

台灣地區瘋狗浪之研究(II)

劉明禮

中央氣象局退休

摘 要

一九九七年初夏一個強烈的梅雨鋒面來襲，引發巨浪的攻擊，六月八日傍晚分別在澎湖的七美嶼外海、台北縣金山水尾漁港以及九日傍晚在高雄的旗津海灘都發生瘋狗浪意外事件。本研究針對此等事故從天氣波動的觀點做詳細的天氣圖分析，認為這個時期裡，太陽的照射北移和海陸界面所造成的近似穩態低壓帶，活躍於華南和大陸東部近海，但因為高層大氣波槽向東南移行出海，槽後的北風向低層且向東和向南伸展，此一鋒面區域渦度場的北部部份先行被推擠向東南方向移行伸展，隨後大陸北部地麵的冷高壓向南部和東部擴展，此時的海洋氣團也強的狀況下，整個鋒面帶被壓擠，而沿著東南部海岸分佈的近穩態氣旋區被快速的壓縮，根據角動量守恆定則，大氣渦旋將被迫向上伸展，增強了它的較小區域的渦旋強度；這種劇烈的天氣擾波帶，由華南地區向東且向南移動，向著台灣海峽和台灣方向移行發展而來，因而在台灣海峽和台灣西部近岸造成巨浪。所以當預測大陸有強烈的梅雨鋒面向台灣移行發展時，應對台灣海峽、澎湖群島、台灣西部和東北部近岸發佈強浪的警告。

從 1992 年到 2004 年作者對瘋狗浪的研究結果是：(1)劇烈的天氣擾波(季風、熱帶氣旋、溫帶氣旋 ...)、以及所伴隨的強勁的陣風、潮汐、地形效應和地震等都是造成巨大海浪的重要強制力來源。(2),地形效應對波浪所造成的聚焦、發散、折射、繞射、阻斷、破壞以及體積守恆定則等個別影響了近岸海浪的增長與衰減。(3)再者擾波波源移行的方向上所造成的都普勒效應(doppler effect)及多個波源造成波浪的組合或干涉現象都是近岸巨浪發生的重要物理機制。

一、前言與概述

水波的波能來自對水的施力拍打(beat)作功，大的波浪需要有強的作用力或者是波能的會聚合成；海潮、風浪、海嘯以及地形對海水的強制效應等是造成巨大波浪的基本結構，然而巨大的水波必須擔當相當大的重力位能，所以要維持穩態的巨大波浪，波長和波高是有極限的，波高和波長的比約為一比七(Defant, 1960; LeBland & Mysak, 1978)，事實上我們所遭遇的短暫的巨大海浪則遠超過這個規模，這也是百年來仍然有待努力的課題。

一九九七年六月八日和九日傍晚的時候，台灣和澎湖等地區各別發生了瘋狗浪事件，八日下午澎湖的七美嶼外海三個人駕小舢舨海釣，在傍晚的時候遭遇巨浪翻覆，兩人獲救一人失蹤，其中一位生還者還在海中浸了十八小時；另一則發生在台北縣金山水尾漁港，四人獲救一人失蹤，據生還者表示，當時海水尚淺，突遇海水由退潮轉漲潮，卻一起都被海浪捲往外海。九日下午近傍晚的時候，高雄的旗津海岸公園停車場下方海灘一人失蹤；很明顯的，這些巨浪的攻擊都發生在台灣海峽及台灣西部海岸，本研究將從天氣擾波的觀點來探討此等意外事故發生的緣由。

作者對台灣地區瘋狗浪的研究大略分成三部份，一九九二年屬於理論的建立，二〇〇三年(劉：2003)的研究著重在秋冬季節的東北季風以及颱風等強烈的天氣擾波，在台灣東北部海岸發生巨浪的動力特徵，本研究則探討台灣西部海岸發生巨浪的動力和天氣特徵。除此之外，本研究也針對造

成近岸海浪的增強或衰減效應或作用，做物理學上的探討。

二、一九九七年初夏發生巨浪的天氣

2-1、初夏亞洲大陸天氣波動的特徵

北半球由春天到夏天，陽光逐漸北移，亞洲大陸中緯度在冬天的時候，由熱力梯度風(thermal wind)所產生的最為強勁的西風噴流，已因大氣暖化而溫度梯度逐漸減弱，導致緯流風或西風減弱，此時較短於行星級的大氣波動變得活躍起來(劉：1984)；對大陸而言，偏北風或北風分量和偏南風或南風分量所形成的風切界面，則是北方較冷大氣和南方或近海較暖濕的氣團所造成的活躍鋒面區，因為冷空氣向低層沉降伸展是趨向穩態的必然步驟，此等鋒面的分佈通常由低層到高空，為由華南向華北傾斜，以及由海岸向內陸傾斜，因此低層大氣中的低壓氣旋波通常活躍於華南與近海岸區域；夏季裡，因為亞洲大陸和太平洋間的海陸界面，加上太陽的照射向北移行效應下，此等劇烈及持續性的豪雨現象，則隨著太陽的北移而有由南向北逐漸移動發展的特徵。

2-2、高空天氣圖特徵

2-2-1、500 hPa 高空天氣圖的分析

1997 年 6 月 8~9 日 12Z 的 500 hPa 北半球高空天氣圖(圖一、圖二)顯示，極地低壓(polar low)偏向東半球的歐亞大陸，分裂的低壓槽中心活躍於北緯 50 度附近的西伯利亞地區；又從 0700Z(圖三)、0800 Z(圖四)和 0900Z(圖五)亞洲區域高空天氣圖顯示：大陸北方的低壓波槽中心，0700Z 約在北緯 50 度東

經 120 度附近，0800Z 向東移至東經 125 度附近，0900Z 則再向東移到東經 130 度左右，約以每天 5 度經度的速度向東移；0700Z 大陸北方的低壓波槽活躍於北緯 40 度以北，另外在北緯 30 度~35 度、東經 110 度~115 度的華中地區有一個低壓波槽中心，波槽向西南延伸，強風區活躍於長江以南及北緯 25 度以北之間的大陸東南部。

大陸北方的低壓波槽在 0800Z 時，則向東且向南伸展至黃河流域，活躍於華中地區的低壓波槽東移至東海近岸，東南部強勁的西南風轉為偏西風；於 0900Z 時隨著大陸北方低壓波槽中心的東移，槽後含有北風分量的西北風則越過新疆，向南和向東發展至長江或北緯 30 度以北、東經 110 度以西的華北地區，波槽南端前緣的輻合強風區盛行於北緯 30~40 度、東經 110~130 度之間。

2-2-2、700 hPa 高空天氣圖的分析

0700Z(圖六)和 0800Z(圖七)的 700 hPa 高空天氣圖顯示大陸長江以北的溫度場和風場近乎垂直切割狀態，華北地區高空的整層大氣裡，冷空氣向南向東伸展移動極為活躍，位於北緯 50 度的西伯利亞低壓槽中心，從 0700Z 到 0900Z(圖八)和 500hPa 高空天氣圖上的低壓槽中心(圖三~圖五)一致，但是明顯的不同在於 700 hPa 高空天氣圖裡的北風，在 0800Z 已伸展至大陸東部北緯 30 度，大陸東岸的波槽 0800Z 位於東經 120 度，0900Z 則移至東經 130 度，又從 0800Z 到 0900Z，亞洲西北方的高壓波脊中心快速地向東南移行至新疆，伴隨西伯利亞低壓中心東移，波槽東移出海，槽後的北風向東且向南擴展越過北緯 30 度以南的華南地區，此時高空的西北風或西風已活躍於整個中國大陸和近海。整個天氣波動特徵顯示，大陸東部和近岸發展為波槽低壓區，北風或西北風以及冷波脊逐漸涵蓋大陸，沿著東南海岸分佈的輻合強風區，因為西北風的推擠而逐漸平行大陸南部海岸幾乎和緯度圈平行。

2-2-3、850 hPa 高空天氣圖的分析

0700Z(圖九)850 hPa 亞洲區域天氣圖裡，在北緯 30 度到 35 度、東經 110 度到 115 度的華中地區有一活躍的低壓波，整個東南沿岸以及華南地區盛行西南風或南風，北緯 40 度以北、東經 110 度到 130 度為一個低壓波槽區，中心約在北緯 50 度、東經 120 度，而東經 110 度以西的亞洲西北地區則為頗強的高壓波脊區。0800Z(圖十)的時候，華中的低壓已經東移至大陸東海岸而且和北方的低壓波連接在一起，波槽沿著大陸東部近海向南延伸至台灣北方近海，槽後華北強的北風切割溫度線向南直衝而下到達北緯 30 度附近的華中地區，大陸西北部冷波脊向東南移動伸展，華南則盛行西南風或西風，所以華南和東南部沿岸為一不穩定區。在 0900Z(圖十一)的天氣圖裡，大陸東海岸的波槽東移至東經 130 度且向南伸展，槽後的北風已掠過台灣北部，西北方的高壓波脊則持續的向東南伸展，整個大

陸盛行北風或西北，南部和東南部沿岸為波槽低壓帶。

2-3、地面天氣圖的分析

0703Z(圖十二甲)、0709Z(圖十二乙)、0715Z(圖十二丙)和 0721Z(圖十二丁)區域地面天氣圖顯現了下列的特徵：低壓氣旋區活躍於長江以南的華南地區和東北地區，鋒面從大陸東北部的低壓中心到西南部連接成氣旋帶，鋒面南方則為不穩定的雷雨區；從 0703Z 到 0721Z，大陸東北部的低壓逐漸向東移且向南擴展開來，到 0721Z 時低壓中心已移至東海，向南伸展至台灣北方近海，整個華南鋒面帶也向東南方向推進，不穩定區逐漸向大陸東南部逼進。

0803Z(圖十三甲)、0809Z(圖十三乙)、0815Z(圖十三丙)、0821Z(圖十三丁)區域地面天氣圖顯現了下列的特徵：活躍在北緯 30 度以北的大陸北方的冷高壓逐漸增強，並且快速的向東南移行伸展，鋒面帶明顯的被推擠，在 0809Z 以後，此一鋒面帶已近乎平行北緯 25 度的緯度圈，鋒面在大陸東南部的部份已橫過台灣北端，此一區域被壓縮，雷雨現象也明顯呈現。

0903Z(圖十四甲)、0909Z(圖十四乙)、0915Z(圖十四丙)、0921Z(圖十四丁)的區域地面天氣圖裡，最明顯的是北緯 25 度以北的大陸為冷高壓所涵蓋，高壓中心已到達大陸西北部，從 0909Z 起，整個冷高壓在華南地區向南和向東伸展發展，但因為海洋暖高壓也強，鋒面帶被壓擠至東南部沿著海岸分佈。

三、討論與結論

劇烈的天氣擾波(颱風、東北季風、熱帶氣旋、梅雨鋒面...) 以及所伴隨的強勁陣風，大潮期中的漲潮時期，海岸地形中的凹陷、凸岬及防波堤的轉角處，近岸海底地形的逐漸淺化和強烈的海底地震等都是造成巨大海浪的重要強制力來源。

強烈的天氣擾波強力地拍打著海面或水面，因而形成強浪，除此而外，劇烈的天氣擾波通常伴隨著頗為強勁的陣風(gust)，又給予海面或水面強制力，如此則更形增強了海浪的發展；再者當天氣擾波移行發展方向有著向著近岸方向的分量時，引發海浪的移行及發展相似於都普勒效應，波頻增大、波高堆積，形成洶湧的波濤大浪，風浪的行進速度因為較天氣擾波快，所以會造成突發的，先行於天氣擾波的巨浪或水牆攻擊近岸。

海岸地形結構的特徵，影響了到達海岸的海浪的衰減或增強；長直的海岸地形，常因為海浪到達近岸時，海底地形淺化而折射，波浪行進速度減慢且向著淺化的海岸方向，波浪形狀傾向於和長直的海岸平行，因而失去了聚集的效應；除此以外，在海浪行進的路徑中，若有矗立的岩礁等障礙的分佈，都將急速的減弱和破壞海浪的強度，反之，凸堤、海岬的海岸地形，因對海浪造成會聚或繞射現象，Ludwig Prandtl(1875-1953)著名的流體繞行凸

形物發展為渦流的現象(Goldstein 編輯;1950),南灣的鵝鑾鼻是個典型例子；凹陷及淺化的海岸地形則因體積或質量守恆則造成波浪變形，海水因此被迫升高而增加了海浪的強度，所以強烈的天氣擾波所引發的風浪在近岸能發展成巨浪，地形效應是不可或缺的強制力。

在 2000 年 10 月 26 日發生在基隆八斗子的瘋狗浪事故裡顯示(劉：2003)，當時颱風已經逐漸遠離台灣而去，且位於台灣東北方約三百多公里的海面上，劇烈的天氣擾波(像颱風、熱帶氣旋等)會因為陣風的作用所產生的大浪活躍且向著台灣移行而來，此時若也有來自大陸的天氣擾波也向著目標地而來，或又恰逢大潮狀況下，則將有令人意外的巨大海浪攻擊海岸，因此當預測或確認兩個或多個劇烈的天氣擾波或天氣擾波加上大潮等組合將活躍於近岸時，都應立即發出強浪的警告。

本研究顯示初夏近似穩態(quasi-steady state)低壓帶，活躍於華南和大陸東部近海，而當此一區域高層大氣波槽的向東移行和向南伸展狀況下，所伴隨的槽後北風，快速向低層且向南和向東伸展，此一鋒面區域渦度場被擠壓且被迫向上伸長(stretching)，根據角動量守恆定則，當渦旋面積縮小時，單位面積的渦度場強度相對的增強，因而演變成劇烈渦旋，這種劇烈的天氣擾波帶向東且向南移動，向著台灣海峽和台灣方向移行發展而來，因而造成台灣海峽、台灣北部海岸以及而後的南部近岸發生巨浪。所以當預測大陸有劇烈的梅雨鋒面向台灣移行發展時，應對台灣海峽、澎湖群島、整個台灣西部近海岸發佈強浪的警告。

從 1992 年到 2004 年，作者對於台灣地區的瘋狗浪研究，總結如下：

1、劇烈的天氣擾波源(熱帶氣旋、溫帶氣旋或強烈梅雨鋒面、強勁的季風.....)及其所伴隨極為強勁的陣風，因為在移行發展方向上對海浪所造成的都普勒效應，或者多個劇烈擾波源(包括離岸不遠的波源或大潮)，所造成的強浪的組合或干涉現象，都將會發展成巨浪，海浪的波速通常較天氣擾波波速快，又且當海面是處在東北季風、梅雨季或者是大潮期，則更加的不穩定，因此在這種季節裡，當預測或確認強烈的天氣擾波移行發展方向的分量，或是多個波源所造成的波動活躍，將向著台灣移行發展，應立即發佈近岸強浪警告；或謂若確認或預測將有強的冷氣團來襲，則應立即對台灣的東北部或西部近岸發佈巨浪的警告。若確認或預測將有強的梅雨鋒面來襲，則應立即對台灣海峽及台灣西部近岸發佈巨浪警告；以及確認或預測熱帶氣旋或颱風的移行發展有向著台灣方向的分量，則應立即對此方向上的台灣近岸和海域發佈巨浪警告。

2、海岸地形結構的不同，個別影響了海浪及海

潮的增長與衰減，所以地形特徵對於海浪是否發展成巨浪與否極為重要，地形效應對海浪的作用分類如下：

- (1)近海矗立的岩礁、暗礁或障礙：阻斷及破壞波浪的結構，消滅了海浪的強度。
- (2)海岬或半三角海岸、凸堤：折射、繞射及會聚或波浪在地形凸處附近聚焦(Ludwig Prandtl; 葉：1972)。
- (3)凹陷、喇叭形海岸及近岸逐漸淺化的海底深度：體積或質量守恆定則，波浪或水牆將被迫抬升。
- (4)長直型且逐漸淺化的海岸：折射減緩波速，波的行進方向偏向海岸，波型平行海岸，海岸直則波浪不會聚焦，而且當海岸直也長的狀況下，則對波浪的作用形同發散。

3、秋冬季節的大陸冷氣團較近海的海洋暖氣團強，通常是強勁的東北風或北風快速向著台灣的東北或整個台灣而來；初夏梅雨期的大陸和近海因為太陽照射暖化，較小尺度的天氣擾波活躍，此時從北方南下的冷高壓強度遠較秋冬弱，和東南部近海逐漸增暖的海洋氣團幾乎相抗衡，因此在海陸界面和太陽直射界面間發展成極為活躍的、近乎穩態的氣旋鋒面區，此等低壓帶由地面向高層大氣發展，當此氣旋帶因為西北風或北風的推擠而向東南或向南方向移動，又因為氣旋區域被壓縮，所造成較小區域的大氣渦旋擾波被迫向上伸長且增強，形成強烈天氣擾波，當整個低壓氣旋帶向東南或向南方向推進，逐漸向著台灣而來，攻擊台灣的巨浪是這種強烈的低壓氣旋擾波所造成；這是兩個不同季節裡，各別造成台灣地區發生瘋狗浪的天候特徵。

四、致謝與感想

這些年來能致力於做研究，家人的支持是很重要的原動力，特別的是家母 劉黃玉女士的鼓勵與用心，令我深感溫馨。

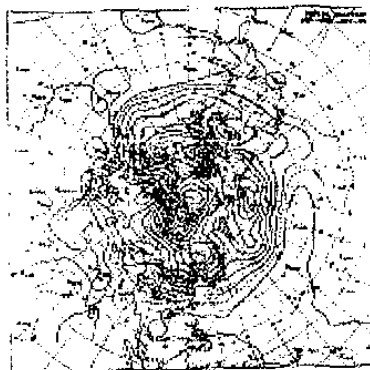
五、參考文獻

- Defant, A., 1960: *Physical Oceanography I*. Pergamon Press, pp598。
- Goldstein, S., 1950: *Modern Developments in Fluid Dynamics I*. Oxford at the Clarendon Press, pp330。
- LeBland, P.H.; L.A. Mysak, 1978: *Waves in the ocean*. Elsevier Scientific Publishing Co., pp602。
- 葉永祥, 1972: *波浪水工型實驗*. 交通部交通研究所, pp 84。
- 劉明禮, 1984: 地形強制作用對中緯度大尺度波動之效應. 氣象學報, Vol.30, No.2, 1~7。
- 劉明禮, 2003: 台灣瘋狗浪之研究 I. 中央氣象局九十二年研究發展專題報告 CWB92-1A-15. pp 39。



圖一:1997年6月8日 12Z 500 hPa 北半球高空天氣圖

圖一



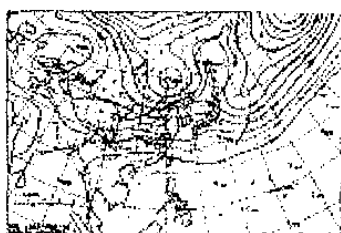
圖二:1997年6月9日 12Z 500 hPa 北半球高空天氣圖

圖二



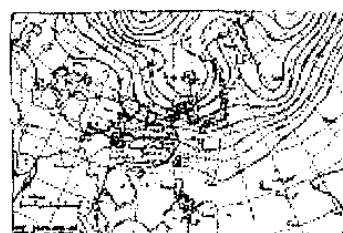
圖三:1997年6月7日 00Z 500 hPa 亞洲高空天氣圖

圖三



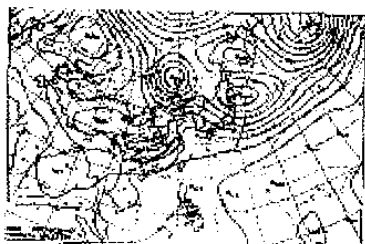
圖四:1997年6月8日 00Z 500 hPa 亞洲高空天氣圖

圖四



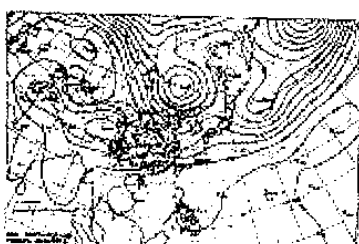
圖五:1997年6月9日 00Z 500 hPa 亞洲高空天氣圖

圖五



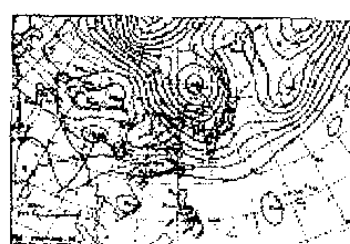
圖六:1997年6月7日 00Z 700 hPa 亞洲高空天氣圖

圖六



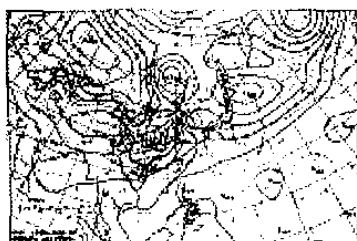
圖七:1997年6月8日 00Z 700 hPa 亞洲高空天氣圖

圖七



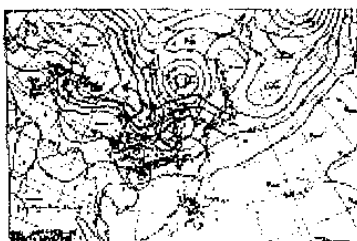
圖八:1997年6月9日 00Z 700 hPa 亞洲高空天氣圖

圖八



圖九:1997年6月7日 00Z 850 hPa 亞洲高空天氣圖

圖九



圖十:1997年6月8日 00Z 850 hPa 亞洲高空天氣圖

圖十



圖十一:1997年6月9日 00Z 850 hPa 亞洲高空天氣圖

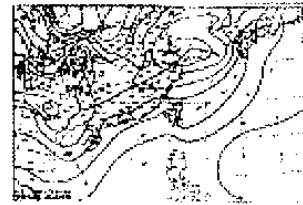
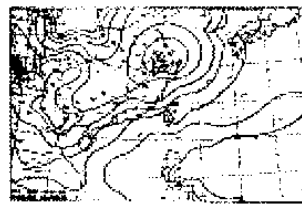
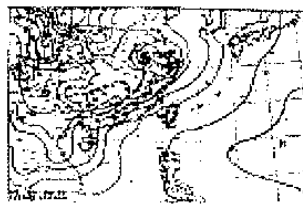
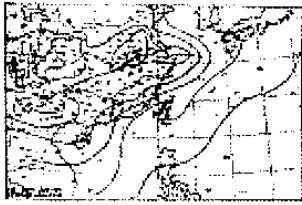
圖十一

圖一、圖二： 1997年6月8日、9日 12Z 500hPa 北半球高空天氣圖

圖三、圖四及圖五： 1997年6月7日、8日及9日 00Z 500hPa 亞洲高空天氣圖

圖六、圖七及圖八： 1997年6月7日、8日及9日 00Z 700hPa 亞洲高空天氣圖

圖九、圖十及圖十一： 1997年6月7日、8日及9日 00Z 850hPa 亞洲高空天氣圖

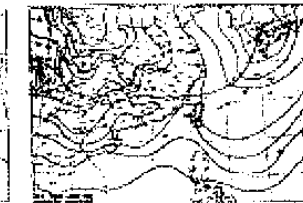
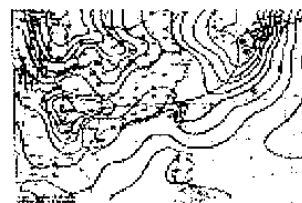
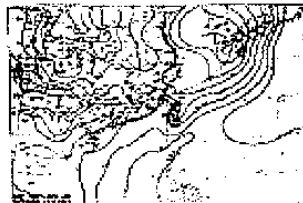
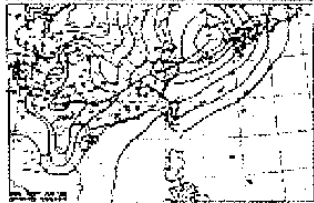


圖十二甲

圖十二乙

圖十二丙

圖十二丁

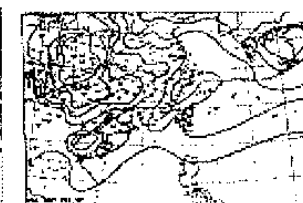
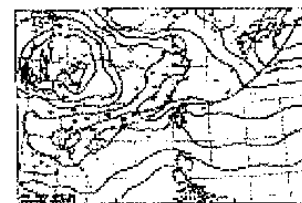
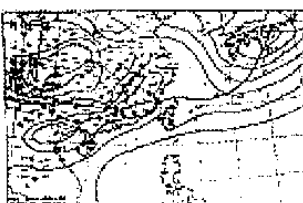
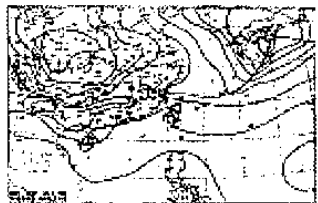


圖十三甲

圖十三乙

圖十三丙

圖十三丁



圖十四甲

圖十四乙

圖十四丙

圖十四丁

圖十二甲~丁：1997年6月7日03Z、09Z、15Z、21Z 亞洲區域地面積天氣圖

圖十三甲~丁：1997年6月8日03Z、09Z、15Z、21Z 亞洲區域地面積天氣圖

圖十四甲~丁：1997年6月9日03Z、09Z、15Z、21Z 亞洲區域地面積天氣圖

The Study of the Rogue waves in Taiwan Area (II)

Ming-Lee Liu
Retired from CWB

Abstract

There was a strong Mei-Yu front which assaulted Taiwan in the early summer of 1997, It prompted the extreme waves offshore around Taiwan, and some accidents happened in the Taiwan strait and the seashore of the western Taiwan on June 8th and 9th. Through the weather analysis in the period, this study intends to figure out the mechanism of the billows essentially induced by the atmospheric disturbance. It addresses that the northward moving of the sun-shine on the N.H., combined with the land-sea distribution in the eastern part of china used to bring about a quasi- quasi-static frontal zone active in the southern and the south-eastern coastal area of china in the early summer, when the active trough in the upper air in the northern mainland china moved toward to the east, the cold northern air in the rear of the trough went downward and southeast ward; the frontal zone in the surface was compressed into a smaller area, the vorticity density in the area was intensified, i.e., the air column of the frontal zone became horizontally shrinking and vertically stretching, so as to build up a severe weather disturbance and it primped the billows to come across the Taiwan strait.

The writer's work on the rogue waves around Taiwan from 1992 to 2004 had the following conclusions: (1)The severe weather disturbance(monsoon、tropical cyclones、extra-tropical cyclones、...) and their accompanied gusts、the oceanic tides、the topographic forcing and the earthquakes are the most important forcing source to build up the billows. (2)The physical effects of the focus、the divergence、the refraction、the diffraction、the obstruction、the destruction and the conservation of the water volume by the topographic forcing strongly affect the growth and decay of the ocean waves offshore.(3)In addition, both the Doppler effect on the ocean waves in the direction of the moving turbulence of the atmosphere and the Interference of the multiple sources of the weather disturbances existing in the meanwhile are also the important mechanisms for the billows.