

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 地球與行星科學科

最佳團隊合作獎

051905

管道大風吹

學校名稱：國立鳳新高級中學

作者： 高二 徐郁雯 高二 劉芷妘 高二 鍾旻潔	指導老師： 邱惠玲
---	------------------

關鍵詞：管道效應、臺灣海峽、白努力定律

摘要

臺灣的管道效應最明顯的地方是在西部與澎湖地區所夾成的區域，此區在東北季風南下時造成澎湖和梧棲風力強勁。管道效應能應用白努力定律解釋。白努力定律是一個關於流體力學定律，假設流體在穩定、非黏滯、不可壓縮的條件下，截面積改變會影響流速。根據此連續方程式 $A_1V_1=A_2V_2=常數$ (其中 A 為截面積，V 為流速)解釋，臺灣海峽部分區域因截面積變小，風速因此變快。

研究顯示管道效應因季節變化有明顯不同：冬季有強盛的管道效應，而夏季則不明顯。管道效應強弱仍直接受控於東北季風本身的強度，因次研究顯示冬季的鋒面系統能使管道效應因鋒面來臨先減弱後再增強。如果管道效應能捉摸清楚，搭配風力發電，應有助於紓解能源危機。

壹、研究動機

澎湖是遠近馳名的觀光勝地，但一到冬季似乎就沒什麼旅行團去澎湖，而多數的原因是風大。為了了解澎湖風大的原因，我們在網站上找到了關於管道效應的論文，也因為好奇論文中所提及的西部沿岸強風，決定探討管道效應的成因及影響。

貳、研究目的

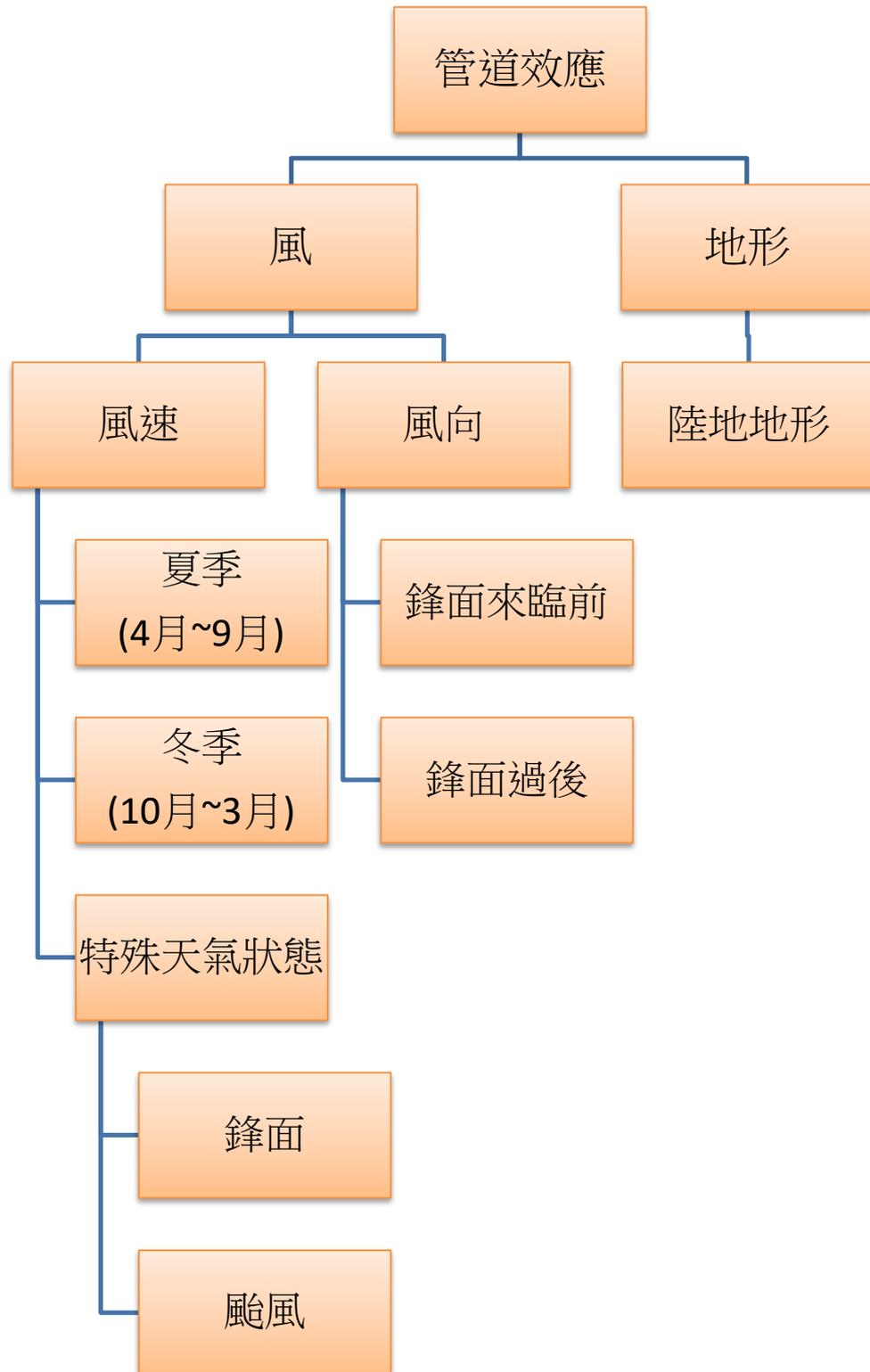
- 一、 了解臺灣的管道效應。
- 二、 探討季節及天氣現象對管道效應的影響。
- 三、 探討管道效應在能源上的應用。

參、研究設備及器材

- 一、個人電腦。
- 二、電腦軟體：Microsoft Word、Microsoft Excel、google map
- 三、數據資料來源：
 - (一) 中央氣象局網站颱風資料庫(2002~2011)
 - (二) 中央氣象局氣象資料開放平台(2015~2016)
 - (三) 中央氣象局長期氣候統計(1981~2010)
 - (四) 中央氣象局基本氣象綱要表(2002~2011)
 - (五) 香港天文臺地面天氣圖(2015~2016)

肆、研究過程或方法

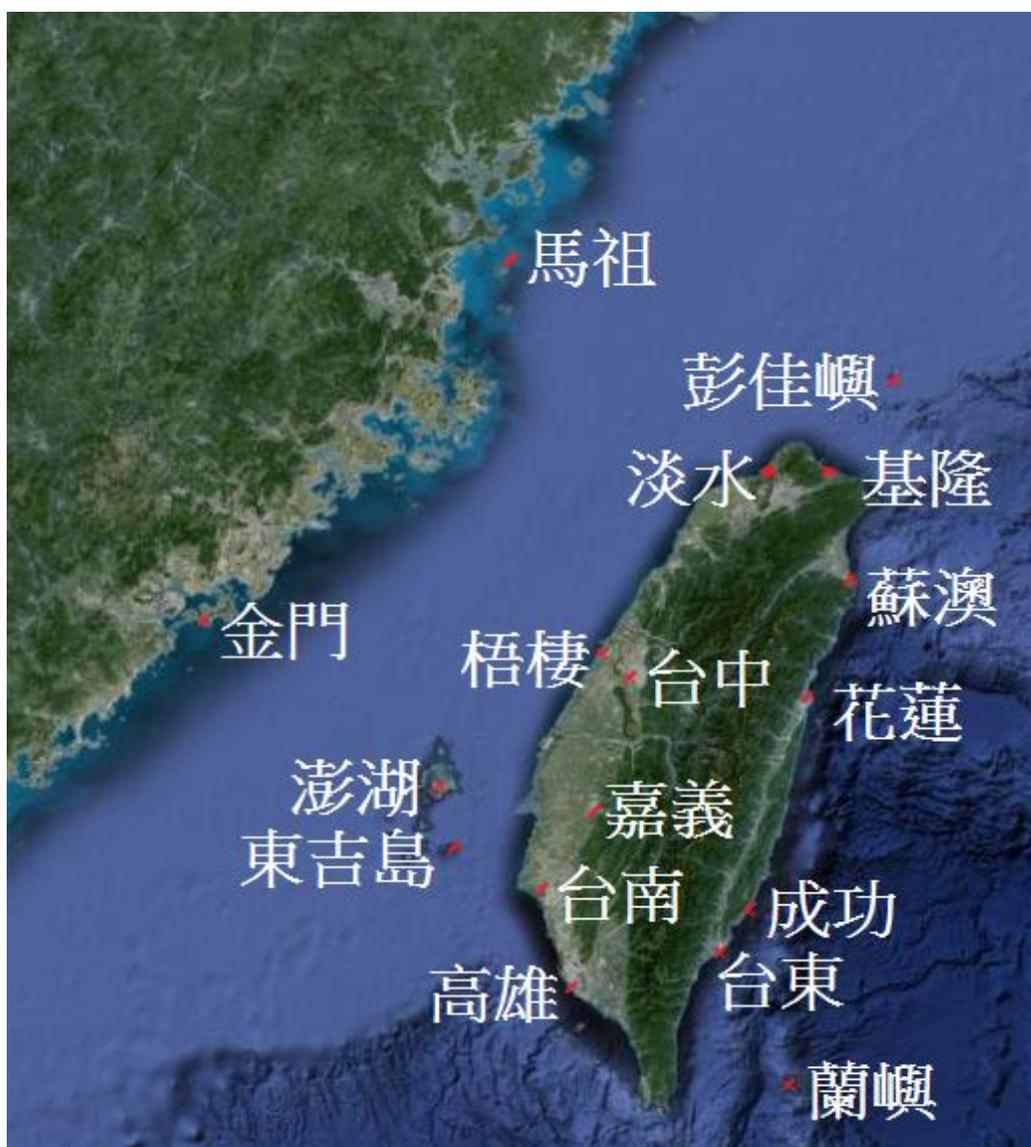
一、研究概念圖



二、資料選取

我們利用中央氣象局的期刊，蒐集了從 2002 年到 2011 年這十年的平均風速，再加入香港天文台的地面天氣圖來做為分析依據。為了比較各地區受管道效應的影響大小，依北、中、南、東、澎湖及金馬地區各選取數據較具代表性的測站共十七個，如圖一。分別為：

- (一)北區：淡水、基隆、彭佳嶼。
- (二)中區：梧棲、台中。
- (三)南區：嘉義、台南、高雄。
- (四)東區：蘇澳、花蓮、成功、台東、蘭嶼。
- (五)澎湖地區：澎湖、東吉島。
- (六)金馬地區：金門、馬祖。



〈圖一〉臺灣各測站位置

為了探討長時間的氣候變化，我們選取了各測站 1981~2010 共三十年的平均風速資料。利用平均，也能消除各年不同的特殊天氣現象。但在十七個測站中，金門與馬祖為這十幾年來新蓋的測站，沒有三十年的風速資料，只能利用 2002~2011 年共十年資料分析。

在季節上，將 10 月至隔年 3 月做為冬季選取的範圍，4 月至 9 月即歸為夏季。這是因為臺灣在農曆 9 月(約國曆 10 月)的時候東北季風明顯增強，所以我們依此將 9 月做為季節分界點。

特殊天氣現象上，因為 12 月開始，臺灣面臨了一波又一波的鋒面。為了瞭解特殊天氣變化對管道效應的影響，我們從中央氣象局網站擷取幾波鋒面的風速及風向資料，比較鋒面的前後風速的增減及各測站風向的變化。選取資料如表一：

選取日期區間	2015/11/30~12/12	2016/01/16~01/30
鋒面來臨日期 1	12/2~12/4	1/16~1/18
鋒面來臨日期 2	12/6~12/8	1/23~1/26
鋒面來臨日期 3	12/9~12/10	1/28~1/30

〈表一〉

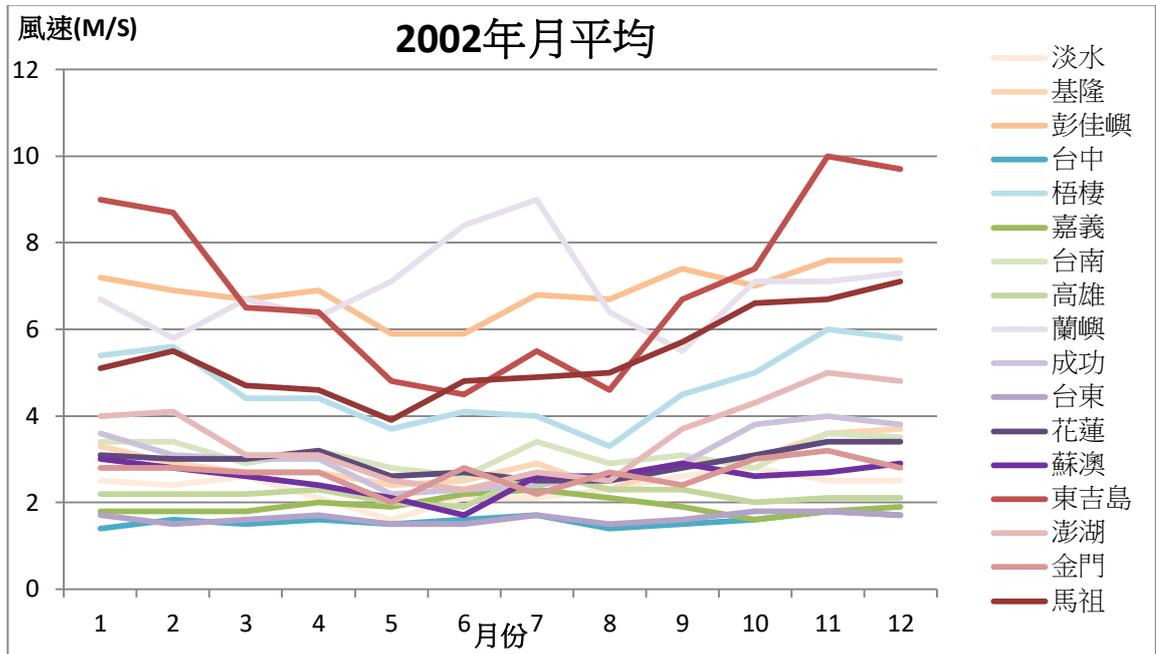
最後，為了釐清澎湖等區域在夏季時平均風速的異常飆升，我們利用中央氣象局颱風資料庫，依路徑篩選出柯羅莎、卡玫基、辛樂克和薔密等四個沒有經過澎湖的颱風，並分析其風速及風向。

三、研究過程

- (一) 利用 google map 搜尋十七個測站的位置。
- (二) 整理十年各測站的月平均風速資料及三十年平均風速資料，並製作成折線圖。
- (三) 蒐集鋒面的風速及風向，並製成表格。
- (四) 分析各折線圖並討論其變化趨勢。
- (五) 利用中央氣象局網站找出 2002 年到 2011 年經過臺灣的颱風數據。
- (六) 討論特殊天氣現象(鋒面及颱風)對管道效應的關係。
- (七) 討論管道效應和風力發電的關係。

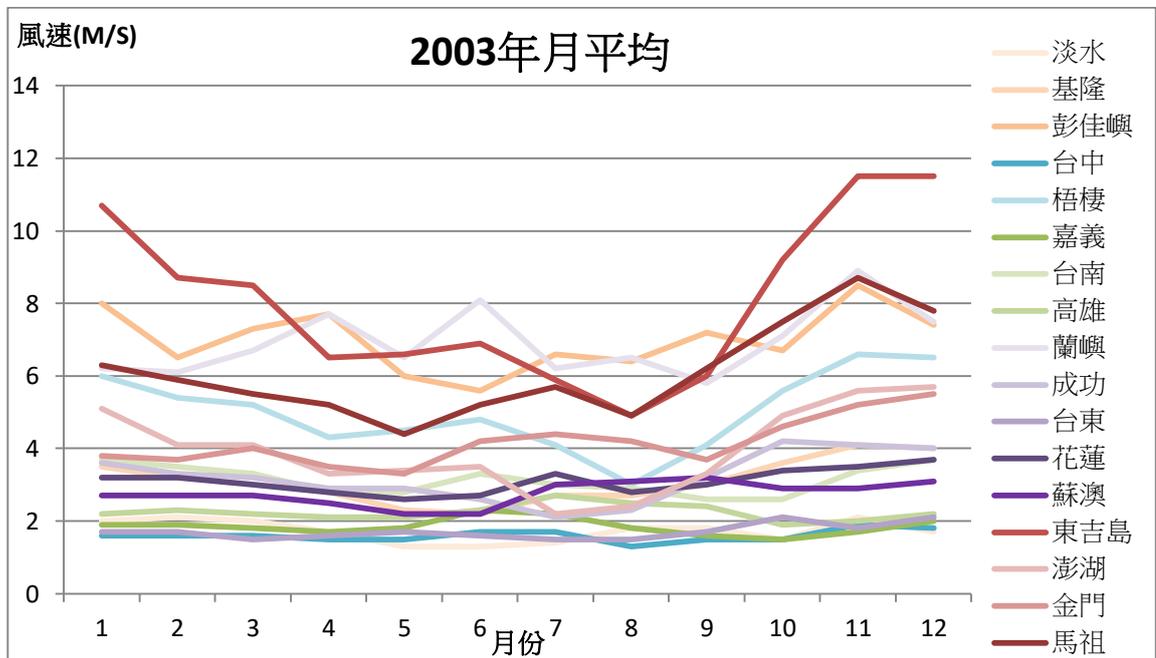
伍、研究結果

一、臺灣各測站月平均風速



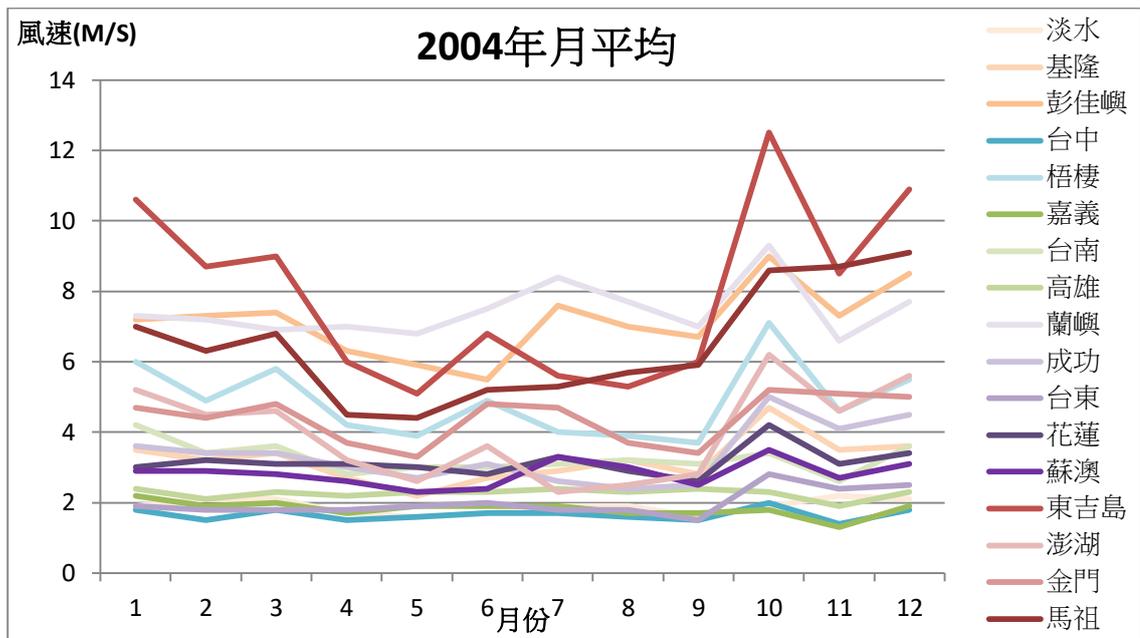
〈圖二〉

分析顯示 2002 年的夏季可能因颱風影響，蘭嶼風速最高；冬季時東吉島風速最大，台中、台東風速最小，變化也最小。



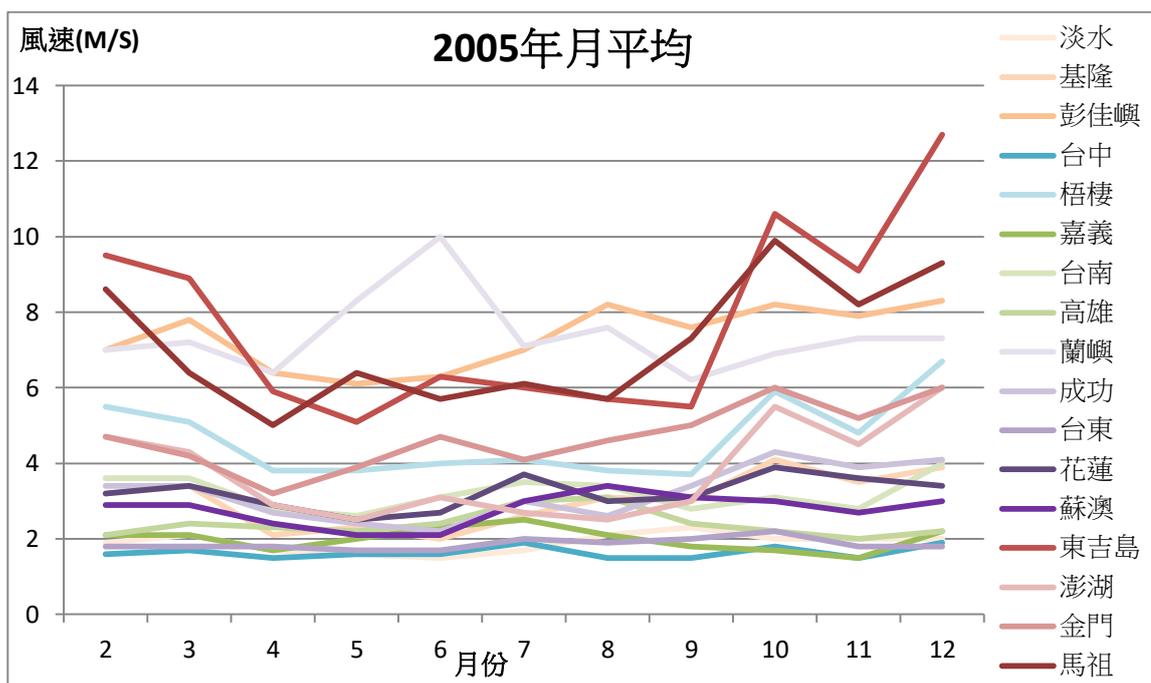
〈圖三〉

2003 年東吉島、蘭嶼、彭佳嶼與馬祖，在冬季的平均風速上升幅度都很明顯；台東、淡水、台中冬季風速與夏季風速差異不大。



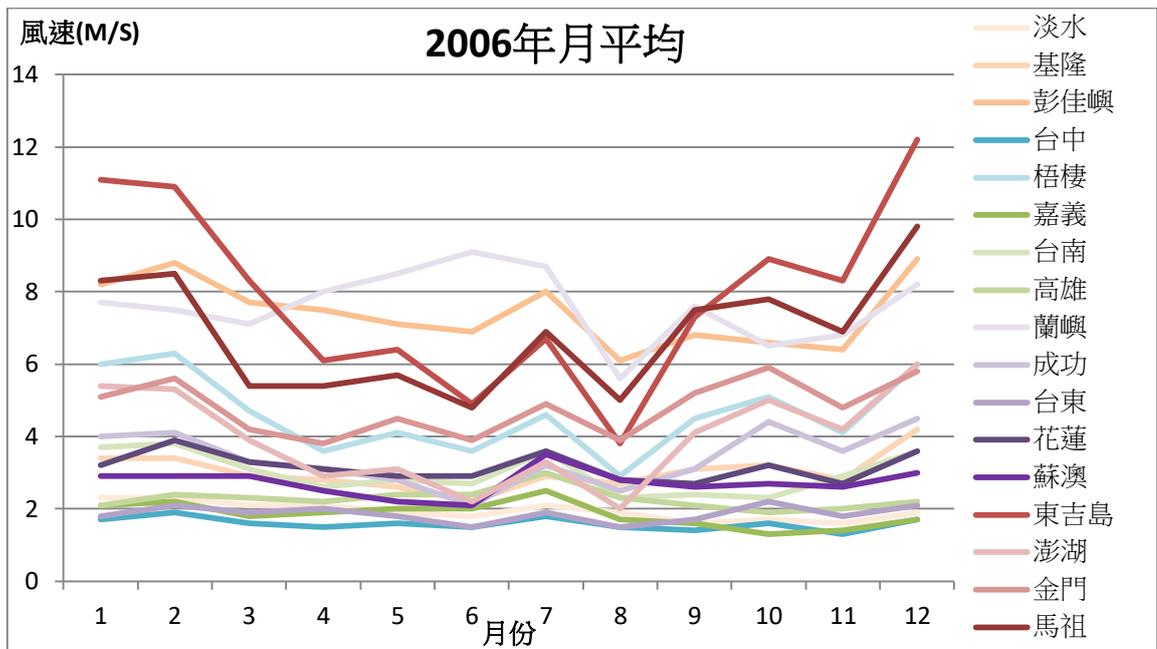
〈圖四〉

圖四顯示了 2004 年的數據和前幾年相比，在冬季非常特別。台南、基隆、花蓮於 10 月風速比澎湖和梧棲大。從此圖也可以看出冬季馬祖的風速是很可觀的。



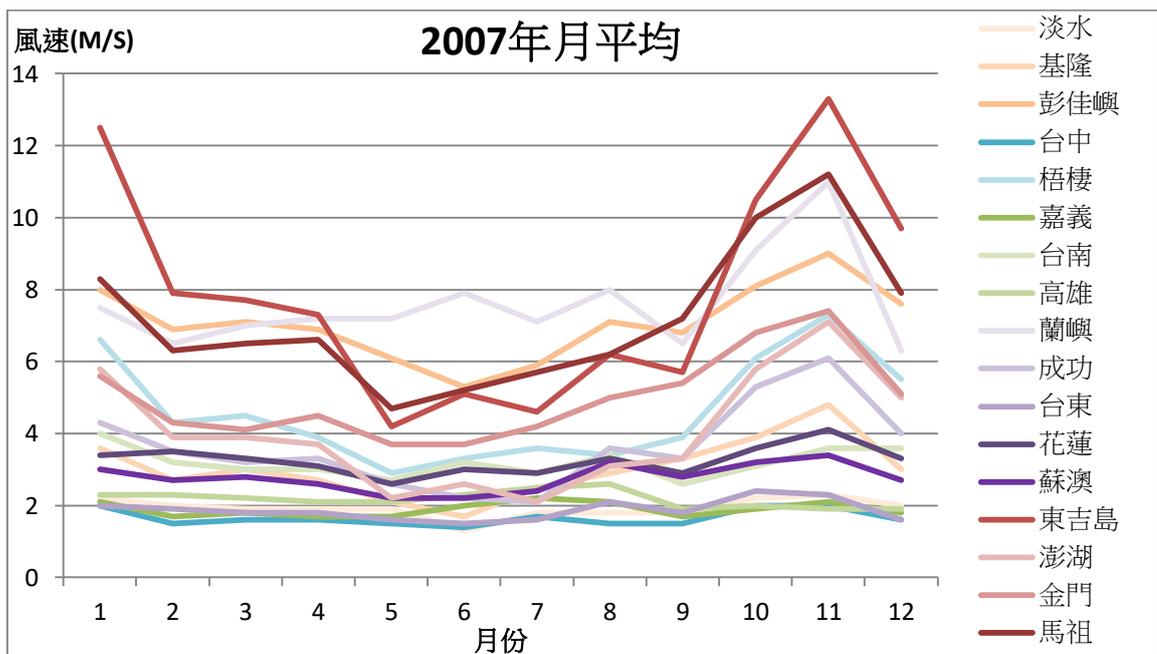
〈圖五〉

圖五顯示了 5~6 月蘭嶼出現很高的風速，而彭佳嶼也同樣升高。梧棲於 4 月到 9 月風速變化較往年平緩，而 1 月到 3 月及 10 月到 12 月的風速變化與澎湖相似。高雄、台南、台東和台中地區全年都在 2m/s 附近，變化不大。金馬地區與東吉島的風速差異相對前幾年變小，馬祖在冬季風速仍只次於東吉島。



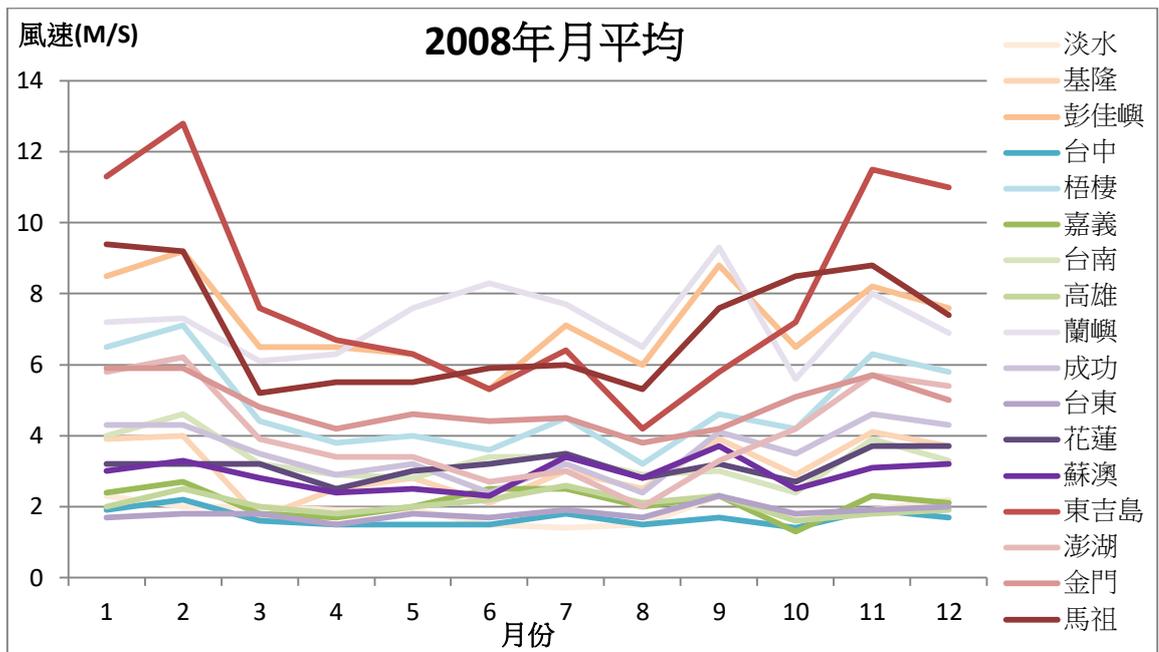
〈圖六〉

圖六顯示 2006 年除蘭嶼外，各測站的風速變化相似，僅幅度有所差異。



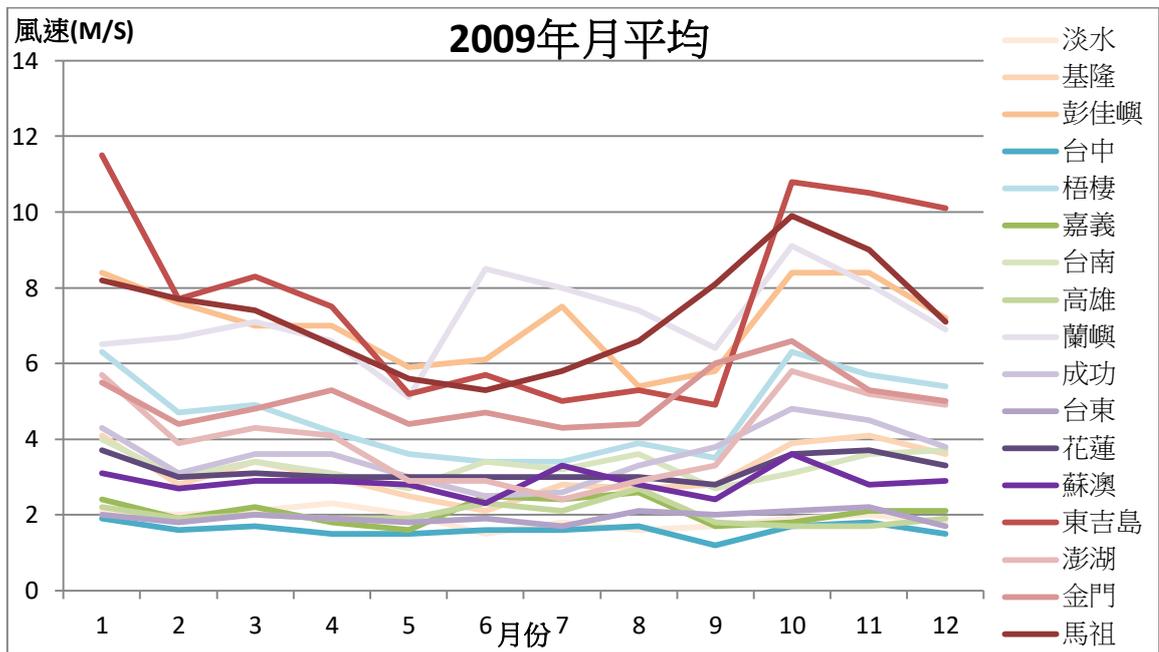
〈圖七〉

圖七顯示 2007 年東吉島、澎湖、馬祖、彭佳嶼夏季風速變化大，而其他地區折線平緩，除台南以外，冬季從 12 月各地風速明顯下降。



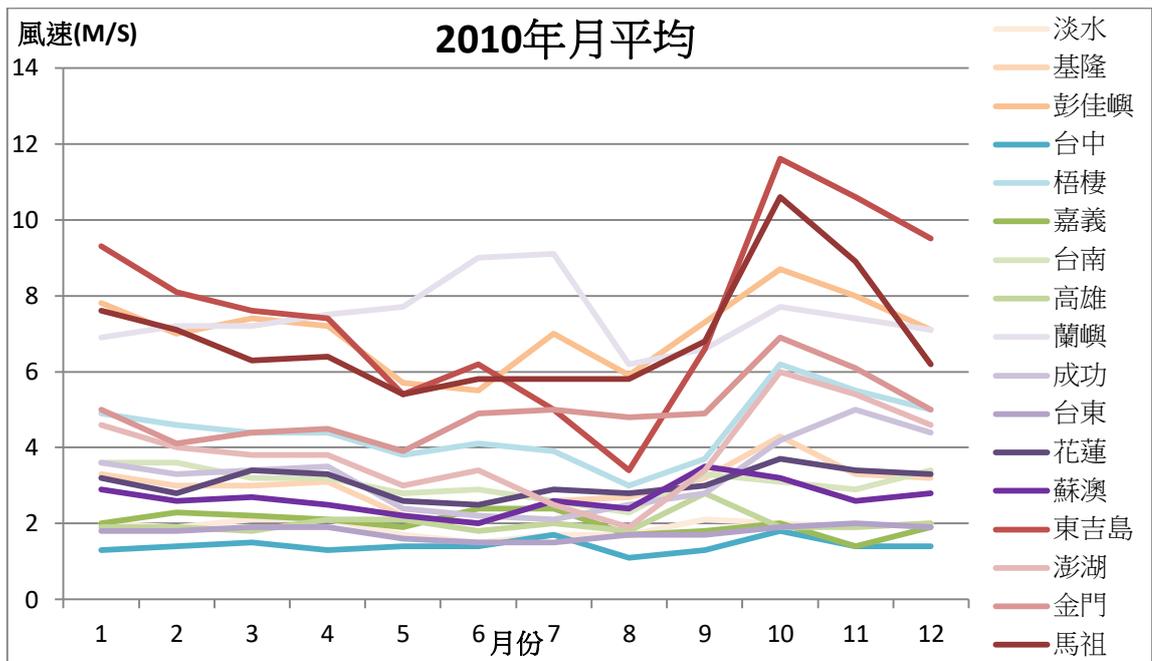
〈圖八〉

在 2008 年的圖表中顯示冬夏季的風速落差很大。夏季風速依舊是蘭嶼最高，梧棲的變化和東吉島依然相近。9 月到 10 月其他測站的風速已下降，但金馬地區卻持續上升。



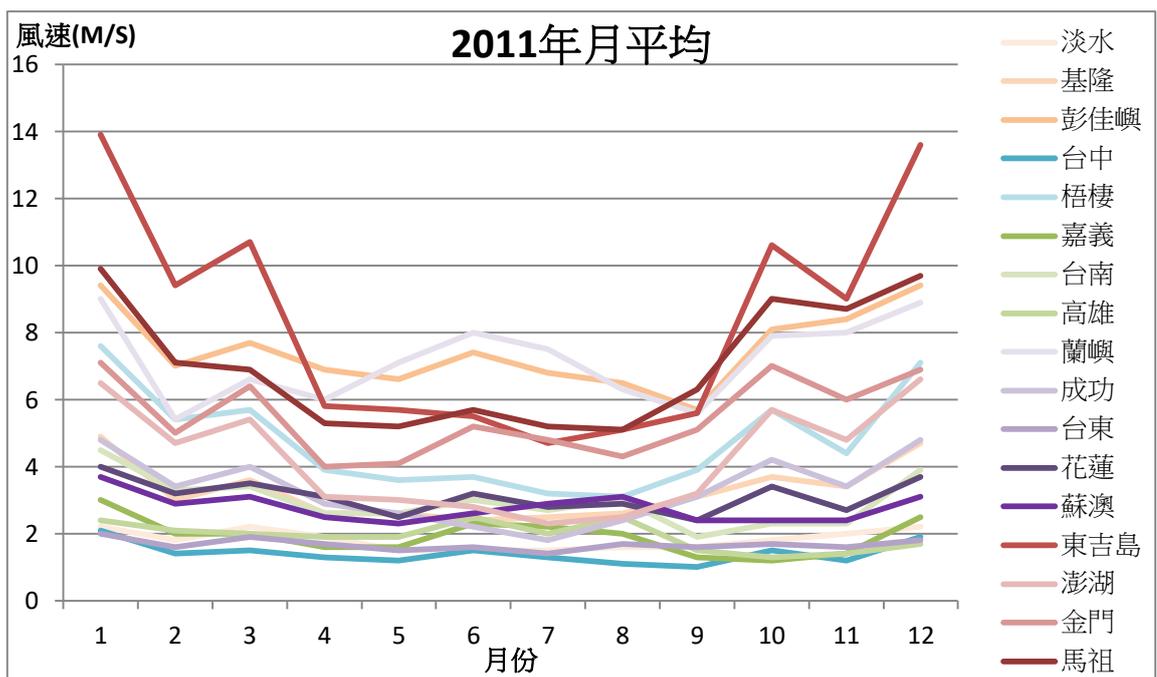
〈圖九〉

圖九顯示東吉島和梧棲在夏季的變化有些差異，其餘各站和往年變化相近。



〈圖十〉

圖十中顯示除蘭嶼外，1~7月各測站風速變化幾乎都很平緩，8月後東吉島、梧棲、澎湖、基隆風速開始急遽飆升至10月下降。



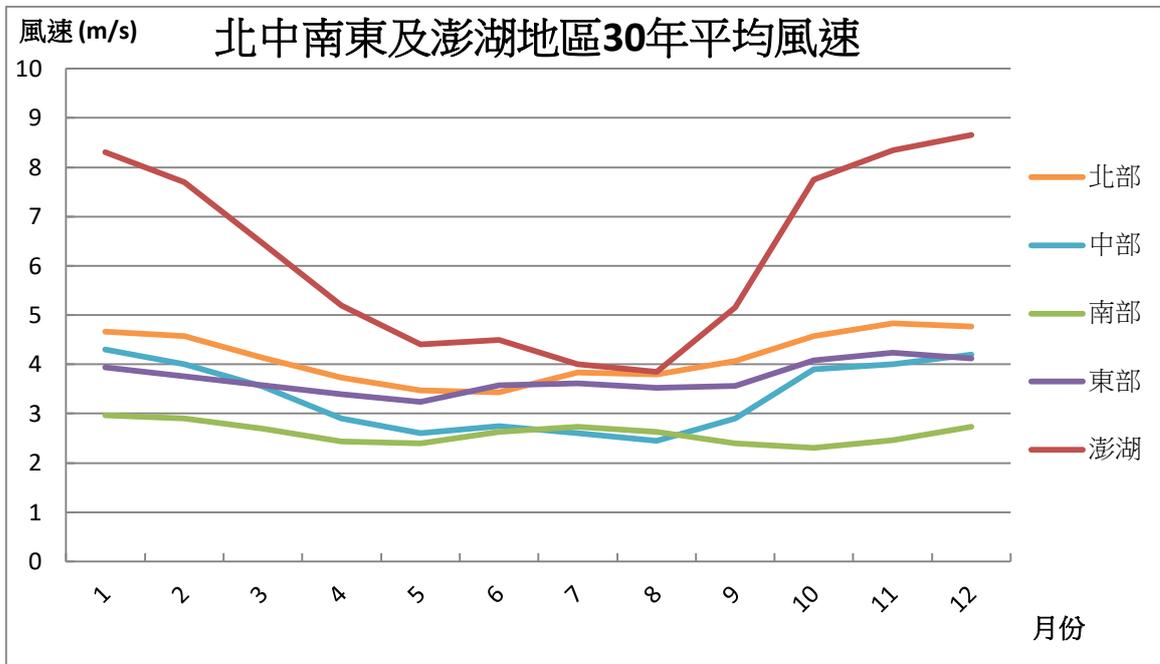
〈圖十一〉

圖十一顯示了2011年的冬夏季風速差異甚大，且風速折線呈對稱，1月和12月風速與6月和7月風速差異甚大，但台中風速依舊很小，高雄和台南不同於其他地區，夏季風速大於冬季。

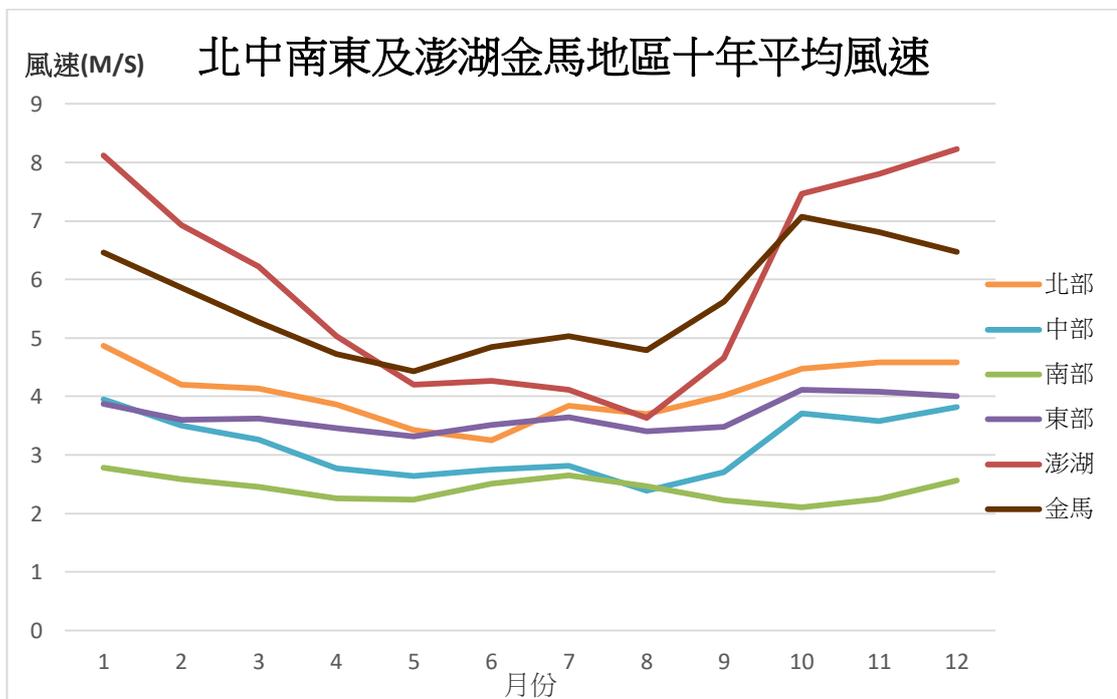
由2002~2011年的變化看來，東吉島冬夏季風速變化始終是最大的，其次為馬祖。蘭嶼的風速變化類型和其他區不同，夏天和冬天的最大風速差不多。此外，高

雄、台南、台中和台東變化小，風速大多在 2m/s 上下小幅度震盪。顯示了風速變化並非完全依照東西岸來分，也不完全依照南北分類。顯然臺灣各測站的風速變化還有其他因素影響，我們留待後面再討論。

二、分區平均風速



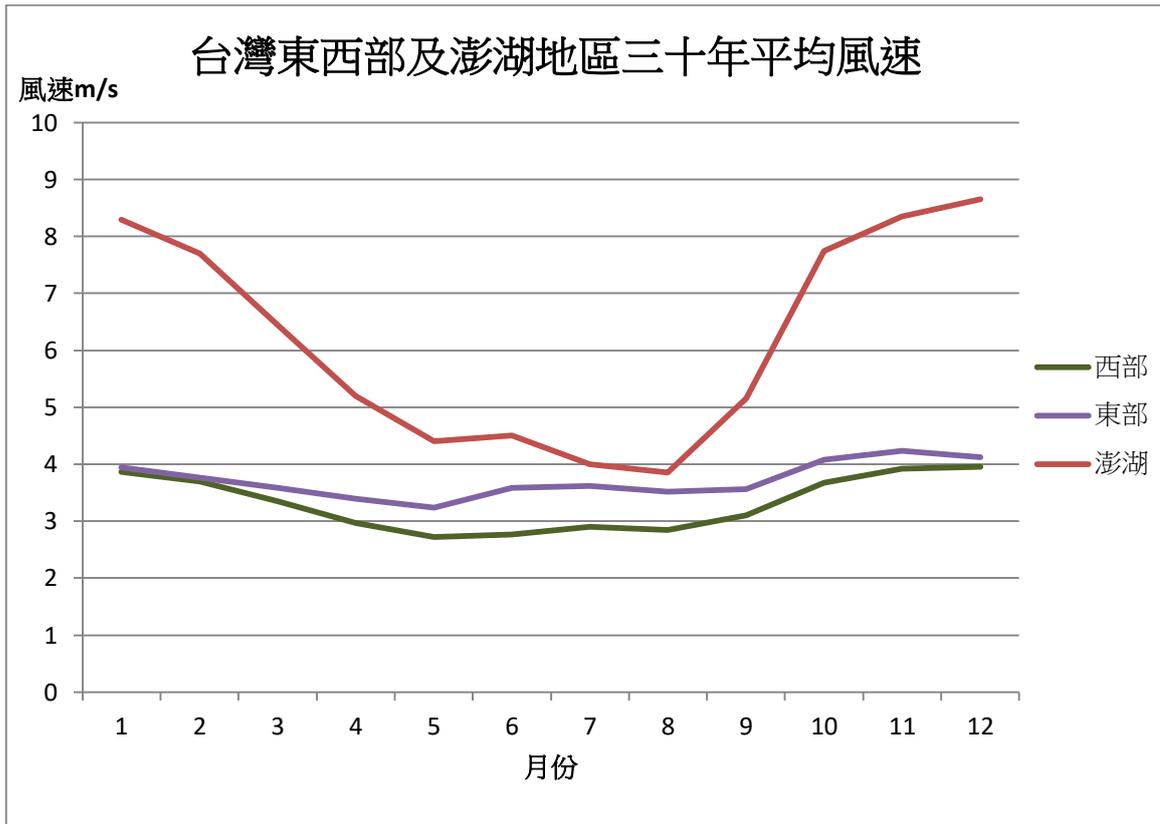
〈圖十二-A〉



〈圖十二-B〉

為了排除各年特殊的天氣狀況，我們選取了 1981~2010 年共 30 年資料分區平均，繪為圖十二-A。這六個分區中以澎湖區風速強度和變化最大，且各月風速都強於其他區。中部地區的變化趨勢和澎湖有點像，只是幅度較小，其餘區域各月變化較平緩，在五、六月風力稍弱。

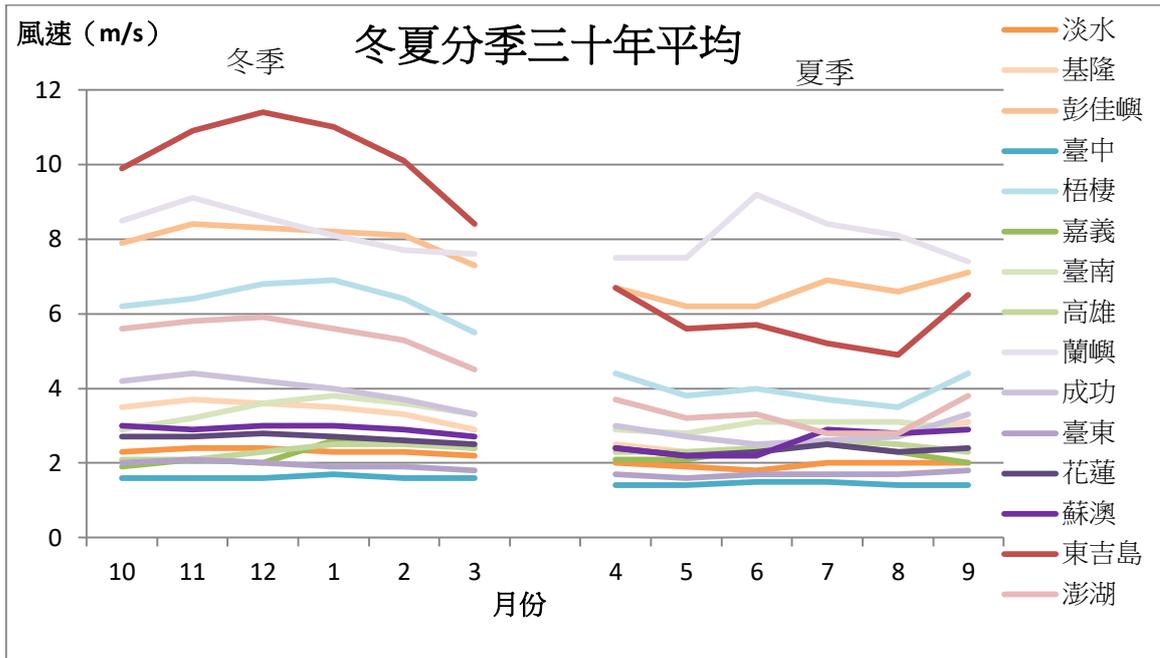
因為金門和馬祖設站時間較晚，而此兩區又屬於管道效應影響範圍，因此我們取了含此區測站之 2002~2011 年共 10 年資料分析為圖十二-B。分析顯示金馬區各月風速皆高於澎湖區以外的各區，且與澎湖地區的風速變化相似，只是較平緩。



〈圖十三〉

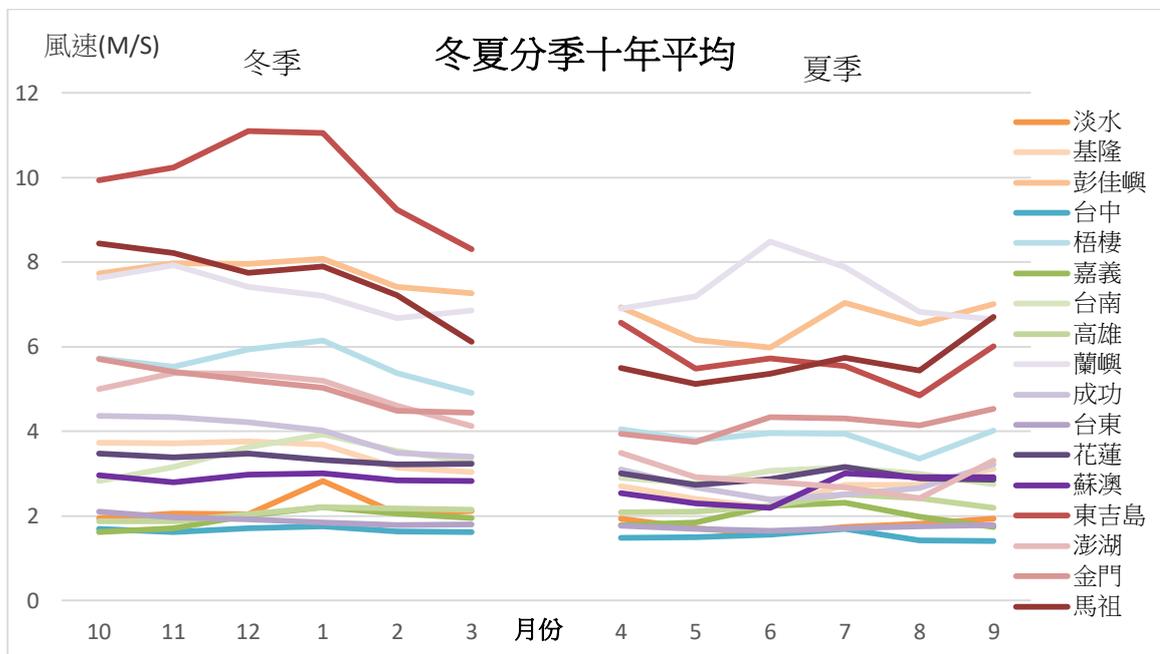
由圖十二的狀況看來，儘管分成六區，但部分區域較雷同。為求簡化，我們將測站打散重新分配，將北部、中部和南部合併為西部，並與澎湖、東部一起作圖比較如圖十三。就線段來看，澎湖和西部都有 U 型的變化，東部則比較像是波狀變化，澎湖各月風速皆大於其他區，而東部地區風速稍微大於西部。此外澎湖區冬季平均風速明顯較大，夏季三區接近。

三、冬夏季風力分析



〈圖十四-A〉

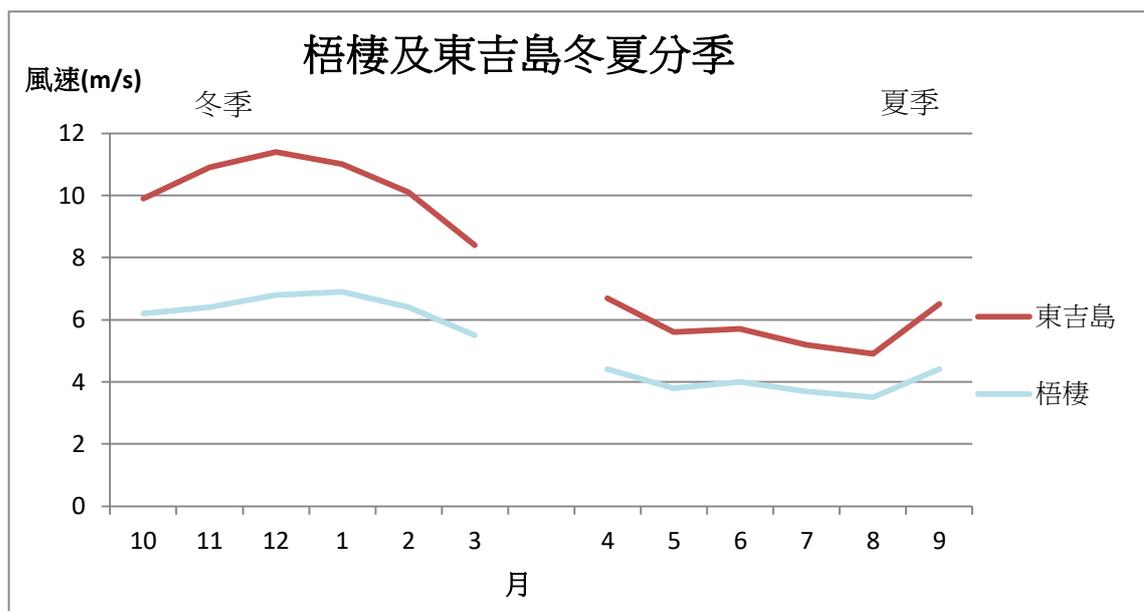
將各測站 30 年平均數據由九月和十月間拆開，拆解成冬夏兩季作圖，如圖十四-A。夏季時風速最強的是蘭嶼、彭佳嶼，主因可能是颱風。但這兩個站冬夏差異看起來差不多。冬季時，各測站風速的折線圖幾乎呈現倒 U 字型，且圖中可看出除蘭嶼外，各測站冬季風速皆比夏季大，尤其是東吉島，冬夏差異非常明顯。



〈圖十四-B〉

利用十年平均的數據，加入金門及馬祖測站來比較，顯示於圖十四-B。因為選取時間較 30 年短，受各年天氣狀況影響較大，無法看出像 30 年平均那樣平順的變

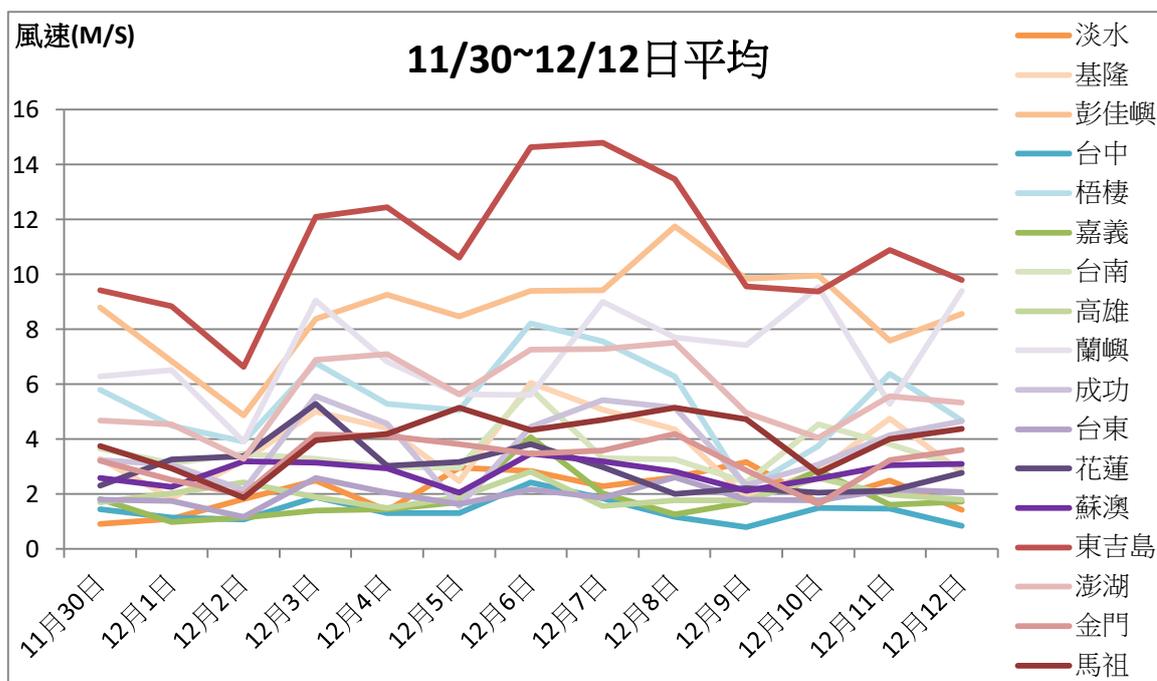
化趨勢。但仍可看出金門及馬祖測站冬季的風速較大，且冬夏差異大。雖不及東吉島，也算是非常明顯了。



〈圖十五〉

不管從各年或多年平均，東吉島及梧棲的變化都很相近，且風速都很強，因此我們以這兩個測站分析如圖十五。夏季時風速差異不大，折線也較平緩，到了冬季，東吉島風速的上升幅度較梧棲大，兩地的風速差異較夏季大。

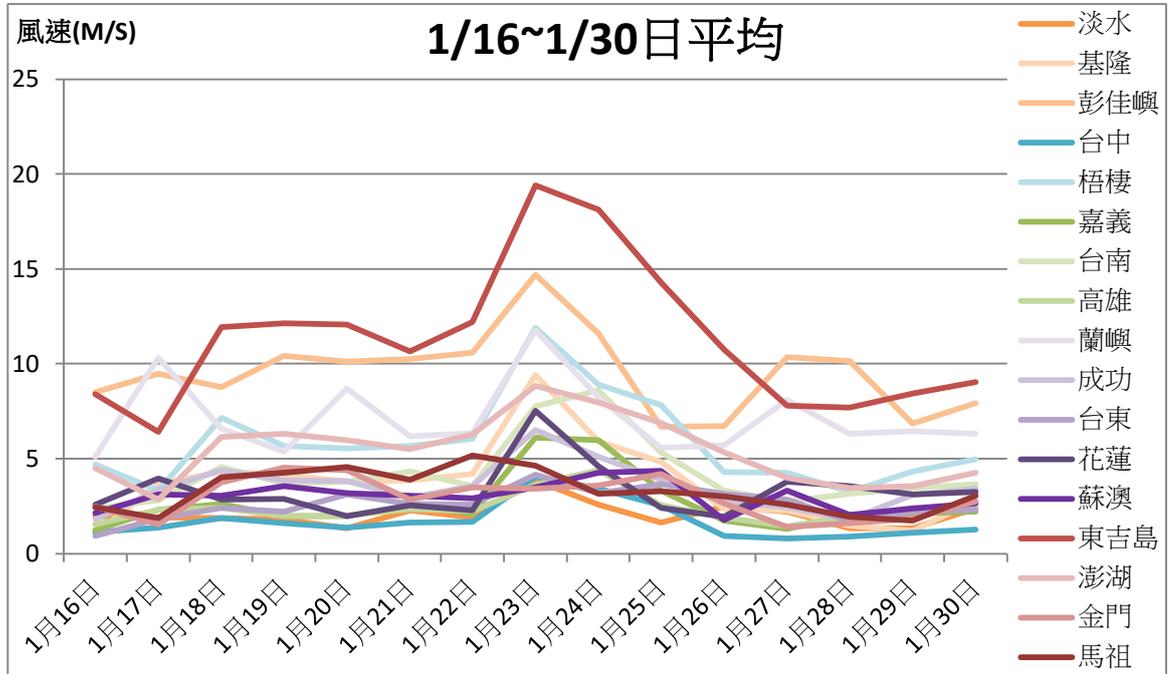
四、鋒面前後風力風向分析



〈圖十六〉

我們分析 2015 年 11/30~12/12 這段時間的連續鋒面天氣對管道效應的影響，如圖十六。鋒面到臺灣的時間為 12 月 3 日、12 月 6 日、12 月 9 日。

由圖十六可發現，在鋒面快要到的時候，亦即鋒前暖區，風速下降，各測站風速差變小，鋒面到了以後風速又升高。此外，由風速也可以大致看出鋒面的移動。



〈圖十七〉

同樣的，我們就 2016 年 1/16~1/30 的連續鋒面分析，如圖十七。1 月 17 日、1 月 21 日、1 月 28 日為鋒面來臨的日期，風速變化和圖十六有非常相似的情況。

陸、討論

一、管道效應的探討

管道效應主要在探討地形對風的影響，而風屬於流體的一種，地形限制讓東北季風在臺灣西岸有行經管道一般的特性，所以我們利用白努力定律來解釋此現象。白努力定律是一個關於流體力學的定律，假設流體在穩定、非黏滯、不可壓縮的條件下，截面積改變會影響流速，我們可以根據連續方程式 $A_1V_1=A_2V_2=常數$ (其中 A 為截面積，V 為流速) 來解釋，截面積越小，流速越快。也因此當東北季風從臺灣北部進入臺灣海峽時，臺灣中北部的山與中國大陸沿海的山所夾出的範圍，會形成如狹管般截面積較小的區域，使得此區風速增強。再往南走，遇到澎湖地區，低空風受地形干擾，風速又會再強勁一些。

從〈圖二〉到〈圖十一〉我們發現，東吉島、梧棲、馬祖三個測站冬季所測得之風速皆明顯大於其他測站。根據上述理論推測，梧棲測站位於臺灣中部沿海地區，在地形形成的狹窄範圍中，造就較大的風速，東吉島測站位在澎湖群島的尾端，受管道效應影響，風灌進來時又遇到島嶼干擾，風速遠大於其他測站。馬祖測站則是位在狹管的北部，受強勁的東北季風及管道效應的影響，而澎湖的測站是位在島中央，加上澎湖群島是南部狹管的邊界陸地，西側為臺灣海峽，所以風速雖強但並不像東吉島有如此強勁的風。基於這三個測站在冬季與其他測站的差異，可以大膽推測，同樣受東北季風影響卻有比較高的風速顯示了這是管道效應影響，而非單純起因於東北季風增強。

而由〈圖十五〉可看出，東吉島與梧棲在冬季都比夏季風速強，但冬季時東吉島及梧棲的風速差異較夏季大，顯示了若兩區都受管道效應影響，東吉島的強風可能有其他因素。推測由於東吉島的周遭地形所形成的管道較梧棲與中國形成的管道狹窄，而且東北季風較易進入管道，所以我們由白努力定律推論，當冬季東北季風吹拂造成風速上升時，東吉島會因為管道截面積較梧棲小，而風速上升幅度大於梧棲。當然，也可能僅是流體流經島嶼時產生的干擾讓東吉島風速變強。

二、臺灣各測站風力的差異

(一)各年分析

就〈圖二〉到〈圖十一〉的分析可以看出東吉島、蘭嶼、彭佳嶼風速始終是最大的，台中和台東變化小、風速小。顯示了風速變化並非完全依照東西

岸來分，也不完全依照南北分類。這樣的差異應與地形和季節所遭遇的天氣變化有關。除了上述的管道效應以外，還需考慮地形和颱風等因素。因為地形影響，東部台東和花蓮位置不像蘇澳在東北季風時期直接迎風，反而較少出現強風，風速變化也不大。各年平均中，各測站有一些小差異，部分地區在 6~7 月風速上升，查詢後大多因為颱風而造成。例如：2003 年 6 月平均風速上升可能是受蘇迪勒颱風影響；2005 年造成 9 月份到 10 月份的平均風速飆升的主因可能為龍王颱風；2006 年 5 月的平均風速受珍珠颱風影響，而 7 月是因為碧利斯及凱米颱風影響；2007 年 8 月有帕布、梧提、聖帕颱風登陸，10 月、11 月又各有柯羅莎、米塔颱風登陸；2008 年 7 月鳳凰及卡玫基、9 月薔蜜、辛樂克、哈格比；2009 年莫拉克及 2010 年凡那比…皆造成風速上突然出現上升的現象。

(二)長期平均分析

就長期平均來看，三十年來澎湖地區-澎湖與東吉島-的風速在冬季時遠大於其他地區，但夏季風速卻急遽減弱(如圖十二)。推測因澎湖地區冬季時東北季風南下，受管道效應而增強。而北部基隆、淡水測站為東北季風迎風面，且北部被山脈圍成 V 字型，故風吹來時堆積在此，導致風速變大。

中部地區我們選取了台中及梧棲兩個位置相近的測站，但兩個測站風速所呈現的現象卻大不相同。配合〈圖十四-A〉與〈圖十四-B〉可知，梧棲冬季的風速很大，甚至比澎湖再大一些，推測是由於梧棲位在沿海地區，較不會受到地形風影響，而且我們所選取的資料為白天晚上的觀測資料平均，所以海陸風的影響也予以剔除。台中測站相較於梧棲測站位於較內陸，因為地形阻擋的關係，讓台中測站風速較小。

離島測站-彭佳嶼和蘭嶼-在夏季時風速較其他測站大，可能是受到颱風的影響較劇，冬季時為東北季風迎風面，且未受地形阻擋，因此風速較大。

由十年平均資料看來，金門測站與馬祖測站的風速變化趨勢相近，但是兩個測站所在的地形及地勢不同。數據顯示兩側站也有冬季增強的現象，馬祖甚至於可以強到跟東吉島差不多。因兩地的測站高度不同，所在的地形也不同，卻能有相近趨勢，可呼應上述管道效應的討論。

(三)季節分析

從〈圖十四-A〉與〈圖十四-B〉看來，排除彭佳嶼和蘭嶼，各站冬季的風速大於夏季的風速，而且冬季最大的風速約在東北季風最強烈的 12 月及 1

月，隨測站位置不同，曲線呈現不一樣的幅度。受管道效應影響的測站，風速明顯增強較多。

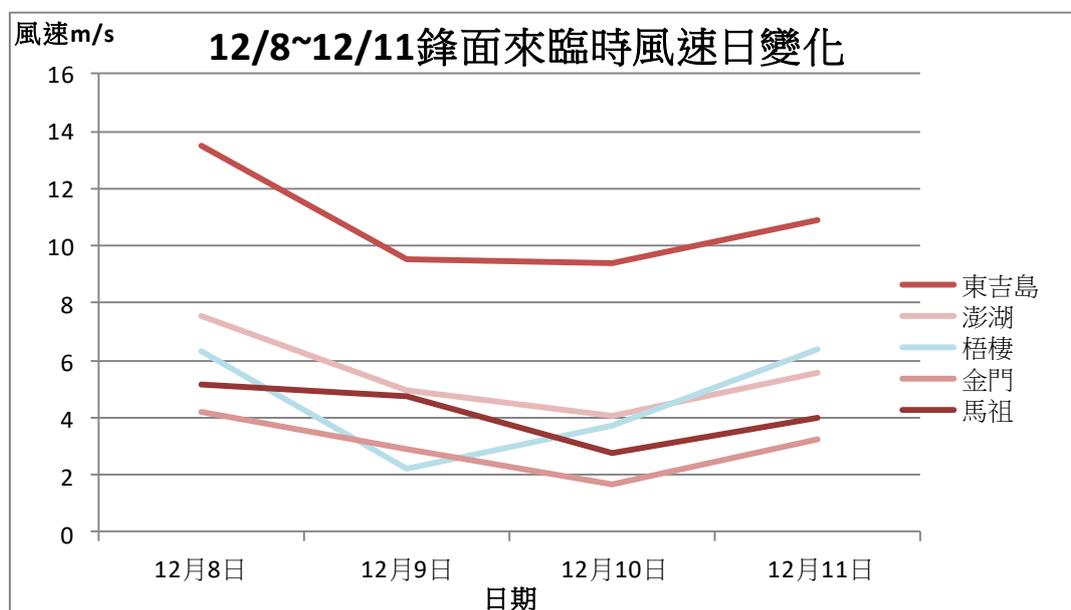
夏季風速上，除了容易受颱風影響的兩個測站外，各測站風速大多降低，但台南及高雄的測站在五、六月時卻是上升的，甚至高於澎湖測站。我們推測發生原因是西南季風吹拂，而台南及高雄的測站就位於迎風側，所以風速相對變高。從地形來看，管道效應應該也同樣適用於西南季風，但結果顯示，管道效應在東北季風影響下較明顯。應該是因為夏季即使有西南季風，但本身的風速不如東北季風強勁，使管道效應不明顯。

三、特殊天氣現象之管道效應

(一)鋒面

若如推測東北季風會加強管道效應，當鋒面通過時也同樣有機會讓管道效應隨之增強或減弱。

由〈圖十六〉、〈圖十七〉可發現，鋒面來臨前各測站風速降低，鋒面到了以後，又急遽上升。我們挑選東吉島、澎湖、梧棲、金門和馬祖這幾個在臺灣海峽兩側而又變化劇烈的測站來討論，作圖如圖十八。

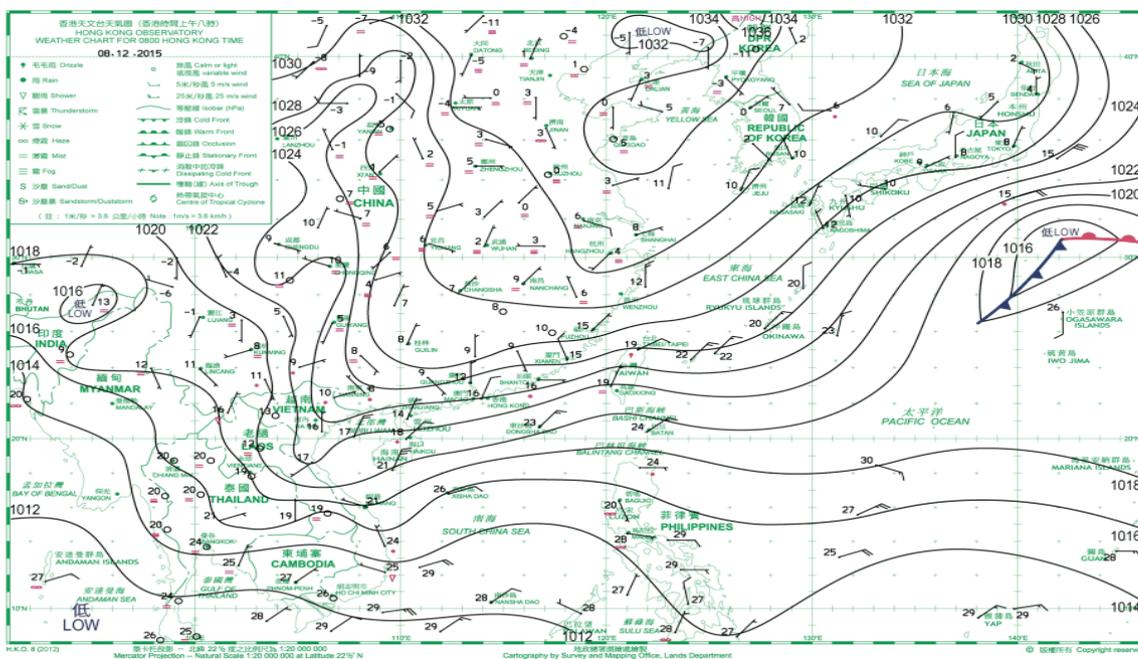


〈圖十八〉

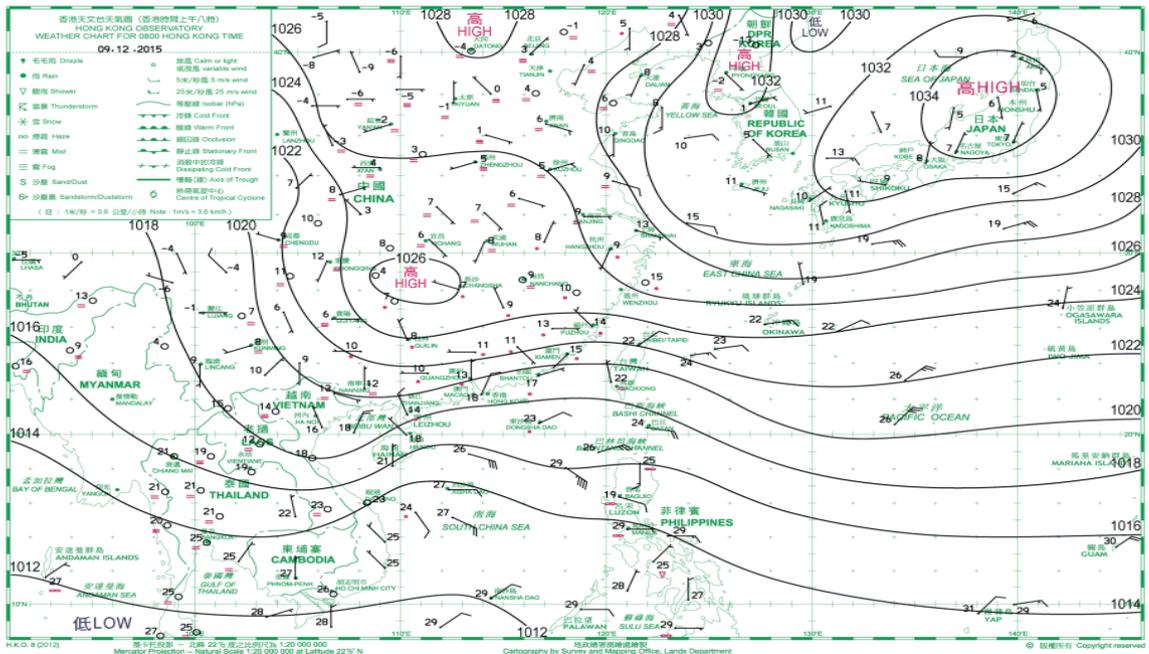
鋒面南下時，各地風速下降，以梧棲降幅最明顯，風速大幅降低，且後方冷空氣馬上影響，使其風速迅速上升。梧棲是挑選測站中唯一一個靠近海岸的測站，其餘四個都是島嶼，也因此梧棲與其他測站有明顯不同。此外，風速下

降的過程顯示鋒面前端暖區的狀況，從各地風速開始加速的時間看來，鋒面系統前端的暖區分布應不是帶狀也不均勻。此項特徵可以由圖十九~圖二十一之等壓線變化看得出來(詳細數據於附件一)。

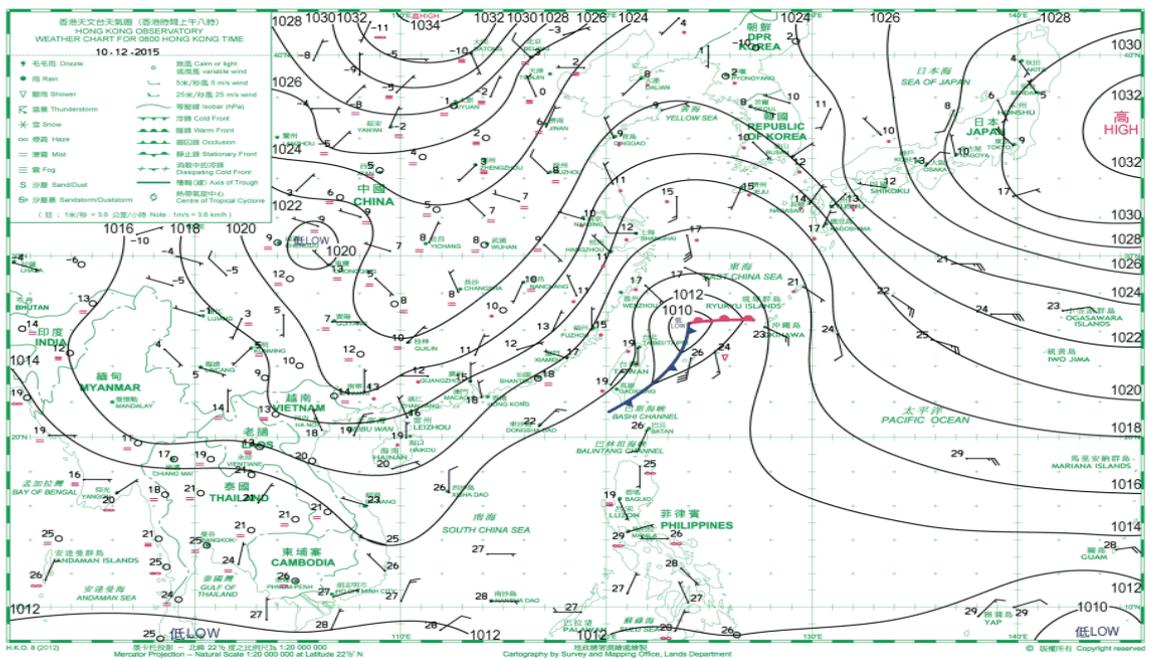
除了風速變化的時間點以外，風速變化的變化量也是值得探討的。我們可以從這張圖發現，這些管道效應的影響區域，風速下降的幅度很大，我們認為應該是因為冷鋒通過時，鋒面前端為暖區，造成風向改變，改變後的風向不易進入管道，所以管道效應明顯減弱，讓這些站的風速降幅比其他地區大。當鋒面過後，風向恢復成東北風，管道效應回復正常，風力回復且逐漸因冷氣團來臨而加劇。無管道效應的區域，風速在鋒面來臨的前後依然有變化，但比較不明顯。這樣的論述是有依據的，假如我們看圖十九~圖二十一，並以澎湖、梧棲、東吉島來看，梧棲鋒前(12/08)吹北風，鋒面到時(12/09)風向混亂，且風速減弱，鋒面過後(12/10)又吹回北風；澎湖鋒前(12/08)吹北風，鋒面到時(12/09)風向轉為北北西，鋒面過後(12/10)又吹回北風；東吉島鋒前(12/09)吹北北東，鋒面到時(12/10)風向轉為北風，鋒面過後(12/11)又吹回北北東。



〈圖十九〉2015年12月8號上午8時地面天氣圖



〈圖二十〉2015年12月9號上午8時地面天氣圖



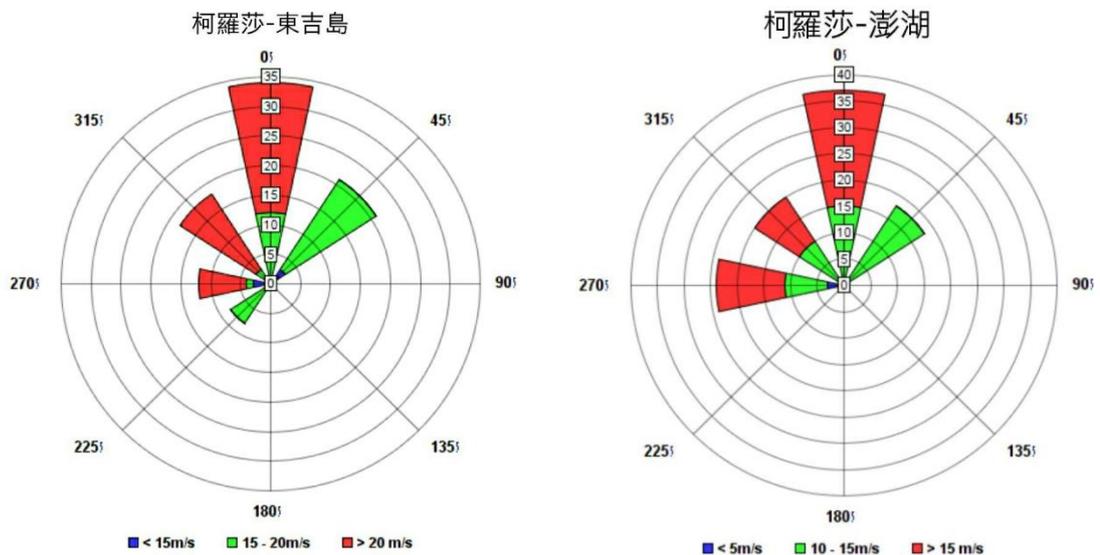
〈圖二十一〉2015年12月10號上午8時地面天氣圖

(二) 颱風

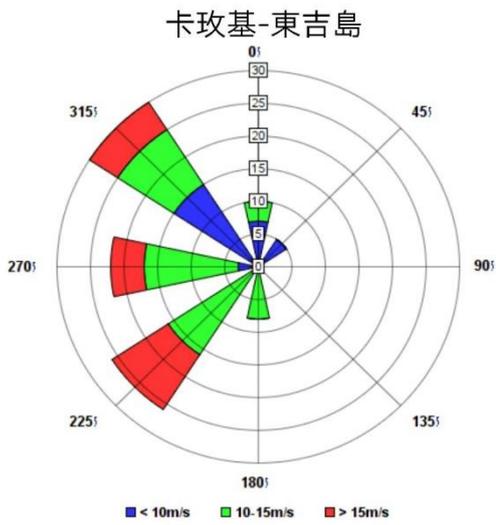
為了驗證風速增強不是受到颱風經過影響而是管道效應，所以我們從氣象局颱風資料庫中選取4個臺中以北出海的颱風，分別是柯羅莎、卡玫基、辛樂克及薔密。其路徑如〈圖三十〉~〈圖三十三〉。可能受管道效應影響的幾個測站中，因馬祖、梧棲常受到颱風影響，而金門與澎湖風速變化和風向變化相近，因此我們簡單以澎湖和東吉島為例探討。

2007 年的柯羅莎颱風在 10 月 6 號颱風在臺灣東北部登陸時，臺灣海峽南端吹北風，且為風速最大的時候。2008 年的卡玫基颱風，於 7 月 18 號從臺灣西北部出海，引進強烈的西南風，此時澎湖和東吉島風速最大，風向為西南風。2008 年的辛樂克颱風，9 月 12 號晚間澎湖及東吉島吹北風且風速增強。2008 年的薔蜜颱風來時，9 月 28 號澎湖與東吉島風速上升，風向吹北風，如〈圖二十二〉~〈圖二十九〉。

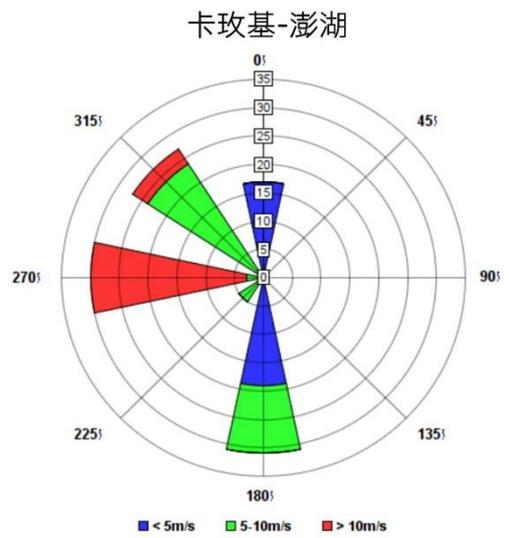
以上四個颱風由臺灣西北部出海，並未經過澎湖及東吉島，也就是澎湖及東吉島的風速不會受颱風經過而影響風速。但由〈附件二〉到〈附件五〉可看出，在颱風登陸臺灣時澎湖及東吉島的風速有明顯增強。研究資料顯示，此時澎湖地區吹北風或西南風，這種風向剛好可以進入澎湖及東吉島之間的管道，推測風速上升原因為管道效應。



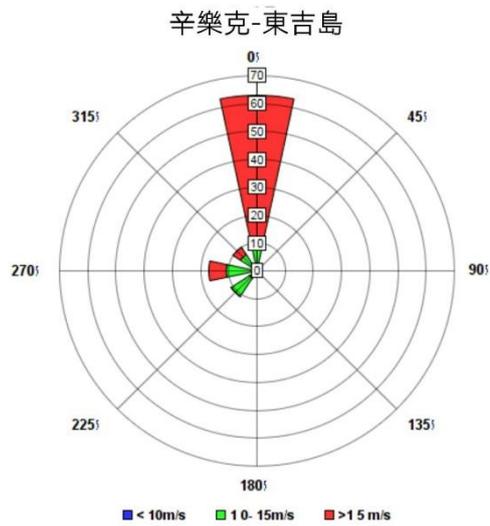
〈圖二十二〉柯羅莎颱風東吉島風花圖 〈圖二十三〉柯羅莎颱風澎湖風花圖



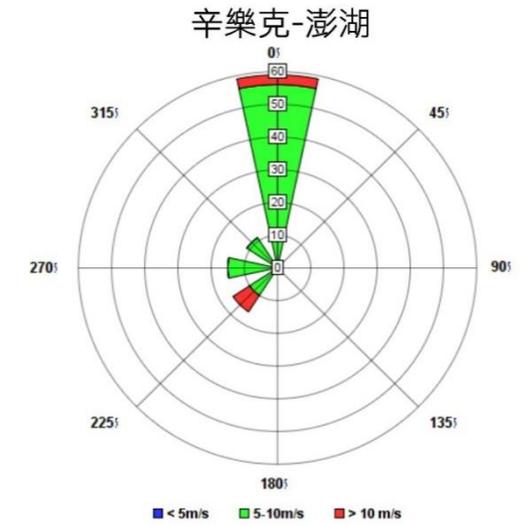
〈圖二十四〉卡玫基颱風東吉島風花圖



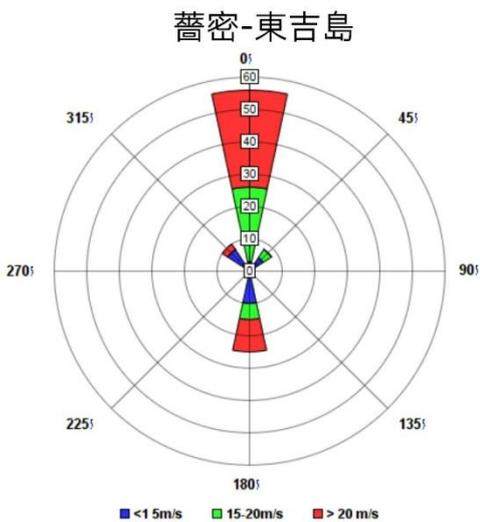
〈圖二十五〉卡玫基颱風澎湖風花圖



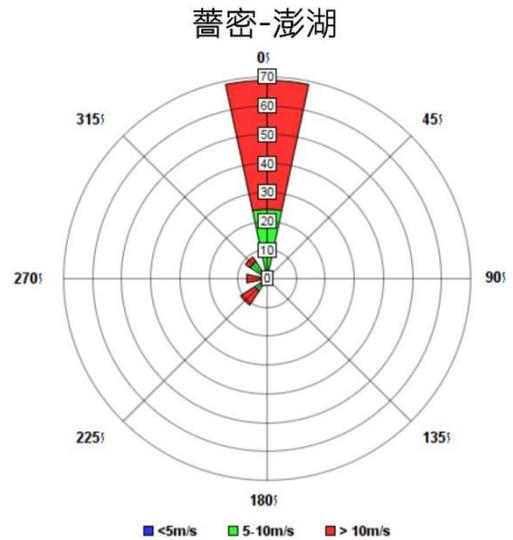
〈圖二十六〉辛樂克颱風東吉島風花圖



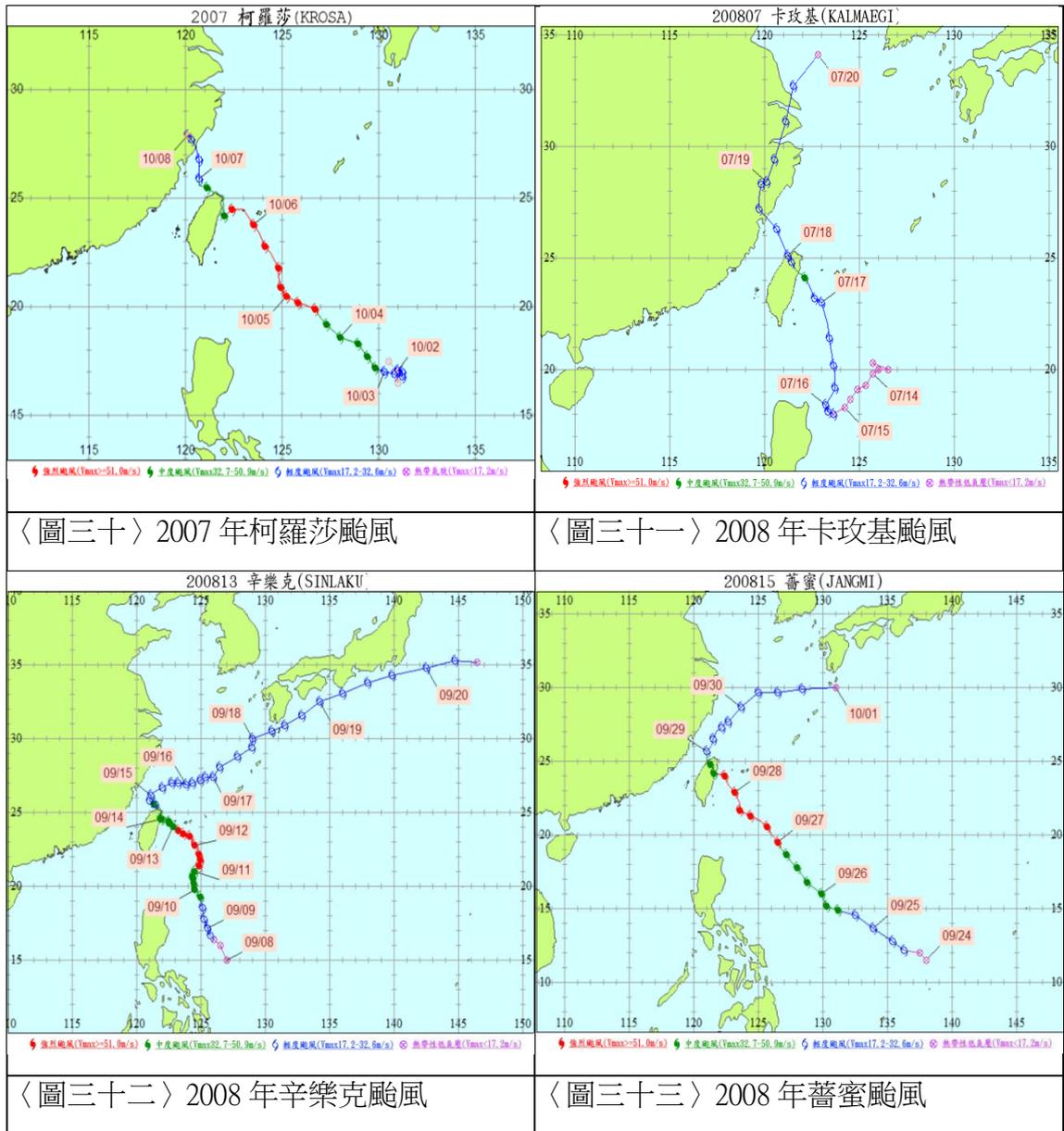
〈圖二十七〉辛樂克颱風澎湖風花圖



〈圖二十八〉薔密颱風東吉島風花圖



〈圖二十九〉薔密颱風東吉島風花圖



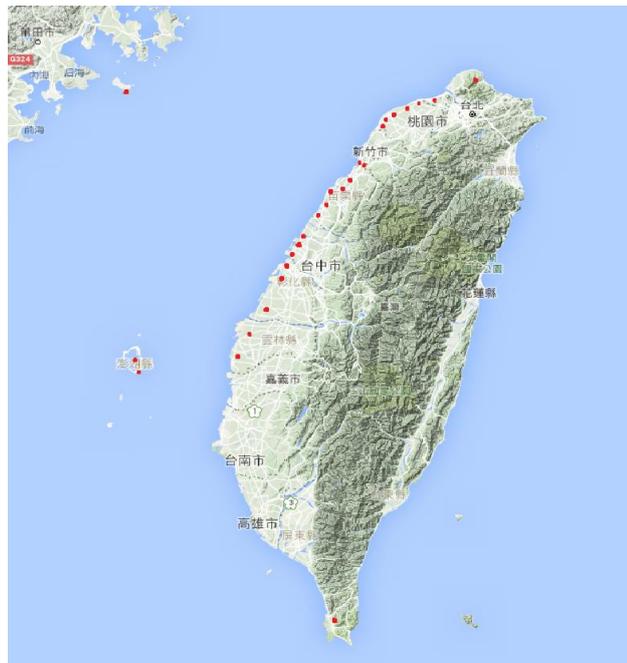
四、管道效應的應用

因為管道效應是造成臺灣西部強風的因素之一，強風讓臺灣較其他國家更有利於發展風力發電。風力發電除了扇葉的裝設及維修外，幾乎是零成本、零污染的能源開發技術。風力發電的條件為風速大、風期長、風力平穩且風向變化少，而由於地形影響，會使得在有利地形下的風力，比不利地形下的風力還要強，但是風力發電會造成很大的噪音，若能改良扇葉使較少噪音的產生，這股強烈的風必定是臺灣能源發展的一大優勢。

在我們的研究中顯示，受管道效應影響的地方，因為冬季風力強勁，夏季即使發電量不像冬天一樣，也同樣比其他地方強一些。若依循這個方向設置風力發電廠，

臺灣最適合的設置點可為梧棲、澎湖地區和金馬地區，而這幾處目前也皆有風力發電廠，如〈圖三十四〉。

在圖中也顯示中部和北部的海岸線大多有風力發電廠，這應主要考慮於海陸風或地形的優勢。例如：恆春風力發電廠、北海岸石門風力發電廠。恆春是因為落山風的強勁風力，而石門則是東北季風的迎風面造成。



〈圖三十四〉臺灣風力發電廠分布

柒、結論

一、影響臺灣西岸及離島風速的主要因素

影響臺灣各測站風速的主要原因，不外乎就是：地形(包含管道效應)、季風、特殊天氣系統。

(一)地形

研究得知，當風流經臺灣海峽時，容易因為管道效應而使海峽中或兩側的地方風速上升，例如東吉島和梧棲。除了管道效應，當風經過海中的島嶼時，也有一定的機率造成地形對風的加強效應。此外，迎風面也能明顯讓風速增強。

(二)季風

在冬季因為東北季風強勁，使得各測站在冬季的風大多比夏季還強。

(三)特殊天氣系統

颱風和鋒面能影響風速變化。舉例來說，受到颱風影響，夏季彭佳嶼與蘭嶼便有明顯強風。而鋒面系統造成的溫度、氣壓、風向等變化，能使各測站的風速隨之改變。

二、管道效應的角色

我們從數據發現，除蘭嶼和彭佳嶼外，各地冬季風速大多較夏季大。此外在臺灣西岸，冬夏季的平均風速差異較東部大，這明顯不是單純因為季風造成。可能是因為東北季風進入臺灣海峽受到地形影響進而引發管道效應，形成強勁的風。就這樣的角度來看，管道的延伸方向理應也能讓西南風進入，夏季卻沒有明顯管道效應。由東吉島和澎湖的分析數據看來，可以證實夏季還是能有管道影響，只是非常小，顯示管道效應只是依循白努力定律，而非一種對流體總量的增強。這論述也可以從鋒面證實。

冬季鋒面來臨時，風向會改變，改變後的風向不易進入管道內，所以當鋒面到達臺灣時臺灣西岸及澎湖地區風速下降，等到鋒面過後風速回升。具有管道效應的區域下降幅度較多，回升也較多，例如澎湖、梧棲、東吉島、金門和馬祖。

管道效應在特殊情況下也會發生。當颱風於臺灣西北部出海，未經過的地區風速照常來說不會增大，但研究顯示澎湖及東吉島在沒有颱風經過時，風速卻仍增大。我們禿側，颱風外圍的氣流經過澎湖地區時因截面積縮小，可能因此造成風速上升。

三、管道效應的應用

管道效應主要能應用在風力發電，現今風力發電已漸漸成為許多國家的主要發展能源，而管道效應能使得風速上升、風向平穩，且現象持續，這些全為發展風能的有利條件，而目前西部、北部、東北部、金門和澎湖也都有風力發電廠。尤其是得天獨厚的澎湖地區，因與臺灣本島夾成細長的管道，有穩定且大的風能，平均風速可達每秒九公尺以上。若臺灣能解決風力發電的低頻噪音與生態環境影響，民眾接受度應能有很大的提升，則綠能發電所受的阻力會比較小，也能一步一步永續發展，讓世界更美好。

捌、參考資料及其他

一、參考資料

- (一) 小峰龍男(2012)。流動中的力量：圖解流體力學。科學出版社。
- (二) 中央氣象局(1981~2011)。氣候統計月平均風速。取自：
http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/monthlyMean/Taiwan_tx.htm
- (三) 中央氣象局(2015~2016)。氣象資料開放平台 30 天觀測資料。取自：
opendata.cwbindex.gov.tw/jsessionid=13B6357F924BA96BBA697BEF42BCB44E
- (四) 中央氣象局(2007)。颱風資料庫柯羅莎風速資料。取自：
<http://rdc28.cwb.gov.tw/TDB/ntdb/pageControl/basic>
- (五) 中央氣象局(2002~2011)。中央氣象局氣候資料年報，2002，3~22；2003，3~24；
2004~2011，4~26。
- (六) 臺灣電力公司(2015)。風力發電廠分布圖。取自：<http://www.taipower.com.tw>
- (七) 史春偉(2012)。了解人類的家園—地球。安徽師大。
- (八) 呂特根、塔布克、塔沙等(2012)。觀念地球科學。天下文化出版社。
- (九) 呂芳川、廖杞昌、江火明、莊漢明(2010)。臺灣附近寒潮爆發前緣冷空氣移行之個案研究。取自：www.cgu.org.tw/2004jga/dach/paper/02/02-OA-016.pdf
- (十) 吳政忠、呂芳川、陳文定、鄭竹齋、莊漢明(2004)。東北季風時期臺灣海峽強風成因之研究。取自：www.cgu.org.tw/2004jga/dach/paper/02/02-OA-065.pdf
- (十一) 香港天文台(2015~2016)。地面天氣圖。取自：<http://www.hko.gov.hk/contentc.htm>
- (十二) 劉昭民(2008)。2008 年 2 月春節前後臺灣異常氣候之氣象分析。取自：
<http://photino.cwb.gov.tw>
- (十三) Gordoncheng(2013)。看見台電風力與太陽能發電。取自：
<https://gordoncheng.wordpress.com>

二、附件

(一)附件一：2015/12/8~12/11 鋒面風向資料

2015/12/08												
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
梧棲	N	NNE	NNE	N	N	N	N	N	N	N	N	N
澎湖	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
東吉島	NNE											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
梧棲	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
澎湖	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

東吉島	NNE	N	NNE	NNE									
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----	-----

〈表二〉 12/08 風向

2015/12/09												
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
梧棲	ESE	Calm	S	ES	ESE	NNW	ENE	ENE	NE	E	WSW	NNW
澎湖	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
東吉島	NNE	N	N	N	N	N	NNE	NNE	NNE	N	N	NNE
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
梧棲	N	NNW	NNW	NW	NW	N	N	NNW	N	WNW	E	WNW
澎湖	N	N	N	N	N	N	N	NNW	N	N	N	N
東吉島	N	N	N	N	N	NE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE

〈表三〉 12/09 風向

2015/12/10												
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
梧棲	NE	N	ENE	ESE	N	N	N	N	N	NE	E	ESE
澎湖	N	N	N	NNW	NNW	N	N	N	N	NE	N	N
東吉島	NNE	N	NNE	NNE	N	N	NNE	N	NNE	NNE	NE	NE
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
梧棲	NNW	NW	NW	NNW	NNW	N	N	N	NNE	NNE	N	N
澎湖	NNW	NNW	NNW	NNW	N	NNW	N	NNW	N	N	N	N
東吉島	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NNE

2015/12/11												
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
梧棲	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
澎湖	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
東吉島	NNE	NNE	N	N	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	N	NNE
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
梧棲	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
澎湖	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
東吉島	N	NNE										

〈表五〉 12/11 風向

(二) 附件二：2007 年柯羅莎颱風澎湖地區風速風向

2007/10/5													
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
東吉島	風速	15.2	15	14.6	15.9	16.6	16.6	16.2	17.1	17.6	17.2	18.4	18.1
	風向	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE
澎湖	風速	9.3	7.8	7.8	7	8.2	8.9	8	7.8	8.6	8	8.4	9.7
	風向	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

東吉島	風速	19.1	19.5	20	19.3	19.1	19.1	18.6	19.9	21.3	22.5	22.6	22.9
	風向	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	N	N	N	N
澎湖	風速	10	9.7	10	9.3	10.1	9.9	10.2	9.6	10.8	11.2	11.3	11.6
	風向	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	N	N	N	N	N

〈表六〉10/5 風速及風向

2007/10/6													
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
東吉島	風速	23.1	24.1	24.3	24.2	24.1	22	21.8	22	22.1	19.2	21	22.2
	風向	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NNW	NNW	NNW
澎湖	風速	12.4	13	12.5	13.4	13.1	12.8	11.9	8.6	7.9	7.9	8	7.9
	風向	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NNW	NNW	NW
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
東吉島	風速	21.3	19.5	18.9	20.2	20.6	21.1	21	21.3	21.2	21.3	21.6	20.9
	風向	NW	NW	WNW	W	W	W						
澎湖	風速	8.5	10	9.9	12	13.6	11.6	12.7	13.4	13.9	12.9	12.1	10.9
	風向	NW	WNW	WNW	WNW	WNW							

〈表七〉10/6 風速及風向

2007/10/7													
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
東吉島	風速	21.5	19.8	19	18.3	16.6	14.3	10.4	15.2	16.5	16.4	15.4	16.5
	風向	W	W	W	W	W	W	W	SW	WSW	WSW	WSW	WSW
澎湖	風速	11.2	9.9	10.1	10.9	12.1	11.9	9.1	7.6	7.8	6.2	5	4.9
	風向	WSW	W	W	W	W	W	W	W	W	W	WSW	WSW

〈表八〉10/7 上午風速及風向

(三)附件三：2008 年卡玫基颱風澎湖地區風速風向

2008/07/16													
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
東吉島	風速	6.9	5.9	4	4.6	4.9	4.1	5.8	4.8	4.3	4.3	2.9	4
	風向	NW	NW	WNW	WNW	WNW	NNE	NNE	NNE	NE	NNE	N	NNW
澎湖	風速	2.6	2.2	2.3	3.7	3.9	4.6	4.3	3.9	3.3	3	2.7	2.4
	風向	NNW	NW	N	NNE	N	NE						

〈表九〉7/16 下午風速及風向

2008/7/17													
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
東吉島	風速	7.2	7.8	8.4	9.2	9.4	10.4	11.4	11.4	11.2	13.3	15.4	16
	風向	NE	NNW	NNW	NE	NE	NE						
澎湖	風速	3.7	3.4	3.2	3.7	4.2	4	4.6	4.5	4.7	4.7	4.9	4.9
	風向	WNW	NE	NE	NE	NE	NE	NNW	NNW	NNW	NE	NW	NW
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
東吉島	風速	15.4	13.7	12.8	12.2	11.7	9.8	10.2	11.7	12.2	14.6	15.8	16.8
	風向	NW	NW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WSW	WSW	WSW	WSW	WSW
澎湖	風速	4.8	4.9	5.4	5.9	5	6.6	6.9	5.6	6.4	6.3	7.8	7.9

	風向	WNW	NW	NW	NW	WNW							
--	----	-----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

〈表十〉7/17 風速及風向

2008/7/18													
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
東吉島	風速	16.5	13.1	10.2	10.9	13.4	14.4	19.3	19.5	17.3	17.1	15.4	15.2
	風向	WSW	WSW	WSW	WSW	WSW	WSW	SW	SW	SW	SSW	SW	SW
澎湖	風速	6.7	8.5	5.6	8.9	8.1	7	6.8	6.8	9.3	8.7	5.5	5.3
	風向	WSW	WSW	SW	WSW	WSW	WSW	SW	SW	WSW	WSW	W	WSW
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
東吉島	風速	14.4	13.9	12.6	12.3	11.8	13.4	13.6	13	11.6	10.7	10.7	
	風向	SW	SW	SW	SSW								
澎湖	風速	6.2	4.6	6.3	7.1	8.6	8.7	7.3	4.9	3.4	5.4	4.8	
	風向	SSW	SSW	S	S	SSE	S	S	S	S	S	S	

〈表十一〉7/18 風速及風向

(四)附件四：2008年辛克樂颱風澎湖地區風速風向

2008/9/12													
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
東吉島	風速	15.2	15	13.9	15.8	16.1	15.4	15.3	15.7	15.2	15.4	15.2	16
	風向	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
澎湖	風速	8.6	8.2	8	7.8	7.4	7.3	8.2	8.5	8.5	8.6	9.1	9.3
	風向	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
東吉島	風速	16.1	17.3	17	17.8	16.9	16.4	16.5	16.5	18	16.9	18.1	18.3
	風向	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
澎湖	風速	8.8	8.9	9.8	9	8.9	8.9	8.6	8.6	8.9	8.9	9.6	9.4
	風向	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

〈表十二〉9/12 風速及風向

2008/9/13													
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
東吉島	風速	17.9	16.2	16.2	16.7	16.4	16.5	17.3	16.4	16.2	16.8	15.9	16.2
	風向	N	NNW	N	N	NNW	NW						
澎湖	風速	9.6	9.3	9.1	10.1	10.3	9.3	7.5	7.2	7.5	7	6.4	6
	風向	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NNW	NNW	NW
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
東吉島	風速	15.8	14.4	14.9	16.4	16.5	17.1	16.3	15.2	15.6	14	18.3	18.3
	風向	NNW	NW	NNW	NW								
澎湖	風速	6.4	6	6.3	6.3	5.9	5.8	5.5	6.2	6.3	5.9	8	5.5
	風向	NNW	NW	NNW	NW								

〈表十三〉9/13 風速及風向

2008/9/14													
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
東吉島	風速	13.9	12	12.6	11.2	10.3	13.1	13.2	12.1	12.7	11.9	11.8	11.9

	風向	NW	NW	WNW	WNW	W	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	W	W
澎湖	風速	5.5	6.4	5.8	6.9	6.3	8.9	8.6	8.7	8.4	7.3	7	6.7
	風向	NNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	W
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
東吉島	風速	12	10.9	11.8	9.7	8.1	7.8	11.2	11.9	12.6	12.6	14.7	13.9
	風向	W	WSW	WSW	SW	WSW	WSW	SW	SW	SW	SSW	SSW	SW
澎湖	風速	7	7.1	6.4	6.1	8	4.9	4.8	4.9	4.6	3.6	3.1	3.9
	風向	W	WSW	WSW	WSW	WSW	WSW	SW	SW	SW	SW	SW	SW

〈表十四〉9/14 風速及風向

(五)附件五：2008年薔密颱風澎湖地區風速風向

2008/9/27													
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
東吉島	風速	2.8	1.4	3	3	4.2	14.1	14.8	15.4	17.3	18.5	19.1	18.6
	風向	W	WSW	NNE	NE	NNE							
澎湖	風速	4.4	6.8	7.1	7.5	8.7	9.3	8.8	10.2	10	10.9	11.6	11.5
	風向	NNE											
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
東吉島	風速	18.9	19.6	20.2	18.9	18.2	18.1	18.6	19.1	19.1	19.1	19.9	19.7
	風向	NNE											
澎湖	風速	12	11.6	11.3	11.1	10.9	10.2	11.4	10.7	10.4	9.4	10.3	9.3
	風向	NNE											

〈表十五〉9/27 風速及風向

2008/9/28													
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
東吉島	風速	20.1	20.1	21	20.4	21.8	21.9	21.9	23.1	20.8	22.6	21.9	23.5
	風向	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	N	N	N	N	N	N
澎湖	風速	9.6	9.7	10.3	10	11	12.4	12.8	12.6	12	12.1	12.1	13.9
	風向	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
東吉島	風速	23.5	23.3	22.9	23.3	23.5	22.5	24	25.8	24.5	26.5	21.8	21.5
	風向	N	N	N	N	NNW	NW	NW	NW	WNW	WNW	WNW	WNW
澎湖	風速	13.9	13.4	14.6	12.1	9.6	9.3	9.4	10.8	10.6	11.7	10.6	13.4
	風向	N	N	NNW	NNW	NNW	WNW						

〈表十六〉9/28 風速及風向

2008/9/29													
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
東吉島	風速	17.3	14.9	14.7	15.7	15.9	14.5	12.7	10.9	10.2	7.6	5.8	3.2
	風向	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	WSW
澎湖	風速	13.3	9.6	7.3	11	11	9.6	9.1	8.2	5.3	5.2	4	2.1
	風向	WNW	WNW	W	WSW	WSW	WSW	WSW	WSW	WSW	WSW	WSW	WSW

〈表十七〉9/29 上午風速及風向

【評語】 051905

1. 以基礎流體力學概念融入到生活中天氣風場的研究，具有創意與教育意義。
2. 可以再深入探討台灣西部沿岸各地風速、風向的變化與地形關係，並探討與預期不吻合觀測之原因。
3. 颱風的探討，可以加入經過台灣南部的颱風產生南風時的管道效應。