

恆春落山風之分析研究

一、現象分析

洪秀雄

胡仲英

國立中央大學
大氣物理研究所

行政院經濟建設委員會
部門計劃處

(中華民國七十九年二月十八日收稿；七十九年八月二十二日定稿)

摘 要

每年十月至翌年三、四月間，恆春半島地面時有狂風怒號，有時持續二、三小時，有時十天、半月不停息。地面陣風大時甚至超過秒速20公尺，漫天風沙滾滾狂瀾。由於風是越山而過，有如空氣由山頂直落而下般，這種現象俗稱「落山風」。

本研究就能收集到的地面資料、探空資料等作較完整的統計與分析，以了解此現象之真相，並指出過去認識之謬失，再借助理論之輔助提出正確之解釋，並進而探尋其預報因子。

本文僅牽涉資料分析的部份。結果顯示恆春落山風只有在東北風或北北東風時才會發生，可見氣流必須跨越恆春半島，並非氣流繞山而成。落山風發生前也不一定有著天氣現象，與寒潮暴發並無直接關聯。探空資料顯示落山風發生時一定有臨界層存在於2至3.5公里間，而且臨界層處之理查遜數小於或接近一。

關鍵詞：恆春落山風，內重力波，理查遜數，臨界層

一、前 言

在恆春半島西岸，每年到了十月，地面上即經常狂風怒號，地面的強風伴隨著強烈的陣風，除了晴朗的天空外，與颱風時的情景有幾分相似。這種強陣風現象斷斷續續的持續到翌年三、四月才會消失。由於地面風暴的盛行區是在東北季風與恆春半島的下風區，像是東北季風翻山越嶺後，下落而成的，故俗稱「落山風」。落山風除了對當地的居民的生活造成不便外，對交通、農作、建築等也有相當大的影響。

落山風呈間歇性，時強時弱。強陣風有時如曇花一現，一、兩小時後即消失無蹤，有時可持續數

天而不稍減其強度，甚至有持續達十天、半月的。陣風風速有時緩慢增強，有時在一、二小時內就可由靜風狀態增強到超過20 m/s。風向則都來自東北、北北東，而無西風或南風的分量。

落山風形成的原因，以往一般的看法是：東北季風帶來的冷空氣，到了台灣南端約東港以南之後，由於山嶺高度漸減，冷空氣得以越嶺而過，如果東部空氣較冷，密度比西部大，乃自山頂直瀉西下，造成落山風。

這種說法一方面缺乏定量的證明，二方面對颯十天、半月的落山風無法自圓其說，因為沒有一個南下的冷氣團能大到十天、半月仍通不過台灣南端，而且還維持東西向相當大的溫差。其實粗略的檢

驗天氣圖和落山風發生的時期，可以明顯的看出落山風事件和冷氣團南下(如寒潮暴發)沒有特別好的相關。最簡單的例子就是十一月是每年落山風最盛行的月份，而冷氣團侵襲台灣較頻繁的月份卻是十二月份和一月份；何況事實上五月、六月也還有落山風的個案。

有一個現成的個案可以印證這點：1986年11月29日恆春曾有高達28 m/s的地面陣風發生(參考表一)，圖8c為11月28日至30日的地面天氣圖，由圖上可看出來沒有任何中、大尺度的天氣系統在鄰近地區，明顯的可看出此次個案與所謂冷氣團入侵無關。詳細情形在四、二節再進一步介紹。

洪和翁(1985)先由分析探空資料指出落山風的動力關鍵所在，接著以理論證明落山風實際上是由於重力波在臨界層(critical level，風速與重力波相位速率相等的地方，即 $U = c$ 。對地形引發的重力波而言，也就是零風速的地方。)與地面間反覆反射造成共振效果而形成的。達成共振的最佳臨界層高度為2至4公里間。臨界層高度處的里查遜數 R_i (Richardson Number)，定義為

$$R_i = (g/\theta)(\partial\theta/\partial z)/[(\partial u/\partial z)^2 + (\partial v/\partial z)^2]$$

必須小於或接近於1，或低層風速很大以至於有能力激發大振幅的重力波。洪和翁的動力模擬肯定的證明這些條件。

於是我們不但對落山風的成因有了正確的了解，而且落山風的預報也變為可能。本研究的目的即蒐集較完整的資料，沿着洪與翁的方向作進一步分析探討，同時一方面肯定其引發機制，一方面由實際資料找出預報因子。

在本文中我們定義落山風為地面陣風超過15 m/s，且非颱風的影響所造成的強陣風事件。

二、恆春半島的地理環境

恆春半島位於台灣的南端，南臨巴士海峽，東部面對太平洋，而西岸則與台灣海峽相鄰。一般而言，中央山脈在台灣中部最高，平均可達三千公尺，到了台灣南部越往南越矮，不過要過了高雄、屏東的緯度才會降至低於一千五百公尺以下。對厚度僅1.5公里的秋、冬季東北季風而言，在高雄的緯度以北氣流無法越過中央山脈，大約到了大武以南

，才得以越山而過，而順著風向所經之地，平均約為400公尺的山岳。落山風就盛行在恆春半島的西岸，由枋山到墾丁國家公園的區域(見圖1)，由北到南約有四十公里。

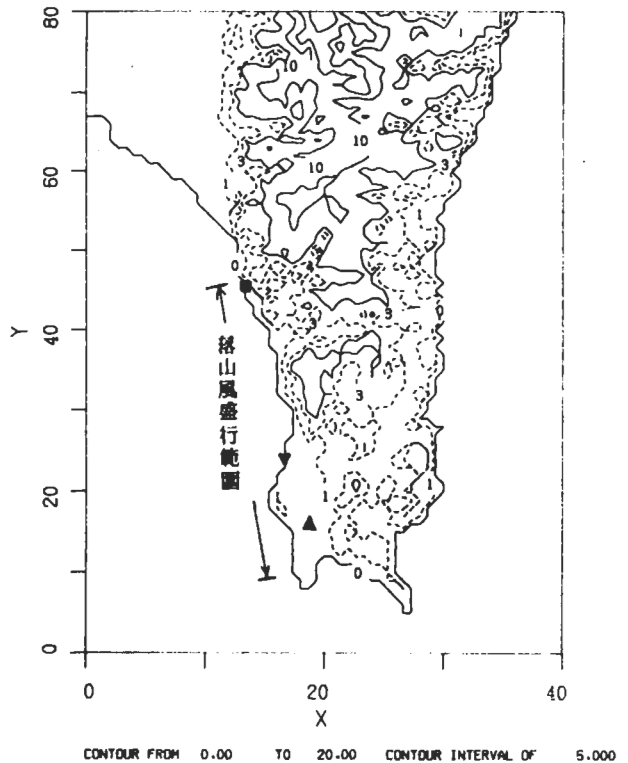


圖1 恆春半島之地理環境，地形資料之解析度為一公里。橫軸及縱軸的單位均為公里，實線之等高線間距為500公尺，虛線有100公尺及300公尺二條等高線。圖中▲處為恆春鎮，▼處為海口，■處為枋山。

三、資料來源

首先我們由中央氣象局磁帶資料庫中選取自1981年至1986年，每天地面陣風強度超過15 m/s的日子(實際收集的資料自1977年開始，但因早期缺乏探空資料能與地面資料相配合，較不具研究之意義，故從略)，並把這些資料編輯為表格形式。由

表一 1986年發生落山風日期、及其風速風向統計表。上面的數字表示最大十分鐘平均風速及風向，下面的數字表示最大陣風風速風向。風速的單位為0.1 m/s。

(a)

恆春測候所1986年最大陣風超過15每秒米的日子

測站：16759 (恆春) 年份：1986 內容：最大十分鐘風速(m/s)；最大陣風(m/s)

日\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1			102 NE 158 NE							82 NE 180 NE	94 NE 180 NE	111 NE 205NNE
2									≈ 94 NE 165 NE	85 NE 183 NE	87 NE 192 NE	
3		72 NE 157 NE							≈ 100 NE 182 NE	89 NE 167 NE		
4	95 NE 186 NE									80 NE 152 NE	88 NE 167 NE	107 NE 226 NE
5	102 NE 150 NE										108 NE 211 NE	
6											112 NE 226 NE	
7				116 NE 162 NE						81 NE 180 NE		72 NE 193 NE
8		91 NE 192 NE										96 NE 203 NE
9									≈ 103 NE 178 NE		104 NE 193 NE	88 NE 168 NE
10									≈ 105ENE 160ENE	95NNE 185 NE	113 NE 211NNE	80 NE 158NNE
11				119 NE 181 NE						104 NE 211 NE	105 NE 210 NE	73 NE 155 NE
12				96 NE 160 NE						108 NE 223NNE	79 NE 172 NE	
13										105 NE 207NNE	76 NE 155 NE	
14					112 NE 170 NE					≈ 117NNE 220NNE		
15		124 NE 184 NE								≈ 115 NE 220 NE		84ENE 165ENE
16		102 NE 156 NE									66 NE 163 NE	104 NE 220 NE
日/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

(b)

恆春測候所1986年最大陣風超過15每秒米的日子

測站：16759 (恆春) 年份：1986 內容：最大十分鐘風速(m/s)；最大陣風(m/s)

日\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
17					94 NE 156 NE			75 NE 161 NE			126NE 256NE	
18									≈86NW 170NW		116 NE 250 NE	
19									≈131 W 296 W	81 NE 168 NE		76 NE 168 NE
20		104 NE 154 NE								88 NE 185 NE	114 NE 227 NE	86 NE 180 NE
21		104 NE 154 NE									115 NE 225NE	
22								≈78WSW 156WSW			70NE 166NE	85 NE 180 NE
23										121 NE 217 NE		81 NE 158NE
24		105 NE 170 NE						≈98 NE 194NW				
25											102 NE 220 NE	99 NE 213NE
26											113 NE 247 NE	115 NE 223 NE
27	98 NE 161 NE	108 NE 154 NE									109 NE 210 NE	78 NE 167NE
28		109 NE 184 NE									83 NE 164 NE	98 NE 212 NE
29										105 NE 210 NE	127 NE 280 NE	82 NE 172NE
30										129NE 262NE	107 NE 224 NE	
31												
日/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
日數	3	9	1	3	2	0	0	2	0	14	22	17

註：≈強風

這些表格我們可以清楚的看出事件當天的最大十分鐘平均風速、最大陣風強度、以及同樣重要的風向。不過有些個案單純是由於颱風過境所造成的，有些是颱風在近海影響所及而有的現象，故我們還要收集中央氣象局的颱風記錄和颱風報告或統計表，並作為依據，讓我們將相關的日子加以剔除。

另一方面，強陣風有時只在很短的時間（如數小時）內發生，而不是全天都有，這種現象只有從地面風速風向的自記記錄上才看得出來。因此我們還收集了1985年及1986年全年的恆春測站地面風速風向自記記錄並審視自1981年至1984年的全年同類資料。

根據理論（洪和翁，1985）恆春落山風是由於來自東北方向的氣流跨越恆春半島地勢時，引發重力波，並在低理查遜數的臨界層存在下，在地面與臨界層間重覆反射造成共振的結果，因此較大尺度的大氣結構與垂直風切是很重要的因素。

1985年之前恆春附近僅有東港一個探空測站，可是因為東港位於背風區，而且東港背面的山遠比恆春半島高，其上層溫度結構及風場可能均已受高山所修飾，而且由中尺度區域天氣圖（圖6）的了解（見四、二節的說明），顯示東港處於落山風的系統之外，故東港的探空資料並不適用恆春落山風的預報之用。1985年11月以後綠島設立探空測站，其資料可作為恆春上游背景的主要依據，有時綠島的探空資料從缺，或有錯誤，我們還要參考板橋的探空資料。我們在此研究中，大致收集了1986年全年的綠島探空資料，並且據此繪出垂直溫度結構及風向風速的分佈，另外更進一步計算大氣穩定度和理查遜數等。探空資料中有時有缺碼，有時有明顯錯誤，對這些情形我們都採取不修改的原則以存真。

四、由地面資料看恆春落山風

（一）個案統計

我們先從中央氣象局的磁帶資料庫中，自1977至1986年十年的地面資料中蒐尋地面陣風風速超過15 m/s的日子，並編列為表格。不過由於這些表基本上每年不會有太大的變化，故我們在本報告中僅選擇1986年的資料來介紹，結果列於表一，其他年份的資料詳細列於洪、胡與王（1987）的報告中，

此處不再贅述。由這些資料我們至少可以歸納出以下幾點：

1. 除了在颱風的強烈影響下及極少數特殊例子之外，所有的風向均來自東北或北北東（NE、NNE）。
2. 地面的最大陣風風速均大致相等於或甚至超過最大十分鐘平均風速。極端的例子如1986年11月29日最大陣風風速為28 m/s，而最大十分鐘平均風速只有12.7 m/s，兩者之比達2.2。另外1984年10月20日分別為26.6 m/s及11.4 m/s，兩者之比更達2.3。
3. 由1981至1986年恆春落山風發生的次數看（表二）落山風主要盛行於10月至次年5月；6月至9月幾乎不發生落山風；尤其集中在11月至次年2月。需提醒注意的是：統計表上顯示的各月平均發生次數可能會有點誤導，因為有些年份落山風特多，而另一些年份則特少。例如1986年11月幾乎每天都有秒速超過15米的強陣風，但1985年11月卻幾乎沒有個案發生。
4. 最大陣風超過15 m/s而風向不是NE或NNE的個案若不是颱風過境，就是颱風在恆春附近。另有極少數的個案，月報表與自記記錄不符；還有一些（極少）難以界定是什麼原因造成的。這些我們在作統計時都事先除掉了，不在我們進一步研究之列。

表二 1981-1986年恆春落山風次數統計。

月份	總次數	平均每年次數
1	78	13.0
2	68	11.3
3	45	7.5
4	21	3.5
5	18	3.0
6	6	1.0
7	1	0.1
8	2	0.3
9	5	0.8
10	57	9.5
11	92	15.3
12	93	15.5

(二) 落山風的特性

落山風基本上是相當紊亂的氣流；風向在90度之內迅速變化，風速在短時間內劇烈變動，有強烈的陣風性質。恆春強陣風的形成過程變化多端，不像落磯山脈的下坡風那樣單純 (Brinkmann, 1974)

。以下介紹一些典型的例子。

圖2是一個很明確的表現落山風起動的例子，發生於1985年11月24日。在上午九時三十分之前地面吹極微弱的北西北風，幾乎是靜風的狀況。九時三十分風向相當快速的轉成東北方向，九時四十

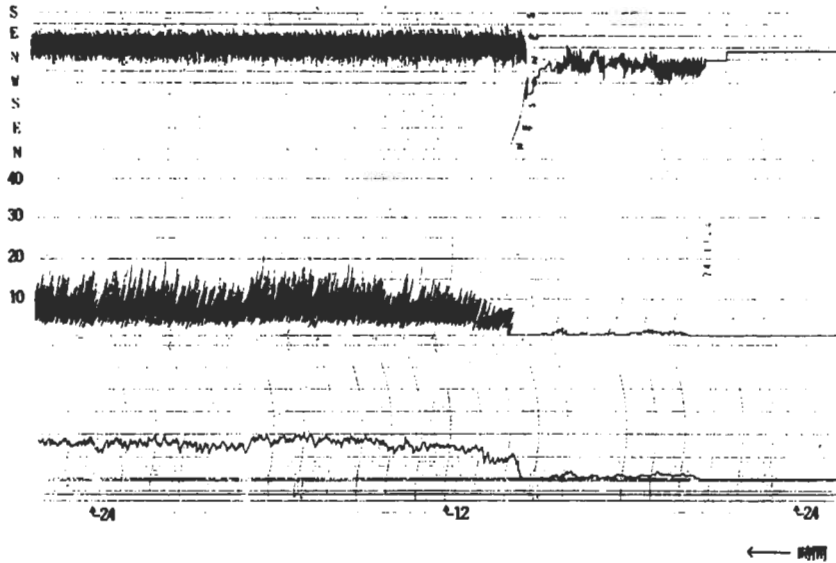


圖2 1985年11月24日恆春測站之地面風速風向。最上面為瞬間風向，中間為瞬間風速(m/s)，最下面為十分鐘平均風速。

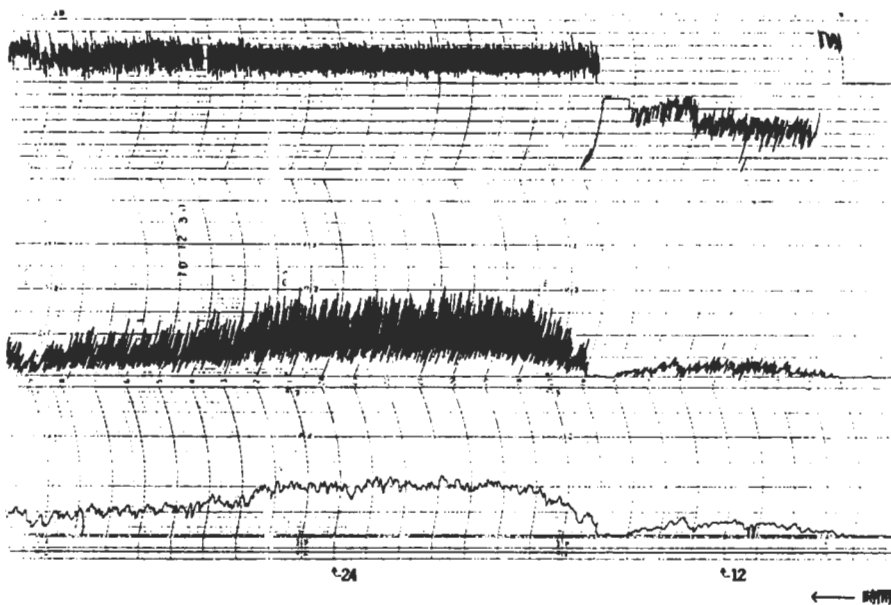


圖3 1981年12月30日恆春測站之地面風速風向。

分風速急速上升，至十二時三十分地面陣風已達15 m/s，到了1830 地面陣風更超過21 m/s。由靜風到超過10 m/s 僅歷時不到一小時。

圖3 是另一個典型的強陣風個案，發生於1981年12月30日。和許多個案類似，強陣風開始前吹西南風，到了1610 時轉成東北風，地西平均風速及陣風即快速增強。陣風在兩小時內由幾乎為零增加到超過18 m/s，而到2015 時已超過20 m/s。1986年12

月4日曾發生過該月最強的地面陣風，由圖4 可看出恆春在12月3日幾乎處於靜風狀態下，到3日約1730 才開始逐漸增強。到4日達最強，但持續時間並不長。強陣風經常可維持穩定的強度達數天之久，1978年11月19-20日是其中的典型例子（參考洪等，1987）。

落山風發生時經常不伴隨明顯的大、中尺度系統，如1986年10月10日是其中一個例子（見圖5a

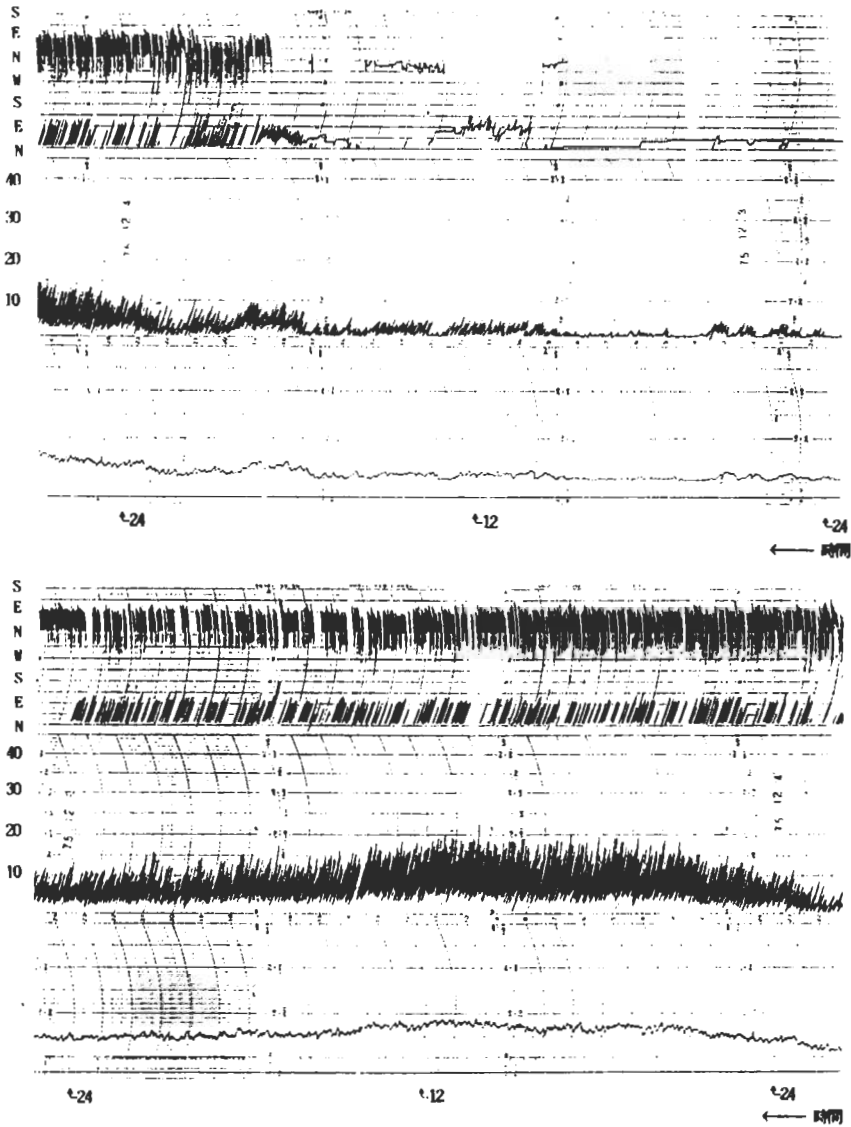
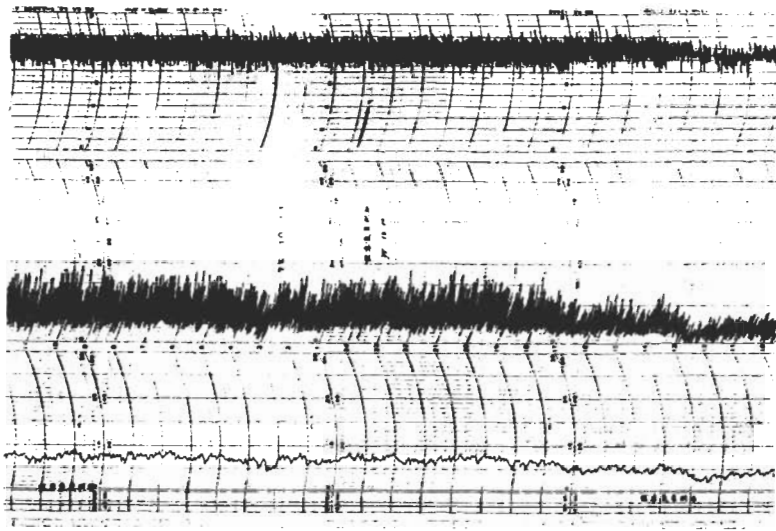
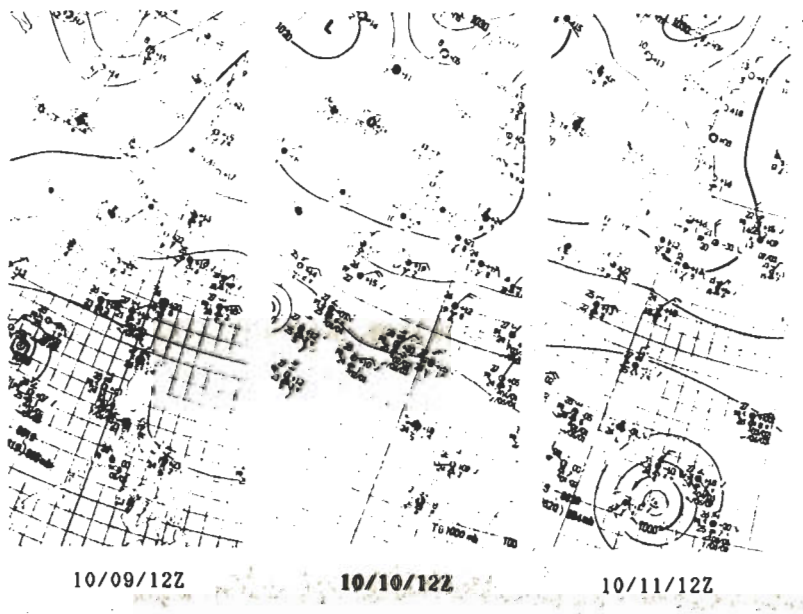


圖1 1986年12月3日至4日恆春測站之地面風速風向。



(a)



(b)

圖5 (a) 1986年10月10-11日之地面風速風向。
(b) 1986年10月9日至11日之地面天氣圖。

)。事件前後的天氣圖展示在圖 5 上：10 月 9 日雖有輕度颱風在南海，但距離很遠，台灣地區並未受到影響，而到了 10 月 10 日颱風離台灣更遠時，恆春半島卻發生了落山風。圖 6 為 10 月 10 日 14:00 LT 的地面氣壓及風速風向情形，我們可以明顯的看出在

氣流結構方面，恆春半島上的風系和西岸其他地區完全不同，包括東港、屏東，可見恆春落山風純粹只發生在恆春半島上。不幸的是在此半島上沒有探空測站，地面測站至多只有三個，而且只有一個測站位於落山風盛行的西岸，故缺乏足夠的解析度

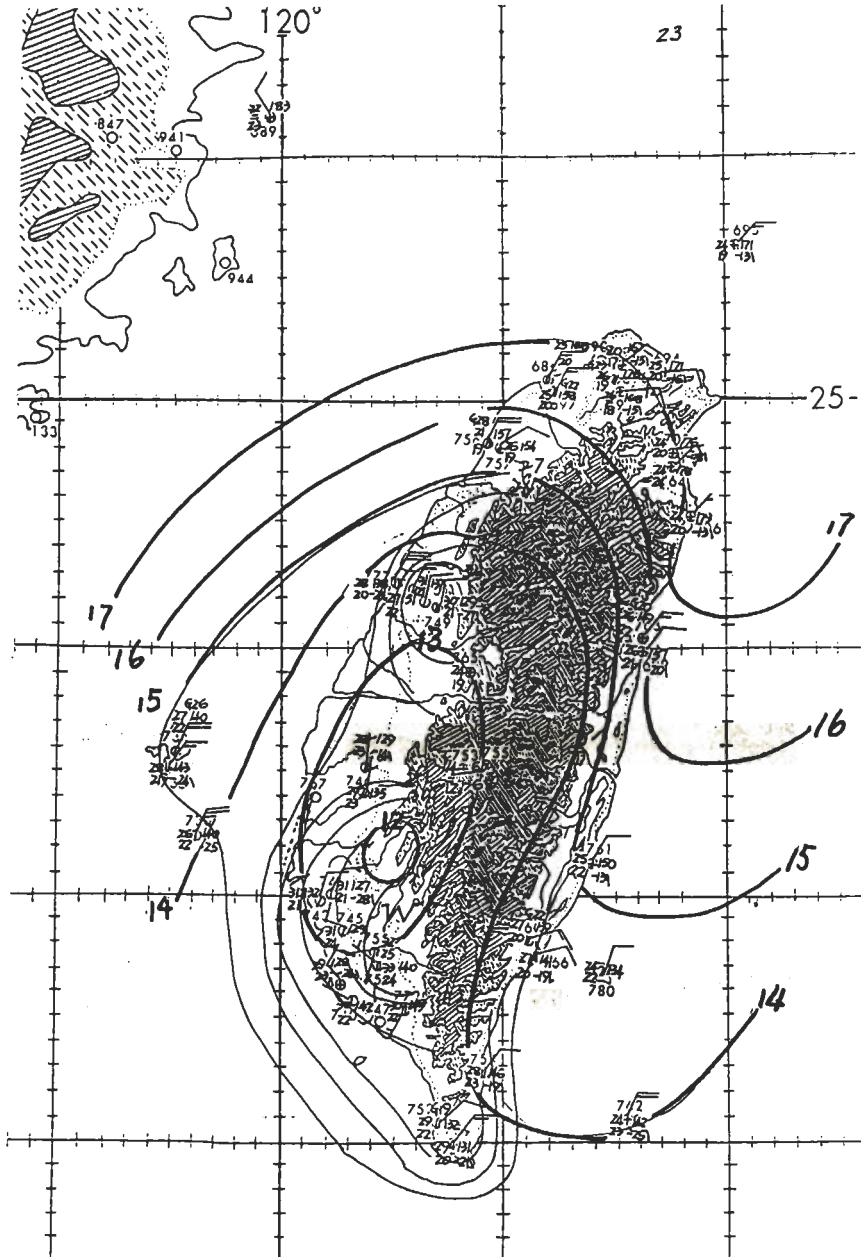


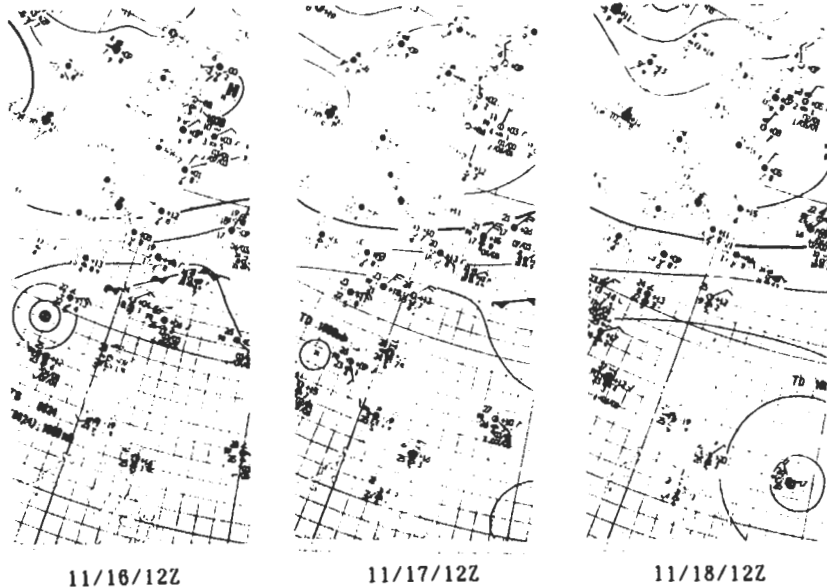
圖 6 1986 年 10 月 10 日 14:00 LT 台灣地區之地面風速風向及氣壓分佈圖。

將落山風的全貌描繪出來。在本文中我們將儘可能收集到的資料加以溶合，並配合理論的原理，將有關恆春落山風的要點勾勒出來。

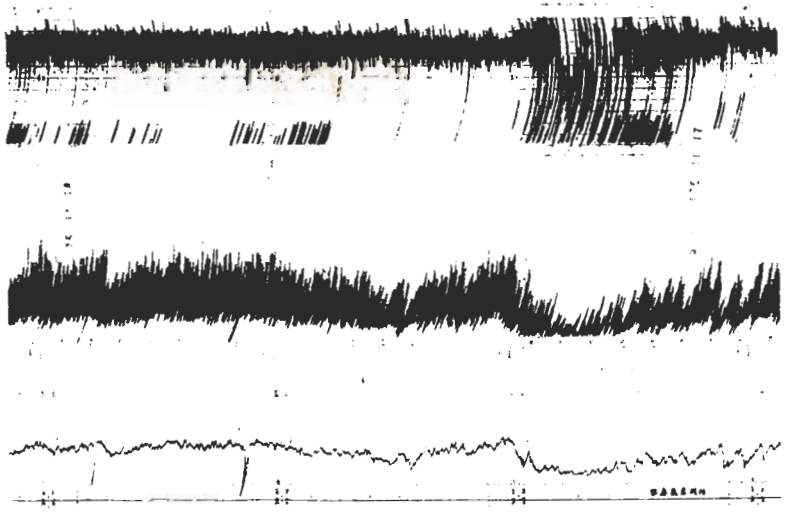
1986年11月17日上午八時，當風向轉為東北後

，持續性的地面強陣風即開始盛行（圖7b）。對照當時的天氣狀況（圖7a），可見落山風是發生於南海颱風更為離開而且迅速衰減，及鋒面遠離之時。

特別值得一提的是1986年11月29日落山風的例



(a)



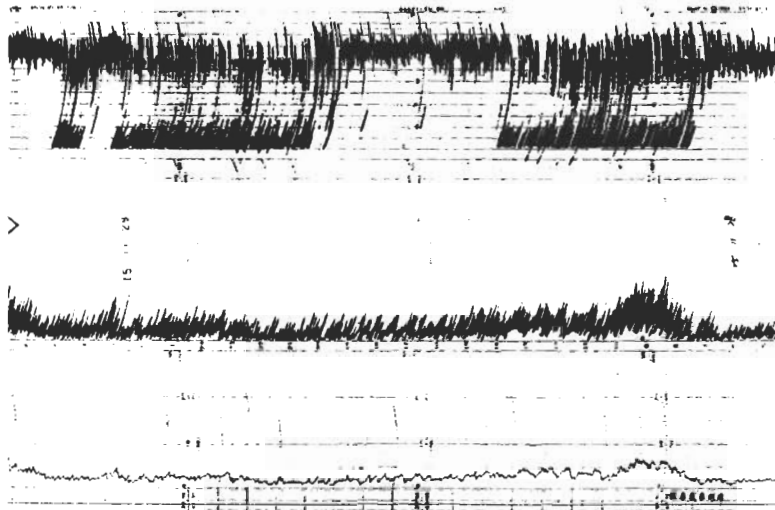
(b)

圖7 (a) 1986年11月16日至18日之地面天氣圖。
(b) 1986年11月17日至18日之地面風速風向。

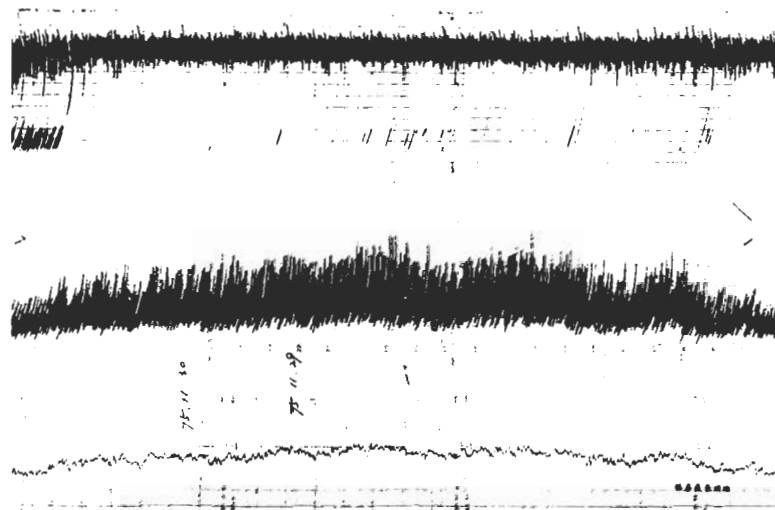
子。在29日當天地面陣風曾達28 m/s (圖8a、8b)，是1986年全年最強烈的落山風，但由11月28日至30日的天氣圖上無法在台灣附近辨識出任何特殊天氣系統的跡象(圖8c)。最後回到前面曾提到的1986年12月4日的落山風，強陣風開始於3日23時左右，若冷空氣之前緣以1020 mb等壓線為參考，

則冷氣團於12月5日才到達恆春半島(圖9)。這些都顯示恆春落山風和冷氣團南侵並無直接關聯。

以上幾個例子中都很容易可以看出何時陣風突然加強。這裡我們大致還可以獲致一個結論，那就是強陣風一定伴隨東北風，也就是風一定跨越恆春半島的山而過，而非繞過。



(a)



(b)

圖8 (圖說見下頁)。

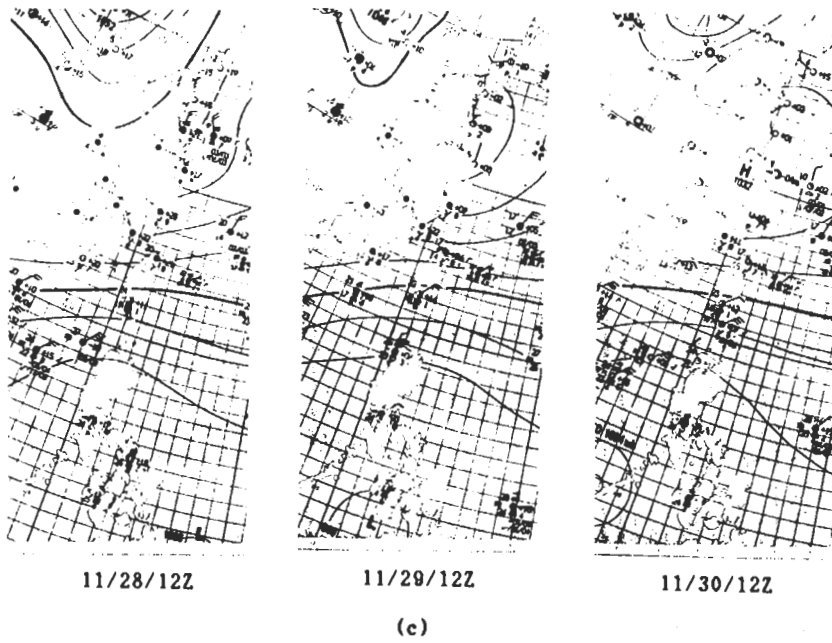


圖8 1986年11月28日至30日之(a)、(b)地面風速風向；(c)地面天氣圖。

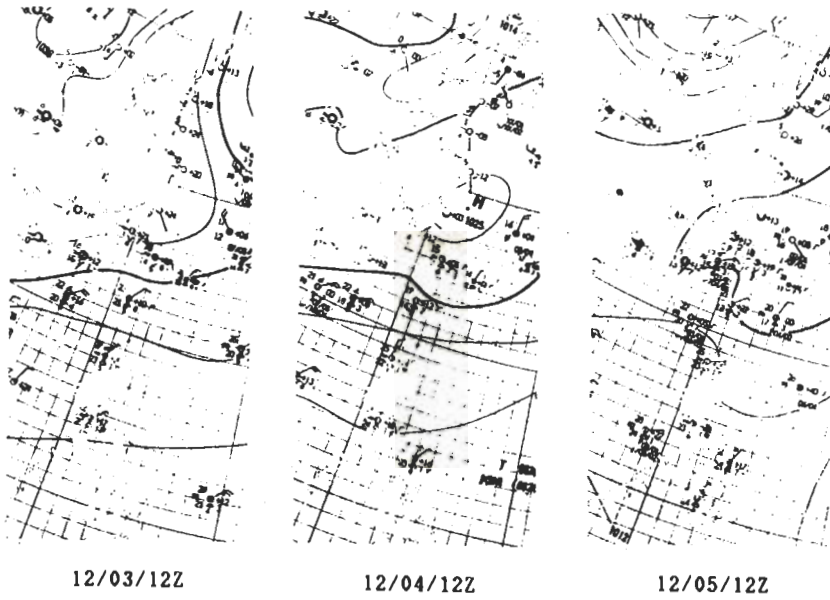


圖9 1986年12月3日至5日之地面天氣圖。圖中粗線為1020 mb等壓線。

但是並不是所有的個案都有明確的起始時間。有時風速時強時弱，卻斷斷續續難以分割。1981年12月4日至12月7日的情形提供了一個鮮活而有趣的例子。1981年11月下旬有一強陣風自27日0850開始持續到12月9日1820止，共歷時12天半，中間在12月1日曾達27.5 m/s的強陣風。但在12月4日至12月7日間陣風卻時強時弱。像圖10所展示的，在12月4日0000之前地面吹東北風，陣風超過10 m/s，到了0210風向慢慢轉成西北，在風向轉成有偏西的分量時，陣風即快速減弱。到了0500已將近成為靜風狀態，可是到了0700風向再度轉成北風並繼續轉變方向，至0900前後已轉成東北方向，而此時地面陣風再度出現，並在1040時超過15 m/s。12月5日0215時風向再變成偏西，同時間風速急速減弱。可是到了同日1900時風向再轉成北偏東，地面陣風再度加強。12月6日0100時又轉成偏西的風，地面陣風立刻消散。此後風速及陣風穩定增強，配合風向穩定轉向東北，在1535前後陣風增強，甚至超過17 m/s，而在12月7日0140前後風向再轉成偏西，同時陣風風速迅速衰減。

可見來自北方偏東的風是必要條件，也就是跨越恆春半島的氣流是落山風的必要條件。至於充分條件，等到下一節檢討完高層風的分佈後再說明。

(三) 落山風發生之時間與涵蓋範圍

由於恆春半島除了恆春測站外就沒有其他測站了，因此落山風涵蓋的範圍難以數據或記錄證實。不過根據當地人的經驗，我們大致知道落山風完全發生在山的西南海岸一帶，南自白沙，北至枋山，其中以海口的風力最強，曾有路過的機踏車及廂型汽車在海口附近有被吹翻的記錄。

要知道落山風發生的時間，必須從自記錄中去探尋。恆春測候所的自計記錄大致保存得很好，不過因為一卷記錄紙記錄一個月的資料，而為了知道發生的時間，唯一的辦法是到該測站一卷卷從頭到尾翻閱，頗為費時費事。我們共翻閱了自1981年至1986年的全部資料，並作成記錄。不過由於太瑣碎，而且大致相似，這裡我們僅列出1986年的情況，如表三。有興趣知道更詳細資料的讀者，請參考洪、胡與王(1987)。

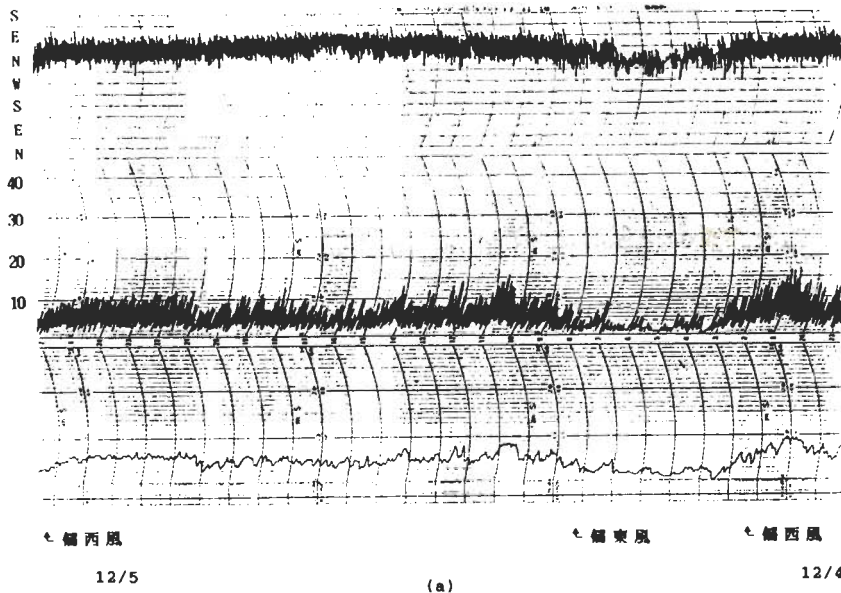


圖10 (圖說見下頁)。

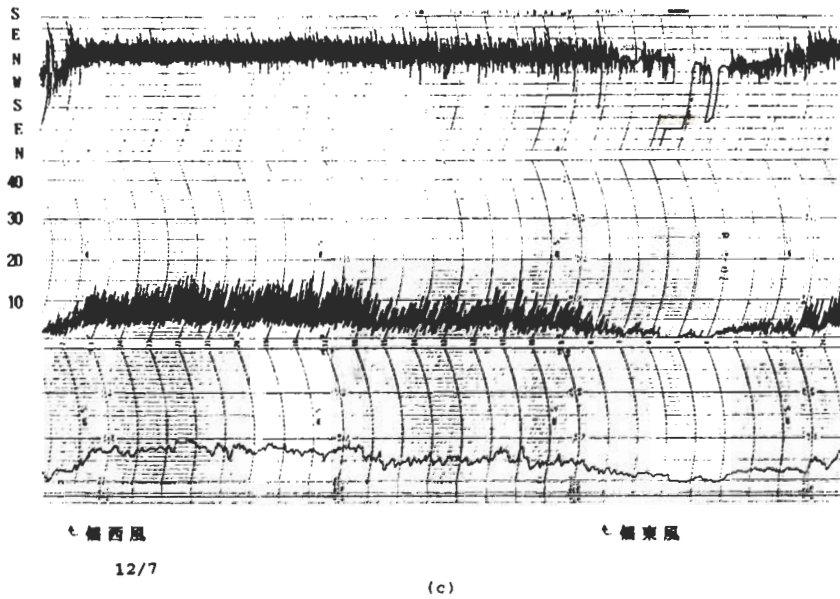
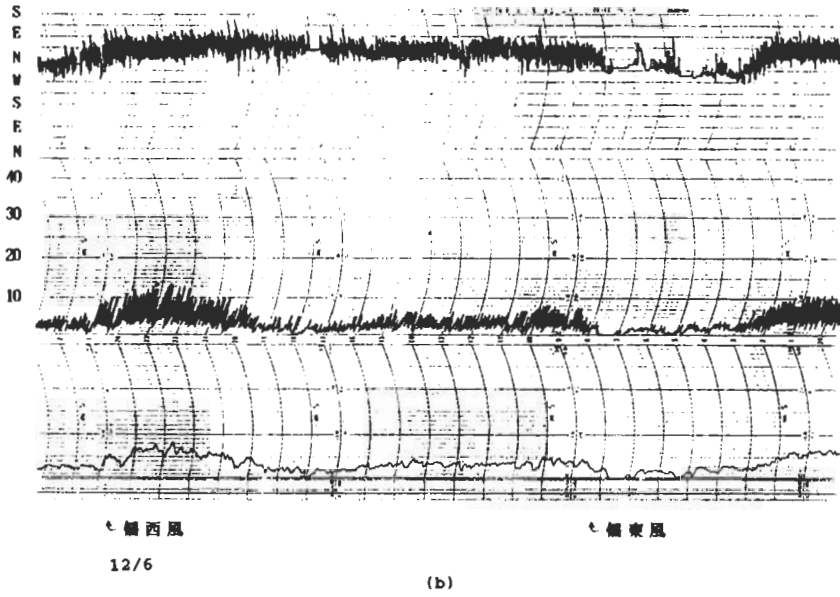


圖10 1981年12月1日至7日之地面風速風向。

表三 1986年落山風起始時間表。

(a)

恆春測候所1986年最大陣風超過15每秒米的日子

測站：16759 (恆春) 年份：1986 內容：最大十分鐘風速(m/s)；最大陣風(m/s)

月	日	風速 風向	起始時間及備註	月	日	風速 風向	起始時間及備註
1	4	95 NE 186 NE	本日0740		17	75 NE 161 NE	接續前日
	5	102 NE 150 NE	接續前日	10	1	82 NE 160 NE	不明確
	27	98 NE 161 NE	不明確		2	85 NE 163 NE	接續前日
2	3	72 NE 157 NE	本日0745		3	89 NE 167 NE	接續前日
	8	91 NE 192 NE	2月 6日0705		4	80 NE 152 NE	接續前日
	15	124 NE 184 NE	本日0940		7	81 NE 180 NE	接續前日
	16	102 NE 156 NE	接續前日	10	95 NE 185 NE	本日0740 可能為颱風影響	
	20	104 NE 154 NE	本日0935	11	104 NE 211 NE	接續前日	
	21	104 NE 154 NE	接續前日	12	108 NE 223 NE	接續前日	
	24	105 NE 170 NE	本日0500	13	105 NE 207 NE	接續前日	
	27	108 NE 154 NE	本日0220	14	117 NE 220 NE	接續前日	
	28	109 NE 184 NE	接續前日	15	115 NE 220 NE	接續前日	
3	1	102 NE 158 NE	接續前日	19	81 NE 168 NE	不明確 可能為颱風影響	
4	7	116 NE 162 NE	4月 6日2140	10	20	88 NE 185 NE	接續前日
	11	119 NE 181 NE	本日1530	23	121 NE 217 NE	可能為10月22日1945開始	
	12	96 NE 160 NE	接續前日	29	105 NE 210 NE	本日0745	
5	14	112 NE 170 NE	本日1640	30	120 NE 262 NE	接續前日	
	17	94 NE 156 NE	不明確	11	1	94 NE 180 NE	本日1120
8	16	66 NE 163 NE	不明確，可能為颱風影響		2	87 NE 192 NE	接續前日

(b)

恆春測候所1986年最大陣風超過15每秒米的日子

測站：46759 (恆春) 年份：1986 內容：最大十分鐘風速(m/s)；最大陣風(m/s)

月	日	風速 風向	起始時間及備註	月	日	風速 風向	起始時間及備註
	4	88 NE 167 NE	接續前日		30	107 NE 224 NE	接續前日
	5	108 NE 211 NE	接續前日	12	1	111 NE 205NNE	接續前日
	6	112 NE 226 NE	接續前日		4	107 NE 226 NE	不明確
	9	104 NE 193 NE	本日0715		7	72 NE 193NNE	不明確
	10	113 NE 211NNE	接續前日		8	96 NE 203 NE	不明確
	11	105 NE 210 NE	接續前日		9	88 NE 168 NE	不明確
	12	79 NE 192 NE	接續前日		10	80 NE 158NNE	不明確
	13	76 NE 155 NE	接續前日	12	11	73 NE 155 NE	不明確
	16	104 NE 220 NE	本日1530		15	84ENE 165ENE	12月14日1915
	17	126NNE 256NNE	不明確		19	76 NE 168 NE	12月18日2300
11	18	1.3 NE 259 NE	不明確		20	86NNE 180NNE	不明確
	20	114 NE 227 NE	本日0820		22	85 NE 180 NE	不明確
	21	115 NE 225NNE	接續前日		23	81 NE 158 NE	不明確
	22	70NNE 166NNE	接續前日		25	99 NE 213NNE	本日1730
	25	102 NE 220 NE	11月24日1725		26	115 NE 223 NE	接續前日
	26	113 NE 247 NE	接續前日		27	78 NE 167ENE	本日1610
	27	109 NE 210 NE	接續前日		28	98 NE 212 NE	接續前日
	28	83 NE 164 NE	接續前日		29	82 NE 172NNE	接續前日
	29	127 NE 280 NE	接續前日				

註：今年崙山風起始時間：

0000-0800 7次；0801-1600 4次；1601-2400 8次

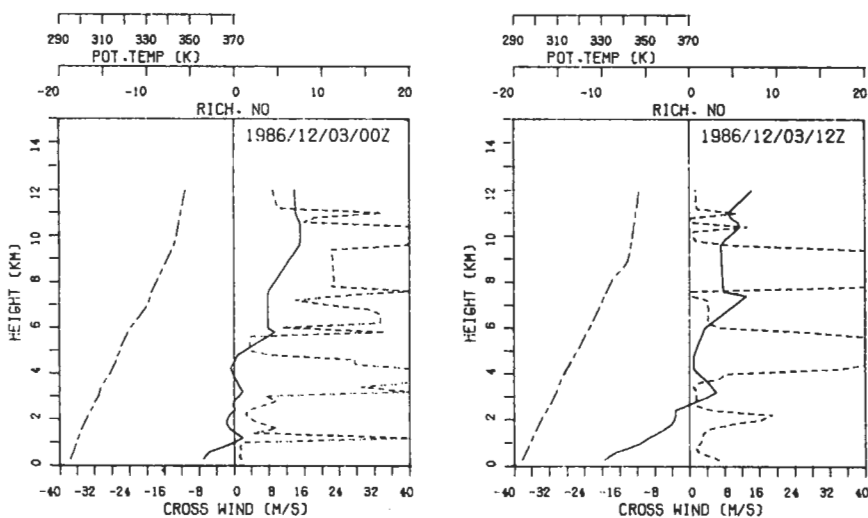
如前節所述，所謂起始時間大致是依風速急速增加，同時伴隨風向之快速變化者定義之。當然並不是時常有這種明顯的特徵，有時強陣風持續數日，時強時弱；有時陣風是緩慢加強的；這些情況就不容易界定「起始」時間了。由表三的結果，我們大致可以得到以下的結論：

1. 若以24小時三等分來計算，則山風起始於0001-0800 LST的共有7次，0801-1600 LST的共有4次，1601-2400的共有8次。可見早晨及夜晚起始的機會最大。
2. 若以0901-2100及2100-0900的分法將一天分成白天與夜晚，則1986年白天起始者為10次，夜晚為9次，大致機會均等。
3. 總結的說，若依一天三等分法來界定，則落山風起始時間發生於夜晚和清晨者似乎較佔優勢；若依白天、夜晚的分法，則次數難分軒輊。由1984-1986三年的統計資料來看(洪、胡與王，1987)，也可以得到相同的結果。而且因為通常落山風開始後會持續一段長時間(例如十二小時，甚至於一星期之久)，這表示日變化因素並不重要，這也顯示落山風的發生背景為大尺度系統所掌握。

五、高層大氣結構與穩定度

我們先用最典型的例子說明大氣的垂直風切和動力穩定度的重要性，稍後再展示和落山風的關係。在上節所介紹的1986年個案中，12月3-4日及11月15-17日有較完整的綠島探空資料，其餘的均殘缺不全，需要時只有參考板橋的資料。

先探討1986年12月4日的個案。4日恆春地面強陣風有達22.6 m/s的記錄，已如圖4所示。雖然這次強陣風沒有明確的起始時間，但大致在12月3日深夜地面陣風開始加強，而到4日深夜開始減弱。我們把綠島當時的探空資料加以分析，結果如圖11。由圖可以看到在12月3日00Z時上層沒有明確的臨界層，而且理查遜數普遍偏高。到了3日12Z(當地時間為下午8時)，明確的臨界層出現在離地面2.7公里處，且該高度的 R_i 小於1。12月4日00Z的情形相似，臨界層的高度略為提高至3公里處，這段期間落山風維持相當的強度。而到了12月4日12Z，臨界層開始退化，而且下降至2公里以下，至5日00Z下降到1.5公里，且臨界層高度的 R_i 大於1。這印證了洪與翁(1985)的結論，即臨界層的存在是落山風形成的必要條件，而臨界層必須介於2至4公里間，且同高度的 R_i 必須小於或接近於1為落山風形



(a)

圖11 (圖說見下頁)。

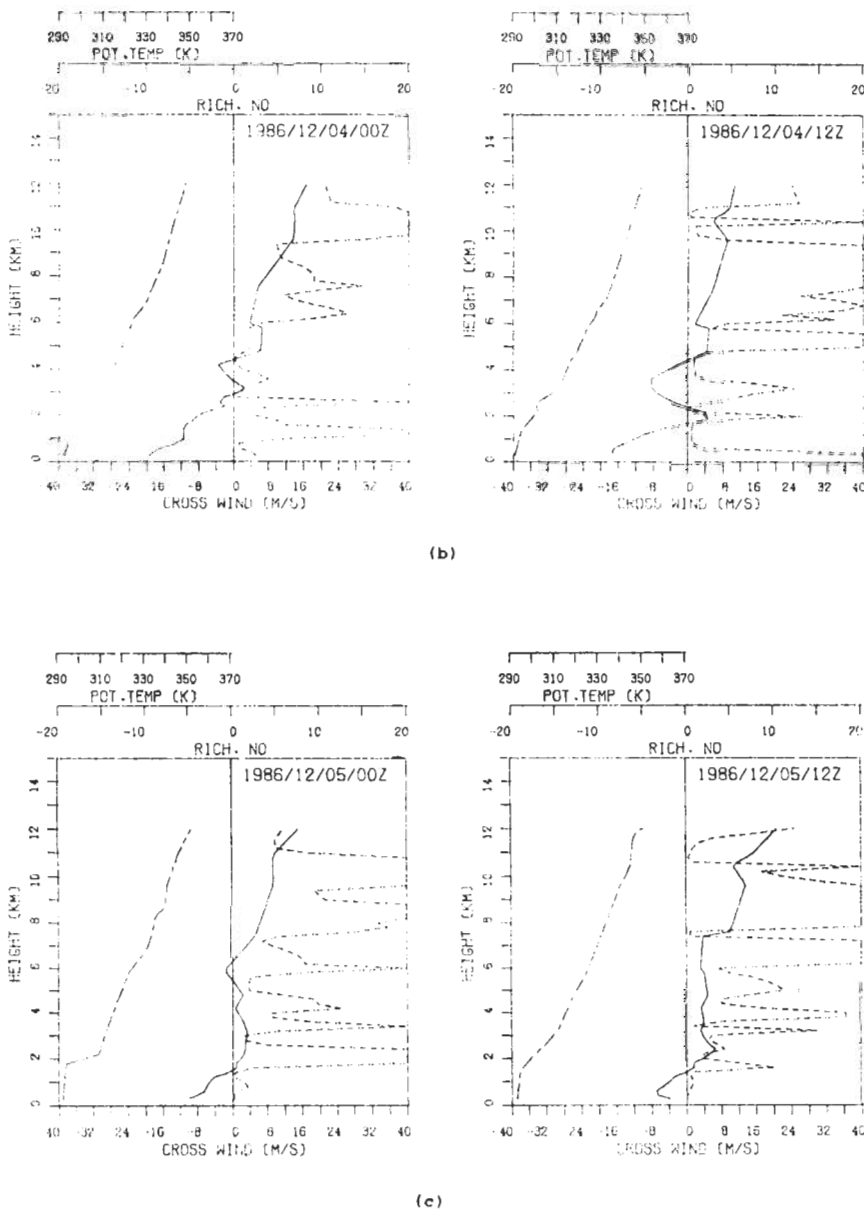


圖11 1981年12月3日至5日之綠島探空資料。實線為側風風速，點虛線為位溫，虛線為理查遜數

成的充分條件。

理查遜數的計算法如下：將探空資料中，包括標準氣壓面及特性層之所有風速、風向、溫度、氣壓、高度均讀入一列陣中，先據此計算位溫，然後運用可調節鬆緊度之仿樣內插法 (Spline under tension

) 得到等間距之風向量、位溫垂直分佈，再使用定差法計算理查遜數。這樣作可得到極為精細、接近連續的風向量、位溫的垂直分佈，在計算理查遜數時可將計算誤差降至最低。

1986年11月16日晚上開始有落山風已如圖7、

表一及四、二節所示，注意11月15日並沒有落山風。這幾天的綠島探空資料、理查遜數摘要展示在圖12上。由圖上可見在15日有臨界層在一公里處，理查遜數大於1。16日臨界層略為升高，理查遜數接近於零，落山風開始，地面陣風且忽大忽小持續

到17日早晨而逐漸消失。到了17日上午八時(00Z)臨界層升高至1.5公里處，且臨界層的理查遜數接近於零，此時地面陣風及平均風速快速增強，由7:30的接近靜風到陣風超過20 m/s、平均風速超過10 m/s 僅費時兩個半小時。

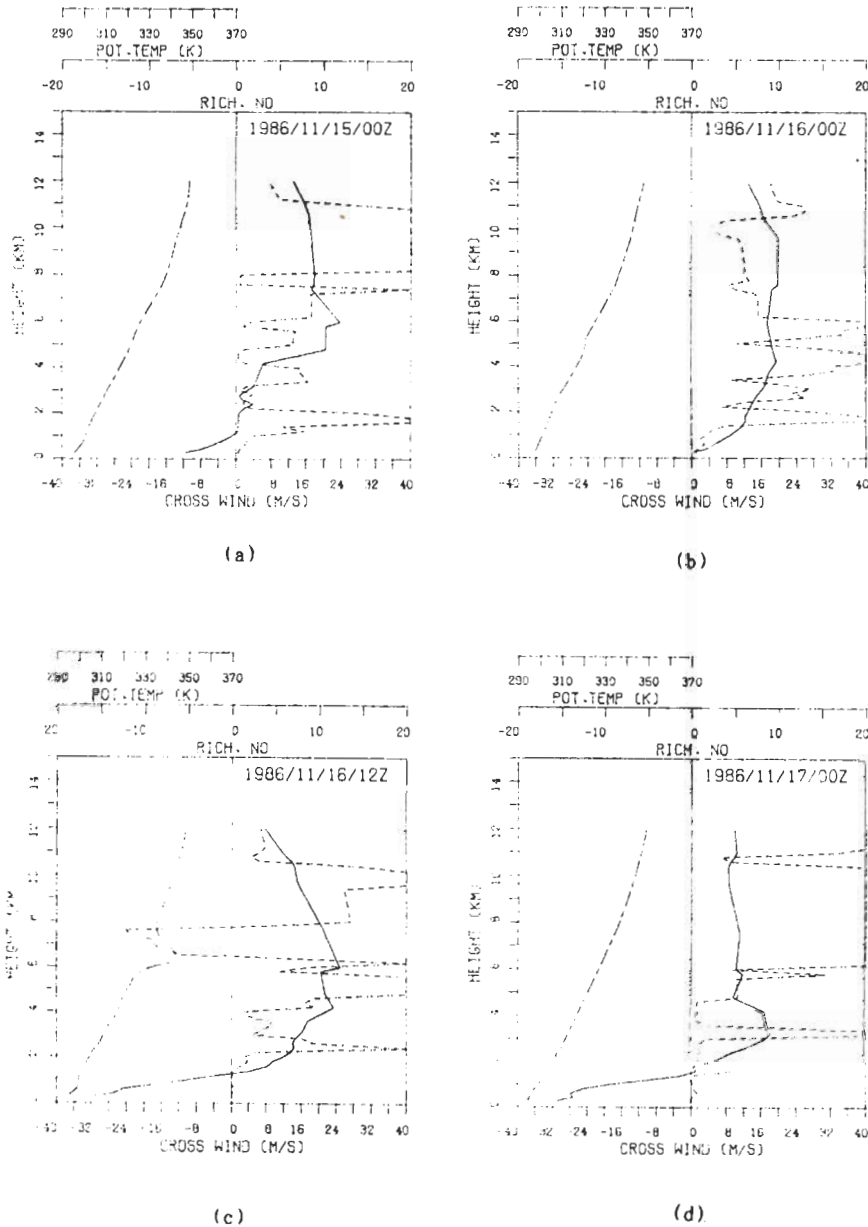


圖12 1986年11月15日至17日之綠島探空資料。

1986年11月地面陣風風速超過 15 m/s 的日子有22天，也就是說幾乎天天都有相當強度的地面陣風，構成一個很好的研究時期（包括11月29日的個案），不過由於篇幅所限，這裡不再介紹，有興趣的讀者可參考洪等人（1987）的研究報告。

每年6月大致是落山風休止的月份，1986年也不例外。我們把6月頭一星期的綠島探空資料加以分析，以了解其原因。依據結果6月份的大氣結構均和圖13相似，由此我們很清楚的可以看出來，靠近地面的高度仍然吹東風，但在高層則東、西風交替了好幾處，這表示有多層臨界層的存在，但 R_i 都遠大於1，並不具落山風的基本條件，故地面的風速都很小。

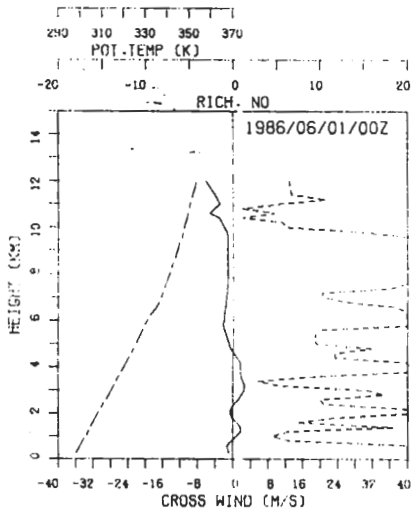


圖13 1986年6月1日之綠島探空資料。

六、結 語

由以上各種證據以及由各個角度的探討，我們可以達到以下的結論：恆春落山風並非氣流繞過台

灣南端而產生的渦流，和冷氣團入侵（如寒潮暴發）也缺乏明顯的關聯。可是落山風發生時，在離地面1.5至3.5公里處一定有臨界層存在，且該處的理查遜數都小於或接近於1，顯示臨界層的反射機制扮演著重要的角色。

我們有理論（Hong and Wen, 1990）及數值模擬（洪與翁，1990）的配合，但都將另行發表，本文的重點在現象的分析。

誌 謝

感謝蕭志惠小姐各方面的協助。綠島探空資料的處理有一部分是在周思運及葉青青的協助下完成的，特別謝謝他們。本文部分研究由CWB76-01-11及NSC73-0202-M008-09所資助。圖6由王時鼎先生提供，謹此致謝。

參考文獻

- Breeding, R. J., 1972: A non-linear investigation of critical levels for internal atmospheric gravity waves. *J. Fluid Mech.*, 50, 545-563.
- Hong Siu-shung and Wen Fu-shan, 1990: A theory for the fall wind phenomenon over the Hengchung Peninsula. In preparation.
- 洪秀雄，翁富山，1985：恆春半島氣流過山引起之擾動。國立中央大學大氣物理研究所大氣動力研究報告750528號，82頁。
- 洪秀雄，胡仲英，王時鼎，1987：山岳造成之中尺度天氣現象：一、恆春落山風。中央氣象局委託計畫76-01-11研究報告，40頁。
- 洪秀雄，翁富山，1990：恆春落山風之分析研究：二、數值模擬。大氣科學。

Study of the Hengchun Fall Wind Phenomenon I. Analysis of the Phenomenon

Siu-Shung Hong

Chung-Ying Hu

National Central University
Institute of Atmospheric Physics

Committee on Economic Construction
Administrative Yuan

(manuscript received 18 February 1990; in final form 22 August 1990)

Abstract

There are strong gusty surface winds over the Hengchun Peninsula every year from October till March–April the next year. The gusts sometimes lasted for only 2–3 hours, but some other times persisted for several days or even weeks. The strong surface wind can exceed 30 m/s. It brings dusts into the sky and soars and sweeps over the west coast of the Hengchun Peninsula. The air rushes down the mountain slope, just as falling down from the mountain top. Therefore the phenomenon is coined “fall wind” by the folks.

This research collected abundant local surface data as well as sounding data on the upstream side of the Peninsula. Analyses were done to reveal the truth of the phenomenon. The results and statistics toppled the existing subjective theories. And a comprehensive new theory, assisted by a numerical model simulation, is proposed to explain the mechanism of the phenomenon. Based on the new theory, certain criteria can be identified for the purpose of forecasting the onset of the fall wind.

This is the first part of the results, focusing on phenomenology and the relationship between surface gusts and vertical structure of the atmosphere. It was found that the fall wind occurred only when the flow was north–easterly or north–north–easterly, meaning that the air flowed over the ridge but not around the peninsula. No significant synoptic patterns were relevant with the phenomenon. There were no direct relationship between the fall wind phenomenon and the cold surge. The upstream sounding data showed that there were critical level (with respect to the mountain wave) existed in the neighborhood of 1.5 to 3.5 km aloft, and the Richardson number there is less than or near to 1.

Key words: fall wind, internal gravity waves, Richardson number, critical level.