

# 台灣西部春夏海陸風與對流雲

祝鴻鵬 曾憲瑗 郭忠暉 黃拔源

民航局飛航服務總台

## 摘 要

台灣四面環海，中央山脈貫穿全島南北，西部平原地區春夏之時，每因海陸風之變化，而生成對流性積雲，甚或發展為積雨雲，危害飛航安全。本研究調查統計71~76年台灣西部海陸風發生情形及其條件，並佐以76年5月24~26日及6月4~7日之TAMEX觀測個案，及高雄雷達資料詳加分析。研究結果顯示，在綜觀尺度氣壓系統較弱之情況下，台灣西部春夏之海陸風相當明顯。由風場分析得知：在白天海風盛行時，有兩個輻合中心出現，一在北部山區，另一在西南部靠近嘉義、台南一帶之中央山脈山區。此二地區常有發展良好之對流性積雲及午後雷陣雨出現。在夜間陸風盛行時，主要輻散中心出現在台中至嘉義一帶之中央山脈山區，深夜或清晨時分，台灣西北部及西南部近海常有對流性積雲出現，偶爾亦發展為夜間雷雨，對飛航構成危害。

## 一、前言

海陸風是海岸地區由於海面和陸地白天與夜晚差異加熱不同所引發的一種熱力環流現象，亦是中尺度環流現象的一種。在白天，由於陸地受太陽的短波輻射快速的加熱，而海水則因熱容量較大，溫度增加得較慢，這種海陸加熱之差別效應乃使溫度梯度在海岸地區逐漸生成。而高溫地面的熱量經由傳導與對流之熱擴散過程，使得地面上空氣的溫度增加，陸地上等壓面間之厚度隨之增大，於是上層大氣之等密度面發展成從陸地到海洋傾斜向下之型式(洪等, 1982)。此時低層大氣在陸地上之氣壓較海面上者為低，陸地上的暖空氣上升，海面上較冷的空氣則因氣壓梯度力的影響，流向陸地以為補充，而形成海風。入夜，陸地上之空氣比海洋上之空氣冷卻得快，於是海陸之溫度分布正好與白天相反，此時海面上的空氣較陸地暖而上升，陸地上較冷空氣則流向海洋以為補充，而形成陸風。

海風通常在日出後三到四小時開始發展，下午二到三時最盛，可以深入陸地內20~30公里。在副熱帶地區當缺乏強的大範圍氣流時海陸環流甚至可深入內陸100公里以上，而最大風速可達10-20 kts。典型的垂直向低層氣流影響則常在一公里以下(Hsu, 1970)。海風既是源自海上，必

然帶有豐富的水汽及可作為凝結核的鹽粒，因此海風侵入陸地後，如遇山區而受抬升，易發展出對流雲。夏季午後對流雲的產生及強烈對流雲發展成雷陣雨的現象與海風有密切關係，此點Byers et al. (1948)很早就證實。在理論研究上，先後有多位學者以二維或三維模式數值模擬海陸風環流，亦證實海陸風與對流雲之關係，其中以Pielke (1974)模擬美國佛羅里達半島上的海風環流最具代表性。

當傍晚陸地冷卻時，海風強度迅速減弱，晚上八時到九時完全消失，隨後陸風開始發展，大約在晚上十一時起吹向海面，到清晨時達於最強。雖然陸風之強度遠較海風弱，但在副熱帶某些有利之海岸線(如凹向海洋)地區，陸風亦可在海岸線外發展出對流雲，Neumann (1951)研究以色列和埃及海岸外之夜間雷雨，即為陸風所引起的。

台灣位於副熱帶地區，四面環海，中央山脈貫穿全島南北。在春末及夏季主要受太平洋副熱帶高壓影響，除梅雨鋒面及颱風影響外，一般而言天氣良好，風力微弱，再加上日射強烈，在此種環境下，海陸風環流盛行。台灣西部平原地區因西臨台灣海峽東接中央山脈，春夏之時每因海陸風之變化而生成對流性積雲，甚或發展為積雨雲，危害飛航安

全。有關本區海陸風之研究並不多見，主要的研究有朱（1968）、林（1972）、劉等（1977）、洪與林（1982）。其中述及海風與雷雨之關係者僅有劉等（1977）之研究。爲了進一步瞭解台灣西部春夏海陸風與對流雲之關係，本研究將調查、分析對流雲與海陸風之發生情形及其條件，並找出其機制，以增進對本區對流雲生成之了解，而有助於軍民飛航安全。

## 二、分析資料與方法

我們知道海陸風爲局部性的熱力環流所產生的地方性風系，因此在綜觀尺度環流系統顯著時，海陸風就不顯著；反之，海陸風就非常明顯。台灣地區冬半年因爲東北季風太強，所以海陸風僅在夏半年較常發生。基於此，本研究乃選擇民國71～76年最近六年春夏季節之資料加以分析。首先，調查此期間台灣西部各測站對流性積雲及雷雨之出現情形，然後對照綜觀地面天氣圖，以確定這些對流性積雲與海陸風環流有關。亦即凡與鋒面、颱風及暖濕西南氣流有關的對流雲及雷陣雨，均予以剔除，不包含在本研究之內。最後將這些經初步研判與海陸風有關的對流雲個案，作進一步的中尺度分析。

本研究所以依據的資料，主要者爲民航局飛航服務總台氣象中心所填製之每日逐時天氣一覽圖和綜觀地面天氣圖，此外，並佐以台北、東港之探空觀測資料及高雄雷達觀測資料和氣象衛星雲圖。

在研究過程中，我們發現因觀測資料之不足，無法確切的統計出海陸風與對流雲之發生情形，在中尺度分析時更遭遇到分析準確度之難題。幸好，民國76年5～6月台灣地區中尺度實驗計劃（TAMEX），提供了密集觀測資料，包括地面、高空及雷達觀測，對海陸風環流之中尺度分析幫助甚大，因此本文藉助 TAMEX 觀測資料，選擇了兩個代表性之個案（民國76年5月24～26日及6月4～7日），詳加中尺度分析。

## 三、個案分析與討論

經初步分析發現，台灣西部春夏之海陸風相當顯著。白天有向岸吹之海風，平均風速約在 10 KT 左右，午後有發展良好之對流雲出現，靠近中央山脈之迎風面山區有雷陣雨發生。夜間則轉爲離岸之陸風，風力微弱，平均風速約在 5 KT 以下。

較詳細之中尺度個案分析，其結果如下：

### （一）個案一：民國76年5月24～26日

#### 1. 綜觀天氣大勢分析：

分析此三天之地面天氣圖（圖1～3）得知，5月24日，低壓及鋒面系統在長江流域北方之華中一帶生成，鋒面系統向南移，於25日到達長江流域，26日移至長江流域南方後變成滯留狀態，華南一帶24～26日完全受到鋒面前西南氣流之影響，但本區並未受其影響。另一方面，太平洋副熱帶高壓遠在日本東南方之太平洋面上，向西伸展，其西伸之前緣於26日到達本區東方海面，故本區在此期間亦未受到太平洋高壓的影響。本區位於上述兩系統之間，氣壓梯度小，風力弱，有利於地方性海陸風之發生。

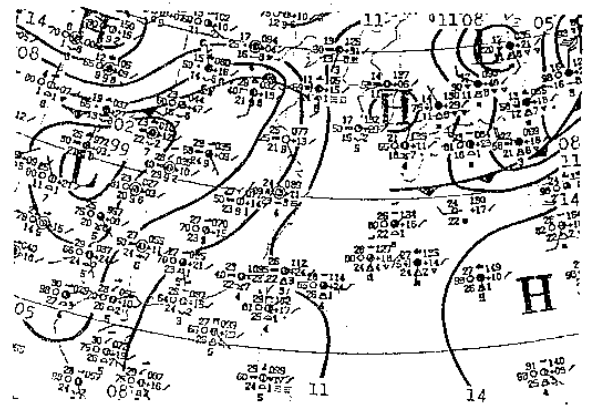


圖 1: 民國76年 5月24日00Z地面天氣圖

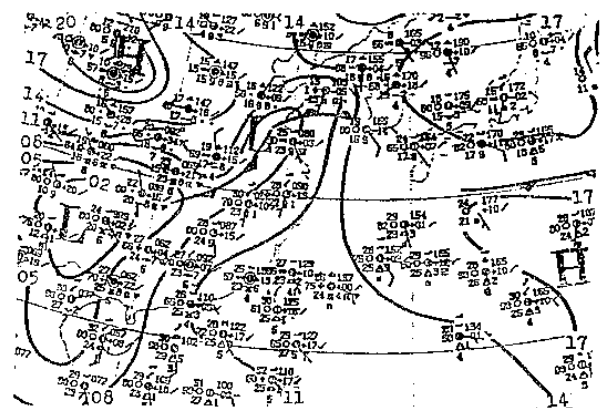


圖 2: 民國76年 5月25日00Z地面天氣圖

#### 2. 對流雲分析：

在此三天期間，台灣地區天氣一般爲晴至多雲，午後有雷雨，圖4之衛星雲圖可爲代表。各地出現積雨雲及雷雨之時間如表一所示。由表一可知，台北松山及嘉義連續三天均有午後雷雨出現，桃園、中正、新竹、

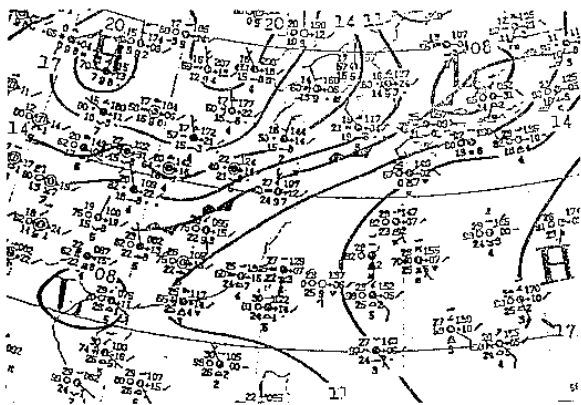
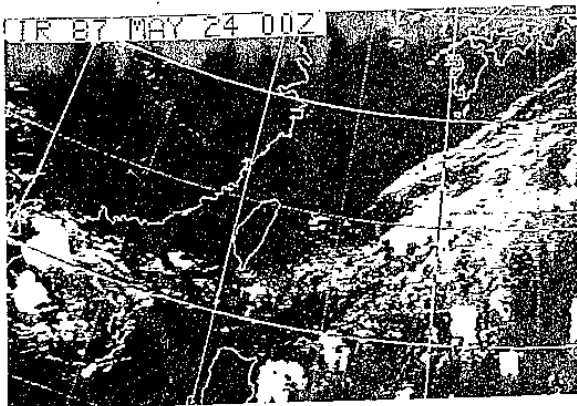
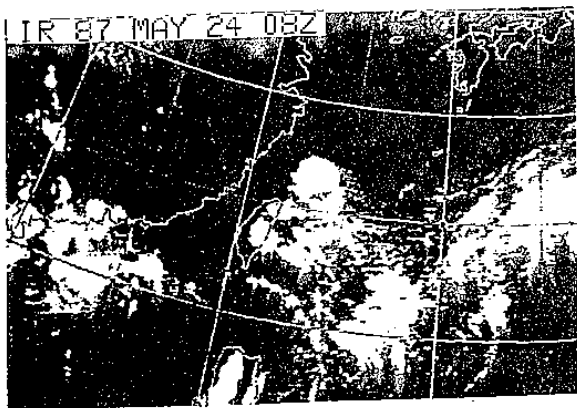


圖 3: 民國76年 5月26日00Z地面天氣圖

清泉崗一帶 24~25 日兩天亦有午後雷雨出現，台南、高雄、屏東一帶三天均無雷雨發生。



(a)



(b)

圖 4: 民國76年 5月24日 (a)00Z (b)08Z 紅外線衛星雲圖

### 3. 海陸風分析：

在此三天期間，台灣西部各測站均觀測到海陸風，每天海風開始時刻如表二所列。靠海岸地區之海風約在上午九時開始，靠近中央山脈地區之海風，約晚一小時出現。陸

表一：民國 76 年 5 月 24~26 日台灣西部出現積雨雲(CB)及雷雨 (TS) 統計表。括號內之數字表開始及結束時間(地方時)

測站	24日	25日	26日
松山	CB (13~17) TS (13~15)	CB/TS (12~15)	CB/TS (16~17)
中正	CB (14~18) TS (16~18)	CB (13~15) TS (14~15)	----
新竹	CB/TS (15~19)	CB (13~18) TS (13~15)	CB (14~15)
清泉崗	CB/TS (16~17)	CB (14~17) TS (15~17)	CB (19~20)
嘉義	CB/TS (17~18)	CB (14~19) TS (15~19)	CB (12~20) TS (16~18)
台南	CB (21~22)	CB (14~20)	CB (18~19)
高雄	----	----	CB (06~07)
屏東	----	----	CB (06~07)

風通常在傍晚日落時分開始出現，近山區測站出現陸風時刻均早於沿海測站。每一測站每天出現陸風時刻有較大之出入，主要係受到午後雷雨外流之影響。

表二：民國 76 年 5 月 24~26 日台灣西部海路風開始時刻(地方時)

日期 測站	24日		25日		26日	
	海風	陸風	海風	陸風	海風	陸風
松山	10	17	09	17	10	17
中正	09	18	10	17	10	18
新竹	09	20	09	21	08	24
清泉崗	09	18	10	19	09	20
嘉義	09	17	09	21	12	21
台南	09	21	09	19	09	19
高雄	09	01	09	19	10	20
屏東	10	18	09	18	11	18

### 4. 地面風場分析

由於氣壓梯度小，以等壓線分析之天氣圖不易看出風場之變化，改以氣流線來分析此三天之地面風場，每三小時分析一次(代表性圖如圖 5所示)。為考慮地形之影響，

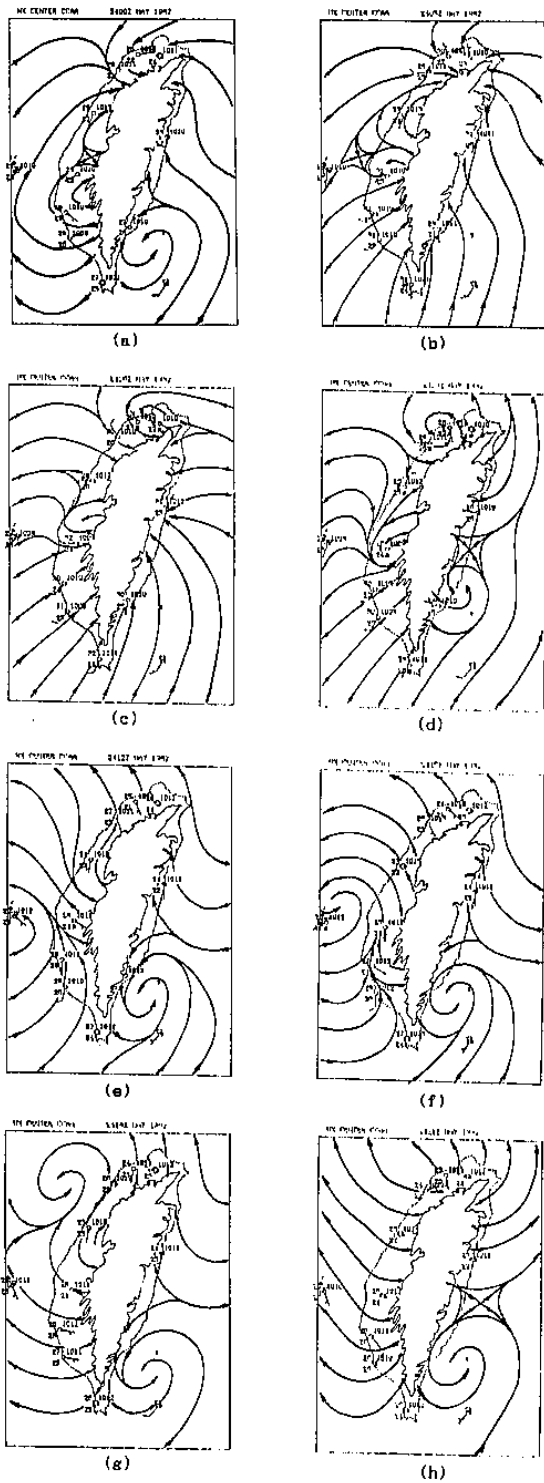


圖 5: 民國 76 年 5 月 24 日 (a)00Z (b)03Z (c)06Z (d)09Z (e)12Z (f)15Z (g)18Z (h)21Z 地面風場氣流線分析圖

我們將台灣島內等高線在 500 公尺以上之山區標示出來，不作分析。茲比較各次氣流線分析圖，可得出以下的結果：

- (1) 每日上午八時以後，台灣西部有向岸吹之海風開始入侵陸地，嘉義以南為西南

風，平均風速約在 10 KT 左右；嘉義以北為西至西北風，平均風速約在 5~10 KT 左右。此現象持續至下午五時。

- (2) 在白天期間 (1100L~1700L)，有兩個主要的氣流輻合區被分析出來，其中心一在嘉義附近，另一在台北附近，尤其是下午二時及五時之分析圖更加明顯。與表一比較，可知在此兩個輻合中心區及其附近，均伴有積雨雲和雷雨。傍晚時分，此兩個輻合區西移至沿海地帶，然後減弱消失。
- (3) 晚上八時以後，台灣西部之風向轉為離岸之陸風，風力微弱，平均風速約在 5 KT 以下或為靜風。台中至嘉義一帶之中央山脈山區為主要的氣流輻散中心。此現象持續至翌日之上午八時，其中又以上午五時最為明顯。但例外的有 24 日 2000L~2300L，台南以南仍為向岸的海風(風向偏南風)。
- (4) 24 日夜間 (2000L~0200L)，澎湖附近之台灣海峽有一輻合區，向東北移。25 日夜間 (1700L~0200L)，新竹外海亦有一輻合區，呈滯留狀態。26 日夜間並無此現象出現。

#### 5. 穩定度分析

表三為依據台北及東港 5 月 24~26 日之探空資料所計算出之不穩定層高度及自由對流面(LFC) 高度。由此表可知，除東港 24 日及 26 日晚上之 LFC 較低外，(在 900 hPa 以下)，其餘之 LFC 均較高，約在 700~850 hPa 之間，另外，台北上空 950 hPa 以下為穩定層，因此要有深對流及雷雨之發生，除一般的熱力對流作用外，尚需有機制將空氣塊舉升至 LFC 之上，而 LFC 愈高，所需之舉升力也愈大。分析此舉升力之來源，主要係海風入侵陸地後，遇山脈阻擋而抬升，如有氣流之輻合，更有利於深對流之發生。圖 4b 之積雨雲均集中於中央山脈地區即為明證，而沿海地區則無積雨雲及雷雨發生，此乃缺少抬舉作用之結果。

#### (二) 個案二：民國 76 年 6 月 4~7 日

##### 1. 綜觀天氣大勢分析

由圖 6~9 可知，6 月 4~6 日，本

表三：民國 76 年 5 月 24~26 日台北及東港測站  
不穩定層高度及自由對流面 (LFC) 高度統計  
表。(單位：hPa)

測站	台北		東港	
	不穩定層高度	LFC	不穩定層高度	LFC
24日 00Z	930 ~ 690	778	SFC ~ 600	795
24日 12Z	950 ~ 790	863	SFC ~ 600	959
25日 00Z	970 ~ 690	777	SFC ~ 600	855
25日 12Z	960 ~ 650	717	----	—
25日 18Z	960 ~ 600	681	950 ~ 700	847
26日 12Z	960 ~ 730	803	SFC ~ 600	912

區位於太平洋高壓西伸之前緣，盛行偏東南氣流。6 日太平洋高壓東退，大陸華北至華中之鋒面系統向東南移，尚未影響本區，7 日鋒面系統移至大陸東南沿海，接近本區。本區在此四天期間，氣壓梯度小，風力較弱，有利於海陸風之發生。

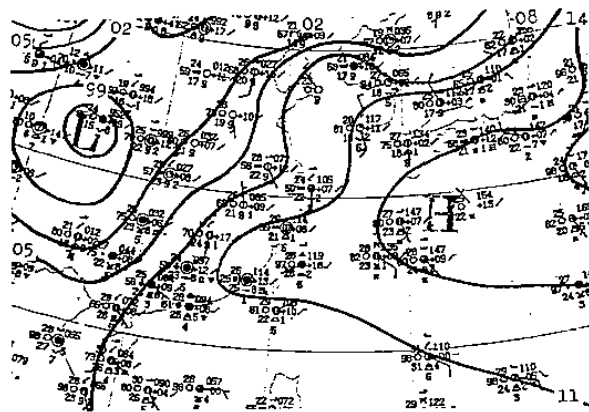


圖 6：民國 76 年 6 月 4 日 00Z 地面天氣圖

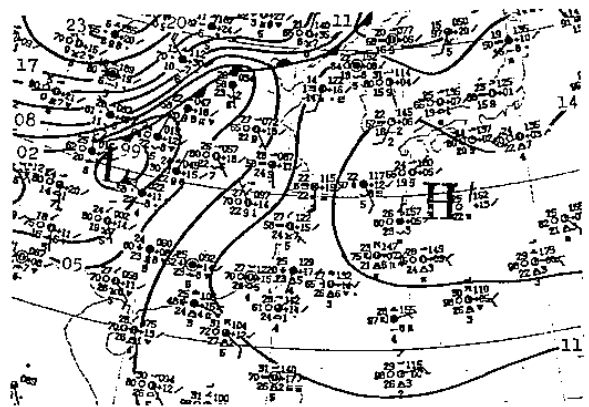


圖 7：民國 76 年 6 月 5 日 00Z 地面天氣圖

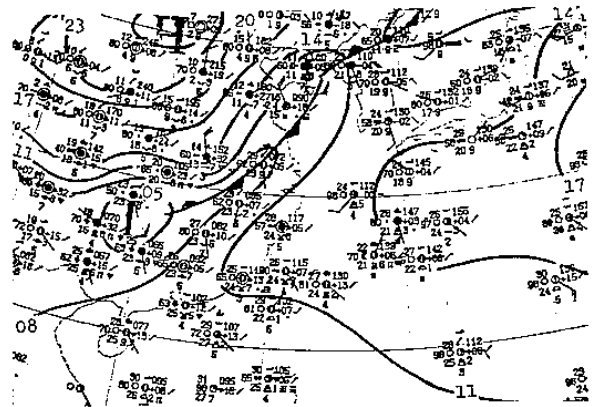


圖 8：民國 76 年 6 月 6 日 00Z 地面天氣圖

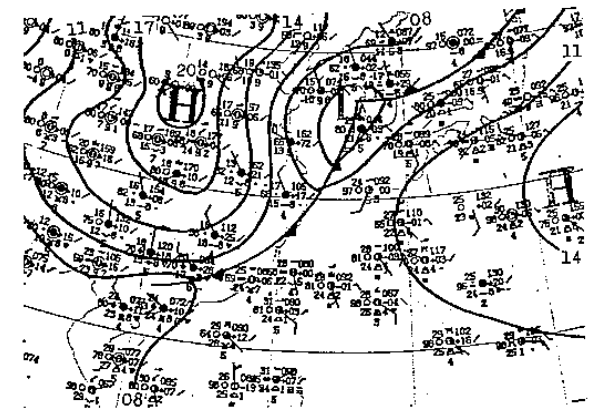


圖 9：民國 76 年 6 月 7 日 00Z 地面天氣圖

## 2. 對流雲分析

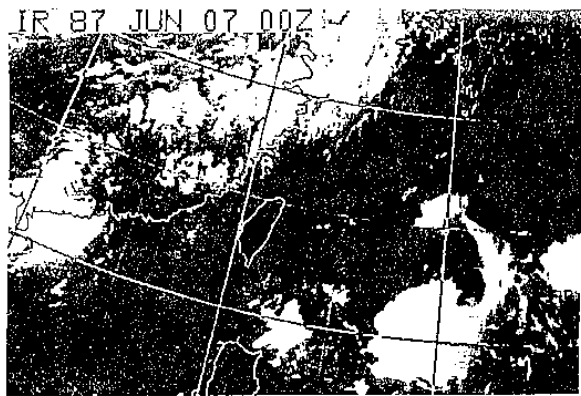
在此四天期間，本區天氣為多雲（中雲雲幕），午後有積雨雲及局部性雷雨。衛星雲圖上除 6 日外，餘皆可見到午後對流雲之發展，代表性之雲圖如圖 10。各地出現積雨雲及雷雨之時間如表四所示。由表四可知：除 6 日外，北部之松山及南部嘉義台南均有雷雨及積雨雲出現，5 日傍晚台灣西南部地區均有雷雨發生，而新竹、清泉崗一帶僅有積雨雲發生，並無雷雨出現。

## 3. 海陸風分析

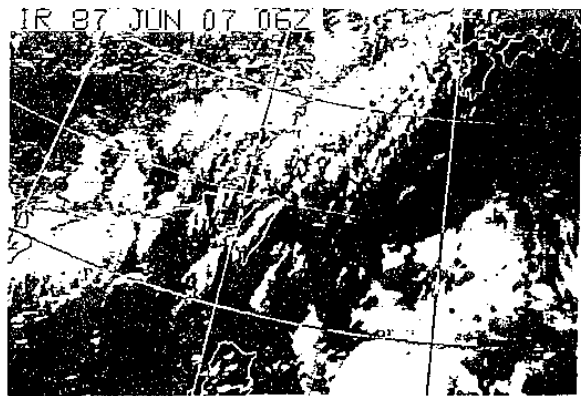
在此四天期間，台灣西部海陸風之開始時刻如表五所列。各測站每天海風之開始時刻不盡相同，通常在上午九時開始，較早者為上午八時，較晚者為上午十一時。至於陸風開始時刻，除 7 日較正常晚外，其餘通常在下午六時以後出現，松山之陸風則早一小時出現。

## 4. 地面風場分析

分析此四天之氣流線分析圖(代表性之



(a)



(b)

圖10:民國76年 6月 7日 (a)00Z (b)06Z 紅外線衛星雲圖

表四:民國 76 年 6月 4~ 7日台灣西部出現積雨雲(CB)及雷雨(TS)統計表。括號內之數字表示開始及結束時間 (地方時)

測 站	4 日	5 日	6 日	7 日
松 山	CB (13~16) TS (13~15)	CB (14~16) TS (14~15)	CB (15~16)	CB (13~16) TS (14~16)
中 正	CB (14~16) TS (15~16)	----	----	CB (15~17)
新 竹	CB (13~16)	CB (14~17)	----	CB (16~18)
清泉崗	CB (13~18)	----	----	----
嘉 義	CB (16~19)	CB (17~20) TS (19~20)	CB (10~11)	CB (12~15) TS (13~14)
台 南	CB (15~24) TS (19~23)	CB (15~19) TS (16~17)	----	CB (10~14)
高 雄	CB (19~23)	CB (17~19) TS (17~19)	----	----
屏 東	CB (19~23)	CB (17~20) TS (17~19)	----	----

表五:民國 76 年 6月 4~ 7 日台灣西部海路風開始時刻(地方時)

日期 測 站	4 日		5 日		6 日		7 日	
	海風	陸風	海風	陸風	海風	陸風	海風	陸風
松 山	10	17	08	17	10	17	10	17
中 正	09	17	08	19	10	18	09	17
新 竹	09	17	08	19	09	18	08	23
清泉崗	10	19	08	19	09	18	09	22
嘉 義	09	19	10	19	11	19	09	23
台 南	09	19	10	19	11	17	09	22
高 雄	10	19	10	18	10	18	09	18
屏 東	10	19	10	18	10	18	09	18

圖如圖11), 可得出以下的結果:

- (1) 同個案一, 每日上午八時以後, 台灣西部有向岸吹之海風開始入侵陸地, 嘉義以南為西南至南風, 平均風速約在10KT左右, 嘉義以北為西北風, 平均風速約在 5~10KT左右。但 7日之海風較強, 整個西部沿海均為西南風平均風速為10~15KT。
- (2) 在白天海風盛行期間, 亦有兩個主要的氣流輻合區出現, 一在台灣北部附近, 另一在西南部之嘉義一帶。與表四比較, 可知在此兩個輻合區附近, 均伴有積雨雲和雷雨。
- (3) 晚上八時開始至翌日上午八時, 台灣西部之風向轉為離岸之陸風, 風力微弱, 平均風速在 5KT以下, 台中至嘉義一帶之中央山脈山區為主要的氣流輻散中心。
- (4) 在陸風盛行期間, 台灣西部之近海海上有氣流輻合區被分析出來。如 5日 0200L~0500L新竹外海有輻合區出現, 0800L 移至陸地。5日 2000L ~ 2300L 台南外海, 6日 2000L ~ 7日 0200L 嘉義、馬公間之海上, 以及 7日 0200L~0800L嘉義、新竹間外海均有輻合區出現。因輻合區發生在海上, 無實際觀測資料證明有雷雨發生, 但由高雄雷達觀測回波圖可證實在這些輻合區之附近有較強之回波, 應屬於對流性雲。

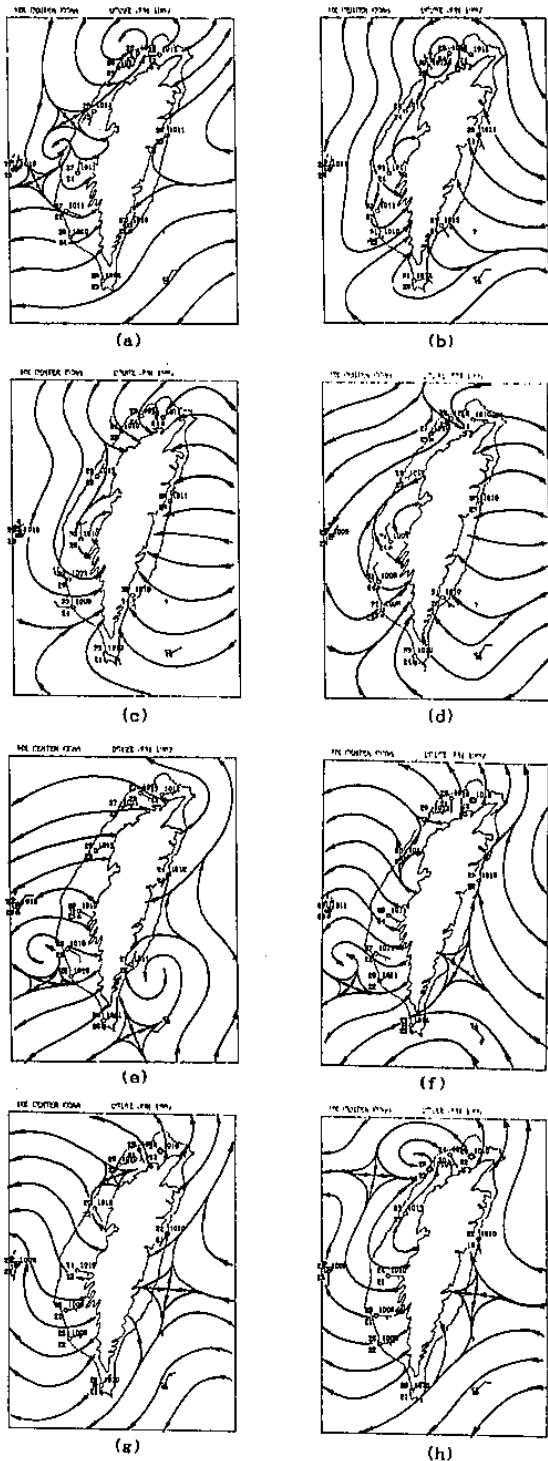


圖 11: 民國 76 年 6 月 5 日 (a)00Z (b)03Z (c)06Z (d)09Z (e)12Z (f)15Z (g)18Z (h)21Z 地面風場氣流線分析圖

### 5. 穩定度分析

表六為依據台北及東港 6 月 4~7 日之探空資料所計算出之不穩定層高度及自由對流面高度。由此表可知，就熱力對流而言，7 日 00Z 之探空資料最有利深對流之發生，

表六：民國 76 年 6 月 4 ~ 7 日台北及東港測站不穩定層高度及自由對流面 (LFC) 高度統計表。(單位：hPa)

測站	台北		東港	
	不穩定層高度	LFC	不穩定層高度	LFC
4日 00Z	940 ~ 700	795	1000 ~ 800	840
4日 12Z	900 ~ 780	782	SFC ~ 720	---
5日 00Z	940 ~ 825	854	950 ~ 700	803
5日 12Z	940 ~ 725	777	970 ~ 600	676
6日 00Z	970 ~ 840	876	970 ~ 680	740
6日 12Z	920 ~ 700	821	SFC ~ 780	877
7日 00Z	SFC ~ 720	992	SFC ~ 700	879
7日 12Z	950 ~ 700	713	SFC ~ 750	822

因為不穩定層最厚(地面至700hPa)以及 LFC 高度最低(在880hPa以下)，其餘的較不易產生深對流，尤其是台北上空，在 900~940 hPa 以下之低層有穩定層。但由表四可知北部地區及西南部地區均有雷雨及積雨雲發生，顯然的，海風入侵陸地，遇山脈阻擋而抬升之舉升力為產生深對流之重要機制。此外台北及嘉義一帶之氣流輻合亦為產生深對流之重要機制。

### 四、結論

綜合以上之分析可確知，在綜觀尺度氣壓系統不顯或水平氣壓梯度較弱之情況下，台灣西部春夏之海陸風相當明顯。海陸風之特性與對流雲之關係可歸納如下：

1. 海風常於上午九時開始入侵陸地，靠近中央山脈之海風約晚一小時出現。嘉義以南之海風為西南至南風，平均風速約在10KT左右。嘉義以北之海風為西至西北風，平均風速約在 5~10 KT左右。低層氣流如為西南風，則台灣西部之海風增強，全為西南風，平均風速亦增強至10~15KT。
2. 海風於傍晚減弱後轉為陸風，陸風常開始於下午六時，翌日上午五時達最強。嘉義以南之陸風為東北至東風，平均風速約在 5KT以下。嘉義以北之陸風為東風或風向不定，平均風速亦

5KT以下或靜風。

3. 在白天海風盛行時，有兩個主要的氣流輻合區出現，一在台灣北部附近山區，另一在台灣西南部之嘉義、台南一帶山區，因此台灣陸地上空為上升運動，有利對流雲之生成。實際上在此兩輻合區及其附近常有發展良好的對流性積雲及午後雷陣雨出現。此外，在中央山脈之迎風面區亦常有積雲及雷陣雨。這些對流性積雲及雷雨對飛航安全均有影響。
4. 在夜間陸風盛行時，台中至嘉義一帶之中央山脈山區為主要的氣流輻散區，台灣陸地上空轉為下降運動，不利對流雲之生成。但是在台灣西北部及西南部近海偶有氣流輻合區出現，伴有對流性積雲，偶爾發展為夜間雷雨，於深夜及清晨時分影響沿海陸地。
5. 因海風入侵陸地後而形成的對流性積雲，其生成發展的主要機制有 (1)氣流遇山脈阻擋而抬升 (2)氣流之輻合作用 (3)具有條件性及潛在不穩定大氣。故夏季大部份的對流性積雲及午後熱雷雨，常先發生於靠近山脈之地區，而後移入平地。沿海地區則少有雷雨之發生。至於沿海地區之夜間雷雨，主要係由於陸風吹至海上後，因氣流之輻合作用而引起的。

### 參考文獻

- 朱學良，1968：新竹海陸風之研究。氣象學報，14，2，16-29。
- 林鞠情，1972：海風對成霧之重要性。氣象預報與分析，50，30-35。
- 洪秀雄、林沛練，1982：台灣地區海陸風之研究——第一部：簡單地形之影響。中範圍天氣系統研討會論文彙編，中央氣象局，403-413。
- 劉廣英、沈哇、劉振榮，1977：海風與台北盆地雷雨之關係。氣象預報與分析，71，11-15。
- Byers, H.R. and Rodebush, H.R., 1948: Causes of Thunderstorms of the Florida Peninsula. J. Meteor., 5, 275-280.
- Hsu, S.A., 1970: Coastal air circulation system: Observations and empirical model. Mon. Wea. Rev., 98, 487-509.
- Neumann, J., 1951: Land Breezes and Nocturnal

Thunderstorms. J. Meteor., 8, 60-67.

Pielke, R.A., 1974: A Three-Dimensional Numerical Model of the Sea Breeze over South Florida, Mon. Wea. Rev., 102, 115-139.