

冷高壓東移期間台灣地區導管高度演進之個案研究

黃崇展¹陳啟南¹呂芳川¹陳文定²

1.國防大學中正理工學院應用物理系

2. 海軍氣象中心

摘要

台灣地區位於副熱帶地區且為海陸交接帶，天氣變化多樣化。由於天氣系統影響著大氣環境的溫度、壓力、溼度場的變化，而對流層內大氣折射指數又為壓力、溫度與溼度的函數，故大氣折射指數垂直向梯度的變化與水汽含量梯度，深受天氣系統演進之影響。引發大氣導管的天氣條件主要是天氣系統所伴隨的沈降作用，而造成溼度的不連續，主要發生於逆溫層或兩個移行氣團之間的交界面。

以冷高壓東移期間台灣地區大氣環境場個案，並結合大氣折射預報系統(AREPS)，在同樣受高壓迴流的天氣型態影響之下，個案探討連續兩波之大陸分裂高壓由長江口東移出海，移動路徑的不同，即偏向東北方向(日本)以及偏向東方(日本南方海面)時，測站距離高壓中心的遠近對產生導管效應的結果，並探討導管形成之原因，及分析同一波大陸分裂高壓出海時，各測站大氣導管高度的比較情形。研究的結果顯示：春季大陸分裂高壓經由長江口出海，當850hPa以下常為東北季風，為冷氣團；700hPa以上卻常為高壓沉降增溫，屬暖、乾性氣團，容易形成逆溫層，逆溫層呈現之溼度、溫度、壓力的不連續，使大氣折射指數垂直向梯度產生劇烈變化，造成導管現象。且大陸分裂高壓移動路徑偏北，且測站距離高壓中心愈遠，所發生大氣導管高度較高。

關鍵詞：天氣系統、折射指數、大氣導管

一、前言

在開放空間的空氣塊，經一段時間與所

處環境達到熱平衡之後，內部的溫度、溼度、壓力的性質將產生改變。原本屬於冷、乾性質的大陸型氣團，當其經過廣闊且溫暖洋面時，底層逐漸轉受到環境影響，逐漸變為暖、濕氣團。而西南氣流由南海一帶引進旺盛水汽，也使得底層與高層之間存在溫度、壓力、溼度分布的差異。此外，兩不同秉性氣團之間相互推擠造成的鋒面，交介面上、下亦存在溫度、壓力、溼度的差異，故天氣系統與大氣環境的溫度、壓力、溼度場的變化，有密切的關係。

呂等(1997)綜合過去十多年來東亞地區地面天氣圖的演化過程，將影響台灣地區的天氣類型分為「長江口有分裂高壓出海」等十五類。本省在春季時期所經歷之天氣系統依序為「長江口有分裂高壓出海」型、「高壓迴流」型、「鋒前暖區」型、「鋒面過境」型，或者為「分裂高壓在高緯度」型、「高壓迴流」型、「鋒前暖區」型、「鋒面過境」型等兩種演進方式。以2001年為例，台灣地區各天氣類型所佔比例，「長江口有分裂高壓出海」型佔20%、「分裂高壓在高緯度」型佔14%、「高壓迴流」型佔7%、「鋒前暖區」型佔3%、「鋒前暖區」型佔17%。所以，「長江口有分裂高壓出海」型、「高壓迴流」型、「鋒前暖區」型、「鋒面過境」型的系列總共佔了47%，「分裂高壓在高緯度」型、「高壓迴流」型、「鋒前暖區」型、「鋒面過境」型的系列總共佔了41%。此說明了研究春季冷高壓東移出海之天氣系統演進方式，深具代表意義。

天氣系統的演進，將造成大氣環境的溫度、壓力、溼度場有所變化，但此種改變將對電磁波在對流層的傳播現象造成影響。基

於 1864 年 Maxwell 所提出的電磁理論，發現電磁波傳播與介質的介電常數有關，而介電常數又與大氣折射指數(n)有關。大氣折射指數可表示為(Beane, B. R., and E. J. Dutton, 1966)：

$$n = 1 + \left(\frac{77.6P}{T} + \frac{375000e}{T^2} \right) \times 10^{-6}$$

式中 P 為大氣氣壓，單位是百帕(hpa)，e 為大氣中的水蒸氣壓，單位亦為百帕(hpa)，T 為絕對溫度，單位是 K。因此吾人可以知道大氣折射指數是大氣氣壓、水蒸氣壓和絕對溫度的函數。

在實際計算數值中，發現大氣折射指數是一個非常接近於 1 的數值，其變動範圍主要在 1.000100 至 1.000400 之間。為了要能夠清楚地觀察到它的擾動情形，於是定義大氣折射率(Atmospheric Refractivity, N)與大氣折射指數(n)的關係(Steven M. Babin, George S. Young, and James A. Carton, 1997)：

$$N = (n-1) \times 10^6 = \frac{77.6P}{T} + \frac{375000e}{T^2}$$

在對流層的大氣折射指數(Refractive Index)與大氣環境的氣壓、水蒸氣壓及溫度是相關的，也就是說其傳播現象將受到大氣折射指數在空間及時間上的不均勻分佈而產生不同的傳播途徑。

由於大氣環境因地形和其它因素，標準大氣是較少存在，反而是大氣折射指數異常的分佈常會發生。根據電磁波傳播路徑之彎折情形，基本上可將電波在大氣的折射現象分成四類：亦即正常折射(Standard)、次折射(Sub-refractive)、超折射(Super-refractive)和陷捕(Trapping)。

另發展出一個新的折射率參數，稱作修正後的折射率(Modified Refractivity, M)，定義為下式：

$$M(h) = \left[(n-1) + \frac{h}{a} \right] \times 10^6 = N(h) + \frac{h}{a} \times 10^6$$

若 $dM/dh=0$ ，意謂著電波射線路徑(Ray Path)相對於地球表面將為直線。將實際地球半徑

(約 6400 公里)代入式中且對 M 作隨高度 h 的微分，得

$$\frac{dM}{dh} = \frac{dN}{dh} + 157$$

根據上式，當 $dM/dh \leq 0$ (即 $dN/dh \leq -157 N/Km$) 時，由於電波射線之曲率將大於地球表面之曲率，電波將會向地球表面彎折而被陷捕(Trap)，即表示當我們的大氣環境存在有某層狀結構，其內的大氣折射指數的垂直梯度值小於 $-157 N/km$ 時電磁波在此種層狀結構中的傳播將發生異常現象，亦即電磁波在垂直方向的傳播將被此層狀結構，所局限而無法逸出，而造成異常的傳播現象。這種結構宛如波導管(Waveguide)，會使低仰角的電波侷限在此種結構中，造成電波的異常傳播(Blake, L. V., 1986)，此種的結構體特稱為大氣導管(Atmospheric Duct)。故可利用 M 隨高度變化的曲線(M Profile)來判斷大氣是否有導管的存在。而導管強度愈強代表折射指數在那厚度範圍內有較大的變化，即代表折射指數梯度變化較大。梯度值愈大射線之曲率愈大，表示射線經彎曲後到達地面的水平距離就會比導管強度較弱者為短。

空中導管指的是導管層的底部位於地表以上，呂等(1998)指出空中導管發生高度主要分布範圍在 1 至 2.5 公里之間，少數可延伸至 6 公里，我們據此定義在 700hPa 以下的導管稱為低層導管、700hPa 以上的導管稱為高層導管、發生於地面的導管稱為底層導管。在導管厚度方面，主要在百公尺以上，對特高頻(VHF)以上的波段有較大的影響。這種導管對於接收機或目標物位於此導管層頂以上的高度時，往往電磁波已部份陷入導管中而少部份穿透，於是就有可能產生電波無法被接收到或無法偵測到目標物，此種現象即為雷達洞(Radar Hole)，這是值得注意的現象。

呂等(1998)針對台灣地區大氣導管的季節、日夜間變化方面之統計特性，以及丁等(1994)對不同季節、不同天氣系統的大

氣導管特性作相關研究，但目前尚無針對大氣導管的特性與測站距離天氣系統的遠近之間的作探討，相當值得我們關注。

本文採用 2001 年 2 月 27 日至 3 月 6 日中央氣象局之板橋(46692)、花蓮(46699)探空資料日本氣象廳天氣圖(地面、高空)，以及空軍之馬公(46734)、屏南(46750)、綠島(46780)探空資料，並結合大氣折射預報系統(AREPS)，在同樣受高壓迴流的天氣型態影響之下，個案探討連續兩波之大陸分裂高壓由長江口東移出海，移動路徑的不同，即偏向東北方向(日本)以及偏向東方(日本南方海面)時，測站距離高壓中心的遠近對產生導管效應的統計結果，並探討導管形成之原因及分析同一波大陸分裂高壓出海時，各測站大氣導管高度的情形。

二、資料來源與分析處理

資料來源包括地面與高空天氣圖、探空電碼。在傳統資料方面，利用 2001 年 2 月 27 日至 3 月 6 日日本氣象廳的 0000UTC 與 1200UTC 之地面圖、850hPa 高空圖、700hPa 高空圖、500hPa 高空圖。

在大氣垂直結構分析方面，採用 2001 年 2 月 27 日至 3 月 6 日的 0000UTC 與 1200UTC 中央氣象局之板橋(46692)、花蓮(46699)探空測站，以及空軍之馬公(46734)、屏南(46750)、綠島(46734)探空測站所觀測之探空資料。但板橋、花蓮測站於 3 月 6 日 1200UTC 無探空電碼。

資料分析處理，首先由天氣圖、斜溫圖，來瞭解綜觀天氣狀況。在地面天氣圖方面，依據高、低壓氣團的分布狀況、各地面測站雲量多寡、天氣現象，風向、風速，來判斷測站是否屬於受高壓迴流影響之天氣型態。在高空天氣圖方面，850hPa 高空圖、700hPa 高空圖均顯示溼度場所涵蓋區域。此外，我們亦對各空層天氣圖中測站的風向、風速、溫度、露點等天氣資料與所取得的探空電碼交互對照，來確保資料的準確無誤。

探空電碼主要用於繪製斜溫圖，以及輸入美國海軍之大氣折射預報系統之中，來分析大氣的熱力垂直分布，以及大氣導管所在的高度、厚度及傳播路徑。先針對電碼編排格式進行除錯工作，再將電碼內容繪製成斜溫圖，以及將測站探空電碼輸入大氣折射預報系統之中，來得到大氣導管所在的高度、厚度的合成圖，雷達傳播涵蓋區域圖，以及其詳細數據的資料。

其次，依據大陸分裂高壓由長江口東移出海，移動路徑的不同，即偏向東北方向(日本)以及偏向東方(日本南方海面)區分兩類型，分別統計各類型、各測站發生導管的情形，來探討距離高壓中心的遠近對產生導管效應的影響，導管形成之原因及分析同一波大陸分裂高壓出海時，各測站大氣導管高度的比較情形。最後，比較同一類型各測站發生大氣導管彼此之間的異同，並討論原因。

三、個案分析

本研究之個案選取時間為 2001 年 2 月 27 日 0000 UTC 至 3 月 6 日 1200 UTC，主要探討大陸分裂高壓移動路徑的不同，對本省板橋、花蓮、馬公、屏南、綠島等五個測站所發生大氣導管特性的影響情形。個案期間，連續兩波大陸分裂高壓由長江口東移出海，在 2 月 27 日 0000UTC 至 3 月 3 日 0000UTC 時期，大陸分裂高壓通過長江口之後偏向東北方移動(朝向日本)，而 3 月 3 日 1200UTC 至 3 月 6 日 1200UTC 時期，大陸分裂高壓通過長江口之後則以偏東方向移動(偏向琉球群島)。

我們依據上一節所述步驟，逐日、逐時處理每一筆資料。以分析 3 月 5 日 0000UTC 資料為例，地面天氣圖(如圖 1.)顯示，本省為受大陸分裂高壓出海之後的高壓迴流所影響，且分裂高壓移動方向偏向東方；850hPa 高空圖(如圖 2.)顯示花蓮、綠島外海一帶存在溼度場；700hPa 高空圖(如圖 3.)以及 500hPa 高空圖(如圖 4.)本省