見型式略有不同，但與一般風能評估研究相似。

雖然目前所選取之6種機率密度函數經套配6個測站之風速統計分布後，大致上皆能通過適合度檢定。但由風速分布直方圖與機率密度函數之套疊比較，發現在某些測站與季別似乎不盡理想，例如圖4.4.7d所示臺中港W1測站冬季風速分佈與理論機率密度函數套配結果。此外當累積機率愈小風速檢核標準隨機率密度函數型式不同而出現明顯差異，例如臺中港W0測站於夏季當累積機率0.02%時，通用極值之檢核

風速標準為40.7m/s而韋伯3參數僅18.5m/s兩者有明顯差異。此對於研定合適之風速檢核標準造成困擾。

由以上分析可知風速檢核標準與測站地理位置、季別種類、累積機率大小及機率密度函數型式因素有關，所以風速檢核標準應依這些因素條件做選定。在累積機率大小方面若設定2%則檢核結果可能出現過多之可疑資料，恐造成品管人力無法負擔；但若設定0.02%則因檢核標準較寬鬆結果可能出現漏網之魚，而未能達到自動檢核之目的。因此，本計畫初步選定累積機率0.2%作為風速檢核標準訂定條件。在機率密度函數型式上雖然適合度排序大致以韋伯3參數及通用極值較高，但在某些測站與季別並不是這兩函數為最佳，如表4-9。因此，本計畫對於機率密度函數將依該表中排序最高者作選定。依此各測站各季之風速檢核標準如表4-13。

表4-13 各港區測站各季之風速合理性檢核標準

單位:公尺/秒

季別及機率函數 / 測站	春季		夏季		秋季		冬季	
	風速標準	函數型式	風速標準	函數型式	風速標準	函數型式	風速標準	函數型式
臺中港E0	15.6	韋伯3	14.1	通用	19.2	韋伯3	14.5	通用
臺中港W0	20.7	伽瑪	23.7	通用	23.6	韋伯3	25.9	韋伯3
臺中港W1	33.3	通用	30.5	通用	38.2	韋伯3	27.5	通用
安平港W0	11.5	通用	9.3	韋伯3	12.4	通用	10.3	韋伯3
安平港X0	14.7	韋伯2	20.3	通用	17.6	韋伯2	16.2	韋伯3
布袋港W0	17.7	伽瑪	17.4	常態	18.2	韋伯3	14.5	韋伯3

第五章　港區風速差值機率分布

前一章對於 6 個港區風速原始資料進行分布統計及機率密度函數之套配，並研定不同累積機率下不同機率密度函數及各季別之風速檢核標準。但此檢核標準會受機率密度函數型式的不同而有差異，故造成選擇上的困擾。本研究考量大多數海洋界的自然現象變化是漸進且連續的，基於此一原則假定各種觀測物理量在時間上都必須限定在一定程度的連續性變化之內。換言之，該物理量隨時間變化量之相對值應落在合理的範圍內，如果在單位時間內的改變量超過某一限度(即門檻值或界線值)，則可視為異常資料。

上述這種時間相對合理性分析的首要步驟為，選取一段具代表性之正常資料計算其不同時間間隔之差值，然後根據這些差值資料如同前一章之分布統計方式求出機率密度函數，並研定在各種時間間隔下之風速差值檢核標準。由於風速差值可能為負值與風速皆正值不同，故機率密度函數之變數範圍須涵蓋正負值。本研究選取強森 SU(Johnson SU) 、常態(Normal)、通用極值(Generalized Extreme Value)、誤差函數(Error Function)及邏輯(Logistic) 等 5 種機率密度函數，其中通用極值已於前一章說明，另 4 種分述如下。本章進行統計分析之風速資料來源、機率密度函數之參數估計及適合度檢定皆與前一章相同，故不再贅述。

5.1 風速差值分布特性之機率密度函數

1. 強森-SU(Johnson SU)：

$$f(x)=\frac{\delta}{\lambda\sqrt{2\pi}\ \sqrt{z^2+1}}exp\left(-\frac{1}{2}\left(\gamma+\delta ln\left(z+\sqrt{z^2+1}\right)\right)^2\right) \quad \text{... (5-1a)}$$

$$F(x)=\Phi\left(\gamma+\delta ln\left(z+\sqrt{z^2+1}\right)\right) \quad \text{..... (5-1b)}$$

$-\infty < x < +\infty$

$$z = \frac{x - \xi}{\lambda}$$

Φ ： Laplace Integral

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-t^2/2}\, dt$$

2. 常態(Normal)：

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right) \quad \text{.....(5-2a)}$$

$$F(x) = \Phi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right) \quad \text{.....(5-2b)}$$

$-\infty < x < +\infty$

3. 誤差函數(Error Function)：

$$f(x) = \frac{h}{\sqrt{\pi}} exp(-(hx)^2) \quad \text{.....(5-3a)}$$

$$F(x) = \Phi\left(\sqrt{2}hx\right) \quad \text{.....(5-3b)}$$

$-\infty < x < +\infty$

4. 邏輯(Logistic)：

$$f(x) = \frac{exp(-z)}{\sigma(1 + exp(-z))^2} \quad \text{.....(5-4a)}$$

$$F(x) = \frac{1}{1 + exp(-z)} \quad \text{.....(5-4b)}$$

$-\infty < x < +\infty$

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

式(5-1)至式(5-4)中，*x*為樣本變數，*f (x)*為機率密度函數(probability density function)，*F(x)*為累積機率函數(cumulative probability function)，

α 、β 及 γ 為描述機率密度函數之參數，γ 稱為位置參數 (location parameter)與樣本平均值 (mean)有關，而 β 值稱為尺度參數 (scale parameter) 與樣本標準偏差 (standard deviation)有關，α 為形狀常數，決定機率函數之尖扁形狀。強森-SU分布中之 γ 及 δ 為形狀參數，λ 為尺度參數， ξ 為位置參數。常態分佈中之 σ 為尺度參數，μ 為位置參數。誤差函數分布中之 h 逆尺度參數(inverse scale parameter)。邏輯分布中之 σ 為尺度參數，μ 為位置參數。

將不同時間間隔之風速差值資料同樣依季別(春03~04、夏05~08、秋09~10及冬11~02)，分別輸入EasyFit而求得上述各理論機率密度函數之參數值，EasyFit提供各機率密度函數之參數估計結果如表5-1。本研究根據此結果輸入自撰之統計與繪圖程式進行後續分析。適合度檢定，EasyFit同樣提供卡方檢定 (Chi-Square)、K-S(Kolmogorov-Smirnov)檢定及A-D檢定(Anderson-Darling)等3種方法。參數估計誤差統計值及其檢定排序結果EasyFit提供如表5-2。由該表中可知不同機率密度函數在不同檢定方法下之適合度排序。表中顯示“N/A”者表未進行檢定；若出現“No fit”則表未通過檢定 。

表5-1 風速差值機率密度函數之參數估計結果

#	Distribution	Parameters
1	Error Function	h=0.36458
2	Gen. Extreme Value	k=-0.18661 σ=1.7834 μ=-0.74697
3	Johnson SU	γ=-0.69749 δ=2.3295 λ=3.9161 ξ=-1.3049
4	Logistic	σ=1.0693 μ=6.3215E-5
5	Normal	σ=1.9395 μ=6.3215E-5

表5-2 風速差值機率密度函數之適合度檢定結果

#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
1	Error Function	0.0385	4	15.006	3	91.436	4
2	Gen. Extreme Value	0.02746	2	24.429	5	N/A	
3	Johnson SU	0.01465	1	1.0246	1	20.744	1
4	Logistic	0.02871	3	6.7071	2	38.613	2
5	Normal	0.03852	5	15.011	4	91.436	3

參照表5-2列出臺中港E0測站各季風速在時間間隔1、3、6及12小時之差值理論機率密度函數適合度檢定結果分別如表5-3~表5-6。由表中總和排序可發現強森SU及邏輯兩種機率密度函數有較佳之適合度，且適合度之排序未受時間間隔及季別影響。另檢視其他測站各季別也有相同情形，經彙整各測站之分析結果如表5-7，表中顯示排序順序之一致性隨間間隔愈大而愈差。為考量報告篇幅，後續在分析結果說明時將以這兩種機率函數及時間間隔以3及12小時做說明。

表5-3a 臺中港E0春季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔1時)

資料名稱：TCE0_Spring DT=01					
機率密度函數 / 適合度檢定	誤差函數	通用極值	強森SU	邏輯	常態
K-S 檢定	5	3	1	2	4
A-D 檢定	4	5	1	2	3
卡方 檢定	4	-	1	2	3
總和排序	5	4	1	2	3

表5-3b 臺中港E0春季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔3時)

資料名稱：TCE0_Spring　DT=03					
機率密度函數 / 適合度檢定	誤差函數	通用極值	強森SU	邏輯	常態
K-S 檢定	5	3	1	2	4
A-D 檢定	4	5	1	2	3
卡方 檢定	3	-	1	2	4
總和排序	5	4	1	2	3

表5-3c 臺中港E0春季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔6時)

資料名稱：TCE0_Spring　DT=06					
機率密度函數 / 適合度檢定	誤差函數	通用極值	強森SU	邏輯	常態
K-S 檢定	4	5	1	2	3
A-D 檢定	4	5	1	2	3
卡方 檢定	4	-	1	3	2
總和排序	4	5	1	2	3

表5-3d 臺中港E0春季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔12時)

資料名稱：TCE0_Spring　DT=12					
機率密度函數 / 適合度檢定	誤差函數	通用極值	強森SU	邏輯	常態
K-S 檢定	4	5	1	2	3
A-D 檢定	4	5	1	2	3
卡方 檢定	4	-	1	3	2
總和排序	4	5	1	2	3

表5-4a 臺中港E0夏季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔1時)

資料名稱：TCE0_Summer DT=01					
機率密度函數 / 適合度檢定	誤差函數	通用極值	強森SU	邏輯	常態
K-S 檢定	5	3	1	2	4
A-D 檢定	4	5	1	2	3
卡方 檢定	3	-	2	1	4
總和排序	5	4	1	2	3

表5-4b 臺中港E0夏季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔3時)

資料名稱：TCE0_Summer DT=03					
機率密度函數 / 適合度檢定	誤差函數	通用極值	強森SU	邏輯	常態
K-S 檢定	4	3	1	2	5
A-D 檢定	3	5	1	2	4
卡方 檢定	4	-	2	1	3
總和排序	3	4	1	2	5

表5-4c 臺中港E0夏季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔6時)

資料名稱：TCE0_Summer DT=06					
機率密度函數 / 適合度檢定	誤差函數	通用極值	強森SU	邏輯	常態
K-S 檢定	4	3	1	2	5
A-D 檢定	3	5	2	1	4
卡方 檢定	4	-	2	1	3
總和排序	3	4	2	1	5

表5-4d 臺中港E0夏季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔12時)

資料名稱：TCE0_Summer　DT=12					
機率密度函數 / 適合度檢定	誤差函數	通用極值	強森SU	邏輯	常態
K-S 檢定	3	5	2	1	4
A-D 檢定	3	5	1	2	4
卡方 檢定	1	-	3	4	2
總和排序	3	5	1	2	4

表5-5a 臺中港E0秋季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔1時)

資料名稱：TCE0_Autumn　DT=01					
機率密度函數 / 適合度檢定	誤差函數	通用極值	強森SU	邏輯	常態
K-S 檢定	4	3	2	1	5
A-D 檢定	3	5	2	1	4
卡方 檢定	4	-	1	2	3
總和排序	3	4	2	1	5

表5-5b 臺中港E0秋季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔3時)

資料名稱：TCE0_Autumn　DT=03					
機率密度函數 / 適合度檢定	誤差函數	通用極值	強森SU	邏輯	常態
K-S 檢定	4	3	1	2	5
A-D 檢定	3	5	1	2	4
卡方 檢定	3	-	1	2	4
總和排序	3	4	1	2	5

表5-5c 臺中港E0秋季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔6時)

資料名稱：TCE0_Autumn　DT=06					
機率密度函數 適合度檢定	誤差 函數	通用 極值	強森SU	邏輯	常態
K-S 檢定	4	1	2	3	5
A-D 檢定	3	5	2	1	4
卡方 檢定	3	-	2	1	4
總和排序	3	4	2	1	5

表5-5d 臺中港E0秋季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔12時)

資料名稱：TCE0_Autumn　DT=12					
機率密度函數 適合度檢定	誤差 函數	通用 極值	強森SU	邏輯	常態
K-S 檢定	2	5	1	4	3
A-D 檢定	3	5	1	4	2
卡方 檢定	3	-	2	1	4
總和排序	2	5	1	3	4

表5-6a 臺中港E0冬季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔1時)

資料名稱：TCE0_Winter　DT=01					
機率密度函數 適合度檢定	誤差 函數	通用 極值	強森SU	邏輯	常態
K-S 檢定	5	3	1	2	4
A-D 檢定	4	5	1	2	3
卡方 檢定	3	-	2	1	4
總和排序	5	4	1	2	3

表5-6b 臺中港E0冬季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔3時)

資料名稱：TCE0_Winter　DT=03					
機率密度函數 / 適合度檢定	誤差函數	通用極值	強森SU	邏輯	常態
K-S 檢定	5	3	1	2	4
A-D 檢定	4	5	1	2	3
卡方 檢定	3	-	2	1	4
總和排序	5	4	1	2	3

表5-6c 臺中港E0冬季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔6時)

資料名稱：TCE0_Winter　DT=06					
機率密度函數 / 適合度檢定	誤差函數	通用極值	強森SU	邏輯	常態
K-S 檢定	5	3	1	2	4
A-D 檢定	4	5	1	2	3
卡方 檢定	3	-	2	1	4
總和排序	5	4	1	2	3

表5-6d 臺中港E0冬季風速差值機率函數適合度排序(時間間隔12時)

資料名稱：TCE0_Winter　DT=12					
機率密度函數 / 適合度檢定	誤差函數	通用極值	強森SU	邏輯	常態
K-S 檢定	3	5	2	1	4
A-D 檢定	4	5	1	2	3
卡方 檢定	3	-	4	1	2
總和排序	4	5	2	1	3

表5-7a 全體風速差值之機率密度函數適合度總排序(時間間隔1小時)

機率密度函數 / 資料名稱	誤差函數	通用極值	強森SU	邏輯	常態
臺中港E0春季	5	4	1	2	3
臺中港E0夏季	5	4	1	2	3
臺中港E0秋季	3	4	2	1	5
臺中港E0冬季	5	4	1	2	3
臺中港W0春季	5	4	1	2	3
臺中港W0夏季	3	4	1	2	5
臺中港W0秋季	5	4	1	2	3
臺中港W0冬季	3	4	1	2	5
臺中港W1春季	4	3	1	2	5
臺中港W1夏季	5	4	1	2	3
臺中港W1秋季	3	4	1	2	5
臺中港W1冬季	3	4	1	2	5
安平港W0春季	3	4	1	2	5
安平港W0夏季	3	4	1	2	5
安平港W0秋季	5	4	1	2	3
安平港W0冬季	3	4	1	2	5
安平港X0春季	5	4	1	2	3
安平港X0夏季	3	4	1	2	5
安平港X0秋季	5	4	2	1	3
安平港X0冬季	3	4	1	2	5
布袋港W0春季	5	4	1	2	3
布袋港W0夏季	3	4	1	2	5
布袋港W0秋季	4	3	1	2	5
布袋港W0冬季	3	4	1	2	5
全體總和排序	**3**(84)	**4**(94)	**1**(26)	**2**(46)	**5**(100)

表5-7b 全體風速差值之機率密度函數適合度總排序(時間間隔3小時)

機率密度函數 / 資料名稱	誤差函數	通用極值	強森SU	邏輯	常態
臺中港E0春季	5	4	1	2	3
臺中港E0夏季	3	4	1	2	5
臺中港E0秋季	3	4	1	2	5
臺中港E0冬季	5	4	1	2	3
臺中港W0春季	5	4	1	2	3
臺中港W0夏季	3	4	1	2	5
臺中港W0秋季	5	4	1	2	3
臺中港W0冬季	3	4	1	2	5
臺中港W1春季	3	4	1	2	5
臺中港W1夏季	5	4	1	2	3
臺中港W1秋季	5	4	1	2	3
臺中港W1冬季	3	4	1	2	5
安平港W0春季	3	4	1	2	5
安平港W0夏季	3	4	1	2	5
安平港W0秋季	3	4	2	1	5
安平港W0冬季	3	4	1	2	5
安平港X0春季	5	4	1	2	3
安平港X0夏季	3	4	2	1	5
安平港X0秋季	5	4	2	1	3
安平港X0冬季	3	4	1	2	5
布袋港W0春季	3	4	1	2	5
布袋港W0夏季	5	4	2	1	3
布袋港W0秋季	3	4	2	1	5
布袋港W0冬季	2	4	1	5	3
全體總和排序	**3**(89)	**4**(96)	**1**(29)	**2**(46)	**5**(100)

表5-7c 全體風速差值之機率密度函數適合度總排序(時間間隔6小時)

機率密度函數 / 資料名稱	誤差函數	通用極值	強森SU	邏輯	常態
臺中港E0春季	4	5	1	2	3
臺中港E0夏季	3	4	1	2	5
臺中港E0秋季	3	4	2	1	5
臺中港E0冬季	5	4	1	2	3
臺中港W0春季	5	4	2	1	3
臺中港W0夏季	5	4	1	2	3
臺中港W0秋季	3	5	2	1	4
臺中港W0冬季	3	4	2	1	5
臺中港W1春季	3	4	1	2	5
臺中港W1夏季	5	4	1	2	3
臺中港W1秋季	5	4	2	1	3
臺中港W1冬季	3	5	2	1	4
安平港W0春季	3	4	1	2	5
安平港W0夏季	5	4	2	1	3
安平港W0秋季	3	4	5	1	2
安平港W0冬季	3	4	1	2	5
安平港X0春季	3	4	1	5	2
安平港X0夏季	3	4	2	1	5
安平港X0秋季	5	4	1	2	3
安平港X0冬季	3	4	1	5	2
布袋港W0春季	2	4	1	5	3
布袋港W0夏季	4	5	2	1	3
布袋港W0秋季	3	4	1	2	5
布袋港W0冬季	2	4	1	5	3
全體總和排序	**3**(86)	**5**(100)	**1**(37)	**2**(70)	**4**(87)

表5-7d 全體風速差值之機率密度函數適合度總排序(時間間隔12小時)

機率密度函數 資料名稱	誤差 函數	通用 極值	強森 SU	邏輯	常態
臺中港E0春季	4	5	1	2	3
臺中港E0夏季	3	5	1	2	4
臺中港E0秋季	2	5	1	3	4
臺中港E0冬季	4	5	2	1	3
臺中港W0春季	5	4	2	1	3
臺中港W0夏季	3	4	1	2	5
臺中港W0秋季	1	3	-	4	2
臺中港W0冬季	2	5	1	4	3
臺中港W1春季	3	4	2	1	5
臺中港W1夏季	5	4	1	2	3
臺中港W1秋季	4	5	2	1	3
臺中港W1冬季	3	5	2	1	4
安平港W0春季	3	4	1	2	5
安平港W0夏季	1	5	3	4	2
安平港W0秋季	2	3	5	4	1
安平港W0冬季	4	5	1	2	3
安平港X0春季	3	5	1	4	2
安平港X0夏季	3	4	2	1	5
安平港X0秋季	4	5	2	1	3
安平港X0冬季	3	4	1	5	2
布袋港W0春季	2	5	1	3	4
布袋港W0夏季	3	5	2	1	4
布袋港W0秋季	1	3	4	5	2
布袋港W0冬季	1	3	-	4	2
全體總和排序	**3**(62)	**5**(105)	**1**(39+)	**2**(60)	**4**(77)

5.2 風速差值機率分布之比較

5.2.1 機率密度函數套配結果比較

臺中港E0測站各季各時間間隔(時差)風速差值之分布直方圖及5種機率密度函數之匹配結果如圖5.2.1~圖5.2.4。圖中藍圓實線為強森SU、藍圓虛線為邏輯、紅十字實線為常態、黑三角實線為通用極值及黑三角虛線為誤差函數。由原始風速差值直方圖分布與各機率密度函數之套疊結果比較顯示其匹配效果相當良好，換言之，各機率密度函數可有效描述風速差值的分布情形，其中以強森SU及邏輯最佳。不過在分布尖峰處各機率密度函數常出現高估情形。相較第三章風速分布與理論機率密度函數之套疊以風速差值分布有更佳的結果。因此，利用風速差值進行風速資料之檢核，可能較直接由風速做檢核來得可靠。各機率密度函數之間數值大小常態與誤差函數兩者非常相近，在尖峰處則大致以強森SU最大、邏輯稍小次之、其餘較小但相近。各機率密度函數形狀隨時差愈大而變得愈平緩，因為風速差值隨時差愈大其分布愈分散。其他測站之分析結果與本站相似。

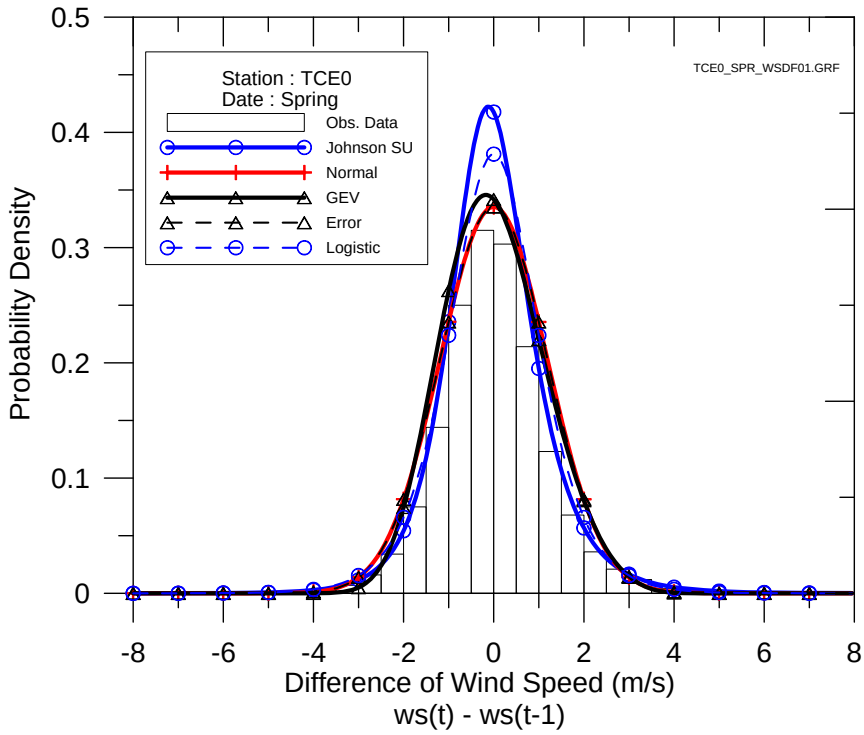


圖 5.2.1a 臺中港 E0 測站春季時差 1 之風速差值分佈與機率函數套配

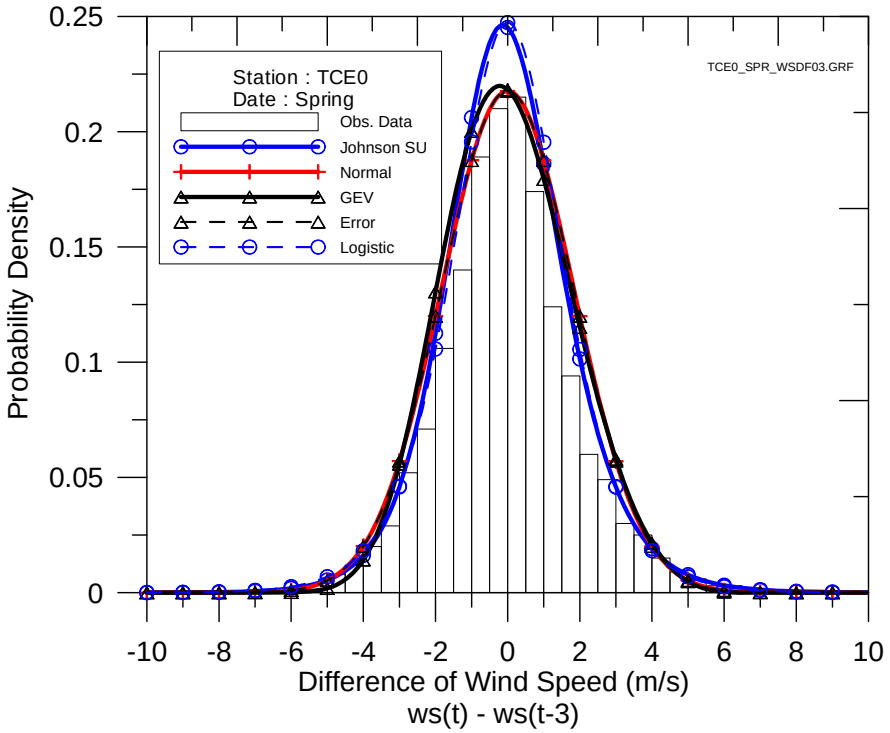


圖 5.2.1b 臺中港 E0 測站春季時差 3 之風速差值分佈與機率函數套配

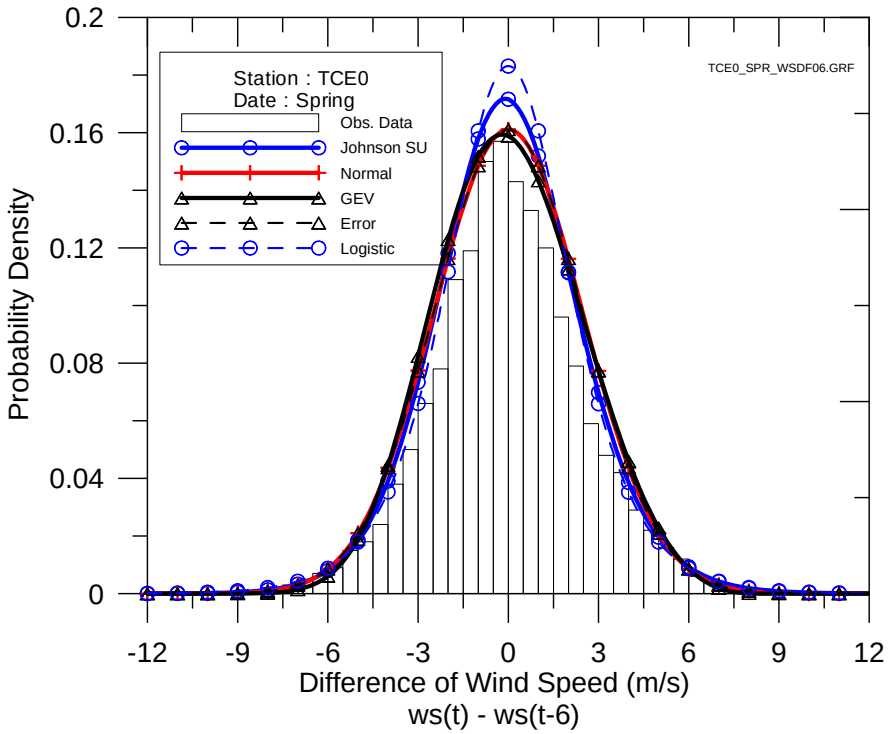


圖 5.2.1c 臺中港 E0 測站春季時差 6 之風速差值分佈與機率函數套配

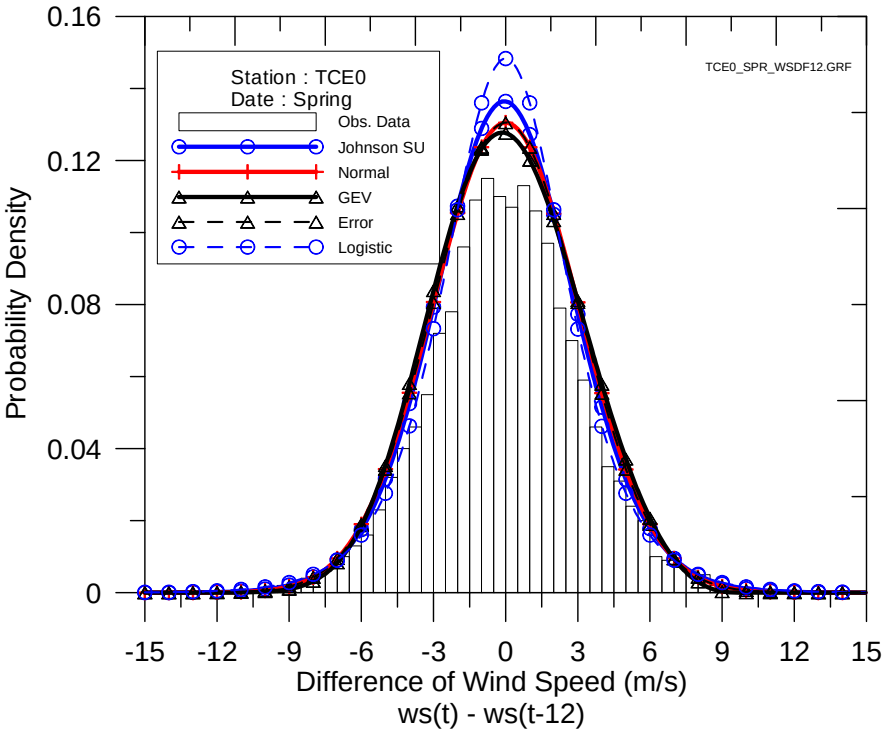


圖 5.2.1d 臺中港 E0 測站春季時差 12 之風速差值分佈與機率函數套配

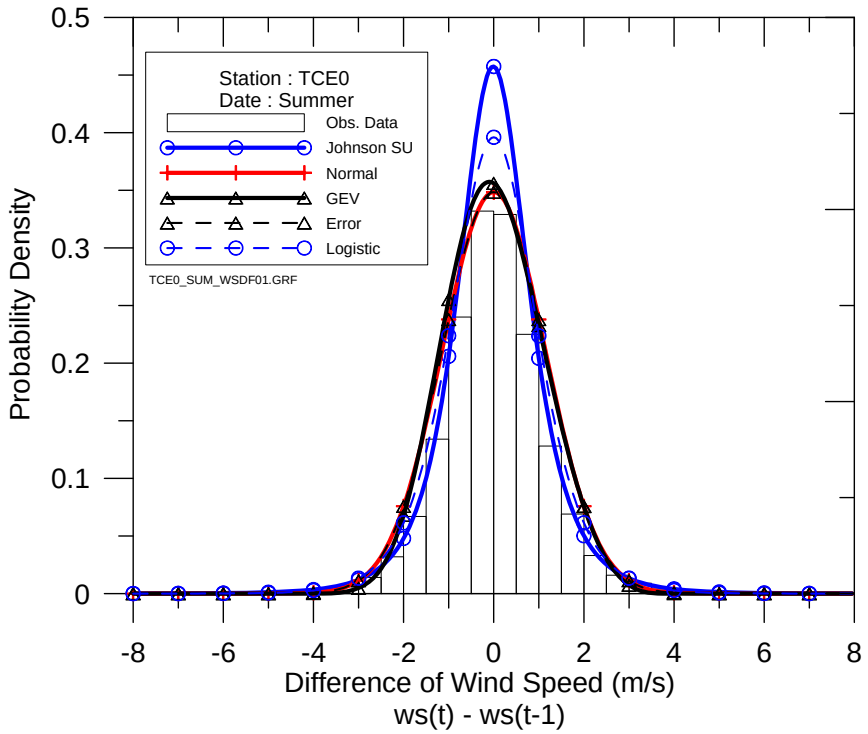


圖 5.2.2a 臺中港 E0 測站夏季時差 1 之風速差值分佈與機率函數套配

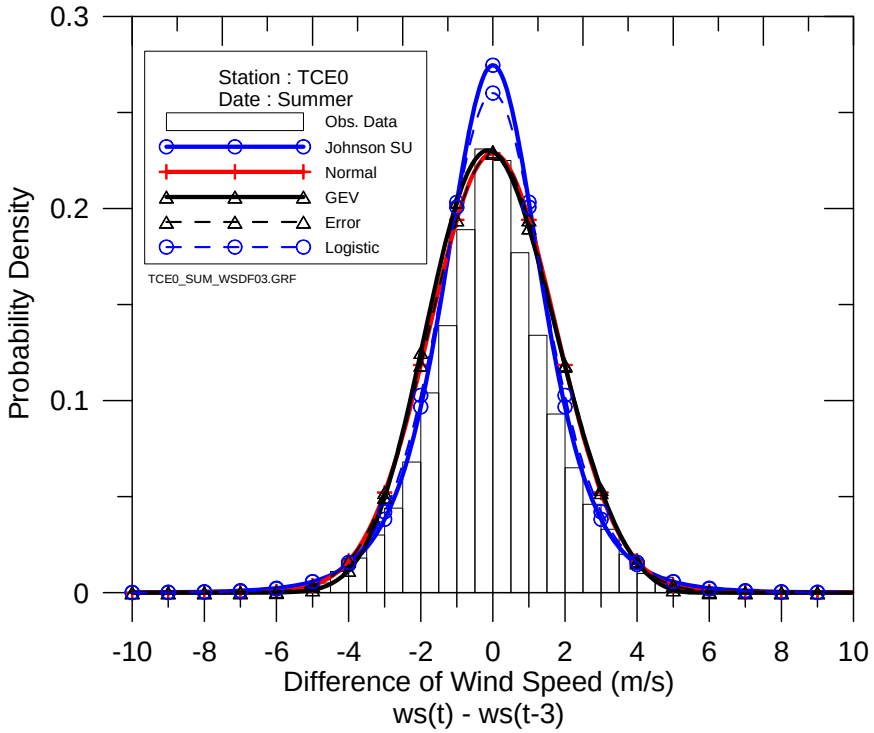


圖 5.2.2b 臺中港 E0 測站夏季時差 3 之風速差值分佈與機率函數套配

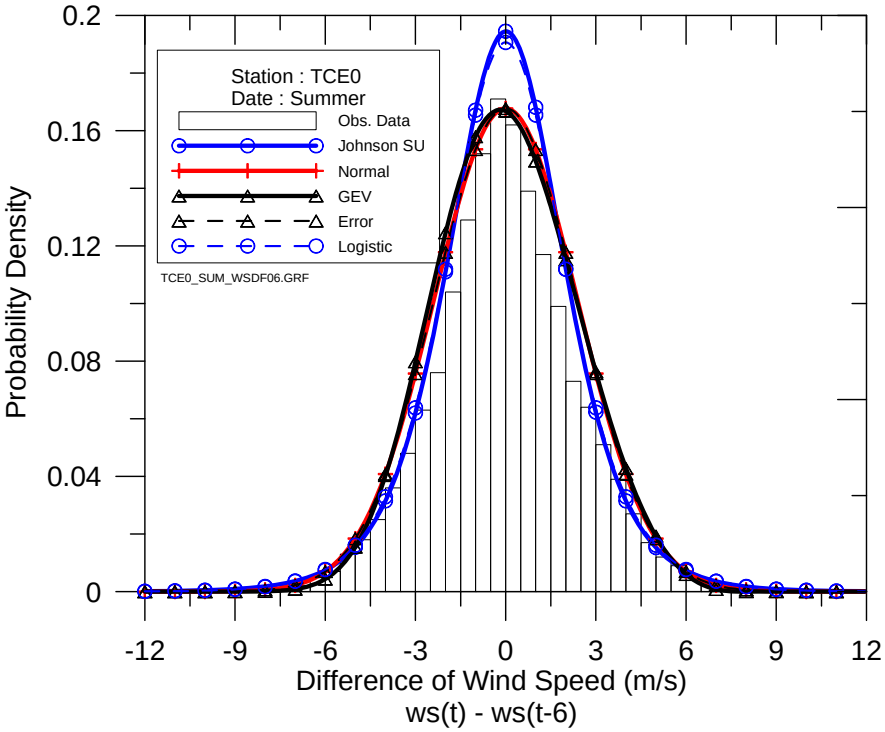


圖 5.2.2c 臺中港 E0 測站夏季時差 6 之風速差值分佈與機率函數套配

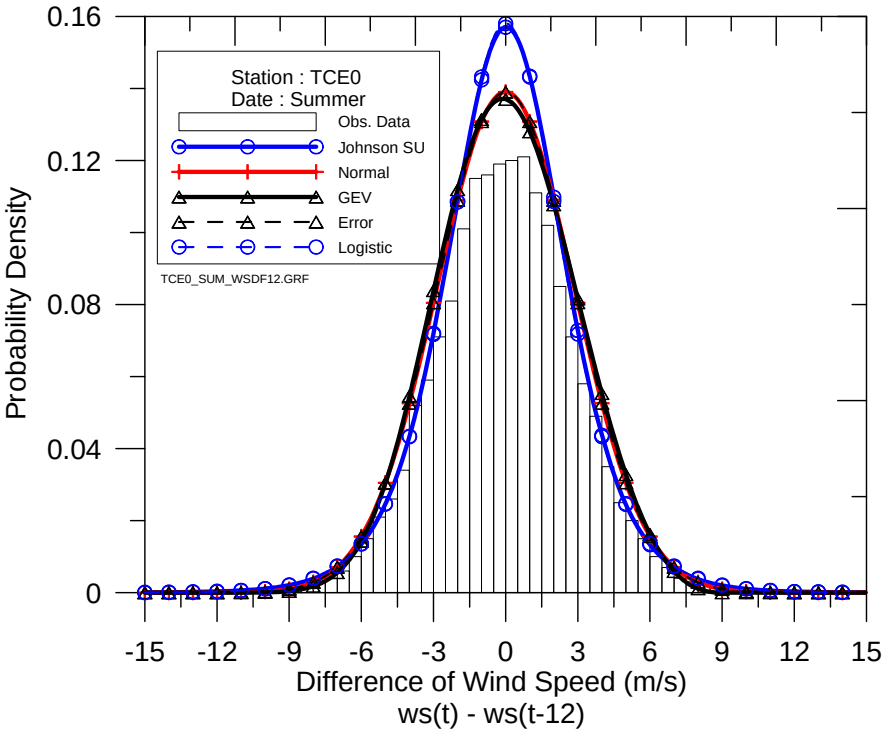


圖 5.2.2d 臺中港 E0 測站夏季時差 12 之風速差值分佈與機率函數套配

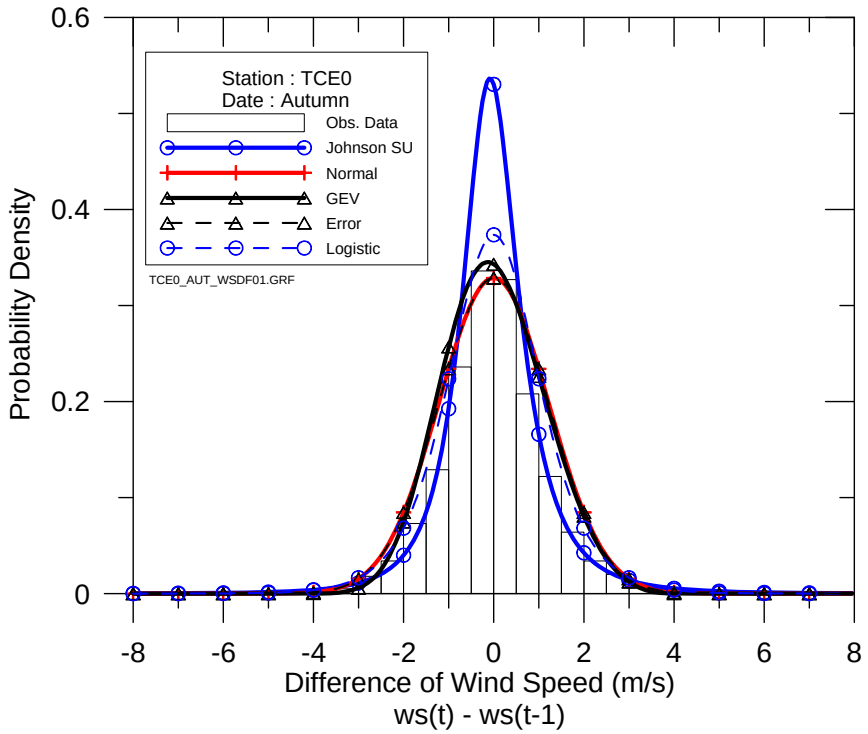


圖 5.2.3a 臺中港 E0 測站秋季時差 1 之風速差值分佈與機率函數套配

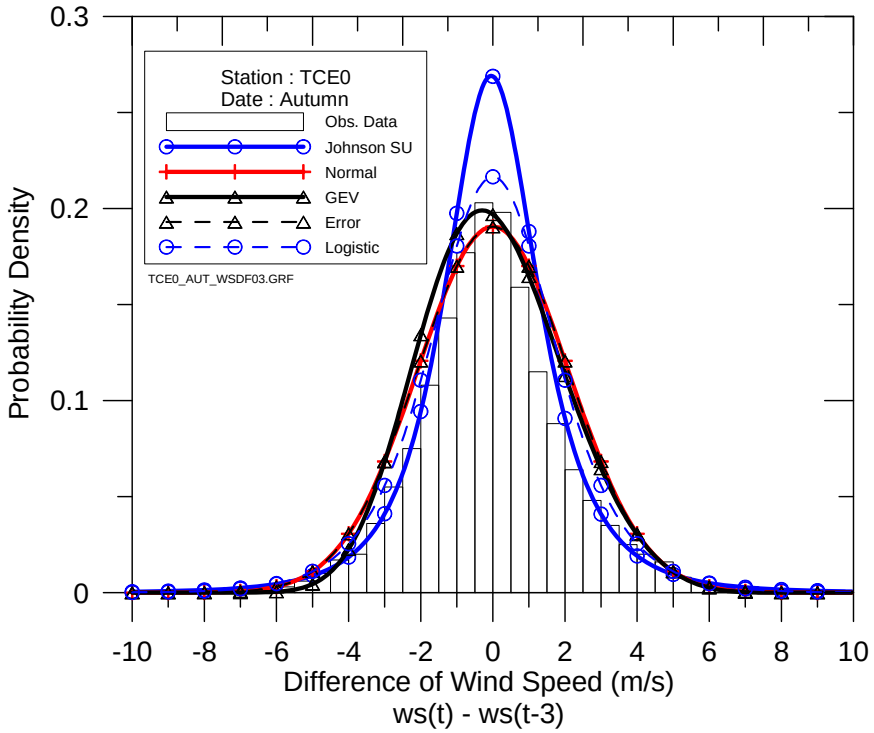


圖 5.2.3b 臺中港 E0 測站秋季時差 3 之風速差值分佈與機率函數套配

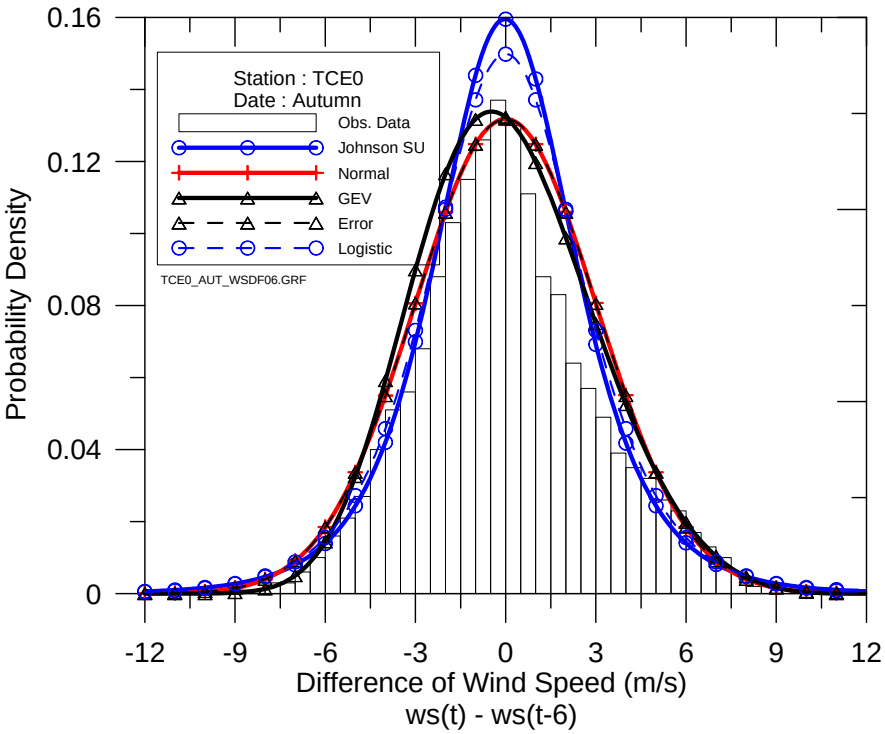


圖 5.2.3c 臺中港 E0 測站秋季時差 6 之風速差值分佈與機率函數套配

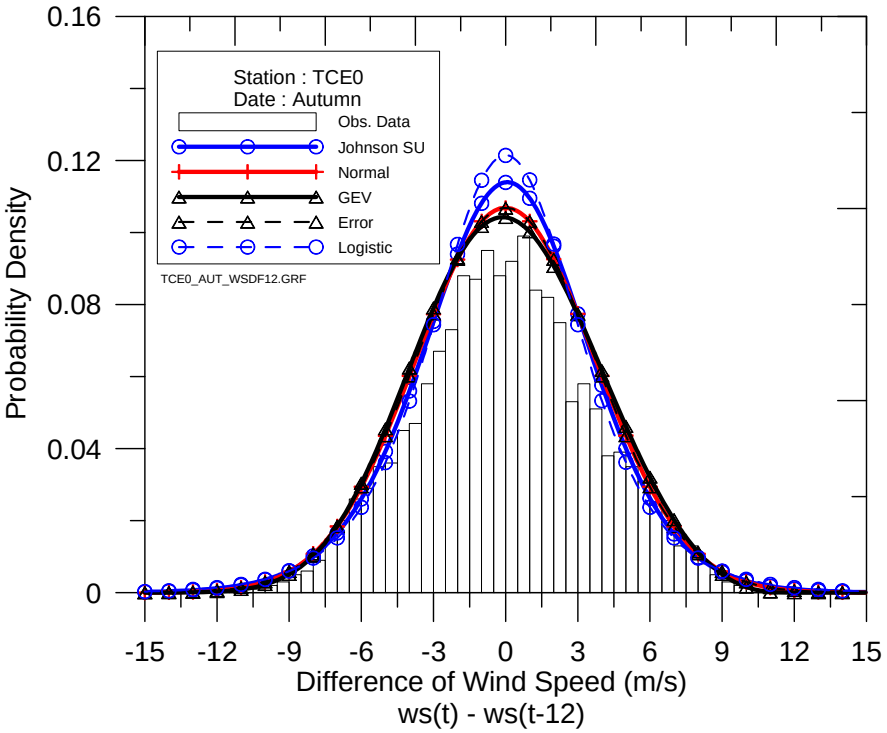


圖 5.2.3d 臺中港 E0 測站秋季時差 12 之風速差值分佈與機率函數套配

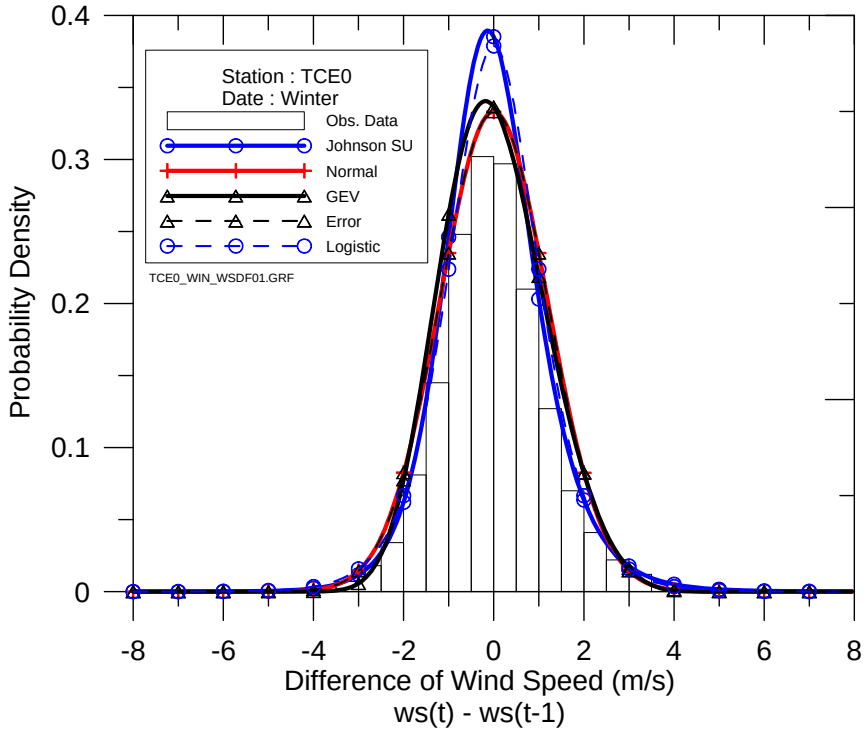


圖 5.2.4a 臺中港 E0 測站冬季時差 1 之風速差值分佈與機率函數套配

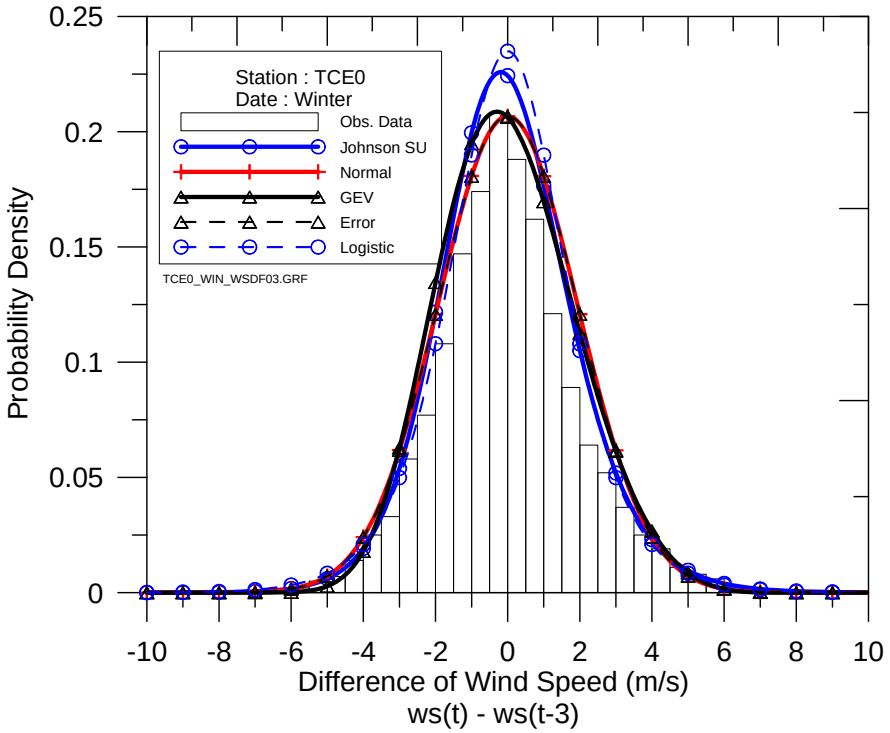


圖 5.2.4b 臺中港 E0 測站冬季時差 3 之風速差值分佈與機率函數套配

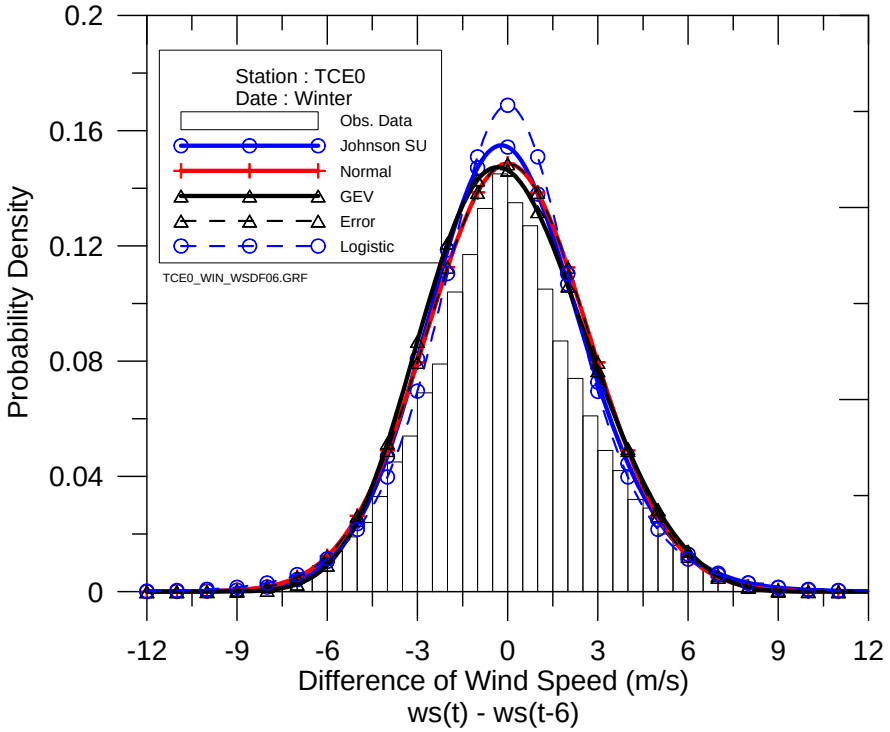


圖 5.2.4c 臺中港 E0 測站冬季時差 6 之風速差值分佈與機率函數套配

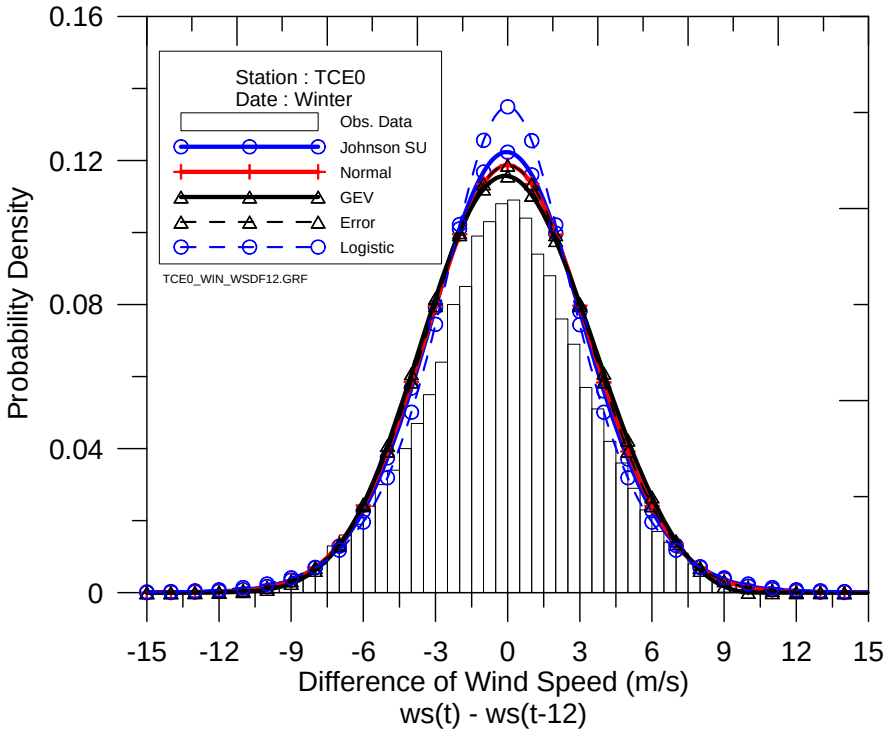


圖 5.2.4d 臺中港 E0 測站冬季時差 12 之風速差值分佈與機率函數套配

5.2.2 不同季別之機率密度函數比較

臺中港E0測站不同季別下各時差風速差值之機率密度函數比較結果如圖5.2.5~圖5.2.9，為節省篇幅此處僅列出時差3及12小時之結果。圖中綠實線為春季、紅虛線為夏季、黃實線為秋季、黑虛線為冬季。由圖中顯示機率密度函數受季別差異之影響，大致上夏季之機率密度函數最尖聳、春冬次之，秋季則最平緩，換言之，夏季之風速差值分布較集中，此也意謂風速變動較小；反之，秋季風速差值分布較分散，風速變動較大天氣較不穩定。同屬臺中港區之測站W0及W1也有相結果，其中以測站W0機率密度函數受季別差異之影響最明顯。

安平港W0測站不同季別下之機率密度函數比較結果如圖5.2.10~圖5.2.14。由圖中顯示機率密度函數同樣受季別差異之影響，不過大致上冬季之機率密度函數最尖聳、春冬季次之，夏季則最平緩，換言之，冬季之風速差值分布較集中，夏季風速差值分布較分散，此與臺中港測站之結果相反。推究其原因可能為安平港W0測站地理位置在台灣西南部海岸，由於陸地衰減效應，夏季受西南風之影響較大於冬季之東

北季風，而臺中港測站位處台灣西部，冬季受東北季風影響較大於夏季之西南季風。

安平港X0測站不同季別下之機率密度函數比較結果如圖5.2.15~圖5.2.19。由圖中顯示機率密度函數受季別差異之影響較不明顯，此與同樣是安平港之W0測站結果不同。研判其原因可能是X0測站位在安平港外海觀測樁，因此陸地衰減效應較不明顯。不過大致上仍以冬季之機率密度函數最尖聳。

布袋港W0測站不同季別下之機率密度函數比較結果如圖5.2.20~圖5.2.24。由圖中顯示機率密度函數同樣受季別差異之影響，大致上夏季之機率密度函數最尖聳、冬季次之，春秋季則最平緩，換言之，夏季之風速差值分布較集中，春秋季風速差值分布較分散，此與臺中港測站之結果相同。與安平港相較布袋港測站地理位置較接近臺中港，因此機率密度函數受季別之影響情況與臺中港較相似。

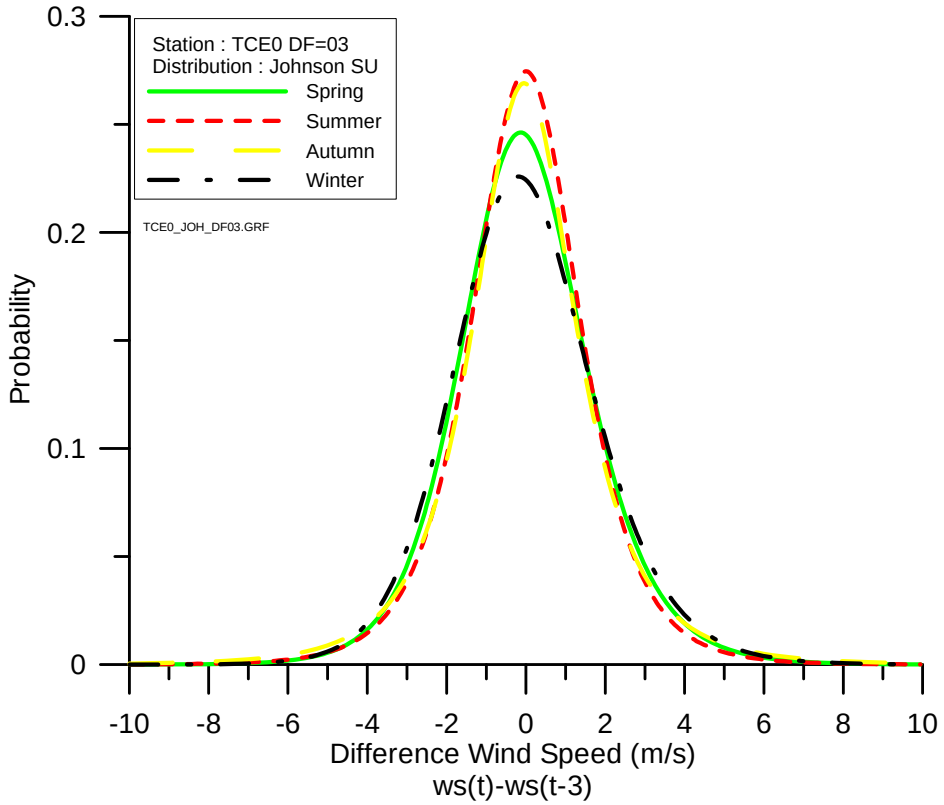


圖 5.2.5a 臺中港 E0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(強森 SU)

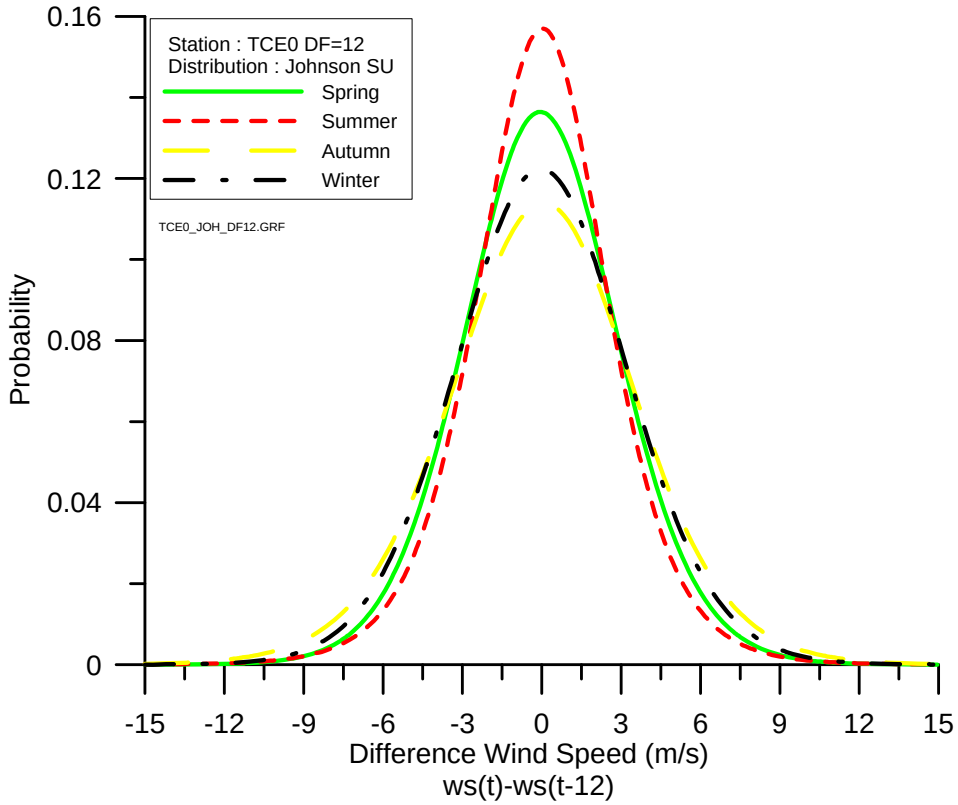


圖 5.2.5 b 臺中港 E0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(強森 SU)

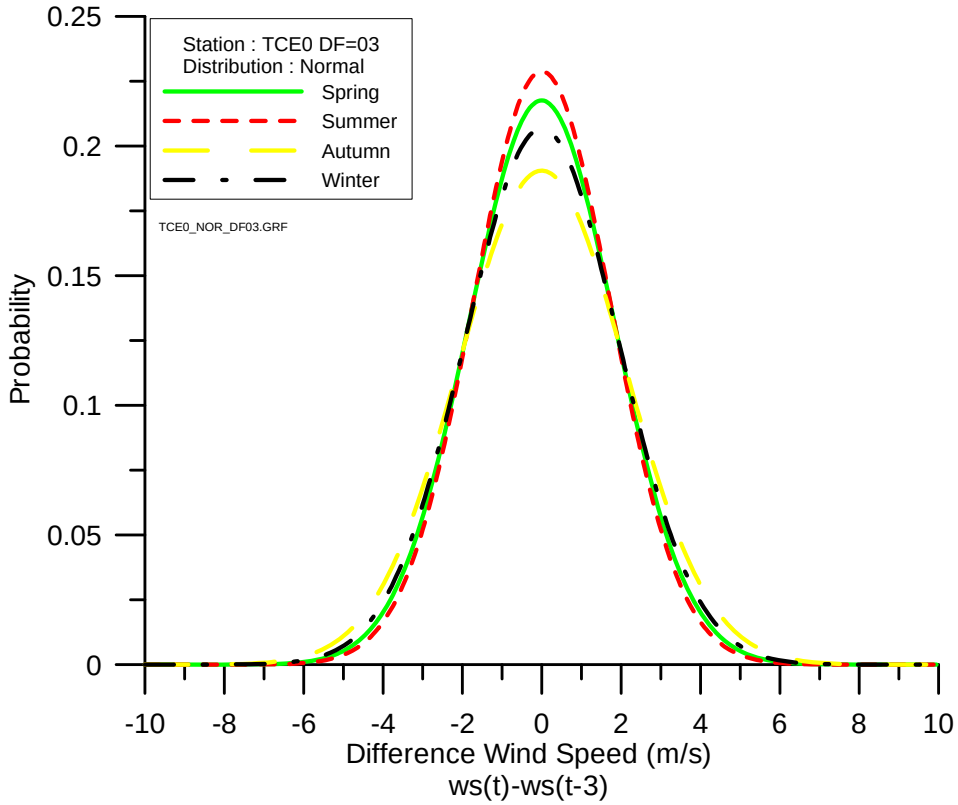


圖 5.2.6a 臺中港 E0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(常態)

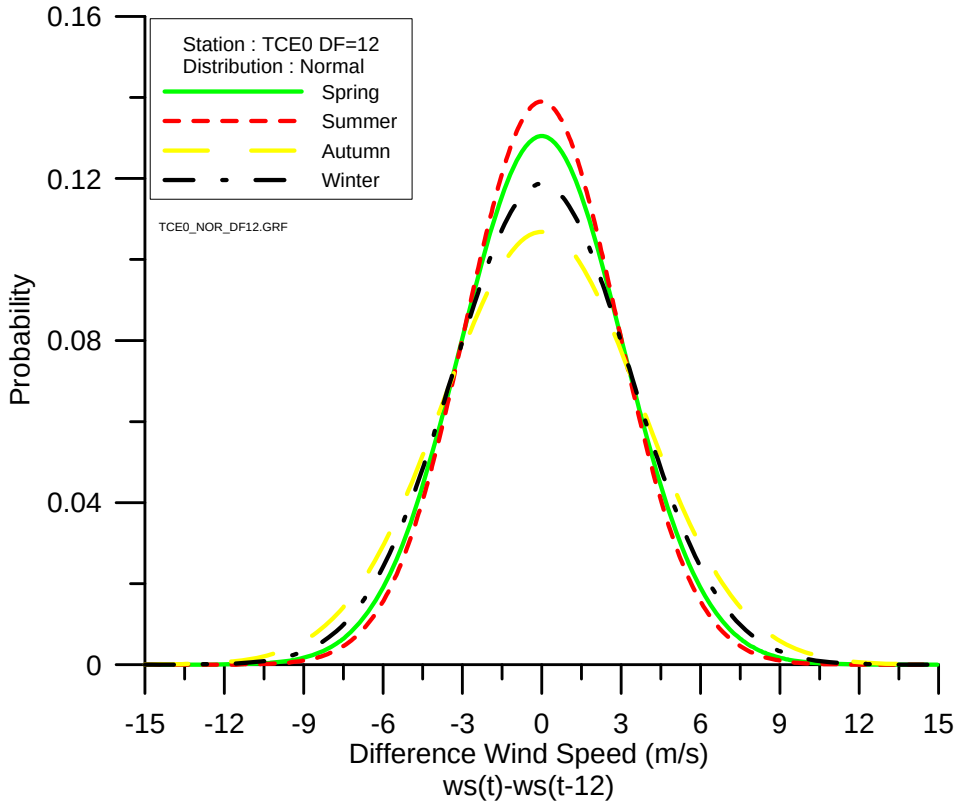


圖 5.2.6b 臺中港 E0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(常態)

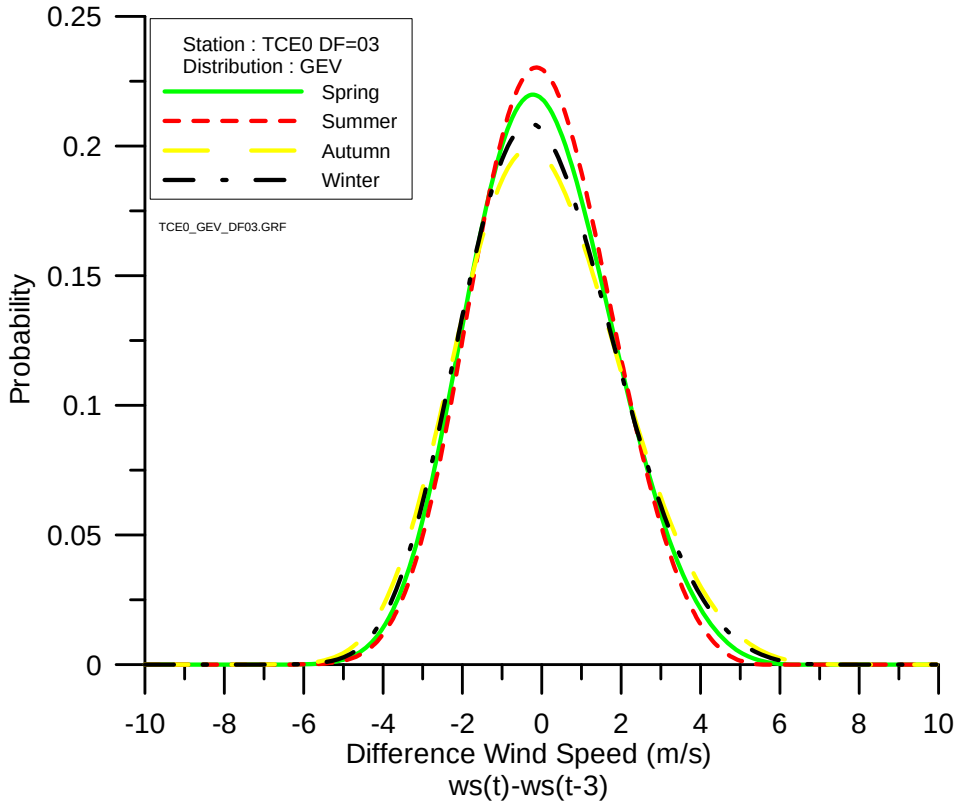


圖 5.2.7a 臺中港 E0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(通用極值)

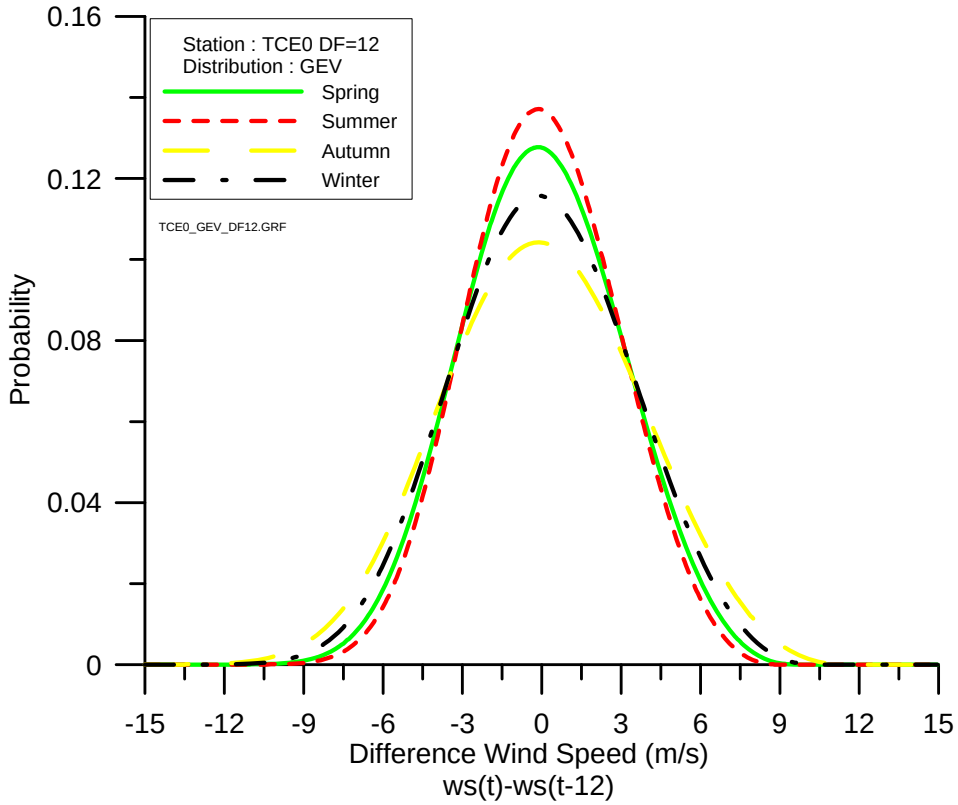


圖 5.2.7b 臺中港 E0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(通用極值)

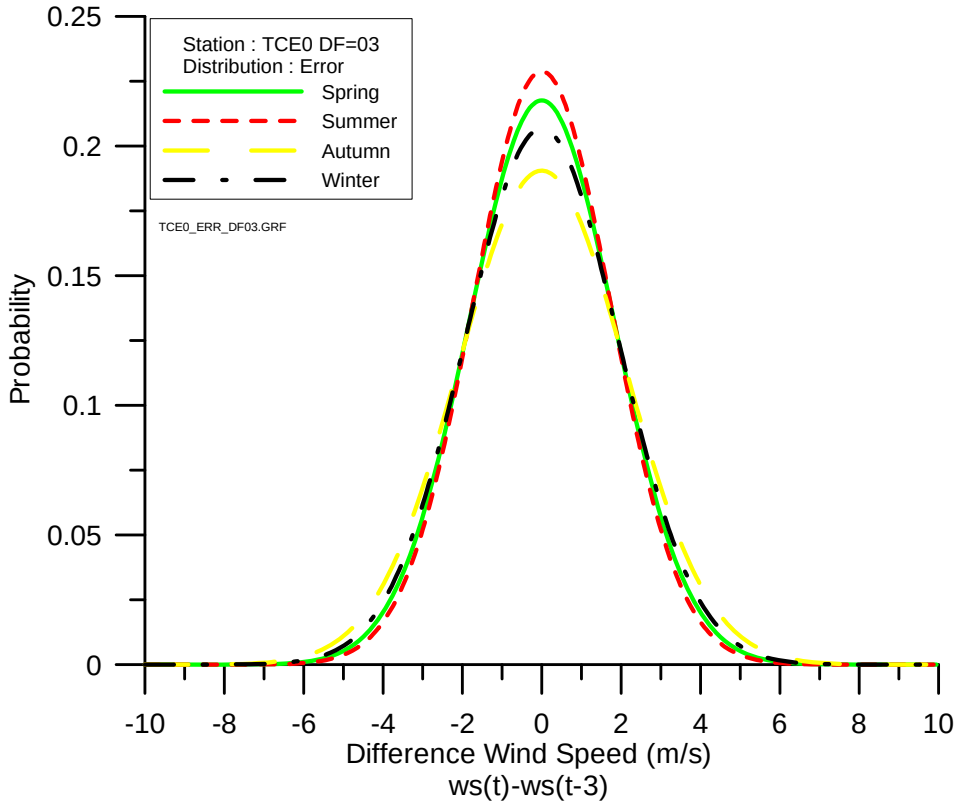


圖 5.2.8a 臺中港 E0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(誤差函數)

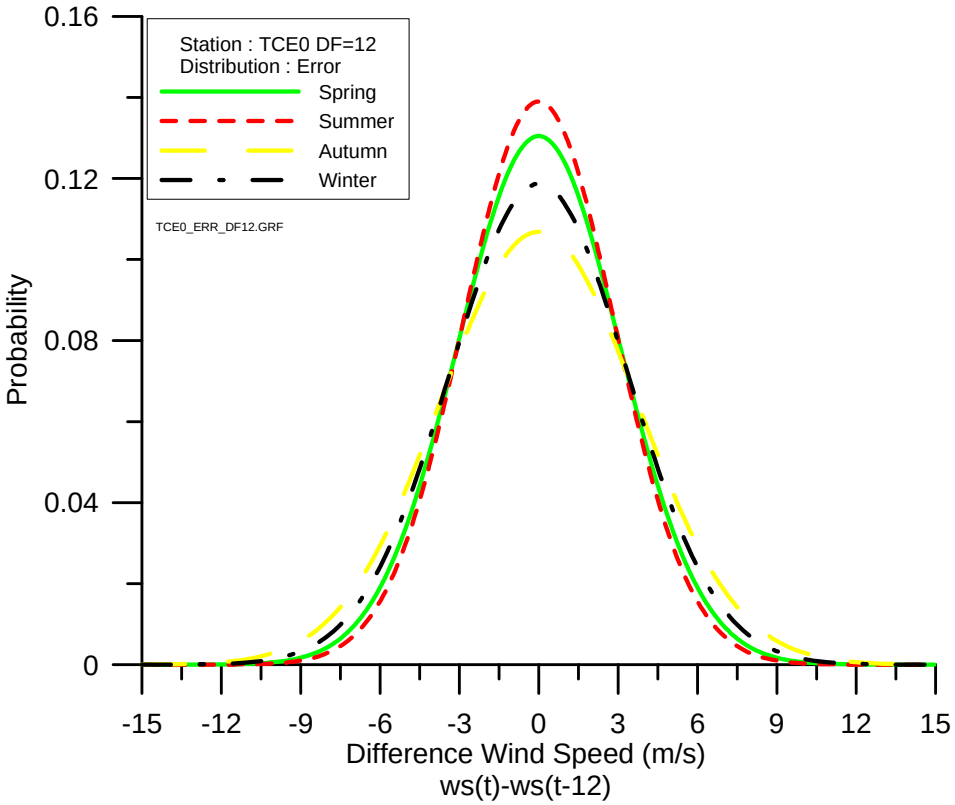


圖 5.2.8b 臺中港 E0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(誤差函數)

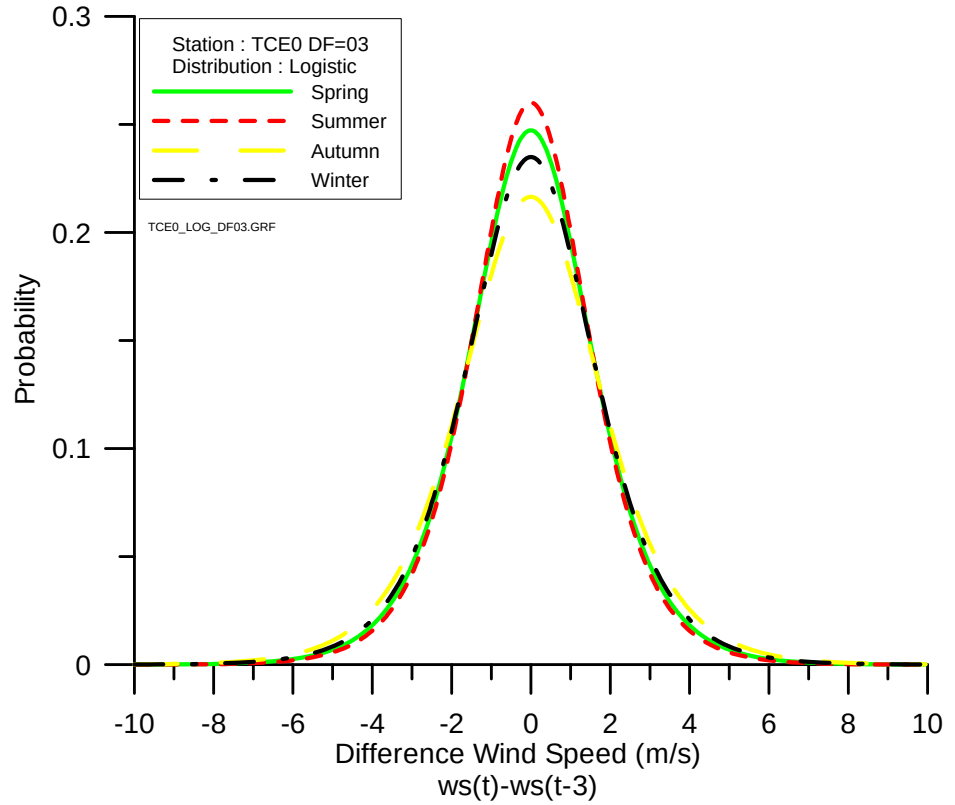


圖 5.2.9a 臺中港 E0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(邏輯)

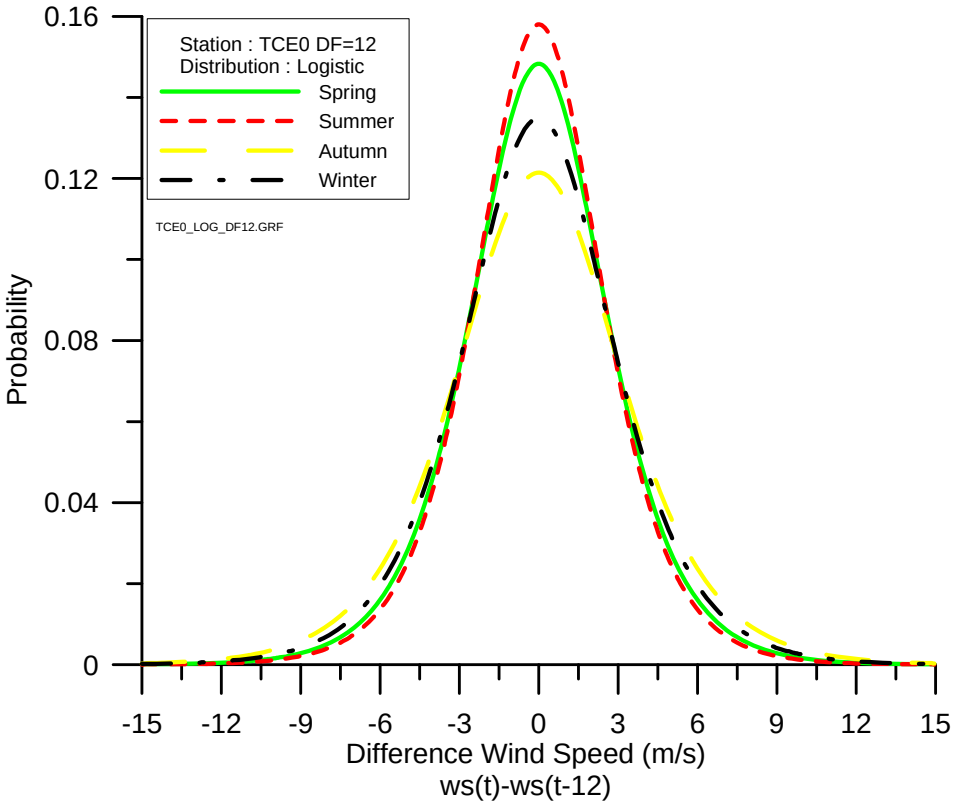


圖 5.2.9b 臺中港 E0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(邏輯)

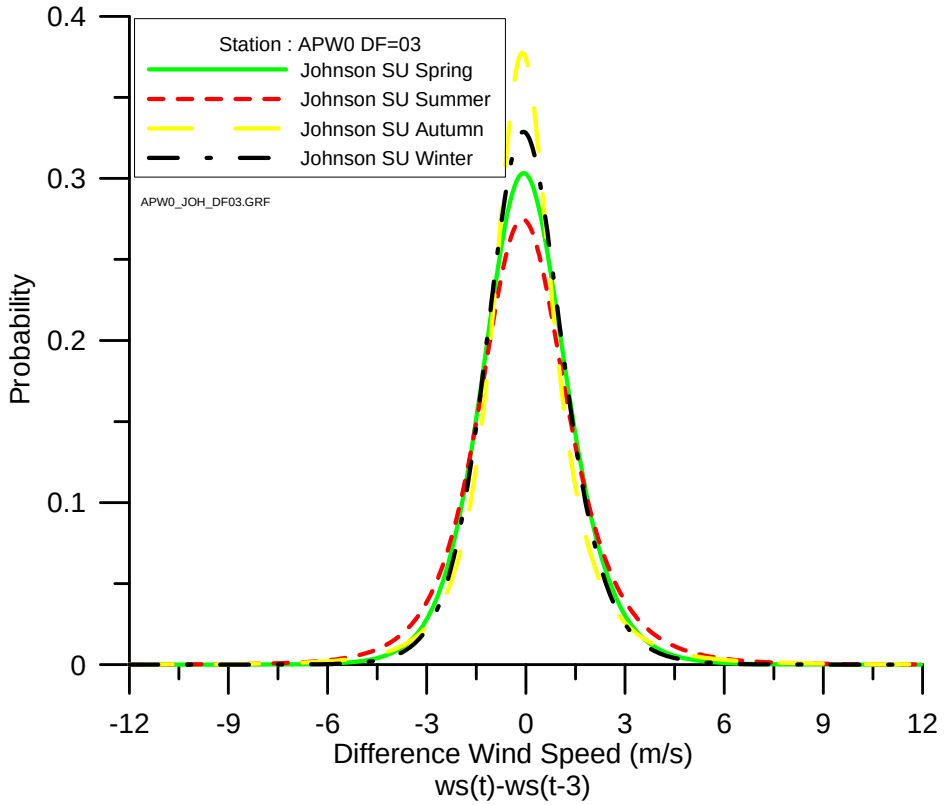


圖 5.2.10a 安平港 W0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(強森 SU)

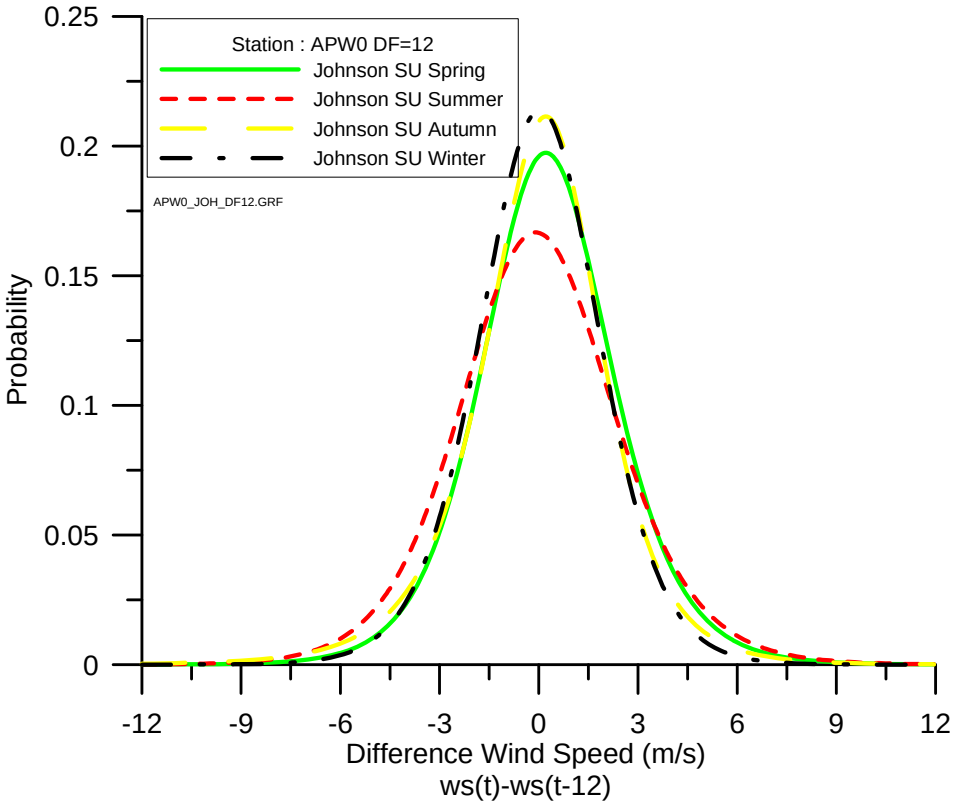


圖 5.2.10b 安平港 W0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(強森 SU)

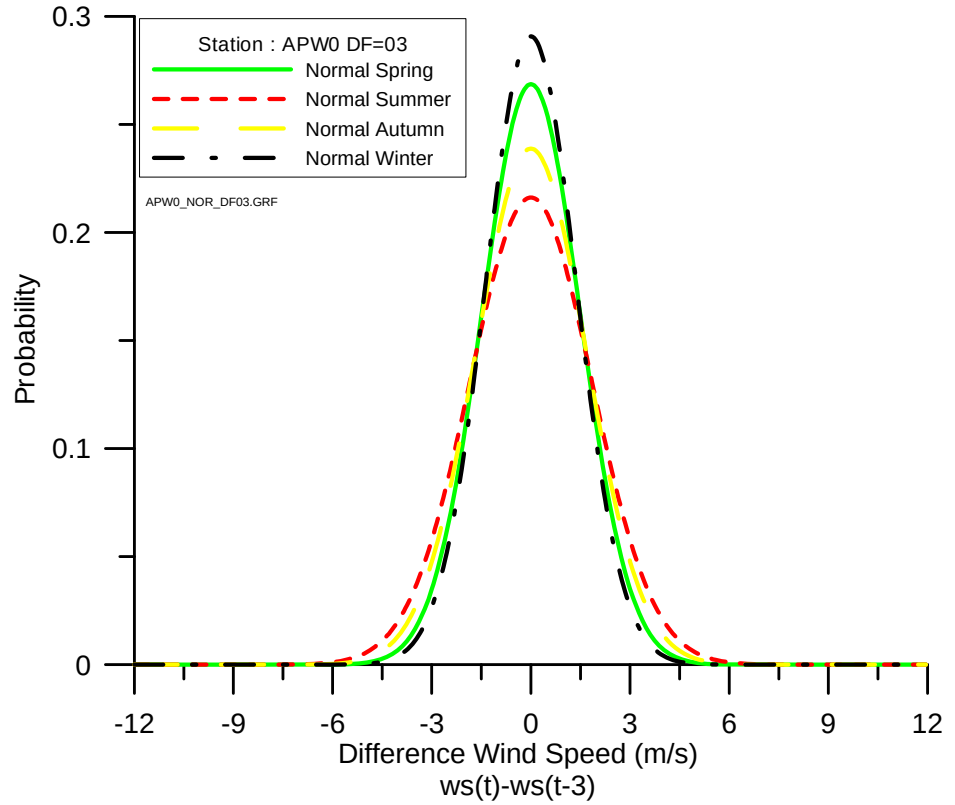


圖 5.2.11a 安平港 W0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(常態)

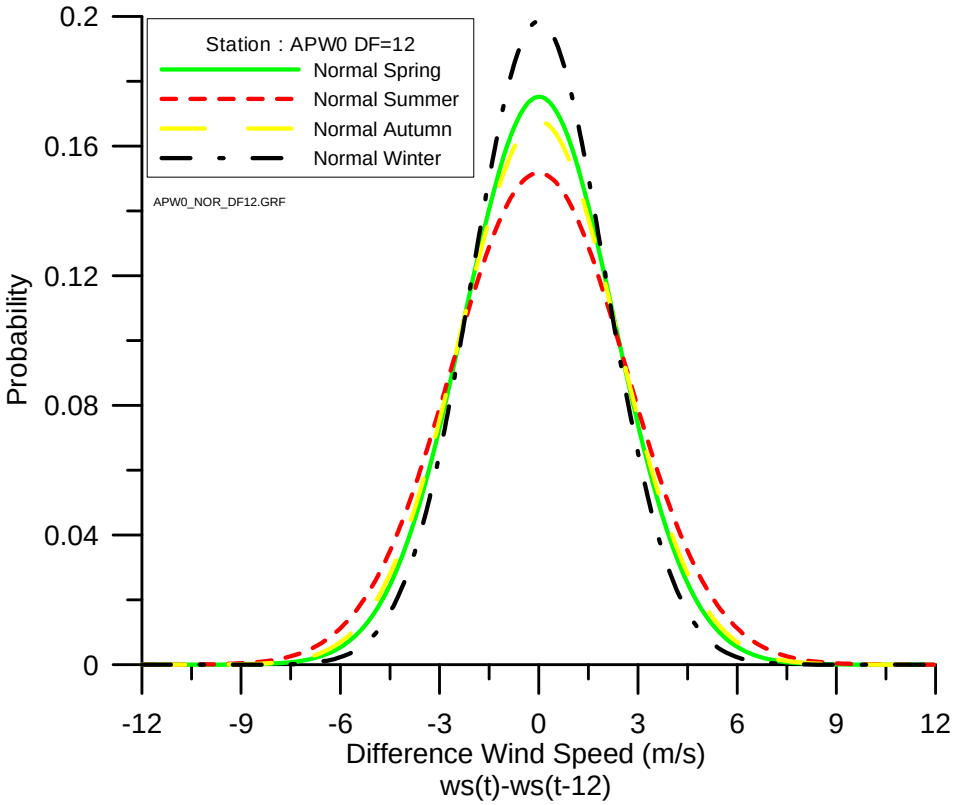


圖 5.2.11b 安平港 W0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(常態)

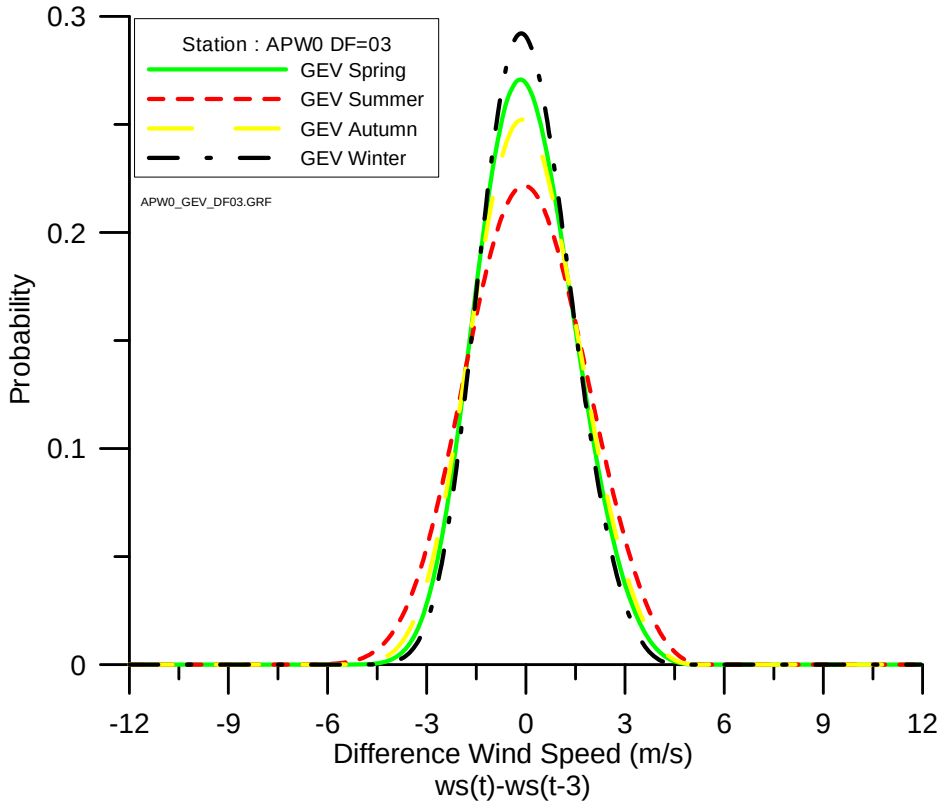


圖 5.2.12a 安平港 W0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(通用極值)

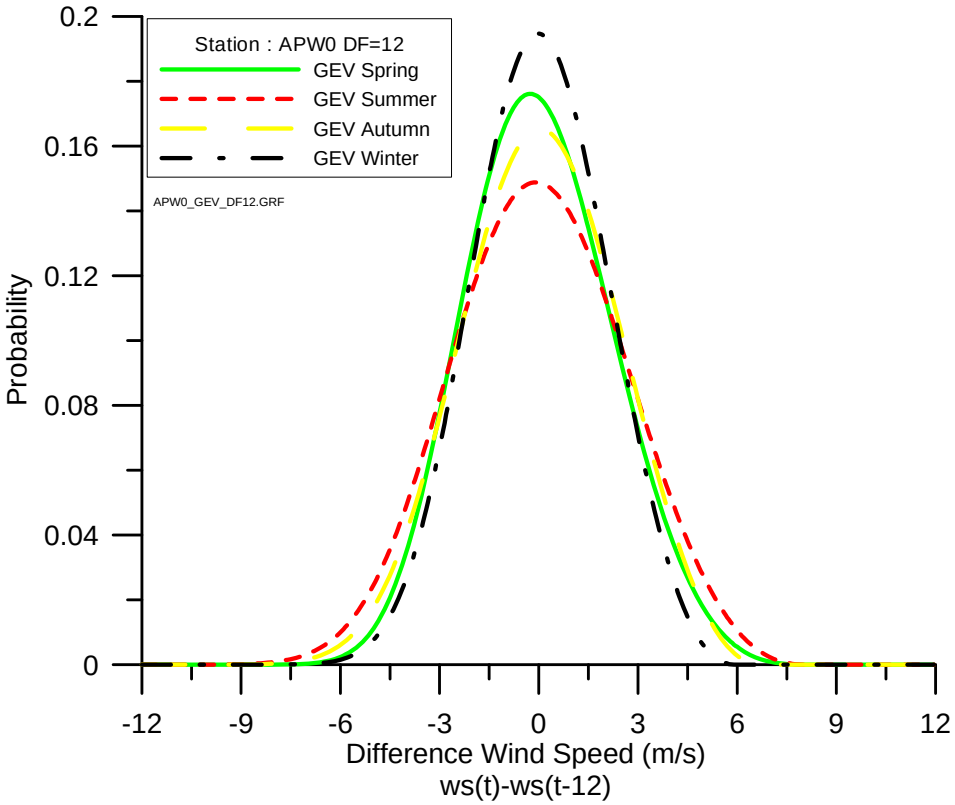


圖 5.2.12b 安平港 W0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(通用極值)

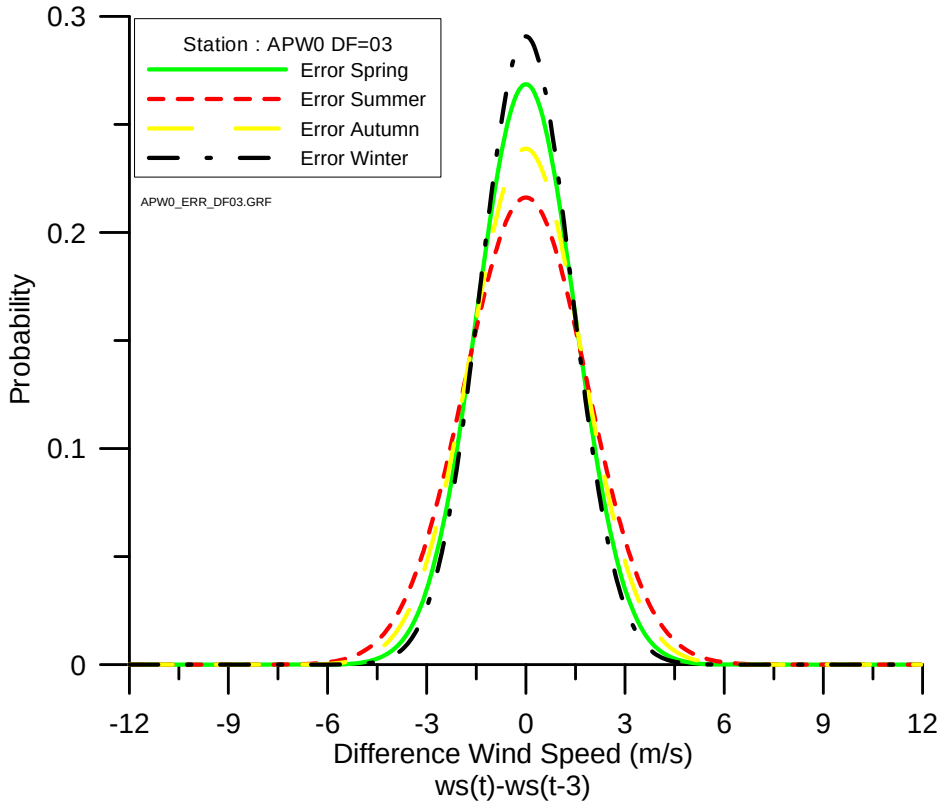


圖 5.2.13a 安平港 W0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(誤差函數)

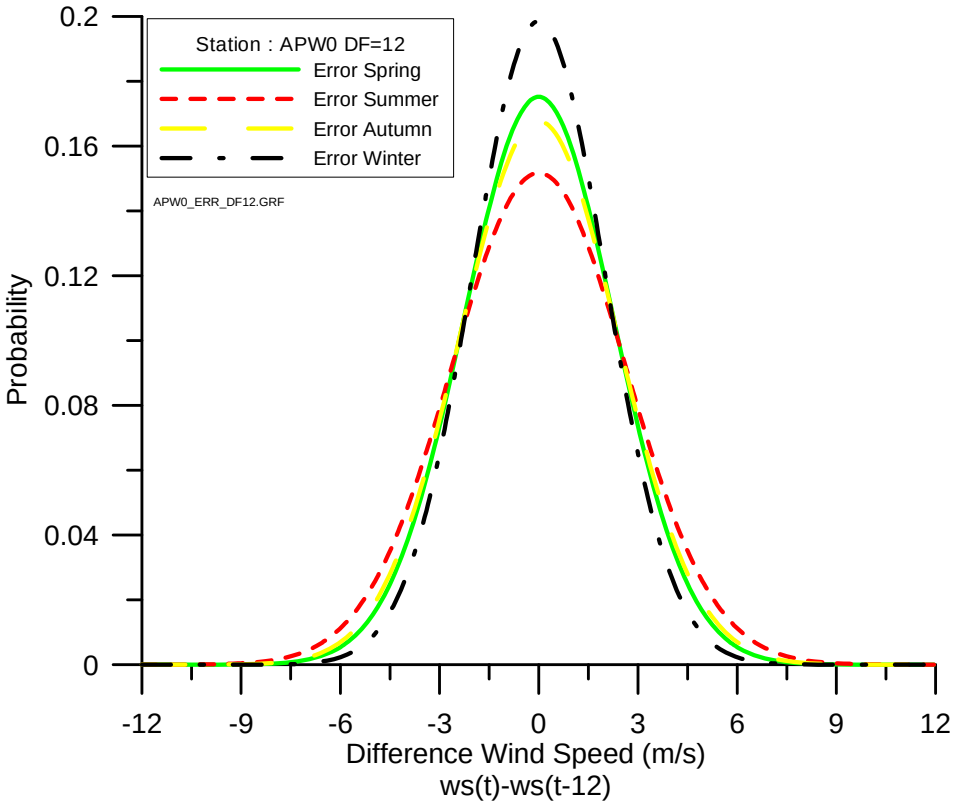


圖 5.2.13b 安平港 W0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(誤差函數)

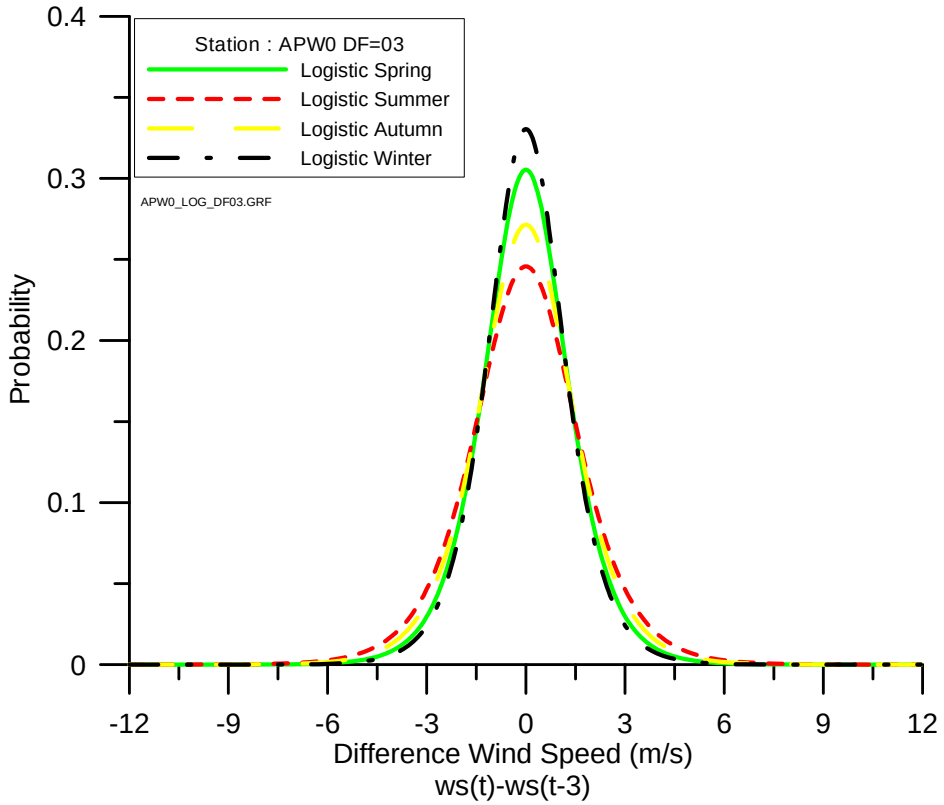


圖 5.2.14a 安平港 W0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(邏輯)

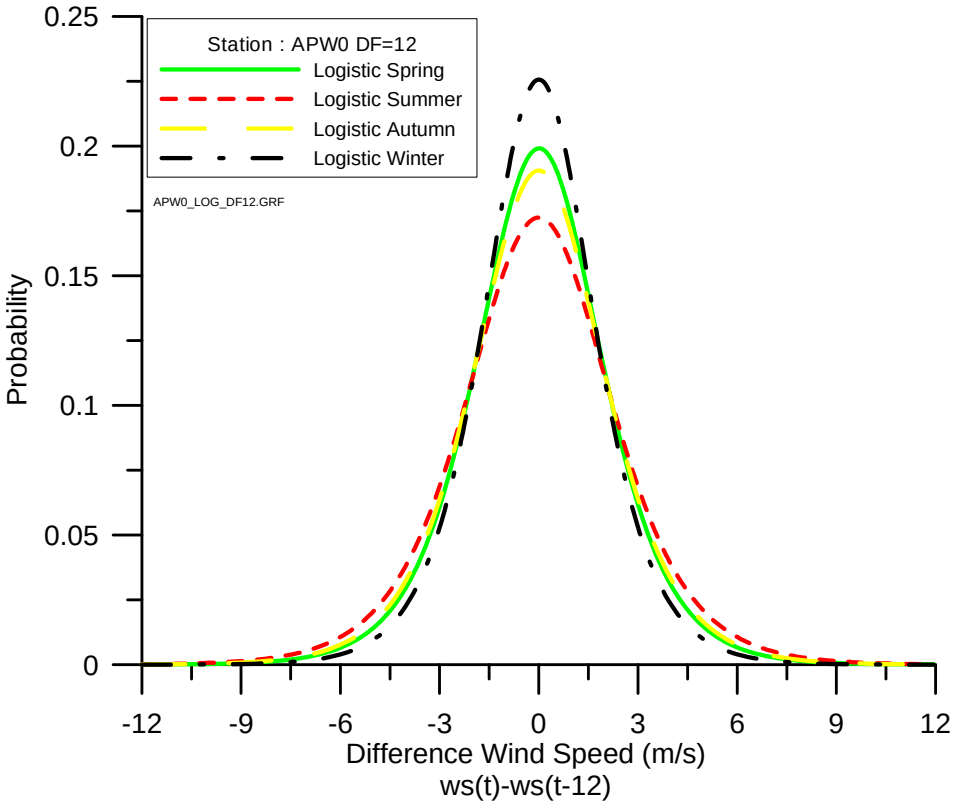


圖 5.2.14b 安平港 W0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(邏輯)

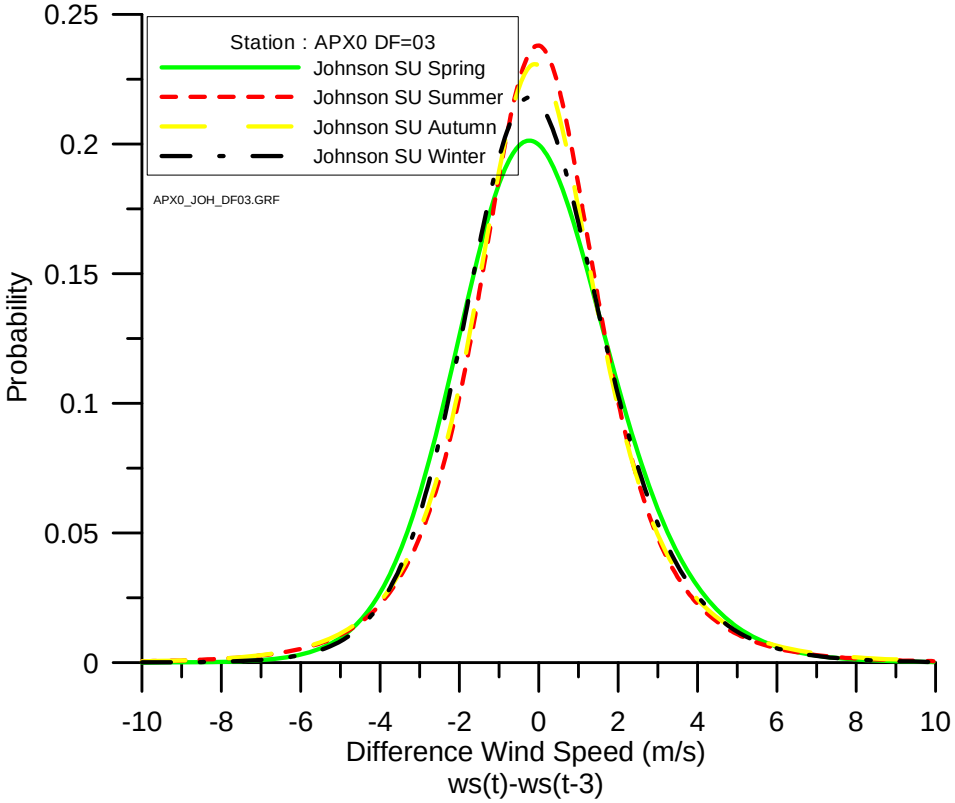


圖 5.2.15a 安平港 X0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(強森 SU)

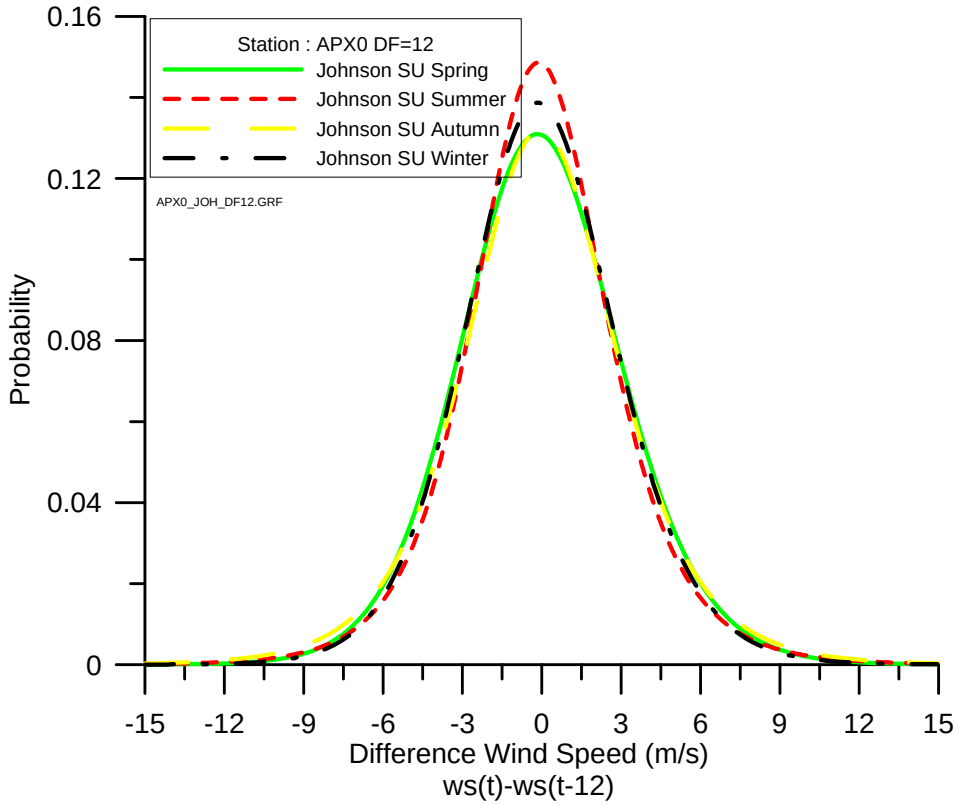


圖 5.2.15b 安平港 X0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(強森 SU)

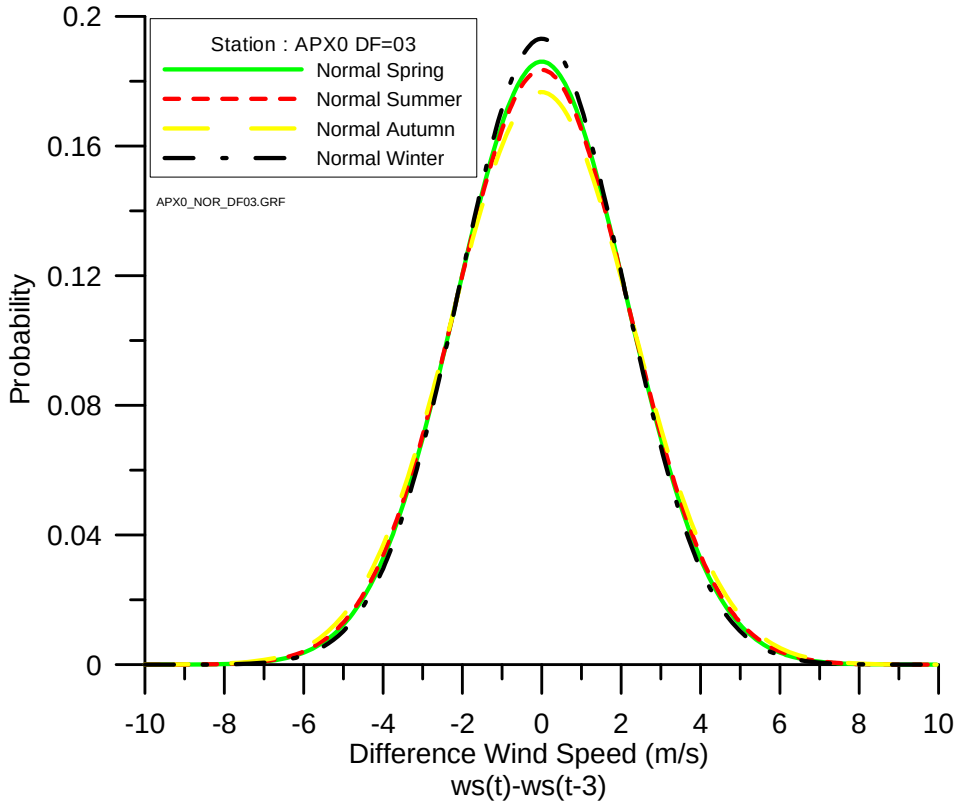


圖 5.2.16a 安平港 X0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(常態)

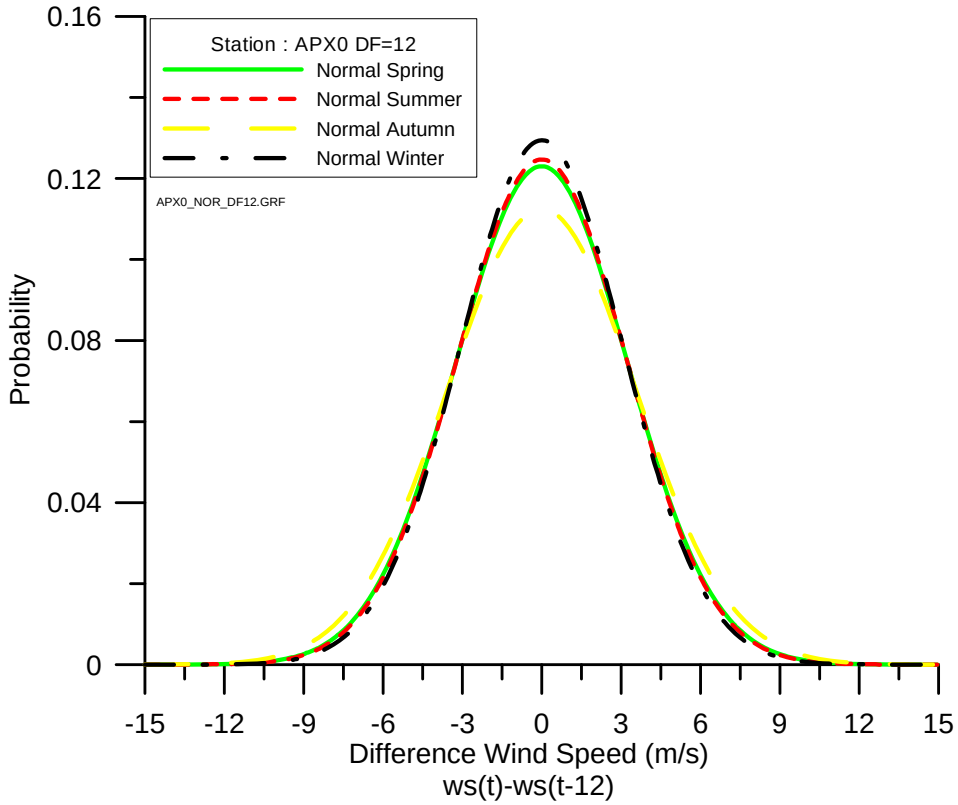


圖 5.2.16b 安平港 X0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(常態)

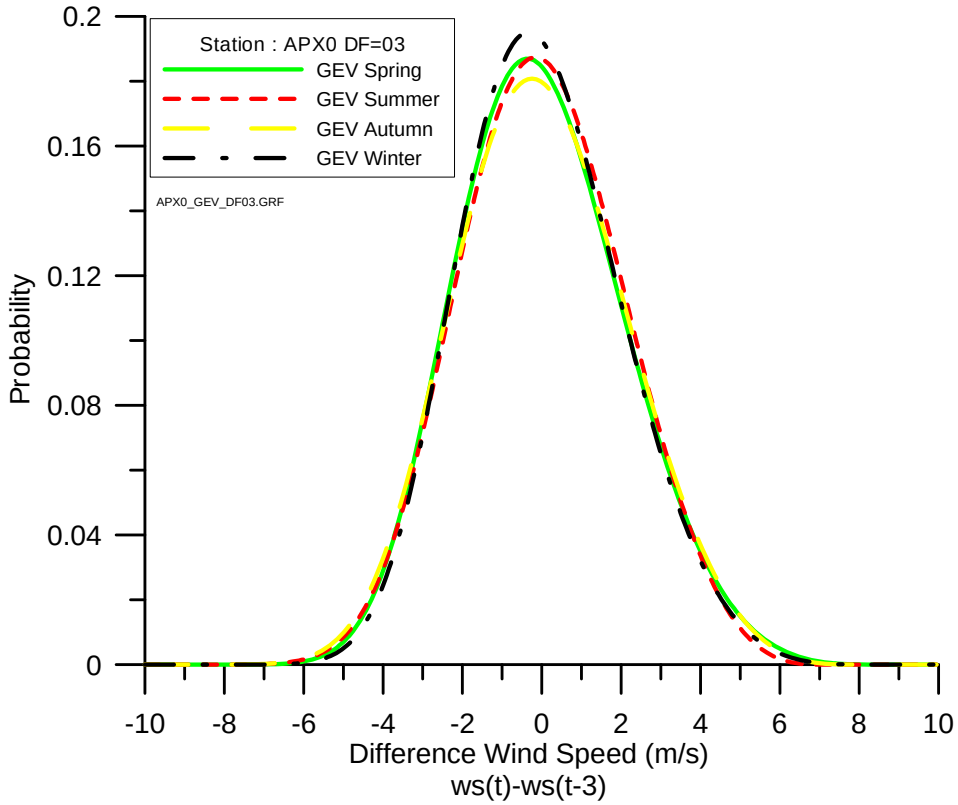


圖 5.2.17a 安平港 X0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(通用極值)

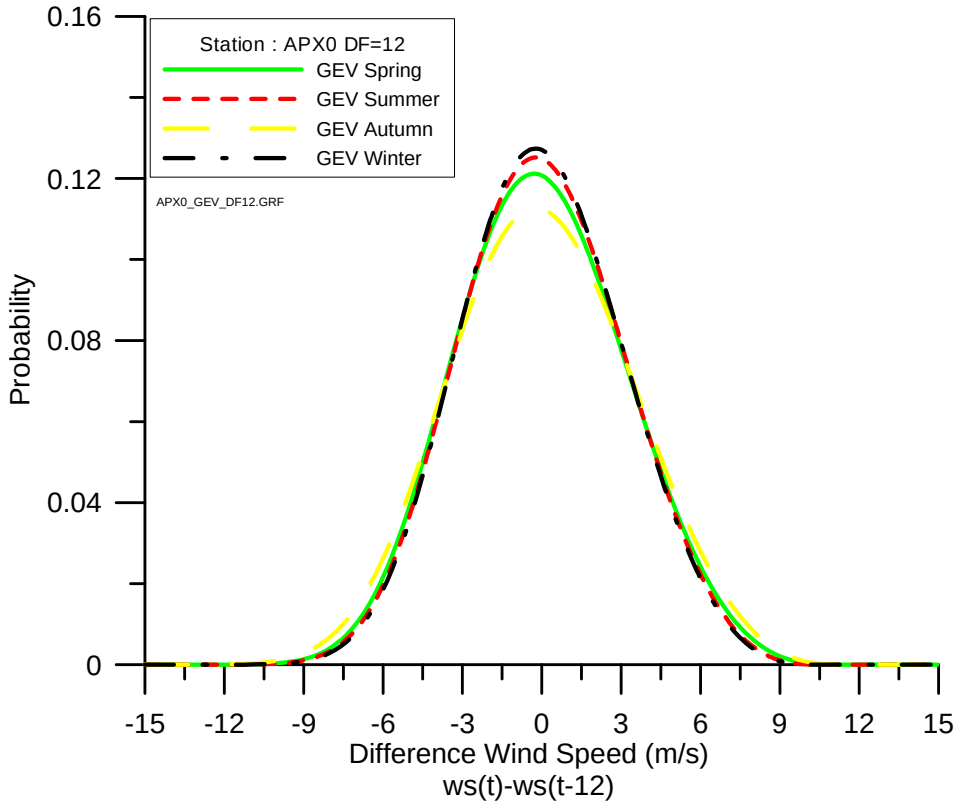


圖 5.2.17b 安平港 X0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(通用極值)

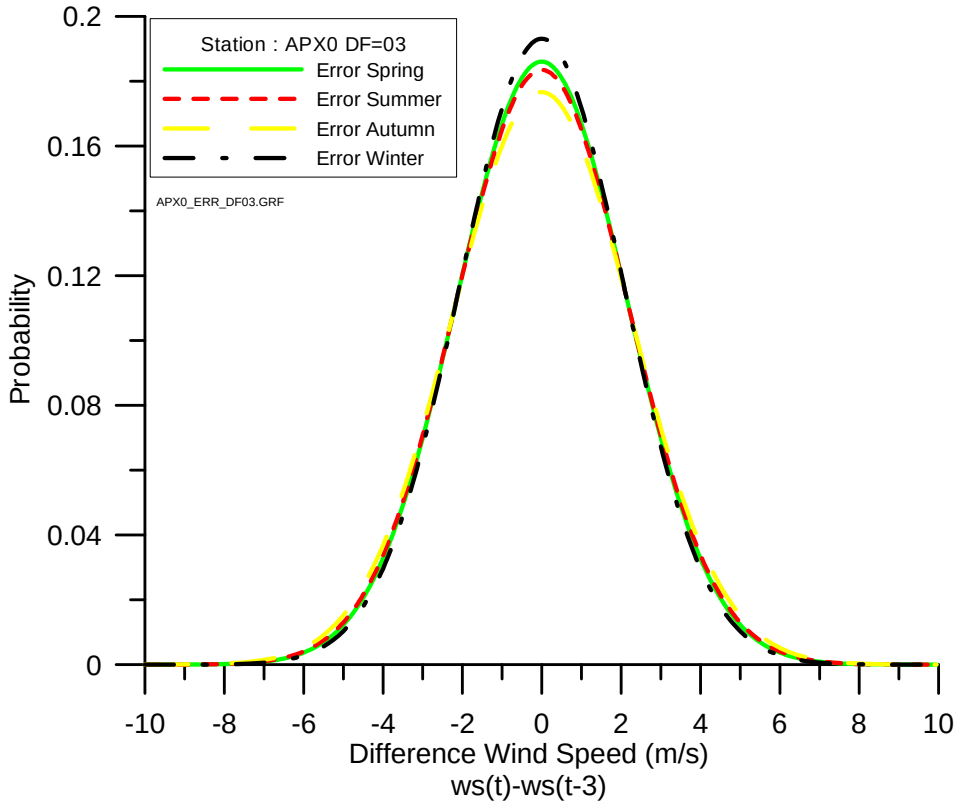


圖 5.2.18a 安平港 X0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(誤差函數)

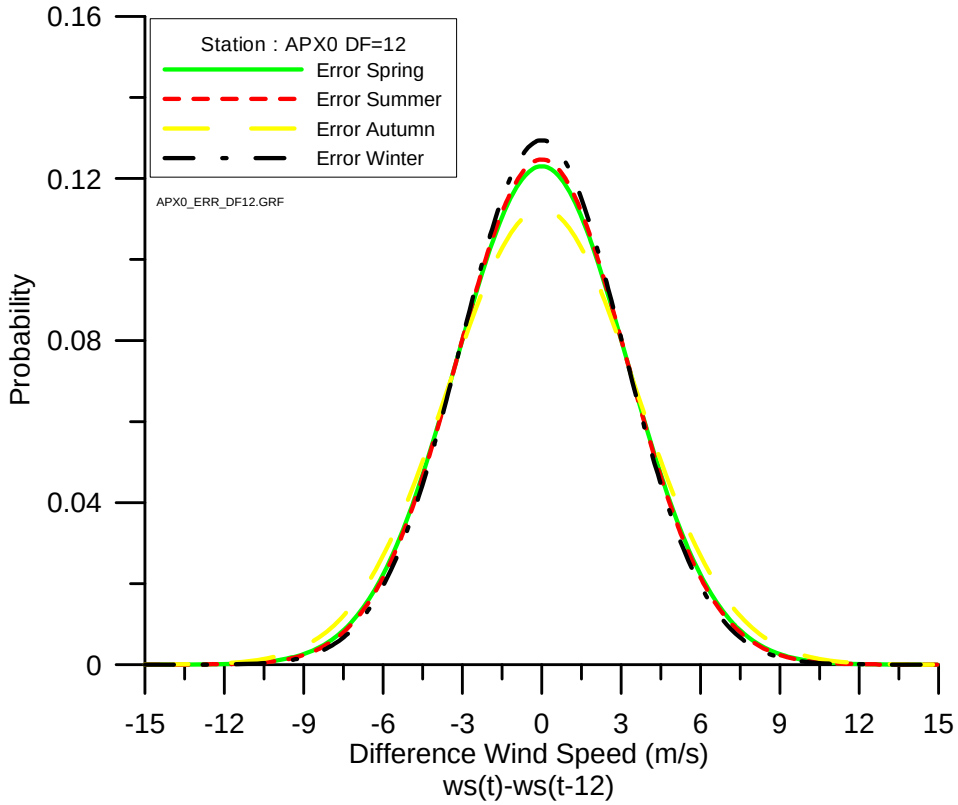


圖 5.2.18b 安平港 X0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(誤差函數)

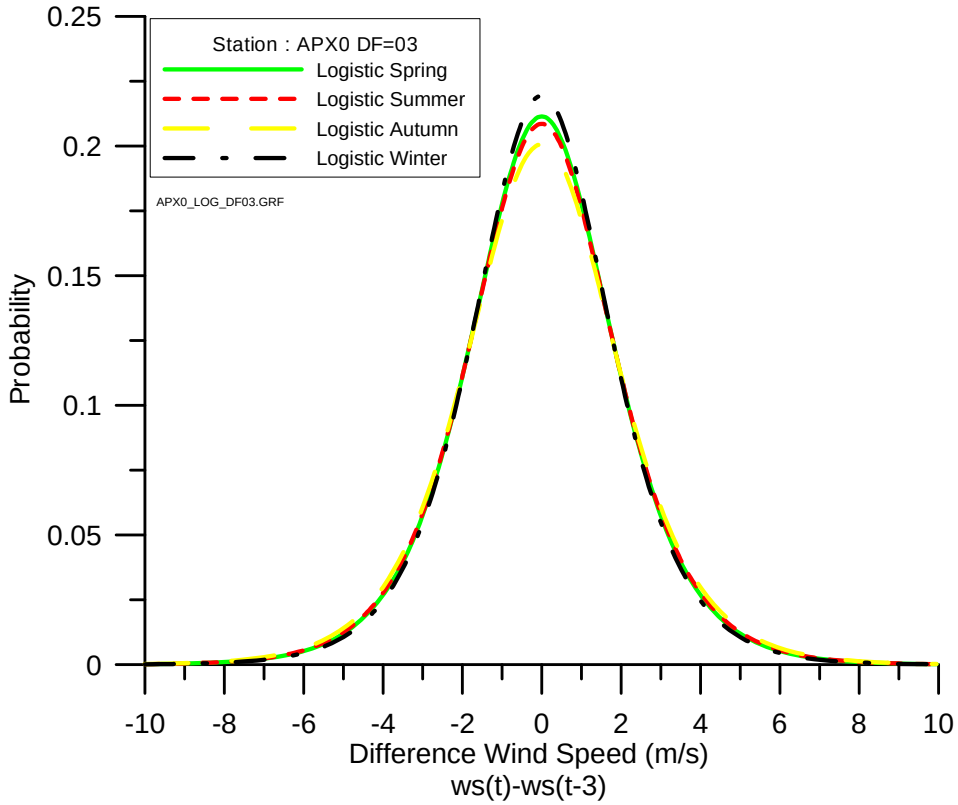


圖 5.2.19a 安平港 X0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(邏輯)

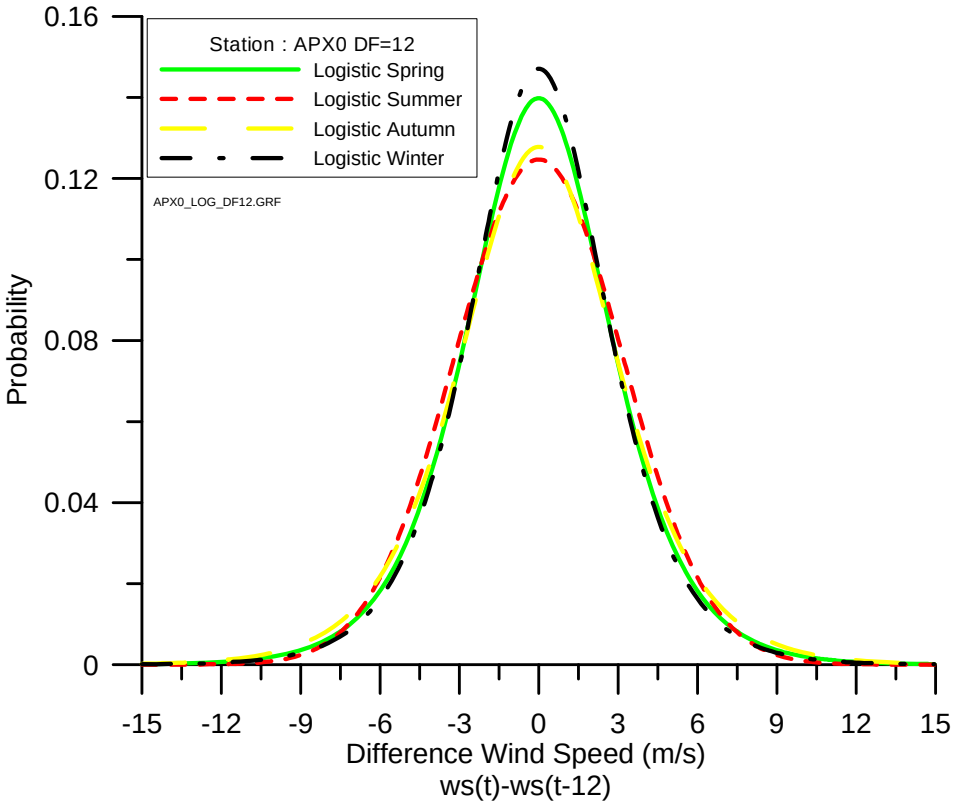


圖 5.2.19b 安平港 X0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(邏輯)

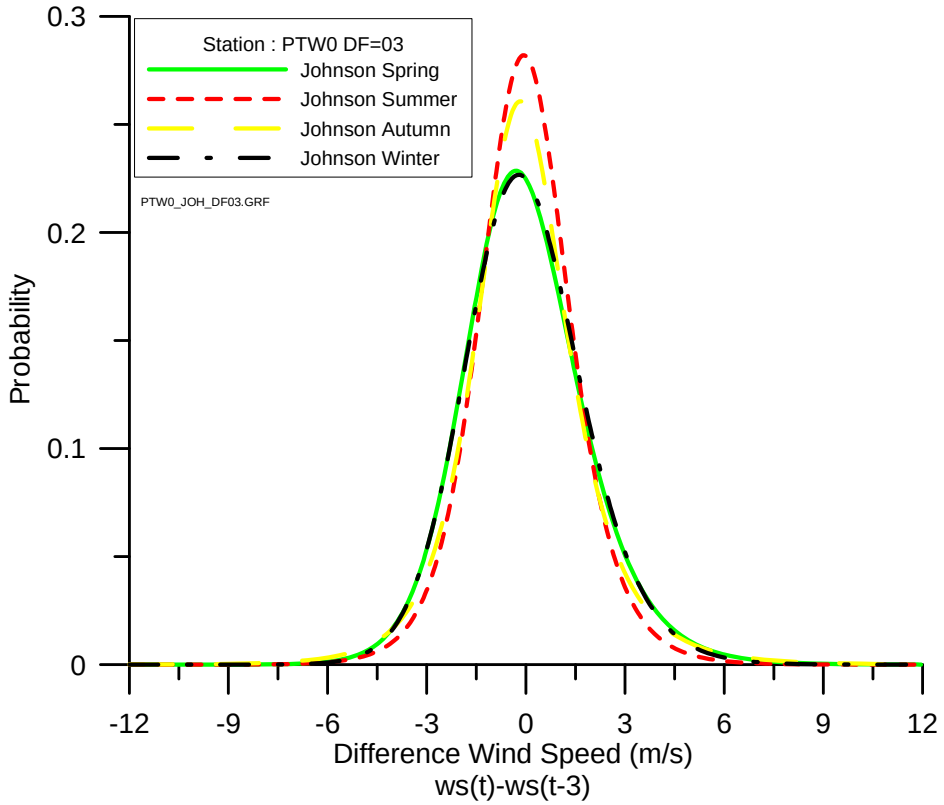


圖 5.2.20a 布袋港 W0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(強森 SU)

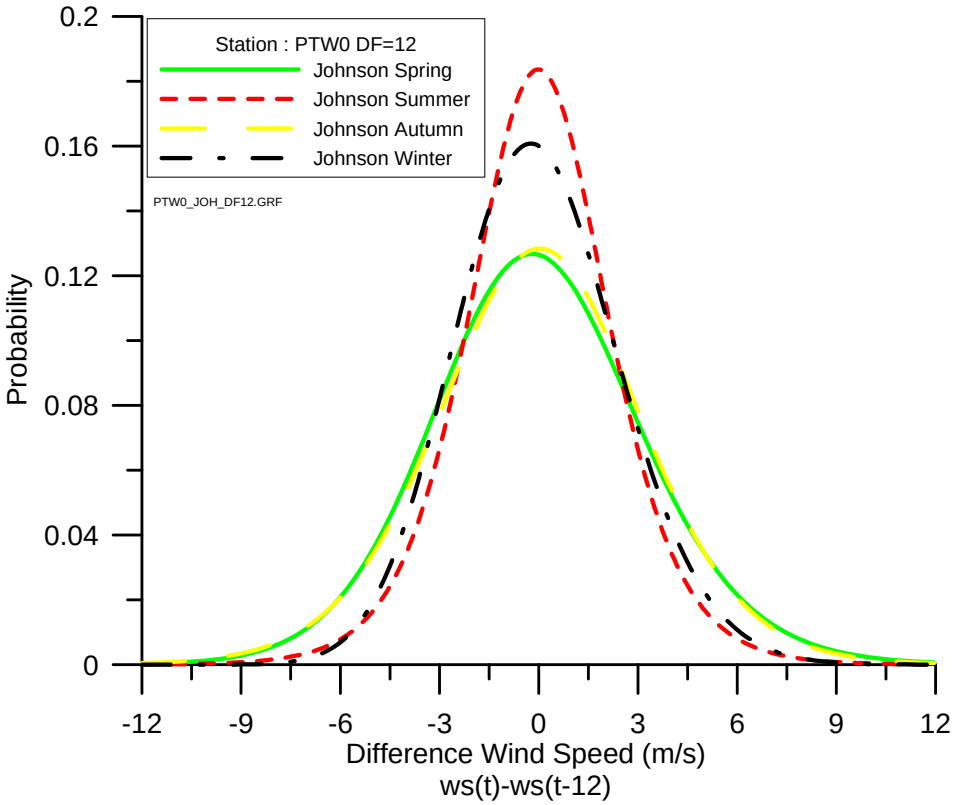


圖 5.2.20b 布袋港 W0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(強森 SU)

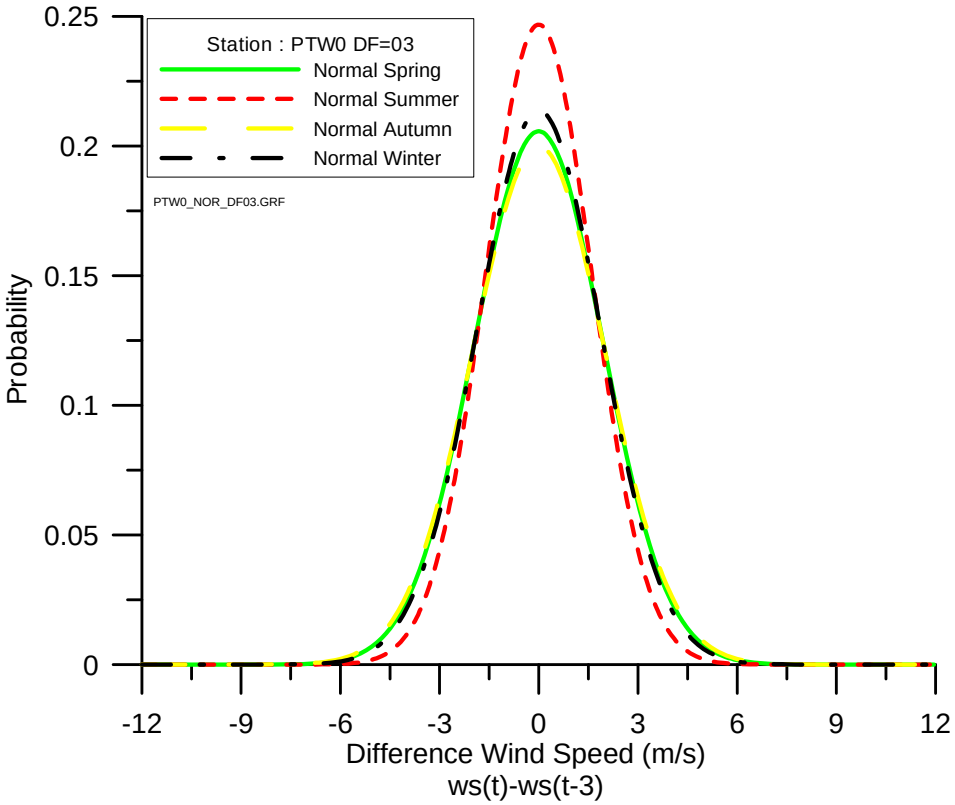


圖 5.2.21a 布袋港 W0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(常態)

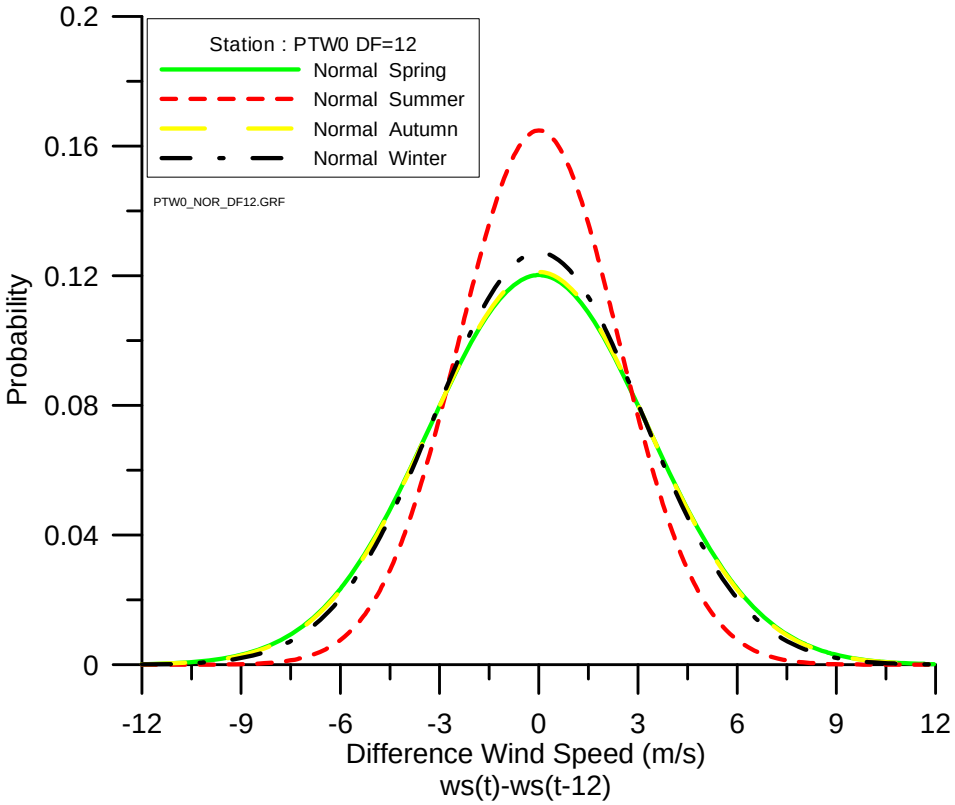


圖 5.2.21b 布袋港 W0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(常態)

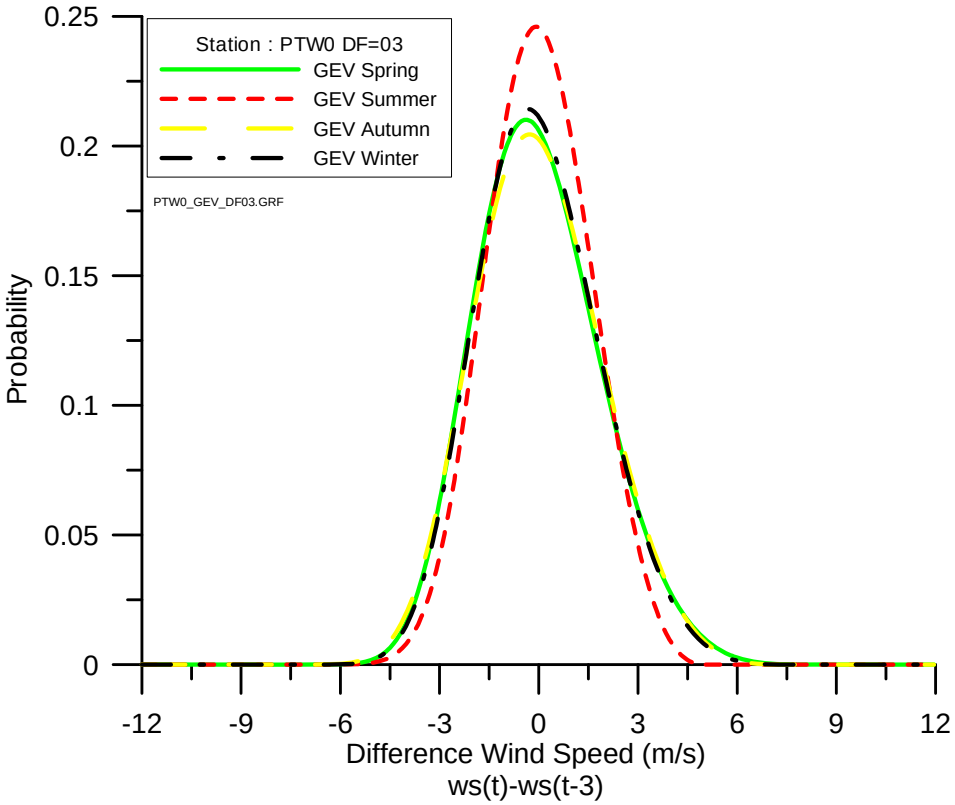


圖 5.2.22a 布袋港 W0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(通用極值)

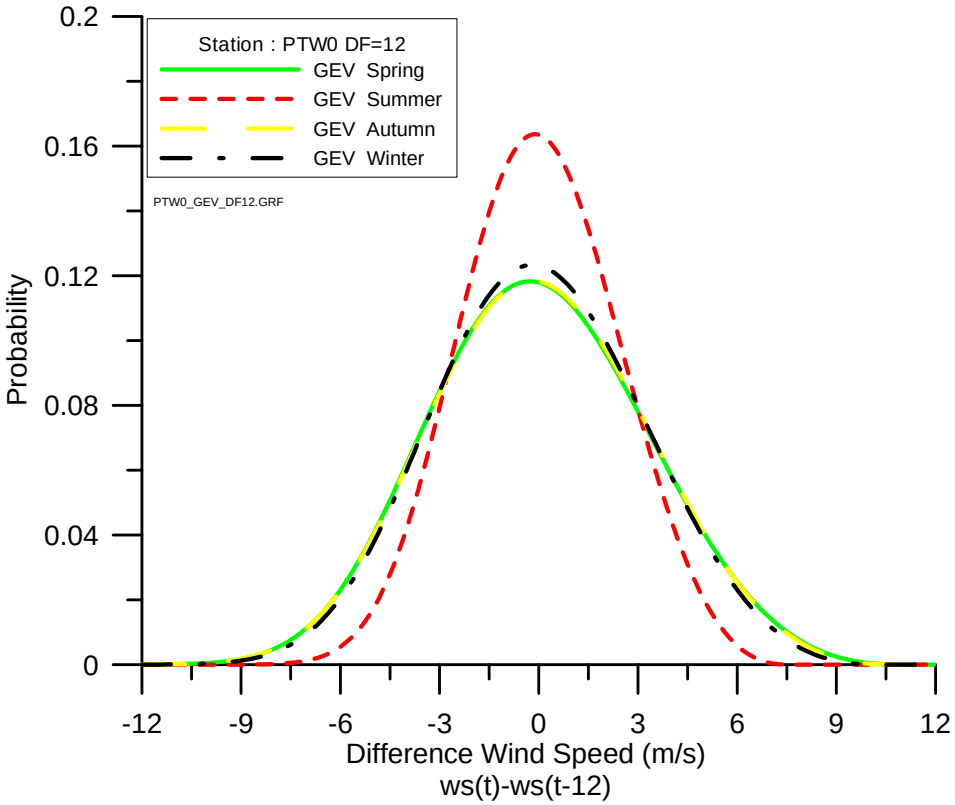


圖 5.2.22b 布袋港 W0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(通用極值)

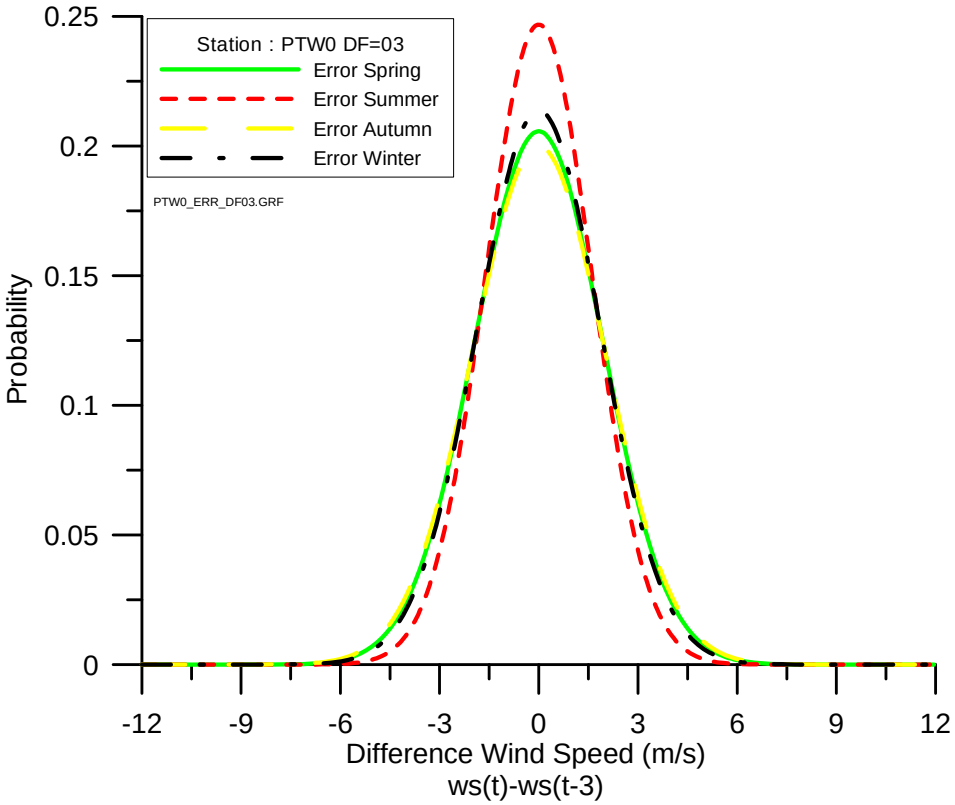


圖 5.2.23a 布袋港 W0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(誤差函數)

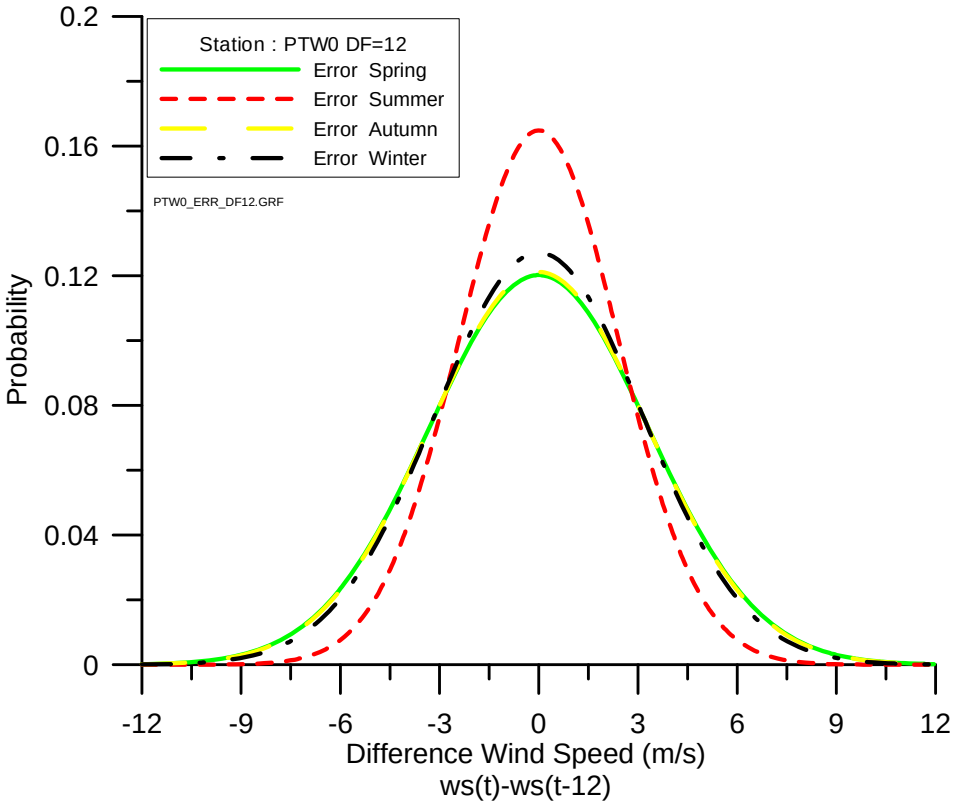


圖 5.2.23b 布袋港 W0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(誤差函數)

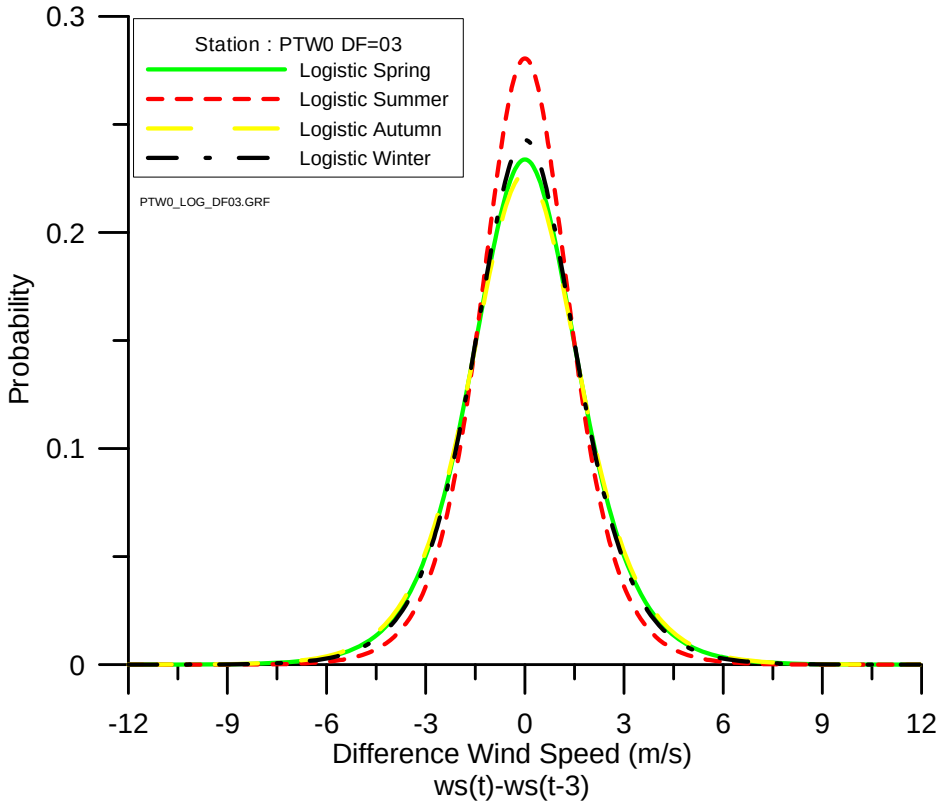


圖 5.2.24a 布袋港 W0 測站時差 3 不同季別之機率密度函數(邏輯)

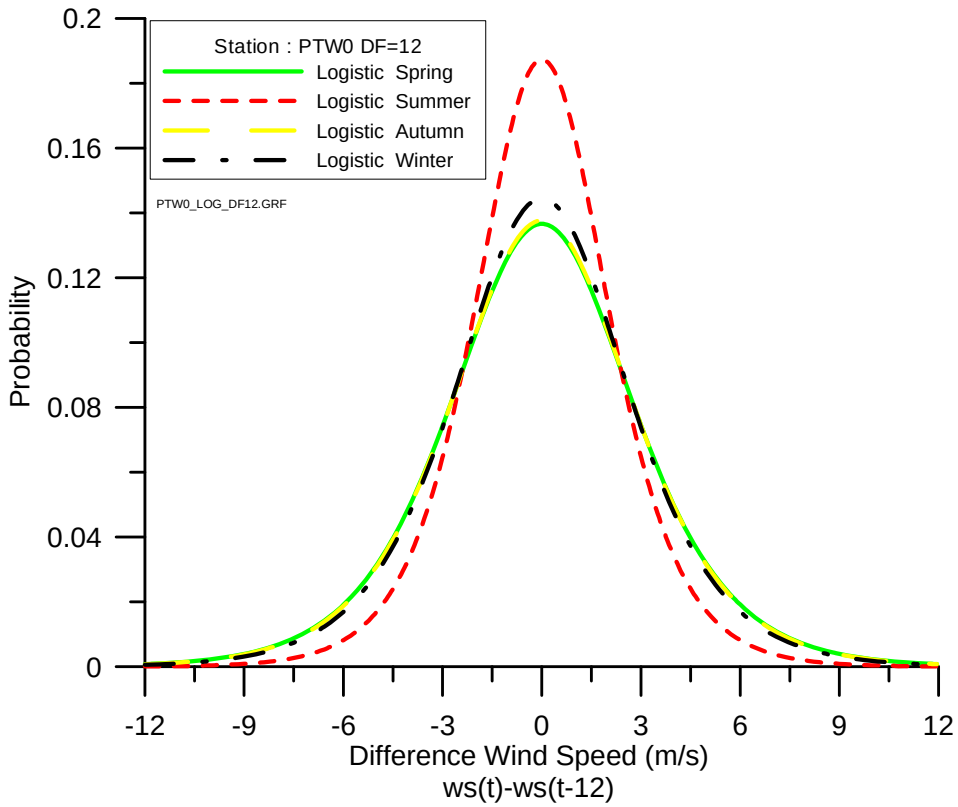


圖 5.2.24b 布袋港 W0 測站時差 12 不同季別之機率密度函數(邏輯)

5.2.3 不同時差之機率密度函數比較

臺中港E0測站不同時差下各季別風速差值之機率密度函數比較結果如圖5.2.25，為節省篇幅此處僅列出強森SU機率密度函數之結果。圖中黑實線為時差1、紅短虛線為時差3、藍長虛線為時差6、綠長短虛線為時差12。由圖中顯示機率密度函數明顯受時差之影響，其形狀隨時差愈大而愈平緩，換言之，時差愈小風速差值分布愈集中，此也意謂風速變動較小；反之，時差愈大風速差值分布愈分散，此與一般風速變動特性相符。上述之比較歸納結果不隨季別、機率密度函數型式及測站不同而有差異。

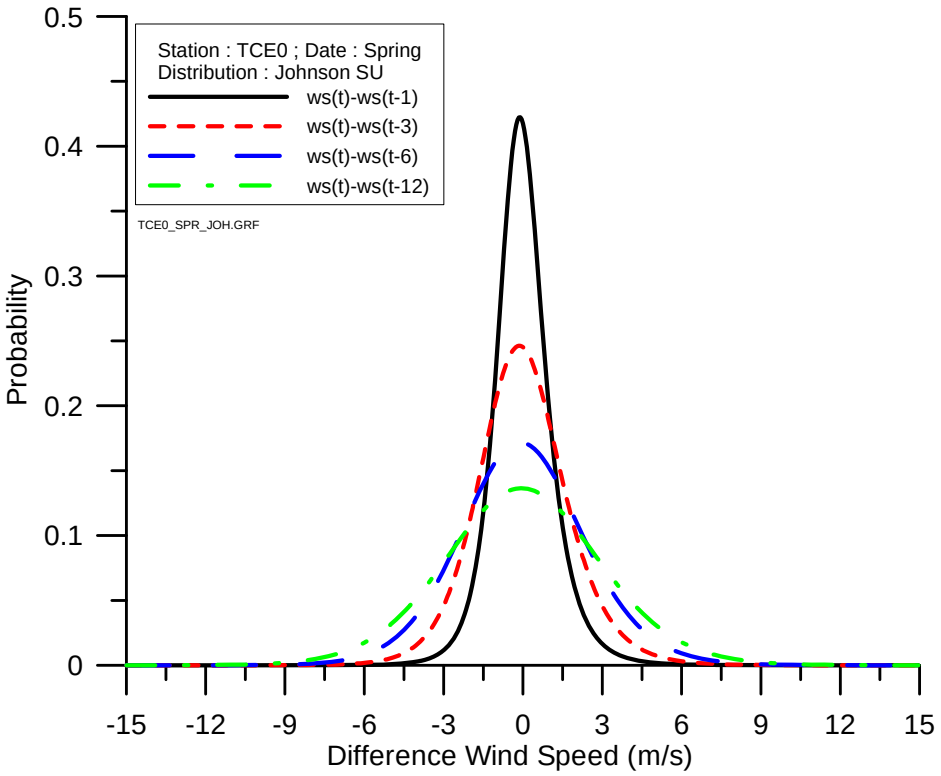


圖 5.2.25a 臺中港 E0 測站春季不同時差之機率密度函數(強森 SU)

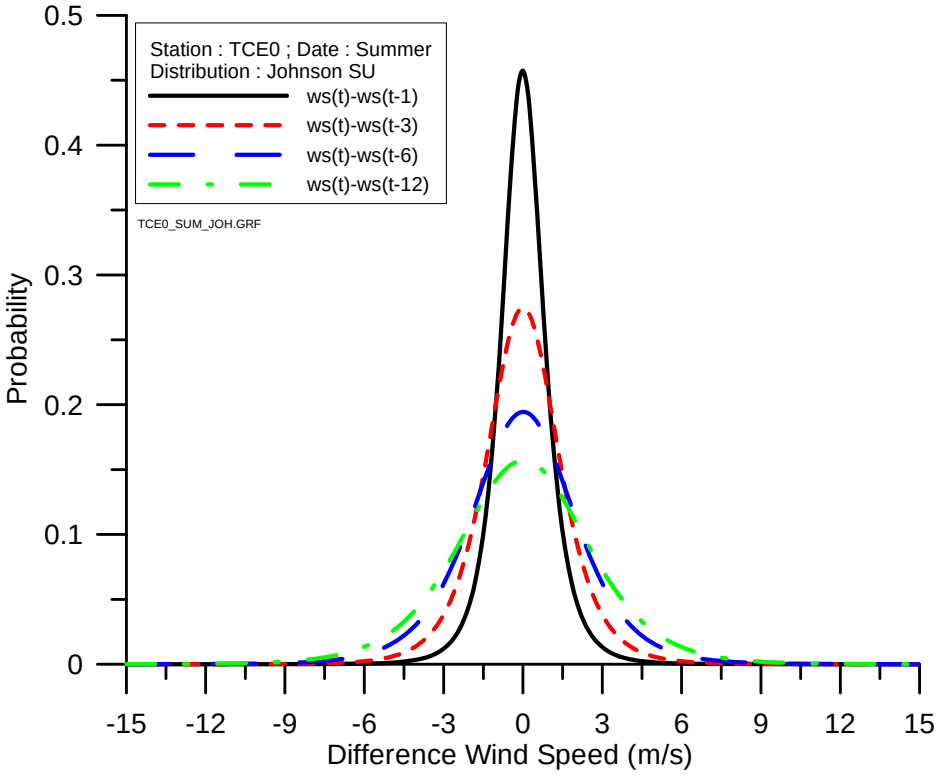


圖 5.2.25b 臺中港 E0 測站夏季不同時差之機率密度函數(強森 SU)

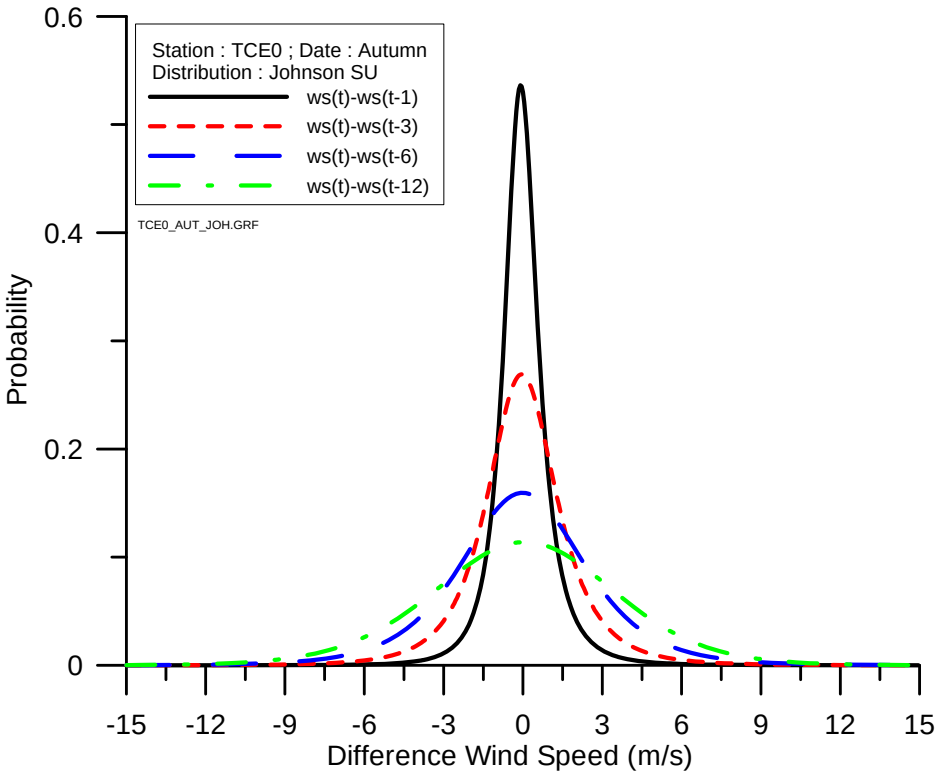


圖 5.2.25c 臺中港 E0 測站秋季不同時差之機率密度函數(強森 SU)

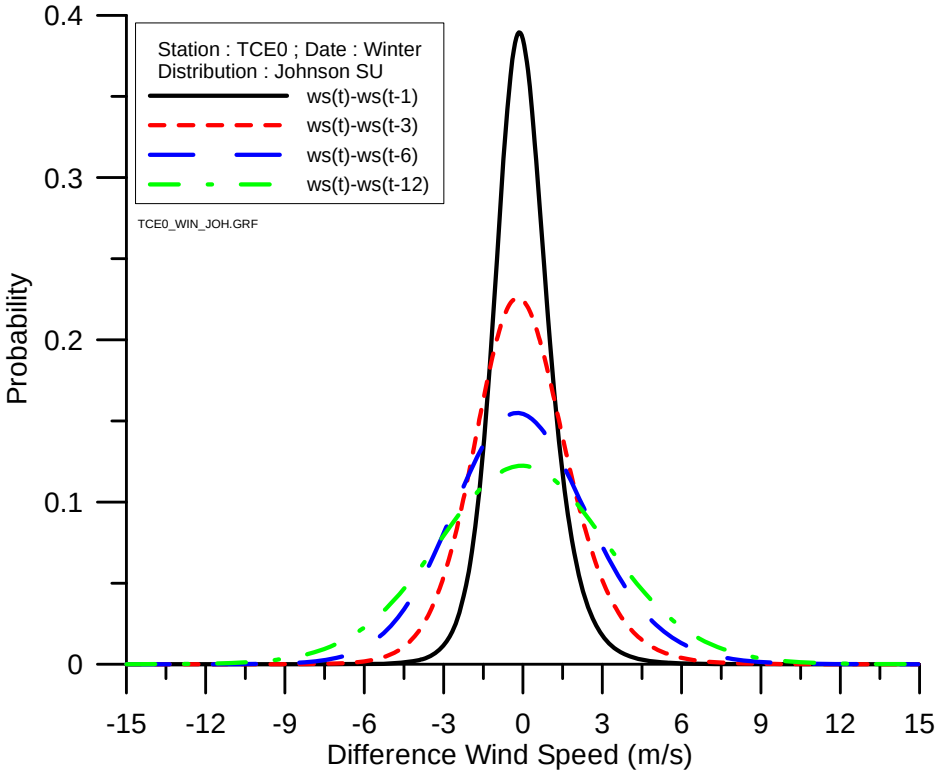


圖 5.2.25d 臺中港 E0 測站冬季不同時差之機率密度函數(強森 SU)

5.3 風速差值之界線值分析

5.3.1 不同機率密度函數之界線值比較

臺中港E0測站各季各時間間隔(時差)5種機率密度函數之比較結果如圖5.3.1~圖5.3.4。圖中藍十字實線為強森SU、藍倒虛三角虛線為邏輯、紅實圓實線為常態、黑虛圓實線為通用極值及黑正虛三角虛線為誤差函數。圖中顯示隨累積機率愈小風速差值的界線值愈大，此表示當風速差值自動檢核在較低之累積機率下其風速差值檢核標準較大。以春季時差12小時為例，當累積機率為5%時強森SU之風速差值的界線值為-4.95m/s與5.05m/s；邏輯為-4.95m/s與4.95m/s 。當累積機率為0.1%時強森SU之風速差值的界線值為-10.15m/s與10.5m/s；邏輯為-11.45m/s與11.4m/s。一般而言在相同累積機率下強森SU之風速差值的界線值最大，邏輯次之，誤差函數與常態則較小，通用極值最小。不過當累積機率愈大時不同機率函數風速差值的界線值差異愈不明顯，例如當累積機率為5%時各機率函數風速差值的界線值幾乎相同。但是當累積機率愈小時不同機率函數風速差值的界線值差異愈大，因此針對風速差值檢核標準而言，將受累積機率的選定影響。其他測站之分析結果與本站相似。

5.3.2 不同季別之界線值比較

臺中港E0測站各時間間隔(時差)各機率密度函數之不同季別比較結果如圖5.3.5~圖5.3.9。圖中綠實線為春季、紅短虛線為夏季、黃實線為秋季、黑長短虛線為冬季。圖中同樣顯示隨累積機率愈小風速差值的界線值愈大，但在相同累積機率下不同季別之風速差值的界線值差異不大，其差異對照上一小節不同機率密度函數之比較結果為小。換言之，風速差值的界線值選定受機率密度函數型式的影響大於不同季別的考量。臺中港測站以秋冬季稍大些，春夏季則稍較小；安平港測站以夏秋季稍大些，春冬季則稍較小；布袋港測站以春秋季稍大些，冬夏季則稍較小。基本上其他測站之分析結果大致與本站相似。

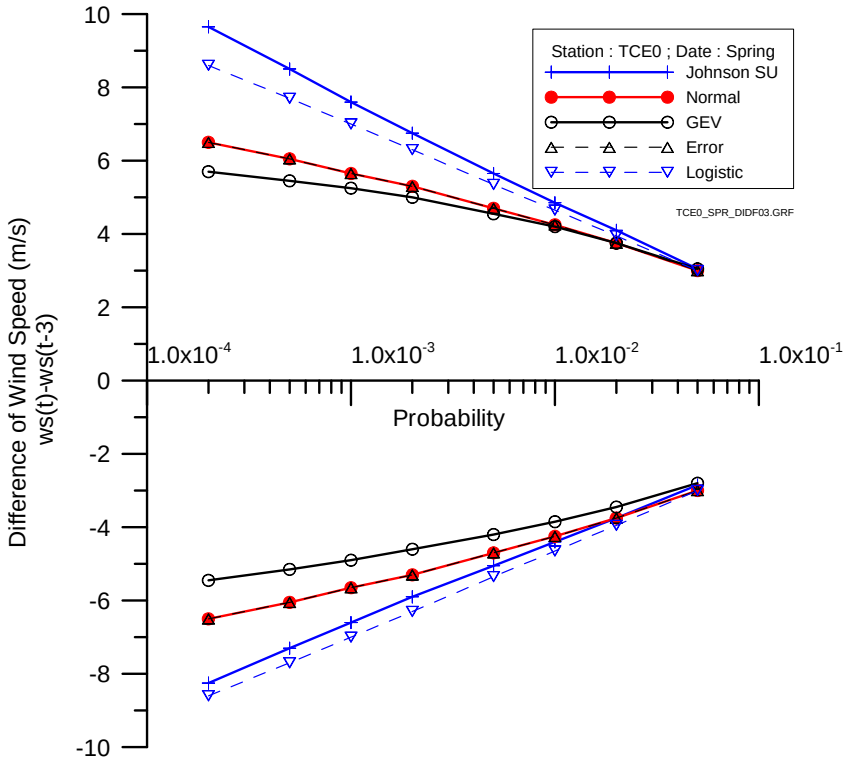


圖 5.3.1a 臺中港 E0 測站春季時差 3 之風速差值各機率函數之界線值

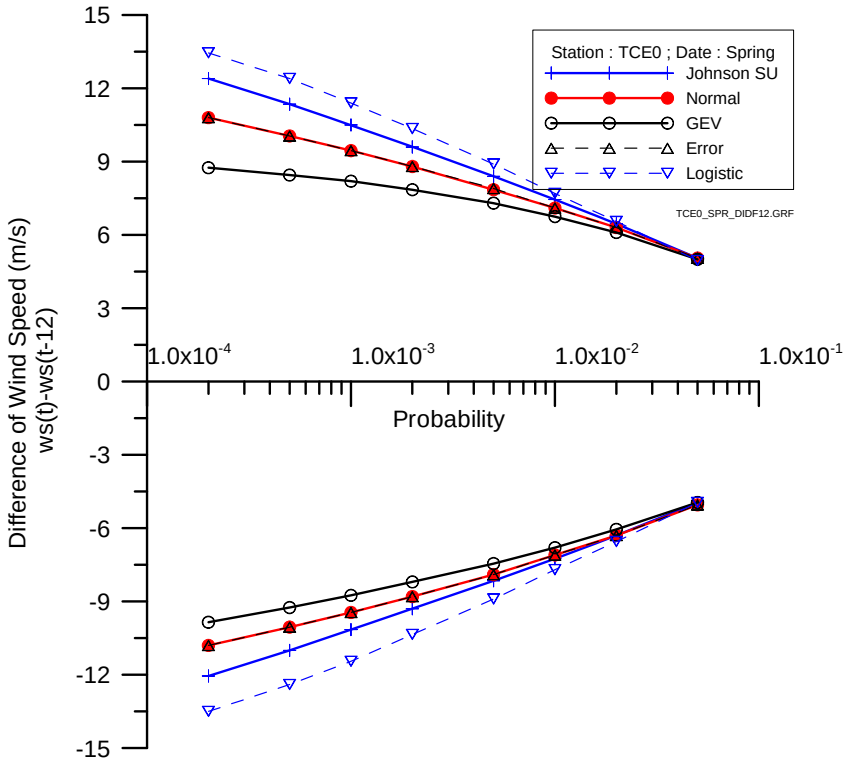


圖 5.3.1b 臺中港 E0 測站春季時差 12 之風速差值各機率函數之界線值

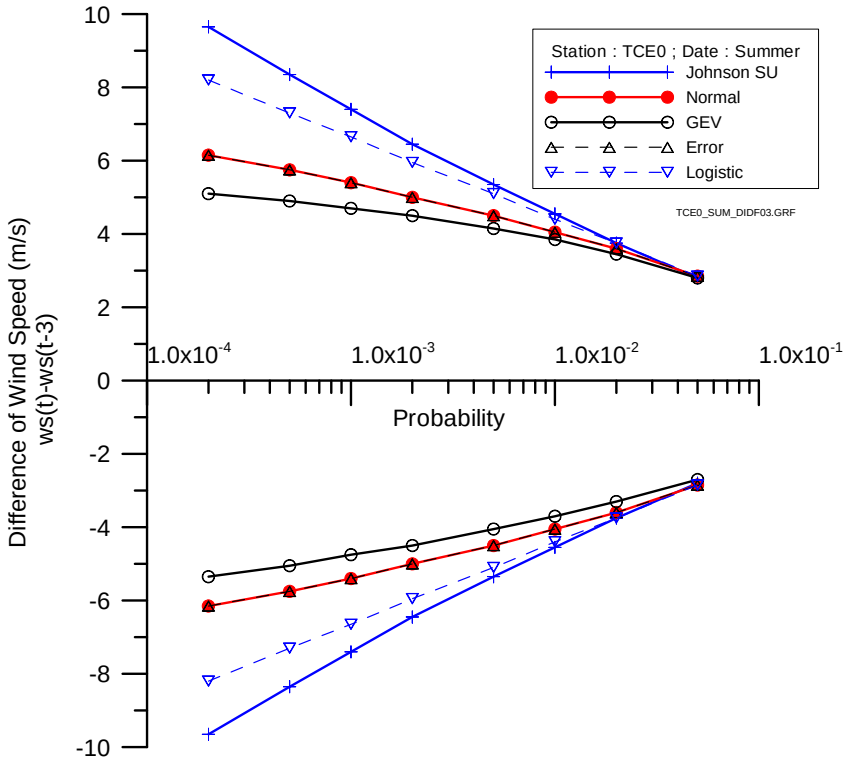


圖 5.3.2a 臺中港 E0 測站夏季時差 3 之風速差值各機率函數之界線值

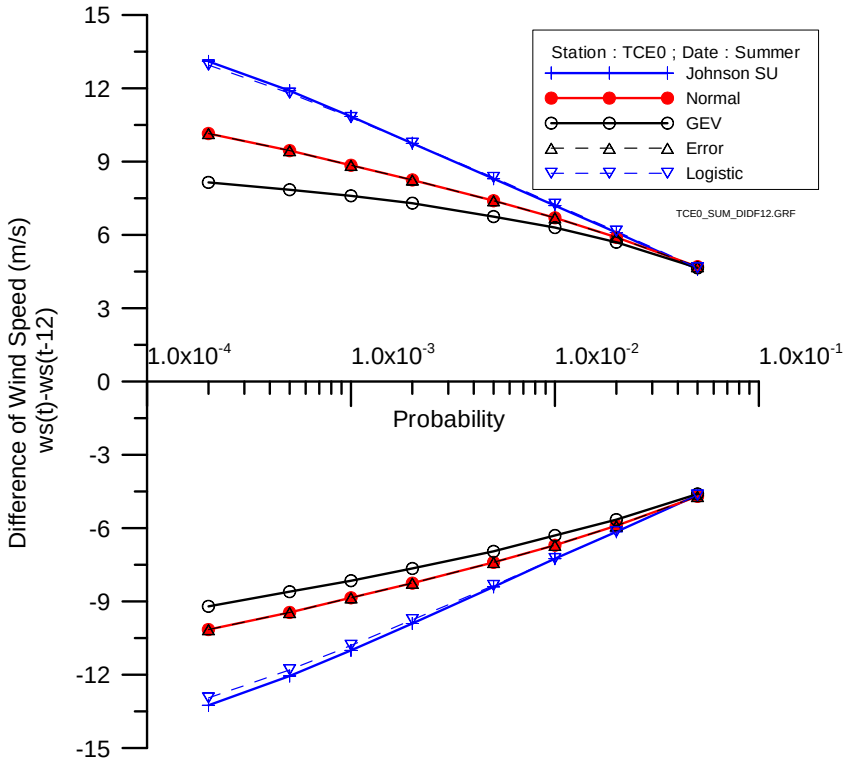


圖 5.3.2b 臺中港 E0 測站夏季時差 12 之風速差值各機率函數之界線值

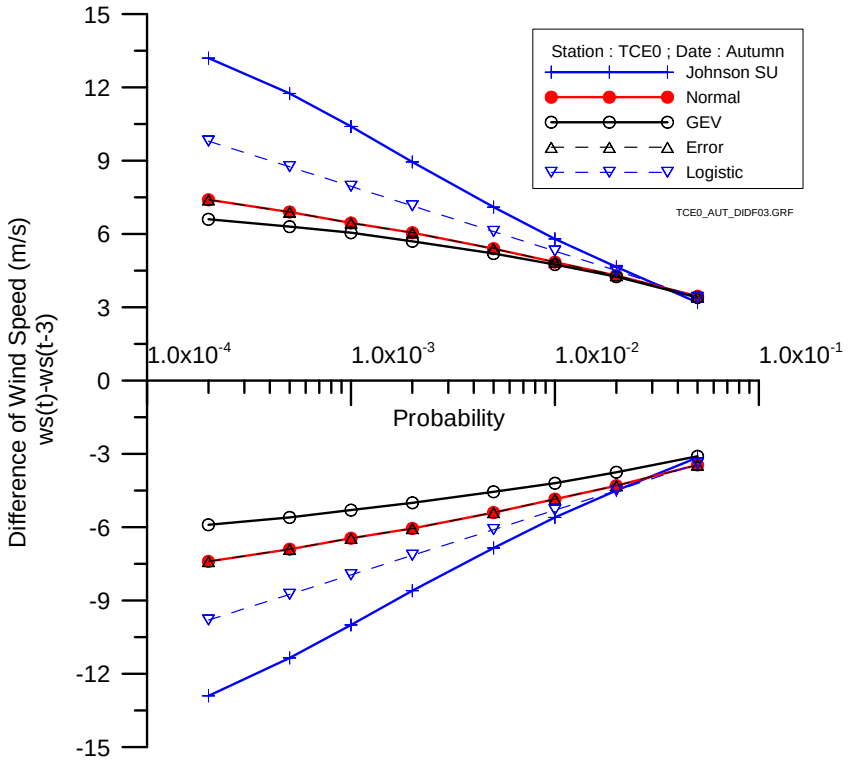


圖 5.3.3a 臺中港 E0 測站秋季時差 3 之風速差值各機率函數之界線值

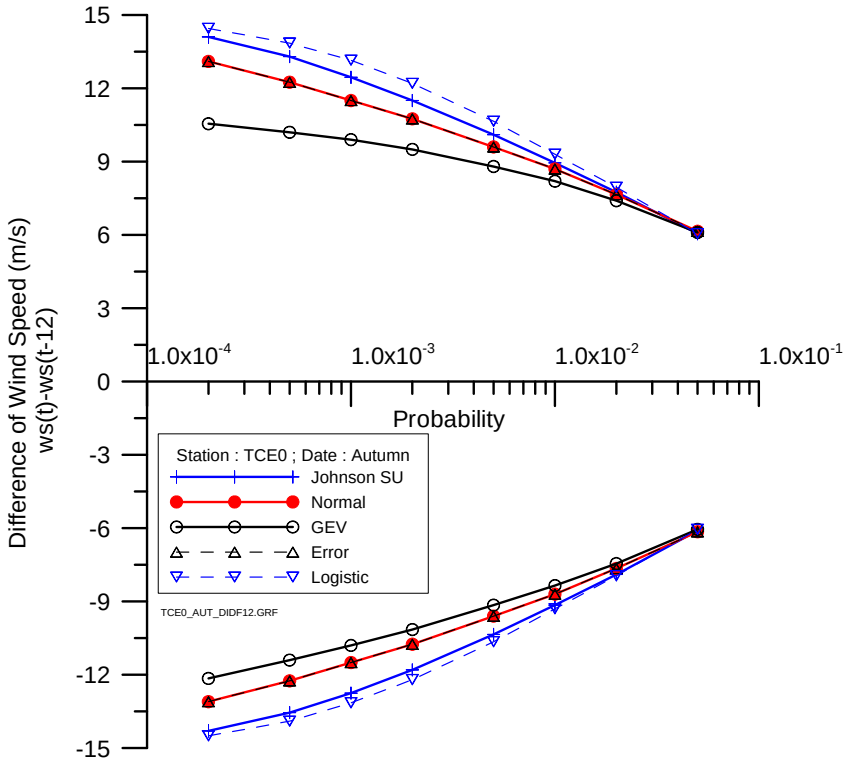


圖 5.3.3b 臺中港 E0 測站秋季時差 12 之風速差值各機率函數之界線值

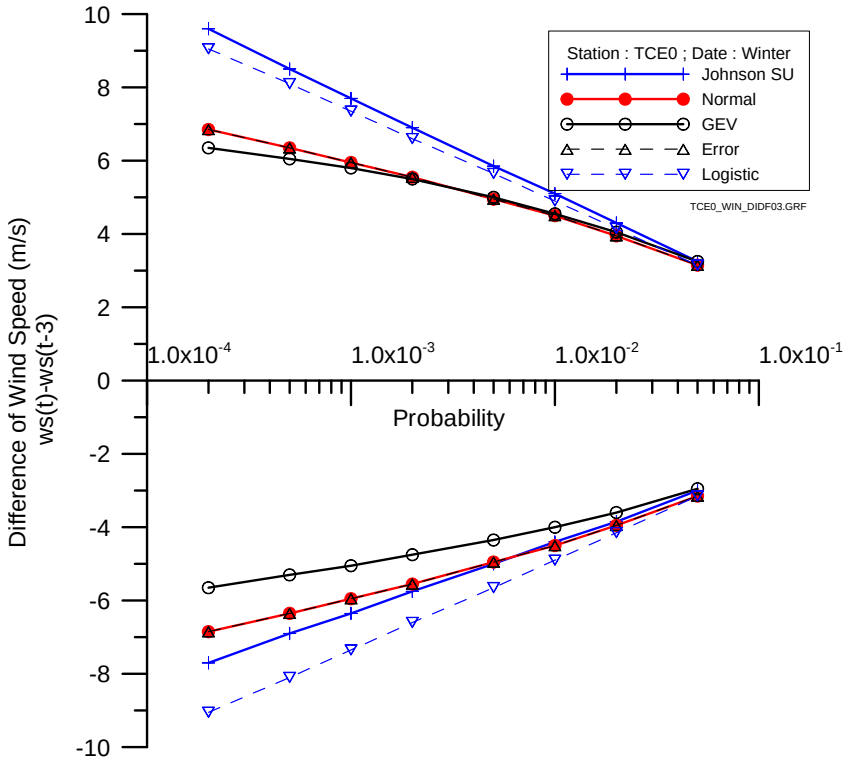


圖 5.3.4a 臺中港 E0 測站冬季時差 3 之風速差值各機率函數之界線值

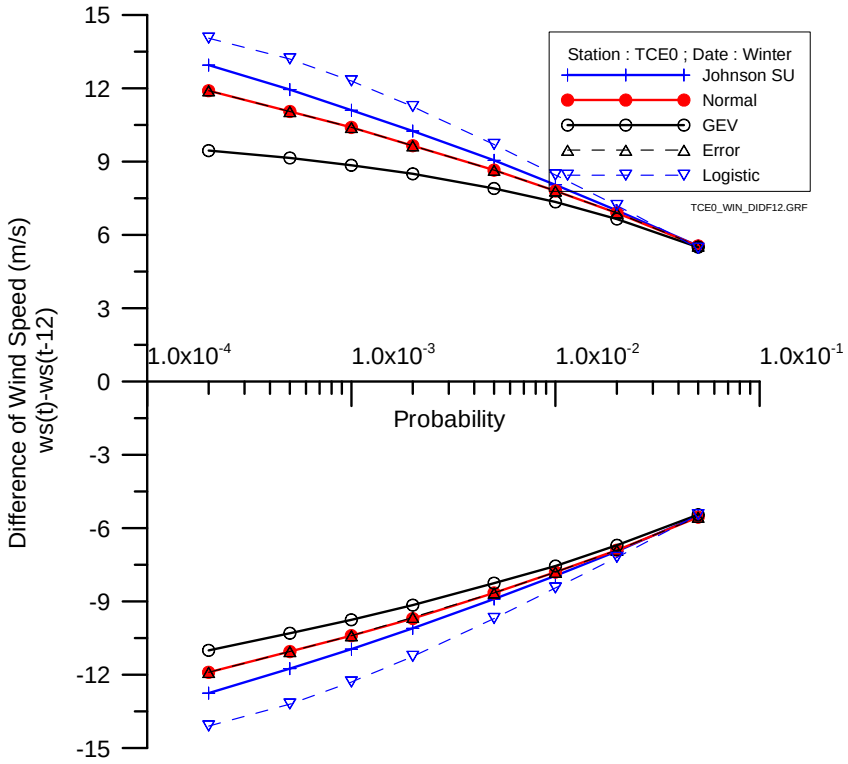


圖 5.3.4b 臺中港 E0 測站冬季時差 12 之風速差值各機率函數之界線值

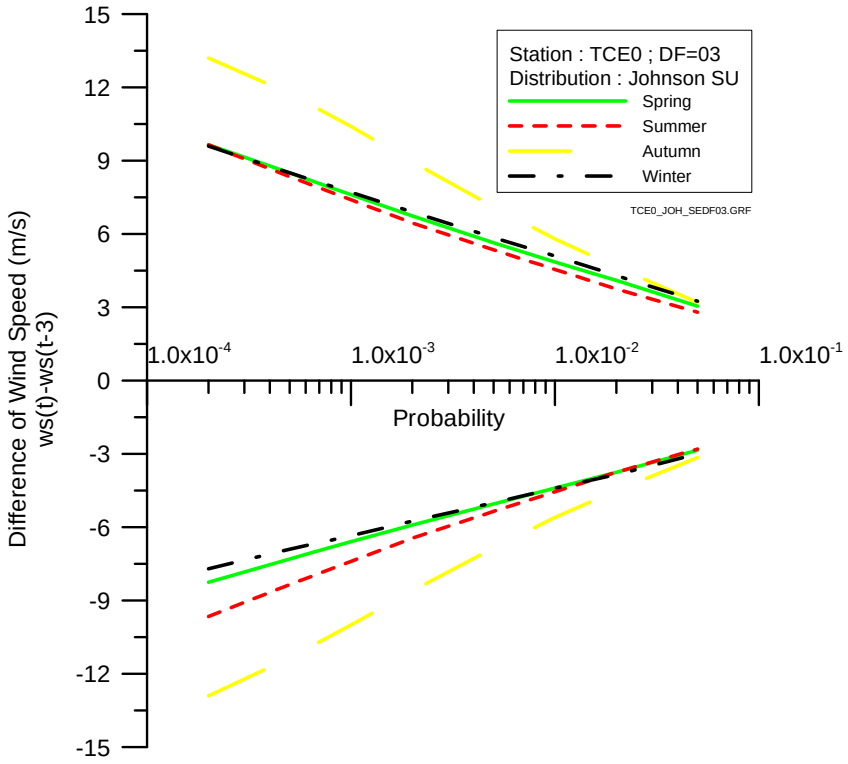


圖 5.3.5a 臺中港 E0 測站於強森 SU 時差 3 之風速差值各季的界線值

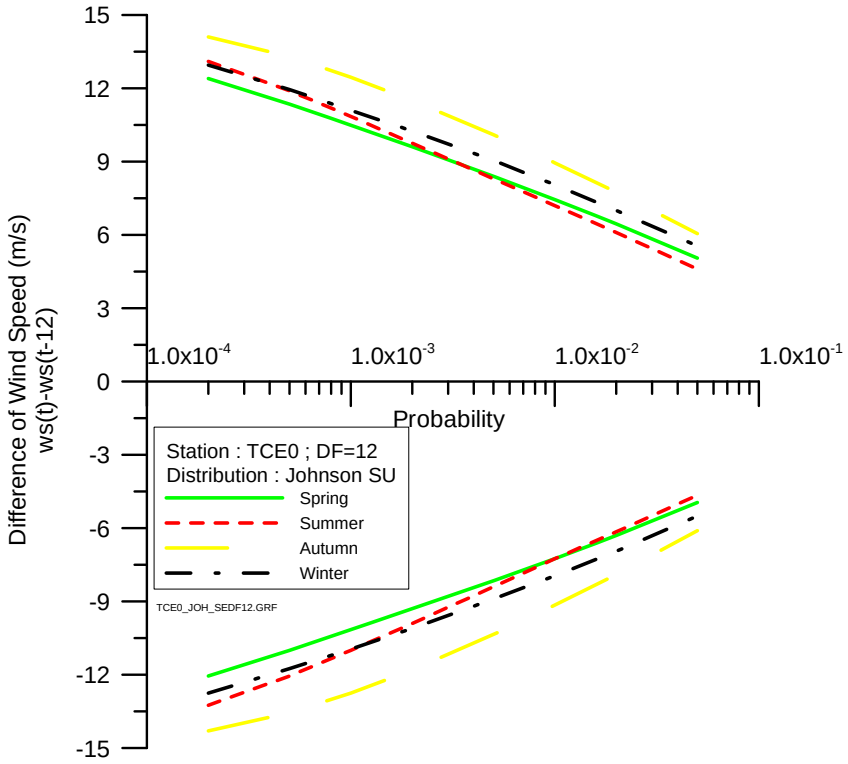


圖 5.3.5b 臺中港 E0 測站於強森 SU 時差 12 之風速差值各季的界線值

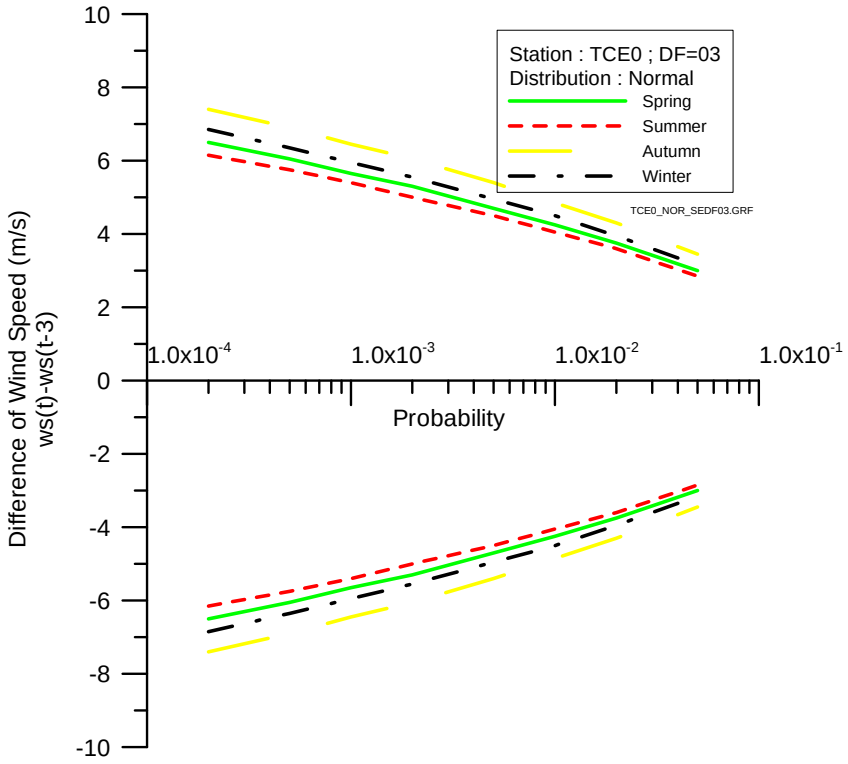


圖 5.3.6a 臺中港 E0 測站於常態時差 3 之風速差值各季的界線值

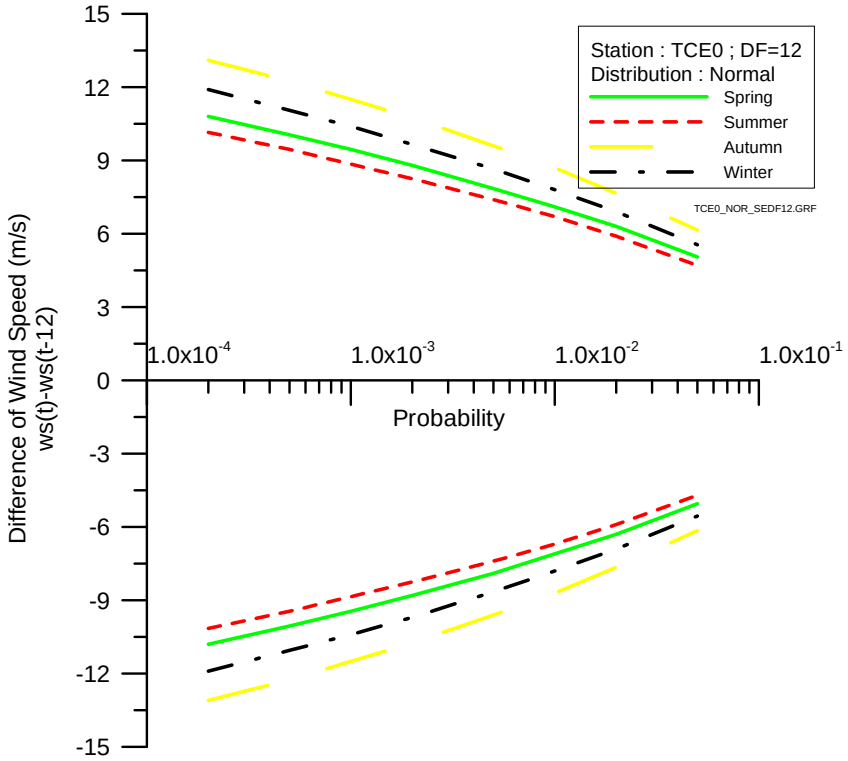


圖 5.3.6b 臺中港 E0 測站於常態時差 12 之風速差值各季的界線值

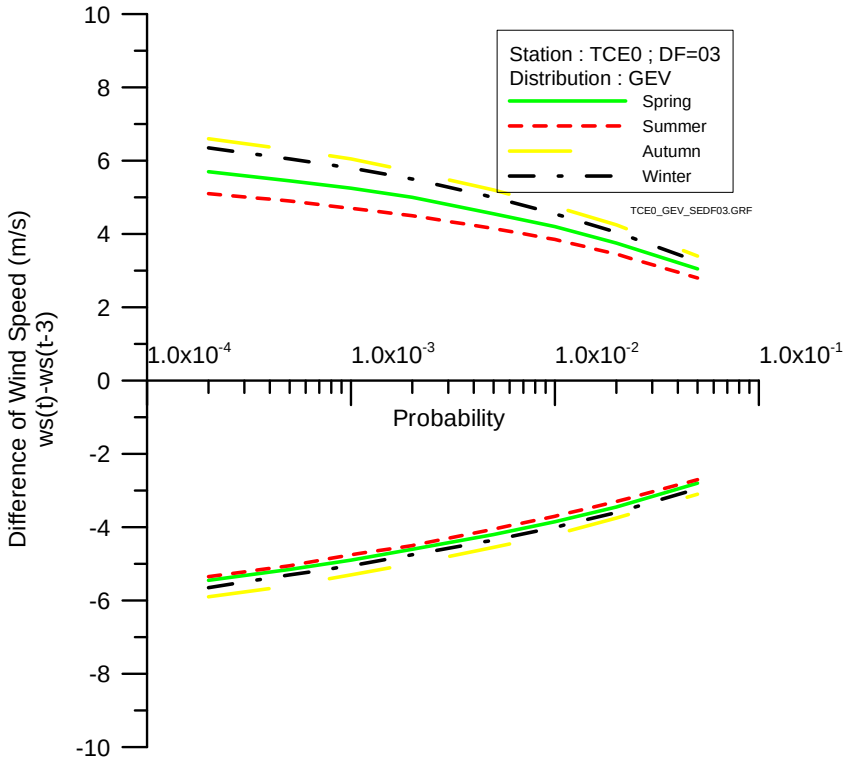


圖 5.3.7a 臺中港 E0 測站於通用極值時差 3 之風速差值各季的界線值

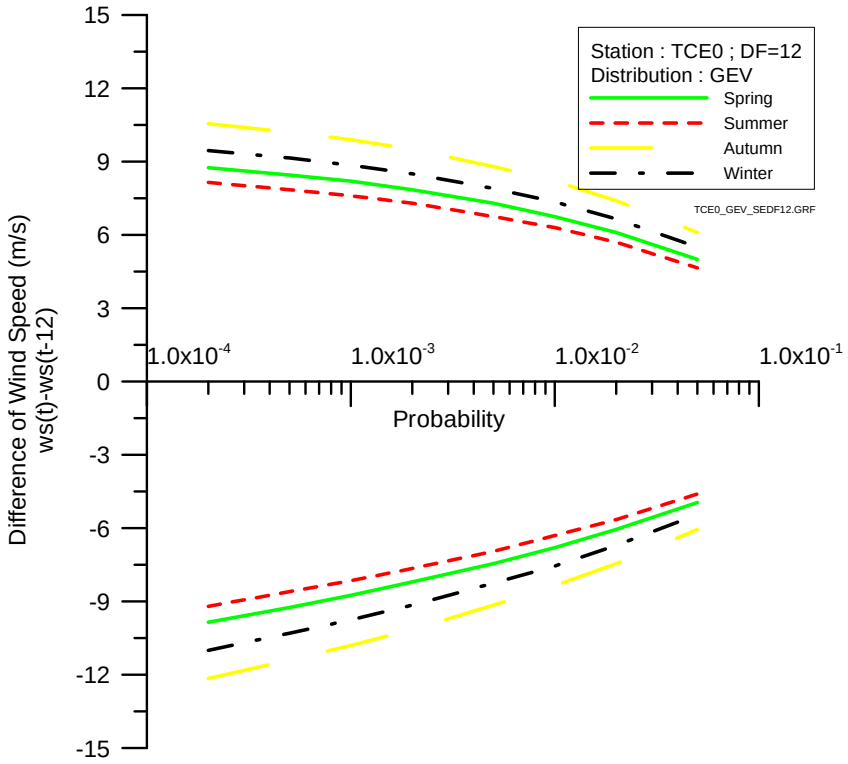


圖 5.3.7b 臺中港 E0 測站於通用極值時差 12 之風速差值各季的界線值

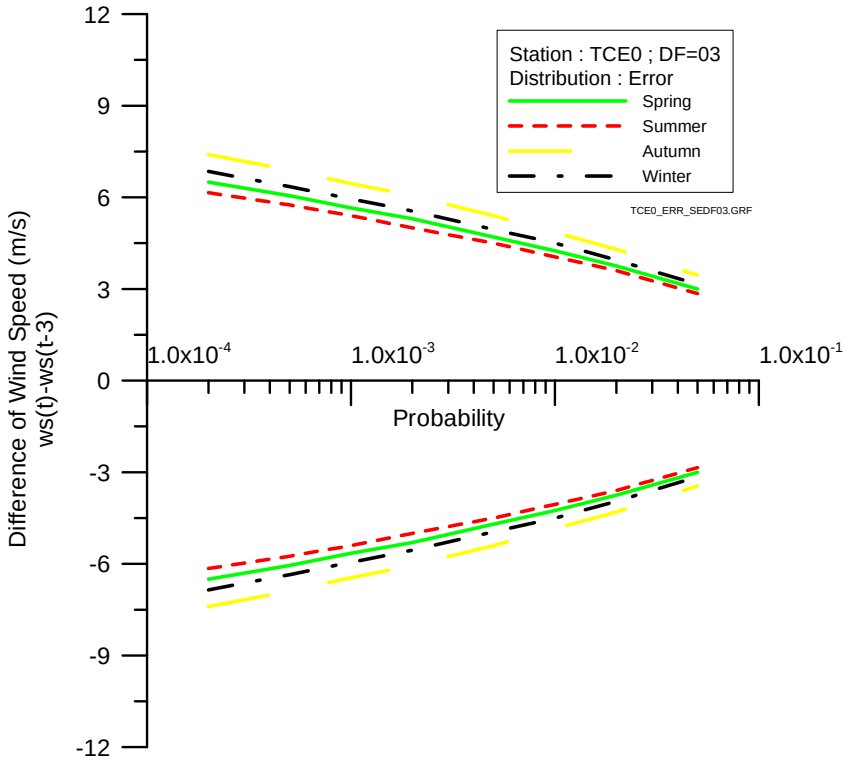


圖 5.3.8a 臺中港 E0 測站於誤差函數時差 3 之風速差值各季的界線值

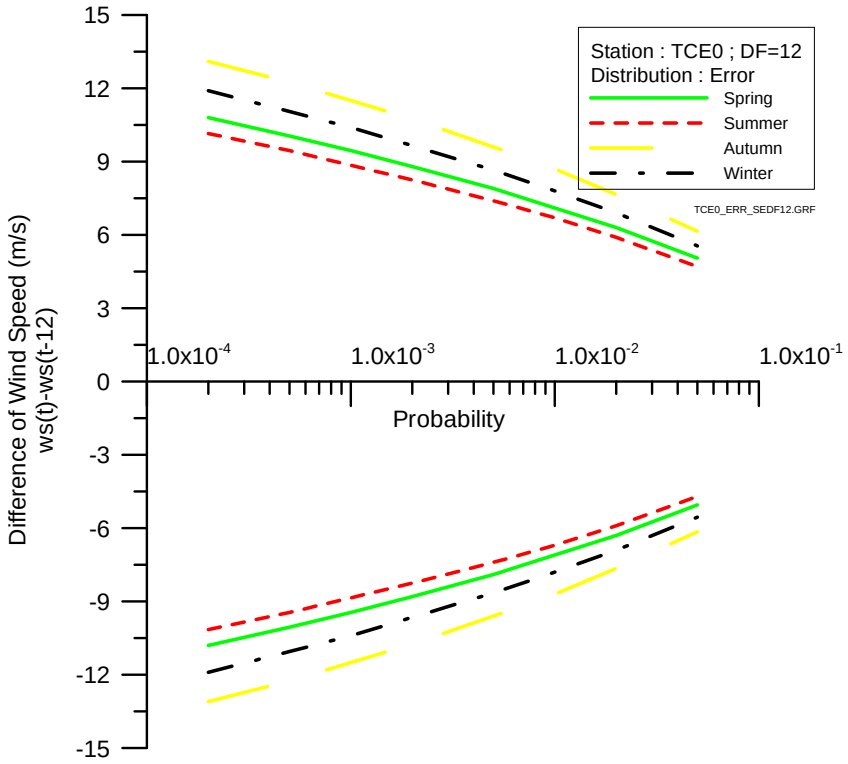


圖 5.3.8b 臺中港 E0 測站於誤差函數時差 12 之風速差值各季的界線值

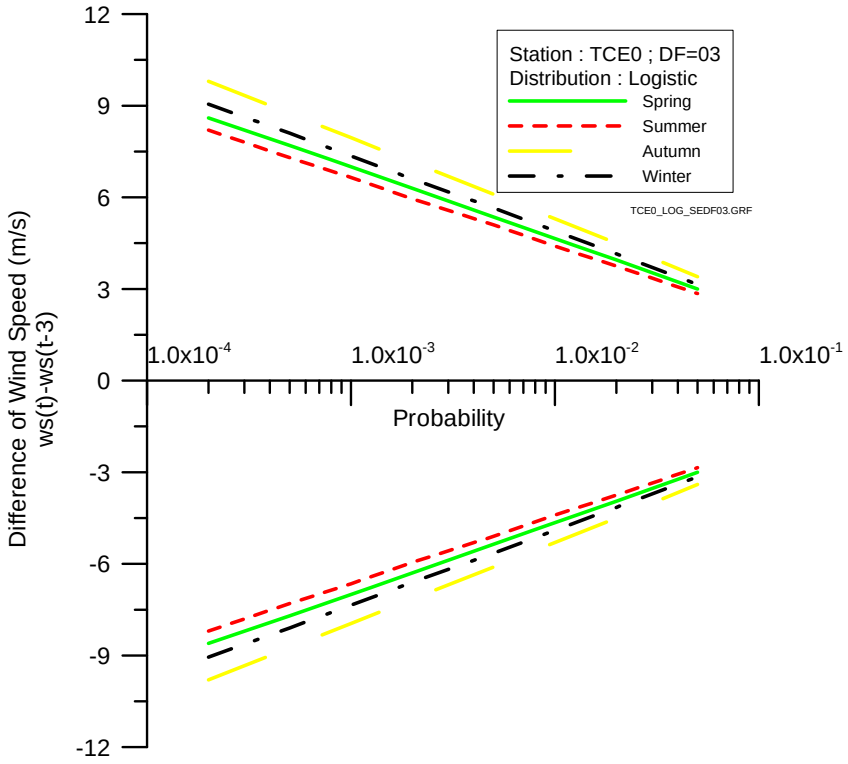


圖 5.3.9a 臺中港 E0 測站於邏輯時差 3 之風速差值各季的界線值

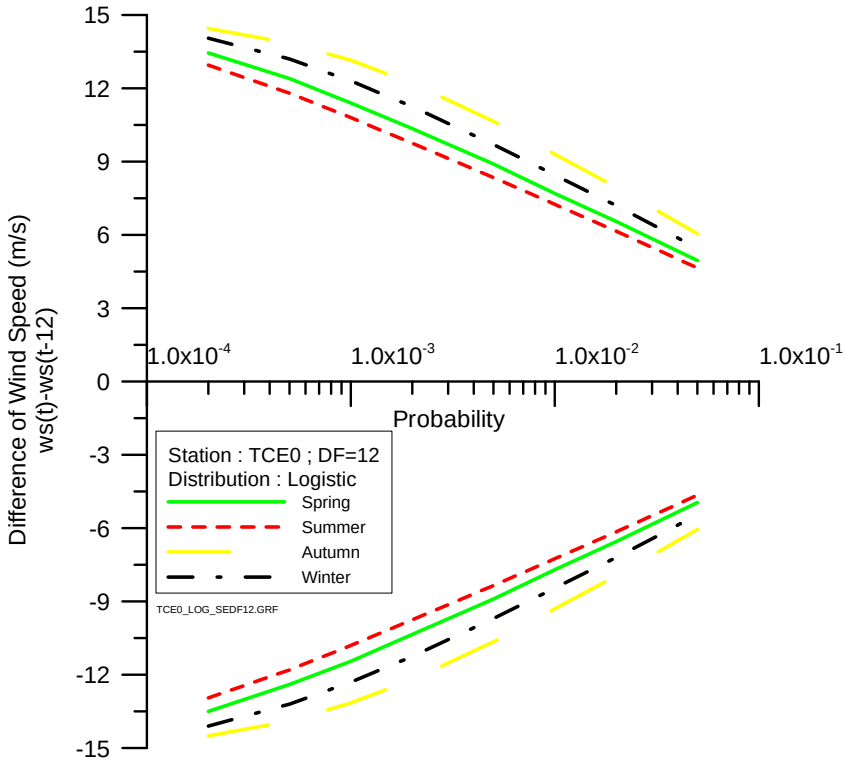


圖 5.3.9b 臺中港 E0 測站於邏輯時差 12 之風速差值各季的界線值

5.3.3 不同時間間隔(時差)之界線值比較

臺中港E0測站春季各機率密度函數之不同時間間隔(時差)比較結果如圖5.3.10~圖5.3.14。圖中黑實線為時差1、紅短虛線為時差3、藍長虛線為時差6、綠長短虛為時差12。圖中同樣顯示隨累積機率愈小風速差值的界線值愈大，在相同累積機率下不同時差之風速差值的界線值差異明顯，其差異對照上一小節不同季別之比較結果為大。換言之，風速差值的界線值選定受時差大小的影響大於不同季別的考量。以春季強森SU為例，當累積機率為0.1%時差1之風速差值界線值為5.9m/s與-4.75m/s；而時差12則明顯增大為10.5m/s與-10.15m/s。本站其他季別與其他測站之分析結果大致與本站春季相似。

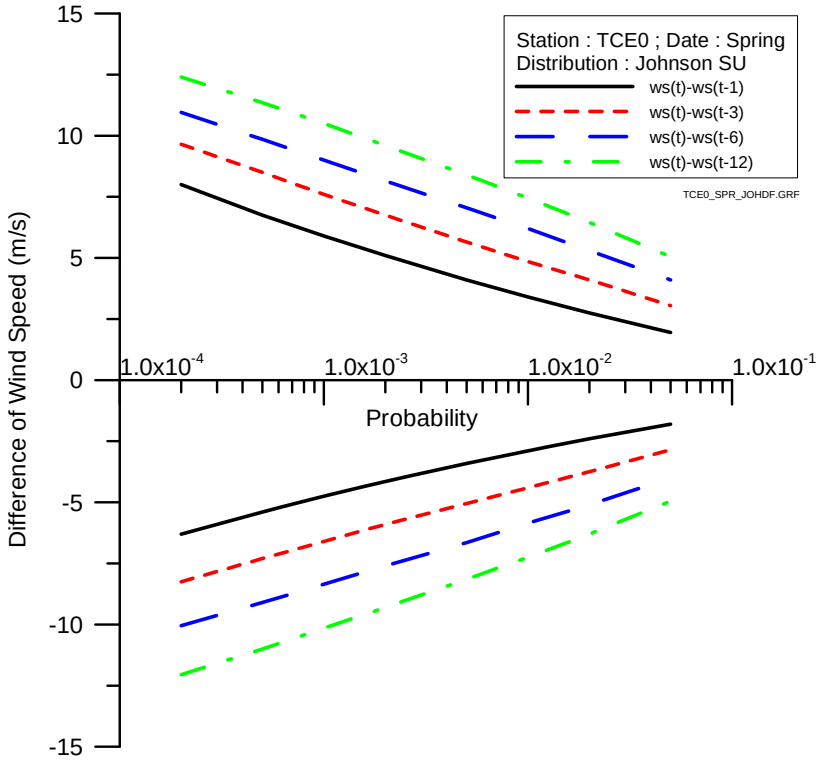


圖 5.3.10 臺中港 E0 測站春季於強森 SU 機率函數下風速差值之界線值

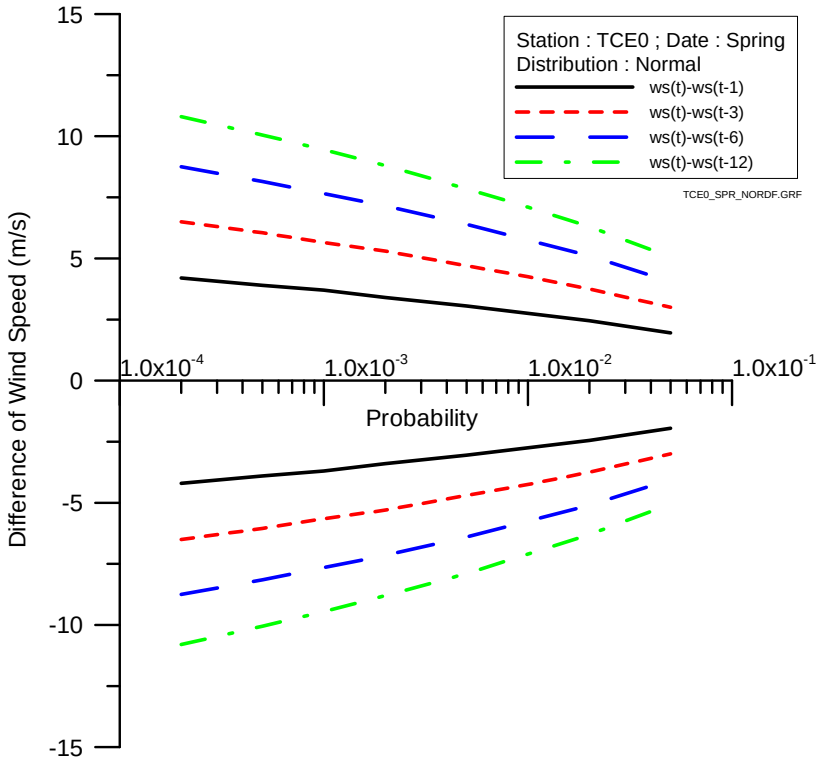


圖 5.3.11 臺中港 E0 測站春季於常態機率函數下風速差值之界線值

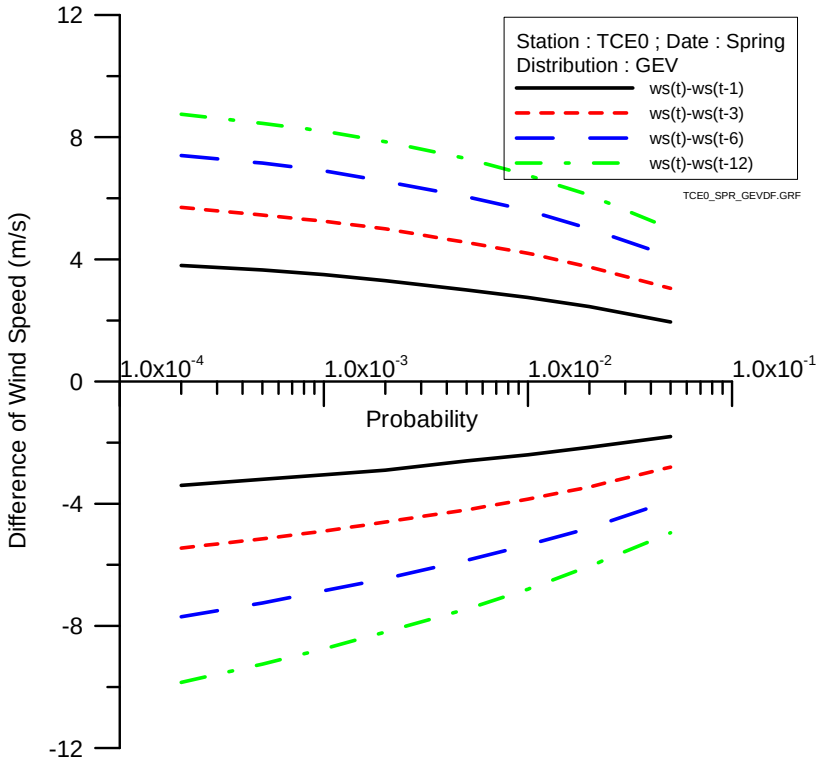


圖 5.3.12 臺中港 E0 測站春季於通用極值機率函數下風速差值之界線值

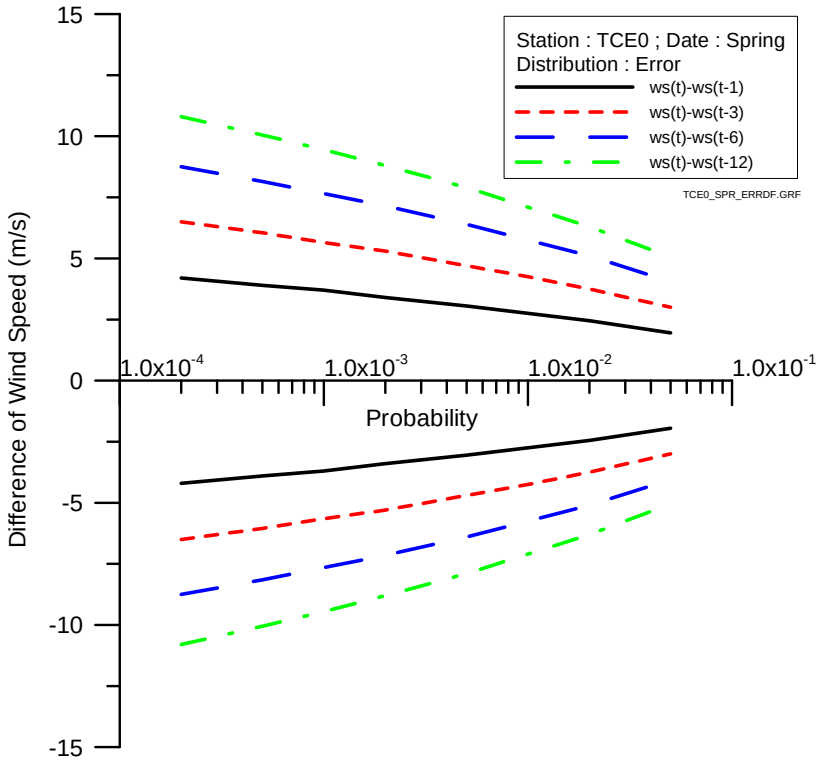


圖 5.3.13 臺中港 E0 測站春季於誤差機率函數下風速差值之界線值

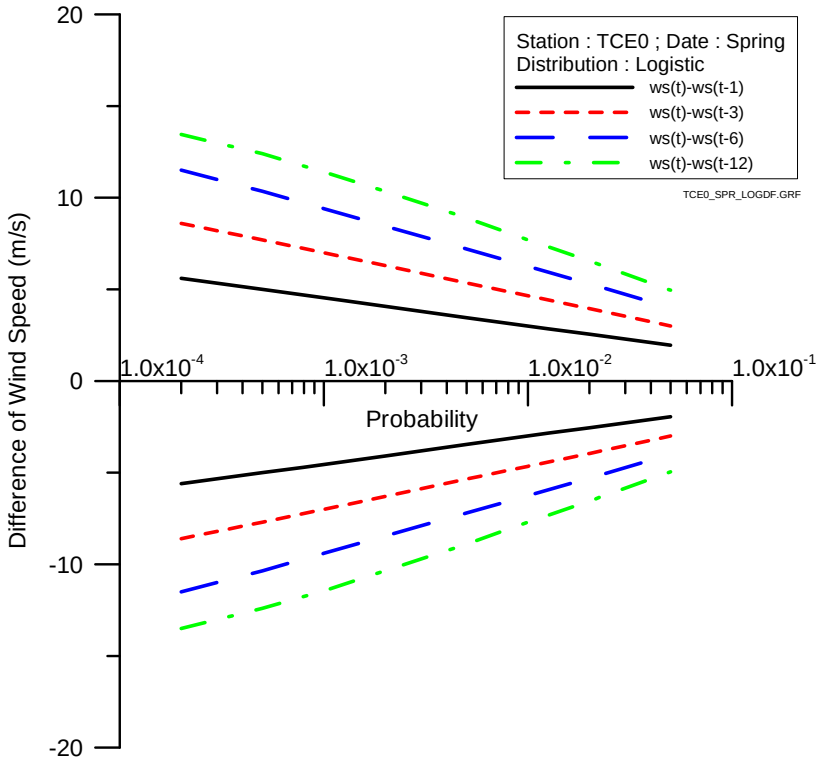


圖 5.3.14 臺中港 E0 測站春季於邏輯機率函數下風速差值之界線值

5.4 風速差值合理性檢核標準

根據風速差值機率分布之比較及風速差值界線值隨季別及機率密度函數形式之差異分析結果，本節將針對各港區各季別風速差值之合理性檢核標準初步研定結果進行比較探討。由上節統計分析結果顯示強森SU及邏輯兩種機率密度函數的適合度檢定排序較佳且風速差值之界線值與機率密度函數型式及時差有關，故後續除上述2種函數外，同時列出常態及通用極值之結果。雖然風速差值之界線值與季別無關，但仍以秋季之界線值稍大些。因此，以秋季為代表針對累積機率2%、0.2%及0.02%時差為3及12小時之風速差值檢核標準(即風速差值界線值)進行研定。

表5-8 累積機率2%之風速差值合理性檢核標準

單位:公尺/秒

機率函數及時差 / 測站	強森SU		邏輯		常態		通用極值	
	時差3	時差12	時差3	時差12	時差3	時差12	時差3	時差12
臺中港E0	4.65 -4.50	7.75 -7.90	4.50 -4.50	7.95 -7.95	4.30 -4.30	7.65 -7.65	4.25 -3.75	7.40 -7.45
臺中港W0	5.05 -5.15	7.40 -7.60	5.05 -5.05	9.55 -9.55	4.85 -4.85	9.40 -9.40	4.40 -4.50	9.30 -9.25
臺中港W1	6.30 -6.75	11.25 -11.35	6.50 -6.50	11.25 -11.25	6.25 -6.25	11.40 -11.40	5.70 -5.85	11.40 -11.20
安平港W0	3.80 -3.40	4.85 -5.45	3.60 -3.60	5.10 -5.10	3.45 -3.45	4.90 -4.90	3.15 -3.05	4.55 -4.75
安平港X0	5.05 -4.75	7.60 -7.50	4.85 -4.85	7.55 -7.55	4.65 -4.65	7.30 -7.30	4.50 -4.20	7.00 -6.85
布袋港W0	4.60 -4.05	6.90 -6.90	4.30 -4.30	7.05 -7.05	4.10 -4.10	6.75 -6.75	4.10 -3.65	6.70 -6.50

表5-9 累積機率0.2%之風速差值合理性檢核標準

單位:公尺/秒

機率函數及時差 / 測站	強森SU		邏輯		常態		通用極值	
	時差3	時差12	時差3	時差12	時差3	時差12	時差3	時差12
臺中港E0	8.95 -8.60	11.50 -11.80	7.15 -7.15	12.20 -12.20	6.05 -6.05	10.75 -10.75	5.70 -5.00	9.50 -10.15
臺中港W0	9.30 -9.55	11.55 -11.95	8.05 -8.05	13.60 -13.60	6.75 -6.75	12.90 -12.90	5.55 -6.20	11.90 -12.45
臺中港W1	10.85 -11.70	14.30 -14.30	10.30 -10.30	14.35 -14.40	8.75 -8.75	14.30 -14.30	7.20 -8.00	14.25 -14.15
安平港W0	8.10 -7.05	8.35 -9.80	5.70 -5.70	8.15 -8.15	4.80 -4.80	6.85 -6.85	4.15 -4.10	5.70 -6.55
安平港X0	9.30 -8.60	12.10 -11.90	7.75 -7.75	11.75 -11.75	6.50 -6.50	10.20 -10.20	6.00 -5.60	9.05 -9.25
布袋港W0	8.60 -7.25	10.30 -10.40	6.85 -6.85	11.05 -11.05	5.75 -5.75	9.50 -9.45	5.50 -4.90	8.65 -8.75

表5-10 累積機率0.02%之風速差值合理性檢核標準

單位:公尺/秒

機率函數及時差 / 測站	強森SU		邏輯		常態		通用極值	
	時差3	時差12	時差3	時差12	時差3	時差12	時差3	時差12
臺中港E0	13.20 -12.90	14.10 -14.30	9.80 -9.80	14.45 -14.50	7.40 -7.40	13.10 -13.10	6.60 -5.90	10.55 -12.15
臺中港W0	13.30 -13.50	14.25 -14.45	11.00 -11.00	14.80 -14.85	8.30 -8.30	14.60 -14.60	6.10 -7.45	13.30 -14.35
臺中港W1	14.10 -14.45	14.90 -14.95	13.45 -13.45	14.90 -14.95	10.75 -10.75	14.90 -14.95	7.95 -9.60	14.85 -14.90
安平港W0	12.75 -11.65	12.15 -13.55	7.85 -7.85	11.10 -11.10	5.90 -5.90	8.45 -8.40	4.65 -4.90	6.25 -7.95
安平港X0	13.25 -12.65	14.45 -14.45	10.55 -10.55	14.30 -14.30	8.00 -8.00	12.50 -12.50	6.80 -6.70	10.15 -11.05
布袋港W0	12.70 -11.10	13.20 -13.30	9.35 -9.35	13.95 -13.95	7.05 -7.05	11.65 -11.65	6.35 -5.80	9.70 -10.50

依據統計分析結果彙整風速差值檢核標準如表5-8~表5-10。由表中數值比較顯示風速差值檢核標準與累積機率大小、測站位置及時差大小有關。累積機率愈小風速檢核標準愈大；測站位置主要是離岸距離愈大風速檢核標準愈大；時差愈大風速檢核標準也愈大。與前一章風速檢核標準隨機率密度函數型式不同之差異變化相同，風速差值檢核標準隨機率密度函數型式不同之差異也隨累積機率及時差愈小而愈明顯，例如臺中港E0測站時差3當累積機率2%時強森SU與常態之風速差值界線值分別為4.65 m/s及4.30m/s差異不大；時差12則分別為7.75m/s及7.65m/s同樣相近。相同測站時差3但當累積機率0.02%時強森SU與常態之風速差值界線值分別為13.20m/s及7.40m/s差異明顯，此和累積機率2%時之情形不同；而時差12則分別為14.10m/s 及13.10m/s同樣也是相近，此和累積機率2%時之情形又相同。由於風速差值之定義為受檢核風速減去往前某一時間差之歷史風速。因此，依風速變化特性風速差值會出現正值與負值，故表中對應有正、負值出現。由正負之風速差值界線值比較發現兩者絕對值相當接近，尤其是機率密度函數為邏輯及常態兩者幾乎相同。綜合而言，風速差值檢核標準與累積機率大小、測站位置及時差大小有關，除此當累積機率愈小時風速差值檢核標準與機率密度函數型式也有關係，所以在風速差值檢核標準的選定時需綜合考量上述差異性。

由以上分析可知風速差值檢核標準與測站地理位置、時差大小、累積機率大小及機率密度函數型式因素有關，所以風速差值檢核標準應依這些因素條件做選定。與前一章風速檢核相同考量在累積機率大小方面，本計畫初步也選定累積機率0.2%作為風速差值檢核標準訂定條件。在機率密度函數型式上雖然適合度排序以強森SU最佳、邏輯次之。但檢視強森SU機率密度函數與風速差值分布直方圖之套疊，結果顯示強森SU機率密度函數形狀最尖聳，同時在尖峰處(即風速差值最小處)常有高估觀測風速差值分布的情形，基於函數正規化相對在風速差值較大處則會有低估現象。然而風速差值檢核重點即是針對這些差值較大者。因此，本計畫為降低風速差值較大處之失真程度，故對於機率密度函數選定將採用邏輯函數。如同上述時差愈大風速檢核標準也

愈大，所以應依各種時差條件研定檢核標準。除此之外也考量風速觀測資料可能出現缺漏，或之前未通過檢核而列為可疑，因而造成無法獲得風速差值資料。因此在風速差值之檢核作業中應採多種時差之結果，以降低由於資料缺漏無法檢核之情況。綜合以上，初步研定各港區測站各時差之風速差值檢核標準如表5-11。

表5-11 各港區測站各時差之風速差值合理性檢核標準

單位:公尺/秒

時差及正負值 / 測站	時差1		時差3		時差6		時差12	
	正值	負值	正值	負值	正值	負值	正值	負值
臺中港E0	4.15	-5.15	7.15	-7.15	10.25	-10.25	12.20	-12.20
臺中港W0	4.35	-4.35	8.05	-8.05	11.70	-11.70	13.60	-13.60
臺中港W1	5.50	-5.50	10.30	-10.30	13.50	-13.50	14.35	-14.40
安平港W0	3.80	-3.80	5.70	-5.70	7.25	-7.25	8.15	-8.15
安平港X0	4.75	-4.75	7.75	-7.75	10.10	-10.10	11.75	-11.75
布袋港W0	4.10	-4.10	6.85	-6.85	9.30	-9.30	11.05	-11.05

由於樣本的選擇會影響到統計分析結果，雖然本計畫對於風速資料已作不同季別之樣本分類。但目前僅大略依春季(3~4月)、夏季(5~8月)、秋季(9~10月)及冬季(11~2月)作區分，故在同一樣本中仍可能出現不同天氣形態下之風速風向資料。例如夏季及秋季極可能包含颱風的情況，也因此在表4-13夏季及秋季之風速檢核標準較冬季為大。由資料檢核目的而言，表中4-13之風速檢核標準可能過高而降低檢核效果。因為以一整個夏季時間來看颱風侵襲時之強風僅是一小段期間，大部分時間風速不高，極可能皆小於表中所列之風速檢核標準而通過檢核，但此並不能有效確認或保證這些資料之合理性。問題在於資料樣本同時包含西南季風期間之低風速與颱風期間之高風速兩種截然不同之天氣型態，卻以單一標準作處理，顯然不合適。較合理的方式為依天氣

變化基本型態作樣本區隔，例如西南季風期、西南轉東北季風期、東北季風期、東北轉西南季風期及颱風侵襲期間等。但實際進行資料樣本區隔時並不容易處理，例如颱風侵襲期間如何明確劃分？當然也包括不同季風期之期間如何劃分？本計畫目前所採用之季別也僅是依季風年變化作主觀概略的樣本區隔，故仍有調整討論空間。

由以上說明可知由風速進行資料檢核時，因檢核標準會受樣本取樣方式(如本計畫之季別劃分)差異影響，而降低檢核效果。相對由風速差值進行資料檢核，因檢核標準不受季別差異影響，而無檢核效果降低之疑慮。此外風速分布直方圖與6種理論機率密度函數匹配結果有些不盡理想，但由於風速差值分布直方圖與5種理論機率密度函數匹配結果卻相當吻合，適合度排序及相關統計分析數值也較穩定。再者由表4-13檢視可發現風速檢核標準隨季別及測站之變化趨勢較不一致;相對表5-11風速差值檢核標準隨時差及測站之變化趨勢相當一致。因此，以風速差值進行檢核應該比由風速直接做檢核來得可靠理想。

後續除建立其他港區風速之檢核標準外，也將依表4-13及表5-11之檢核標準對各測站之即時觀測風速進行自動檢核測試，同時也對歷史風速資料進行複檢，以瞭解其檢核效果。

第六章 港灣環境資訊系統工作成果

港灣環境資訊網之架構共區分為海氣象觀測資訊、海象模擬資訊、港區影像系統、港區地震系統及海嘯模擬資訊等子系統，本年度所完成之工作項目，詳如下表 6-1 工作彙總表說明。

表 6-1 工作彙總表

	說明	工作狀態
1.港灣環境資訊網頁 http://isohe.ihmt.gov.tw	■ 港灣環境資訊網頁之功能更新及維護 ■ 首頁工具(Silverlight)更換評估 ■ 使用者網頁解析度自動檢測	持續進行 已完成 已完成
2.海氣象觀測資訊	■ 海氣象觀測資料庫維護 ■ 彙入海氣象觀測年報資料 ■ 介接展示新增港口測站即時觀測資料 ■ App Store(iOS)版本開發 ■ 中央氣象局資料庫規劃、整合、展示 ■ 歷線圖自選相關性展示功能評估	持續進行 持續進行 新增金門、馬祖、綠島 已完成 已完成 已完成
3.海象模擬資訊	■ 數值預報子系統之資料庫彙整 ■ 新增模式予介接展示	持續進行 新增 WRF 模式
4.藍色公路	■ 藍色公路 ■ 航班到達目的地時間 ETA 推算 ■ 郵輪航線納入藍色公路可行性評估	擴充為 14 條 已完成 已完成
5.港區影像系統	■ 港區即時影像監視及傳輸通訊系統維護 ■ 新增設之港口即時影像予以介接展示 ■ 即時影像長時間(含夜間)拍攝之影像成效評估	持續進行 新增金門 CCTV*5 已完成
6.港區地震系統	■ 港區地震系統資料彙整及維護	持續進行
7.海嘯模擬資訊	■ 海嘯系統資料彙整及維護	持續進行
8.大氣腐蝕監測	■ 大地腐蝕監測資料庫維護與歷史監測資料匯入	持續進行
9.成果發表會	■ 舉辦「103 年度港灣環境資訊系統使用者會議」 ■ 舉辦「港灣環境資訊系統建置」成果發表會	已完成 已完成
10.其他	■ 商港測站資料 ID ■ 使用者線上滿意度問卷 ■ 港區、碼頭潮位即時水深預報系統整合評估 ■ 海氣象雲端資料中心評估、規劃 ■ 港灣環境資訊網行銷/推廣	已完成 已完成 已完成 已完成 已完成

6.1 港灣環境資訊系統架構

本系統採用多階層式功能模組架構，以提昇系統效率及穩定性。依據資訊系統硬體規劃架構，可區分現場觀測儀器、海情中心應用系統主機群及使用者三大部分。現場觀測儀器主要負責觀測各種海氣象觀測資料收集及 CCTV 港區即時影像等，目前港灣環境資訊系統與海氣象觀測資料之間是透過 Intranet 內部網路，並以 SQL DB replication 方式進行相關系統資料同步與接收；港灣環境資訊系統的資料接收模組於接收到資料後，會進行資料品管處理後儲存於海氣象資料庫中，並且將即時觀測資訊提供近岸數值模擬系統模式演算應用，以獲得 72 小時等海氣象數值模擬預報資訊。於即時影像部分則透過 GSN /VPN 進行各即時影像系統連接以提供港區域即時影像。以上之系統架構如下圖 6.1 港灣環境資訊系統架構圖所示：

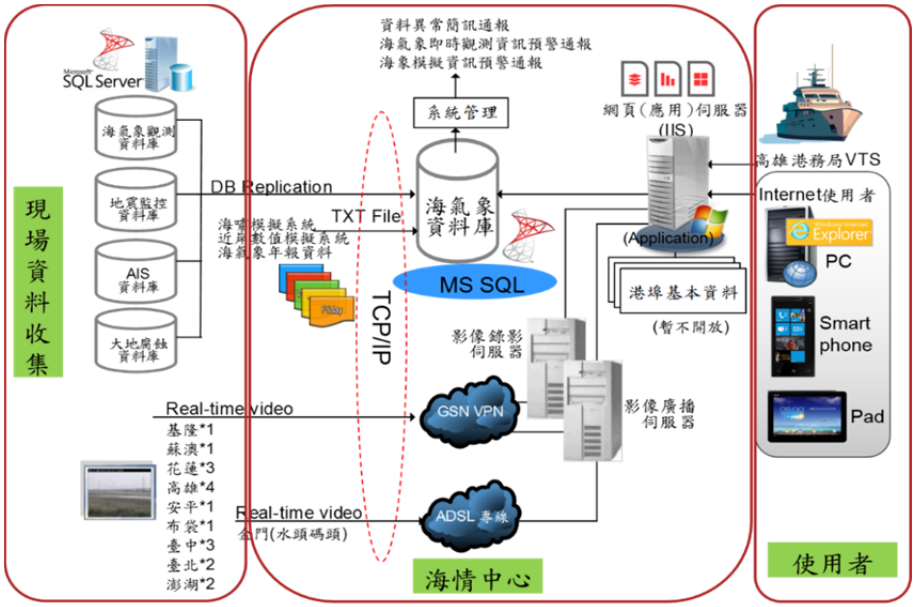


圖 6.1 港灣環境資訊系統架構圖

港灣環境資訊網頁採用三層式架構建置，分別由 IIS Server(使用者端的 Portal、網頁功能及管理模組)及資料收集端等功能模組共同建構的，如下圖 6.2 港灣環境資訊網功能方塊圖所示：

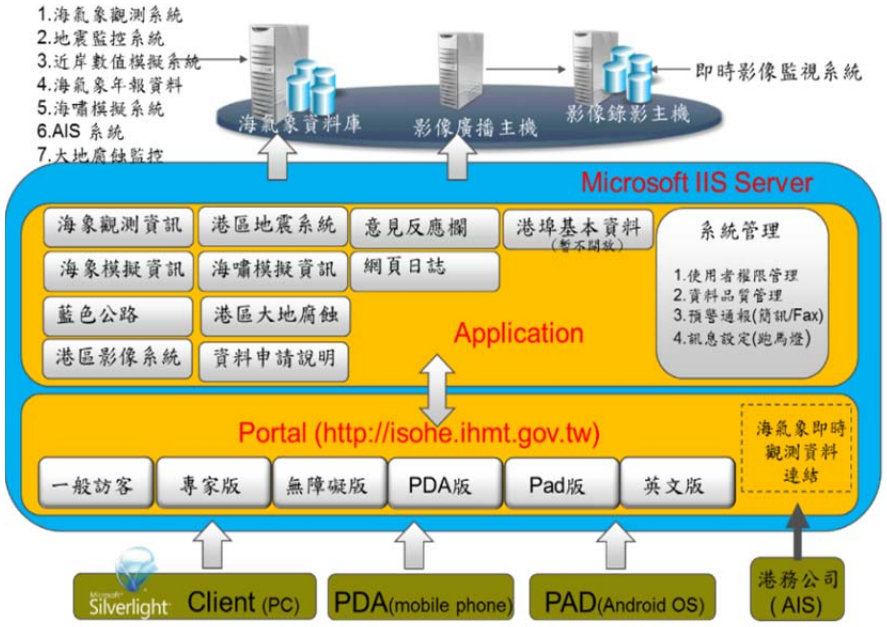


圖 6.2 港灣環境資訊網功能方塊圖

目前港灣環境資訊網已可提供使用者透過個人電腦(PC)、手持式裝置(PDA、智慧型手機)及平板電腦(Pad/Android)等不同的裝置平台，進行網頁資訊瀏覽查詢等，如下圖 6.3 港灣環境資訊網(首頁)所示：



圖 6.3 港灣環境資訊網(首頁)(http://isohe.ihmt.gov.tw)

港灣環境資訊網頁共區分為一般訪客版、專家版、PDA 版、無障礙空間網頁版及 Pad 版(Android OS)及英文版六大類，如下圖 6.4 港灣環境資訊網頁系統架構圖所示：

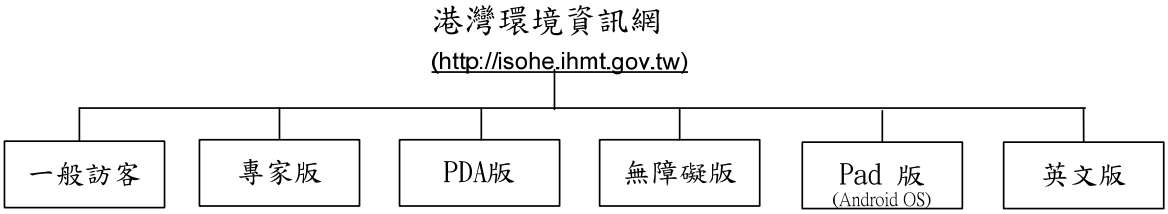


圖 6.4 港灣環境資訊網頁系統架構圖

「港灣環境資訊網」功能依使用設備不同，共可區分為 PC 版、PDA 版、Android App 及 iOS App 四種版本功能，如下表 6-2 港灣環境資訊網頁功能版本表(依使用設備區分)所示：

表 6-2 港灣環境資訊網頁功能版本表(依使用設備區分)

項目	功能	PC 版	PDA 版	Android App	iOS App
海象觀測資訊	海象觀測資訊	v	v	v	v
	綜合表	v			
	歷線圖表	v			
	歷線圖表(動態)	v			
	統計圖表	v			
	歷年觀測資料圖表	v			
	觀測儀器簡介	v			
海象模擬資訊	模擬海象	v			
	歷史颱風模擬動畫	v			
	數值模擬簡介	v			
藍色公路		v		v	v
港區影像系統	即時影像查詢	v	v	v	v
	近期影像查詢	v			
港區地震系統	近期地震查詢	v	v	v	v
	歷史地震查詢	v			
	地震系統簡介	v			
海嘯模擬資訊	近期海嘯查詢	v	v	v	v
	歷史海嘯查詢	v			
	海嘯系統簡介	v			
港區大地腐蝕		v			
資料申請說明		v			
意見反應欄		v			
網頁日誌		v			

PC 版功能開發使用 Silverlight 軟體，故於第一次使用時需要安裝

此軟體，其他版本則不需安裝此軟體，即可以使用所提供之功能項目。

6.1.1 一般訪客版網頁版

一般訪客版網頁如下圖 6.5 港灣環境資訊網(一般訪客版)所示，其功能架構如下圖 6.6 一般訪客版網頁功能架構圖所示:



圖 6.5 港灣環境資訊網(一般訪客版)

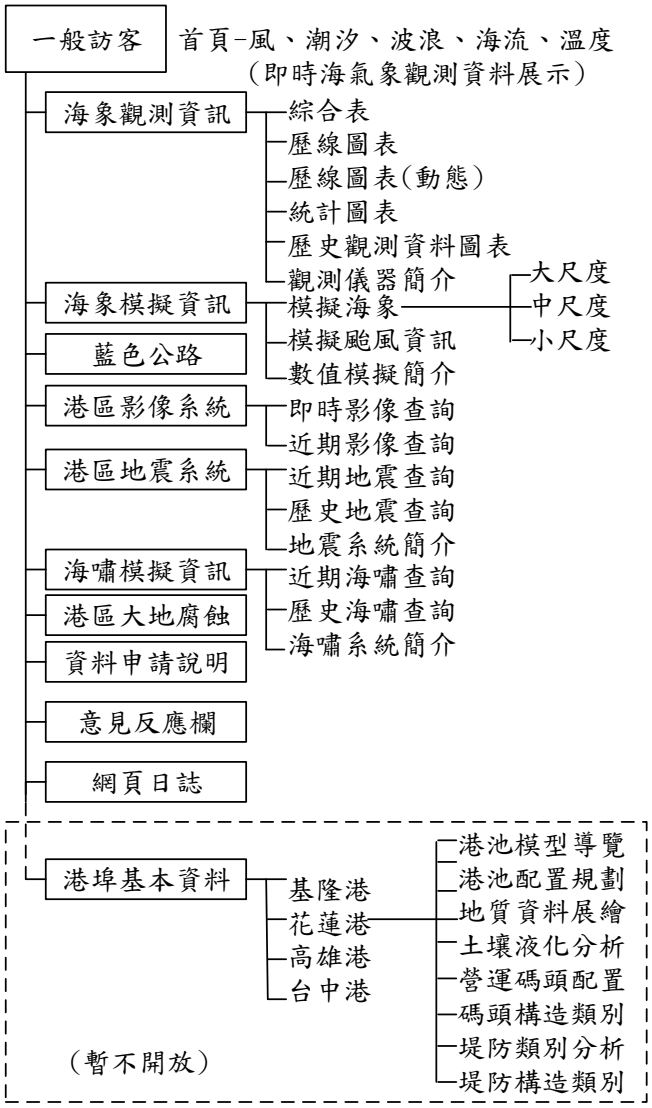


圖 6.6 一般訪客版網頁功能架構圖

一般訪客版網頁功能架構共區分為海象觀測資訊、海象模擬資訊、港區影像系統、港區地震系統、海嘯模擬資訊、資料申請說明、意見反應欄及網頁日誌等共計 9 項子系統，詳細之說明如下表 6-3 一般訪客版網頁功能項目說明表所示：

表 6-3 一般訪客版網頁功能項目說明表

主項目	次項目	索引	說明
海象觀測資訊	海氣象即時資訊查詢	海氣象項目	提供風力、潮汐、波浪、海流及水溫等相關即時資料。
	綜合表		整合彙整所有港區之海

			氣象即時觀測資料、即時影像及歷線圖表查詢、測站位置說明等。
	歷線圖表	港口名稱	依港口/海氣象歷線圖種類/日期/資料筆數查詢相關資訊。
	歷線圖表(動態)	港口名稱	依港口/海氣象歷線圖種類/日期查詢相關資訊。
	統計圖表	海氣象項目	提供匯整 2006 年至 2012 年的圖表，以整年度或月份的圖表查詢瀏覽，並且以顏色區分標示資料有效百分比數據及觀測年報資料佔有效資料之比等，並以圖形方式呈現，使用者不需要再透過資料庫做相關查詢，以降低查詢時間提昇瀏覽效能。
	歷年觀測資料圖表	海氣象項目	提供歷年來之港區現場觀測潮汐、海流、風、波浪等始資料，透過統計分析後，以觀測記錄表、月報表、原始資料及各項重要之統計圖表等展示。
	觀測儀器簡介	港口名稱	依港口查詢相關資訊。
	海氣象整合資訊		整合港研中心與中央氣象局觀測之海氣象即時資料以及歷線圖表查詢、測站位置說明。
	即時觀測資料傳輸	港口名稱	依港口/資料類型顯示相關資訊；此部分的資料下載需透過申請流程，待審核後才予以開放下載。
海象模擬資訊	模擬海象	網格大小	套疊觀測及模擬資料之歷線圖表以及整合其相關的海氣象圖形動畫，並且依模擬尺度範圍(大、中以及小尺度、藍色公路)規劃區分做呈現，使用者可點選欲要瀏覽的模擬尺度範圍，做進一步

			的查詢
	綜合表		整合所有港區之海氣象數值模擬資料以及歷線圖表查詢、測站位置說明。
	歷史颱風模擬動畫	網格大小	依網格/年度/颱風名稱/圖型動畫種類交叉查詢颱風期間的圖型動畫供使用者瀏覽。
	數值模擬簡介		提供數值模擬系統之相關介紹。
藍色公路			可查詢藍色公路之海氣象模擬資訊(風速、風向以及波高、波向)
港區影像系統	即時影像查詢	港口名稱	依據點選欲要瀏覽的攝影機地點，以 Google map 展示其港口地理位置，並且於 map 中標示攝影機約略的安裝位置座標以及同時嵌入即時影像供使用者觀看。
	近期影像查詢	港口名稱	提供使用者可線上瀏覽前三日的錄影檔(每天 5:00~19:00)，且錄影檔格式 1 小時 1 筆(24 小時制)。另外開放需透過申請流程，待審核通過後即可下載錄影檔。
港區地震系統	近期地震查詢		於 Google map 中標示有設置地震儀器的港區，點選各港區的圖示，會顯示目前最近一筆的地震資訊(地震發生時間、地震震度、儀器設置位置以及 x,y,z 地表地震圖)。
	歷史地震查詢	港口名稱	依港口/地震發生時間查詢相關資訊(地震發生時間、地震震度、地表加速度以及 x,y,z 地表地震圖。)

	地震系統簡介		提供地震系統之相關介紹。
海嘯模擬資訊	近期海嘯查詢		於 GoogleMap 標示臺灣港區位置(基隆、臺北、臺中、安平、布袋、高雄、蘇澳以及花蓮)。其包含了地震的相關詳資訊、震央位置圖以及到達臺灣各港區的相關預警訊息資料、海嘯模擬水位資訊查詢
	歷史海嘯查詢	港口名稱	依港口/地震發生時間查詢相關資訊 (地震發生時間、地震矩規模、深度以及計算海嘯模擬水位資料之兩組機制解參數(NP1,NP2)與相關的水位歷線圖表
	海嘯系統簡介		提供海嘯系統之相關介紹。
港埠基本資料		港口名稱	目前系統提供港池模型導覽、港區配置規劃、地質資料展繪、土壤液化分析、營運碼頭配置、碼頭構造類別、堤防類別分佈、堤防構造類別之相關資訊給使用者瀏覽。
資料申請說明			提供港灣環境資訊網相關文件、系統之說明和下載。
意見反應欄			提供線上發問提出，並針對使用者所提出的問題或建議進行討論回覆，以強化港灣環境資訊網與使用者間之意見交流與互動。
滿意度調查			為能了解使用者瀏覽港灣環境資訊網之需求及服務滿意度，提供線上填寫問卷服務，內容包括滿意度、意見及使用習慣等多面向調查，希望能獲知

			使用者的寶貴建議與意見。
網頁日誌			為了方便瀏覽者知悉港灣環境資訊網的更新狀態，網頁日誌是依據時間做排序(最新到最舊)，期許能讓使用者更清楚本系統網頁介面，進而達到迅速並正確地找到所需資料。
英文版網頁			英文版港灣環境資訊網網頁。
PDA 系統		港口名稱	使用者可透過手持式智慧型無線裝置之無線上網功能連結至港灣環境資訊網行動版，來瀏覽查詢所提供的資訊。(以 iphone 系列為主。)
無障礙網頁		海氣象項目	顯示風力、潮汐、波浪、海流以及水溫的相關即時資料。
網站管理系統			提供給系統管理者設定系統之相關資訊。
後台管理系統			提供傳輸海氣象即時資料以及數值模擬資料介接的應用程式(同步作業)。 為了使資料達到穩定性，本系統也建置了備援機制，以便因應系統不因單點失效而停止，並維持系統的正常運作。另外還包含了品管作業、預警通報作業和網路監控管理功能。

6.1.2 專家版網頁版

為便於專家使用者於海氣象資訊研究，於一般訪客版網頁功能架構下，使用者經過申請程序經核准後為專家使用者。專家使用者之功能除一般訪客版網頁功能之外，另外增加歷史影像及海氣象圖表列印之功能，詳細請參閱下圖 6.7 專家版網頁功能架構圖、圖 6.8 專家版(登入畫面)、圖 6.9 專家版(統計圖表列印畫面)及圖 6.10 專家版(歷史影像下載畫面)等所示。

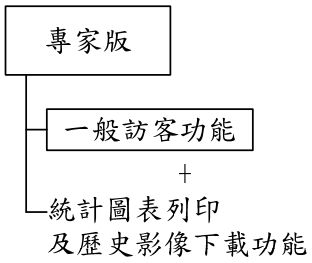


圖 6.7 專家版網頁功能架構圖

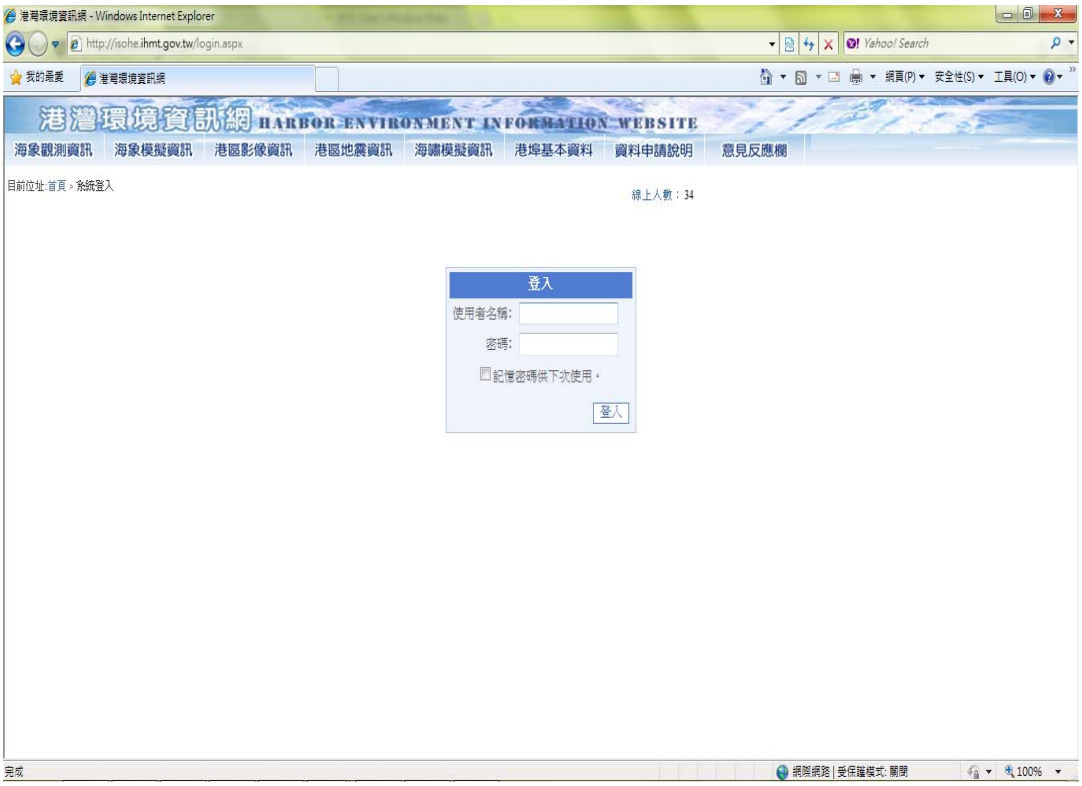


圖 6.8 專家版(登入畫面)



圖 6.9 專家版(統計圖表列印畫面)



圖 6.10 專家版(歷史影像下載畫面)

6.1.3 PDA版

因應行動上網之功能需求，港灣環境資訊網也提供 PDA 版，其功能如下圖 6.11 PDA 版功能架構圖所示。



圖 6.11 PDA 版功能架構圖

6.1.4 無障礙版

配合行政院研究發展考核委員會對政府機關之服務與港灣環境資訊網多元化使用族群之需求，港灣環境資訊網提供經行政院研究發展考核委員會無障礙空間網頁檢測之功能架構如下圖 6.12 無障礙版功能架構圖、圖 6.13 港灣環境資訊網(無障礙版)所示。

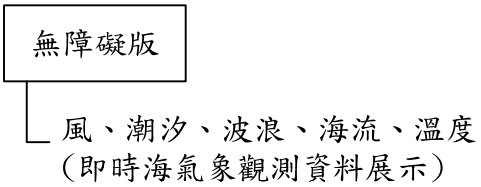


圖 6.12 無障礙版功能架構圖



圖 6.13 港灣環境資訊網(無障礙版)

6.1.5 Pad(Android OS)版

使用者透過手持式智慧型無線裝置(手機、PDA)之無線上網功能，無論何時何地都能使用無線裝置的方式來取得相關的資訊。面對平板電腦時代已經來臨，使用平板電腦來瀏覽網頁也是未來主要的趨勢，為滿足使用者的需求，針對平板電腦的部分，本年度已完成 Pad(Android OS)版資訊功能開發，如下圖 6.14 Pad(Android OS)版海氣象即時觀測資訊功能架構圖所示。

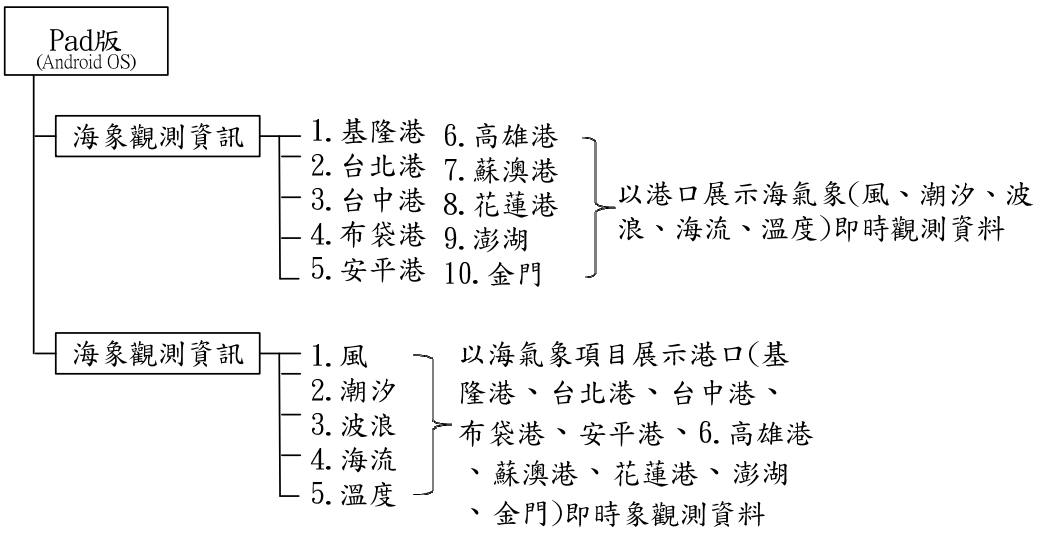


圖 6.14 Pad(Android OS)版海氣象即時觀測資訊功能架構圖

6.2 港灣環境資訊網頁

本項研究內容與工作項目為：

- 港灣環境資訊網頁之功能更新及維護
- 首頁工具(Microsoft Silverlight 元件)更換評估
- 使用者網頁解析度自動檢測

6.2.1港灣環境資訊網頁之功能更新及維護

持續海氣地象觀測子系統之海情資料庫更新(含歷史資料匯入)維護及資料品管作業功能提昇，海氣地象觀測資料包括風速、風向、潮位、波高、週期、波向、流速、流向及地震等及各類觀測資料之統計表、統計圖(如方塊圖、玫瑰圖)等。

6.2.2首頁工具(Microsoft Silverlight元件)更換評估

Microsoft Silverlight 是微軟所發展的 Web 前端應用程序開發解決方案，是微軟豐富型互聯網應用程序策略的主要應用程序開發平台之一，以瀏覽器的外掛組件方式提供 Web 應用程序中多媒體與高度交互性前端應用程序的解決方案，同時它也是微軟 UX 策略中的一環，也是微軟試圖將美術設計和程序開發人員的工作明確切分與協同合作發展應用程序的嘗試之一。目前 Silverlight 已經受到各主流瀏覽器的支持，包含 Internet Explorer、Firefox、Opera 與 Safari 等，同時也支持 Mac OS X 操作系統，在 Windows Mobile 6....等。

港灣環境資訊網應用 Microsoft Silverlight 元件播放效果流暢及高清視頻品質整合開發與設計工具集合於首頁、動態歷線圖二個功能項目，使用者第一次使用 PC 版功能時需要安裝 Silverlight 軟體如下圖 6.15 Microsoft Silverlight 元件安裝畫面所示，造成使用者之困擾，另外於使用平板電腦時 Microsoft Silverlight 元件無法支援造成首頁無法使用等問題。



圖 6.15 Microsoft Silverlight 元件安裝畫面

本年度進行網頁首工具(Microsoft Silverlight 元件)更換評估，概略說明如下:

1. Adobe Flash 與 Microsoft Silverlight 功能分析比較

Adobe Flash 與 Microsoft Silverlight 同樣是 Web 前端應用程式，Flash 早在 Silverlight 出現的十年前就存在了，具有為數龐大的背景資源（作品平台、教學網站、類別 Package 的開發與分享、業界共識）。Adobe Flash 與 Microsoft Silverlight 的規格制定與比較：

(1)Microsoft Silverlight 有.NET 的支援，同時讓各種程式語言躍上開發行列，不用像 Flash 要學習專用的 ActionScript（AS），具備程式背景的人更容易進入。AS3 的執行與編譯效能相對 AS2 的強化，就已經是 Flash 開發者津津樂道的改善，但如今以多媒體開發工具為主的 Adobe 要獨立面對已經成熟的 Visual Studio 團隊，函式庫與編譯器的背景恐怕不足。

(2)Flash 的市佔率極高，是穩坐龍頭的保證，但是如果微軟利用下一代 Windows 視窗系列，在 OS 的改朝換代中，於 IE 瀏覽器附上或以策略方式讓 Silverlight 裝上使用者電腦，結果就大不相同了。採取這種手段必然又會引起抨擊，卻非常有效，且只要抽離商業色彩，通常會成功，就如同當初 Windows 系統附上 IE 的爭議。

2. 不同平台首頁設計

(1)針對不同裝置平台，入口網站畫面設計其裝置平台分類說明如下表 6-4 入口網站畫面設計表所示：

表 6-4 入口網站畫面設計表

裝置	使用方式	備註
PC、NB	各瀏覽器	
智慧型手機	APP 應用程式	APP 應用程式 (需安裝程式) Microsoft Silverlight 元件無法適用於 ios 系統。
	Safari 瀏覽器	
平板電腦(iPad)	APP 應用程式	
	Safari 瀏覽器	

(2)由於受限於 ios 等平板系統無法安裝 Microsoft Silverlight 元件，而導致無法完全瀏覽網頁，因此需針對裝置進行分類，建議採用偵側使用者是從什麼類型的裝置，提供更便利瀏覽介面給使用者方式進行技術評估，概略流程如下圖 6.16 silverlight 支援流程圖所示。

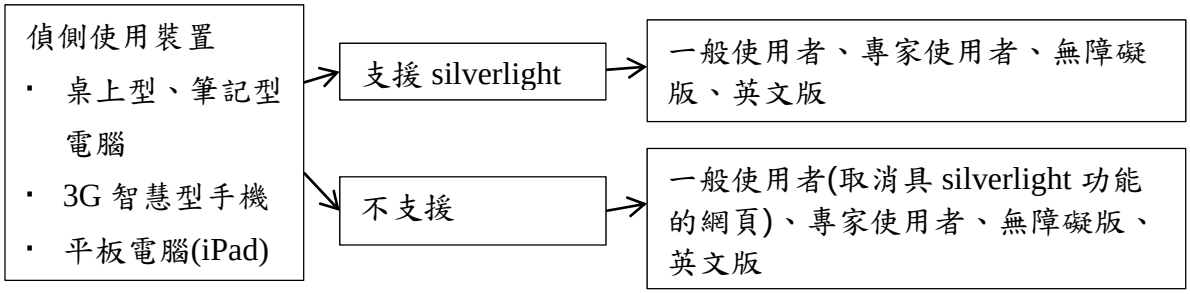


圖 6.16 silverlight 支援流程圖

於本計畫已完成試作 Adobe Flash 元件及評估或者改用 jQuery 以及 HTML 5 之動態效果元件來替代 Silverlight，透過整合度與應用使用性之關鍵評估，希望能確認相容性程度較高的 Silverlight 取代元件。經由評估過後，提出原本的首頁改版整合中央氣象局之海氣象觀測資料，於港灣環境資訊網頁中展示及服務，如下圖 6.17 silverlight 海氣象整合畫面圖所示。透過整合的畫面介接和展示不同海氣象平台的資料，讓使用者同時於網站中能進一步與迅速的得到資訊。

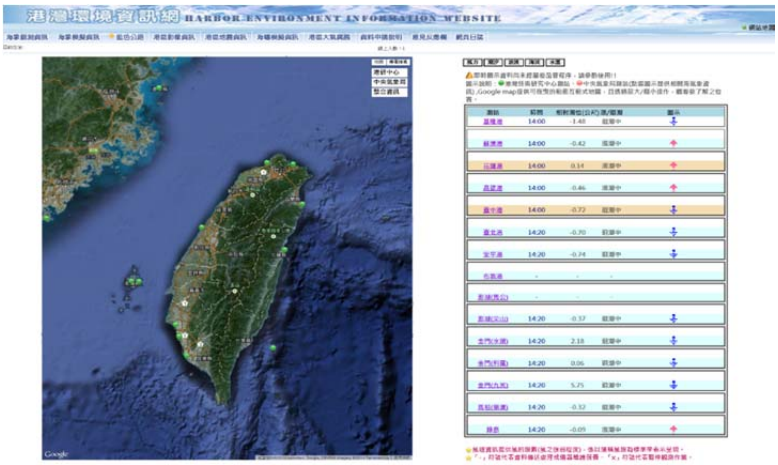


圖 6.17 silverlight 海氣象整合畫面圖

6.2.3使用者網頁解析度自動檢測

隨著不同設備(PC、筆電、平版、手機)等與不同尺寸螢幕瀏覽網頁的興起以及互動方式網頁的多樣性，網頁頁面在對應不同的解新度時，相對的也會有不同的呈現方式。目前港灣環境資訊網頁的解析度，依據網頁設計框架是以 1024x768 這個標準解析度為主，所以使用者電腦解析度或比例如未設定好時，將導致部分畫面未能顯示，必須透過下拉方式進行網頁瀏覽，造成使用者不方便。

因此，本年度工作也納入港灣環境資訊網提供不同解析度網頁之評估工作。現階段如果要提供更人性化的介面，且推廣給更多不同類型裝置的使用者查詢瀏覽，需採用響應式網頁(Responsive Web Design)之設計概念，(引用 http://ten2.tw/blog/網頁中敘述，網站使用 CSS3 media queries 方式)，以百分比的方式以及彈性的畫面設計，在不同解析度下改變網頁頁面的佈局，讓不同的設備都可以正常瀏覽同一網站，提供最佳的視覺體驗。

經過網頁功能修正與測試，目前港灣環境資訊網已完成採用偵測解析度的方式提供不同解析度網頁給使用者瀏覽，如下圖 6.18 從不同裝置偵測解析度畫面所示，在不同尺寸或解析度的設備或螢幕上，網頁程式會根據使用者的裝置，以符合版面大小的樣式來顯示網頁的內

容，讓每種裝置都能順暢瀏覽。

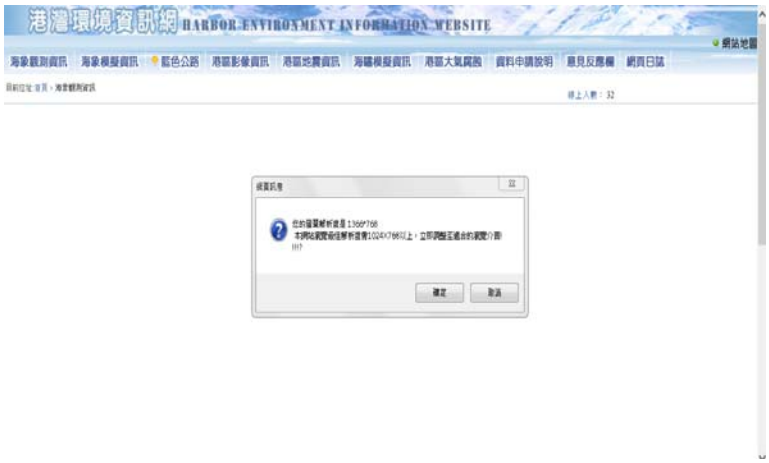


圖 6.18 從不同裝置偵測解析度畫面

6.3 海氣象觀測資訊

本項研究內容與工作項目為：

- 海氣象觀測子系統之海情資料庫維護
- 彙入海氣象觀測年報資料
- 介接展示新增港口測站即時觀測資料
- App Store(iOS)版本開發
- 中央氣象局資料庫規劃、整合、展示
- 歷線圖自選相關性展示功能評估

6.3.1海氣象觀測系統之海情資料庫維護

海氣象觀測系統之海情資料庫依維護計畫進行資料庫備份維護，備份維護共分為日、週和月備份維護計畫，目前備份狀況一切正常，詳細備份計畫狀態如下表 6-5 海氣象資料庫備份計畫表所示：

表 6-5 海氣象資料庫備份計畫表

備份	備份時間	保存份數	維護計畫存放路徑	備註
日	每天 00:00	7	E:\DB_backup\day	7 日的資料
週	每週星期日 00:00	4	E:\DB_backup\week	4 週的資料
月	每月第 1 日 04:00	3	E:\DB_backup\month	3 個月的資料

6.3.2彙入海氣象觀測年報資料

歷史年報資料提供統計圖表查詢所使用的數據，且於網頁中繪製成直方圖、玫瑰圖以及相對的統計數據表格，讓使用者查詢觀看。以下分為年度、港口以及海氣象項目，將目前資料庫中所匯入的年報資料做個分析與記錄資料的穩定性，詳細海氣象觀測年報資料筆數統計如下表 6-6 海氣象觀測年報資料筆數統計表所示，目前港灣環境資訊網已匯入 2005/12~2012/11 的歷史年報資料至海情正式資料庫。

表 6-6 海氣象觀測年報資料筆數統計表

年度/月份	港口	風力	潮汐	波浪	海流
		正常/異常筆數	正常/異常筆數	正常/異常筆數	正常/異常筆數
2005 年 12 月	臺北港	460/284	474/270	381/363	468/276
	臺中港	719/25	0/0	0/0	0/0
	安平港	744/0	298/446	274/470	274/470
	布袋港	0/744	0/744	0/744	0/744
	高雄港	743/1	744/0	724/20	724/20
	基隆港	744/0	703/41	701/43	701/43
	蘇澳港	743/1	741/3	732/12	732/12
	花蓮港	743/1	744/0	742/2	742/2
2006 年整年總共 8760 筆	臺北港	5276/3484	6450/2310	6529/2231	6358/2404
	臺中港	6940/1820	8550/210	7547/1213	7573/1187
	安平港	8109/651	5093/3667	7483/1277	5396/3364
	布袋港	3417/5343	2682/6078	2681/6079	2682/6078
	高雄港	4959/3801	4959/3801	4959/3801	4959/3801
	基隆港	6027/2733	6027/2733	6027/2733	6027/2733
	蘇澳港	7650/1110	7650/1110	7650/1110	7650/1110
	花蓮港	7570/1190	7570/1190	7570/1190	7570/1190
2007 年整年總共 8760 筆	臺北港	5836/2924	5777/2983	6509/2251	6340/2420
	臺中港	8718/42	8695/65	5748/3012	5460/3300
	安平港	6904/1856	6908/1852	8258/502	7922/838
	布袋港	8160/600	3785/4975	3784/4976	3782/4987
	高雄港	6119/2641	6119/2641	6119/2641	6119/2641
	基隆港	6554/2206	6554/2206	6554/2206	6554/2206
	蘇澳港	8123/637	8123/637	8123/637	8123/637
	花蓮港	8024/736	8024/736	8024/736	8024/736
2008 年整年總共	臺北港	5594/3190	3814/4970	6744/2040	6915/1869
	臺中港	5148/3636	7812/972	4251/4533	5847/2937

8784 筆	安平港	7935/849	6233/2551	7397/1387	7456/1328
	布袋港	0/8784	0/8784	0/8784	0/8784
	高雄港	8782/2	8782/2	8346/438	8355/429
	基隆港	8784/0	8732/52	8511/273	8528/256
	蘇澳港	8395/389	8748/36	8711/73	8734/50
	花蓮港	8051/733	8777/7	8741/43	8765/19
2009 年整年總共 8760 筆	臺北港	7691/1069	6908/1852	7473/1287	7496/1264
	臺中港	8102/658	8450/310	4406/4354	4396/4364
	安平港	7820/940	8470/290	7517/1243	7549/1211
	布袋港	2870/5890	8594/166	6527/2233	6555/2205
	高雄港	8758/2	8259/501	7637/1123	7664/1096
	基隆港	8497/263	8730/30	8697/63	8686/74
	蘇澳港	8539/221	8588/172	8256/50	8210/550
	花蓮港	8261/499	8744/16	8722/38	8719/41
2010 年整年總共 8760 筆	臺北港	8760/0	8621/139	8356/404	7637/1123
	臺中港	7494/1266	8729/31	8730/30	8368/392
	安平港	8760/0	8177/583	622237/2523	6837/1923
	布袋港	8760/0	7471/1289	1976/6784	1976/6784
	高雄港	8286/474	8758/2	8707/53	8711/49
	基隆港	8760/0	8605/155	8583/177	8526/234
	蘇澳港	7471/1289	8723/37	8145/615	8157/603
	花蓮港	8450/310	8610/150	8449/311	8453/307
2011 年整年總共 8760 筆	臺北港	8365/395	8574/186	6731/2029	6748/2012
	臺中港	8444/316	8648/112	8582/178	5845/2915
	安平港	8537/223	6250/2510	5570/3190	5200/3560
	布袋港	8760/0	8755/5	0/8760	0/8760
	高雄港	8669/91	6453/2307	8404/356	8445/315
	基隆港	8606/154	8474/286	6971/1789	7295/1465
	蘇澳港	8691/69	8217/543	7238/1522	7309/1451
	花蓮港	8741/19	8745/15	8681/79	8746/14
2012 年 1 月~11 月總共 8040 筆	臺北港	8039/1	6900/1140	7643/397	7831/209
	臺中港	4808/3232	7967/73	6525/1515	6941/1099
	安平港	6227/1813	8040/0	6234/1806	6266/1774
	布袋港	8039/1	7532/508	2585/5455	2482/5558
	高雄港	7551/489	8039/1	6738/1302	7258/782
	基隆港	7737/303	7738/302	7462/578	7947/93
	蘇澳港	8009/31	7472/568	7249/791	7574/466
	花蓮港	8017/23	8040/0	7719/321	7997/43

*異常筆數原因主要為觀測儀器未收到資料或故障。

6.3.3介接展示新增港口測站即時觀測資料

1.資料庫介接架構圖(網路)如下圖 6.19 資料庫介接架構圖(網路)所示：

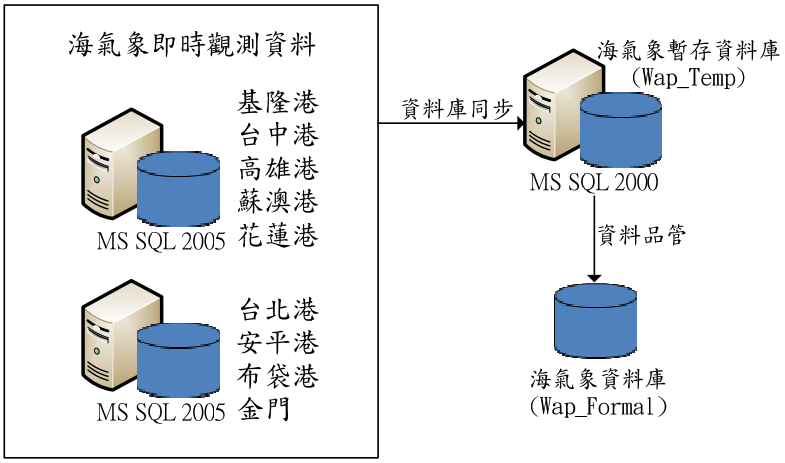
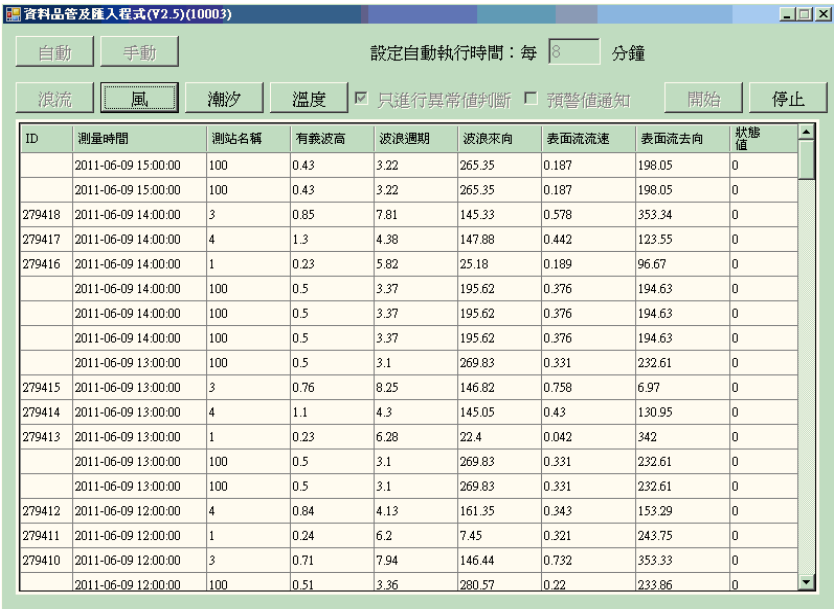


圖 6.19 資料庫介接架構圖(網路)

2.資料介接各地區等港口的海氣象資料由資料庫同步程式定時擷取，將資料同步複製至海情暫存資料庫(Wap_Temp)，再藉由資料品管及匯入程式將各地區港口之海氣象即時資料(風力、潮汐、波浪、海流、水溫)匯入至海情正式資料庫(Wap_Formal)，資料庫同步程式運作狀況如下圖 6.20 資料庫同步程式所示，資料品管及匯入程式如下圖 6.21 資料品管及匯入程式所示。



圖 6.20 資料庫同步程式

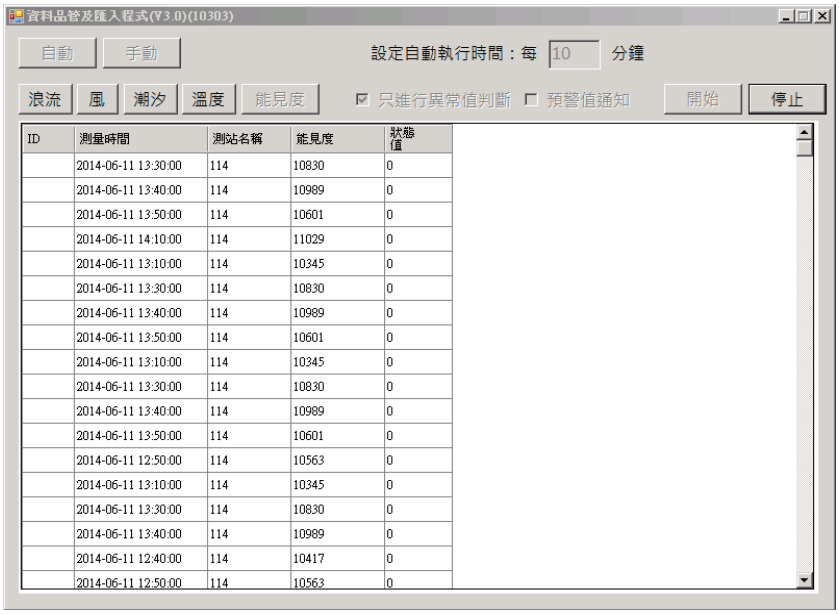


ID	測量時間	測站名稱	有義波高	波浪週期	波浪來向	表面流流速	表面流去向	狀態值
	2011-06-09 15:00:00	100	0.43	3.22	265.35	0.187	198.05	0
	2011-06-09 15:00:00	100	0.43	3.22	265.35	0.187	198.05	0
279418	2011-06-09 14:00:00	3	0.85	7.81	145.33	0.578	353.34	0
279417	2011-06-09 14:00:00	4	1.3	4.38	147.88	0.442	123.55	0
279416	2011-06-09 14:00:00	1	0.23	5.82	25.18	0.189	96.67	0
	2011-06-09 14:00:00	100	0.5	3.37	195.62	0.376	194.63	0
	2011-06-09 14:00:00	100	0.5	3.37	195.62	0.376	194.63	0
	2011-06-09 14:00:00	100	0.5	3.37	195.62	0.376	194.63	0
	2011-06-09 13:00:00	100	0.5	3.1	269.83	0.331	232.61	0
279415	2011-06-09 13:00:00	3	0.76	8.25	146.82	0.758	6.97	0
279414	2011-06-09 13:00:00	4	1.1	4.3	145.05	0.43	130.95	0
279413	2011-06-09 13:00:00	1	0.23	6.28	22.4	0.042	342	0
	2011-06-09 13:00:00	100	0.5	3.1	269.83	0.331	232.61	0
	2011-06-09 13:00:00	100	0.5	3.1	269.83	0.331	232.61	0
279412	2011-06-09 12:00:00	4	0.84	4.13	161.35	0.343	153.29	0
279411	2011-06-09 12:00:00	1	0.24	6.2	7.45	0.321	243.75	0
279410	2011-06-09 12:00:00	3	0.71	7.94	146.44	0.732	353.33	0
	2011-06-09 12:00:00	100	0.51	3.36	280.57	0.22	233.86	0

圖 6.21 資料品管及匯入程式

3.新增加能見度觀測資料

配合金門水頭港設置能見度測量儀器，本年度系統新增能見度資料品管及匯入程式開發，透過自動同步擷取即時的「能見度」資訊至海情中心納入資料庫中，如下圖 6.22 能見度資料品管及匯入程式及圖 6.23 金門水頭港能見度資訊所示。



ID	測量時間	測站名稱	能見度	狀態值
	2014-06-11 13:30:00	114	10830	0
	2014-06-11 13:40:00	114	10989	0
	2014-06-11 13:50:00	114	10601	0
	2014-06-11 14:10:00	114	11029	0
	2014-06-11 13:10:00	114	10345	0
	2014-06-11 13:30:00	114	10830	0
	2014-06-11 13:40:00	114	10989	0
	2014-06-11 13:50:00	114	10601	0
	2014-06-11 13:10:00	114	10345	0
	2014-06-11 13:30:00	114	10830	0
	2014-06-11 13:40:00	114	10989	0
	2014-06-11 13:50:00	114	10601	0
	2014-06-11 12:50:00	114	10563	0
	2014-06-11 13:10:00	114	10345	0
	2014-06-11 13:30:00	114	10830	0
	2014-06-11 13:40:00	114	10989	0
	2014-06-11 12:40:00	114	10417	0
	2014-06-11 12:50:00	114	10563	0

圖 6.22 能見度資料品管及匯入程式

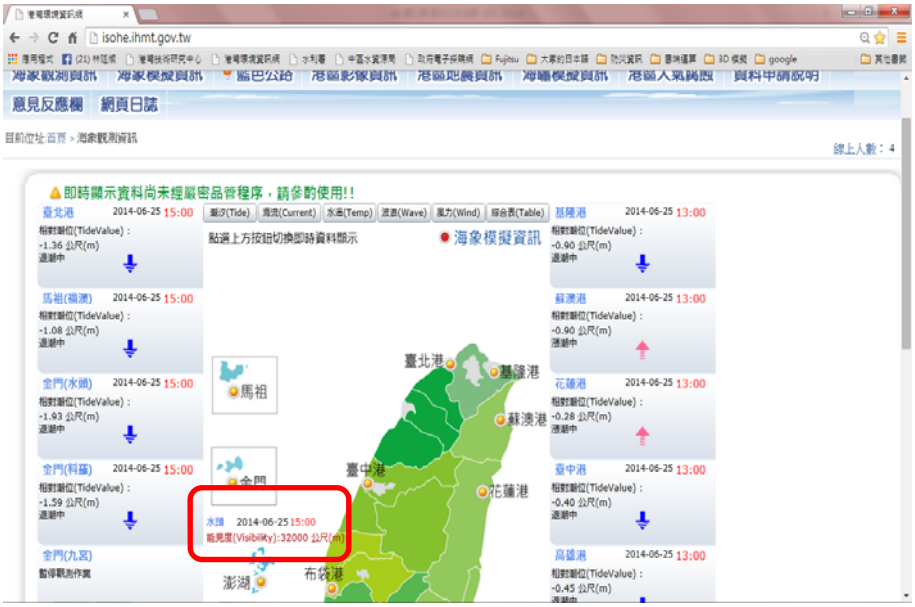


圖 6.23 金門水頭港能見度資訊

4.新增增金門(水頭)、金門(料羅)、金門(九宮)、綠島、馬祖之海氣象觀測資訊，並且調整展示畫面，如下圖 6.24 金門(水頭)、金門(料羅)、金門(九宮)、綠島、馬祖-海象觀測資訊(潮汐)等所示：



圖 6.24 金門(水頭)、金門(料羅)、金門(九宮)、綠島、馬祖-海象觀測資訊(潮汐)

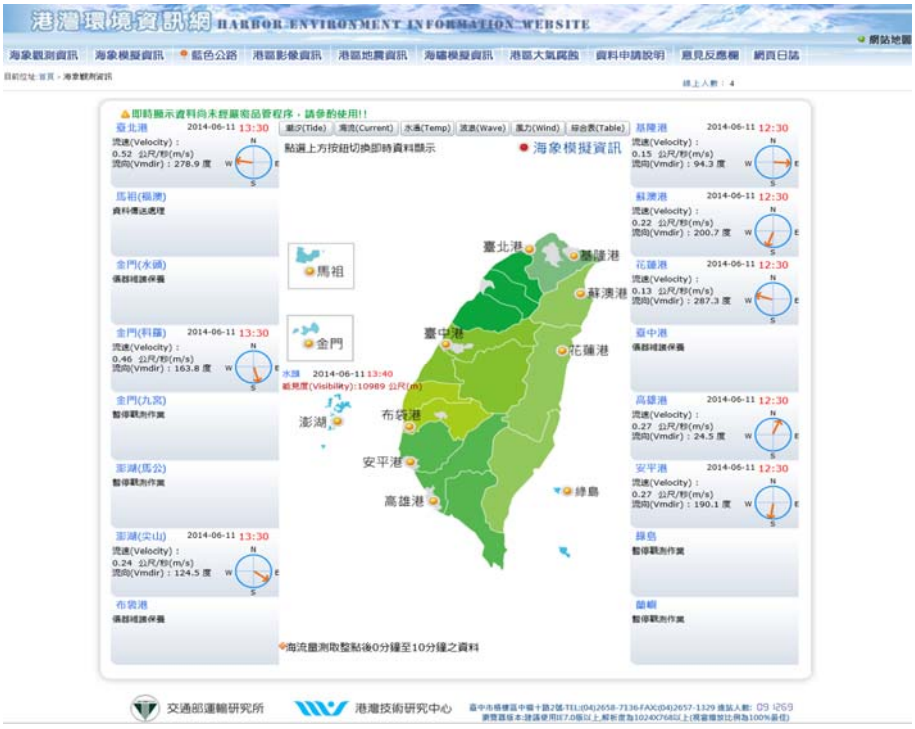


圖 6.25 金門(水頭)、金門(料羅)、金門(九宮)、綠島、馬祖-海象觀測資訊(海流)



圖 6.26 金門(水頭)、金門(料羅)、金門(九宮)、綠島、馬祖-海象觀測資訊(水溫)



圖 6.27 金門(水頭)、金門(料羅)、金門(九宮)、綠島、馬祖-海象觀測資訊(波浪)

5.依據今年度使用者會議使用者提出，港灣環境資訊網站上所提供之風力資訊，其風速單位為公尺/秒(m/s)，建議增加轉換為級數(幾級風)的資訊呈現於網頁，本年度也完成如下圖 6.28 港灣環境資訊網-海象觀測資訊(風力)、圖 6.29 港灣環境資訊網-海象觀測資訊(綜合表)所示。



圖 6.28 港灣環境資訊網-海象觀測資訊(風力)



圖 6.29 港灣環境資訊網-海象觀測資訊(綜合表)

6.3.4 App Store(iOS)版本開發

隨著智慧型行動裝置的日益普及，行動平台上的軟體，也就是俗稱的APP，其為電腦應用程式 (Application) 的簡稱，也漸漸成為軟體開發者不可忽視的一個新興領域。然而在眾多行動裝置中，又以iOS及Android為兩大主流平台，更是各軟體開發者必須投入的兩大區塊。於102年度，「港灣環境資訊網」已可提供Android App版本的海氣象即時觀測資訊，由於iOS 版App市佔率高，因此今年針對港灣環境資訊網開發建置iOS平台給使用者下載。

iOS 為蘋果公司 Apple 公司為 iPhone 所開發的作業系統，涵蓋的終端設備包括 iPhone、iPod touch 以及 iPad。原本是稱為 iPhone OS，於 2010 年 6 月 7 日的 WWDC 大會上宣布改名為「iOS」。 iPhone OS 其實就是簡化過的 Mac OS X，其 iOS 的系統架構分為四個層次如下圖 6.30 iOS 的系統架構所示。

1. 核心作業系統層（the Core OS layer）:用 FreeBSD 和 Mach 所改寫的 Darwin，是開放原始碼、符合 POSIX 標準的一個 Unix 核心，負責處理與硬體的溝通、記憶體的管理以及各種基本系統功能。

2. 核心服務層（the Core Services layer）: 主要包含了 SQLite、POSIX 的 thread、Unix 的 Sockets 和 Apple 的 Bonjour 網路功能，這部份的功能主要由 C 寫成，而裡面最重要的是 Foundation Framework，主要是用 Objective-C 的介面將這層中的很多功能包裝起來，提供了比較容易使用的介面，像是基本的資料型態、字串處理、網路功能或是 URL 的存取都在這裡面有對應的類別。

3. 媒體層（the Media layer）: 混和了 Objective-C 和 C 的一些多媒體功能，像是 C 語言的 OpenGL ES、Quartz 或是 Core Audio，也有 Objective-C 介面的 Core Animation。

4. 可輕觸層（the Cocoa Touch layer）: 大多數的介面都是 Objective-C，而中間最重要的就是 UIKit framework，主要負責了 UI 的顯示、操作等。在這一層中也提供了存取使用者相簿和音樂等功能。

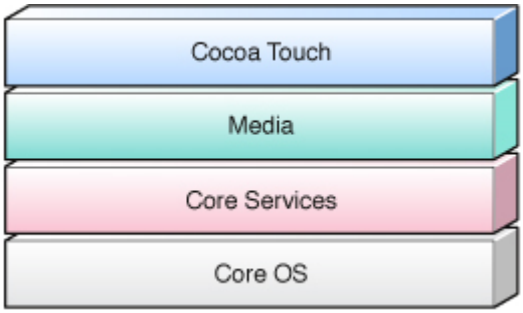


圖 6.30 iOS 的系統架構

針對 iOS App 的開發方式如下圖 6.31 iOS App 的開發方式所示，有分為原生應用程式、網頁應用程式、混合式應用程式，但港灣環境資訊網 APP 主要是以開發原生應用程式為主。

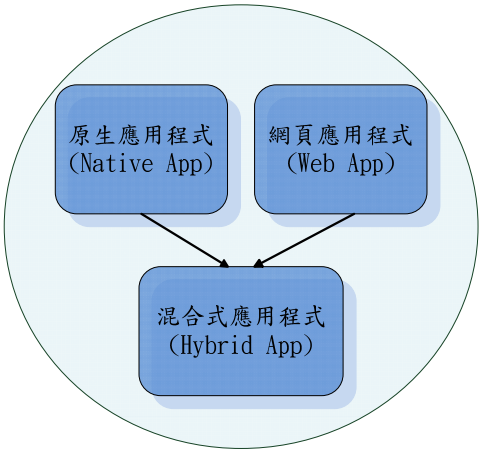


圖 6.31 iOS App 的開發方式

原生應用程式(Native App)開發，指的是作業系統廠商本身提供 SDK 或建議的開發方式，使用 Xcode 與 Objective-C 開發，上架到 App Store 或 Mac App Store 上的 iOS App。且原生 App 執行速度快、效能佳，適合需要極快速反應的程式、複雜的動畫... 等。另對硬體裝置的支援度較好，可以應用幾乎所有硬體上的功能，例如：相機功能、GPS 地理定位等。

今年度開發建置持續以 ipad 介面為主的 App 應用程式，完成海氣象即時觀測資訊功能如下圖 6.32 港灣環境資訊網 iOS App(iPAD)版開發架構所示:

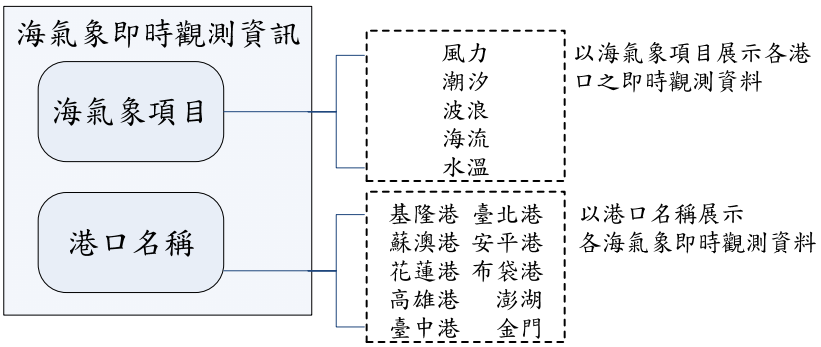


圖 6.32 港灣環境資訊網 iOS App(iPAD)版開發架構

並試著採用人性化使用者介面(UI)之設計，提供簡潔易用的查詢畫面，給使用者輕鬆瀏覽海氣象相關資訊，並且陸續擴展港灣環境資訊網 App 模組，提供給使用者一個方便的 App 應用程式。

本年度已完成 iOS App(iPAD) 開發；如下圖 6.33 港灣環境資訊網 iOS App(iPAD)版開發實機所示:



圖 6.33 港灣環境資訊網 iOS App(iPAD)版開發實機

6.3.5中央氣象局資料庫規劃、整合、展示

「港灣環境資訊網」歷經多年的功能新增與擴充，目前已完成自動化的系統運作方式、進行大量且有系統的資料擷取、傳遞、品管、儲存及展示；建構完成海象觀測資訊、海象模擬資訊、港區影像系統、港區地震系統、海嘯模擬資訊等，提供即時資訊(資料)、統計圖表及預警告知等功能。

「港灣環境資訊網」於使用應用上已完成與各港務公司海氣象資料提供之合作備忘錄簽訂；現階段各港務公司已可自動透過網頁系統(網頁系統讀取語http://isohe.ihmt.gov.tw/AISDataProvider.ashx?station=

[港口代碼]&type=[資料類型代碼])讀取港灣技術研究中心所提供之海氣象資料觀測資料,如下表6-7 海氣象資料提供港口代碼對照表、表6-8 海氣象資料類型代碼對照表所示：

表 6-7 海氣象資料提供港口代碼對照表

港口名稱(Device)	代碼
基隆	1
蘇澳	2
花蓮	3
高雄	4
台中	5

表 6-8 海氣象資料類型代碼對照表

資料類型(type)	代碼
流速	Current
波浪	Wave
潮位	Tide
溫度	Temp
風速及風向	Wind

目前亦已完成海氣象資料分享提供臺灣港務公司、中央氣象局應用參考。配合港灣技術研究中心各資料庫之間的介接，除持續確保資料收集之穩定及品質維護外，尚有中央氣象局、成功大學近海水文中心、水利署等單位皆建置有海氣象觀測系統，如何有效的進行資料(資訊)交換與分享平台建置，是仍需持續努力的工作。

為發揮「資源共享、互惠合作」原則，港研中心已於2012年8月28日與交通部中央氣象局簽訂港灣環境資訊服務系統合作備忘錄，雙方將本著延續多年來的合作關係，持續推廣港區之海氣象資訊服務，以提升海上作業及船舶航行安全，其簽署合作單位可透過港灣環境資訊網所提供之網際網路要求海氣象即時觀測資料服務，如下圖6.34 合作備忘錄及資料提供方式所示，讀取港研中心所提供之海氣象資料觀測資料，妥善運用擷取之海氣象資料，創造資料之應用價值；以加速海氣象資源、資料分享作業。



圖 6.34 合作備忘錄及資料提供方式

目前中央氣象局所提供相關的海氣象觀測資料，評估過後資料內容，如下圖6.35中央氣象局浮標(風力、波浪)觀測資料、圖6.36中央氣象局浮標(海流)觀測資料、圖6.37中央氣象局潮位站觀測資料所示，其資料符合目前匯入資料檔格式。如何將相關資料之提供方式、擷取頻率與資料內容匯入於海情資料庫中，仍需進一步與中央氣象局業務負責人聯繫。現階段初步與相關人員討論確認後，其資料介接經由FTP方式，定時擷取中央氣象局提供的海氣象觀測資料，而海情中心伺服器採以自動化作業資料介接程式，如下圖6.38中央氣象局觀測資料介接系統架構圖所示，將中央氣象局提供的資料檔案再透過資料同步及資料匯入程式將資料儲放於海情資料庫中，如下圖6.39中央氣象局資料檔同步程式及圖6.40中央氣象局觀測資料匯入程式所示。

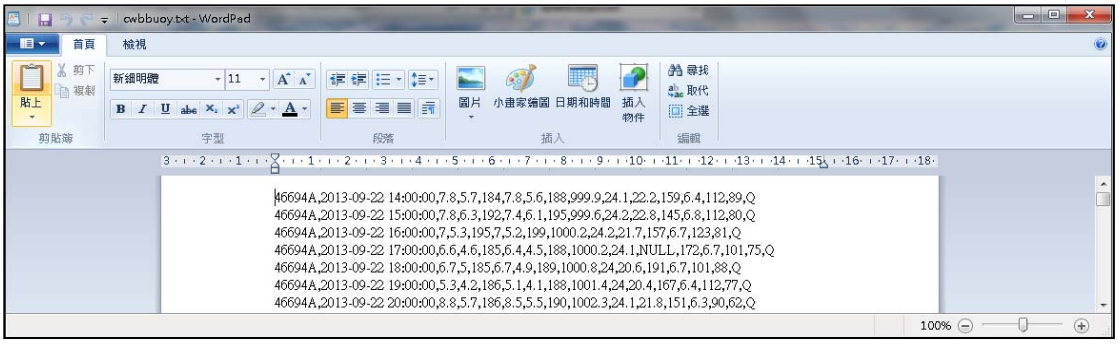


圖 6.35 中央氣象局浮標(風力、波浪)觀測資料

浮標(風力、波浪)觀測資料相關詳細資訊如上圖所示，其檔案欄位格式說明如下表6-9浮標(風力、波浪)觀測資料檔案欄位格式所示，以及資料浮標測站相關說明如下表6-10資料浮標測站站碼說明所示：

表 6-9 浮標(風力、波浪)觀測資料檔案欄位格式

第一欄:站碼	第九欄:氣壓(百帕)
第二欄:時間(年-月-日時:分:秒)	第十欄:氣溫(℃)
第三欄:陣風 1(m/sec)	第十一欄:水溫(℃)
第四欄:風速 1(m/sec)	第十二欄:波高(cm)
第五欄:風向 1(度)	第十三欄:波浪週期(sec)
第六欄:陣風 2(m/sec)	第十四欄:波向(度)
第七欄:風速 2(m/sec)	第十五欄:品管標記
第八欄:風向 2(度)	

表 6-10 資料浮標測站站碼說明

站碼	測站名稱	站碼	測站名稱	站碼	測站名稱	站碼	測站名稱
46699A	花蓮資料浮標	C6S62	台東外洋資料浮標	C6W08	馬祖資料浮標	46694A	龍洞資料浮標
46757B	新竹資料浮標	C6V27	東沙島資料浮標	C5w09	東吉島波浪站	46714D	小琉球資料浮標

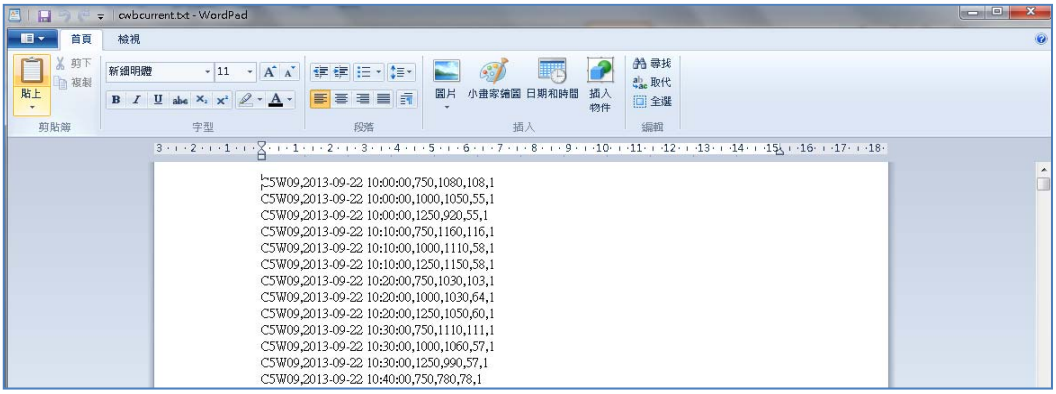


圖 6.36 中央氣象局浮標(海流)觀測資料

浮標(海流)觀測資料相關詳細資訊如上圖6.36中央氣象局浮標(海流)觀測資料所示，其檔案欄位格式說明如下表6-11浮標(海流)觀測資料檔案欄位格式所示，以及潮位測站相關說明如下表6-12潮位測站站碼說明所示。

表 6-11 浮標(海流)觀測資料檔案欄位格式

第一欄:站碼
第二欄:時間(年-月-日時:分:秒)
第三欄:流速儀觀測水深(cm)
第四欄:流速(cm/sec)
第五欄:流向
第六欄:品管標記

表 6-12 潮位測站站碼說明

站碼	站名	儀器型式水位計	站碼	站名	儀器型式水位計
1102	淡水	壓力式水位計	1245	蘇澳	壓力式水位計
1115	竹圍	壓力式水位計	1246	蘇澳	音波式水位計
1116	竹圍	音波式水位計	1255	花蓮	壓力式水位計
112	新竹	壓力式水位計	1256	花蓮	音波式水位計
113	外埔	壓力式水位計	1275	成功	壓力式水位計
1155	箔子寮	壓力式水位計	1276	成功	音波式水位計
1156	箔子寮	音波式水位計	1305	台北港	壓力式水位計
1165	東石	壓力式水位計	1306	台北港	音波式水位計
1166	東石	音波式水位計	1315	彭佳嶼	壓力式水位計
1175	將軍	壓力式水位計	1355	澎湖	壓力式水位計
1176	將軍	音波式水位計	1356	澎湖	音波式水位計
1185	東港	壓力式水位計	1365	塭港	壓力式水位計
1186	東港	音波式水位計	1366	塭港	音波式水位計
1195	後壁湖	壓力式水位計	1385	小琉球	壓力式水位計
1196	後壁湖	音波式水位計	1386	小琉球	音波式水位計
1206	麟山鼻	壓力式水位計	1395	蘭嶼	壓力式水位計
122	龍洞	浮筒式水位計	1396	蘭嶼	音波式水位計
1222	龍洞	壓力式水位計	1516	基隆	音波式水位計
1224	龍洞	雷達式水位計(測試)	1515	基隆	壓力式水位計
1226	龍洞	音波式水位計	1826	福隆	音波式水位計
1235	烏石	壓力式水位計	1821	福隆	壓力式水位計
1236	烏石	音波式水位計			

潮位站觀測資料相關詳細資訊如下圖6.37中央氣象局潮位站觀測資料所示，其檔案欄位格式說明如下表6-13潮位站觀測資料檔案欄位格式所示，以及資料浮標測站相關說明如下表6-14資料浮標(海流)測站站碼所示。

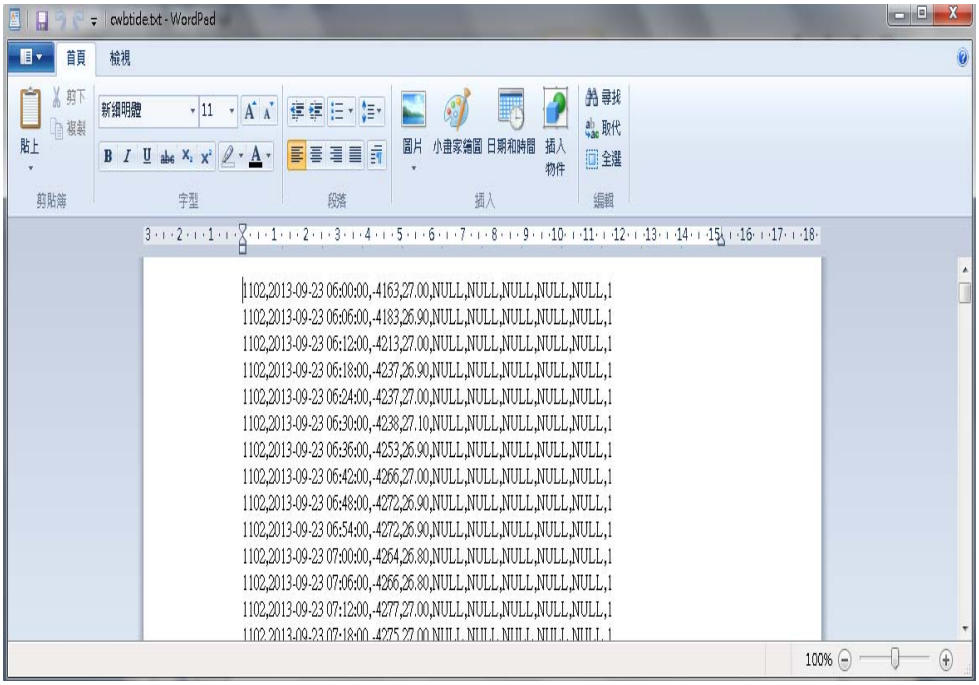


圖 6.37 中央氣象局潮位站觀測資料

表 6-13 潮位站觀測資料檔案欄位格式

第一欄:站碼
第二欄:時間(年-月-日時:分:秒)
第三欄:水位(mm)
第四欄:水溫(℃)
第五欄:平均風(m/sec)
第六欄:風向(度)
第七欄:陣風(m/sec)
第八欄:氣壓(百帕)
第九欄:氣溫(℃)
第十欄:品管標記

表 6-14 資料浮標(海流)測站站碼

站碼	測站名稱
台東外洋資料浮標	C6S62
東沙島資料浮標	C6V27
東吉島波浪站	C5W09

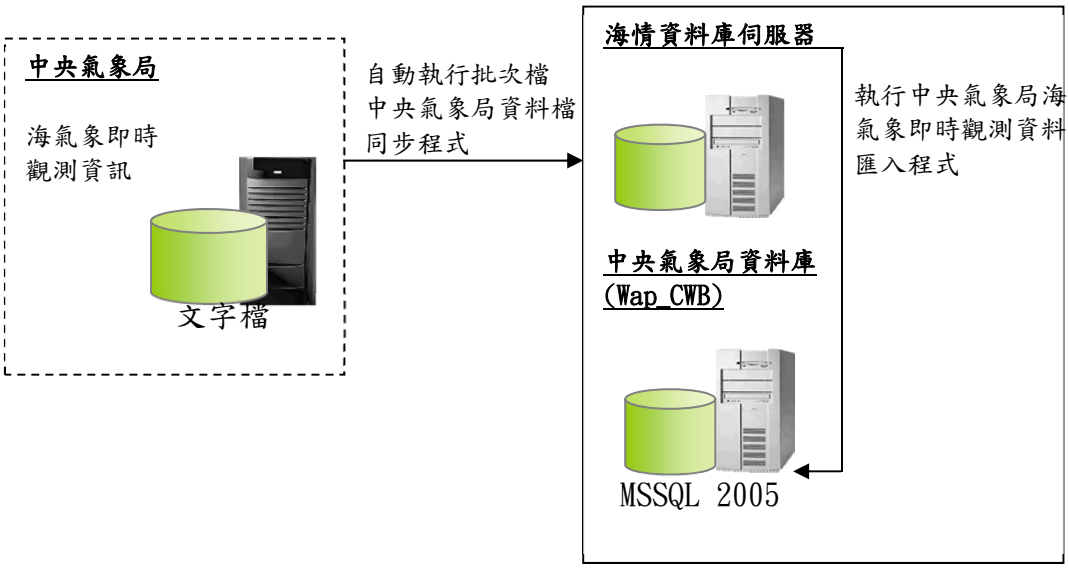


圖 6.38 中央氣象局觀測資料介接系統架構圖

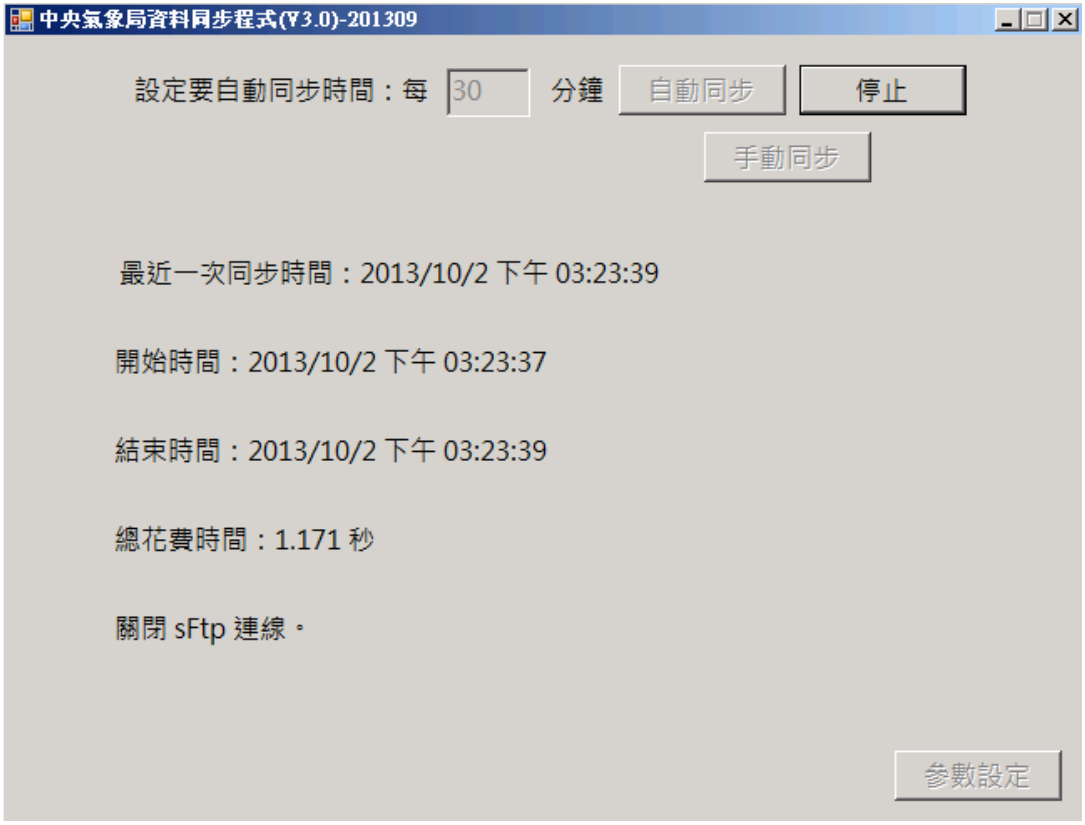


圖 6.39 中央氣象局資料檔同步程式

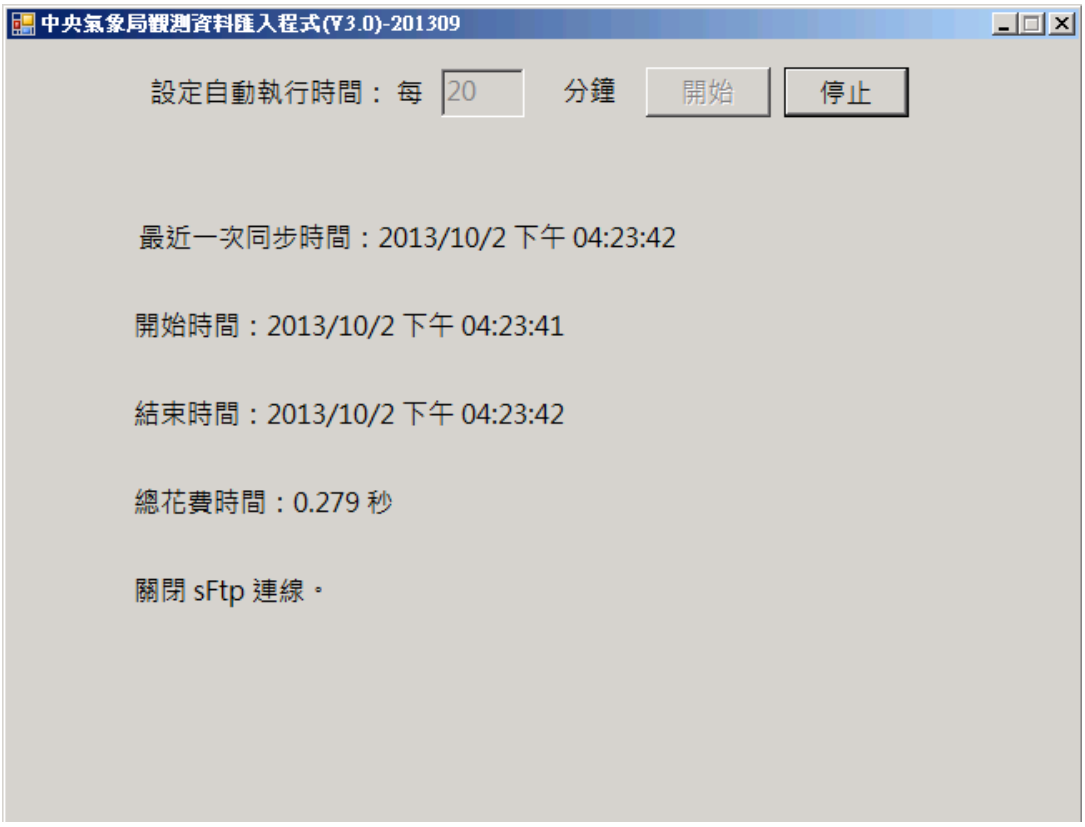


圖 6.40 中央氣象局觀測資料匯入程式

由於中央氣象局設立的測站非常之多，所提供的資料也是非常充足豐富，對於資料要如何做整合顯示?如何就目前港灣環境資訊網所呈現的方式，搭配中央氣象局提供的海氣象資訊，進而設計一個易讀性高、明確性以及給予使用者實用性資訊的助益？都是需要進一步去思考與規劃以達到資源共享之最大效益以及提昇海氣象資料整合性目的。目前針對已取得之海氣象觀測資訊，試做綜合表如下圖6.41中央氣象局觀測資料綜合表所示，提供包含測站、觀測時間、風速、風向、水溫、波高、週期、波向、流速、流向、水位等資訊，同樣的也提供測站座標點位置以及歷線圖給使用者瀏覽查詢。


港灣環境資訊網 HARBOR ENVIRONMENT INFORMATION WEBSITE

網站地圖

海象觀測資訊 | 海象模擬資訊 | 藍色公路 | 港區影像資訊 | 港區地震資訊 | 海嘯模擬資訊 | 港區大氣腐蝕 | 資料申請說明 | 意見反應欄 | 網頁日誌

目前位址:首頁 > 海象觀測資訊 > 中央氣象局綜合表資訊　　線上人數：2

本網頁於整點更新頁面!!最新觀測資料來源為交通部中央氣局提供。　　回前頁

目前時間:2013-10-08 08:00

測站名稱	時間	風速(公尺/秒)	風向(度)	風速(公尺/秒)	風向(度)	水溫(度)	波高(公尺)	週期(秒)	波向(度)	
花蓮資料浮標	08:00	3.10	232.00	2.90	233.00	29.20	0.94	6.90	45.00	歷線圖
東沙島資料浮標	08:00	2.70	264.00	-	-	29.10	1.15	7.80	101.00	歷線圖
新竹資料浮標	08:00	3.70	220.00	3.50	220.00	28.70	0.81	5.30	337.00	歷線圖
龍洞資料浮標	08:00	2.60	16.00	2.90	16.00	25.30	1.24	7.30	90.00	歷線圖
小琉球資料浮標	08:00	-	-	-	-	28.50	0.56	3.70	281.00	歷線圖
東沙島資料浮標	08:00	2.70	264.00	-	-	29.10	1.15	7.80	101.00	歷線圖
馬祖資料浮標	08:00	4.70	30.00	4.30	27.00	26.30	1.27	6.60	247.00	歷線圖

測站名稱	時間	觀測水深(cm)	流速(公分/秒)	流向(度)	
東吉島波浪站	08:00	750	1350	135	歷線圖
東吉島波浪站	08:00	1000	1300	61	歷線圖
東吉島波浪站	08:00	1250	1270	60	歷線圖

測站名稱	時間	水位(公尺)	水溫(度)	風速(公尺/秒)	風向(度)	
淡水(壓力式水位計)	08:00	-0.42	26.20	-	-	歷線圖
竹圍(壓力式水位計)	08:00	-0.35	-	-	-	歷線圖
竹圍(音波式水位計)	08:00	-0.35	25.30	-	-	歷線圖
新竹(壓力式水位計)	08:00	-0.54	24.10	2.60	249.00	歷線圖
外埔(壓力式水位計)	08:00	-0.56	26.30	2.10	179.00	歷線圖
第子寮(壓力式水位計)	08:00	-0.20	-	-	-	歷線圖
第子寮(音波式水位計)	08:00	-0.20	25.60	2.40	178.00	歷線圖
東石(壓力式水位計)	08:00	-0.10	-	-	-	歷線圖
東石(音波式水位計)	08:00	-0.10	26.20	-	-	歷線圖
將軍(壓力式水位計)	08:00	-0.26	-	-	-	歷線圖
將軍(音波式水位計)	08:00	-0.26	26.10	-	-	歷線圖
東港(壓力式水位計)	08:00	-0.20	-	-	-	歷線圖
東港(音波式水位計)	08:00	-0.21	27.70	-	-	歷線圖
後壁湖(壓力式水位計)	08:00	-	-	-	-	歷線圖
後壁湖(音波式水位計)	08:00	-0.13	-	-	-	歷線圖
麟山鼻(壓力式水位計)	08:00	-0.48	25.50	-	-	歷線圖
龍洞(浮筒式水位計)	08:00	-0.24	-	-	-	歷線圖
龍洞(壓力式水位計)	08:00	1.13	-	-	-	歷線圖
龍洞(雷達式水位計(測試用))	08:00	-0.20	-	-	-	歷線圖
龍洞(音波式水位計)	08:00	-0.24	24.80	1.90	171.00	歷線圖
烏石(壓力式水位計)	08:00	-0.12	-	-	-	歷線圖
烏石(音波式水位計)	08:00	-0.12	25.90	-	-	歷線圖
蘇澳(壓力式水位計)	08:00	-0.15	-	-	-	歷線圖
蘇澳(音波式水位計)	08:00	-0.15	25.80	-	-	歷線圖
花蓮(壓力式水位計)	08:00	-0.15	-	-	-	歷線圖
花蓮(音波式水位計)	08:00	-0.15	27.10	3.70	212.00	歷線圖
成功(壓力式水位計)	08:00	-0.16	-	-	-	歷線圖
成功(音波式水位計)	08:00	-0.15	27.60	0.90	211.00	歷線圖
台北港(壓力式水位計)	08:00	-0.53	-	-	-	歷線圖
台北港(音波式水位計)	08:00	-0.52	25.30	-	-	歷線圖
澎湖(壓力式水位計)	08:00	-0.33	-	-	-	歷線圖
澎湖(音波式水位計)	08:00	-0.33	25.70	-	-	歷線圖
塭港(壓力式水位計)	08:00	-0.70	-	-	-	歷線圖
塭港(音波式水位計)	08:00	-0.70	25.40	1.20	148.00	歷線圖
小琉球(壓力式水位計)	08:00	-0.33	-	-	-	歷線圖
小琉球(音波式水位計)	08:00	-0.33	27.50	-	-	歷線圖
蘭嶼(壓力式水位計)	08:00	-0.21	-	-	-	歷線圖
蘭嶼(音波式水位計)	08:00	-0.22	28.30	0.20	114.00	歷線圖
基隆(音波式水位計)	08:00	-0.15	-	2.40	305.00	歷線圖
基隆(壓力式水位計)	08:00	-0.15	-	-	-	歷線圖
福隆(音波式水位計)	08:00	-0.17	-	-	-	歷線圖
福隆(壓力式水位計)	08:00	-0.14	25.10	-	-	歷線圖

交通部運輸研究所　港灣技術研究中心　臺中市梧棲鎮區中橫十路2號:TEL:886-4-2658 7200 分機:136-FAX:886-4-2657 1329
瀏覽器版本:建議使用IE7.0版以上,解析度為1024X768以上

圖 6.41 中央氣象局觀測資料綜合表

整合中央氣象局資訊於港灣環境資訊網(首頁)構想如下說明：

1. 網頁畫面如下圖 6.42 整合港研中心與中央氣象局資料之規劃構想圖所示。
2. 以機關單位標誌 Logo 顯示區分港研中心與中央氣象局測站位置。
3. 以右半邊畫面來呈現風、潮汐、波浪、海流、水溫及能見度等相關資訊。

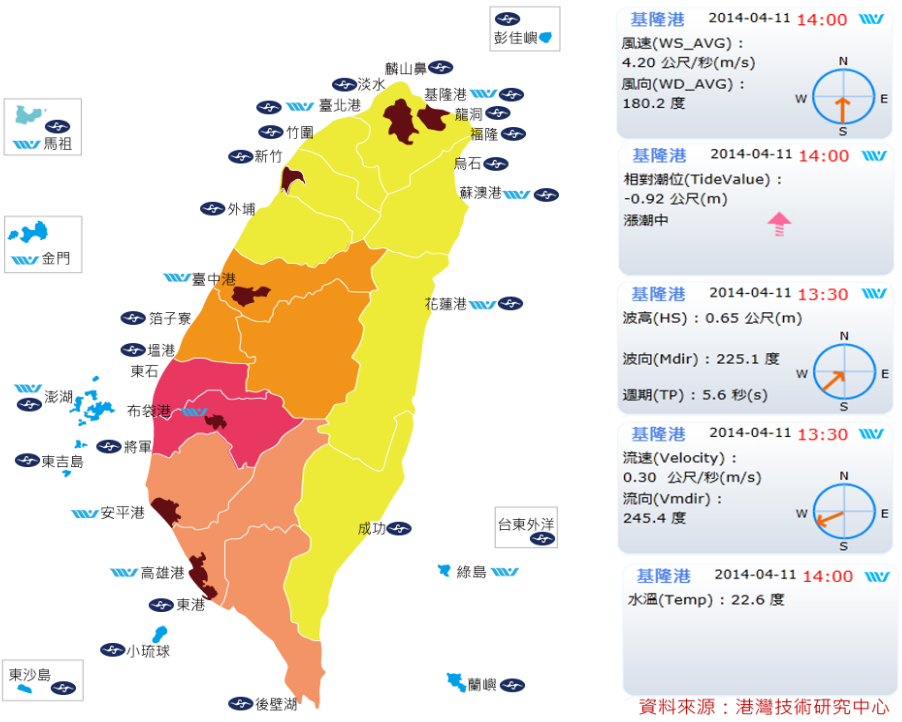


圖 6.42 整合港研中心與中央氣象局資料之規劃構想圖

透過工作會議討論、評估，現階段採用google map介面的方式呈現，將港研中心與中央氣象局的所有觀測站，整合展示至google map的地形圖，透過點選測站位置的方式，提供相關的海氣象資訊(風力、潮汐、波浪、海流以及水溫、能見度)，而為避免資訊標示不清，導致使用者瀏覽查詢之困擾，於google map地圖中以不同顏色的標示點區分港研中心與中央氣象局的測站位置，另外於海氣象資訊區塊中呈現資料來源出處；另外於中央氣象局的測量儀器上區分資料浮標、音波式水位計、雷達水位計以及壓力式水位計等相關於網頁中作呈現，如下圖6.43 海氣象整合資訊（港研中心－花蓮港資訊）、圖6.44 海氣象整合資訊（點選其他港口切換）、圖6.45 海氣象整合資訊（中央氣象局－

台東外海資料浮標資訊)、圖6.46 海氣象整合資訊(中央氣象局－東石壓力式水位計資訊)、圖6.47 海氣象整合資訊(中央氣象局－將軍音波式水位計資訊)所示。

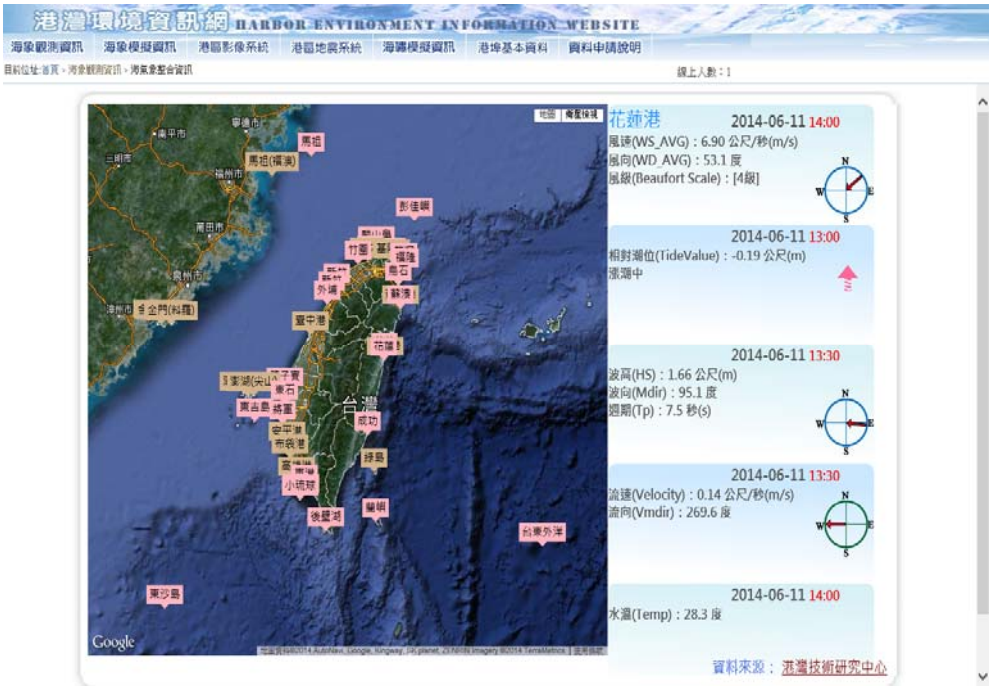


圖 6.43 海氣象整合資訊（港研中心－花蓮港資訊）

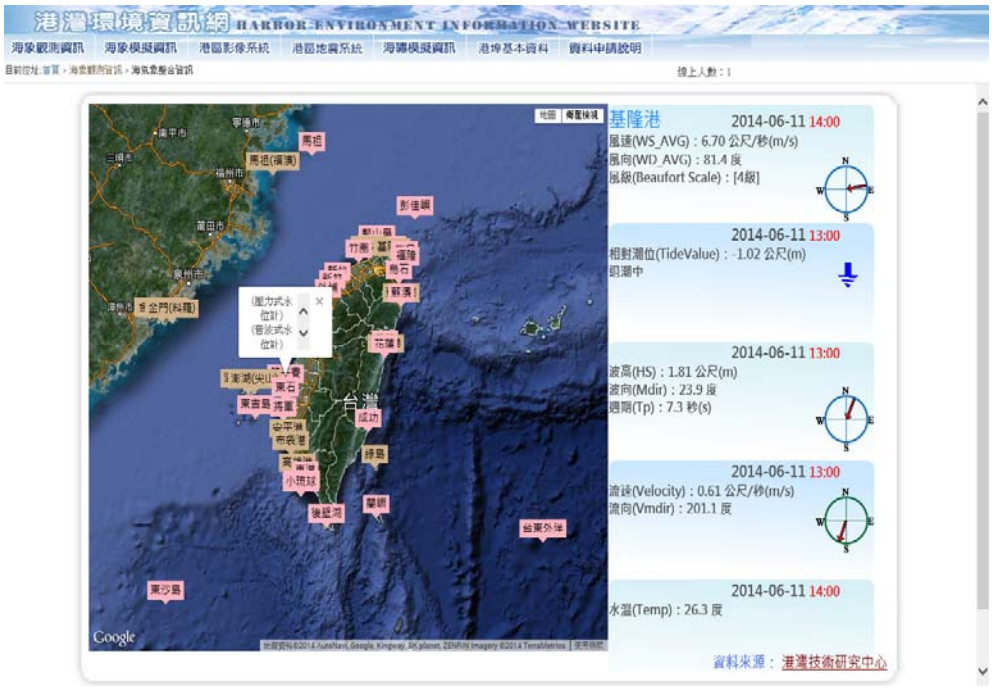


圖 6.44 海氣象整合資訊（點選其他港口切換）



圖 6.45 海氣象整合資訊（中央氣象局－台東外海資料浮標資訊）

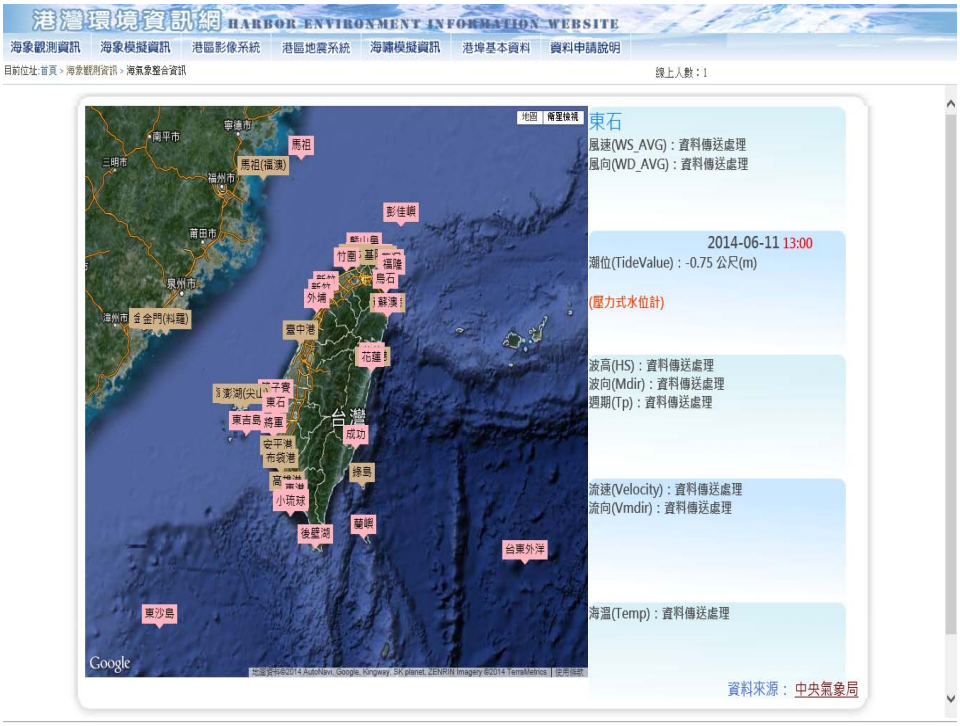


圖 6.46 海氣象整合資訊（中央氣象局－東石壓力式水位計資訊）

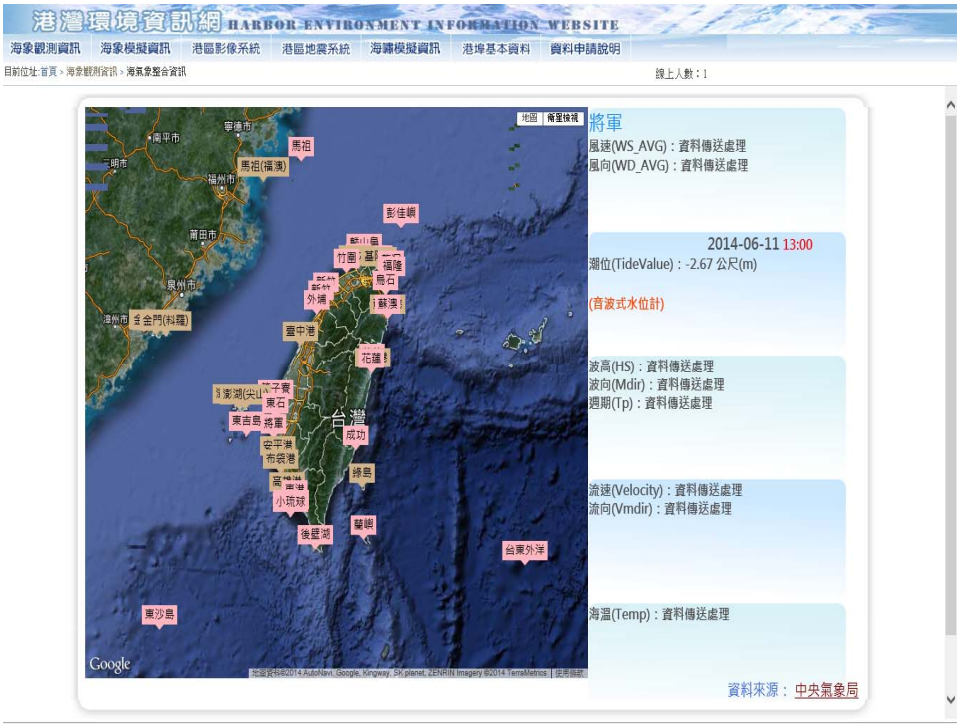


圖 6.47 海氣象整合資訊（中央氣象局－將軍音波式水位計資訊）

針對港研中心與中央氣象局資訊整合展示及網頁規劃這個部份，現階段規劃於google map地圖平台上以不同顏色的標示點區分港研中心與中央氣象局的測站位置，採用直覺化的測站名稱顯示及配合縮小以及放大功能提供資訊查詢。因此第二版的畫面改用讓使用者在查詢測站的海氣象資訊時，透過點選圖示的方式，如下圖6.48 海氣象整合資訊第二版畫面所示。



圖 6.48 海氣象整合資訊第二版畫面

考量未來整合其他單位的海氣象資訊之介接具有動態擴充性，透過嵌入google map地圖以不同顏色的標示點區分港研中心與中央氣象局的測站位置，並以選擇不同測站方式提供相關海氣象相關資訊，如下圖6.49 海氣象整合資訊第三版（港研中心-風力資訊）、圖6.50 海氣象整合資訊第三版 (潮汐資訊)、圖6.51海氣象整合資訊第三版(波浪資訊)、圖6.52海氣象整合資訊第三版(海流資訊)、圖6.53海氣象整合資訊第三版(水溫資訊)所示。

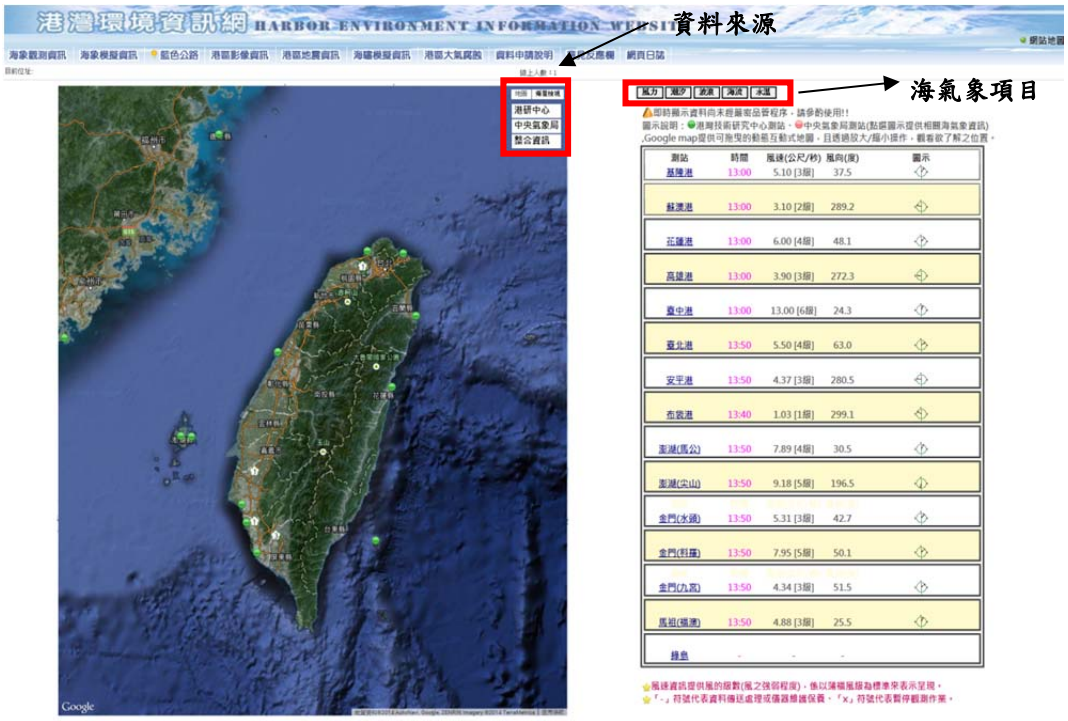


圖 6.49 海氣象整合資訊第三版（港研中心-風力資訊）

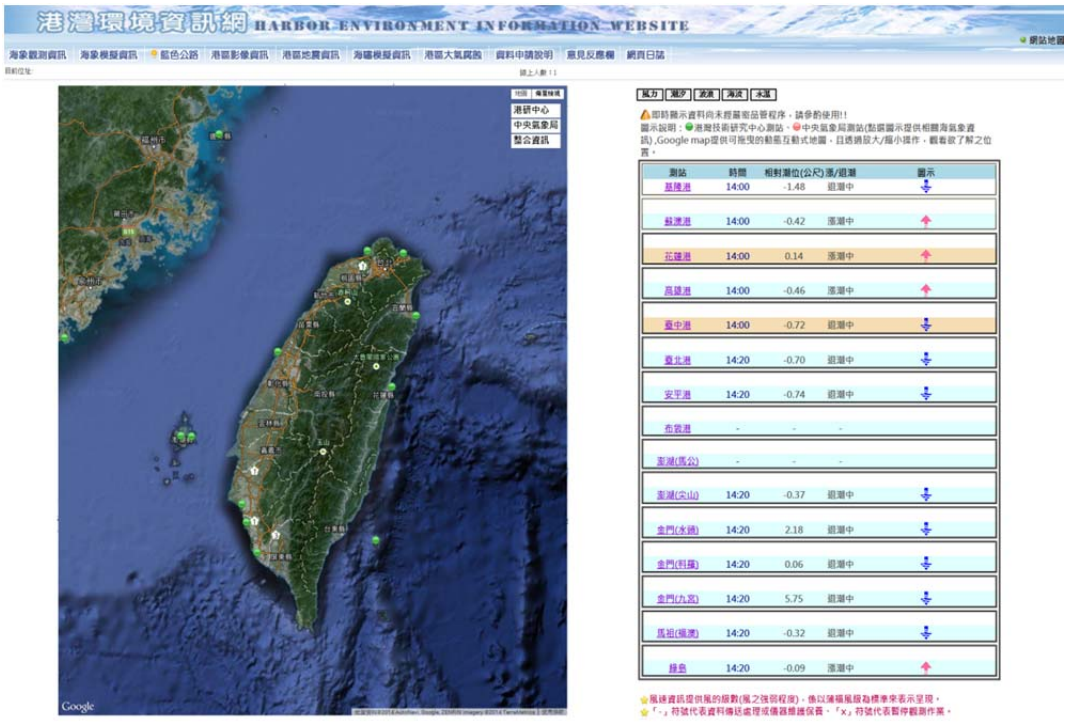


圖 6.50 海氣象整合資訊第三版 (潮汐資訊)

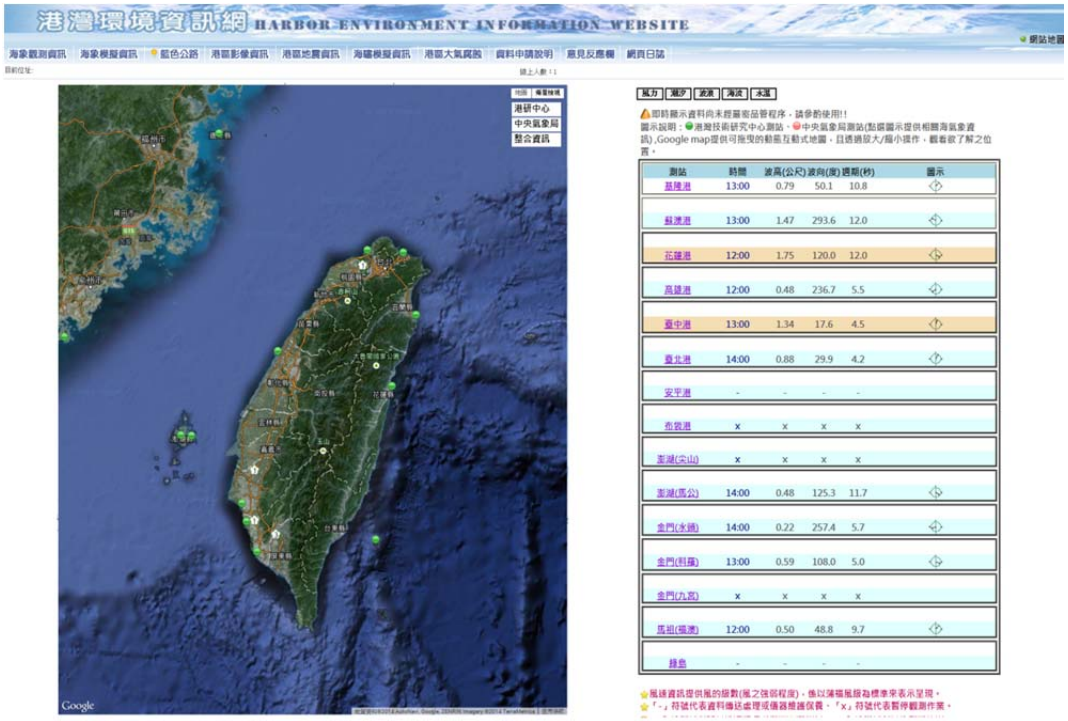


圖 6.51 海氣象整合資訊第三版(波浪資訊)

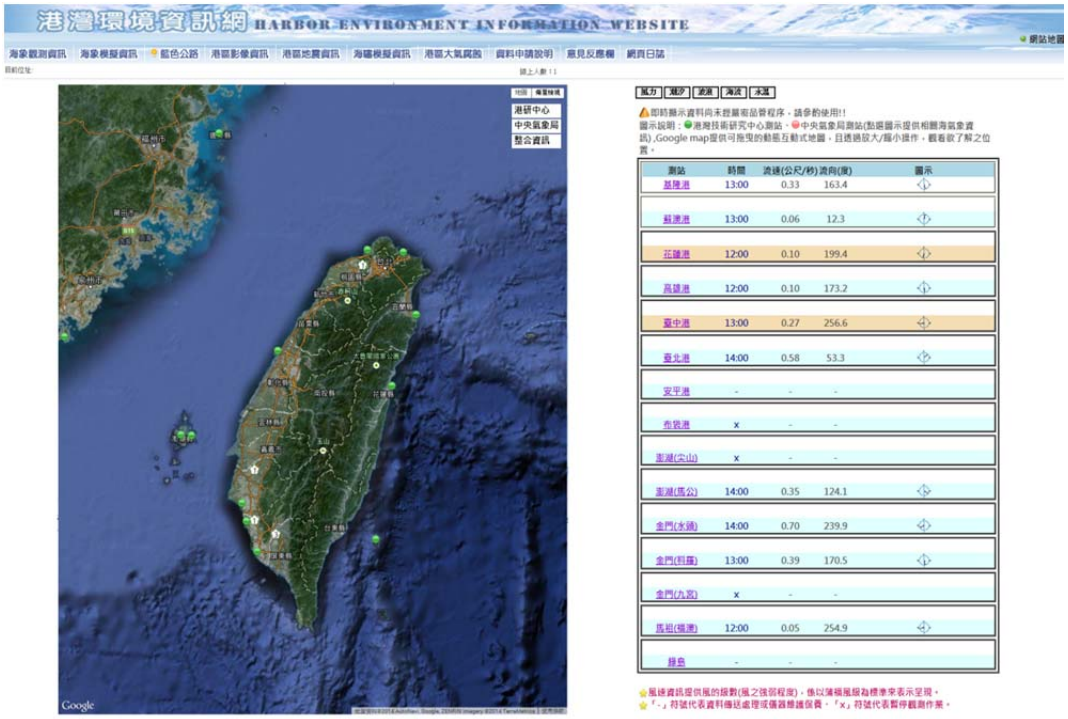


圖 6.52 海氣象整合資訊第三版(海流資訊)

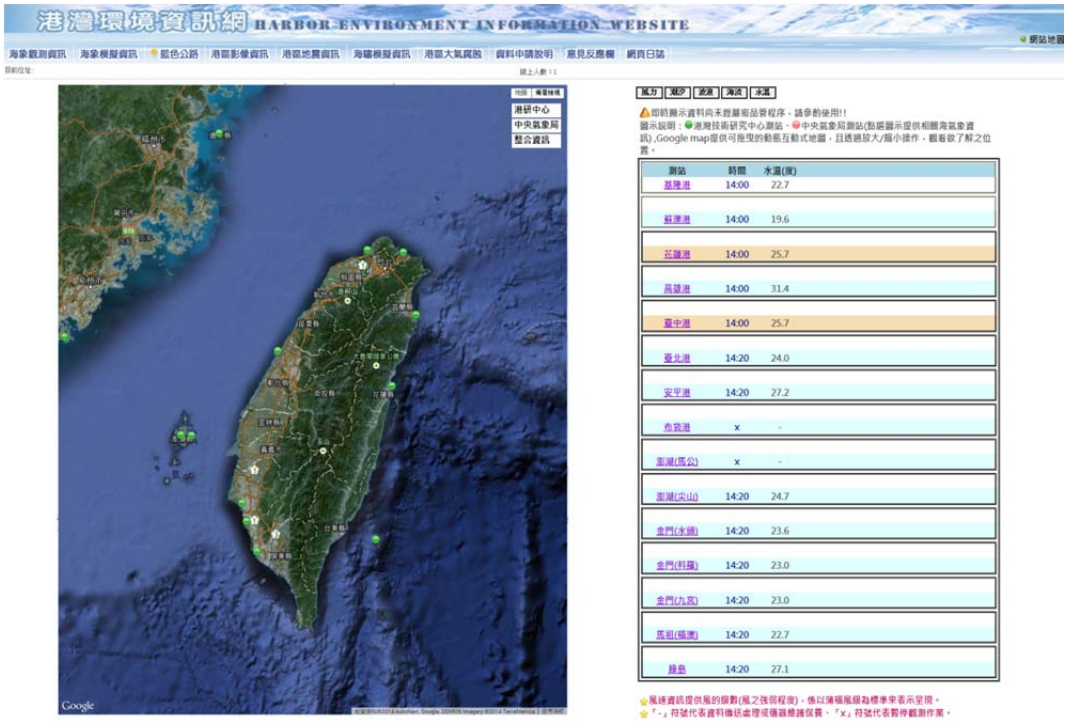


圖 6.53 海氣象整合資訊第三版(水溫資訊)

6.3.6歷線圖自選相關性展示功能評估

港灣環境資訊網之海氣象觀測歷線圖呈現方式有兩種，其一是提供三日區間資料，如下圖6.54海氣象歷線圖(三日區間資料)所示；另一種是自選資料區間方式，透過動態自選方式如下圖6.55海氣象歷線圖(自選資料區間)所示，配合時間選擇，於網頁中能提供固定或特定區間期間的海氣象資料給使用者瀏覽，透過更多不同的資訊提供方式，以觀察、展示海氣象變化情形。

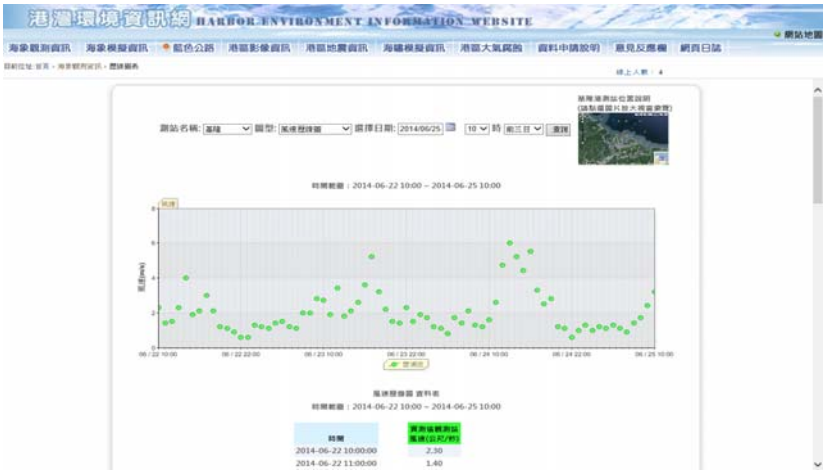


圖 6.54 海氣象歷線圖(三日區間資料)

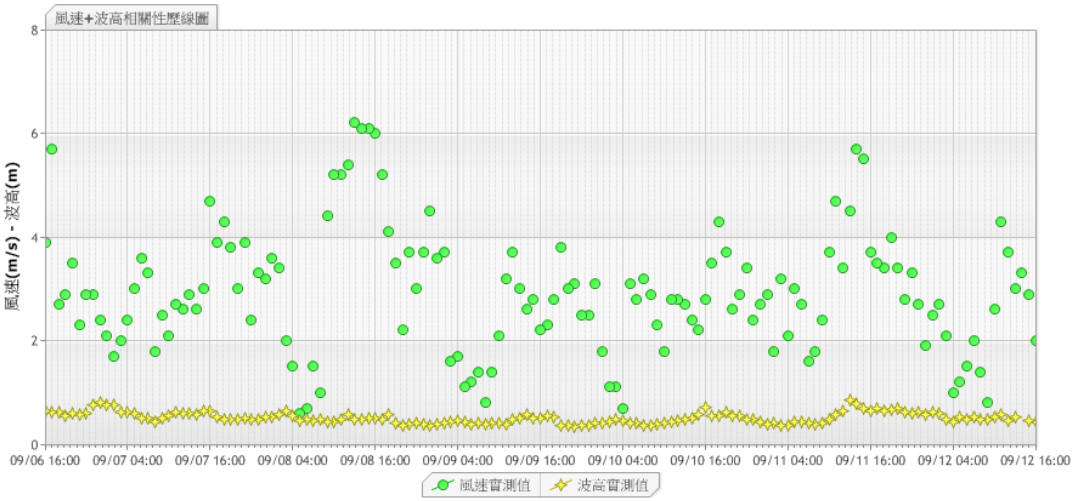


圖 6.55 海氣象歷線圖(自選資料區間)

目前展現的歷線圖資訊為單一海氣象項目，例如風速歷線圖、風向歷線圖、波高歷線圖以及波向歷線圖等等，使用者可透過切換不同的海氣象歷線圖，查詢逐時或歷史的海氣象資訊變化。

由於海上波浪主要由風引起，風力的大小會影響波浪之形成，因此今年度預定進行海氣象資料(ex.風與浪)之統計特性及相關性展示的功能評估試作，進而加值海氣象資訊服務應用，使港灣環境資訊網-海氣象觀測之動態歷線圖項目，能提供具有相關性之海氣象觀測資料，因此試作套疊同個港口之風速與波高相關性海氣象資料展示功能，合併呈現於同一畫面，給相關專業人士可做進一步參考查詢，如下圖6.56基隆港之風速與波高值套疊畫面、圖6.57高雄港之風速與波高值套疊畫面所示；此功能項目是動態擴充，會再透過工作會議討論，針對港口、海氣象資料之統計特性與相關性，提供更多元化的資訊給使用者瀏覽，例如不同港口的風或浪等等。

時間範圍：2012/9/6 下午 04:00:00 ~ 2012/9/9 下午 04:00:00

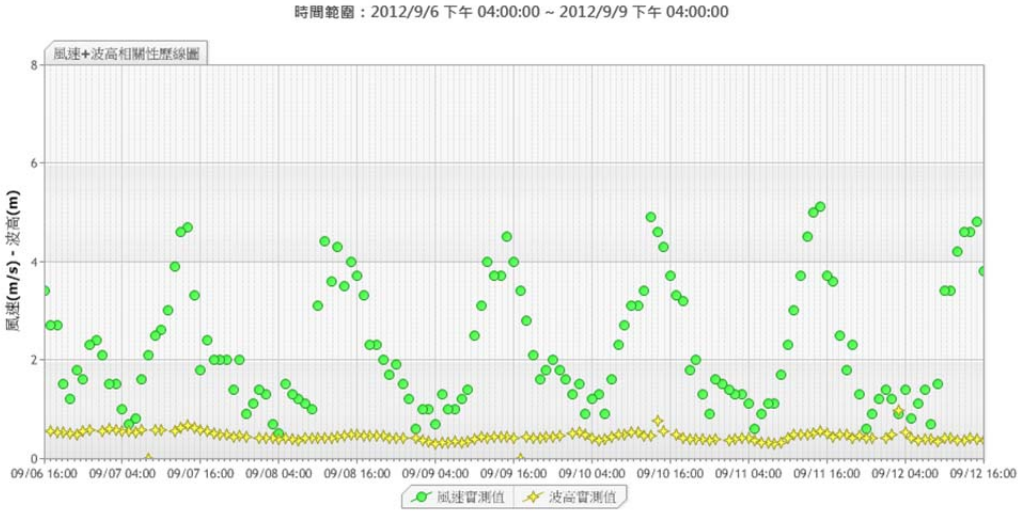


風速+波高相關性歷線圖 資料表

時間範圍：2012/9/6 下午 04:00:00 ~ 2012/9/9 下午 04:00:00

時間	實測值觀測站 風速(公尺/秒)	實測值觀測站 波高(公尺)
2012-09-06 16:00:00	3.9	0.64
2012-09-06 17:00:00	5.7	0.61
2012-09-06 18:00:00	2.7	0.61
2012-09-06 19:00:00	2.9	0.56
2012-09-06 20:00:00	3.5	0.59
2012-09-06 21:00:00	2.3	0.58
2012-09-06 22:00:00	2.9	0.59
2012-09-06 23:00:00	2.9	0.77
2012-09-07 00:00:00	2.4	0.8
2012-09-07 01:00:00	2.1	0.76
2012-09-07 02:00:00	1.7	0.76
2012-09-07 03:00:00	2	0.61
2012-09-07 04:00:00	2.4	0.61

圖 6.56 基隆港之風速與波高值套疊畫面



風速+波高相關性歷線圖 資料表

時間範圍：2012/9/6 下午 04:00:00 ~ 2012/9/9 下午 04:00:00

時間	實測值觀測站 風速(公尺/秒)	實測值觀測站 波高(公尺)
2012-09-06 16:00:00	3.4	0.54
2012-09-06 17:00:00	2.7	0.52
2012-09-06 18:00:00	2.7	0.52
2012-09-06 19:00:00	1.5	0.5
2012-09-06 20:00:00	1.2	0.48
2012-09-06 21:00:00	1.8	0.54
2012-09-06 22:00:00	1.6	0.58
2012-09-06 23:00:00	2.3	0.56
2012-09-07 00:00:00	2.4	0.59
2012-09-07 01:00:00	2.1	0.58
2012-09-07 02:00:00	1.5	0.56
2012-09-07 03:00:00	1.5	0.56
2012-09-07 04:00:00	1	0.52
2012-09-07 05:00:00	0.7	0.57
2012-09-07 06:00:00	0.8	0
2012-09-07 07:00:00	1.6	0.58
2012-09-07 08:00:00	2.1	0.58
2012-09-07 09:00:00	2.5	0.56

圖 6.57 高雄港之風速與波高值套疊畫面

6.4 海氣象模擬資訊

本項研究內容與工作項目為：

- 數值預報子系統之資料庫彙整
- 新增模式予介接展示(持續)

6.4.1數值預報子系統之資料庫彙整

近岸數值模擬系統將海氣象相關的模式每日計算的數值匯整成文字檔以及圖片檔，透過伺服器以定時同步資料夾的方式將資料複製且透過程式匯入海情資料庫。數值模擬資料提供海氣象歷線圖，並於網頁中與實測值套疊作展示。此部分的作業會持續進行彙整，如下表 6-15 數值預報子系統之資料庫筆數統計表。

表 6-15 數值預報子系統之資料庫筆數統計表

年度	港口	模式項目(筆數統計)					
		風力	潮汐	波浪			海流
		MC	Tidal	Wam	Swan	Refdif	Fehdm
2009 年	基隆	3101	3143	3143	1052	x	x
	臺中	3101	3143	3143	1052	x	x
	高雄	3101	3143	3143	1052	x	x
	花蓮	3101	3143	3143	1052	x	x
	蘇澳	3101	3143	3143	1052	x	x
	臺北	3101	3143	3143	1052	x	x
	安平	3101	3143	3143	1052	x	x
2010 年	基隆	8355	6888	8352	5219	x	x
	臺中	8355	6888	8352	5219	x	x
	高雄	8355	6888	8352	5219	x	x
	花蓮	8355	6888	8352	5219	x	x
	蘇澳	8355	6888	8352	5219	x	x
	臺北	8355	6888	8352	5219	x	x
	安平	8355	6888	8352	5219	x	x
	澎湖	1728	x	1415	1416	x	x
2011 年	基隆	8523	8376	8496	8500	5186	4376
	臺中	8523	8376	8496	8500	1609	x
	高雄	8523	8376	8496	8500	1656	x
	花蓮	8523	8376	8496	8500	1656	x
	蘇澳	8523	8376	8496	8500	1992	x
	臺北	8523	8376	8496	8500	4442	5167
	安平	8523	8376	8496	8500	1656	x
	澎湖	6217	3935	4127	4129	x	x
	布袋	288	815	239	240	x	x

	金門	264	239	239	x	x	x
	臺灣近海	3168	3095	x	3168	x	x
	西太平洋	3192	3119	3143	x	x	x
2012 年	基隆	7705	6985	6985	6985	6962	6655
	臺中	7705	6985	6985	6985	6962	x
	高雄	7705	6985	6985	6985	6962	x
	花蓮	7705	6985	6985	6985	6962	x
	蘇澳	7705	6985	6985	6985	6962	x
	臺北	7705	6985	6985	6985	6962	6655
	安平	7705	6985	6985	6985	6962	x
	澎湖	7705	6985	6985	6985	x	x
	布袋	7249	6985	6985	6985	x	x
	金門	7225	6985	6985	x	x	x
	臺灣近海	6985	6985	x	6985	x	x
	西太平洋	6985	6985	6985	x	x	x
2013 年	基隆	8760	8760	8760	8760	8760	8760
	臺中	8760	8760	8760	8760	8760	8760
	高雄	8760	8760	8760	8760	8760	x
	花蓮	8760	8760	8760	8760	8760	x
	蘇澳	8760	8760	8760	8760	8760	x
	臺北	8760	8760	8760	8760	8760	8760
	安平	8760	8760	8760	8760	8760	x
	澎湖	8760	8760	8760	8760	x	x
	布袋	8760	8760	8760	8760	x	8760
	金門	8760	8760	8760	8760	x	x
	臺灣近海	8760	8760	x	8760	x	x
	西太平洋	8760	8760	8760	x	x	x
2014 年	基隆	7584	7584	7584	7584	7584	7584
	臺中	7584	7584	7584	7584	7584	7584
	高雄	7584	7584	7584	7584	7584	x
	花蓮	7584	7584	7584	7584	7584	x
	蘇澳	7584	7584	7584	7584	7584	x
	臺北	7584	7584	7584	7584	7584	7584
	安平	7584	7584	7584	7584	7584	x
	澎湖	7584	7584	7584	7584	x	x
	布袋	7584	7584	7584	7584	x	7584
	金門	7584	7584	7584	7584	x	x
	臺灣近海	7584	7584	x	7584	x	x
	西太平洋	7584	7584	7584	x	x	x

*2014 年筆數資料統計至 2014/11/13 止。

*波浪(Refdif 模式):小尺度的數值模擬，於港區附近挑選 5 個模擬測站。

*海流(Fehdm 模式) :小尺度的數值模擬，於港區附近挑選 5 個模擬測站。

6.4.2新增模式予介接展示

一、資料介接架構圖如下圖 6-58 近岸數值模擬資料介接系統架構圖所示：

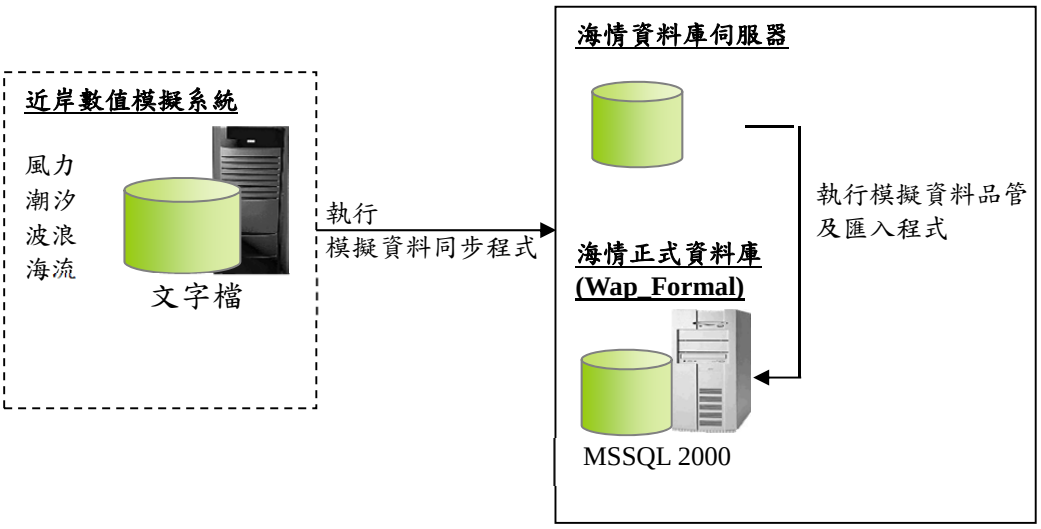


圖 6-58 近岸數值模擬資料介接系統架構圖

二、資料介接

每日定時由模擬資料同步程式同步複製近岸數值模擬系統之相關資料(文字檔和圖片檔)，其來源資料會儲存於海情伺服器上的硬碟。接著近岸模擬數值再透過模擬資料品管及匯入程式，將近岸模擬之海氣象數值資料(風力、潮汐、波浪、海流)分別匯入至海情正式資料庫(Wap_Formal)。

配合中央氣象局停止提供 NFS 資料，改以 WRF 的資訊來取代；於港灣環境資訊網呈現的 NFS 資訊，已於今年度四月底前完成調整採用 WRF 的資訊來做展示，如下圖 6.59 海象模擬資訊-風力資料(WRF 模式)、圖 6.60 海象模擬資訊-西太平洋(圖型動畫+模擬數值[WRF 模式])、圖 6.61 海象模擬資訊-套疊 WRF 模式(以臺北港為例)所示。

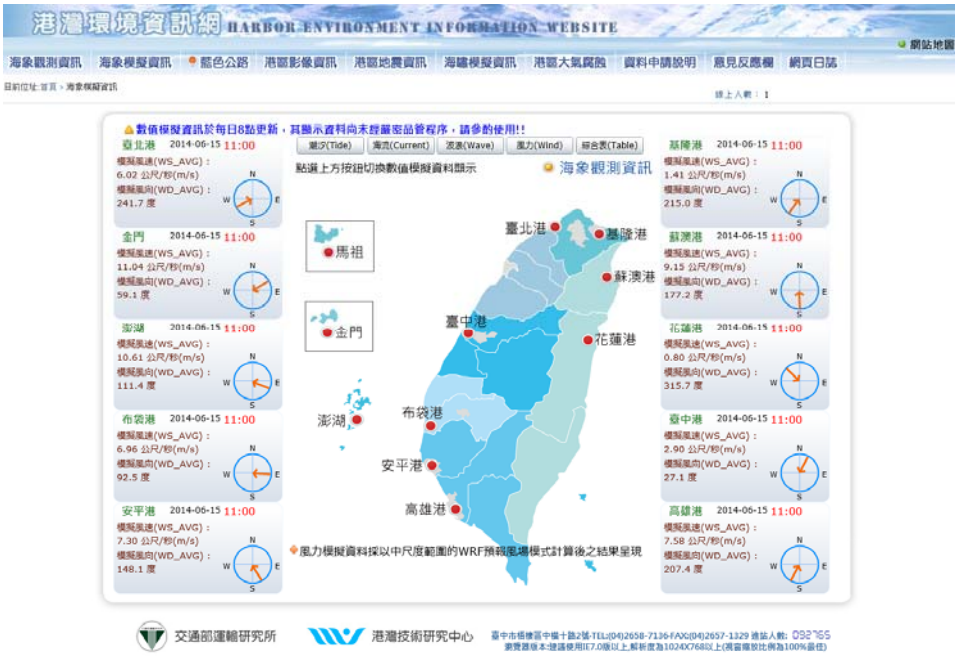


圖 6.59 海象模擬資訊-風力資料(WRF 模式)

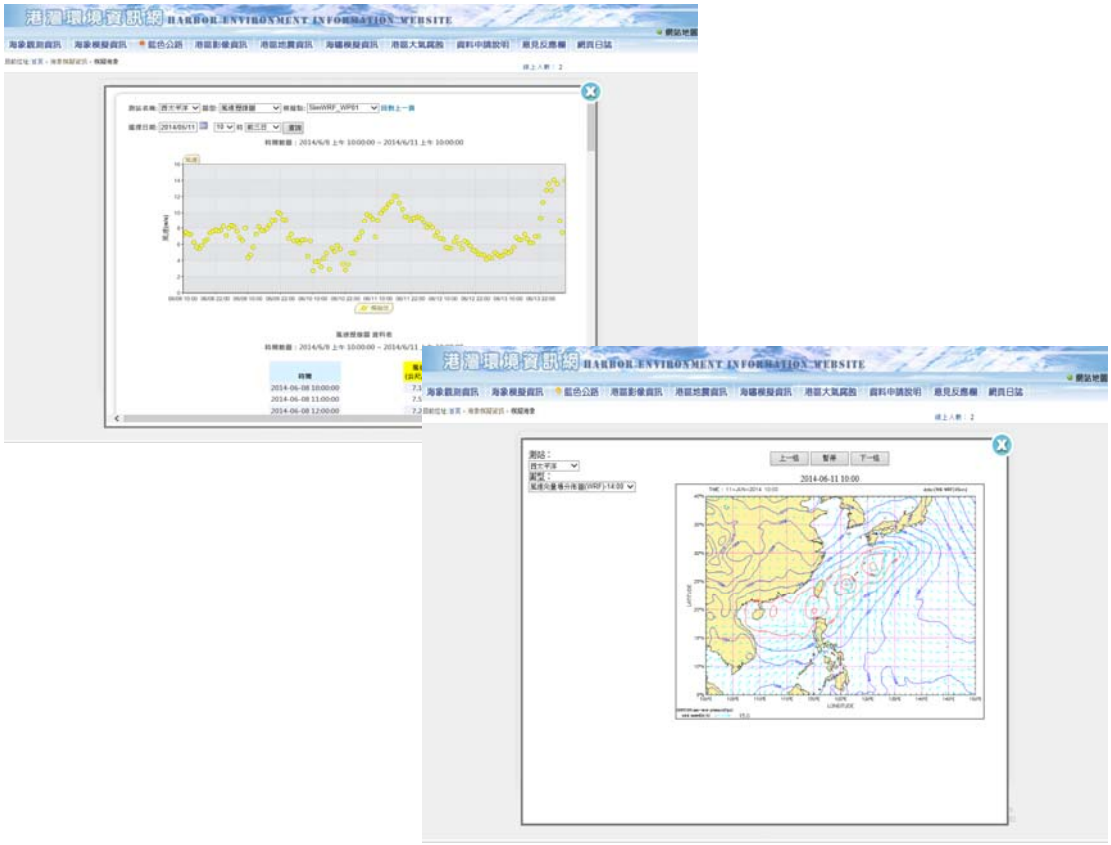


圖 6.60 海象模擬資訊-西太平洋(圖型動畫+模擬數值[WRF 模式])



圖 6.61 海象模擬資訊-套疊 WRF 模式(以臺北港為例)

配合港研中心數值模擬計算作業新增蘇澳港、高雄港以及布袋港的海流小尺度資料，今年度也於網頁中更新增完成，如圖 6.62~圖 6.63 所示。

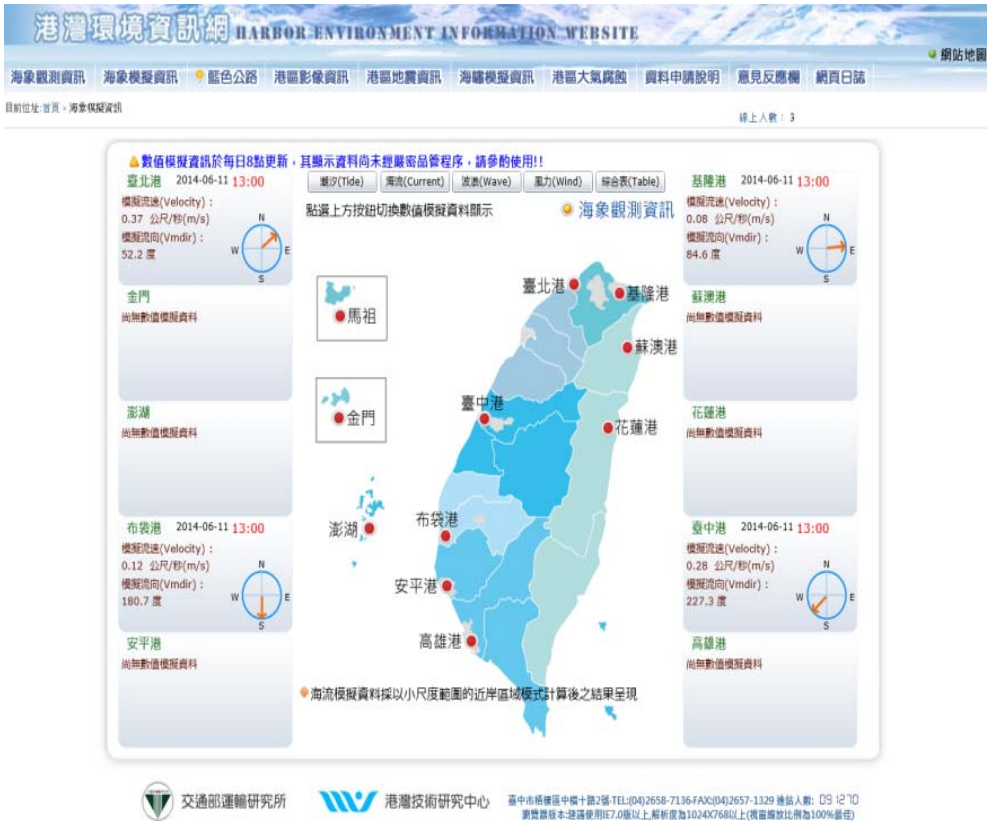


圖 6.62 海象模擬資訊-海流資料(小尺度)

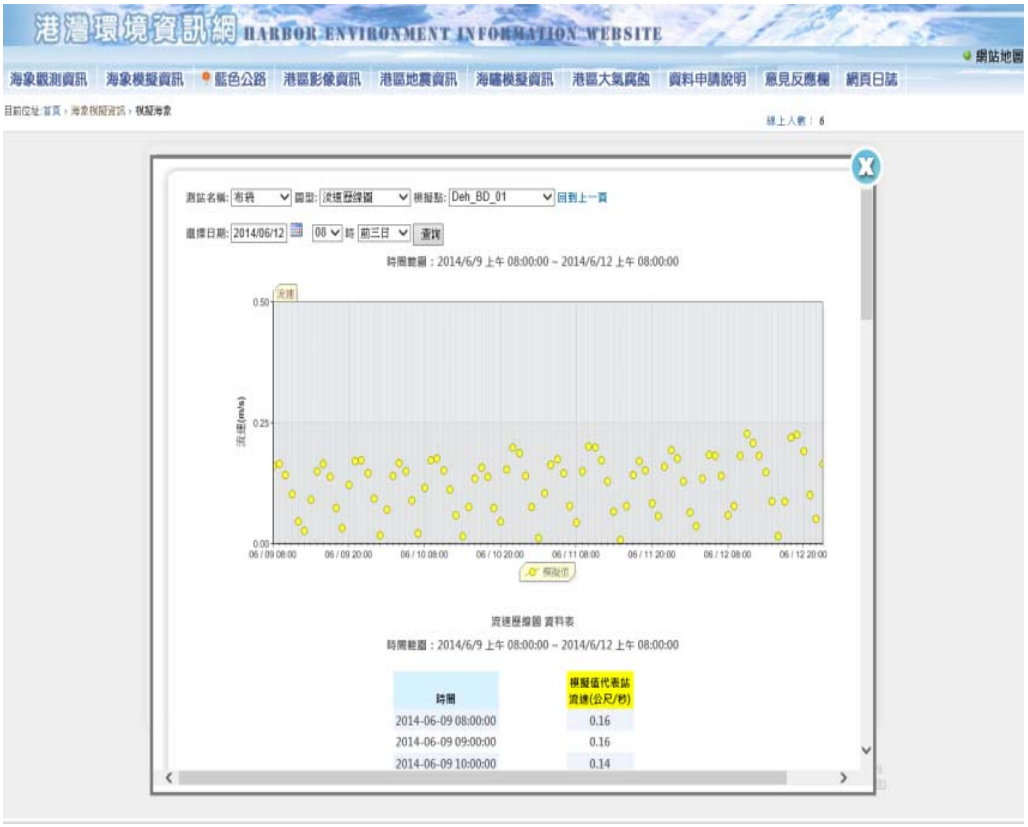


圖 6.63 海象模擬資訊-布袋港(小尺度/海流資料)

6.5 藍色公路

本項研究內容與工作項目為：

- 藍色公路新增與維護
- 航班到達目的地時間(ETA)推算
- 郵輪航線納入藍色公路可行性評估

6.5.1 藍色公路新增與維護

102 年度計畫研究計畫重要工作重點之一將 AIS 資料納入港灣環境資料庫中之可行性評估及資料傳輸控制相關作業介面系統規劃，並以港灣環境資訊網為基礎整合船舶動態辨識系統資訊納入至港灣環境資訊網之藍色公路網頁中，其提供航路之數值模擬資訊以及船舶動態資訊；相關介接作業程序如下圖 6.64 船舶動態辨識系統網路架構圖所示，每日採自動化的作業方式，將相關資訊匯入海情資料庫，AIS 資料如下

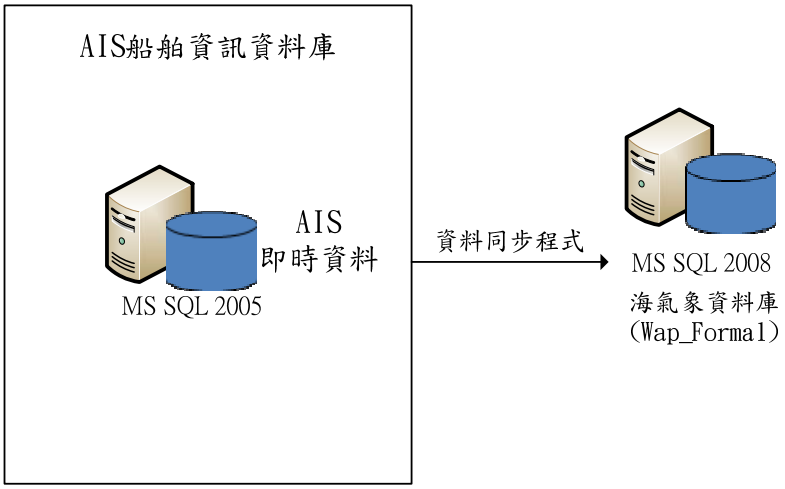


圖 6.64 船舶動態辨識系統網路架構圖

表 6-16 AIS 資料表

Field	Description
IMO_Number	（IMO Number）國際海事組織編號
Call_Sign	（Call Sign）呼號
ShipName	船名
MMSI	（MMSI, Maritime Mobile Service Identities Code）水上行動業務識別碼
Navigation_Status	（Navigation status）航行狀態
ROT	（Rate of Turn，ROT）迴轉率
SOG	（Speed Over Ground，SOG）航速
Position_Accuracy	（Position accuracy）位置準確度
Longitude	經度
Latitude	緯度
COG	（Course Over Ground，COG）航向
True_Heading	真航向
Time_Stamp	時間標記
Communication_State	
Ship_and_Cargo_Type	（Type of ship）船舶類型
Reference_Position_A	A+B = 船長
Reference_Position_B	
Reference_Position_C	C+D = 船寬
Reference_Position_D	
Fixing_Device	（Position system）定位設備
ETA	（Estimated Time of Arrival，ETA）預估到達時間
Max_Draught	船舶最大吃水深度
Destination	目的地點
DTE	資料終端機設備
Record_Time	此筆紀錄接收時間
Gross_Tonnage	總噸位



船名	MMSI	經度	緯度	預估到達時間(ETA)	目的地	記錄接收時間
KUO WEI	416454000	121.7571	25.14328	2013-06-10 07:00:00	TAICHUNG	2013-06-10 17:24:44
TAI MA ...	416100050	121.6107	25.38331	2013-06-10 18:15:00	KEELUNG	2013-06-10 17:24:46
C.POLARIS ...	440840000	120.5858	24.83757	2013-06-14 02:00:00	YANTAI CHINA ...	2013-06-10 17:24:46
GOLD SAND	355961000	121.3899	25.15527	2013-06-10 06:30:00	TAIPEI	2013-06-10 17:24:48
KANG PING ...	477102400	121.3404	25.16938	2013-06-10 23:00:00	TAICHUNG ...	2013-06-10 17:24:50
GENCO CO...	477046700	121.1154	21.83427	2000-06-14 12:00:00	TIANJIN	2013-06-10 17:24:50
GOLDEN AR...	352446000	121.492	25.46952	2013-06-10 11:00:00	TW TAIPEI	2013-06-10 17:24:50
MINFUDING...	0	119.9139	26.22655	2013-09-13 10:51:00	DALIAN	2013-06-10 17:24:50
TA HWA	416004505	181	91	2013-06-09 23:00:00	TAIPEI	2013-06-10 17:24:51
SYNERGY Q...	636014529	121.2252	21.98982	2013-05-04 15:00:00	SINGAPORE ...	2013-06-10 17:24:51
LI HUA	370544000	121.7495	25.1541		KEELUNG	2013-06-10 17:24:52
NAUTICAST	1193046	121.7775	25.15005	2013-10-13 12:31:00	CASABLANCA	2013-06-10 17:24:53
CENTURY S...	355608000	121.2314	25.2056	2013-06-11 21:00:00	HK HKG	2013-06-10 17:24:53
EVER GOOD...	416003952	121.3689	25.15953	2013-06-07 00:30:00	TAIPEI	2013-06-10 17:24:53
GREAT HAR...	477240800	121.0662	21.78242	2000-06-14 00:00:00	HADONG	2013-06-10 17:24:54
XING HUA	372269000	121.7166	25.25137	2013-06-11 12:00:00	XIA MEN	2013-06-10 17:24:54
SKY 401	416433000	121.3916	25.15351	2013-10-22 08:00:00	TAIPEI	2013-06-10 17:24:54
YELLOW M...	305646000	121.2351	25.32575	2013-06-11 00:00:00	KAOHSIUNG ...	2013-06-10 17:24:55

圖 6.65 船舶動態資料(AIS)匯入程式

本年度以港灣環境資訊網為基礎整合船舶動態辨識系統資訊納入至港灣環境資訊網之藍色公路網頁中，目前已可以提供海氣象數值模擬預報如下所示及 AIS 船舶動態資訊如下圖 6.66 藍色公路海氣象數值模擬預報(以布袋至馬公航段-風向為例)、圖 6.67 藍色公路 AIS 船舶動態資訊(以布袋至馬公滿天星 2 號為例)所示。



圖 6.66 藍色公路海氣象數值模擬預報(以布袋至馬公航段-風向為例)

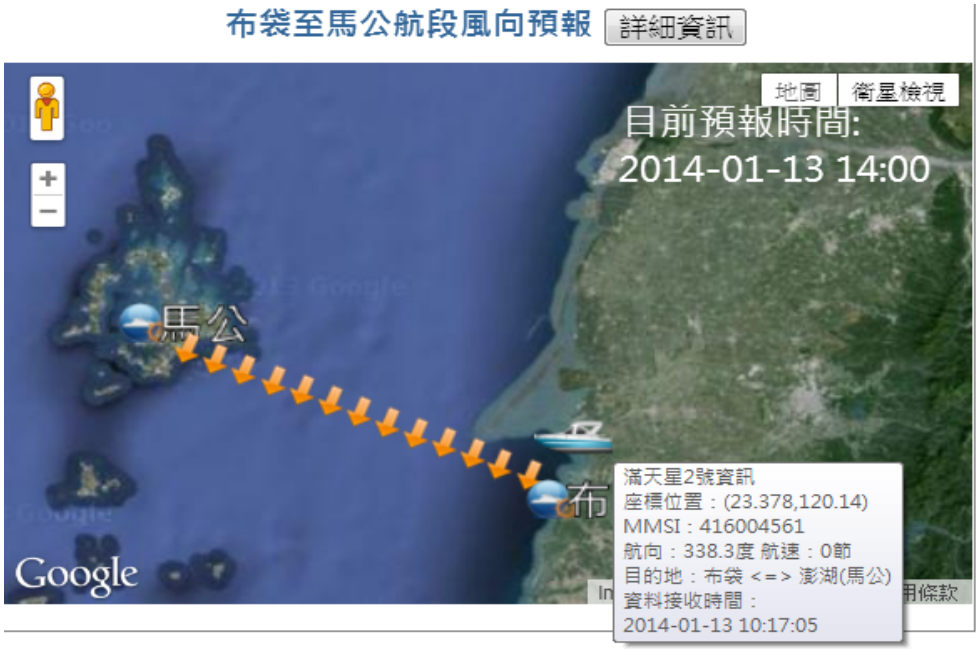


圖 6.67 藍色公路 AIS 船舶動態資訊(以布袋至馬公滿天星 2 號為例)

港灣環境資訊網目前已建置基隆-馬祖(北竿)、臺中-馬公、臺中-平潭、布袋-馬公、高雄-馬公、東港-小琉球、基隆-花蓮以及臺東-綠島-蘭嶼、臺東-蘭嶼和墾丁-蘭嶼之藍色公路航段。

提供海氣象資訊包含風速、風向、波高以及波向，同時進行納入船舶自動辨識系統資訊,加值應用於港灣環境資訊網之藍色公路航段，

於當初規劃藍色公路之架構時，即採用動態擴充的方式設計，以因應未來增加航線之需，因此今年度已陸續新增基隆-平潭、基隆-台州、臺北-平潭以及臺中-廈門四條航線，迄今共計完成14條藍色公路航線，如圖6.68~圖6.72所示。



圖 6.68 港灣環境資訊網之 14 條藍色公路航線



圖 6.69 藍色公路(基隆至平潭)

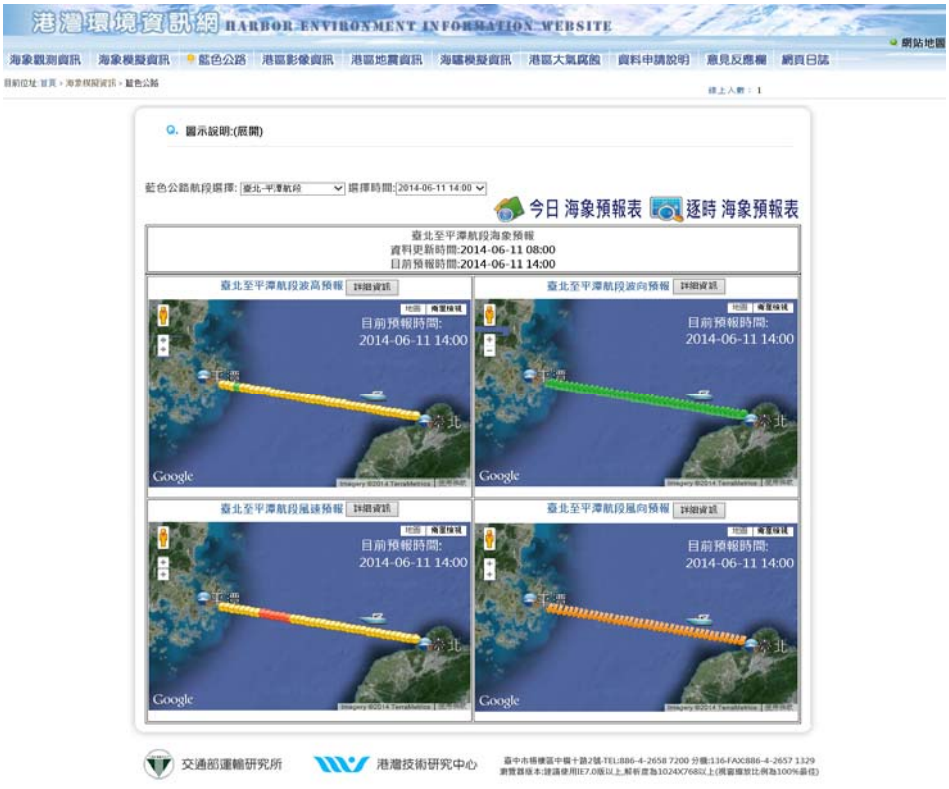


圖 6.70 藍色公路(臺北至平潭)



圖 6.71 藍色公路(基隆至台州)

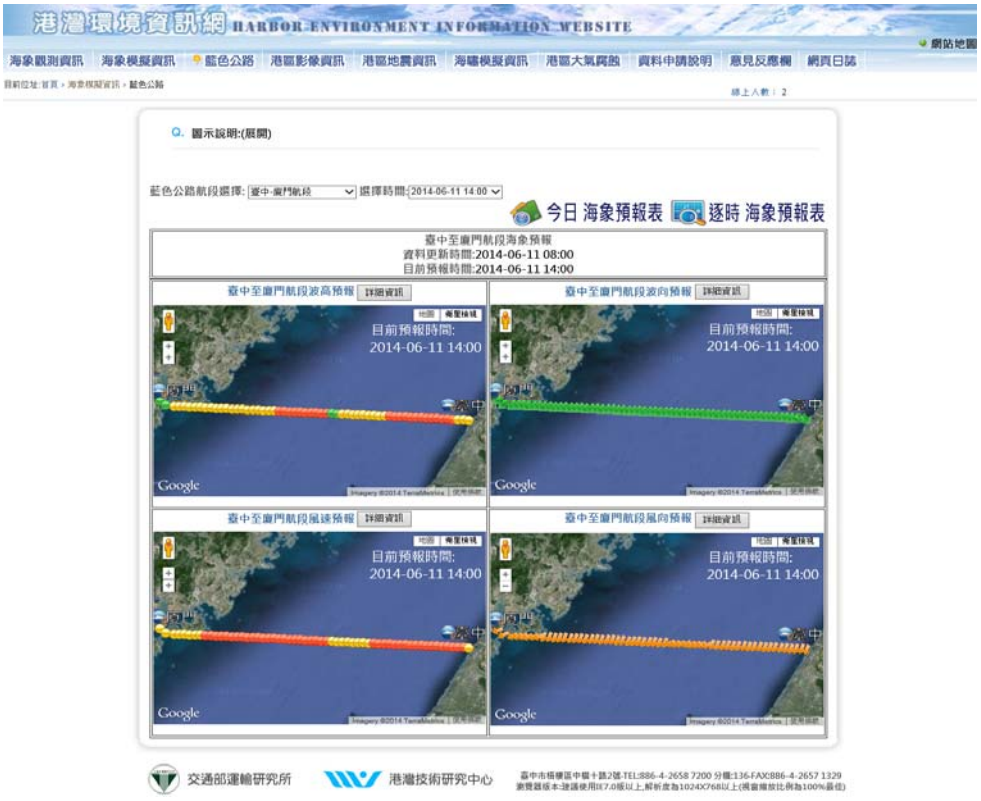


圖 6.72 藍色公路(臺中至廈門)

6.5.2 航班到達目的地時間(ETA)推算

於AIS船舶動態資訊中ETA（Estimated Time of Arrival），ETA預估到達時間資訊目前是由船舶航商自行提供,目前此ETA資訊提供有時沒有或不準確如下表6-17 ETA（Estimated Time of Arrival）資料表所示，為提供藍色公路使用者更佳的便利性與實用性，103年度已進行固定航班預估到達時間資訊時間推算的技術評估之說明如下:

1. 透過 Google Map 地圖確定起始與目的地座標。
2. 透過 AIS 提供航行航班 GPS 座標。
3. 利用 Google Map 地圖計算目前位置跟目的位置的距離，以 AIS 接收時間做一次定位，藉以計算推估移動速度。
4. 測出推估移動速度後，根據目前位置到目標位置的距離，計算預估到達時間。
5. 每次定位的同時，再根據新座標重新計算移動速度，以避免因為航行有快有慢而造成的時間計算推估誤差太大。

表 6-17 ETA（Estimated Time of Arrival）資料表

IMO_Number	ShipName	MMSI	Navigational_Status	SOG	Longitude	Latitude	COG	Communication_State	Ship_and_Cargo_Type	ETA	Destination	Record_Time
9158850	WAN HAI 165	565128000	0	2.6	120.323	22.555	101.3	170	70	01 14 2014 3:00PM	HK HKG	2014-01-13 15:06:53
9586693	K.AMBER	354183000	0	11.4	120.796	21.532	227	12	70	01 18 2000 11:00AM	SINGAPORE	2014-01-13 00:37:18
0	JIANG XIN 8	413696610	0	9.1	120.581	26.958	42.8	65	70	01 15 2014 7:00PM	QING DAO	2014-01-13 08:06:25
9130535	UNI-ACCORD	477406000	5	0	120.514	24.271	211	895	74	01 12 2014 6:30AM	TW TPE	2014-01-13 11:17:26
9010046	THAILINE 2	533513000	0	6.2	121.916	25.658	347.8	1	70	01 13 2014 6:00PM	JP HKT	2014-01-13 13:17:16
9317298	BW EMPRESS	235098017	0	15.4	120.472	21.676	270	14	82	01 17 2000 8:00AM	SINGAPORE	2014-01-13 11:17:55
9007207	INDISUN I	312435000	0	5	119.925	22.966	8	32	80	01 14 2014 3:00PM	CHINA	2014-01-13 13:28:20
8025848	ASIA CEMENT N...	416122000	5	0	121.744	25.14	346	32	70	01 13 2014 6:00AM	KEELUNG	2014-01-13 10:46:54
9601259	CHENG LU 28	413442370	0	9.3	120.505	24.912	230.9	61	70	01 3 2014 8:00AM	TAIPEI	2014-01-13 01:36:44
9445239	GOLDEN SHOW...	370376000	0	11.9	119.065	23.974	233	17	70	01 15 2014 12:00PM	>CN HAK	2014-01-13 10:18:01
7638985	GOLD SAND	355961000	5	0	121.39	25.155	96.9	44	70	01 11 2014 11:30PM	TAIPEI	2014-01-13 14:47:36
9058593	JIN SHING NO.16	373939000	5	0	121.387	25.157	288.4	55	80	09 2 2014 6:40PM	TAICHUNG	2014-01-13 14:38:14
9675030	GLORY FORWAR...	563299000	5	0	120.284	22.611	181.6	3018	70	01 11 2014 7:00AM	KAOHSIUNG	2014-01-13 14:26:31
9633836	AMP CRYSTAL	477435800	0	8.8	122.189	24.357	21.7	32	70	01 16 2034 9:00AM	KOREA ONSAN	2014-01-13 03:16:34
9482847	KONSTANTIN JA...	636092135	1	0.1	120.237	22.583	202	186	89	09 1 2014 7:00AM	KAO-HSIUNG	2014-01-13 14:57:03
7913103	SW.2	457782000	0	7.4	120.076	22.784	330	24	80	01 12 2014 9:00PM	KAOHSIUNG	2014-01-13 15:06:51
9591337	RTM ZHENG HE	235091123	0	10.5	121.805	23.091	203.3	10	70	01 23 2034 12:00AM	DAMPIER	2014-01-13 03:58:02
9118434	OCEAN BEAUTY	356897000	0	10	120.692	21.515	223.4	13	70	01 19 2000 4:00AM	SPORE EBGA	2014-01-13 02:27:51
7640263	SALVAGE CHALL...	376115000	5	0	120.282	22.603	79.3	182	52	10 11 2014 4:30PM	KAOHSIUNG	2014-01-13 14:38:35
0	JIUH CHI	416298000	0	0	121.637	24.001	104	24	70	01 13 2034 3:00AM	HUALIEN	2014-01-13 15:06:14

固定航班預估到達時間資訊時間推算會先以AIS資訊所提供的ETA時間為主，透過檢覈船舶業者所提供之資料，進一步擬定相關之預估到達時間資訊推估機制，如下圖6.73 固定航班預估到達時間資訊推算流程圖所示：

STEP1 確認 AIS 所提供之 ETA 資訊是否正確：依照航速>0 以及航行狀態為行駛之情況下，如果 ETA 的資訊是正確的，則於網頁上直接顯示到達時間資訊；不正確的話，啟動 STEP2。

STEP2 預估到達時間資訊推算方式：1.計算由 AIS 所提供的目前經緯

度位置與目的地位置之距離，再除以航速來取得預估到達時間。2.預估到達時間：目前資料接收時間+推算時間。

STEP3 比對所推算的時間是否小於航班正常行駛時間：如果是小於就以航班正常行駛時間做顯示；反之，呈現 STEP2 推算的時間。

*航班正常行駛：依照航速>0 以及航行狀態為行駛之情況下，提供第一筆資料接收時間+航班正常行駛時間。

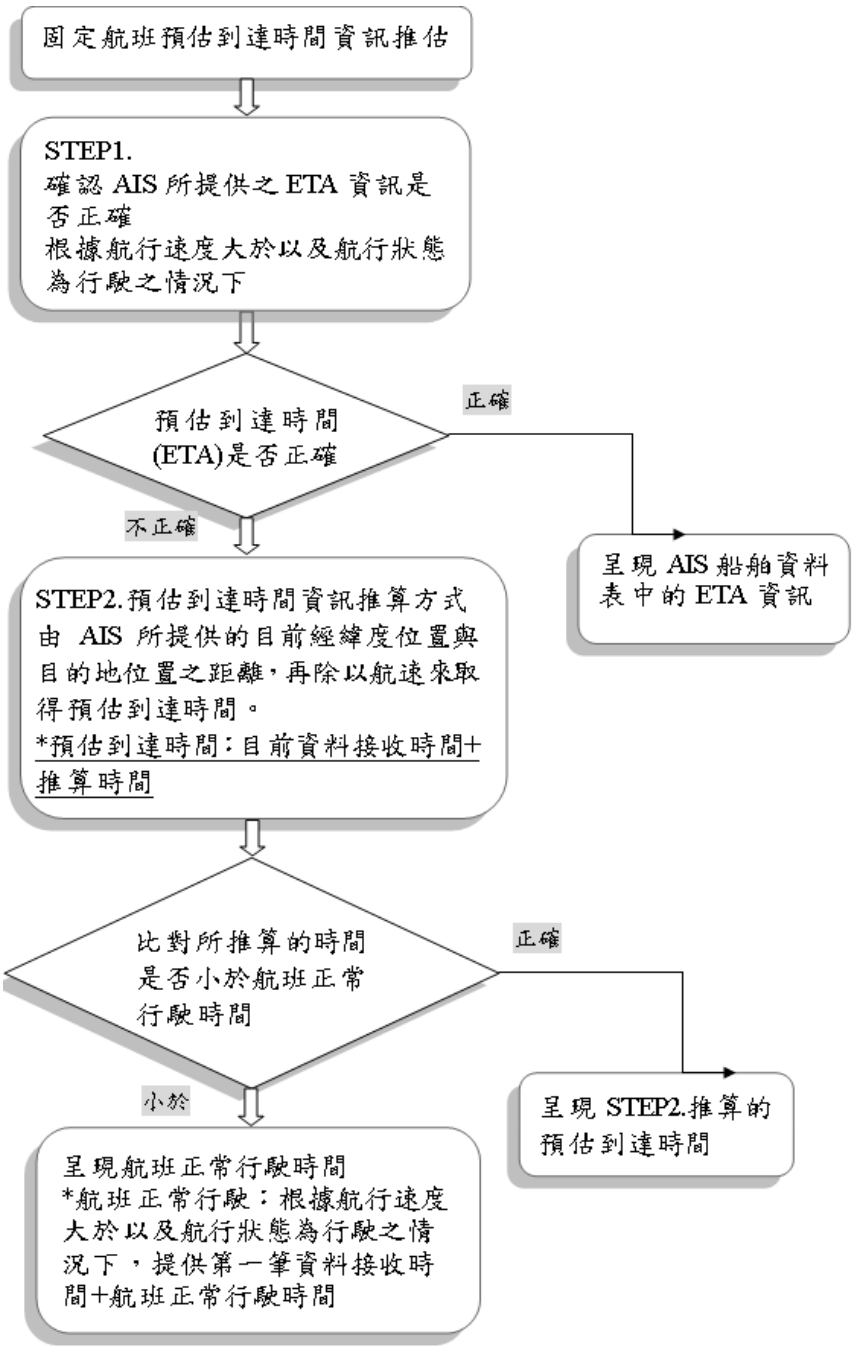


圖 6.73 固定航班預估到達時間資訊推算流程圖

目前已完成將預估到達時間套用至藍色公路有固定航班行駛之基隆-南竿、高雄-馬公、布袋-馬公、蘇澳-花蓮以及臺中-平潭、臺北-平潭航線中，如下圖6.74 藍色公路ETA預估到達時間-以基隆至南竿航線為例。因此如何能運用有效評估方式，同時也需考量到船舶行進速度以及天候狀況等等因素，進而擬定相關預估到達時間機制，期許可準確地推估船舶預定抵達目的地的時間,並即時顯示於藍色公路航線中，提供給使用者作為參考之依據，除對於使用者有極大助益外，進而可改善運輸系統之服務水準。

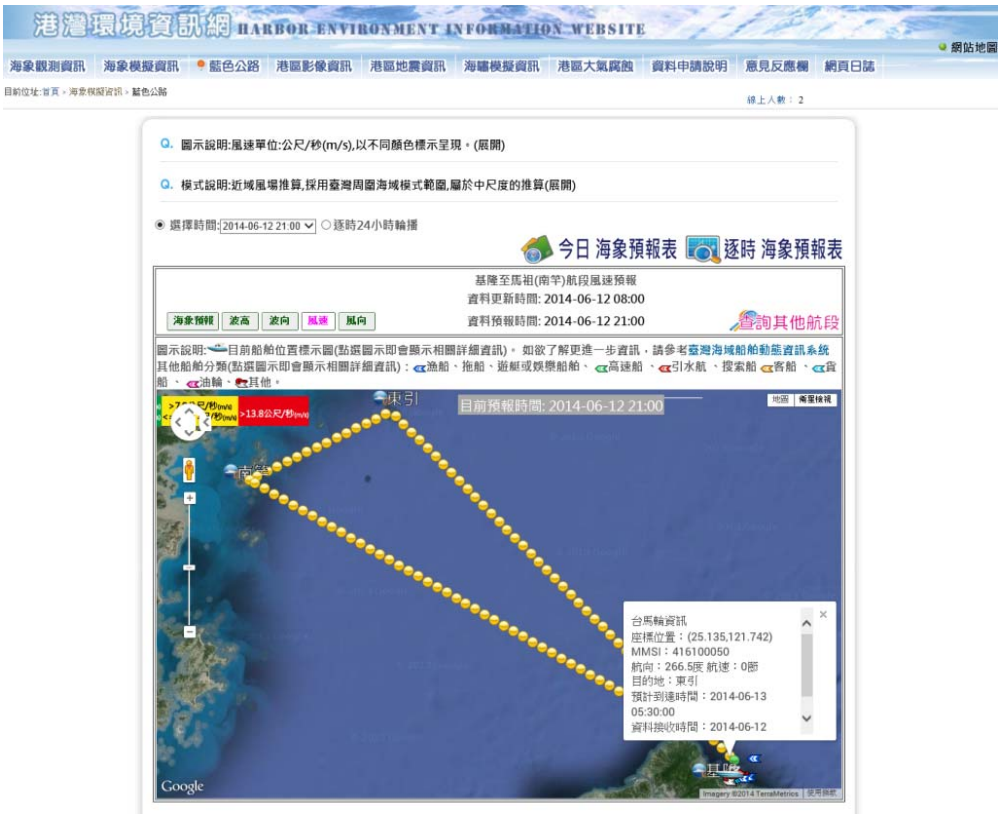


圖 6.74 藍色公路 ETA 預估到達時間-以基隆至南竿航線為例

6.5.3 郵輪航線納入藍色公路可行性評估

近年來臺灣郵輪觀光市場發展蓬勃，其海上航行安全是旅客與業者非常關切的重要因素，因此海氣象資訊之提供，對於船舶航行與海域作業活動而言是極重要的環節。今年度試作將郵輪航線(ex.麗星郵輪

旗下包含處女星號、寶瓶星號、雙魚星號及天秤星號等)加入藍色公路之可行性評估。

由於郵輪的航行軌跡並無固定，因此需進一步確認AIS接收站與數值模擬所涵蓋之範圍，針對共同所涵蓋之區域，試作提供中尺度之風力(風速、風向)和波浪(波高、波向)資訊，並配合船舶辨識系統所提供的經緯度資訊，展示呈現郵輪目前位置之附近海氣象資訊以及航行軌跡。

交通部運輸研究所港研中心建置的AIS接收站，包含臺北港、臺中港、高雄港、蘇澳港、花蓮港、外埔漁港、布袋港、屏東貓鼻頭等本島9站及澎湖馬公、澎湖吉貝嶼、馬祖壁山、金門水頭、蘭嶼開元等5站，共計完成14處A，如下圖6.75 臺灣海域AIS 接收站設置地點所示。AIS訊息的傳遞與接收皆採用甚高頻(Very High Frequency, VHF)天線來收發訊號，一般而言，系統的接收距離為50海哩(約92.2公里)，但VHF實際接收範圍狀況可能會因發射功率、海面或天候狀況以及天線高度會因地形與天氣而改變。

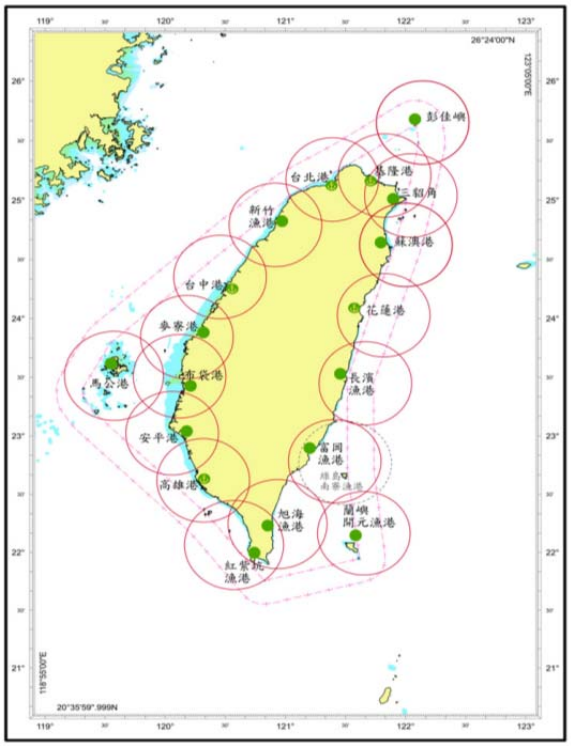


圖 6.75 臺灣海域 AIS 接收站設置地點

透過臺灣海域船舶動態資訊系統網頁查詢，其船舶的 AIS 接收範圍大多數的船舶都分佈於臺灣的西部沿海區塊；而數值模擬計算作業之部分，採用 WRF 模式-WA02 與 SWAN 模式之網格範圍；透過工作會議提出評估試作，針對 AIS 接收範圍與數值模擬網格，這兩者共同所涵蓋之區域，如下圖 6.76 臺灣船舶動態系統網頁(2014/06/13 查詢畫面)所示。

郵輪的航行方式有別於固定航線軌跡的客輪，最普遍的方式是採用繞圈方式行駛，如下圖 6.77 麗星郵輪(寶瓶星)航行路線軌跡所示，因此，展示系統之功能開發，需配合船舶動態資訊系統所接收到的 AIS 相關資訊，將郵輪航行軌跡、即時之座標位置與海氣象數值模擬資訊，如下圖 6.78 數值模擬計算網格圖(WA03、SWAN)、圖 6.79 AIS 接收範圍與數值模擬兩者共同所涵蓋之區域所示整合呈現於網頁中，以 2014/06/11 基隆-石垣島-基隆航線為例，如下圖 6.80 麗星郵輪(寶瓶星)-航舶動態+海氣象波高模擬資訊、圖 6.81 麗星郵輪(寶瓶星)-航舶動態+海氣象波向模擬資訊及圖 6.82 麗星郵輪(寶瓶星)-航舶動態+海氣象風速模擬資訊

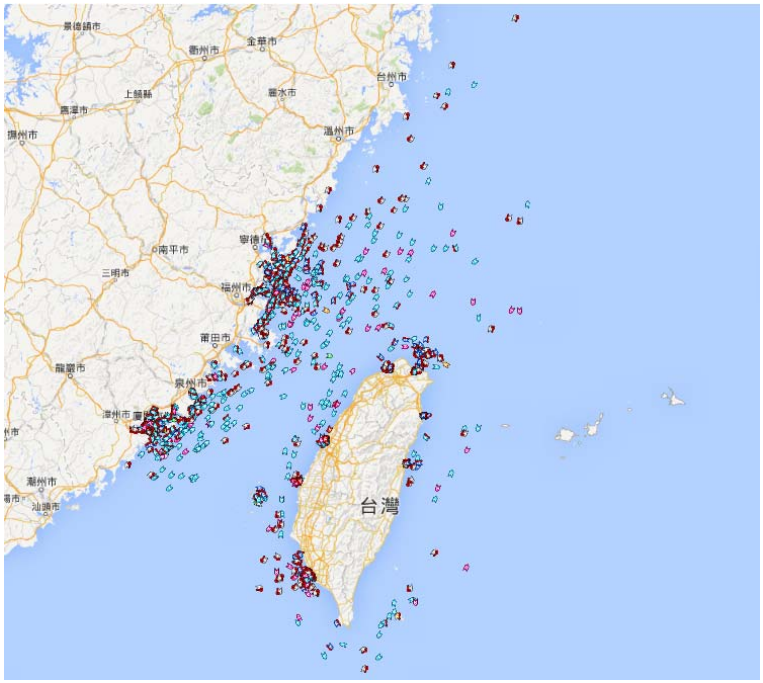


圖 6.76 臺灣船舶動態系統網頁(2014/06/13 查詢畫面)



圖 6.77 麗星郵輪(寶瓶星)航行路線軌跡

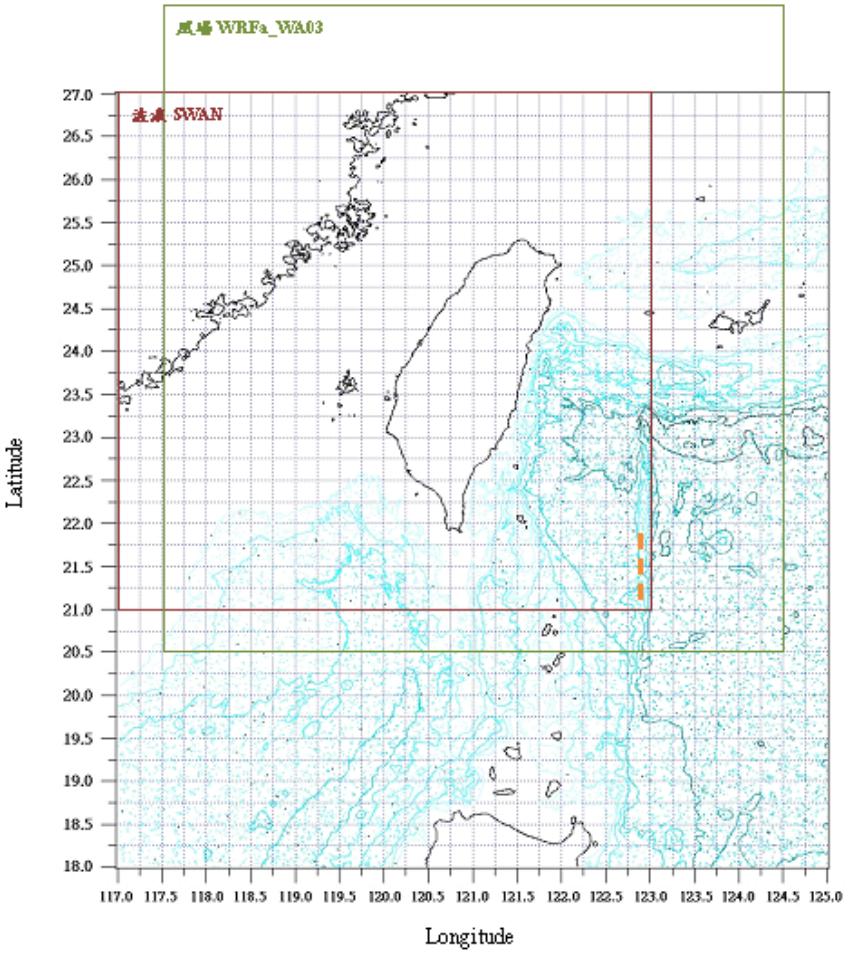


圖 6.78 數值模擬計算網格圖(WA03、SWAN)

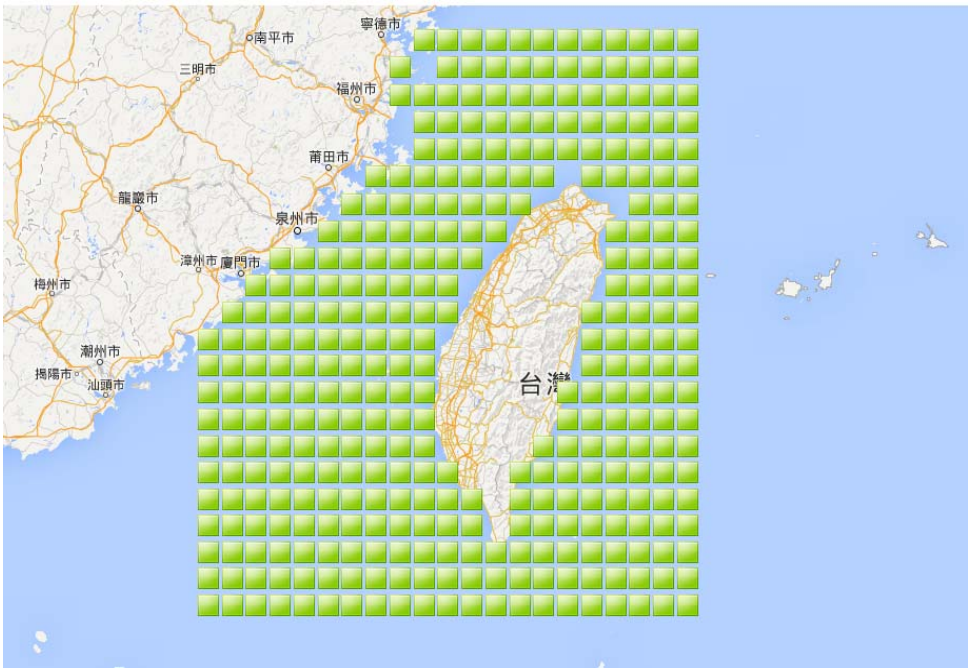


圖 6.79 AIS 接收範圍與數值模擬兩者共同所涵蓋之區域

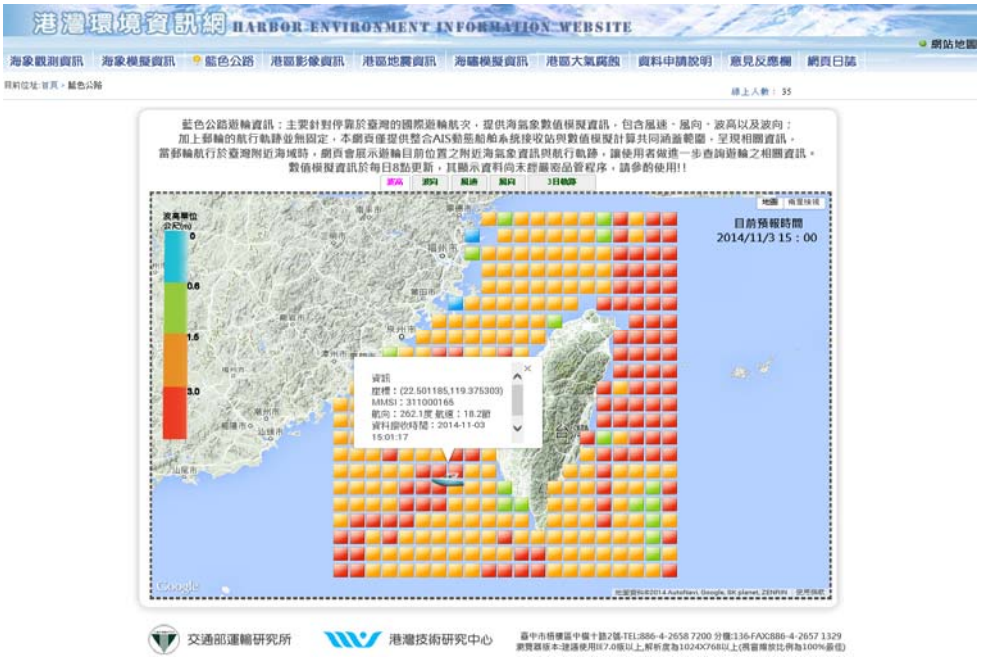


圖 6.80 麗星郵輪(寶瓶星)-航舶動態+海氣象波高模擬資訊



圖 6.81 麗星郵輪(寶瓶星)-航舶動態+海氣象波向模擬資訊

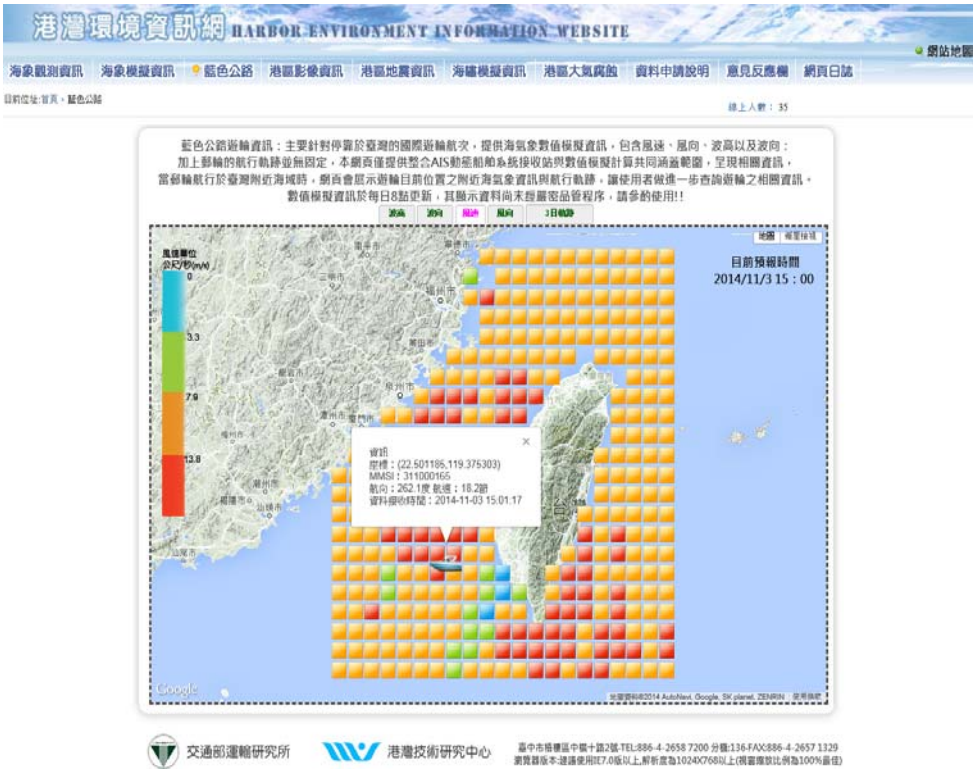


圖 6.82 麗星郵輪(寶瓶星)-航舶動態+海氣象風速模擬資訊



圖 6.83 麗星郵輪(寶瓶星)-航舶動態+海氣象風向模擬資訊

由於郵輪的航程時間都有固定航班，但不定期的停靠於臺灣的港口，因此港灣環境資訊網也有提供最近3日的軌跡資訊給使用者參考，如下圖6.84 麗星郵輪(寶瓶星)-航舶最近三日內的航行軌跡所示。

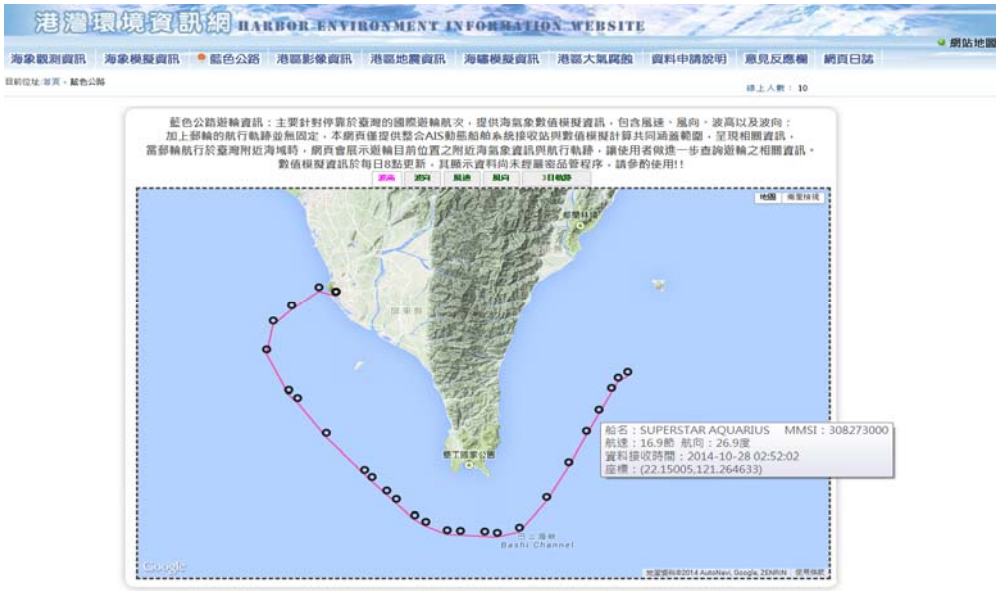


圖 6.84 麗星郵輪(寶瓶星)-航舶最近三日內的航行軌跡
（時間區間 10/27 17:32~ 10/28 03:32）

6.6 港區影像系統

本項研究內容與工作項目為：

- 港區即時影像監視及傳輸通訊系統維護
- 新增設之港口即時影像予以介接展示
- 即時影像長時間(含夜間)拍攝之影像成效評估

6.6.1持續港區即時影像監視及傳輸通訊系統維護

一、現有即時影像監視及傳輸架構說明如下圖 6.85 即時影像監視及傳輸架構所示：

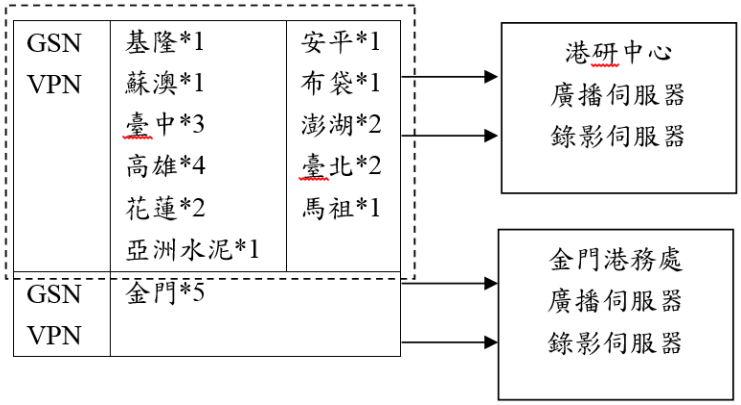


圖 6.85 即時影像監視及傳輸架構

*基隆、蘇澳、花蓮、亞洲水泥、臺中、高雄由港研中心第三科維護管理。

*臺北、安平、中山大學、澎湖、金門由港研中心第二科維護管理。

二、傳輸頻寬說明

目前傳輸頻寬為 5M 光纖網路。

三、系統使用現況說明，如下表 6-18 即時影像監視及傳輸使用現況表所示：

表 6-18 即時影像監視及傳輸使用現況表

港區位置	型號	傳輸方式	使用現況/說明
臺中	AXIS214	VPN	正常
	AXISP5522	VPN	正常
	AXISP5522	VPN	正常
高雄	AXIS214	VPN	正常

	AXIS214	VPN	正常
	AXISP5522	VPN	正常
	BE3215P	VPN	正常
花蓮	AXIS214	VPN	正常
	AXIS214	VPN	正常
	AXIS214	VPN	正常
基隆	AXIS214	VPN	正常
蘇澳	AXIS214	VPN	正常
澎湖	AXIS233	VPN	正常
	AXIS233	VPN	正常
安平	AXIS233	VPN	正常
布袋	AXIS233	VPN	正常
臺北	AV8185	VPN	正常
	AXISQ6034	VPN	正常
金門	AXISQ6045	VPN	正常
	AXISQ6045	VPN	正常
	AXIS P1922	VPN	正常
	AXISQ6045	VPN	正常
	AXISQ6045	VPN	正常
馬祖	AXIS Q6032	VPN	正常

6.6.2新增設之港口即時影像予以介接

一、廣播系統說明

現有即時影像系統說明，如下圖 6.86 廣播系統與攝影機狀況圖所示:

總錄影中攝影機數量	24 支
每秒圖框數總和	40.8 fps
即時輸入頻寬	4.14 Mbit/sec
系統即時負載 (1 / 5 / 15 mins)	15.6% (0.85 / 1.36 / 1.30)
實際記憶體	99.42 % 4027.57 MByte(已使用) + 23.55 MByte(剩餘) = 4051.12 MByte(全部)
SWAP記憶體	0.02 % 0.32 MByte(已使用) + 2047.68 MByte(剩餘) = 2047.99 MByte(全部)
CPU資訊	處理器：4 個 型號：Intel(R) Xeon(R) CPU E5345 @ 2.33GHz cache：4096 KB
eth0網路串流總量	RX 3128.86 Gb / TX 1161.99 Gb / ERROR 0.00 kb
eth1網路串流總量	RX 0.00 kb / TX 0.00 kb / ERROR 0.00 kb
系統啟動時間	2014/06/09 11:53:51

圖 6.86 廣播系統與攝影機狀況圖

二、影像儲存狀況，如下圖 6.87 廣播系統儲存硬碟使用狀況圖所示：

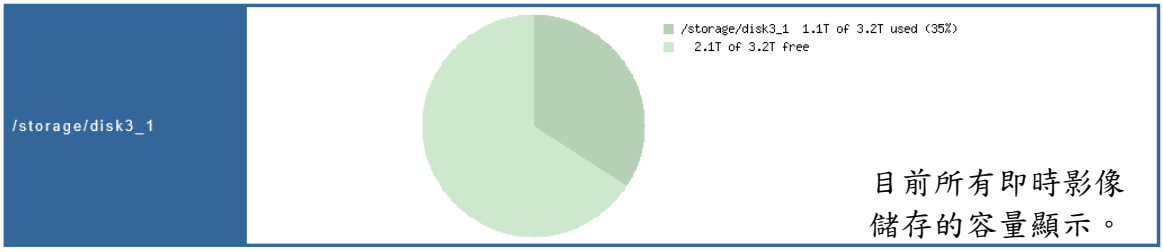


圖 6.87 廣播系統儲存硬碟使用狀況圖

三、攝影機相關傳輸狀況說明，如下表 6-19 攝影機相關傳輸狀況說明表所示：

表 6-19 攝影機相關傳輸狀況說明表

目前廣播系統已納入攝影機有 24 支 所有即時影像儲存總容量為 3.2T					
港區 位置	型號	攝影機位置	傳輸 張數	錄影天數 (儲存期限)	備 註
臺中港	AXIS214	遠東倉儲 (24.287638,120.522627)	4fbps	30 天	
	AXIS214	高美燈塔 (24.312548,120.551165)	3fps	30 天	
	AXISP5522	遠東倉儲 (24.287638,120.522627)	1fps	7 天	
高雄港	AXIS214	第一 VTS (22.619937,120.268009)	6fbps	30 天	
	AXIS214	第二 VTS (22.553918,120.315201)	6fbps	30 天	
	AXISP5522	第二 VTS 迴船池 (22.553918,120.315201)	4fbps	30 天	
	BE3215P	第二 VTS 迴船池 (22.553918,120.315201)	2fbps	14 天	
花蓮港	AXIS214	西防波堤 (23.976300,121.624392)	4fbps	30 天	
	AXIS214	西防波堤燈塔 (23.973437,121.626617	4fbps	30 天	
	AXIS214	亞洲水泥 (24.001240,121.637014)	4fbps	30 天	
基隆港	AXIS214	VTS (25.159532,121.75752)	6fbps	30 天	
蘇澳港	AXIS214	VTS (24.585551,121.873154)	1fbps	30 天	
澎湖	AXIS233	馬公港港務大樓	2fbps	30 天	

		(23.562861,119.564204)			
	AXIS233	龍門尖山 (23.562099, 119.667699)	1fbps	7 天	
安平港	AXIS233	VTS (22.99146,120.14691)	2fbps	30 天	
布袋港	AXIS233	旅客中心 (23.37915, 120.1385)	1fbps	7 天	
臺北港	AV8185	港務大樓 (25° 9'3.07", 121°23'26.84")	1fbps	14 天	
	AXISQ6034	港務大樓 (25° 9'3.07", 121°23'26.84")	1fbps	7 天	
	AXIS233D	外海觀測樁	1fbps	14 天	
金門	AXISQ6045	水頭商港 (24°24'55.52",118°17'12.90")	1fbps	7 天	
	AXISQ6045	九宮商港 (24.4256,118.2634)	3fbps	14 天	新增
	AXIS P1922	水頭商港 (24°24'55.52",118°17'12.90")	3fbps	14 天	新增
	AXISQ6045	料羅商港 (24.4080,118.4292)	3fbps	14 天	新增
	AXISQ6045	料羅商港 (24.4080,118.4292)	3fbps	14 天	新增
馬祖	AXISQ6032	福沃港	1fbps	7 天	新增

金門之即時影像存取有別於其他港口的介接方式，其他港口是直接透過GSN-VPN的方式，將影像傳回港研中心的錄影廣播系統；而金門的部分，是直接透過金門港務處的網路，將水頭、九宮以及料羅之影像傳回至港務處的錄影廣播系統，因此港灣環境資訊網透過網頁服務 的方式，介接相關的即時影像提供到網頁中給使用者瀏覽查詢，如下圖6.89 即時影像系統(金門水頭碼頭-1)、圖6.90 即時影像系統(金門水頭碼頭-2)、圖6.91 即時影像系統(金門料羅-1)、圖6.92 即時影像系統(金門料羅-2)所示。



圖 6.88 即時影像系統(金門九宮碼頭)



圖 6.89 即時影像系統(金門水頭碼頭-1)



圖 6.90 即時影像系統(金門水頭碼頭-2)



圖 6.91 即時影像系統(金門料羅-1)



圖 6.92 即時影像系統(金門料羅-2)

6.6.3即時影像長時間(含夜間)拍攝之影像成效評估

影像監控系統一般需求為提供重要地點之影像畫面監視，供監控人員作事件確認及啟動必要應變措施，並可提供網路進行查詢、多媒體資訊播放或其他加值服務等。因此在設計佈設影像監控系統位置區域時須考量涵蓋之目標影像區域大小、操作維護簡易性及影像資訊發布等功能。

「港灣環境資訊網」目前所使用之攝影機為AXIS產品系列及PTZ SpeedDome 攝影機等，為一般型網路攝影機及紅外線IR攝影機(BE3215P)，港灣環境資訊網即時影像目前受限於安裝位置及攝影機種等僅能提供日間港區影像資訊，因應使用者之需求與攝影機之技術精進，即時影像長時間(含夜間)拍攝之影像成效評估，概略之說明如下:

1. 一般攝影機概略可分為傳統、紅外線及熱顯影像，攝影機種之評估比較以海氣象觀測特性與港灣環境資訊網之影像提供分享為主，並且依據安裝之位置進行相關之評估比較，如下圖 6.93 傳統、紅外線及熱顯影像為一般用、紅外線及紅外線熱顯影像比較圖。



圖 6.93 傳統、紅外線及熱顯影像比較圖

2. 除上述之攝影機種之評估比較外，於 2014/4/15 專案會議中亦已初步蒐集商業攝影機之產品討論與影像展示，如下圖 6.94 一般攝影機與熱影像儀+低照度攝影機比較所示。



圖 6.94 一般攝影機與熱影像儀+低照度攝影機比較

經市場調查與產品分析即時影像長時間(含夜間)拍攝之影像需求後，以熱像儀攝影機較為適當。熱像儀攝影機是一種能夠探測極微小溫差的感測器，可以將溫差轉換成即時視訊影像進行顯示並且適用於夜視應用。不同解析度及相關應用實際影像圖如下圖6.95 熱顯影像攝影機解析度、圖6.96 熱顯影像攝影機效果(海岸與船行)、圖6.97熱顯影像攝影機效果(浮標)、圖6.98熱顯影像攝影機效果(防救災~人員落海)所示:



圖 6.95 熱顯影像攝影機解析度



圖 6.96 熱顯影像攝影機效果(海岸與船行)



圖 6.97 熱顯影像攝影機效果(浮標)



圖 6.98 熱顯影像攝影機效果(防救災~人員落海)

3. 港灣環境資訊網目前使用之即時影像系統為如下圖 6.99 **港灣環境資訊網目前使用之即時影像系統**所示，本項之技術可行性及功能評估進行如下：

(1)影像監看及錄影查詢調閱

(2)影像儲存

(3)影像管理

(4)資訊安全管理機制



圖 6.99 港灣環境資訊網目前使用之即時影像系統

目前錄影技術皆以數位化方式為主，影像錄存架構對於後續系統之養護維運及傳輸頻寬亦有相當影響，依現行技術，影像儲存、調閱架構主要可分為下列兩類：

1.前端分散式儲存:

前端攝影機之影像於現場利用數位錄影機直接壓縮後並立即錄存，同時將即時調閱之影像進行複製並回傳中心。若須調閱歷史影像時，再複製現場錄存檔案回傳中心儲存，以利進行分析。

2.後端集中式儲存:

影像於現場端壓縮後立即回傳，並於收容視訊之機房儲存，後續使用可直接於網路上調閱。前端分散式儲存與後端集中式儲存不同架構之使用特性及傳輸需求分析比較如下表 6-20 影像錄存架構方案特性及頻寬需求分析比較所示。

表 6-20 影像錄存架構方案特性及頻寬需求分析比較

	前端分散式儲存系	後端集中式儲存系統
佈設安裝方式	• 錄影設備佈設於前端現場，一般以多支攝影機共用一台錄影設備。 • 佈設地點分散，且現場體積大。	• 現場端僅設壓縮設備或採網路攝影機安裝簡易，錄影主機共同安裝集中於機房。
影像調閱能力	• 歷史影像以至現場直接複製取用為主，透過網路調閱為輔。	• 各工作站直接連至機房進行影像擷取調閱。 • 可同時服務多人多路同時存取。
設備安裝與管理維護	• 現場設備體積大，空間取得不易，增加施工難度。 • 錄影設備較不適戶外高熱、高濕之環境條件，故障率高，且不易管理維護。	• 錄影設備集中於機房，設備易管理、維護、安全性高，唯需尋找較大機房空間安裝設備。
延伸加值與應用能力	• 影像調閱不便，後端監視平台加值功能受限。 • 無法針對特定影像設定延長錄影時間，錄影容量不易擴充。	• 錄影設備可採用高性能伺服器，易於提供影像比對、加值應用。 • 易於擴充錄影設備及容量。 • 可針對特定攝影機延長錄影時間。
傳輸頻寬需求	• 由於即時影像經常以輪跳方式監控，故每一錄影設備僅需即時傳回一路影像之頻寬即可，相同頻寬可以得到最多之影像顯示張數。	• 所有影像需同時傳回機房，需要最大之頻寬，降低即時影像之每秒顯示張數。

3.分析建議:

應用於港灣等大區域監視監視環境,因攝影機主要皆設置於戶外，需考量設備抗天候及維護管理等因素,現場端架設錄影設備不易維護，可考量採用後端集中式儲存系統，以 NVR 架構集中式管理。(現階段港灣環境資訊網已採用後端集中式儲存系統方式管理)

另為節省標準平台之影像訊號頻寬，須予以適當壓縮，目前市場

上較常用之技術為 H.264、MPEG-4、MJPEG 等。不同影像壓縮技術對傳輸速率、儲存容量需求不同，如下表 6-21 不同影像壓縮技術對傳輸速率、儲存容量需求比較表比較表所示:

表 6-21 不同影像壓縮技術對傳輸速率、儲存容量需求比較表比較表

影像壓縮技術 / 特性	H.264		MPEG-4		M-JPEG	
	CIF	4CIF	CIF	4CIF	CIF	4CIF
傳輸速率(30FPS)	0.8Mbps	1Mbps	1.2Mbps	2Mbps	5Mbps	10Mbps
傳輸速率(FPS)	30Kbps	40Kbps	40Kbps	64Kbps	105Kbps	350Kbps
儲存容量/每幀	4KB	5KB	5KB	8KB	13KB	40KB
儲存容量/每天	10GB	13GB	13GB	21GB	35GB	100GB
壓縮率	200:1		150:1		10:1	

註:CIF:352X240 Pixels；4CIF:704X480 Pixels

一般專線頻寬,其每秒可傳送影像張數比較如下表6-22不同壓縮技術於租用電信專線之影像傳輸品質比較表所示。

表 6-22 不同壓縮技術於租用電信專線之影像傳輸品質比較表

影像壓縮技術 / 傳輸頻寬	H.264		MPEG-4		M-JPEG	
	CIF	4CIF	CIF	4CIF	CIF	4CIF
Leased Line (512K)	18FPS	13FPS	13FPS	7FPS	5FPS	1FPS
Leased Line (1M)	30FPS	26FPS	26FPS	16FPS	10FPS	2FPS
Leased Line (2M)	60FPS	52FPS	52FPS	32FPS	20FPS	4FPS

註:FPS：Frame/Sec

依上述分析比較建議，選用之幾項原則考量如下：

1.考量建立影像監視平台之各項分析需求，錄存之影像品質建議以4CIF以上為最佳。

2.H.264有最佳之壓縮率、頻寬、儲存容量要求皆較小，惟當影像傳輸於不穩定之頻寬網路時，易造成畫面模糊，故適合於自建之有線網路。

3.M-JPEG所需頻寬大，頻寬不穩定不影響其錄影品質，故適合於自建無線網路。

針對頻傳的網路攻擊、病毒感染、安全漏洞等問題，為此中華電線提供 GSN-VPN 服務，以建置各政府機關安全的網路環境。GSN VPN 網路架構如下圖6.100 GSN VPN網路架構圖所示:

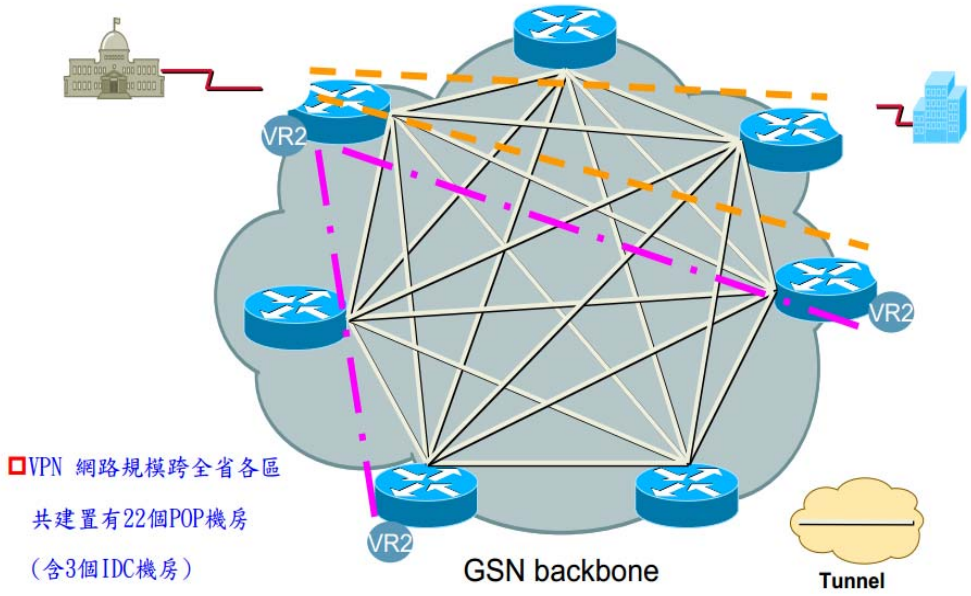


圖 6.100 GSN VPN 網路架構圖

基於頻寬使用的考量，GSN VPN 群組的主管機關以使用E1或T3或FTTB的方式連接GSN VPN為主。光纖到戶或稱光纖到府（Fiber To The Home，FTTH）是一種光纖通訊的傳輸方法，是直接把光纖接到用戶所需的地方，FTTH提供對稱頻寬（雙向 100M），非一般下載大上載小的不對稱頻寬，目前FTTH只提供一般用戶或企業，不提供政府機關或GSN VPN 申裝。

現階段港灣技術研究中心各科室各自建置申裝通訊網路於各港務單位至港灣技術研究中心端，進行相關資料的傳輸等，例如即時影像(基隆、蘇澳、花蓮、亞洲水泥、臺中、高雄由第三科維護管理；臺北、安平、中山大學、澎湖、金門由第二科維護管理)、海氣象即時觀測(第二科)、地震速報等(第一科)；基於港灣技術研究中心整體使用頻寬之考量與建議整併頻寬線路，透過時間差之批次進行資料傳輸作業，以達到更即時性與全面性的資料傳輸應用。

6.7 港區地震系統

本項研究內容與工作項目為：

■ 港區地震系統資料彙整及維護

港灣環境資訊網已整合地震速報資訊於港灣環境資訊網中進行展示與預警通報。港灣環境資訊系統與資料庫介接收即時或者歷史地震資料之相關資訊(圖片、詳細資料)，儲存於地震伺服器中的資料庫，透過地震資料同步匯入程式，將即時/歷史地震資料之相關資訊，以自動/手動的方式已匯入至海情中心的正式資料庫，並且於港灣環境資訊網中繪製展示地震x,y,z軸的地表資訊圖表。彙整後之地震速報系統作業說明如下：

一、於港灣環資訊網首頁中以跑馬燈的即時性訊息告知使用者，以及首頁臺灣圖中發生地震的港區位置旁會標示警示燈，如下圖 6.101 港灣環資訊網首頁-地震發生燈號訊息告知所示，點選警示燈即可進入「近期地震查詢」瀏覽相關詳細資訊，如下圖 6.102 港灣環資訊網首頁-地震發生資訊所示。

二、港區地震查詢包含了近期地震查詢(最近一次發生地震)、歷史地震查詢以及地震系統簡介提供給使用者瀏覽。

三、近期地震查詢：於 Google map 中標示有設置地震儀器的港區，點選各港區的圖示，會有對話框顯示目前最近一筆的地震發生時間、地震震度以及點選超連結會顯示其儀器設置位置以及 x,y,z 地表地震圖，如下圖 6.103 港區地震系統-近期地震之 x,y,z 地表地震圖所示。

四、地震系統簡介：針對港區地震查詢提供了相關的圖、文字說明，以及港區地震整體擷取、傳輸與監測控制流程。

五、港區歷史地震查詢如下圖 6.104 所示，依港口/地震發生時間查詢相關資訊 (地震發生時間、地震震度、地表加速度以及 x,y,z 地表地震圖)。

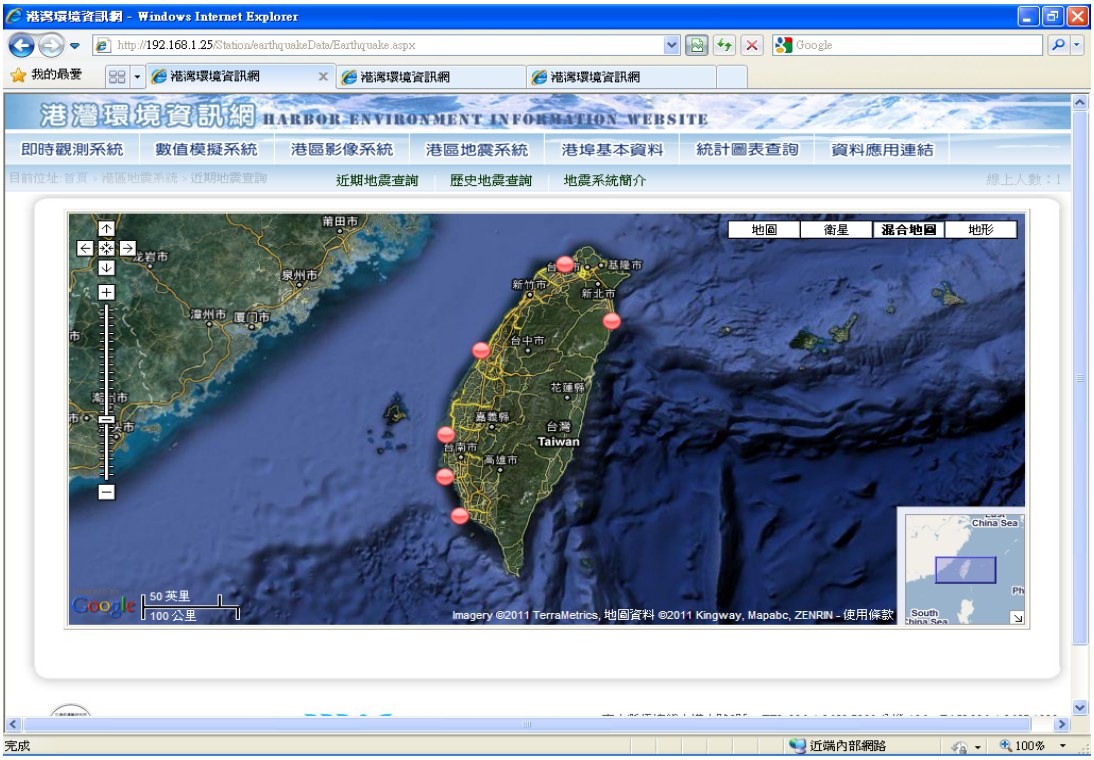


圖 6.101 港灣環資訊網首頁-地震發生燈號訊息告知



圖 6.102 港灣環資訊網首頁-地震發生資訊

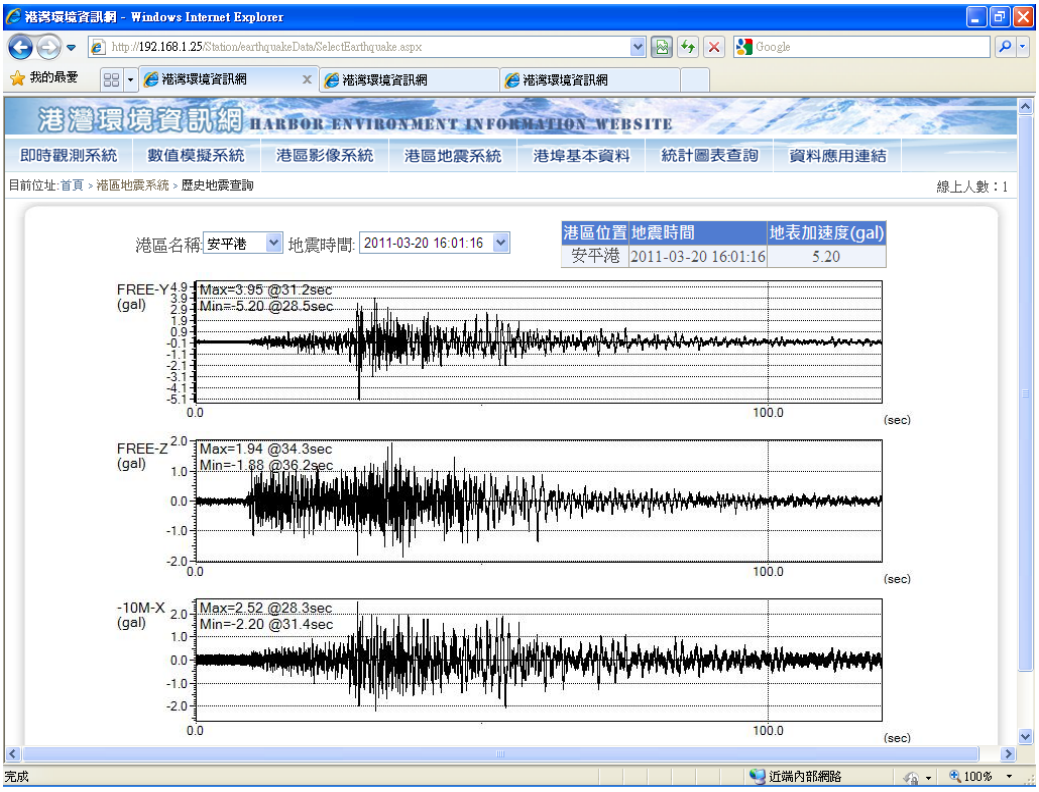


圖 6.103 港區地震系統-近期地震之 x,y,z 地表地震圖

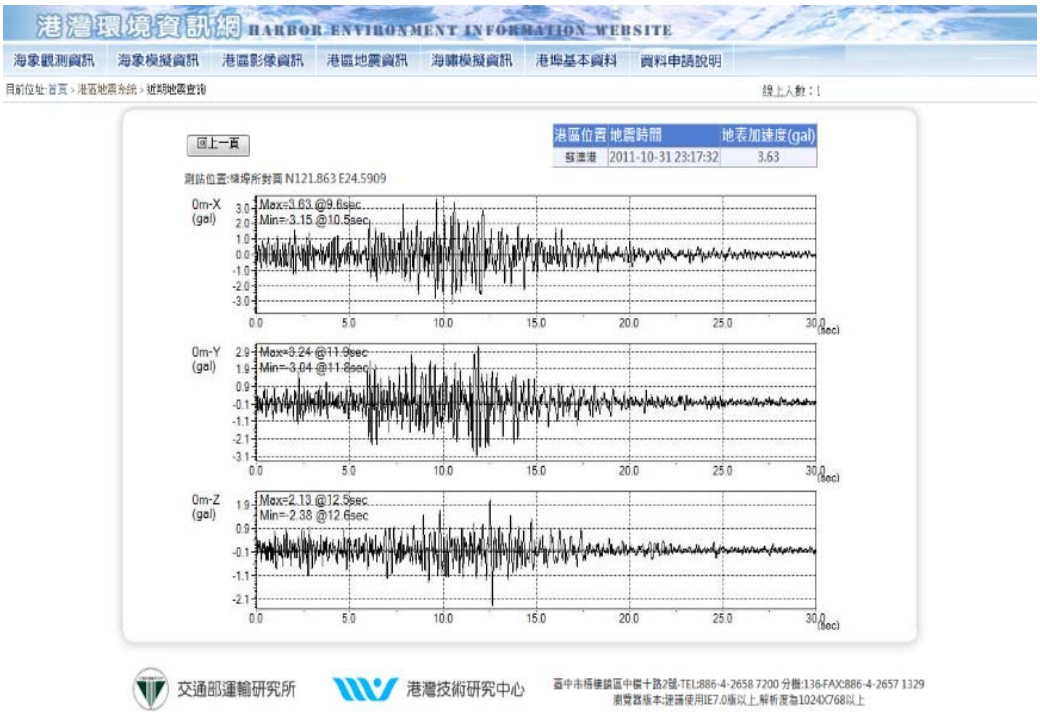


圖 6.104 港區歷史地震查詢畫面

6.8 海嘯模擬系統

本項研究內容與工作項目為：

■海嘯系統資料彙整及維護

港灣環境資訊網已整合港研中心第三科之海嘯模擬系統資訊於港灣環境資訊網中展示與預警報。相關之系統、作業如下說明:

一、海嘯模擬子系統網路架構如下圖 6.105 海嘯模擬子系統網路架構圖所示

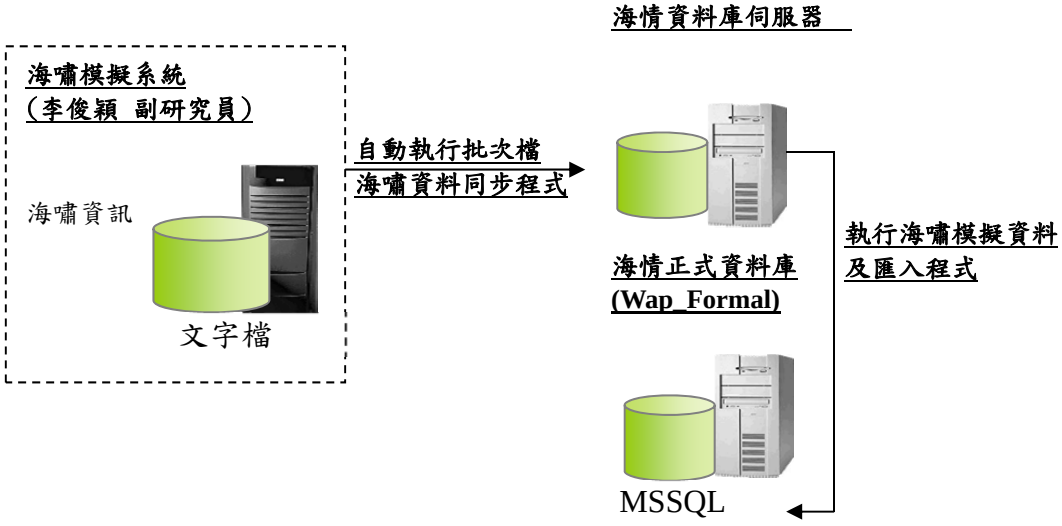


圖 6.105 海嘯模擬子系統網路架構圖

二、資料介接

海嘯資料每日定時由資料同步程式如下圖 6.106 海嘯資料同步程式(批次檔)，同步複製海嘯模擬系統之相關資料(文字檔和圖片檔)，其同步的訊息會記錄於檔案如下圖 6.107 海嘯資料同步的訊息記錄中。來源資料會儲放於海情伺服器上的硬碟如下圖 6.108 海嘯資料儲存位置圖、，地震相關詳細資訊如下圖 6.110 引發海嘯發生之地震資訊(資料表)、水位分析結果訊息如下圖 6.111 海嘯引發水位上升之分析結果訊息(資料表)、海嘯模擬數值如下圖 6.112 海嘯模擬數值(資料表)，再透過海嘯模擬資料及匯入程式，將海嘯模擬之地震相關詳細資訊、水位分析結果訊息、數值資料分別匯入至海情正式資料庫(Wap_Formal)。

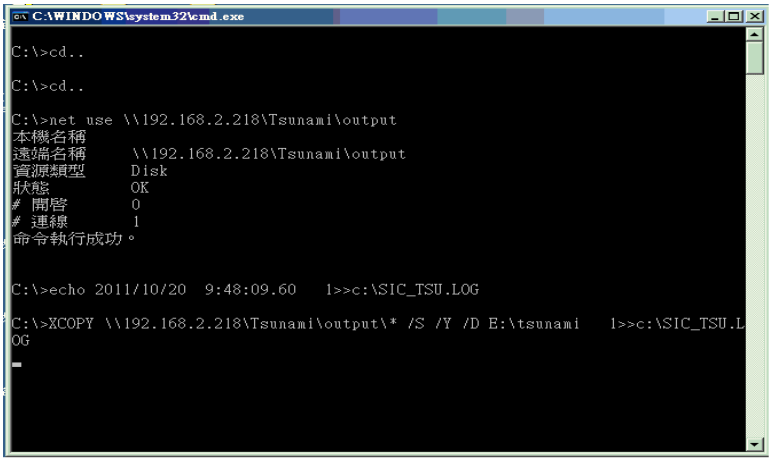


圖 6.106 海嘯資料同步程式(批次檔)

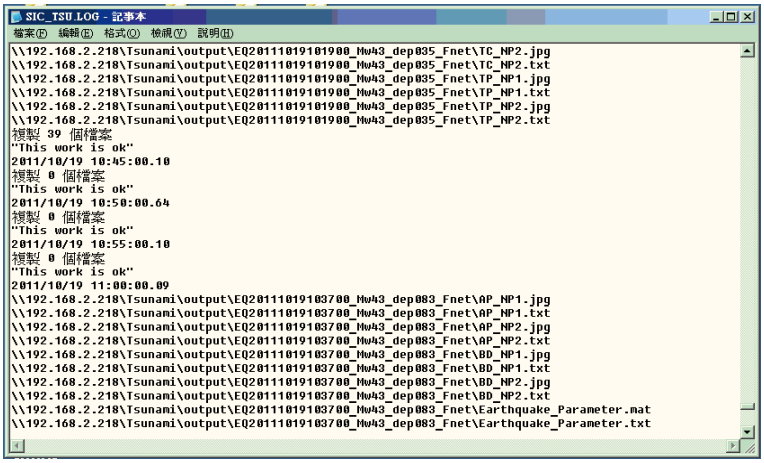
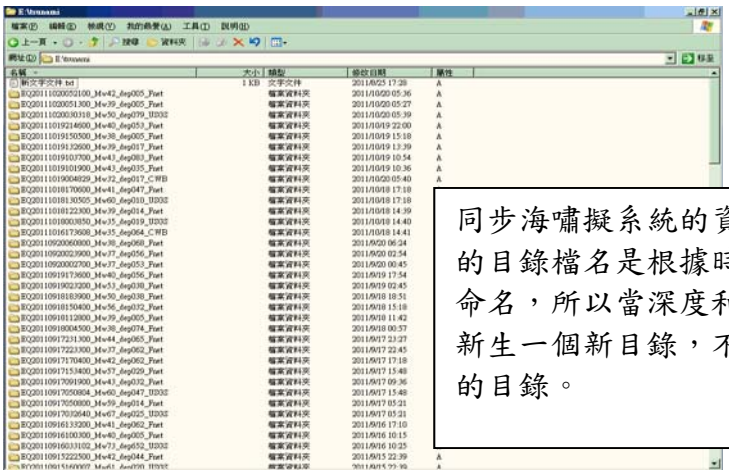


圖 6.107 海嘯資料同步的訊息記錄



同步海嘯擬系統的資料夾，擷取生成的目錄檔名是根據時間、深度和震度命名，所以當深度和震度修正後會重新生一個新目錄，不會更動到修正前的目錄。

圖 6.108 海嘯資料儲存位置圖

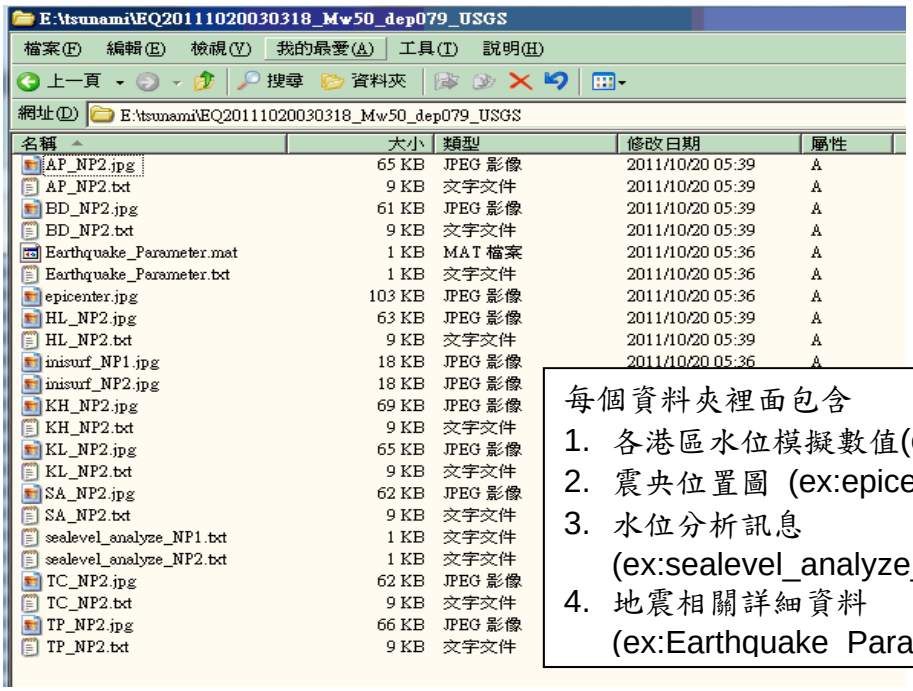
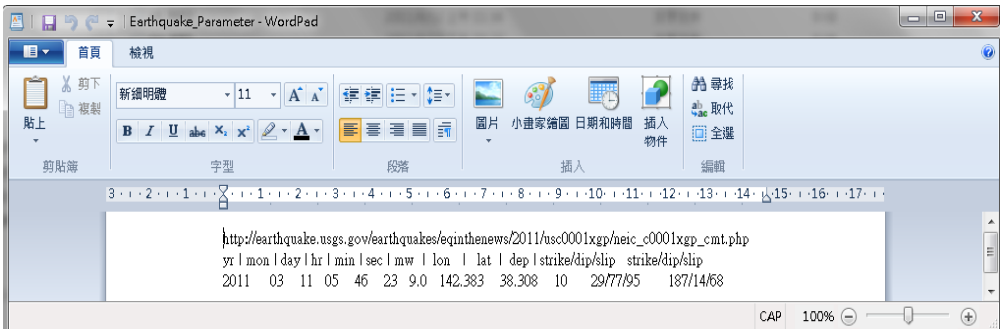


圖 6.109 海嘯資料儲存資料檔說明圖

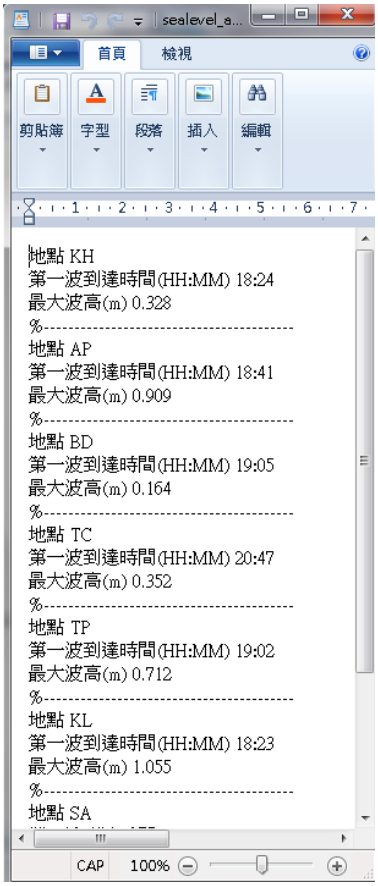


地震相關詳細資訊式如上圖所示。其內容格式說明

地震發生時間 (yr mon day hr min sec)	芮式規模 (mw)	震央位置 (lon,lat)	深度 (dep)	走向、傾角、滑移角 NP1 (Strike、dip、slip)	走向、傾角、滑移角 NP2 (Strike、dip、slip)
2011 3 11 05 46 23	9.0	142.383,38.308	10	29/77/95	187/14/68

每個地震有兩組參數機制解以 NP1,NP2 區分。

圖 6.110 引發海嘯發生之地震資訊(資料表)



海嘯數值檔格式內容格式說明

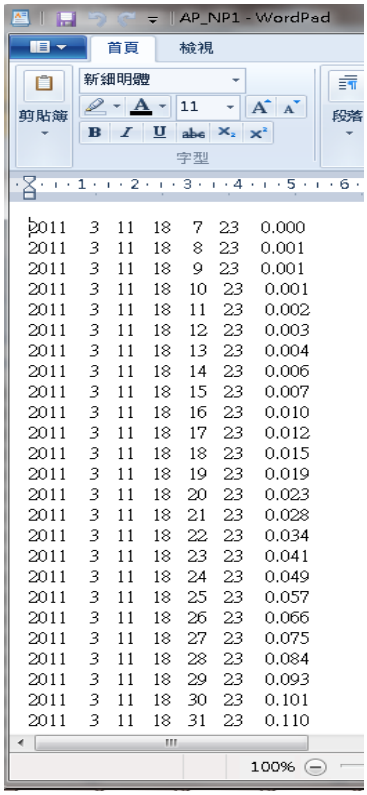
KH(高雄)	水位分析結果訊息
港口名稱	第一波到達時間 18:24,最大波高 0.328(m)

每個地震有兩組參數機制解以 NP1,NP2 區分。(二種水位分析結果訊息)

港口代碼說明

高雄港(KH); 安平港(AP);布袋港(BD);台中港(TC);臺北港(TP);基隆港(KL);蘇澳港(SA);花蓮港(HL)

圖 6.111 海嘯引發水位上升之分析結果訊息(資料表)



海嘯數值檔格式如左圖所示。(以安平港為例)

AP	NP1(NP2)
港口名稱	海嘯參數

以及內容格式說明

時間欄位 (年月日時分秒)	水位結果
2011 3 11 18 7 23	204.8

每個檔案資料筆數總共有 180 筆，以左圖此檔案來說明，此檔案會包含此地震發生時海嘯預計到達港區的時間之 180 筆模擬資料。

圖 6.112 海嘯模擬數值(資料表)

三、海嘯模擬資訊展示與查詢

於港灣環境資訊網增加整合海嘯模擬項目，提供其相關之海嘯資訊(近期海嘯、歷史海嘯和海嘯模擬簡介)與預警通報訊息給使用者瀏覽查詢。目前已建置完成2011/03/11日本海嘯樣本如下圖6.113港灣環境資訊網-近期海嘯查詢所示。匯整後之海嘯模擬資訊作業，大致可分為三大項，於GoogleMap標示臺灣各港區位置(基隆、臺北、臺中、安平、布袋、高雄、蘇澳以及花蓮)。其包含了地震的相關參數資訊、震央位置圖以及到達臺灣各港區的相關預警訊息資料如下圖6.114各港區海嘯預警通報訊息以及水位歷線圖查詢所示、海嘯模擬水位資訊查詢如下圖6.115海嘯預警通報水位歷線圖(以基隆港為例)所示。



圖 6.113 港灣環境資訊網-近期海嘯查詢



圖 6.114 各港區海嘯預警通報訊息以及水位歷線圖查詢

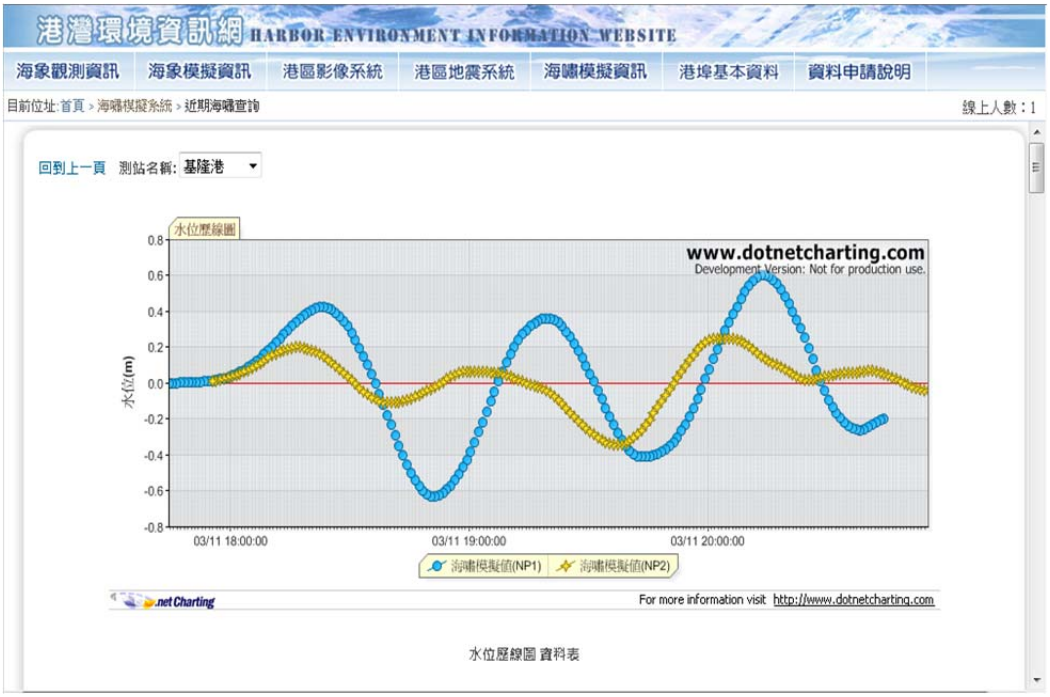


圖 6.115 海嘯預警通報水位歷線圖(以基隆港為例)

6.9 大氣腐蝕監測

本項研究內容與工作項目為：

■ 大氣腐蝕監測資料庫維護(持續)與歷史監測資料匯入

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。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；有鑑於此，大氣腐蝕因子的調查與掌握對金屬與鋼筋混凝土結構物耐久性防蝕設計的影響有其重要性。

港灣技術研究中心之「大氣腐蝕因子調查及腐蝕環境分類之研究」作項目建置「大氣腐蝕因子環境分類資訊系統」及為「大氣環境腐蝕因子調查與腐蝕環境分類資料庫」的建立，在此資料庫系統中會將計畫之成果及以往相關文獻資料，包括環境影響因子(如氣象資料濕度、落鹽量、二氧化硫沉積量等)與現地暴露金屬腐蝕試驗分析數據，進行資料輸入與查詢模組開發,分析結果將以圖資系統配合臺灣地圖導入，提供設計與維護管理人員快速查詢的功能，以擷取所需之相關資訊。大氣腐蝕環境GoogleMap 整合衛星地圖觀察試驗點如下圖3-116 大氣腐蝕環境GoogleMap 整合衛星地圖觀察試驗點所示:

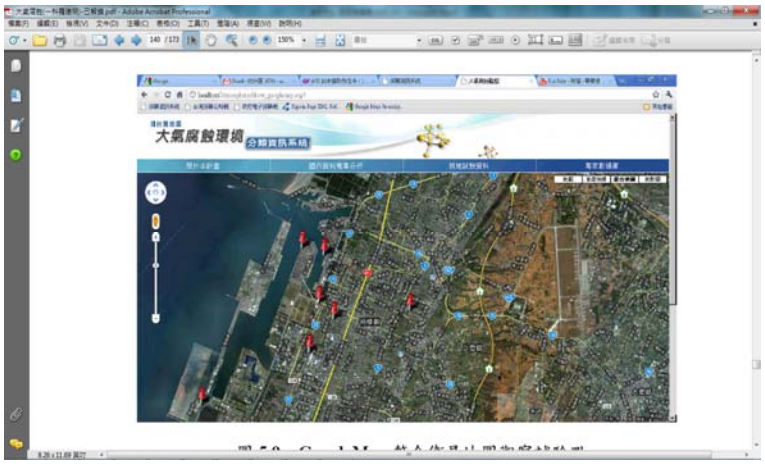


圖 3-116 大氣腐蝕環境 GoogleMap 整合衛星地圖觀察試驗點

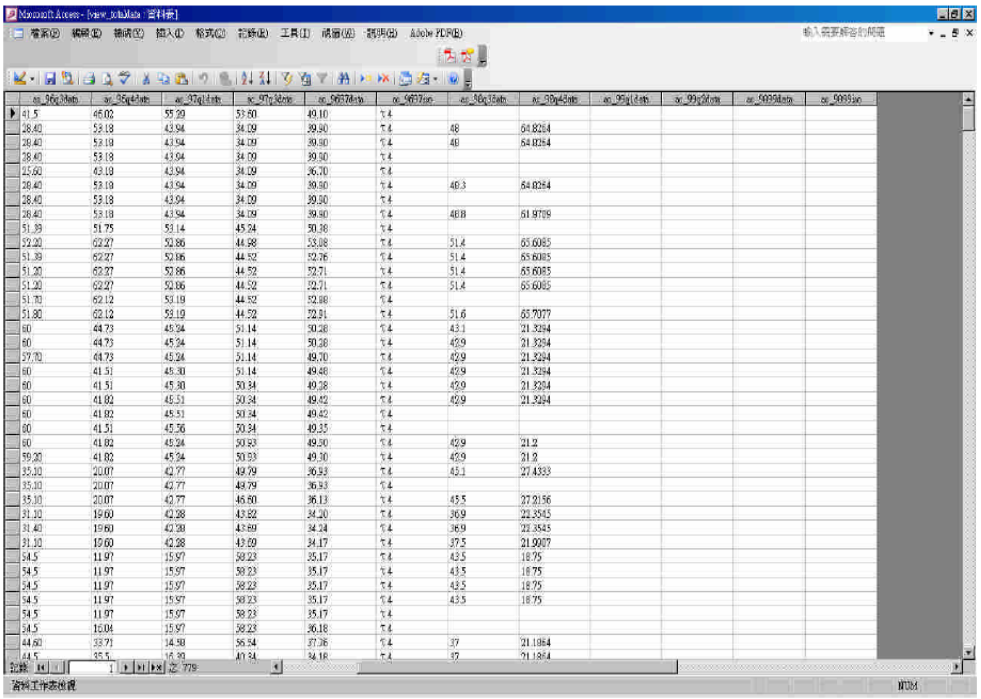
目前「大氣環境腐蝕因子調查與腐蝕環境分類資料庫」以Microsoft Access 資料庫建立，資料表如下表6-23 Access 資料庫資料表欄位說明所示:

表 6-23 Access 資料庫資料表欄位說明

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

Access 資料庫資料表(view_totaldata 結果) 如下表6-24 Access 資料庫資料表(view_totaldata 結果)所示:

表 6-24 Access 資料庫資料表(view_totaldata 結果)



港灣環境資訊網納入「大氣環境腐蝕因子調查與腐蝕環境分類資料庫」專家數據庫資料，並選定各相關港口0m~300試驗線，如下圖6.117

大氣環境腐蝕因子調查與腐蝕環境地圖(以基隆港為例)所示之資料進行資料介接與展示，如下圖6.118 大氣腐蝕監控試驗地點基本資料與試驗地點實驗數據所示。

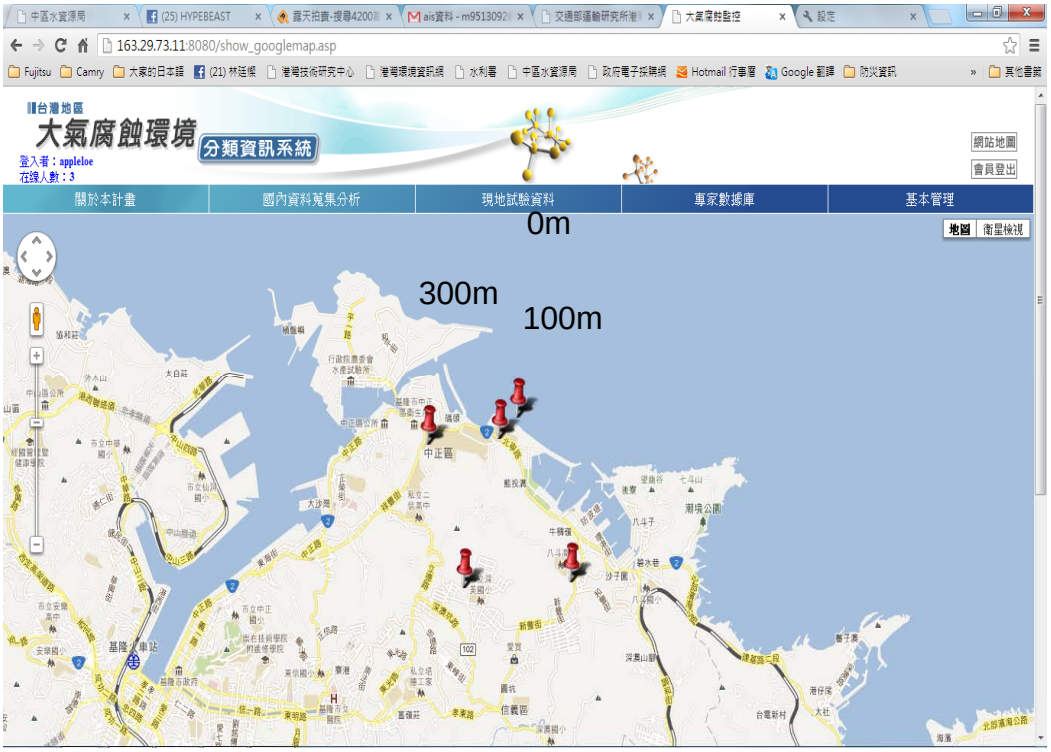


圖 6.117 大氣環境腐蝕因子調查與腐蝕環境地圖(以基隆港為例)



試驗地點基本資料

試驗地點名稱	座標(E)	座標(N)	高程(m)	離海岸線距離(KM)
基隆試驗線300m	121°46'21.9"	25°08'58.9"	12.9	0.48

基隆試驗線300m試驗地點實驗數據

腐蝕因子	RH(相對濕度)(%)	CL(氯)(mg/m²/day)	Al(鋁)(g/m²/yr)	Cu(銅)(μm/yr)	Fe(鐵)(μm/yr)	Zn(鋅)(μm/yr)
2011年第一季 (2011.03~2011.06)	-	-	-	-	-	-
2011年第二季 (2011.06~2011.09)	-	-	-	-	-	-
2007~2008年一年期 (2007.09~2008.09)	39.90	8.75	2.88	2.82	247.23	4.39
2007~2008年一年期大氣腐蝕環境分類 (2007.09~2008.09)	T4	S1	C4	C5	C5+	C5
2007年第三季 (2007.09~2007.12)	28.40	0.81	1.30	6.02	68.93	1.92
2007年第四季 (2007.12~2008.03)	53.18	0.25	4.91	4.24	249.48	11.40
2008年第一季 (2008.03~2008.06)	43.94	4.62	11.48	6.98	179.45	17.62
2008年第三季 (2008.09~2008.12)	34.09	2.33	1.02	6.11	100.45	8.32
2009~2010年一年期 (2009.09~2010.09)	-	-	-	2.35	-	-
2009~2010年一年期大氣腐蝕環境分類 (2009.09~2010.09)	-	-	-	-	-	-
2009年第三季 (2009.09~2009.12)	-	-	-	52.09	-	-
2009年第四季 (2009.12~2010.03)	-	-	-	5.31	-	-

圖 6.118 大氣腐蝕監控試驗地點基本資料與試驗地點實驗數據

港灣環境資訊系統整合納入離港區0m、100m、300m試驗點之腐蝕監測項目包括氣象資料相對溼度、氯鹽(Cl-)與二氧化硫(SO2)沉積量之調查，以及現地暴露試驗，針對碳鋼、鋅、鋁、銅四種金屬試驗資料，於港灣環境資訊網頁，如下圖6.119港灣環境資訊網-港區大氣腐蝕(首頁)所示。

大氣腐蝕資訊屬於非即時資料，其每一試驗點依調查項目建置一組採集裝置與試片，取樣頻率約為每季一次。因此港灣環境資訊網展示的相關資料，透過手動匯入的方式不定時同步大氣腐蝕資料庫更新匯入至海情中心資料庫。網頁展示沿用以GoogleMap呈現方式，建置各港區的試驗測點，並提供試驗測點之基本資料(座標位置、高程以及離海岸線距離)和包含歷年來所蒐集到的相對溼度、氯、鋁、鋼、鐵以及鋅之實驗數據如下圖6.120港灣環境資訊網-港區大氣腐蝕(港區)、圖6.121港灣環境資訊網-港區大氣腐蝕(花蓮港試驗線300m為例)所示。

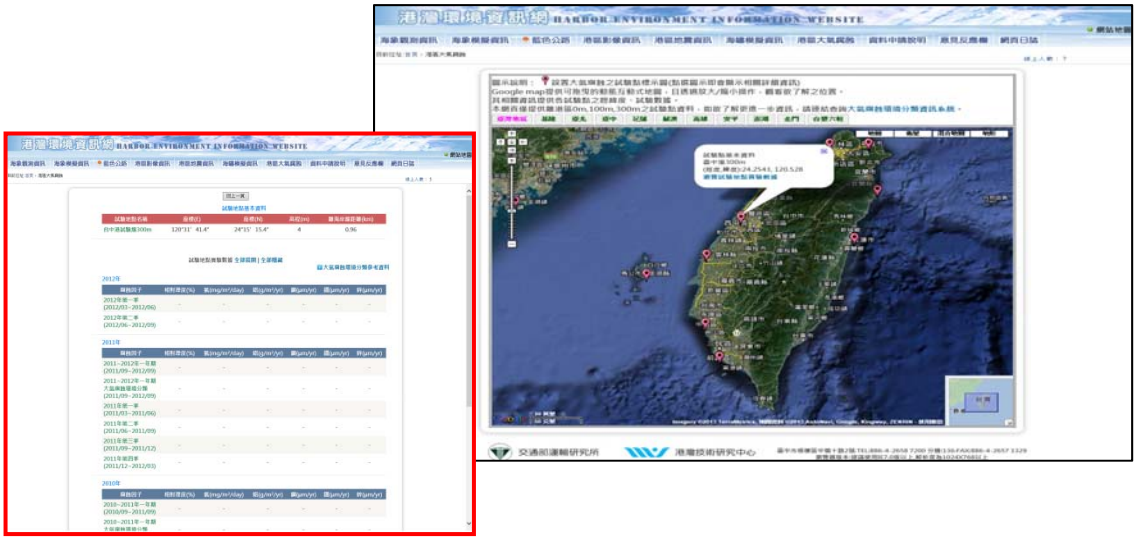


圖 6.119 港灣環境資訊網-港區大氣腐蝕(首頁)

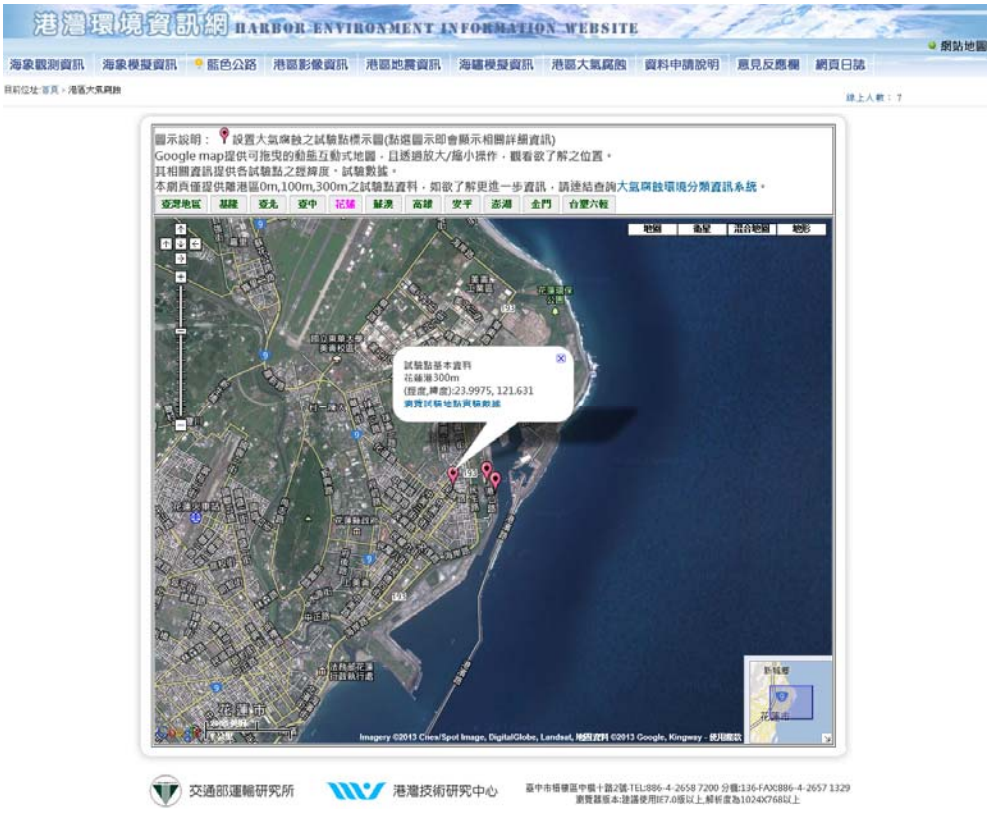


圖 6.120 港灣環境資訊網-港區大氣腐蝕(港區)



圖6.121 港灣環境資訊網-港區大氣腐蝕(花蓮港試驗線300m為例)

港灣環境資訊網已整合港區大地腐蝕監測資料於港灣環境資訊網中展示。目前所提供之資料只有2012年第一季及第二季之資料如下圖6.122 試驗地點實驗數據(以基隆試驗線0m為例)，後續配合資料彙整、進行資料庫匯入及網頁更新。



圖 6.122 試驗地點實驗數據(以基隆試驗線 0m 為例)

6.10 使用者會議

為增進使用者了解港灣環境資訊網之服務功能、綜整使用者對系統需求功能之開發建議，配合港灣技術研究中心之時間安排舉辦「港灣環境資訊服務系統使用者會議」，相關之議程如下表6-25 103年使用者會議議程表所示。

表 6-25 103 年使用者會議議程表

時 間	講題	主 講 人	主持人
10:00~10:15	簽 到		
10:15~10:20	主持人致詞		邱永芳 主任 交通部運研所港研中心
10:20~10:40	港灣環境資訊系統 說明與簡介	林廷燦 專案經理 臺灣富士通	簡仲璟 科長 交通部運研所港研中心
10:40~11:00	港灣環境資訊系統 操作與展示	林珂如 系統工程師 臺灣富士通	簡仲璟 科長 交通部運研所港研中心
11:00~11:10	休息		
11:10~11:30	海氣象即時觀測資料 提供與港灣環境資訊 APP 使用說明	劉清松 副研究員 交通部運研所港研中心	簡仲璟 科長 交通部運研所港研中心
11:30~12:00	綜合討論 曾相茂研究員、林受勳助理研究員 林廷燦經理、林珂如工程師、劉清松副研究員		簡仲璟 科長 交通部運研所港研中心
12:00~12:30	現場 APP 安裝協助與滿意度問卷調查(用餐(便當))		

103年使用者會議亦已於103年3月31日星期一上午10點港灣技術研究中心二樓簡報室完成舉辦，會議現場活動相關照片如圖6.123 103年度使用者會議活動照片所示。



圖 6.123 103 年度使用者會議活動照片

6.11使用者線上滿意度問卷調查

港灣環境資訊網已提供服務多年，為能了解使用者瀏覽港灣環境資訊網之需求及服務滿意度，今年度透過「使用者會議」進行網站之使用滿意度調查，以持續提供更豐富資訊與便捷、友善貼心之服務，並且符合使用者對海氣象資訊之需求作為提昇網站服務品質的重要參考依據。

本次透過使用者座談會議的現場參與人員填寫滿意度問卷調查表，如下圖6.124 所示。另外也於港灣環境資訊網站提供線上滿意度問卷頁面，如下圖6.125 所示，讓使用者直接在網站填寫，從不同的收集意見方式，目的是針對使用者在瀏覽網站上的經驗，進而蒐集使用網站上的相關意見，以作為爾後網站改善與持續本系統之參考。

港灣環境資訊網(http://isohe.ihmt.gov.tw)滿意度調查

姓名：　　單位：　　聯絡方式：　　填表日期：

(如果願意留下聯絡電話)

1. 請問您的年齡是？
   □20 歲以下 □20-39 歲 □40-59 歲 □60 歲以上
2. 請問您如何得知本網站？
   □友站連結 □研討會 □由本中心得知 □週遭同事好友告知 □其他
3. 請問您平均瀏覽本網站的頻率是？
   □天天 □每週一次以上 □每月一次以上
4. 請問您是否能夠依網頁的編排方式及動線，清楚迅速地找到想要的資訊？
   □是 □否(請述明原因，謝謝)_____
5. 請問您對本網站的美編及設計風格滿不滿意？
   □非常滿意 □滿意 □不滿意 □非常不滿意
6. 請問您對本網站連線顯示速度滿不滿意？
   □非常滿意 □滿意 □不滿意 □非常不滿意
7. 請問您對本網站所提供的資訊內容完整性滿不滿意？
   □非常滿意 □滿意 □不滿意 □非常不滿意
8. 本網站所提供的資訊，哪幾項對您比較有幫助(可複選)？
   □海象觀測資訊 □海象模擬資訊 □藍色公路 □港區影像資訊
   □港區地震資訊 □海嘯模擬資訊 □港區大氣腐蝕
9. 您建議本網站所提供的資訊，哪幾項需要優先開發成 APP(可複選)？
   □海象觀測資訊 □海象模擬資訊 □藍色公路 □港區影像資訊
   □港區地震資訊 □海嘯模擬資訊 □港區大氣腐蝕
10. 請問您對於本網站整體滿意度為何？
    □90 分以上 □80~90 分 □70~80 分 □70 分以下
11. 為了讓我們的服務提供更加完善，請問您的其他建議？

_____

_____

_____

_____

_____

_____

~感謝您撥冗填寫本問卷~

圖 6.124 港灣環境資訊網滿意度調查表



圖 6.125 港灣環境資訊網滿意度線上調查表

今年度使用者滿意度調查實際發放之紙本問卷份數為 38 份，回收 28 份，回收率為 73.68%，其滿意度調查分析結果下圖 6.126 滿意度調查問卷(年齡分佈)圖 6.127 滿意度調查問卷(網站知名度)圖 6.128 滿意度調查問卷(瀏覽頻率)圖 6.129 滿意度調查問卷(網站使用難易度)圖 6.130 滿意度調查問卷(網頁美編風格)圖 6.131 滿意度調查問卷(網站連線速度)圖 6.132 滿意度調查問卷(資訊提供使用率)圖 6.133 滿意度調查問卷(App 開發急切度)圖 6.134 滿意度調查問卷(網站整體滿意度)所示：

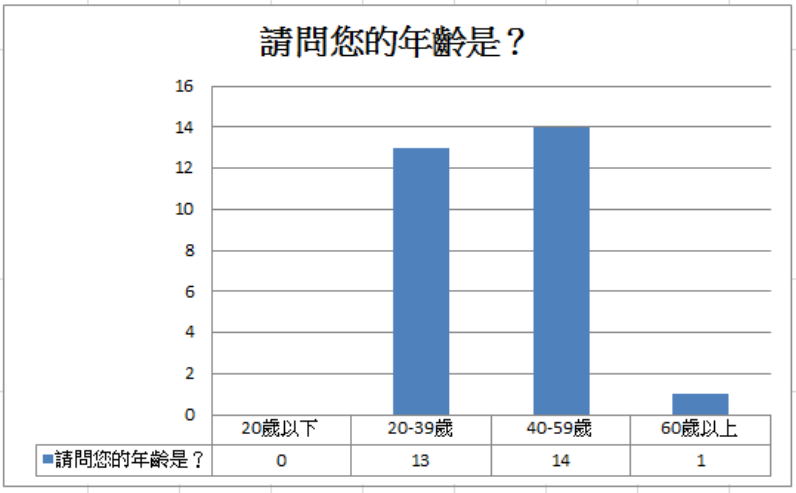


圖 6.126 滿意度調查問卷(年齡分佈)

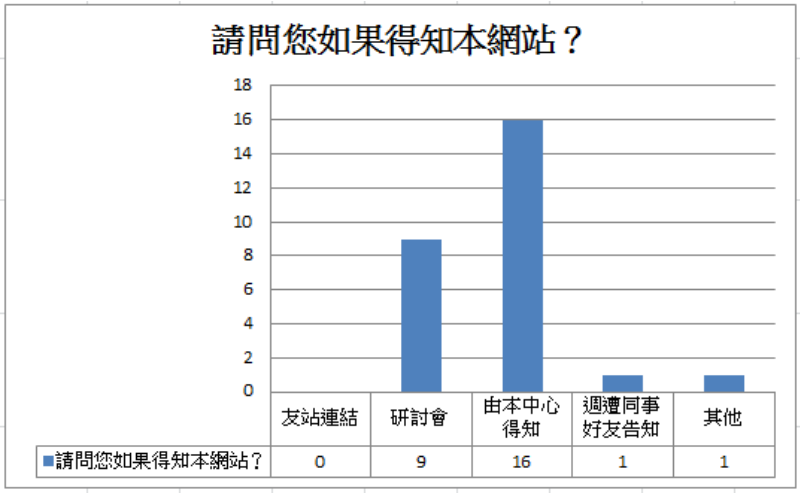


圖 6.127 滿意度調查問卷(網站知名度)

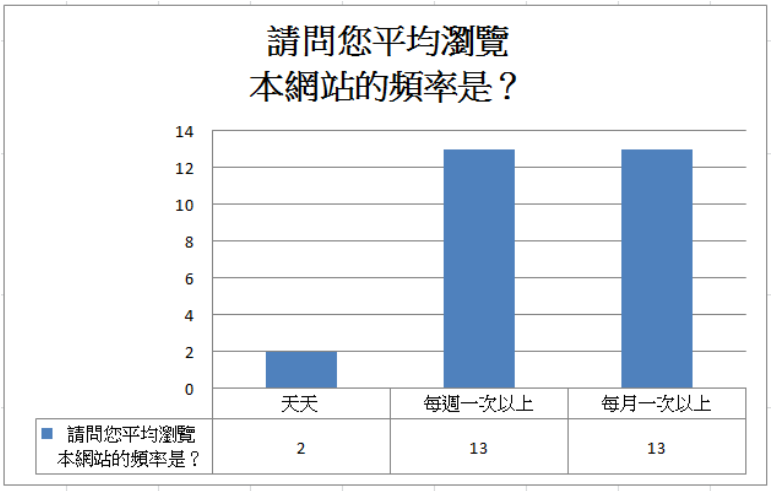


圖 6.128 滿意度調查問卷(瀏覽頻率)

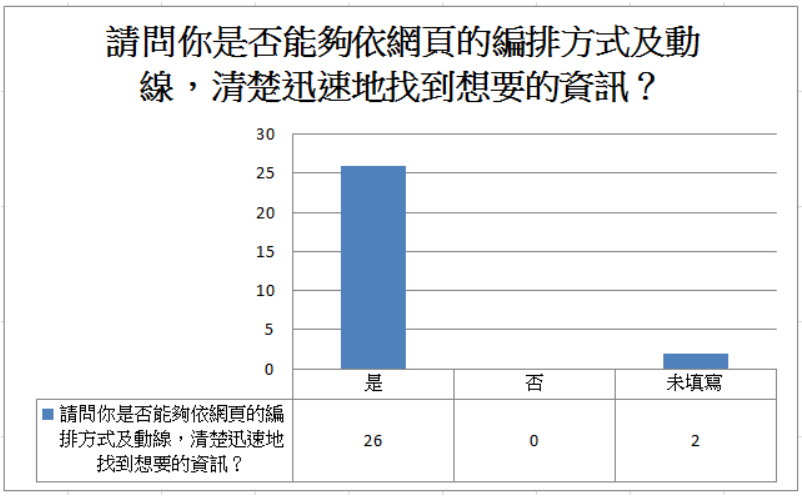


圖 6.129 滿意度調查問卷(網站使用難易度)

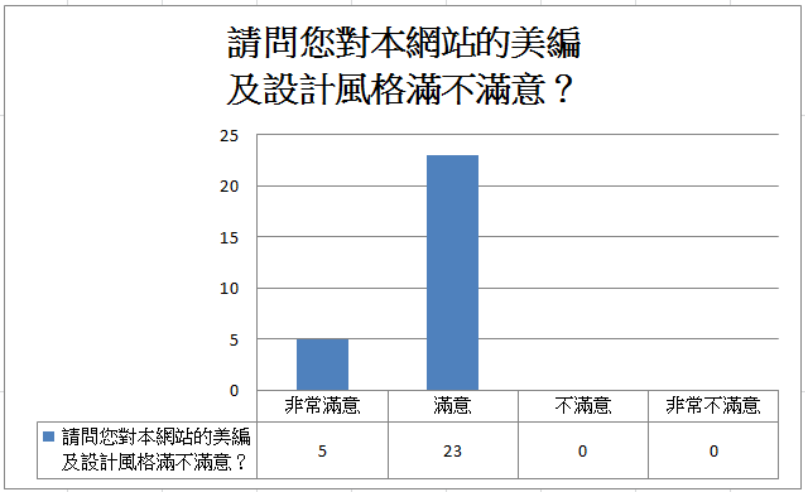


圖 6.130 滿意度調查問卷(網頁美編風格)

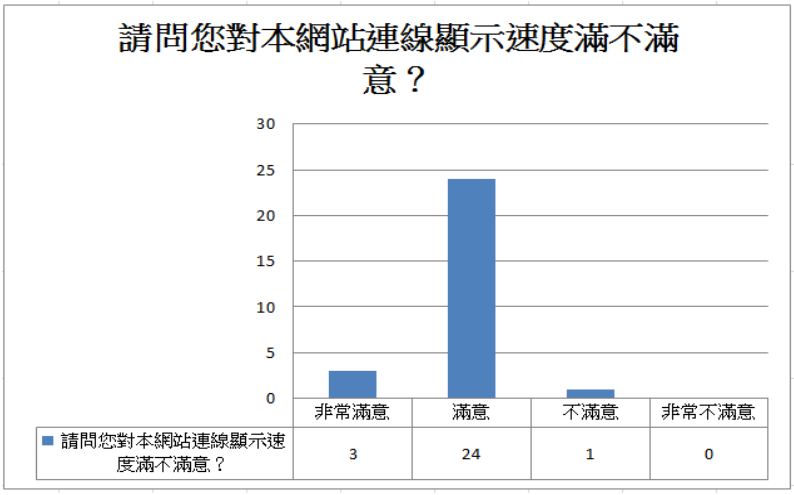


圖 6.131 滿意度調查問卷(網站連線速度)

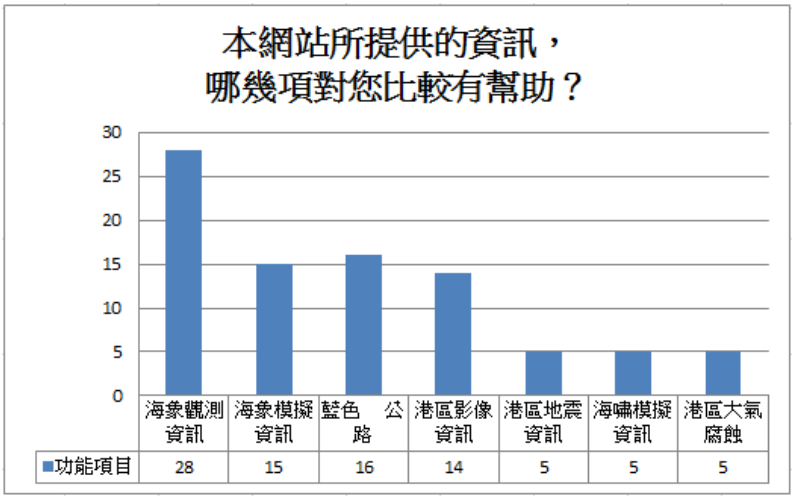


圖 6.132 滿意度調查問卷(資訊提供使用率)

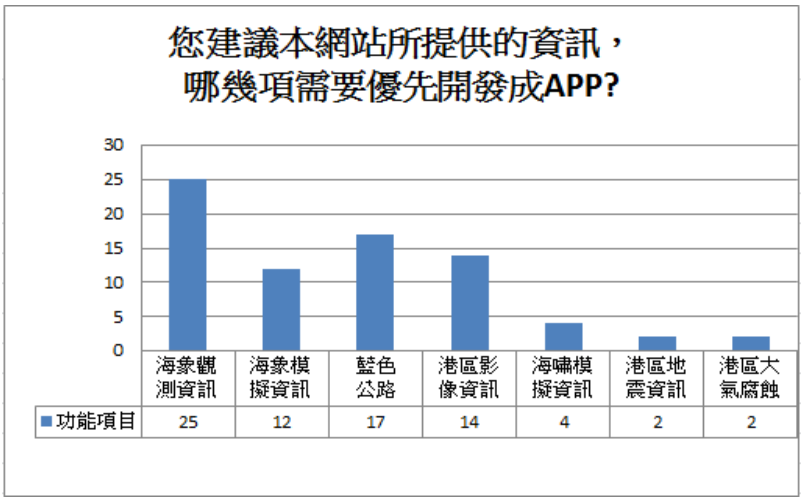


圖 6.133 滿意度調查問卷(App 開發急切度)

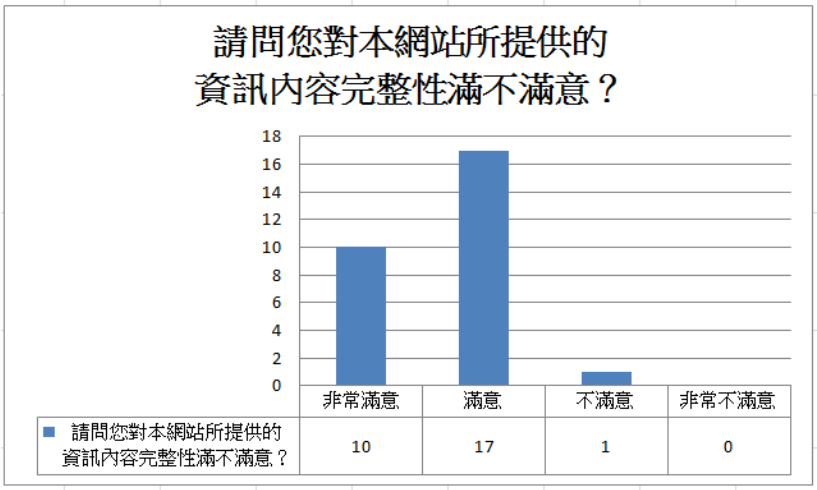


圖 6.134 滿意度調查問卷(網站整體滿意度)

於意見反應欄之部分，由於網站管理人員需要回覆使用者所反應之意見和建議，因此使用者於填寫送出時，必須留下相關的聯絡資訊以便聯繫，基於「個人資料保護法」規定，需要明確告知蒐集個人資料之使用方式及範圍，進而取得同意後續之回覆通訊使用，如下圖 6.135 個人資料保護法說明所示。



圖 6.135 個人資料保護法說明

第七章 結論與檢討

港灣環境資訊系統歷經多年的功能更新與擴充，目前可利用電腦自動化的作業方式進行大量且有系統的資料擷取、傳遞、品管、儲存及查詢展示等資訊服務功能，以達到海氣象相關不同系統、資料之間的整合、分享與應用。103年度研究工作成果在港灣環境資訊系統功能提升規劃與建置方面，主要是延續擴展並提升「港灣環境資訊網」系統功能與應用。在港灣海氣象資料統計分析與品質檢核方面，主要包括蒐集臺中港、布袋港及安平港港區及附近海域之風速與風向觀測資料，進行基本統計與風速分布特性分析，並研定檢核標準，以作為後續電腦執行資料品管自動作業之依據。在海域油汙監測與擴散模擬技術研發方面，利用現有商用航海X-band雷達天線設備進行改裝，並進行現場測試工作，以確認X-band雷達觀測技術應用於油污監測之可行性。此外，蒐集與綜整世界各國作業化海流模式，並評估適用於港區油污擴散之海流模式。

7.1 結論

為能掌握當前油污監測技術的發展趨勢與其適用條件，本計畫針對現有海域油污遙測技術進行綜整回顧與討論，並透過學理之檢討確認X-band雷達觀測技術應用於油污監測之可行性。利用現有商用航海X-band雷達天線設備進行改裝，並在實驗室初步確認所擷取影像訊號之正確性；同時也在臺南安平漁海域，進行三次X-band雷達系統的海岸現場測試工作，測試重點聚焦於現場海面回波訊號之檢測以及雷達影響分析結果之檢討。

本計畫針對航海雷達成像技術以及後端影像處裡技術進行研發，內容包括影像訊號的雜訊抑制與目標物特徵分析理論之研究，藉以作為海面油污監測的基礎。利用影像演算法進行現場海面回波影像之分析，結果顯示影像演算法能界定出海面蚵架之分布範圍。未來在取得海面油污影像之後，本計畫將依照此一影像處裡方法進行油污分布範圍之界定。

為了解目前世界各國作業化海流模式的發展現況，本計畫蒐集與綜整世界各國作業化海流模式，並評估適用於港區油污擴散之海流模式。SELFE模式採用有限元素的非結構性網格設置，垂直網格結合S與Z座標

可提高表底層之解析度與避免因地形變化較大產生之水平壓力梯度不一致性。又SELFE模式利用半隱式法求解，可使用較大的時間步長計算，並確保模式的穩定與精度，因此本計畫採用SELFE模式做為油污擴散模擬之海潮流資料來源。

油污染擴散數值模式，除需結合海洋流體動力數值模式，亦需加入地形、氣象、波浪、潮流及油品特性等條件。本計劃選用的SELFE-Oil spill model結合數值波浪模式，可輸入區域波浪場的資料，相較於商業用軟體OILMAP僅輸入單點的波浪資料更能完整描述溢油在海面上受到波浪的影響。

根據海氣象資料統計分析結果初步規劃資料自動檢核系統，以提升即時資料品質、降低人工品管負擔。該系統已於上一年度規劃高低絕對值合理性、空間相對值合理性、時間相對值合理性及因果相對值合理性等4種檢核方法，同時也研擬異常資料之處理方法與程序，以作為後續電腦執行資料品管自動作業之依據。103年度針對臺中港、布袋港及安平港港區及附近海域共計6個測站之風速與風向觀測資料，進行基本統計與風速分布特性分析，並進行高低絕對值合理性與時間相對值合理性等2種檢核方法所需之檢核標準研定，以作為後續電腦執行資料品管自動作業之依據。

本計畫以韋伯3參數(Weibull 3P)、 韋伯2參數(Weibull 2P)、萊利(Rayleigh)、通用極值(Generalized Extreme Value)、伽瑪(Gamma)及對數常態(Lognormal)等6種常見之風速機率密度函數進行風速分布特性探討。目前所選取之6種機率密度函數經套配6個測站之風速統計分布後，大致上皆能通過適合度檢定。但由風速分布直方圖與機率密度函數之套疊比較，發現在某些測站與季別似乎不盡理想。此外當累積機率愈小風速檢核標準隨機率密度函數型式不同而出現明顯差異，此對於高低絕對值合理性檢核方法中，如何研定合適之風速檢核標準造成困擾。

由風速分布統計分析可知風速檢核標準與測站地理位置、季別種類、累積機率大小及機率密度函數型式因素有關，所以風速檢核標準應依這些因素條件做選定。較大之累積機率可能出現過多之可疑資料，恐造成品管人力無法負擔；反之較小之累積機率則可能出現漏網之魚，而未能達到自動檢核之目的。因此，本計畫初步選定累積機率0.2%作為風速檢

核標準訂定條件。在機率密度函數型式上雖然適合度排序大致以韋伯3參數及通用極值較高，但在某些測站與季別並不是這兩函數為最佳。因此，本計畫對於機率密度函數將實際排序最高者作選定。

本研究選取強森SU(Johnson SU)、常態(Normal)、通用極值(Generalized Extreme Value)、誤差函數(Error Function)及邏輯(Logistic)等5種機率密度函數進行風速差值分布特性探討。統計分析結果顯示強森SU及邏輯兩種機率密度函數的適合度檢定排序較佳。

風速差值檢核標準與測站地理位置、時差大小、累積機率大小及機率密度函數型式因素有關，所以風速差值檢核標準應依這些因素條件做選定。本計畫初步也選定累積機率0.2%作為風速差值檢核標準訂定條件。在機率密度函數型式上雖然適合度排序以強森SU最佳、邏輯次之。但檢視強森SU機率密度函數與風速差值分布直方圖之套疊，結果顯示強森SU機率密度函數形狀最尖聳，同時在尖峰處(即風速差值最小處)常有高估觀測風速差值分布的情形。因此，本計畫選定邏輯函數。時差愈大風速檢核標準也愈大，所以應依各種時差條件研定檢核標準。除此之外也考量風速觀測資料可能出現缺漏，或之前未通過檢核而列為可疑，因而造成無法獲得風速差值資料。因此在風速差值之檢核作業中應採多種時差之結果，以降低由於資料缺漏無法檢核之情況。

由風速進行資料檢核時，因檢核標準會受樣本取樣方式(如本計畫之季別劃分)差異影響，而降低檢核效果。相對由風速差值進行資料檢核，因檢核標準不受季別差異影響，而無檢核效果降低之疑慮。此外風速分布直方圖與6種理論機率密度函數匹配結果有些不盡理想，但由於風速差值分布直方圖與5種理論機率密度函數匹配結果卻相當吻合，適合度排序及相關統計分析數值也較穩定。再者風速檢核標準隨季別及測站之變化趨勢較不一致；相對風速差值檢核標準隨時差及測站之變化趨勢相當一致。因此，以風速差值進行檢核應該比由風速直接做檢核來得可靠理想。

港灣環境資訊系統以定時同步方式持續彙整現場觀測之港區附近海域海象觀測資訊及近岸數值模擬資料等至海氣象資料庫，包括風、潮、波浪、潮流及溫度等資料，經過初級品管系統判別後存入資料庫，以提供海氣象資料展示與應用與分享。

港灣環境資訊網頁利用Google Map圖形化的查詢與資料應用模組，架構成一GUI圖形化查詢系統介面,以多樣化圖表方式呈現資料應用功能，充分發揮海氣象資料收集、品管、應用及分享之效益。目前港灣環境資訊網主要功能計有海象觀測資訊、海象模擬資訊、港區影像系統、港區地震系統、海嘯模擬資訊等。103年度已完成網頁首工具(Silverlight) 更換評估、使用者網頁解析度自動檢測、新增介接港口測站即時觀測資料、中央氣象局資料庫規劃/整合/展示、歷線圖自選相關性展示功能評估、海上藍色公路新增航路、藍色公路航班到達目的地時間ETA推算、郵輪航線納入藍色公路可行性評估以及新增港口即時影像介接展示等工作項目，以持續強化港灣環境資訊服務之能量。

港灣環境資訊網已建構完成海象觀測資訊、海象模擬資訊、港區影像系統、港區地震系統、海嘯模擬資訊、船舶自動辨識系統(AIS)及大氣腐蝕監測資料庫等，提供即時資訊(資料)、統計圖表及預警告知等功能。於使用應用上已完成與各港務公司海氣象資料提供之合作備忘錄簽訂；103年度亦已完成與中央氣象局海氣象資料交換分享之規劃/整合/展示。於資訊應用上更進一步已完成Android App 開發。透過使用者會議之交流互動，以使用者角度為出發點，持續推廣港灣環境資訊網之應用及提升資訊服務之滿意度。本年度透過使用者會議與線上調查方式，進行滿意度問卷調查，發出問卷份數為38份，回收28份，回收率為73.68%；透過本問卷了解使用者年齡分佈、網站知名度、瀏覽頻率、網站使用難易度、網頁美編風格、網站連線速度、資訊提供使用率、App 開發急切度等資訊;整體網站整體滿意度達到96.5%。

7.2 檢討

根據前述各章節之工作成果說明，未來之工作重點包括：

一、持續進行港灣環境資訊應用系統維護

配合資訊科技的進步與使用者需求變化；應研擬不同平台介面之網際網路操作工具；持續港灣環境資訊系統維護、監控資料蒐集、系統運作及資訊展示服務,並且持續擴充港灣環境資訊系統之服務功能與層面。以充分發揮系統整合性資訊之應用價值。

二、海氣象資料庫資料格式化與資訊系統標準化之建立

港灣環境資訊網所接收之海氣象相關資訊(料)種類繁多，各系統由各業務單位分別建置，其資料項目，格式、傳輸方式等亦皆不同，即使相同資料項目，其格式也常未有統一標準、規格，此問題易造成整合加值或應用分享不易。因此，後續仍須努力建立本中心資料、資訊(遙測、觀測、模式)整合之標準作業規範，其主要應包括資料蒐集、數據品管、資料儲存及資訊管理。

三、港灣環境資訊系統異地備援機制建立

港灣環境資訊系統所提供之資訊服務大都是接收自海氣象相關系統所提供之資訊(料)，故屬於系統後端資訊(料)接收、品管及應用。考量系統前後端連結之穩定性，建議整合本中心現有資訊資源，並導入虛擬化（Virtualization）、自動化（Automation）、集中化（Consolidation）等應用架構，依據各重要資訊系統需求，建立異地備援共享平台及架構，提供穩定及符合要求之異地備援服務。

四、資訊服務介面之多元化建立

近年來手持裝置的輕巧、攜帶方便、價格便宜，使上網瀏覽之設備已朝向無線手持裝置發展，展望未來，即將進入可穿戴式行動裝置之第三波循環。為配合此一潮流趨勢本計畫應建置港灣環境資訊系統擴及支援App Store (iOS)、Android無線手持裝置與穿戴式行動裝置，期使能更即時提供港埠管理單位、全國災害防救中心及中央主管機關查詢。藉此，迅速準確獲得各港區海域之海氣象即時與預報資訊，擬定適當之因應對策。

五、油汙擴散模式之建立

經初步評估結果目前本計畫採用SELFE-Oil spill model結合數值波浪模式進行油汙擴散模擬，後續將進行測試與驗證，並規劃監測與模擬相關技術的初步整合。由於油污擴散模式以API值來考慮油品種類的影響，故後續應規劃不同油品溢油模擬的操作介面。

六、海氣象資料自動品管作業之建立

後續除建立其他港區風速之檢核標準外，也將依目前所訂定之檢核

標準對各測站之即時觀測風速進行自動檢核測試，同時也對歷史風速資料進行複檢，以瞭解其檢核效果。

參考文獻

1. 熊雲嵐(1991)，實用船舶雷達，財團法人徐氏基金會。
2. 王胄(19991)，淡水港雷達遙感波浪監測研究(I) ，港灣技術研究中心報告。
3. 王胄、賴振哲、王弼 (2001)，阿瑪斯號油汙事件雷達觀測實驗報告，國立臺灣大學海洋研究所。
4. 劉康克、溫良碩、詹森、邵廣昭 (2001)，「阿瑪斯號油汙事件後墾丁海域生態環境之初探及後續研究之芻議」。
5. 吳立中、董東璟、錢樺、高家俊 (2002)，「應用岸基測波雷達於方向波譜觀測之研究」，第 24 屆海洋工程研討會論文集，第 517-524 頁。
6. 吳立中、董東璟、高家俊、張國強 (2004)，「發展微波雷達於海況觀測之研究」，海洋及水下科技季刊，第 14 卷，第 1 期，第 55-60 頁。
7. 尹彰、翁文凱、周宗仁、林騰威、陳泰宏、邱永芳、何良勝 (2005)，「應用船用雷達影像分析波浪資料」，第 27 屆海洋工程研討會論文集。
8. 吳立中、董東璟、高家俊、曾鈞敏 (2005)，「應用航海雷達於空間波場觀測之研究-空間波流場之分析」，第 27 屆海洋工程研討會論文集，中興大學，台中，第 28-34 頁。
9. 吳立中、董東璟、林家豐、高家俊 (2006)，「從雷達影像萃取近岸海域表面流場之研究」，海洋工程學刊，第 6 卷，第 2 期，第 81-94 頁。
10. 吳立中、董東璟、莊士賢 (2008)，「雷達於海洋觀測之應用」，海洋及水下科技季刊，第 18 卷，第 2 期，第 3-7 頁。
11. 吳立中、董東璟、莊士賢、高家俊 (2009)，「航海雷達應用於海面波流監測可行性之探討」，水利，第 19 期。
12. 翁文凱、周宗仁、尹彰、邱永芳、何良勝 (2011)，「利用海雜波推

算推算海面波場特性」,海洋工程學刊,第 11 卷,第 1 期,第 31-55 頁。
13. 簡仲璟、劉清松、陳明宗,2011,港灣環境資訊系統整合與應用研究(2/4),交通部運輸研究所,出版品編號 100-63-7542。
14. 簡仲璟、劉清松、陳明宗,2012,港灣環境資訊系統整合與應用研究(3/4),交通部運輸研究所,出版品編號 101-67-7638。
15. 簡仲璟、劉清松、陳明宗,2013,港灣環境資訊系統整合與應用研究(4/4),交通部運輸研究所,出版品編號 102-68-7699。
16. 簡仲璟、劉清松、陳明宗,2014,港灣海氣象環境資訊整合及統計分析研究(1/4),交通部運輸研究所,出版品編號 103-49-7753。
17. 簡仲璟、劉清松、陳明宗,2010,港灣環境資訊系統整合與應用研究(1/4),交通部運輸研究所,出版品編號 99-40-7456。
18. 簡仲璟、單誠基、劉清松,2012,臺中港簡易風浪預報研究,第三十四屆海洋工程研討會論文集,頁 179-184。
19. 簡仲璟、張富東、張景森、蔡瑞舫,2013,臺中港船舶操航分析,第三十五屆海洋工程研討會論文集,頁 649-654。
20. 簡仲璟、李俊穎、劉清松、曾相茂,2014,臺中港海氣象特性綜合探討,第三十六屆海洋工程研討會論文集,頁 519-524。
21. 熊文海、鄒濤,2007,GIS 空間分析技術在電子海圖顯示資訊系統(ECDIS)中的應用,青島遠洋船員學院學報,28(2),1-4 頁。
22. 何良勝、曾相茂、邱永芳,1997,台灣五個國際港海域海氣象特性之研究,86-研(三),臺灣省政府交通處港灣技術研究所。
23. 簡仲璟、曾相茂,1998,台灣海域海氣象現場調查與即時回報系統建立之應用研究,87-研(三),臺灣省政府交通處港灣技術研究所。
24. 蘇青和等人,2012,2011 年港灣海氣地象觀測年報(風力部份),交通部運輸研究所。
25. 蘇青和等人,2010,臺中港觀測風力資料專刊(1994~2008 年),交通部運輸研究所。
26. 林俊甫,1991,關聯式資料庫正規化系統(BCNF/3NF)的研究與實

作，淡江大學資訊及電子工程研究所碩士論文，臺北市。
27. 張真誠、蔡昇諭，1991，關聯式資料庫系統之應用，文魁資訊，臺北市。
28. 章立民，2009，Silverlight 3.0 全面精通手冊 (初版)，基峯資訊股份有限公司，臺北市。
29. 林清波，2002，基於即時影像追蹤之交通監測系統，國立交通大學電機與控制工程研究所碩士論文，新竹市。
30. 董大偉，2009，Silverlight 2.0 範例權威講座，旗標出版股份有限公司，臺北市。
31. 王玉懷、莊文思，1995，臺灣附近海域風場之觀測及探討，氣象學報第四十一卷第二期，頁 81-89。
32. 張景鐘、何忠穎，1995，臺灣主要港口風力設計之風速與風向之探討，第十七屆海洋工程研討會論文集，頁 1543-1557。
33. 凌拯民、劉秉勳、陳卿翊，2009，臺灣地區風速機率分佈函數之建立與特性分析，科技學刊，第 18 卷，科技類，第一期，頁 23-33。
34. 莊月璇，2001，台灣地區風速機率分佈之研究，國立中央大學土木工程研究所碩士論文，中壢市。
35. 吳俊達，2006，由氣象浮標資料探討台灣附近海域的風場特性與風應力，國立中山大學海洋資源研究所碩士論文，高雄市。
36. 鄭安孺、李天浩、顧欣怡、陳怡彣，2012，即時溫度資料品質檢覆，101 年天氣分析與預報研討會論文彙編，頁 165-170。
37. Alpers, W., and H. Hühnerfuss, 1989, The damping of ocean waves by surface films: A new look at an old problem, Journal of Geophysical Research, Oceans, Vol. 94, No. C5, pp. 6251-6265.
38. Azevedo, A., Oliveira, A., Fortunato, A.B., Zhang, J., and Baptista, A.M., 2014, A cross-scale numerical modeling system for management support of oil spill accidents, Marine pollution bulletin, Vol. 80, No. 1-2, pp. 132-147.
39. Baptista, A.M., 2006, CORIE: the first decade of a coastal-margin collaborative observatory, Oceans’06, MTS/ IEEE, Boston, MA.
40. Baptista, A.M., Zhang, Y.L., Chawla, A., Zulauf, M., Seaton, C.,

Myers III, E.P., Kindle, J., Wilkin, M., Burla, M., and Turner, P.J., 2005, A cross- scale model for 3D baroclinic circulation in estuary–plume–shelf systems: II. Application to the Columbia River, Continental Shelf Research, Vol. 25, pp. 935-972.

41. Barron, C.N., Kara, A.B., Martin, P.J., Rhodes, R.C., and Smedstad, L.F., 2006, Formulation, implementation and examination of vertical coordinate choices in the Global Navy Coastal Ocean Model (NCOM), Ocean Modelling, Vol. 11, No. 3-4, pp. 347-375.
42. Bern, T.I., Wahl, T., Andersen, T., and Olsen, R., 1993, Oil spill detection using satellite based SAR - Experience from a field experiment, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 59, pp. 423-428.
43. Blumberg, A.F., and Mellor, G.L., 1987, A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model, Three-Dimensional Coastal Ocean Models, American Geophysical Union, Washington, DC, pp. 1-16.
44. Borge, J.C.N., Reichert, K., and Dittmer, J., 1999, Use of nautical radar as a wave monitoring instrument, Coastal Engineering, Vol. 37(3–4), pp. 331-342.
45. Borge, J.C.N., Rodriguez, G.R., Hessner, K., and Gonzalez, P.I., 2004, Inversion of marine radar images for surface wave analysis, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, Vol. 21(8), pp. 1291-1300.
46. Brekke, C., and Solberg, A.H.S., 2005, Oil spill detection by satellite remote sensing, Remote Sensing of Environment, Vol. 95, pp. 1-13.
47. Brown, C.E., and Fingas, M.F., 2003, Review of the development of laser fluorosensors for oil spill application, Marine pollution bulletin, Vol. 47, pp. 477-484.
48. Casulli, V., and Cheng, R.T., 1992, Semi-implicit finite difference methods for three-dimensional shallow water flow, International Journal for Numerical Methods in Fluids, Vol. 15, pp. 629-648.
49. Casulli, V., and Walters, R.A., 2000, An unstructured grid, three-dimensional model based on the shallow water equations, International Journal for Numerical Methods in Fluids, Vol. 32, pp. 331-348.

50. CEDRE, 2007, Use and analyse of satellite SAR images for oil spills detection.
51. Chen, C., Liu, H., and Beardsley, R.C., 2003, An unstructured grid, finite-volume, three-dimensional, primitive equations ocean model: application to coastal ocean and estuaries, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, Vol. 20, pp. 159-186.
52. Chen, C., Beardsley, R.C., Luettich Jr, R.A., Westerink, J.J., Wang, H., Perrie W., Xu, Q., Donahue, A.S., Qi, J., Lin, h., Zhao, L., Kerr, P.C., Meng, Y., and Toulany, B., 2013, Extratropical storm inundation testbed: Intermodel comparisons in Scituate, Massachusetts, Journal of Geophysical Research: Oceans, Vol. 118, pp. 1-20.
53. Doong, D.J., Kao, C.C., Chuang, Laurence Z.H., and Lin, H.P., 2003, Nearshore Wave Field Analysis Using SAR Images, China Ocean Engineering, Vol. 17, No. 1, pp. 45-60.
54. Egset, C.E., and Nøst, E., 2007, Oil Spill Detection System Based on Marine X-band Radar, Sea Technology, Apr 2007.
55. Ezer, T., H. G. Arango and Shchepetkin, A. F., 2002, Developments in terrain-following ocean models: intercomparisons of numerical aspects, Ocean Modelling, Vol. 4, pp. 249-267.
56. Fingas, M.F., and Brown, C.E., 1997, Review of oil spill remote sensing, Spill Science & Technology Bulletin, Vol. 4, pp. 199-208.
57. Fingas, M., 2000, The Basics of Oil Spill Cleanup, Second Edition, Taylor & Francis.
58. Fringer, O.B., Gerritsen, M., and Street, R.L., 2006, An unstructured-grid, finite-volume, nonhydrostatic, parallel coastal ocean simulator. Ocean Modelling, Vol. 14, No. 3-4, pp. 139-173.
59. Gonzalez, R.C., and Woods, R.E., 2006, Digital Image Processing (3rd Edition), Prentice-Hall, Inc.
60. Hasselmann, K., 1974, On spectral dissipation of ocean waves due to whitecapping, Boundary-layer Meteorology, Vol. 6, No. 1-2, pp. 107-127.
61. Ijima, T., Takahashi, T., and Sasaki, H., 1964, Application of radars to wave observations, Proc. Conf. Coastal Eng., pp.10-22.
62. Iskandarani, M., Haidvogel, D.B., and Levin, J.C., 2003, A

three-dimensional spectral element model for the solution of the hydrostatic primitive equations, Journal of Computational Physics, Vol. 186, pp. 397-425.
63. Jan, S., Hwung, H.H., Chao, S.Y., and Yu, J.L., 1999, Dynamics of Current in a Small-scale Coastal Lagoon Southwest Taiwan, Terrestrial, Atmospheric and Ocean Science, Vol. 10, No. 4, pp. 885-896.
64. Kanevsky, M.B., 2009, Radar Imaging of the Ocean Waves, Elsevier, Oxford.
65. Komen, G.J., Cavaleri, L., Donelan, M., Hasselmann, K., Hasselmann, S., and Janssen, P.A.E.M., 1994, Dynamics and Modelling of Ocean Waves, Cambridge University Press, New York.
66. Lehr, W.J., 2001, Review of modeling procedures for oil spill weathering behavior, Oil Spill Modeling and Processes, WIT Press, pp. 51-90.
67. Lehr, W.J., Fraga, R.J., Belen, M.S., and Cekirge, H.M., 1984, A new technique to estimate initial spill size using a modified Fay-type spreading formula, Marine Pollution Bulletin, Vol. 15, pp. 326-329.
68. Lombardini, P.P., Piazzese, F., and Cini, R., 1982, The Marangoni wave in ripples on an air-water interface covered by a spreading film, Il Nuovo Cimento C, Vol. 5, No. 2, pp. 256-263.
69. Luettich, R.A., Westerink, J.J., and Scheffner, N.W., 1991, ADCIRC: an advanced three-dimensional circulation model for shelves, coasts and estuaries. Report 1: Theory and Methodology of ADCIRC-2DDI and ADCIRC-3DL, Technical Report DRP-92-6, Department of the Army, US Army Corps of Engineers, Washington, DC.
70. Lynch, D.R., and Werner, F.E., 1991, Three-dimensional hydrodynamics on finite elements. Part II: non-linear time-stepping model, International Journal for Numerical Methods in Fluids, Vol. No. 12, pp. 507-533.
71. Mackay, D., Paterson, S., and Trudel, K., 1980, A Mathematical Model of Oil Spill Behavior, Report EE-7, Environmental Protection Service, Canada.
72. Mattie, M.G., and Harris, D.L., 1978, The Use of Imaging Radar in

Studying Ocean Waves, Proc.16th Coastal Eng., ASCE, pp.174-189.
73. McCormick, M.E., 2009, Ocean Engineering Mechanics: With Applications. Cambridge University Press.
74. Mellor, G.L., and Yamada, T., 1982, Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems, Reviews of Geophysics, Vol. 20, pp. 851-875.
75. Noest, E. and Egset, C.N., 2006, Oil spill detection system-results from field trials. OCEANS 2006.
76. Oliveira, A., and Fortunato, A.B., 2002, Towards an oscillation-free, mass conservative, Eulerian-Lagrangian transport model. Journal of Computational Physics, Vol. 183, No. 1, pp. 142-164.
77. Oliveira, A., Fortunato, A.B., and Baptista, A.M., 2000, Mass conservation in Eulerian-Lagrangian simulations of transport in estuaries, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 126, No. 8, pp. 605-614.
78. Parker, J.R., 2010, Algorithms for Image Processing and Computer Vision, Wiley.
79. Philips, N.A., 1957, A coordinate system having some special advantages for numerical forecasting, Journal of Meteorology, Vol. 14, pp. 184-185.
80. Rasmussen, D., 1985, Oil spill modeling-a tool for cleanup operations, Proceeding of the 1985 Oil Spill Conference, API, Washington DC, USA, pp. 243-249.
81. Rodi,W., 1984, Turbulence models and their applications in hydraulics: a state of the art review, International Association for Hydraulics Research, Delft, The Netherlands.
82. Shchepetkin, A.F., and McWilliams, J.C., 2005, The regional oceanic modeling system (ROMS): a split-explicit, free-surface, topography-following-coordinate, oceanic model, Ocean Modelling, Vol. 9, pp. 347-404.
83. Shchepetkin, A.F., and J.C. McWilliams, 2003, A method for computing horizontal pressure- gradient force in an ocean model with a non-aligned vertical coordinate, Journal of Geophysical Research: Oceans, Vol. 108, No. 3, 3090.

84. Song, Y.T., and D.B. Haidvogel, 1994, A semi-implicit ocean circulation model using a generalized topography following coordinate system, Journal of Computational Physics, Vol. 115, pp. 228-248.
85. SWAMP Group, 1985, Ocean Wave Modeling, Plenum Press, New York, 256p.
86. Taylor, S., Research, C.R., Laboratory, E., Aeronautics, U.S.N., and Administration, S., 1992, 0.45- to 1.1-um Spectra of Prudhoe Crude Oil and of Beach Materials in Prince William Sound, Alaska, US Army Corps of Engineers Cold Regions Research & Engineering Laboratory.
87. Tennyson, E.J., 1985, Shipborne radar as an oil spill tracking tool, Proceedings of the Eleventh Arctic and Marine Oil spill Program Technical Seminar, Ottawa, Ontario, pp. 385-390.
88. Tkalich, P., 2006, A CFD solution of oil spill problems, Environmental Modelling & Software, Vol. 21, pp. 271-282.
89. Umlauf, L., Burchard, H., 2003, A generic length-scale equation for geophysical turbulence models, Journal of Marine Research, Vol. 6, pp. 235-265.
90. Wilcox, D.C., 1998, Reassessment of scale determining equation for advance turbulence models, AIAA Journal, Vol. 26, pp. 1299-1310.
91. Wismann, V., Theis , R., Alpers, W., and Hühnerfuss, H., The damping of short gravity capillary waves by experimental sea slicks measured by a multifrequency microwave scatterometer, 1993, Proc. OCEAN, Vol. II, Victoria, Canada, pp. 342-347.
92. Wu, L.C., Lee, B.C., Doong, D.J., Kao, C.C., and Chuang, L.Z.H., 2008, Nonlinear Influences on Ocean Waves Observed by X-band Radar, Marine Geophysical Researches, Vol. 29, pp. 43-50.
93. Wu, L.C., Kao, C.C., and Yang, W.H, 2010, Sea State Monitoring from a Mobile X-Band Radar System, Sea Technology, Vol. 51, No. 7, pp. 40-42.
94. Wu, L.C, Chuang, L.Z.H, Doong, D.J., and Kao, C.C., 2011, Ocean Remote Sensed Image Analysis by the Two-dimensional Continuous Wavelet Transform, International Journal of Remote Sensing, Vol. 32,

No. 23, pp. 8779-8798.
95. Wu, Z., and Huang, N.E., 2008, Ensemble empirical mode decomposition: A noise assisted data analysis method, Advances in Adaptive Data Analysis, Vol. 1, No. 1, pp. 1-41.
96. Wu, Z., Huang, N.E., and Chen, X., 2009, The Multi-Dimensional Ensemble Empirical Mode Decomposition Method, Advances in Adaptive Data Analysis, Vol. 1, No. 3, pp. 339-372.
97. Young I.R., Rosenthal, W., and Ziemer, F., 1985, A three dimensional analysis of marine radar images for the determination of ocean waves directionality and surface currents, Journal of Geophysical Research, Vol. 90, pp. 1049-1059.
98. Zhang, Y.L., and Baptista, A.M., 1998, An efficient and robust tsunami model on unstructured grids. Part I: inundation benchmarks. Pure and Applied Geophysics, Vol. 165, pp. 2229-2248.
99. Zhang, Y.L., Baptista, A.M., and Myers, E.P., 2004, A cross-scale model for 3D baroclinic circulation in estuary–plume–shelf systems: I. Formulation and skill assessment. Continental Shelf Research, Vol. 24, pp. 2187-2214.
100. Zhang, Y., and Baptisa, A.M., 2008, SELFE: A semi-implicit Eulerian–Lagrangian finite-element model for cross-scale ocean circulation, Ocean Modelling, Vol. 21, No. 3-4, pp. 71-96.

附錄一

103 年度港灣環境資訊服務系統

使用者會議紀錄

「103 年度港灣環境資訊服務系統使用者會議」會議記錄

壹、時間：民國 103 年 03 月 31 日（星期一） 上午 10 點 00 分

貳、地點：本所港研中心 2 樓簡報室

參、主持人：港研中心　簡仲璟科長　　記錄：劉清松

肆、出席單位及人員：(以網路報名先後順序)

航港局中部航務中心	
梁煜杰　技士	梁煜杰
楊朝宗　技正	周子新代
董傳鈞　技士	董傳鈞
洪雪菁　科員	洪雪菁
經濟部水利署	
王仲豪　副工程司	請假
詮瑩企業股份有限公司	
洪復昌 總經理	請假
臺灣港務公司高雄港務分公司	
劉順能 資訊處處長	劉順能
交通部航港局	

簡澧運 技士	簡澧運
曾安志 科員	
莊炳燦 技士	莊炳燦
交通部中央氣象局	
陳思良 技士	陳思良
陳仁曾 技士	陳仁曾
台灣中油股份有限公司天然氣事業部台中液化天然氣廠	
林泓龍 管理師	林泓龍
台大大氣系	
蔡宜君 助理研究員	蔡宜君
台灣港務公司基隆港務分公司	
陳華雄 督導	陳華雄
台灣港務股份有限公司花蓮港務分公司	
王俞心 助理技術員	王俞心
林建輝 助理技術員	林建輝

臺中港務分公司	
張登訓 經理	張登訓
林志松 助理管理師	林志松
洪國鑫 技術員	洪國鑫
吳明陽 技術員	吳明陽
劉立宏 副管理師	劉立宏
白儀婷 技術員	白儀婷
江通儒 經理	江通儒
麥寮工業區專用港管理股份有限公司	
羅榮任 高級管理師	羅榮任
洪謙成 工程師	洪謙成
大氣海洋局	
李誌彬 測量官	李誌彬
交通部觀光局雲嘉南濱海國家風景區管理處	
藍國峰 課員	藍國峰

觀光局北海岸及觀音山國家風景區管理	
孫脩洋 課員	
經濟部水利署第十河川局	
羅瑞寶 工程員	
成功大學近海水文中心	
范揚洺 研發組組長	
臺灣港務股份有限公司	
林佑任 資深副處長	
交通部航港局北部航務中心	
何文智 科長	請假
鄧國龍 技佐	
邱劍中 技正	
鄒儀龍 科員	
經濟部水利署第四河川局規劃課	
陳加榮 工程員	

臺中區漁會	
李碧娟	李碧娟
海巡署	王金發
交通部觀光局東北角暨宜蘭海岸國家風景區管理處	王元光
台中港引水人辦事處	蔡幸真

A. 綜合討論

（一）臺中港務分公司 劉立宏副管理師

1.針對合作備忘錄的部分，是否能直接與本公司簽訂合約？

2.針對客輪方面的管制，其能見度資訊顯得非常重要，期許未來貴中心是否加入「能見度」資訊於海氣象資訊網頁中，以供參考。

3.自 101 年 3 月 1 日改制港務公司後，是否可將網站上所提供的「信號臺」名稱，統一更改為 VTS?

4.網站上所呈現的風力資訊，其風速單位為公尺/秒(m/s)，建議提供級數(幾級風)的資訊於網頁上。

5.將客輪與郵輪的船舶動態資訊展示於港灣環境資訊網，是否有無航安危險之虞(如恐怖攻擊、海盜攻擊等等)?

港研中心回覆：

1. 針對簽署合作備忘錄的部分，本中心會進一步詢問確認，依照作業程序配合辦理。

2. 能見度資訊是有助於船舶航行安全的提昇。由於金門港區會出現濃霧現象，因此本中心今年度於金門料羅港設置能見度儀器，目前尚在評估觀測資訊的狀況，待測試蒐集一段時間後，再考量臺灣各商港裝設能見度儀器之需求性。

3. 網站上所提供的「信號臺」名稱，配合統一修正為「船舶交通服務中

心,(VTS)」 。

4. 由於本中心以研究分析為主，因此習慣性採用公尺/秒為風速單位，為貼近使用者的需求，這個部份可透過蒲福氏風級表換算，提供相對的幾級風訊息至網頁。

5. 針對網站上提供的客輪和郵輪船舶動態資訊，是否會受到恐怖攻擊，為考量安全上的疑慮，這部分還需再進一步詢問了解。

(二) 交通部航港局北部航務中心 邱劍中技正

1. 補充臺中港務公司劉先生所提及能見度問題，由於早期船舶行駛速度慢，而目前慢慢改用高速船的速度較快，因此能見度資訊的提供非常重要，加上其資訊為航行限速條件之一，所以非常感謝貴中心考量納入能見度資訊。

2. 於101年3月1日起實施政企分離，將原先的港務局劃成為目前的「臺灣港務公司」與「航港局」兩大單位；建議合作備忘錄的部份，於可行的情況下，應以航港局及港務公司共同繼受的方式來簽署。

3. 針對藍色公路航段的部分，建議可納入基隆或蘇澳開往石桓島的航線資訊。

港研中心回覆：

1. 本中心會再加強提供能見度資訊的部分。

2. 針對港務公司和航港局分別簽訂合作備忘錄事宜,本中心會進一步聯繫確認，依照作業程序予以配合辦理。

3. 目前本中心所呈現之藍色公路資訊是提供數值模擬結果，網站上已提供14條

的航段資訊，加上本網站系統採彈性設計方式，因此針對增加航段預報資訊部分是可新增建置的。

（三） 臺中港務分公司 張登訓經理

1. 非常榮幸參與貴中心舉辦的使用者會議，透過會議得到許多資訊，受益良多；希望貴單位是否能提供今日簡報檔資料給予參考。
2. 由於目前本公司正在著手建置網站系統，整合四港合一的資訊，並且由總公司來統籌規劃，給予各港口操作試用；由於貴中心所提供的藍色公路與船舶動態資訊，除了從港灣環境資訊網或者是 APP，來進一步瀏覽查詢，請教是否能透過 Web Service 的方式來介接相關的資料，以利快速取得資訊？
3. 貴單位今日所提供的港灣環境資訊 APP，其所呈現的資訊內容以及介面，經由操作測試後感到非常好，因此期許 iOS APP 能提早發佈開放至 APP Store 給更多的使用者下載安裝，以便後續版本更新。

港研中心回覆：

1. 進一步規劃將港灣環境資訊網召開的相關會議資料以及動態消息，放至網站提供給使用者下載查詢。
2. 之前中部航務中心有 AIS 資訊的使用需求，所以本中心也有提供透過網頁的方式下載相關的 AIS 資訊。另外針對藍色公路資料相關介接作業，需待進一步討論其資料分享方式，以利建置雙方的共享平台。
3. 港灣環境資訊 APP 已建置完成雛型，於今年度使用者會議提供測試安裝，

因此針對目前APP所提供的資料內容與操作介面，會再進一步了解各位使用者操作上的心得，並蒐集相關的建議與意見，希望提供更人性化介面與便利資訊給使用者查詢，進而將港灣環境資訊APP加以改善調整，再開放上架至APP Store給更多的使用者下載安裝。

（四） 中部航務中心 董傳均技士

1. 由於中部航務中心已代表航港局與貴單位簽訂合作備忘錄的部分，建議是否可以不需再另行重新簽署？
2. 港灣環境資訊網所提供的資訊內容非常完備，從資訊的角度，像是大氣腐蝕網頁以及電子海圖網頁，其網址是採用IP的形式呈現，建議需申請Domain Name的方式比較適當；另外其大氣腐蝕網頁所採用的port為8080，但一般情況下此8080 port是於測試開發階段才使用的，正常情況的web網站，建議採用標準的80 port方式，因此如果是不正常的port，其GSN或是基於資訊安全因素，可能會導致使用單位瀏覽上的困擾，因此以上煩請貴單位加以改善，改善完畢建議可發文至港務公司、航港局及中央氣象局等等，在相關單位的網站中建立貴單位所提供的資訊系統超連結，進而推廣給更多的使用者方便查詢。
3. 由於貴單位所提供的資訊內容與開發方式，和中央氣象局有點重複，根據氣象法，當有海事案件或者是其他案件發生時，以引用中央氣象局所提供的資訊為準，因此想請教貴單位建置的港灣環境資訊網，所提供的豐富資訊服務，

如果被引用的情況下，而導致衍生問題的話，不知貴單位是否有考量到這一點，以及是否有重複開發的問題？

港研中心回覆：

1. 針對簽訂合作備忘錄事誼，本中心會再進一步聯繫確認，

2. 針對大氣腐蝕和電子海圖網頁的部分，為本中心其他單位建置的，會議結束後會轉達今日所提及的意見反應，由專屬單位配合辦理改善。

3. 本網站主要是針對港區的部份提供相關資訊，給予使用者輔助性參考，尤其是網頁呈現的即時觀測資料，尚未經嚴密品管作業程序，因此於實際應用需參酌使用；依據氣象法而言，應以中央氣象局網站所發佈的資訊為主。

B. 滿意度調查使用者意見

(一)中油台中 LNG 廠 林泓龍

PC 版本可增加 AIS 的項目。因港務分公司網頁上已有提供進出港船舶訊息，且國外 Marine 網頁上也有提供世界各船舶 AIS 動態(公開資訊)，應無安全上顧慮。

港研中心回覆：謝謝台灣中油公司的指教。

(二)麥寮工業專用港管理公司 羅榮任

請問是否有將麥寮港列入本資訊系統之計畫或構想？如果，請教可能的構想或方式。

港研中心回覆：目前尚未有具體構想及初步計畫，建議後續與貴公司進行研商。

(三)臺中港務分公司港務處 VTS 白儀婷

台中測站的海象觀測資訊已維修很久，且部分資訊連線接收時間過長，例如需查詢中午１２：００的風力，卻要３０～４０分鐘後才可接收（部分時候），不夠即時。

港研中心回覆：謝謝指教，港研中心將持續努力改進。

(四)航港局 周子軒

AIS 資料更新頻率增加，常有港區內船舶航跡解析度不足

港研中心回覆：謝謝指教，港研中心將持續努力改進。

(五)航港局 邱劍中

1、 近期地震資訊漏列蘇澳港（近期地震頻率頗高）

2、 簡訊預警如何申請使用。

3、 簡報資料 PDF,PPT 是否可寄到本人信箱提供參考（建議未來開會前先提供）

港研中心回覆：

1. 港研中心目前地震監測系統，設定之觸發值 PGA(地表加速度)為大於 5gal，故小於 5gal 之地震將不收錄在資料庫內。

2. 目前已提供可自行設定預警值之 APP 軟體，可先行測試。

3. 遵照辦理。

(六)臺中港務分公司 劉立宏

潮位基準以臺灣第一水準點 TWVD2001 為主

港研中心回覆：參酌辦理。

附錄二

期末審查意見及辦理情形說明表

附錄二 期末審查意見及辦理情形說明表

交通部運輸研究所 103 年度科技計畫

期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：**港灣海氣象環境資訊整合及統計分析研究(2/4)**
—港灣海氣象資料品質檢核與統計分析（2/4）—
計畫編號：MOTC-IOT-103-H3DA002c
執行單位：運輸研究所港灣技術研究中心

參與審查人員及其所提意見	執行單位處理情形
一、林炤圭委員	
1. 本計畫工作項目很多，各項成果良好，有利未來應用。	1. 感謝委員肯定。遵照辦理。
2. 研究內容兼顧學理研究及實務應用，應為未來研究的典範。	2. 感謝委員肯定。
3. 海域油污監測引用黃鍔教授的EEMD，由於添加之white noise方法的關係，可能會有殘存之雜訊。	3. 感謝委員提醒。誠如委員所言，為了避免混模(mode mixing)之現象，EEMD 的演算流程中會添加一定程度的 white noise 於影像訊號中，但由於整個演算流程會重覆多次將原始影像添加 white noise 之後進行影像成分之分解，之後再將所有影像分解結果進行平均，如此可有效抑制住 white noise 的影響。為確保影像分析的正確性，未來會謹慎使用 EEMD 的分析技術。
4. 風速分季統計也隱含了風向分類的特性。考量風與波浪的相關性，統計分析中是否考慮以當地向岸風與離岸風依分類統計。	4. 目前僅進行風速統計及其檢核標準之建立。風向變化雖然具有季節特性，但在統計上不易獲得具代表性之分布。因此，暫不考慮納入檢核項目。
5. Weibwll分佈之參數間可能	5. 本計畫主要係建立風速檢

有相關性，建議作相關性分析。 6. 累積機率的圖之X軸標題建議用CDF表示。 7. 與氣壓之相關性可以探討。 8. 藍色公路之資訊系統未來有無可能提供航行船舶在規劃航線時可得到即時預報資訊。	核標準。對於機率函數之參數間相關性擬另案辦理。 6. 於文中補充說明。 7. 參酌辦理。 8. 目前之港灣環境資訊系統已可提供此項服務功能。
二、李忠潘委員 1. 成果豐碩。 2. 風速統計分析部份，建議把颱風單獨扣掉，另行分析，區隔季風及颱風的特性。 3. 風的記錄包含陣風及平均風速，風速差值統計分析部份，建議考慮入實測陣風與平均風速的差值。 4. p.2-3所述，L-band及C-band較適合於油污監測，為何仍用X-band呢？ 5. 式(3-1)為何有$\partial w/\partial z$項？為何不把定義為(u, v, w)？ρ_A應為P_A之誤，而ν與μ如為黏滯係數，應無方向之差，似為渦流黏滯係數之誤？而(3-7)式及(3-8)式之ϕ如為長度，又與ι不同單位，請確認。(3-4)及(3-5)式內的κ，不能同時代表溫及鹽的擴散係數，因為兩者相差大約可達100倍。	1. 感謝委員肯定。 2. 由原始風速資料如何明確辨別颱風及季風，目前正構思中。 3. 目前本中心之海氣象資料庫中風速資料並不包含陣風資料。 4. 委員誤解。文中所敘述為X-band 優於 L-band 及C-band。 5. 式(3-1)為描述水體的連續方程式，故只有w項。謝謝委員指正，ρ_A已更正為p_A。ν與μ分別為垂直與水平渦流黏滯係數。ψ通用長度尺度 (generic length-scale)，ℓ是紊流混合長度(turbulence mixing length)。κ是鹽度垂直渦流擴散係數或熱通量垂直渦流擴散係數，鹽度與熱通量共用一個代表符號。
三、郭一羽委員 1. 可用人造風速時系列(模擬異常資料)來驗證品管檢驗模式的可靠性。 2. 留意風速時系列是否有non-stationary的現象。	1. 除以人造風速外，將取一段實測風速進行測試。 2. 感謝委員提醒。遵照辦理。

3. 可再用頻譜分析多方探討數據品質。	3. 感謝委員指導。評估納入後續工作項目。
4. 往後可建立雷達油污監測的標準影像，以提升可靠性(波高監測已成熟可加以利用)。	4. 未來將會研擬雷達油污監測的標準作業流程。一旦有大型油汙事件發生，將即刻趕往現場取得油汙影像。
5. 本計畫有創新性且內容豐富具實用性。	5. 感謝委員肯定。
四、李兆芳委員	
1. 研究規劃和作法值得肯定，後續研究可進一步加強。	1. 感謝委員肯定。
2. 利用X-band雷達監測海面油污是好的想法，但是提及蚵架辨識的成果能否用來說明油污監測之結果，仍有思考空間。	2. 確實蚵架的監測結果並不能完整代表油汙監測之可行性。本計畫進行蚵架監測之目的是在還未取得油汙影像案例之前，先進行影像演算法之測試。
3. 利用風速差值得到的機率分佈是否只反應風的變化機制，用來作為檢定是否恰當值得思考。	3. 感謝委員提醒。本計畫於上一年度已規劃高低絕對值、空間相對值、時間相對值及因果相對值等4種合理性之海氣象資料自動檢核方法。目前風速差值之檢核僅是其中之一。
4. 結論內容可以再精簡，一般敘述可去除。	4. 遵照辦理。
5. 文獻寫法如13~16一般由年順序排列。	5. 謝謝委員指正。已修正。
6. 海域油污模式理論基礎的敘述可再明確說明。	6. 已加強補充說明。
7. 油污擴散模式之計算，在流場和污染之計算上，是否一齊算或順次算可增加說明，流場能否具代表性需要說明。	7. 利用海洋模式提供的流場資料做為油污擴散模式的輸入資料之一，即可連續每日模擬未來三日內溢油擴散。又模擬流場將利用實測資料校驗。

附錄三

期末審查簡報

港灣海氣象環境資訊整合與統計分析研究（2/4）

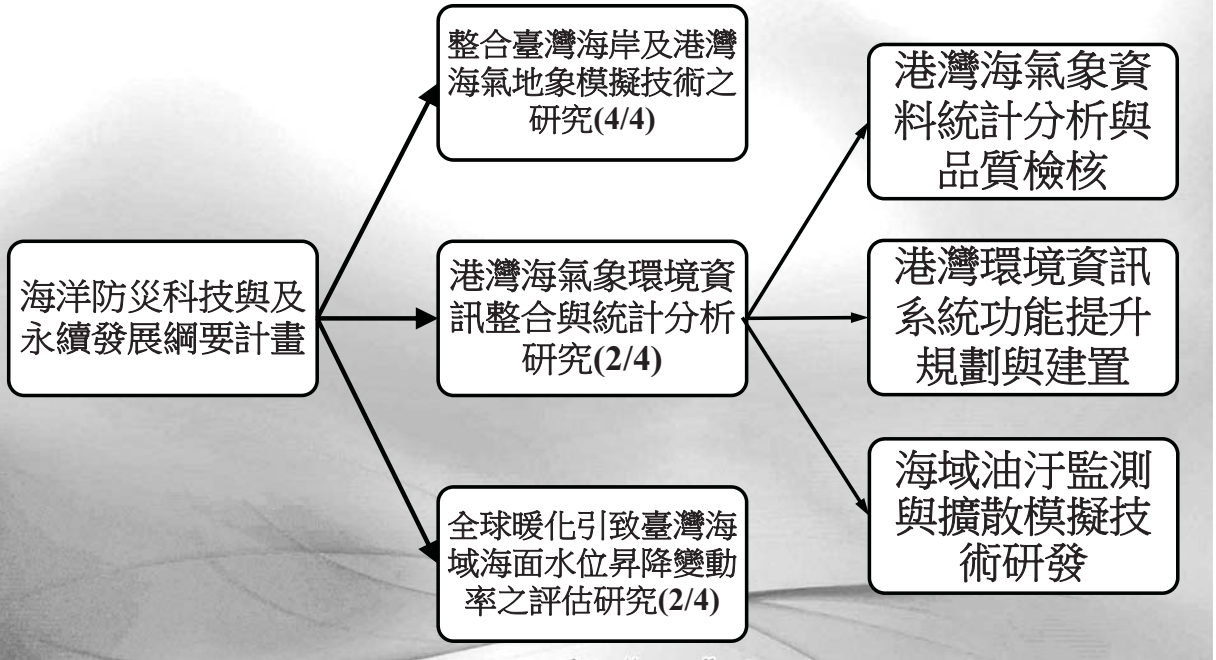
港灣海氣象資料統計分析與品質檢核（期末審查會議）



港研中心第三科
簡仲璟、陳明宗、劉清松

2015/02/13

計畫架構



簡報內容

一、計畫緣起目的與工作內容

二、工作成果說明

- 1.海氣象資料(風速)自動檢核系統建立　報告書第四、五章
- 2.海域油汙監測與擴散模擬技術研發　報告書第二、三章
- 3.港灣環境資訊系統整合建置　報告書第六章

三、結論與檢討

一、計畫緣起目的與工作內容

計畫緣起

- 為達成國家經濟之永續發展目標，各項交通基礎建設是必須之前端工作，不僅陸運或空運，對四面環海之台灣而言海運更不可忽略。
- 隨著經濟發展海上運輸交通日益繁忙，因此海上航行交通安全也日漸受到重視。對於船舶進出港操航、船難之處置對策及藍色公路航行安全等，對於有關港灣自然環境資訊的即時提供也是非常重要的需求。

http://www.ihmt.gov.tw
交通部運輸研究所港灣技術研究中心

一、計畫緣起目的與工作內容

計畫緣起

- 隨地球暖化所造成之氣侯異常，未來港灣也將面臨更嚴峻的環境變化威脅。因此，港灣環境的即時監測資料、數值模式計算之預測資料及其他相關防災預警資訊之獲得，將更形重要。
- 全球海域每年大約有超過300萬噸的廢油漂流於海上，其中有13%是來自於船難漏油。因此，若能在事發現場即時掌握油汙擴散範圍，並有效掌握未來的油汙擴散方向，將可有效降低對自然環境的衝擊。

一、計畫緣起目的與工作內容

計畫目的

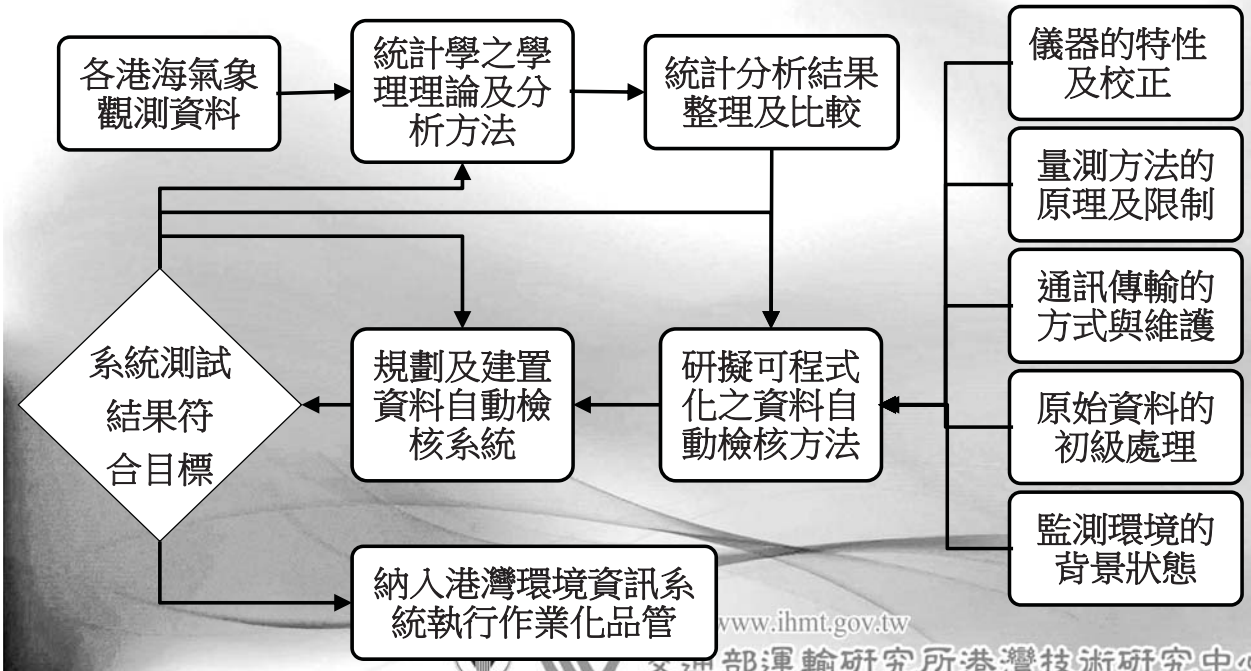
- 利用資訊技術整合臺灣各港口之海氣象監測、數值模式預測、船舶動態資訊與港區海嘯及地震資料等，透過資訊網路即時提供給相關單位、人員被動查詢或由系統主動預警通知，以提升船舶航行安全及減少自然災害損失。
- 以遙測技術為基礎，開發海域油汙監測技術；建立海域油汙擴散預測系統，協助掌握污染在時空上的變化情況。
- 基於資料之立即應用並轉化為可靠之資訊需求，對資料進行即時檢核及管制有其必要性。因此，需要建立一套海氣象資料自動檢核系統，藉以提升即時觀測資料品質並降低人工品管之人力負擔。

http://www.ihmt.gov.tw
交通部運輸研究所港灣技術研究中心

一、計畫緣起目的與工作內容

工作內容

1.海氣象資料自動檢核系統建立工作流程



www.ihmt.gov.tw
交通部運輸研究所港灣技術研究中心

一、計畫緣起目的與工作內容

工作內容

1.1海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

資料蒐集方法：利用本中心建置之臺中港、安平港及布袋港海氣象長期監測系統及中央氣象局梧棲測站

資料蒐集期間：1999/01~2011/11

資料蒐集項目：風速、風向

分析方式：

(1)機率密度函數選定及風速統計機率

(2)風速機率分布之比較

(3)風速合理性檢核標準之研擬

(4)風速差值機率分布之比較

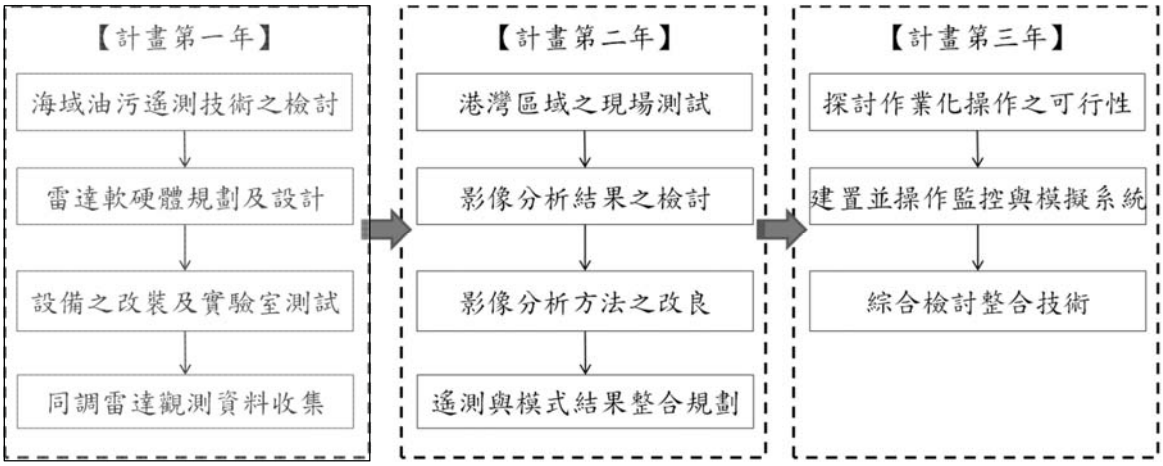
(5)風速差值合理性檢核標準之研擬

http://www.ihmt.gov.tw
交通部運輸研究所港灣技術研究中心

一、計畫緣起目的與工作內容

工作內容

2.海域油汙監測與擴散模擬技術研發流程



海域油汙雷達監測

一、計畫緣起目的與工作內容

工作內容

2.海域油汙監測與擴散模擬技術研發流程

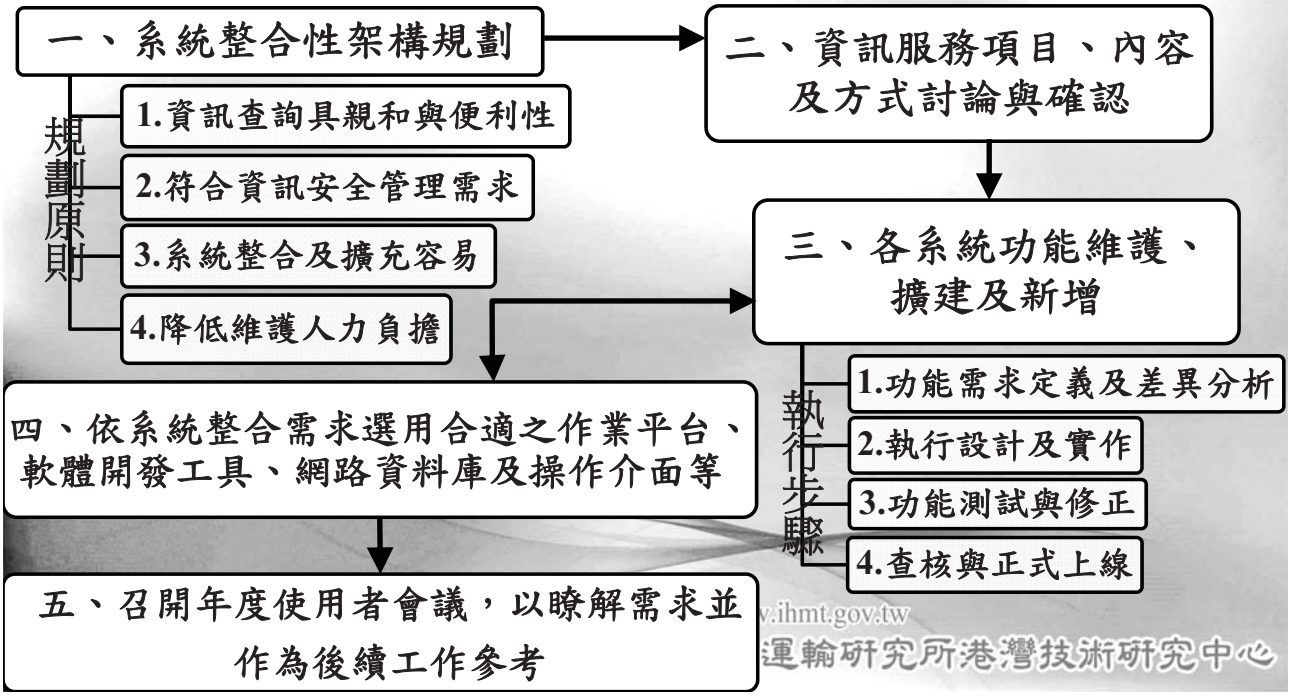


油汙擴散數值模擬

一、計畫緣起目的與工作內容

工作內容

3.港灣環境資訊系統整合建置工作流程



二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立



臺中港區風測站位置

紅星1：
北防波堤堤頭
(24˚18'49"N 120˚29'27"E；TCW1)
紅星2：
北防風林
(24˚18'18"N 120˚31'52" E；TCW0)
紅星3：
港務大樓
(24˚15'25"N 120˚31'23" E；TCE0)

期間：1999~2011

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立



安平港區風測站位置

紅星1：
安平港觀測樁
(22˚56'37"N 120˚08'10"E ；APX0)
紅星2：
安平港信號台
(22˚58'09"N 120˚09'54"E ；APW0)

期間：1999~2011

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立



布袋港區風測站位置

紅星：
辦事處大樓頂樓
(23˚23'00"N 120˚08'50" E ；PTW0)

期間：2006~2011

http://www.ihmt.gov.tw
交通部運輸研究所港灣技術研究中心

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

風速分布機率密度函數

1.韋伯3參數(Weibull 3P)

$$f(x)=\frac{\alpha}{\beta}(\frac{x-\gamma}{\beta})^{\alpha-1}exp(-(\frac{x-\gamma}{\beta})^{\alpha})$$

2.韋伯2參數(Weibull 2P)

$$f(x)=\frac{\alpha}{\beta}(\frac{x}{\beta})^{\alpha-1}exp(-(\frac{x}{\beta})^{\alpha})$$

3.萊利(Rayleigh)

$$f(x)=\frac{x-\gamma}{\beta^2}exp(-\frac{1}{2}(\frac{x-\gamma}{\beta})^2)$$

x為樣本變數，$f(x)$為機率密度函數(probability density function)，α、β及γ為描述機率密度函數之參數，γ稱為位置參數(location parameter)與樣本平均值(mean)有關，而β值稱為尺度參數(scale parameter)與樣本標準偏差(standard deviation)有關，α為形狀常數，決定機率函數之尖扁形狀。

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

風速分布機率密度函數

4.通用極值(Generalized Extreme Value)

$$f(x)=\begin{cases}\frac{1}{\beta}exp\left(-(1+\alpha z)^{-\frac{1}{\alpha}}\right)(1+\alpha z)^{-1-\frac{1}{\alpha}}, & \alpha\neq 0\\ \frac{1}{\beta}exp(-z-exp(-z)), & \alpha=0\end{cases}$$

5.伽瑪(Gamma)

$$f(x)=\frac{(x-\gamma)^{\alpha-1}}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)}exp(-(x-\gamma)/\beta)$$

6.對數常態(Lognormal)

$$f(x)=exp(-\frac{1}{2}(\frac{ln(x-\gamma)-\beta}{\alpha})^2)/(x-\gamma)\alpha\sqrt{2\pi}$$

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

風速分布機率密度函數

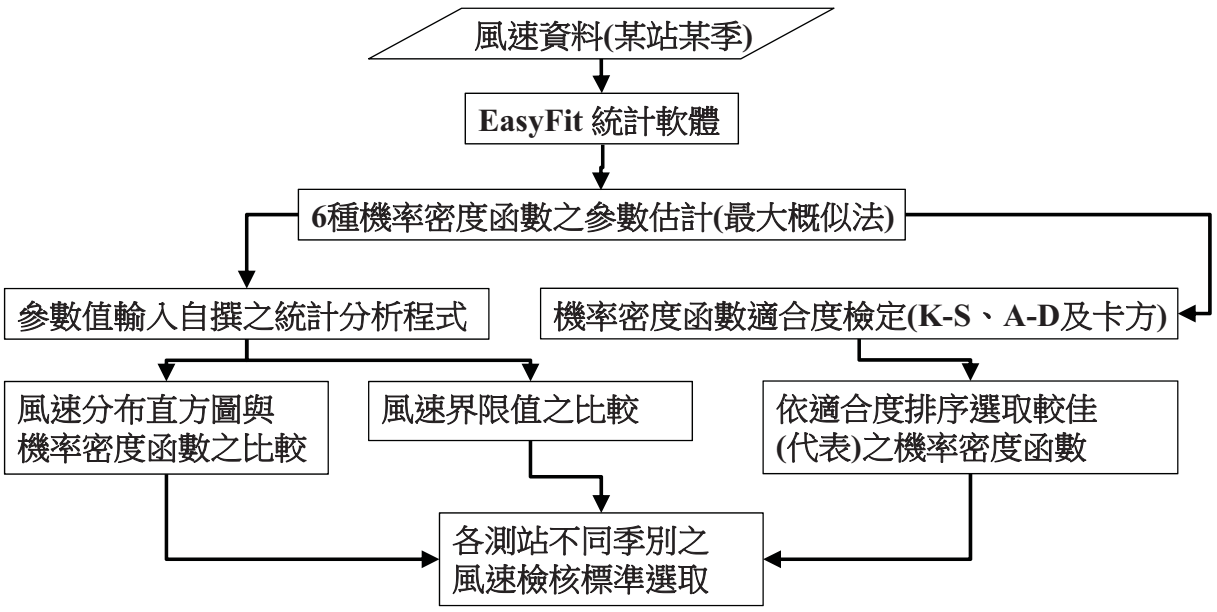
一般機率密度函數之參數推定法，有力矩法 (MOM，method of moment)，最小二乘法(LSM， least square method)及最大概似法 (MLM，maximum likelihood method)等。在一般情況下，最大概似法有較佳的統計特性，尤其是用於很多樣本時，可獲得較佳參數估計值。

風速分佈圖形究竟屬於那種機率密度函數？最常見方法是繪製這些數據的統計直方圖 (Histograms)，然後利用適合度 (Goodness of Fit) 檢定方法，去測試直方圖所呈現的統計分佈與那些已知機率密度函數分佈最接近。常用之檢定方法如卡方檢定 (Chi-Square)、K-S (Kolmogorov-Smirnov)檢定及A-D檢定(Anderson-Darling)等方法。

http://www.ihmt.gov.tw
交通部運輸研究所港灣技術研究中心

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立



自動檢核系統建立流程

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

風速分布機率密度函數 **6種機率密度函數之參數估計(最大概似法)**

#	Distribution	Parameters
1	Gamma (3P)	α=7.8065 β=0.65178 γ=-0.63865
2	Gen. Extreme Value	k=-0.12123 σ=1.6108 μ=3.6939
3	Lognormal (3P)	σ=0.23419 μ=2.0089 γ=-3.2125
4	Rayleigh (2P)	σ=3.0223 γ=0.57513
5	Weibull	α=2.8804 β=4.9686
6	Weibull (3P)	α=2.2878 β=4.4043 γ=0.54919

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

風速分布機率密度函數 **機率密度函數適合度檢定(K-S、A-D及卡方)**

#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
1	Gamma (3P)	0.02436	4	2.2577	3	35.24	4
2	Gen. Extreme Value	0.02204	2	1.6279	2	21.735	2
3	Lognormal (3P)	0.0259	5	2.3946	4	39.846	5
4	Rayleigh (2P)	0.05664	6	17.897	6	91.588	6
5	Weibull	0.02324	3	6.8226	5	25.442	3
6	Weibull (3P)	0.01496	1	1.339	1	8.1246	1

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

風速分布機率密度函數

依適合度排序選取較佳(代表)之機率密度函數

資料名稱：TCE0_Spring						
機率密度函數 / 適合度檢定	韋伯3參數	韋伯2參數	通用極值	伽瑪	對數常態	萊利
K-S 檢定	1	4	2	3	5	6
A-D 檢定	2	4	1	3	5	6
卡方 檢定	1	4	2	3	6	5
總和排序	1	4	2	3	5	6

臺中港E0測站春季各機率密度函數適合度排序

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

風速分布機率密度函數

依適合度排序選取較佳(代表)之機率密度函數

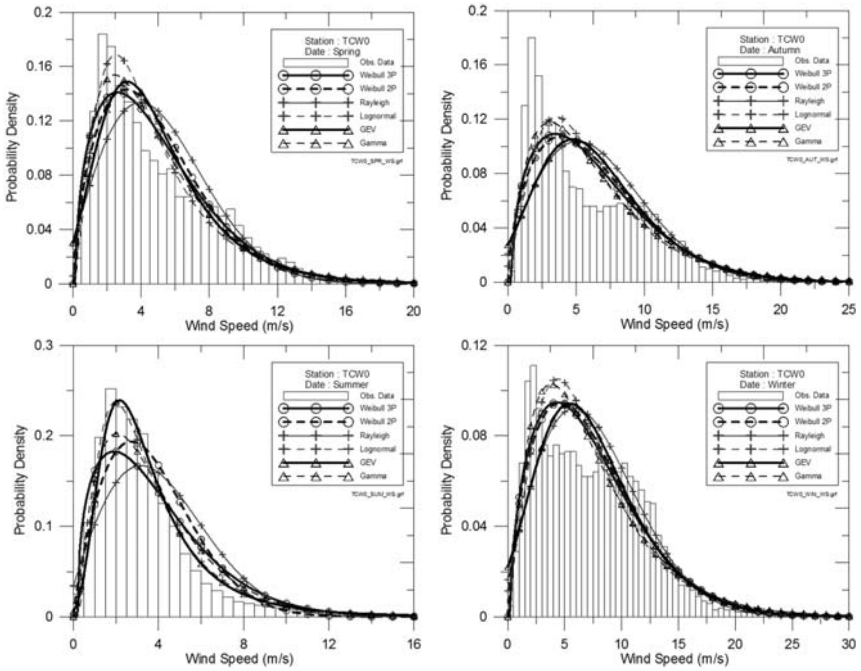
機率密度函數	韋伯3參數	韋伯2參數	通用極值	伽瑪	對數常態	萊利
臺中港E0春季	1	4	2	3	5	6
臺中港E0夏季	2	5	1	3	6	4
…	…	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…	…
布袋港W0冬季	1	5	2	3	4	6
全體總和排序	1(53)	4(83)	2(55)	3(81)	5(104)	6(119)

各測站各季各機率密度函數適合度總排序

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

風速分布直方圖與機率密度函數之比較

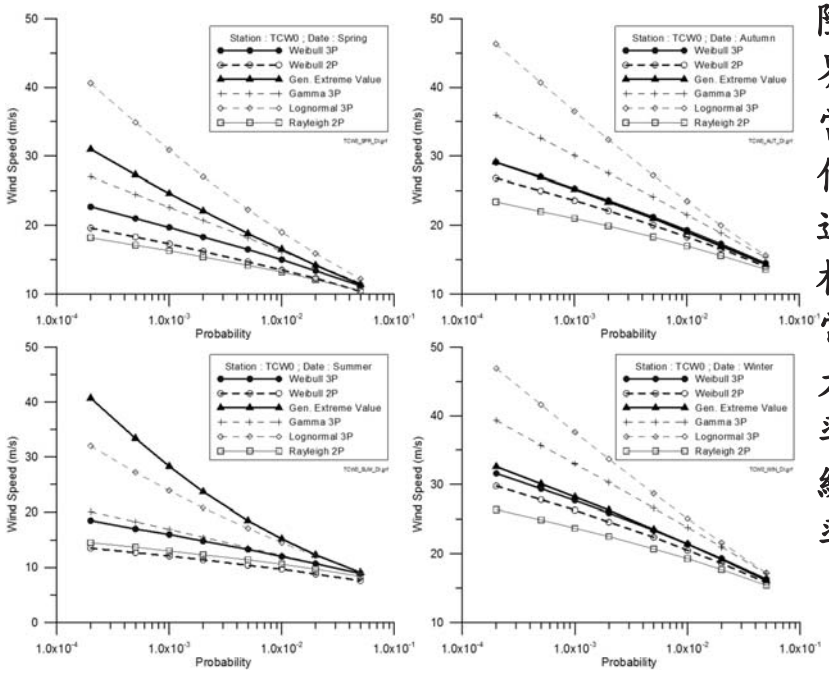


由風速直方圖分布與各機率密度函數之套疊結果比較顯示其匹配效果在春季及夏季較佳，秋季及冬季則有較大偏差。整體而言，各機率密度函數大致可有效描述風速的分布情形，其中以韋伯3參數及伽瑪較佳。

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

風速界限值之比較

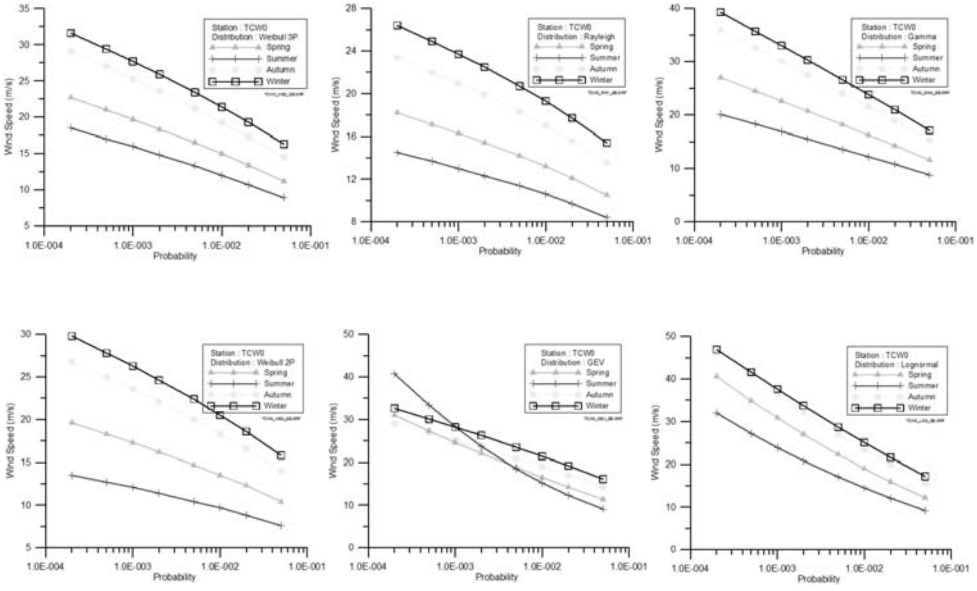


隨累積機率愈小風速界線值愈大，此表示當風速自動檢核在較低之累積機率下其風速檢核標準較大。在相同累積機率下對數常態之風速界線值最大而萊利最小。各機率密度函數間風速界線值之差異隨累積機率愈小而愈明顯。

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

風速界限值之比較



相同累積機率下各機率密度函數之風速界線值隨季別不同而有差異，其中以冬季最大、春季與秋季次之、夏季則最小。

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

風速合理性檢核標準

季別及機率函數 / 測站	春季		夏季		秋季		冬季	
	風速標準	函數型式	風速標準	函數型式	風速標準	函數型式	風速標準	函數型式
臺中港E0	15.6	韋伯3	14.1	通用	19.2	韋伯3	14.5	通用
臺中港W0	20.7	伽瑪	23.7	通用	23.6	韋伯3	25.9	韋伯3
臺中港W1	33.3	通用	30.5	通用	38.2	韋伯3	27.5	通用
安平港W0	11.5	通用	9.3	韋伯3	12.4	通用	10.3	韋伯3
安平港X0	14.7	韋伯2	20.3	通用	17.6	韋伯2	16.2	韋伯3
布袋港W0	17.7	伽瑪	17.4	常態	18.2	韋伯3	14.5	韋伯3

風速檢核標準與測站地理位置、季別種類、累積機率大小及機率密度函數型式因素有關。因此，本計畫初步選定累積機率0.2%及排序最高之機率密度函數作為風速檢核標準訂定條件

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

風速差值分布機率密度函數

1.強森-SU(Johnson SU)

$$f(x)=\frac{\delta}{\lambda\sqrt{2\pi}\ \sqrt{z^2+1}}exp\left(-\frac{1}{2}\left(\gamma+\delta ln\left(z+\sqrt{z^2+1}\right)\right)^2\right)$$

2.常態(Normal)

$$f(x)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)$$

3.誤差函數(Error Function)

$$f(x)=\frac{h}{\sqrt{\pi}}exp(-(hx)^2)$$

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

風速差值分布機率密度函數

4.邏輯(Logistic)

$$f(x)=\frac{exp(-z)}{\sigma(1+exp(-z))^2}$$

5.通用極值(Generalized Extreme Value)

$$f(x)=\begin{cases}\frac{1}{\beta}exp\left(-(1+\alpha z)^{-\frac{1}{\alpha}}\right)(1+\alpha z)^{-1-\frac{1}{\alpha}}, & \alpha\neq 0\\ \frac{1}{\beta}exp(-z-exp(-z)), & \alpha=0\end{cases}$$

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

風速差值分布機率密度函數

5種機率密度函數之參數估計(最大概似法)

#	Distribution	Parameters
1	Error Function	h=0.36458
2	Gen. Extreme Value	k=-0.18661 σ=1.7834 μ=-0.74697
3	Johnson SU	γ=-0.69749 δ=2.3295 λ=3.9161 ξ=-1.3049
4	Logistic	σ=1.0693 μ=6.3215E-5
5	Normal	σ=1.9395 μ=6.3215E-5

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

風速差值分布機率密度函數

機率密度函數適合度檢定(K-S、A-D及卡方)

#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
1	Error Function	0.0385	4	15.006	3	91.436	4
2	Gen. Extreme Value	0.02746	2	24.429	5	N/A	
3	Johnson SU	0.01465	1	1.0246	1	20.744	1
4	Logistic	0.02871	3	6.7071	2	38.613	2
5	Normal	0.03852	5	15.011	4	91.436	3

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

風速差值分布機率密度函數

資料名稱：TCE0_Spring　DT=01					
機率密度函數 / 適合度檢定	誤差函數	通用極值	強森SU	邏輯	常態
K-S 檢定	5	3	1	2	4
A-D 檢定	4	5	1	2	3
卡方 檢定	4	-	1	2	3
總和排序	5	4	1	2	3

臺中港E0測站春季時間間隔1小時各機率密度函數適合度排序

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

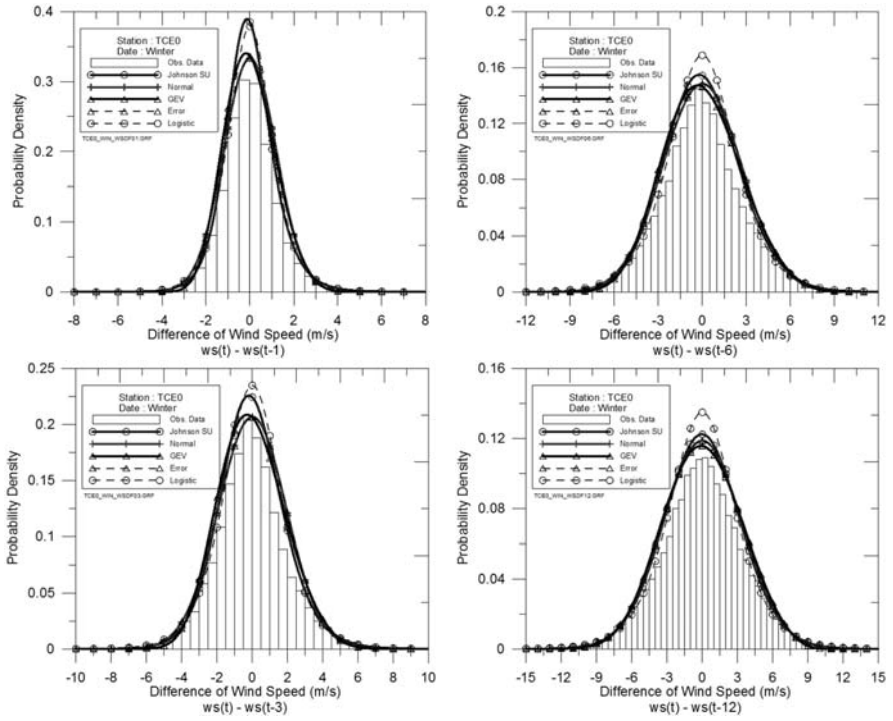
風速差值分布機率密度函數

機率密度函數 / 資料名稱	誤差函數	通用極值	強森SU	邏輯	常態
臺中港E0春季	5	4	1	2	3
臺中港E0夏季	5	4	1	2	3
…	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…
布袋港W0冬季	3	4	1	2	5
全體總和排序	**3**(84)	**4**(94)	**1**(26)	**2**(46)	**5**(100)

各測站各季時間間隔1小時各機率密度函數適合度總排序

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

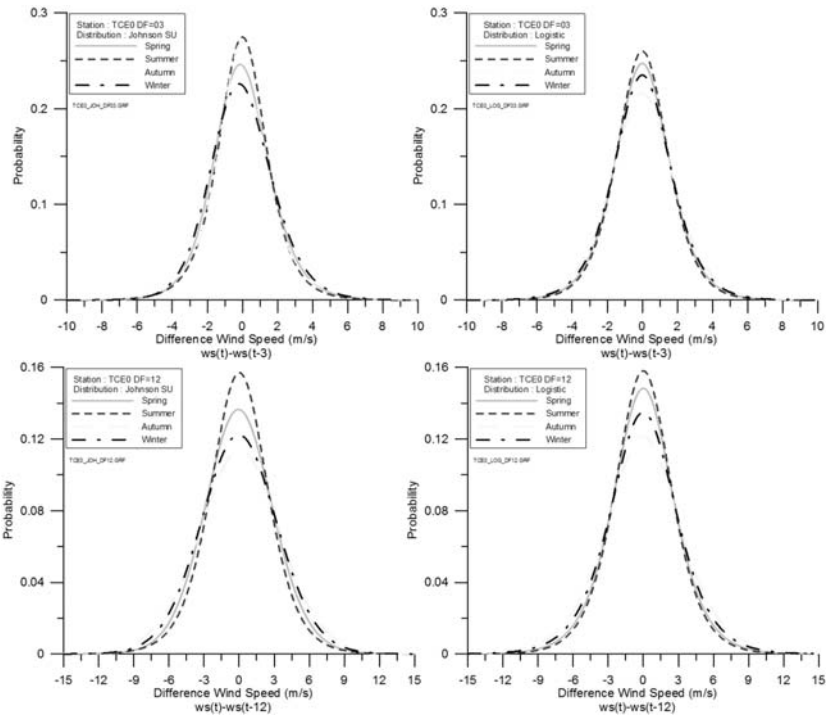


風速差值分布直方圖與機率密度函數之比較

相較風速分布與理論機率密度函數之套疊以風速差值分布有更佳的結果。因此，利用風速差值進行風速資料之檢核，較直接由風速做檢核來得可靠。各機率密度函數形狀隨時差愈大而變得愈平緩。

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

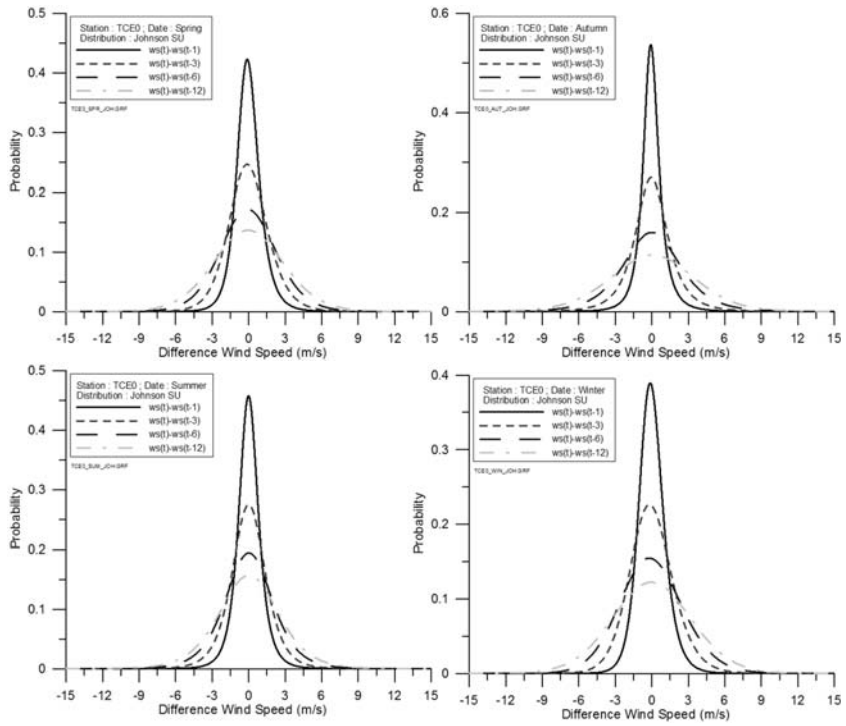


不同季別之機率密度函數比較

臺中港E0測站不同季別下各時差風速差值之機率密度函數受季別差異之影響，大致上夏季之機率密度函數最尖聳、春冬次之，秋季則最平緩。整體而言，機率密度函數受季別差異之影響不大。

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

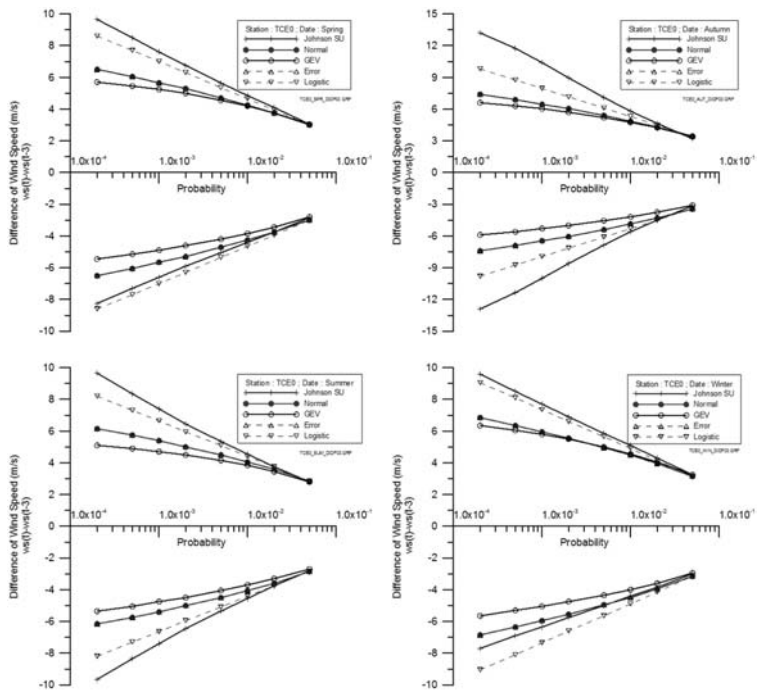


不同時間間隔之
機率密度函數比較

機率密度函數明顯受時間間隔(時差)之影響，其形狀隨時差愈大而愈平緩，換言之，時差愈大風速差值分布愈分散，此與一般風速變動特性相符。此比較歸納結果不隨季別、機率密度函數型式及測站不同而有明顯差異。

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

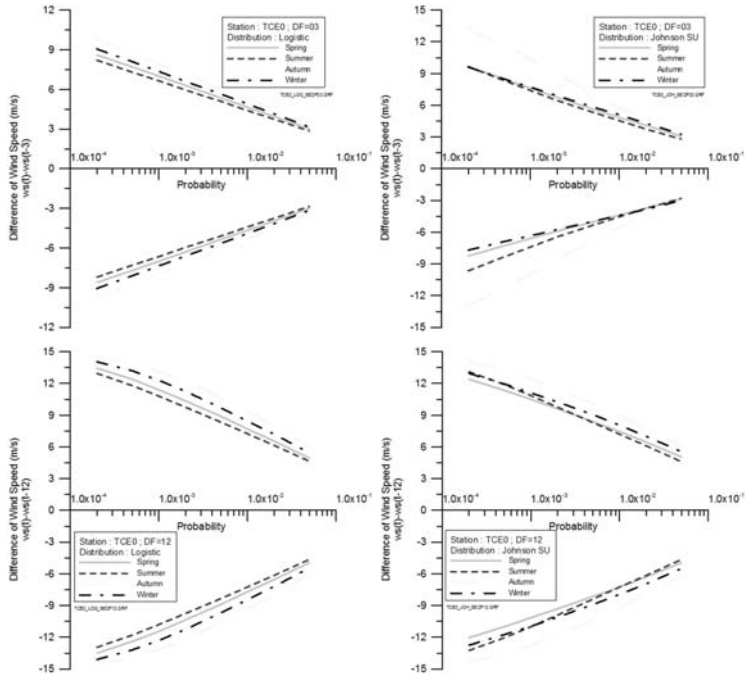


不同機率密度函數
之界線值比較

當累積機率愈大時不同機率函數風速差值的界線值差異愈不明顯。但是當累積機率愈小時不同機率函數風速差值的界線值差異愈大，因此針對風速差值檢核標準而言，將受累積機率的選定影響。

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

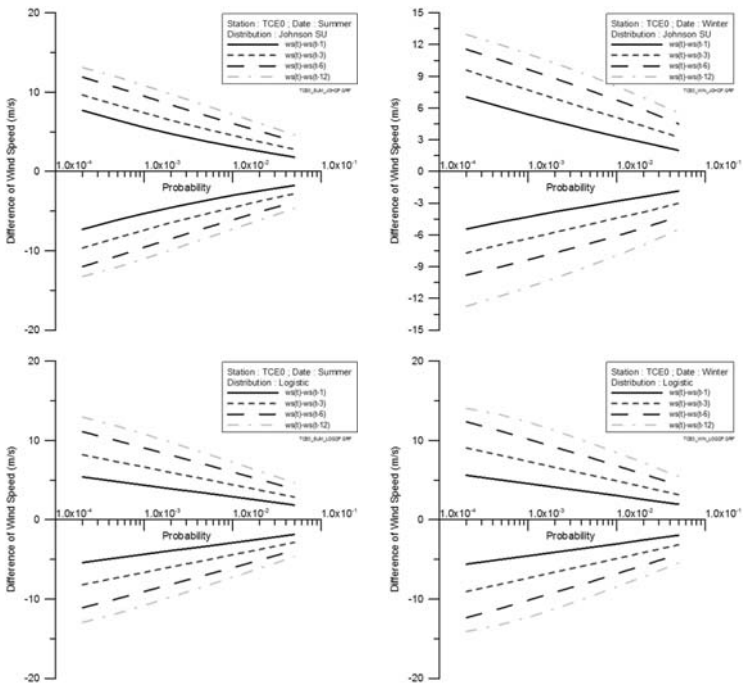


不同季別之界線值比較

在相同累積機率下不同季別之風速差值的界線值差異不大，其差異對照不同機率密度函數之比較結果為小。換言之，風速差值的界線值選定受機率密度函數型式的影響大於不同季別的考量。

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立



不同時間間隔(時差)之界線值比較

在相同累積機率下不同時差之風速差值的界線值差異明顯，其差異對照不同季別之比較結果為大。換言之，風速差值的界線值選定受時差大小的影響大於不同季別的考量。

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

風速差值合理性檢核標準

時差及正負值 / 測站	時差1		時差3		時差6		時差12	
	正值	負值	正值	負值	正值	負值	正值	負值
臺中港E0	4.15	-5.15	7.15	-7.15	10.25	-10.25	12.20	-12.20
臺中港W0	4.35	-4.35	8.05	-8.05	11.70	-11.70	13.60	-13.60
臺中港W1	5.50	-5.50	10.30	-10.30	13.50	-13.50	14.35	-14.40
安平港W0	3.80	-3.80	5.70	-5.70	7.25	-7.25	8.15	-8.15
安平港X0	4.75	-4.75	7.75	-7.75	10.10	-10.10	11.75	-11.75
布袋港W0	4.10	-4.10	6.85	-6.85	9.30	-9.30	11.05	-11.05

風速差值檢核標準與測站地理位置、時差大小、累積機率大小及機率密度函數型式因素有關。因此，本計畫初步選定累積機率0.2%；機率密度函數選用邏輯函數；採多種時差之結果，以降低由於資料缺漏無法檢核之情況作為風速差值檢核標準訂定條件

二、工作成果說明

1. 海氣象資料(風速)自動檢核系統建立

風速差值合理性檢核標準

由風速進行資料檢核時，因檢核標準會受樣本取樣方式(如本計畫之季別劃分)差異影響，而降低檢核效果。相對由風速差值進行資料檢核，因檢核標準不受季別差異影響，而無檢核效果降低之疑慮。

此外風速分布直方圖與6種理論機率密度函數匹配結果有些不盡理想，但由於風速差值分布直方圖與5種理論機率密度函數匹配結果卻相當吻合，適合度排序及相關統計分析數值也較穩定。

再者風速檢核標準隨季別及測站之變化趨勢較不一致；相對風速差值檢核標準隨時差及測站之變化趨勢相當一致。

因此，以風速差值進行檢核應該比由風速直接做檢核來得可靠理想。

二、工作成果說明

2.海域油汙監測與擴散模擬技術研發

2014-1-3　字型：＋ － | 發言 | 列印 | 轉寄

梧棲港外現油污 漁網沾染受損

Ads by Google
【虹源翻譯社】 www.hong-yan.com.tw/
專注於多國語言翻譯，口譯，公證等， 品質優價格低

〔記者張軒哲／清水報導〕梧棲漁港外海日前出現油污情況，有多艘漁船漁網遭到污染，現值補撈烏魚旺季，漁民漁網受損，抱怨影響烏魚季作業，直呼損失慘重，懷疑是商船亂排廢油導致。環保局與海巡隊追查污染源，卻查無油污，環保局將持續調查。


梧棲漁港漁民漁網受污染。（記者張軒哲攝）

近日正值海線漁民捕撈烏魚季尾聲，漁民拉起漁網全都嚇一跳，漁網沾染一層黑色油污，漁網要費時清洗，還有幾天的烏魚季，因無法出海捕撈，損失不少漁獲。漁民楊貴雄表示，這幾天忙著捕撈烏魚，現在卻無漁網可補。

漁民指出，前兩天從苗栗苑裡到彰化王功一帶部分海域，海面漂浮不明油污，眾人依沾染在漁網上的污漬推斷，懷疑是有商船任意在外海排放油污，近日正值烏魚汛期，漁民夜間作業，因視線不佳，沒見到油污，等到起網時，驚覺黑色漁網，又氣又無奈。

漁民向市府海洋資源漁業發展所通報，環保局與海巡隊追查污染源。環保局水質及土壤保護科科長江明山說，派員巡視大肚溪沿岸，並無發現河川與出海口被黑油污染，排除污染源從河川排入海域。海巡隊有派員至外海巡視，並未發現海面有油污，將持續追查。





台中港海面油污污染疑煤炭輪肇禍

Share 0　Tweet 0　Share 0　+1 0　Like 0　文字大小

摘錄自2009年1月4日中廣新聞網報導

台中港「24號碼頭」3日傍晚發生油料污染，第三海岸巡防總隊發現，立即出動人員，以攔油索及除油棉緊急攔截油污，4日上午，油污已經全部被吸附，初步瞭解，污染面積約200公尺長，寬度約4到5公尺。第三海岸巡防總隊表示，到4日上午，海面油污已經處理完畢。

由於台中港24號碼頭正好停泊一艘巴拿馬籍的煤礦輪，油污就在煤炭輪附近海面，環保單位已經採取油污樣本比對，如果證實是這艘煤炭輪造成污染，將依法開罰。

- **根據我國海洋污染防治法第十一條之規定，各類港口管理機關應依該法及其他相關規定採取措施，以防止、排除或減輕所轄港區之污染。**

二、工作成果說明

2.海域油汙監測與擴散模擬技術研發

103年度近海油汙事件追蹤

發生時間	發生地點	事件說明
1月3日	高美溼地岸際海域	於高美溼地岸際海域發現油汙污染，海巡署安檢所人員即攜帶除污裝備協同臺中縣環保局水保科等相關單位人員，將油汙順利清除完畢。
1月7日	馬公漁港	因工廠內油管破裂導致廠區左後方約50公尺處潮間帶產生油汙，馬公漁港安檢所即於現場進行油汙清理，現場油汙無擴散情形。
2月26日	旗津漁港	於旗津漁港發現油汙污染；五總隊旗后安檢所、中興商檢所人員即攜帶除污裝備協同旗津漁港管理人員，將油汙順利清除完畢。
3月27日	新竹漁港	因漁船於新竹漁港內下沉，已有油汙外漏情形，隨即佈放吸油棉並聯繫環保局人員共同將油汙實施清除。
7月2日	琉球鄉威尼斯沙灘岸際	於琉球鄉威尼斯沙灘岸際發現一桶油桶漂浮在海上，並有油汙外洩，隨即派員實施攔油索佈放及投置吸油棉後，污染範圍已獲得控制。
7月13日	澎湖赤馬漁港	港區整補場前方有大片油汙。海巡安檢所人員立即於現場鋪設攔油索及吸油棉。數小時內油汙就已受到控制。
9月11日	苗栗外埔漁港	因包商施工不慎造成柴油外洩，海巡署與縣府環保局今天清查汙染水域約100平方公尺。
10月10日	澎湖外海	海研五號研究船在澎湖外海沉沒。環保署水保處於13日在澎湖岸際巡視，並未發現油汙情況。
10月24日	臺東長濱港區	海巡署巡查港區時發現港區內有面積約140平方公尺之黑色浮油。在海巡人員歷經2個小時妥善處理，油汙已受到控制，有效抑止污染。
10月31日	臺東富岡漁港	紅燈塔處發現輕油之油汙，即施放攔油索及吸油棉將油汙清除。
11月7日	臺東大武漁港	大武安檢所於港區安檢亭前方發現油汙污染(70公尺*3公尺、輕油)。

二、工作成果說明

2.海域油汙監測與擴散模擬技術研發

計畫目標：以遙測技術為基礎，開發海域油汙監測技術；建立海域油汙擴散預測系統，協助掌握污染在時空上的變化情況。

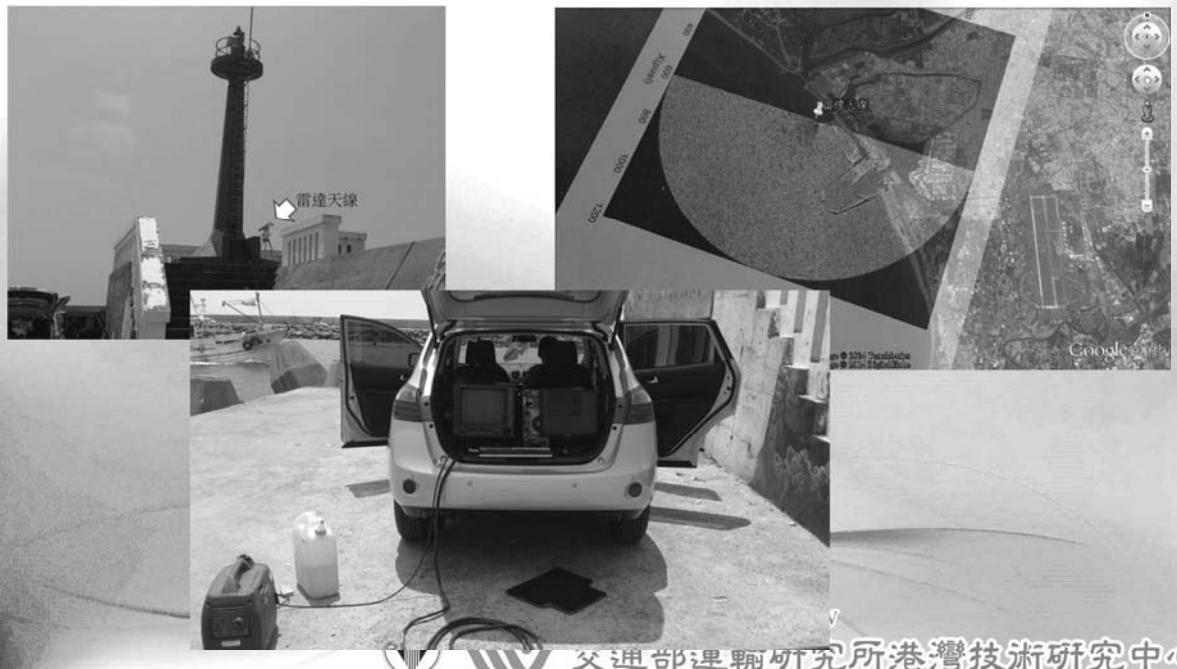
範圍對象：研究範圍聚焦於港灣附近之小尺度(數公里內)水域，研究對象為油汙監測以及油汙擴散預測之自主技術研發。

工作內容：以航海雷達為基礎進行系統研發及實驗室測試。蒐集分析目前國內外海流預報模式的發展現況，進而評估及比較適用於油汙擴散模擬之臺灣海域作業化海流預報模式。

二、工作成果說明

2.海域油汙監測與擴散模擬技術研發

雷達之海岸現場觀測試驗

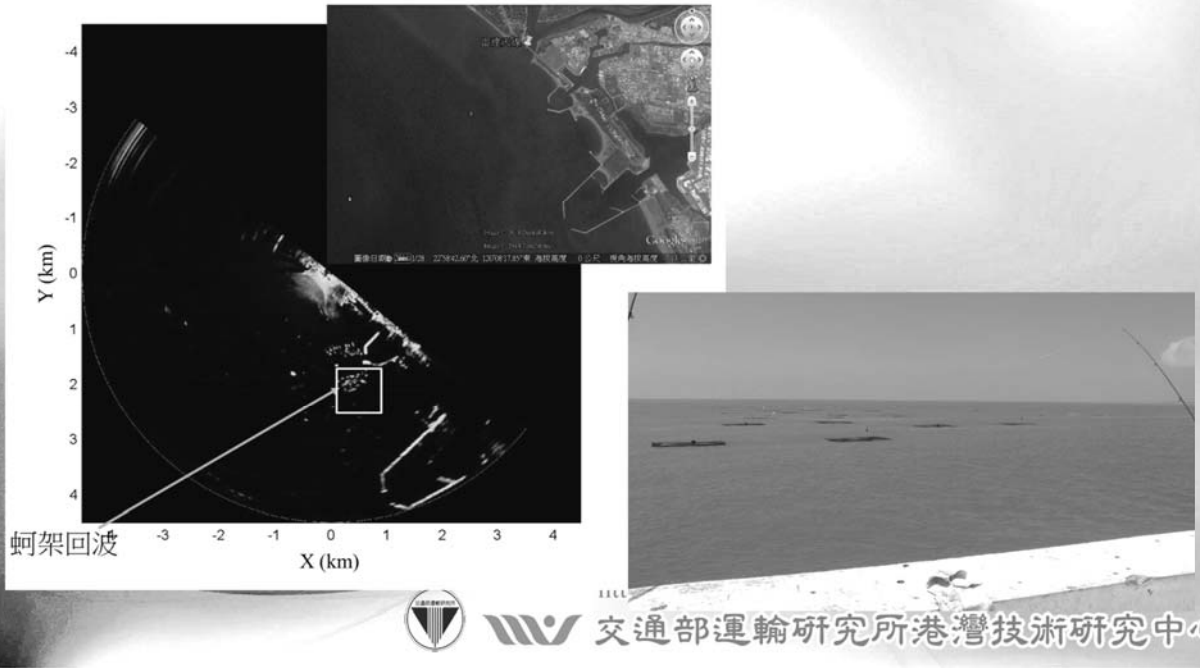


交通部運輸研究所港灣技術研究中心

二、工作成果說明

2.海域油汙監測與擴散模擬技術研發

雷達之海岸現場觀測試驗

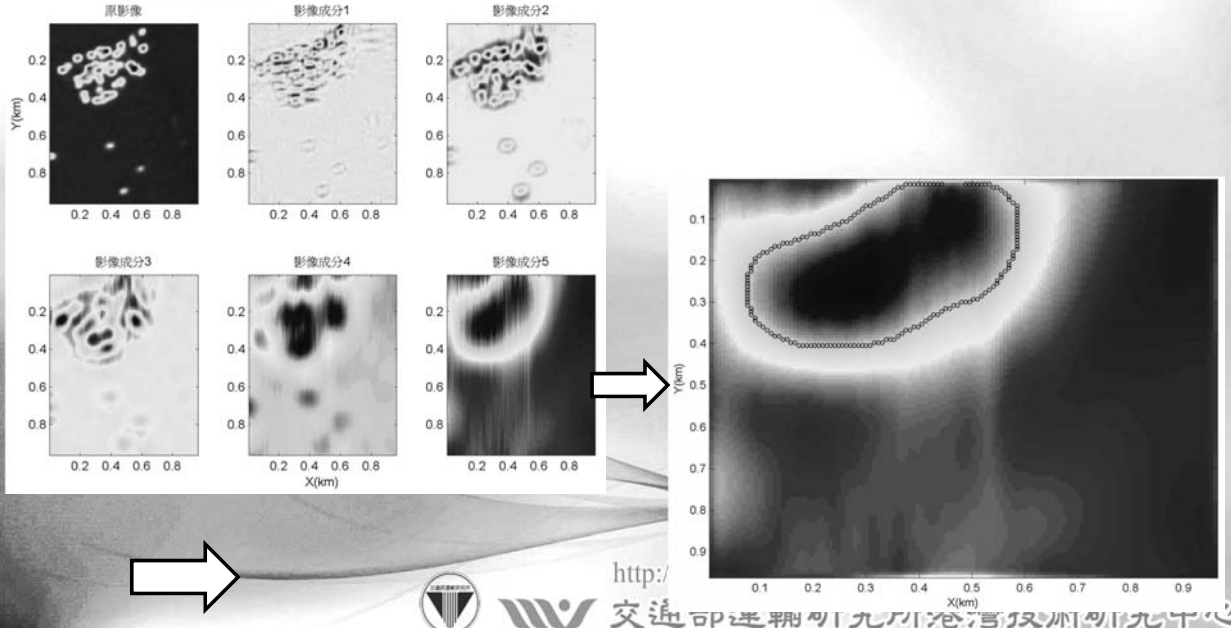


二、工作成果說明

2.海域油汙監測與擴散模擬技術研發

雷達之海岸現場觀測試驗

影像特徵邊緣偵測



二、工作成果說明

2.海域油汙監測與擴散模擬技術研發

海流模式比較

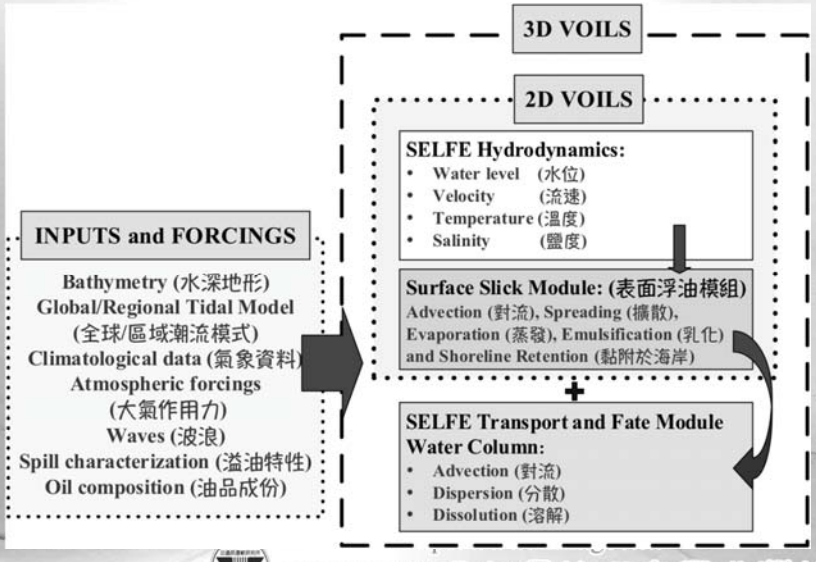
海流模式	數值方法	驅動力	垂直方向座標系統	模組
NEMO	有限差分法	潮汐、各種氣象資料、河流等	S座標；Z座標 混合SZ座標	海冰、示踪劑、生物化學
COHERENS	有限差分法	潮汐、各種氣象資料、河流等	σ座標系統	生態、漂砂、粒子追蹤
FVCOM	有限體積法	潮汐、各種氣象資料、河流等	σ座標系統 S座標系統	資料同化、系集卡門濾波、多層網格嵌套、三維乾濕處理、波浪、GOTM紊流、三維漂砂、水質生態、追蹤顆粒、極區冰
HYCOM	有限差分法	各種氣象資料	垂向混合座標	
POM	有限差分法	潮汐、各種氣象資料、河流等	σ座標系統	
ROMS	有限差分法	潮汐、各種氣象資料、河流等	S座標系統	波浪、大氣、生態系統、資料同化、沉積、極區冰
SELFE	**有限元素法**	**潮汐、各種氣象資料、河流等**	**混合SZ座標或S座標**	**油污擴散、波浪、生態系統、資料同化、漂砂、水質**

二、工作成果說明

2.海域油汙監測與擴散模擬技術研發

油汙染模式架構

油污染擴散數值模式，除需結合海洋流體動力數值模式，亦需加入地形、氣象、波浪、潮流及油品特性等條件。



二、工作成果說明

2.海域油汙監測與擴散模擬技術研發

SELFE oil spill model與OILMAP model比較

模式功能	項目	SELFE-OIL SPILL MODEL	OILMAP MODEL
外部輸入條件	風	ˇ	ˇ
	波浪	ˇ(輸入波浪場資料)	ˇ(輸入單點波浪資料)
	流	ˇ (SELFE model)	ˇ (HYDROMAP model)
油汙風化過程	延散 (Dispersion)	ˇ	ˇ
	擴展 (Spreading)	ˇ	ˇ
	乳化 (Emulsification)	ˇ	ˇ
	溶解 (Dissolution)	ˇ	ˇ
	蒸發 (Evaporation)	ˇ	ˇ
	氧化 (Oxidation)	ˇ	ˇ
	沉澱及沉降 (Sedimentation/Sinking)	ˇ	ˇ
	生物分解 (Biodegradation)	X	ˇ
	海岸交互作用 (Coastal-interaction)	ˇ	ˇ

二、工作成果說明

2.海域油汙監測與擴散模擬技術研發

選擇SELFE模式之考量

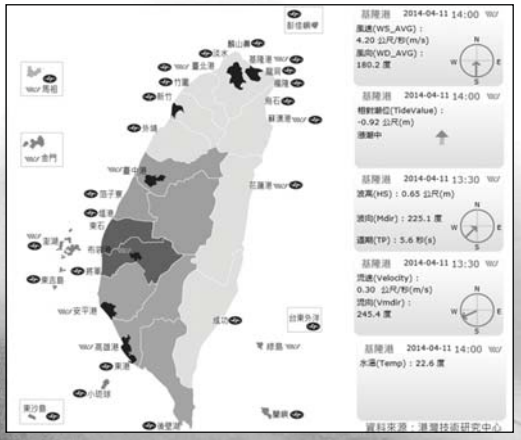
- **SELFE模式採用有限元素的非結構性網格設置，垂直網格結合S與Z座標可提高表底層之解析度與避免因地形變化較大產生之水平壓力梯度不一致性。**
- **SELFE模式利用半隱式法求解，可使用較大的時間步長計算，並確保模式的穩定與精度。**
- **SELFE-Oil spill model結合數值波浪模式，可輸入區域波浪場的資料，相較於商業用軟體OILMAP僅輸入單點的波浪資料更能完整描述溢油在海面上受到波浪的影響。**
- **具有快速的電腦計算效率，可以達到災害緊急應變與防災預警之時效要求。**
- **可由網站免費下載開放性源碼(open source)進行程式的修改。**

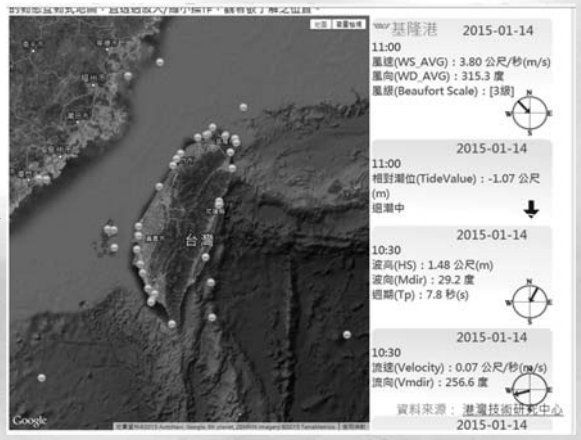
http://www.ihmt.gov.tw
交通部運輸研究所港灣技術研究中心

二、工作成果說明

3.港灣環境資訊系統整合建置

氣象局資料交換與整合



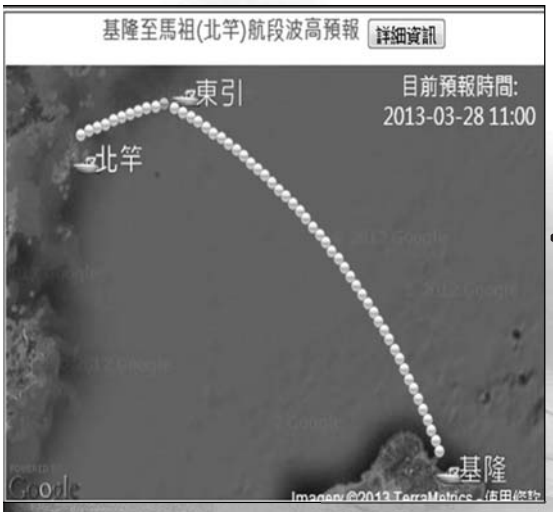


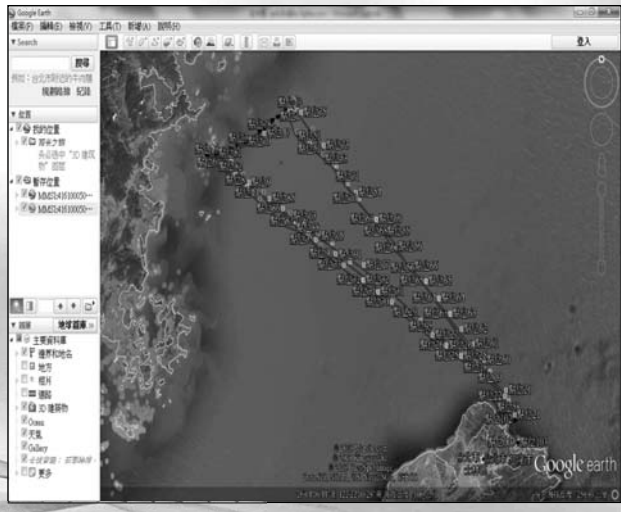
二、工作成果說明

3.港灣環境資訊系統整合建置

藍色公路

海氣象及船舶資訊整合





數值模式網格與船舶動跡套疊

二、工作成果說明

3.港灣環境資訊系統整合建置

採用本所發展之風浪預報模式，並整合船舶自動辨識系統，以提供藍色公路全年航行之風浪與船舶動態資訊。目前已建置14條。

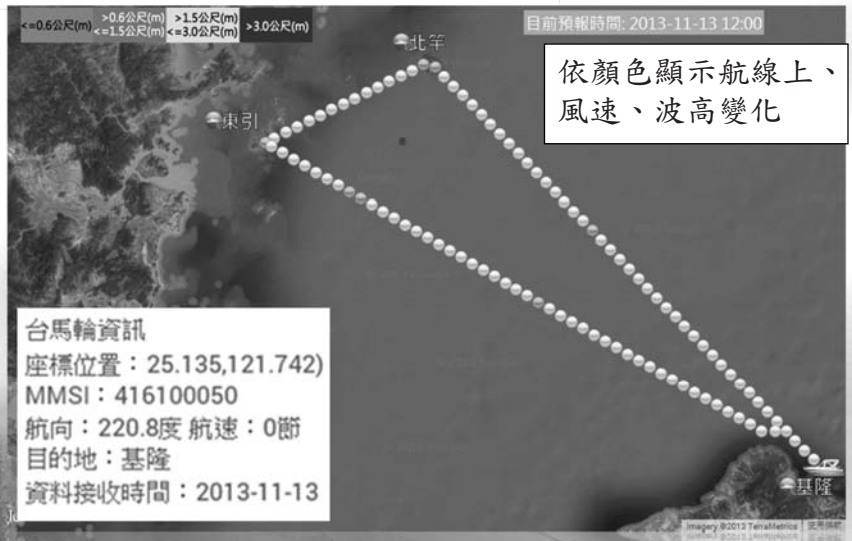


藍色公路



二、工作成果說明

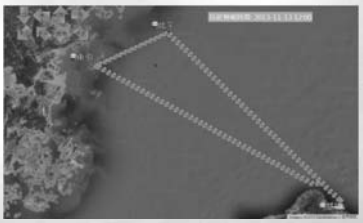
3.港灣環境資訊系統整合建置



依顏色顯示航線上、風速、波高變化



風速資訊



波向資訊



風向資訊

波高資訊+船舶資訊
(以基隆-東引-北竿航線為例)

藍色公路

http://www.ihmt.gov.tw
交通部運輸研究所港灣技術研究中心

二、工作成果說明

3.港灣環境資訊系統整合建置

金門港灣環境資訊App

* 金門天氣
* 金門交通資訊
  * 航空、渡輪船班、小三通
* 金門港灣環境資訊
  * 海氣象資訊、AIS、藍色公路、即時影像

http://www.ihmt.gov.tw
交通部運輸研究所港灣技術研究中心

二、工作成果說明

3.港灣環境資訊系統整合建置

金門港灣環境資訊App



訊息推播通知　　金門天氣資訊　　選單資訊

http://www.ihmt.gov.tw
交通部運輸研究所港灣技術研究中心

二、工作成果說明

3.港灣環境資訊系統整合建置

金門港灣環境資訊App



交通資訊(飛機航班、小三通以及渡輪船班)

二、工作成果說明

3.港灣環境資訊系統整合建置

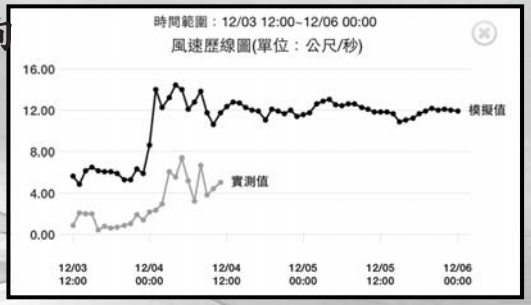
金門港灣環境資訊App



⇒ 海氣象即時觀測資訊

⇒ 6小時模擬資訊

⇒ 歷線圖查詢



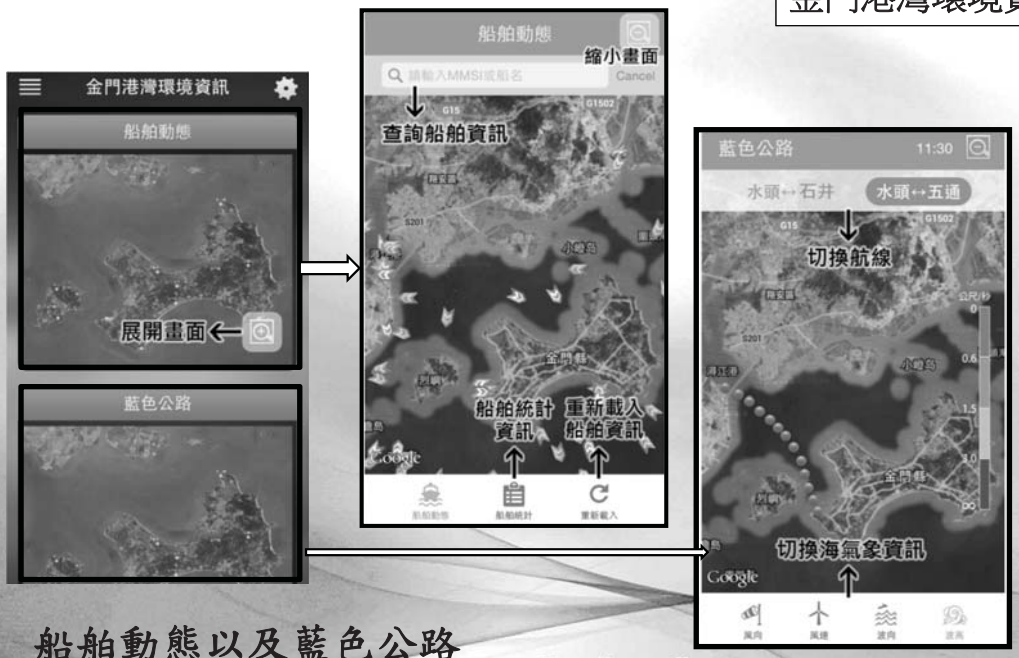
海氣象資訊

http://www.ihmt.gov.tw
交通部運輸研究所港灣技術研究中心

二、工作成果說明

3.港灣環境資訊系統整合建置

金門港灣環境資訊App



船舶動態以及藍色公路

二、工作成果說明

3.港灣環境資訊系統整合建置

金門港灣環境資訊App



船員及乘客資訊

http://www.ihmt.gov.tw
交通部運輸研究所港灣技術研究中心

二、工作成果說明

3.港灣環境資訊系統整合建置

金門港灣環境資訊App



即時影像畫面　　系統設定/說明　　警戒值設定

二、工作成果說明

3.港灣環境資訊系統整合建置

灣環境資訊整合

海象觀測資訊

港區大氣腐蝕

海象模擬資訊



海嘯模擬資訊

藍色公路

港區地震資訊

三、結論與檢討

- 港灣環境資訊系統歷經多年的功能更新與擴充，目前可利用電腦自動化的作業方式進行大量且有系統的資料擷取、傳遞、品管、儲存及查詢展示等資訊服務功能，以達到海氣象相關不同系統、資料之間的整合、分享與應用。本年度工作成果主要包括：
  - 在港灣海氣象資料統計分析與品質檢核方面，主要包括蒐集臺中港、布袋港及安平港港區及附近海域之風速與風向觀測資料，進行基本統計與風速分布特性分析，並研定檢核標準，以作為後續電腦執行資料品管自動作業之依據。

三、結論與檢討

  - 在海域油汙監測與擴散模擬技術研發方面，利用現有商用航海X-band雷達天線設備進行改裝，並進行現場測試工作，以確認X-band雷達觀測技術應用於油污監測之可行性。此外，蒐集與綜整世界各國作業化海流模式，並評估適用於港區油污擴散之模式。
  - 在港灣環境資訊系統功能提升規劃與建置方面，主要是延續擴展並提升「港灣環境資訊網」系統功能與應用。

http://www.ihmt.gov.tw
交通部運輸研究所港灣技術研究中心

三、結論與檢討

- 本計畫已整合海象觀測、海象模擬、藍色公路、港區地震、海嘯模擬及港區大氣腐蝕等子系統之資訊，未來配合各子系統之功能提升，其工作重點包括：
  - 持續進行港灣環境資訊應用系統維護
  - 海氣象資料庫資料格式化與資訊系統標準化之建立
  - 港灣環境資訊系統異地備援機制建立
  - 資訊服務介面之多元化建立
  - 油汙擴散模式之建立
  - 海氣象資料自動品管作業之建立



http://www.ihmt.gov.tw
交通部運輸研究所港灣技術研究中心