

# 臺灣北部大氣折射率的統計特性分析

許舜清<sup>1</sup>，朱延祥<sup>1</sup>，呂芳川<sup>2</sup>，江火明<sup>3</sup>，蘇秋展<sup>4</sup>，洪忠和<sup>2</sup>

1.國立中央大學太空科學研究所

2.中正理工學院應用物理系

3.國立中央大學大氣物理研究所

4.海軍氣象中心

## 摘 要

由於天氣系統是多變的，因此大氣參數如氣壓、溫度、水蒸汽壓等會有不同的分佈情形。這些參數的變化，就代表大氣折射指數的擾動，當這種擾動有異常現象發生時，即表示電波傳播路徑將會有所改變。通常大氣折射指數垂直梯度異常分佈時，會使得電波產生次折射、超折射和大氣導管等現象，其會導致電波的異常增強或衰減。尤其是導管等現象，它會造成部份的雷達盲區，使得電波通訊與偵搜產生缺失。因此，有必要對大氣折射率的性質作一番研究，以便了解大氣環境是如何影響電波傳播。

本文藉板橋探空氣象測站民國77年至79年三年的氣象資料，從事有關大氣折射率隨高度分佈的統計特性研究及對大氣地面導管的特性分析。研究結果告訴吾人，在較低層的大氣折射率（約二公里以下）適合韋伯分佈，但在較高層的大氣折射率則適用對數常態分佈來描繪。由此種統計特性的結果，可知大氣折射率隨著高度的增加而呈現指數型態遞減。另外在大氣地面導管方面，發現在夏季此種導管發生次數較頻繁。然而由大氣折射率的垂直梯度變化上，吾人可以了解到水蒸汽的梯度變化與逆溫層的發生，均是影響大氣導管形成的原因。特別是在大氣地面導管方面大氣中的水汽含量的變化，將是主導大氣折射率垂直梯度變化的一個重要因子，而逆溫層的產生只是更有利於此導管的形成。

## 一、前言

關於電磁波在對流層（Troposphere）的傳播現象，基於1864年Maxwell的電磁理論，我們可以很清楚地知道，它與介質（Medium）的介電常數（Dielectric Constant）有關，而介電常數又與大氣折射指數  $n$ （Atmospheric Refractive Index）有關，且在對流層的大氣折射指數與大氣環境的氣壓、水蒸汽壓及溫度相關。因此，可以想見的是電磁波在對流層的傳播，將受到大氣折射指數的擾動而影響傳播路徑。也就是說其傳播現象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。隨著大氣折射指數垂直分佈的不同，電磁波傳播的現象亦隨之而異。一些學者指出在標準大氣時大氣折射指數可用指數模型表示（Bauer, Mason, and Wilson, 1958; Bean and Thayer, 1959）。

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（Subrefractive）、超折射（Superrefractive）和陷捕（Trapping）。其中的陷捕即表示當我們的大氣環境存在有某層狀結構，其內的大氣折射率 $N$ （Atmospheric Refractivity）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），其會使的低仰角的電波侷限在此種結構中，造成電波的異常傳播（Blake, 1986）。此種的結構體特稱為大氣導管（Atmospheric Duct）。依照大氣導管的地理發生位置不同，通常將其分為三種型態（Hitney et al., 1985和朱等, 1994）：第一型態為地面導管（Surface-Based Duct），其為發生在陸地地面附近，它的厚度一般在百公尺以內，形成的原因視地區不同而異，可能與海陸風有關，也有可能因受地面輻射冷卻的影響所致，此外天氣系統的移行亦是造成地面導管的原因之一。第二型態是空中導管（Elevated Duct），產生此種導

管的原因主要是二種具有不同折射指數性質的氣團重疊在一起，在其邊界處自然形成大氣導波層（Trapping Layer），因而造成空中導管。第三型態為位於海面上的蒸發導管（Evaporation Duct），其係由於靠近海面的空氣含有來自海水蒸發所釋放出的充足水汽，並且以飽和的方式持續性的存在，導致靠近洋面的大氣折射指數值遠大於離海面稍高處的數值，因而形成所謂的蒸發導管。由於其對正常的無線電波越平地（Over-The-Horizon）通訊以及軍用雷達的偵搜功能都有顯著的影響。因此為提昇通訊品質並強化軍用雷達的偵搜能力，實有必要對大氣導管現象作詳細分析與研究，以確保無現電波通訊的正常和我軍在接戰時的勝算。

大氣導波層對電磁波異常傳播的研究，早在1940年代便有學者開始利用實驗與理論的方法，進行大氣折射指數梯度的異常分佈對電磁波傳播影響的實測數據的分析與理論上的討論。在早期，由於通訊電磁波的頻率較低，因此大氣波導管效應亦不甚顯著。然而隨著科技的日新月異，現代資訊的傳輸特色除了量大外，更要求快速與確實。在此情況下，通訊的頻帶寬度（Bandwidth）便要求越來越寬。為滿足此需求，輸送資訊的通訊電波頻率就必須相對提高。然而隨著通訊頻率的逐漸提高，大氣波導管效應等，都會影響無線電波通訊的效果。因此如何加強此方面的研究，將大氣效應考慮在現代通訊系統中，以提昇通訊品質，實為當務之急。

然而本文主要目的是台灣北部大氣折射率隨高度分佈的統計特性與大氣地面折射率統計特性分析。從探空資料中的氣象因子算出大氣折射率在該高度的數值，由這些資料我們要來找出其隨高度變化的統計特性為何，以及探討大氣地面折射率的統計特性。另外，吾人亦將利用指數模型（Exponential Model）來湊配（Fit）真實的大氣折射率，看是否有何差異，以及找出此二者之間的偏差值（Deviation）。再者，由這些偏差值的各月變化情形，探討其是否與大氣導管的發生有相關性。在第二節簡述大氣折射率在垂直方向的分佈與大氣導管之關係，以及用指數模型模擬分佈的方法。第三節將討論統計結果，和指數模型湊配的結果。第四節將作一簡單結論。

## 二、基本理論與方法

本研究所使用的大氣資料板橋探空站於民國七十七年到七十九年例行觀測所得的00Z與12Z的溫度，氣壓與濕度等大氣參數的隨高度分佈數據。由於大氣導波層的厚度甚薄，通常都在一、兩百公尺以下，因此在計算大氣折設指數隨高度的分佈，以判讀出大氣導管的發生高度，厚度與強度時，探空資料中的標準層（TTAA）與特性層（TTBB）的大氣參數的紀錄，必須一起採用，否則將有可能對大氣導波層的存在與特性發生誤判。根據理論，大氣折射指數， $n$ ，與大氣溫度， $T$ ，氣壓， $P$ ，與水汽壓， $e$ ，的數學關係式如下（Bean and Dutton, 1966）：

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

為了使用方便簡單起見，一般定義大氣折射率  $N$ ，來取代  $n$ ， $N$  與  $n$  的關係如下：

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

大氣導波層可根據  $N$  隨高度的遞減率，亦即  $N$  的垂直梯度  $dN/dH$ ，的大小來判讀出。換言之，在某高度當大氣層的  $dN/dH$  小於  $-157 N/km$  時，吾人便可宣稱在此高度有大氣導管的存在。事實上，常利用另一參數即修正後的大氣折射率（Modified Refractivity,  $M$ ），藉其隨高度的變化曲線（ $M$ -Profile）來判別大氣導管，其與  $N$  的數學關係式如下：

$$M = N + 157H \quad (3)$$

則的垂直梯度如下式：

$$\frac{dM}{dH} = \frac{dN}{dH} + 157 \quad (4)$$

因此，吾人可知當  $dN/dH \leq -157 N/km$  時，則  $dM/dH \leq 0 M/km$ ，也就是在  $M$  曲線往負斜率方向發展時，此即可判斷有大氣導管存在。另外，由式(2)可推算出  $dN/dH$  與大氣氣壓垂直梯度  $(\partial P/\partial H)$ 、大氣溫度垂直梯度  $(\partial T/\partial H)$  及水汽壓垂直梯度  $(\partial e/\partial H)$  的關係式，

$$\frac{dN}{dH} = \frac{a}{T} \cdot \frac{\partial P}{\partial H} + \left( -\frac{aP}{T^2} - \frac{2be}{T^3} \right) \cdot \frac{\partial T}{\partial H} + \frac{b}{T^2} \cdot \frac{\partial e}{\partial H} \quad (5)$$

式中  $a=77.6$ ， $b=375000$ 。藉由上式，吾人可以了解當

導管發生時，各梯度參數對 $dN/dH$ 的貢獻。如果大氣導管的底層是以地表面為邊界，稱之為地面導管，圖1. 顯示發生地面導管的N曲線與M曲線，由圖中可看出地面導管的辨別方法即導波層的頂點(A)的M值比地面S點的M值小，此種導管就稱地面導管。而空中導管指的是導管的底部位於地表以上，圖2. 顯示發生空中導管的N曲線與M曲線，由圖顯而易見，若導波層的頂點(A)的M值比地面S點的M值還大，此種導管就稱空中導管。

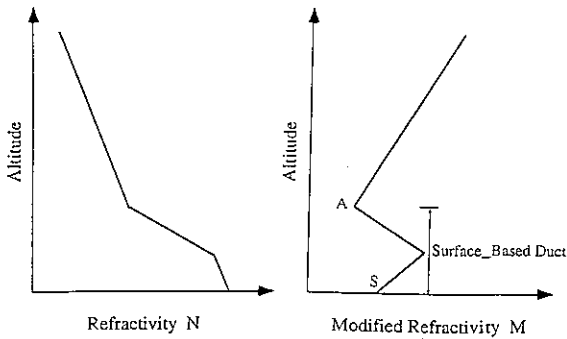


圖1. 地面導管的折射率 N 與修正的折射率 M 剖面圖。

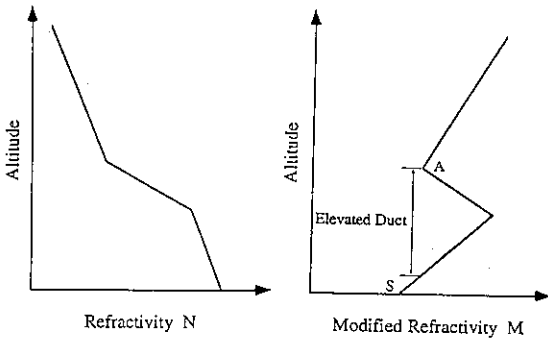


圖2. 空中導管的折射率 N 與修正的折射率 M 剖面圖。

因為板橋測站的探空高度最低為 9.5 公尺、最高不超過 10 公里，故吾人將民國 77、78、79 三年氣象資料的大氣折射率依照月份各別將其整合起來，再把高度由地面至 10 公里區分成十等份，即每一公里為一個高度範圍，例如 0~1 公里內一月份所有的折射率 N 值當作一個統計事件。如此將資料分類好就予以作統計直方圖以便看出它的統計分佈情況，同時也計算其平均值、變異數和偏度 (Skewness)。統計結果如

圖3.、圖4. 與圖5.，分別代表高度範圍在 0~1 公里、5~6 公里和 9~10 公里，由此三圖可以明顯看出各月的統計分佈隨高度的增加由右偏逐漸變成左偏現象。為了要描述此種具有偏度的統計分佈，吾人採用韋伯分佈 (Weibull Distribution) 來進行湊配，以下就先介紹韋伯分佈的機率密度函數 (Probability Density Function, 簡稱 PDF) 和累積機率密度函數 (Cumulative Probability Density Function, 簡稱 CDF) 之數學關係式：

$$\text{PDF: } f(t) = \frac{k}{c} \left(\frac{t}{c}\right)^{-1} e^{-\left(\frac{t}{c}\right)^k} \quad (6)$$

$$\text{CDF: } F(t \leq T) = 1 - e^{-\left(\frac{T}{c}\right)^k} \quad (7)$$

式中  $t > 0$ 、 $c > 0$  且  $k > 0$ 。k 稱作形狀參數 (Shape Parameter)，其值的大小控制了韋伯分佈的陡度 (Steepness) 和形狀。c 稱作尺度參數 (Scale Parameter)，它的值可以代表平均值及眾數 (Mode) 的位置。F( $t \leq T$ ) 表示數值 t 小於或等於臨界值 T 的累積機率。由此可知 k 及 c 將決定韋伯分佈的統計特性。接下來，吾人就以此去進行湊配的步驟，首先必須計算出 k 及 c 值，故使用迴歸法 (Regression Method) 分析之。將式 (6) 等號兩側各別取自然對數 (Natural Logarithm)，再經過整理後可得

$$\ln\{-\ln[1 - F(t \leq T)]\} = k \cdot \ln T - k \cdot \ln c \quad (8)$$

由於 F( $t \leq T$ ) 和 T 可由統計的直方圖中獲取 (T 宛如直方圖內每一長條的上邊界值)，故可把  $\ln\{-\ln[1 - F(t \leq T)]\}$  和  $\ln T$  視為已知的變數，k 和  $\ln c$  為其係數，於是可將上式以一線性方程式表之，即

$$Y = A \cdot X + B \quad (9)$$

其中，

$$Y = \ln\{-\ln[1 - F(t \leq T)]\} \quad (10)$$

$$X = \ln T \quad (11)$$

$$A = k \quad (12)$$

$$B = -k \cdot \ln c \quad (13)$$

再根據最小平方方法 (The Least Square Method) 可以輕

易地計算 A 與 B 值，

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - n \bar{X} \bar{Y}}{\sum_{i=1}^n X_i^2 - n \bar{X}^2} \quad (14)$$

$$B = \bar{Y} - A \cdot \bar{X} \quad (15)$$

其中 n 表示資料數， $\bar{X}$  與  $\bar{Y}$  為算術平均值，

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (16)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} \quad (17)$$

得 A 與 B 值之後，代入式 (12) 及式 (13) 中，

$$k = A \quad (18)$$

$$c = \exp \left[ \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{A} \right] \quad (19)$$

將式 (18)、(19) 代入式 (6) 中，即可換算出韋伯分佈的機率  $f(t)$ 。此時取  $t$  為直方圖內每一長條的中間值，如此可以找到對應的機率值，再將此機率值乘以直方圖的總面積，所得之值打點於所對應中間值的直方圖上，如此再把這些點用線連接則可得此組直方圖的韋伯分佈曲線，如圖3、圖4、和圖5。所示，圖中已標示  $k$ 、 $c$ 、平均值、變異數、偏度和偏差值 ( $\sigma$ )，此偏差值代表直方圖與曲線的均方根 (Root Mean Square) 值，

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (y_{wi} - y_{hi})^2}{n}} \quad (20)$$

式中  $y_{wi}$  表示韋伯分佈曲線的縱軸元素 (Element)， $y_{hi}$  則代表直方圖的縱軸元素， $n$  為組數 (Class)。

對於高層大氣折射率的統計分佈，吾人嘗試著利用同樣可以描述如此偏態情形的對數常態分佈 (Log-Normal Distribution) 來進行湊配。所謂的對數常態分佈，其機率密度函數表示式如下：

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \delta x} e^{-\frac{(\ln x - \ln \mu)^2}{2\delta^2}} \quad (21)$$

式中  $\delta$  為  $\ln x$  的標準差 (Standard Deviation)， $\mu$  為資料  $x$  的中間值 (Median) 或平均值。根據式 (21)，可以很快地算出  $P(x)$ ，為了湊配還需將  $P(x)$  乘以直方圖的總面積，如此就可得對數常態分佈曲線。

當我們的大氣是所謂的標準大氣時，大氣折射指數可用指數模型表示，假設此模式可表為下式 (Bauer, Mason, and Wilson, 1958 ; Bean and Thayer, 1959) :

$$N(h) = N_0 \exp(-k \cdot h) \quad (22)$$

式中  $N_0$  表示模型的地面折射率， $k$  表示指數常數 (單位是  $1/m$ )。由觀測數據吾人可得  $N$  與  $h$  值，再利用前一節的迴歸法和最小平方方法將  $N_0$  及  $k$  值求出。因此可得三年平均每月的  $N_0$  及  $k$  值，同時也估算經由模型所算出的  $N$  值與觀測到的均方根差值 ( $\sigma$ )。

### 三、統計結果與討論

有關高度分佈統計結果可由圖3、圖4、圖5的統計結果吾人發現隨著高度的增加一月、七月的偏差值也愈大，似乎表示韋伯分佈無法描述高層的大氣折射率統計分佈。為了證明此點，吾人利用  $\ln N$  與  $\ln[-\ln(1-F)]$  作散佈圖 (Scatter Diagram) 並且算出它們的相關係數 ( $\rho$ )，圖6、圖7、和圖8。分別代表對應於圖3、圖4、和圖5。的散佈圖，由圖中的相關係數可以很清楚地知道高度愈高相關性愈差。在低層時其相關係數在 0.91 以上甚至到 0.95，但高層時卻更降至最低 0.76，這就表示韋伯分佈確實無法合理地描繪高層大氣折射率的統計分佈特性，但卻可很合理的描述低層大氣折射率統計特性。

圖9、圖10、和圖11。此三圖依序是 0~1 公里、5~6 公里和 9~10 公里一月、七月大氣折射率統計分佈與對數常態分佈湊配情況，由圖可看出曲線的峰值位置與直方圖所示的累數位置比較一致，不似韋伯分佈曲線隨高度增加偏離愈大 (圖3、圖4、圖5)。同時圖中也顯示平均值、變異數和偏度的統計量，另外也算出曲線和直方圖的均方根偏差值 ( $\sigma$ )，這個偏差值隨高度的增加並無明顯的差異。為了要比較韋伯分佈和對數常態分佈何者較適用於描繪高層大氣折射率的統計特性，於是將所算出二者的偏差值  $\sigma_w$  (Weibull) 和  $\sigma_{ln}$  (Log-Normal) 作散佈圖並且畫上

一條斜率為 1 的直線 ( $\sigma_w = \sigma_{ln}$ ) 作為一條參考線，如圖 12. 所示。圖中可看出在 0~1 公里時二者均可用來湊配，但似乎韋伯分佈較好；另外由高度的增加可看出對數常態分佈將較適合來湊配，也就是說高層大氣折射率統計分佈將適用對數常態分佈，不再是以往所認定的韋伯分佈，此點值得當作參考。

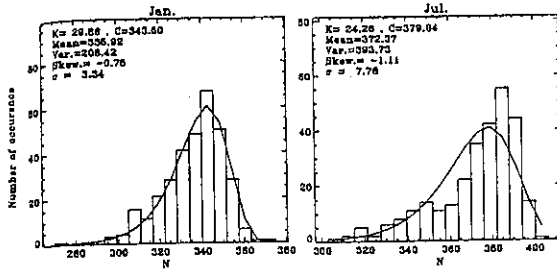


圖 3.  $H=0\sim 1$  Km

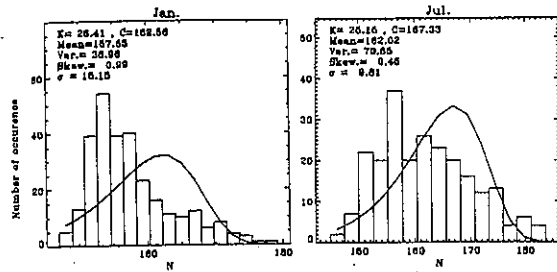


圖 4.  $H=5\sim 6$  Km

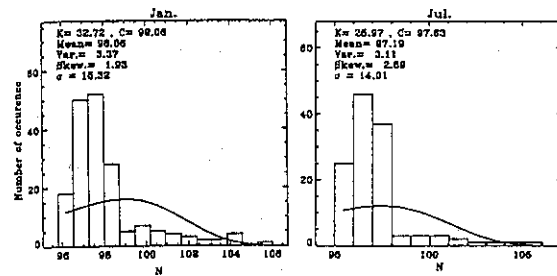


圖 5.  $H=9\sim 10$  Km

圖 3. 圖 4. 圖 5. 板橋測站各高度大氣折射率 N 三年 (1988~1990) 一月、七月的統計直方圖與韋伯分佈的湊配曲線。圖中顯示 N 的平均值 (Mean)、變異數 (Var.) 和偏度 (Skew.)；韋伯分佈的形狀參數 (K) 和尺度參數 (C)； $\sigma$  為此二者的均方根偏差值。

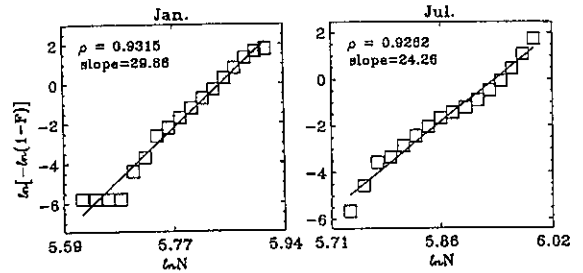


圖 6.  $H=0\sim 1$  Km

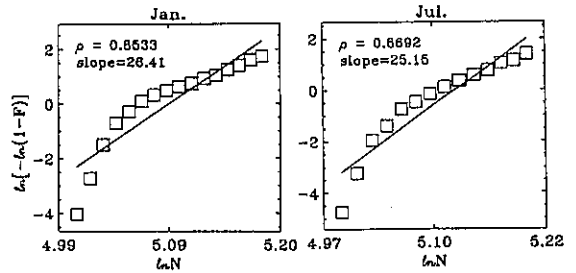


圖 7.  $H=5\sim 6$  Km

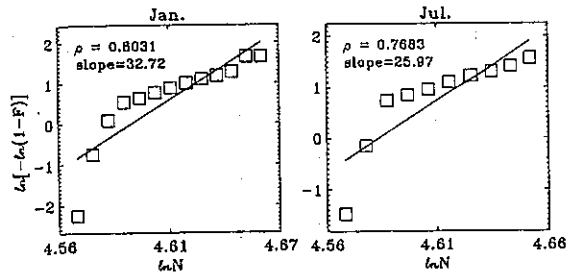


圖 8.  $H=9\sim 10$  Km

圖 6. 圖 7. 圖 8. 板橋測站各高度一月、七月之大氣折射率以韋伯分佈湊配結果的散佈圖。 $\rho$  表示相關係數，slope 為直線的斜率。

關於指數模型與模擬結果，吾人利用迴歸法和最小平方方法將  $N_s$  及 k 值求出，三年平均每月的  $N_s$  及 k 值，同時也估算經由模型所算出的 N 值與觀測到的均方根差值 ( $\sigma$ )，這些都表示在表 1 中。圖 13. 顯示了二種事件來看模擬的結果與觀測結果的差異性，事件一為 78080800 (表示民國 78 年 8 月 8 日早上 0000UT，以下同理)，這一天並無導管的發生，此可與圖 1. 圖 2. 的 N 曲線比較看出，故可視為標準大氣。由此事件發現模擬的結果很好，其平均偏差值僅 4.3，證實了在標準大氣時指數模型確實可代表大氣折射率。事件二為 78080312，此時發生地面導管和二個空中導管的事件，符合圖 1. 圖 2. 的 N 曲線之分佈型態。由圖可明顯看出在地面附近的大氣折射率與模型

的有很大的出入，整體的平均差值達到 22.16，此時表示指數模型不適用於較低層的大氣。由此可見指數模型僅適用在標準大氣條件下的折射指數，對於大氣折射指數有異常擾動時，其將會產生較大的偏差。

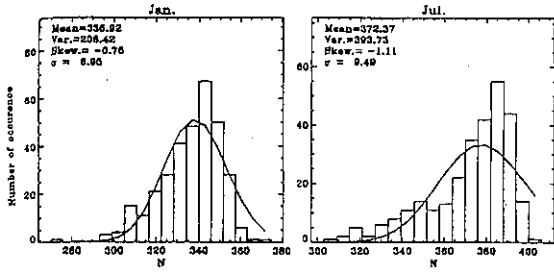


圖 9.  $H=0\sim 1\text{ Km}$

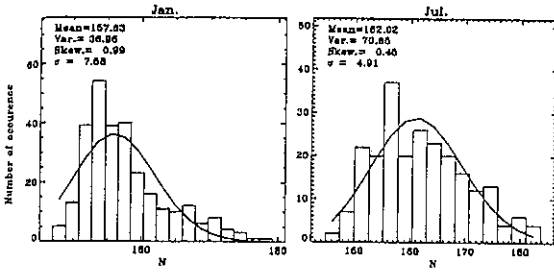


圖 10.  $H=5\sim 6\text{ Km}$

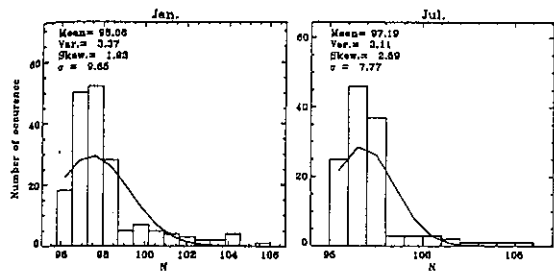


圖 11.  $H=9\sim 10\text{ Km}$

圖 9. 圖 10. 圖 11. 板橋測站各高度一月、七月之大氣折射率  $N$  三年 (1988~1990) 統計直方圖與對數常態分佈的湊配曲線。

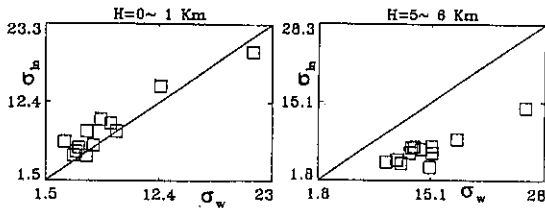


圖 12. 韋伯分佈湊配的偏差值 ( $\sigma_w$ ) 與對數常態分佈湊配的偏差值 ( $\sigma_{ln}$ ) 二者高度範圍的散佈圖，圖中的直線斜率為 1。

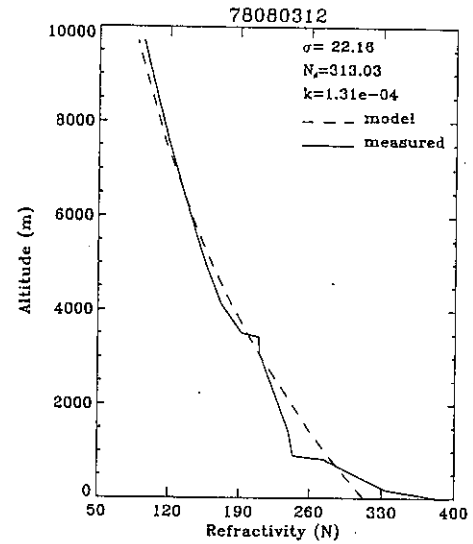
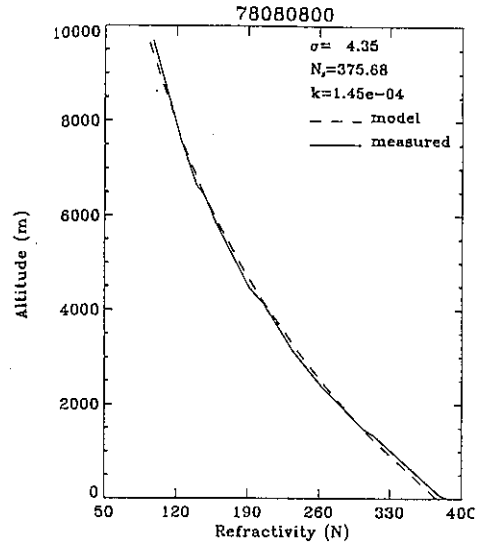


圖 13. 大氣折射率  $N$  以指數模型

$N(h)=N_0 \exp(-kh)$  模擬的剖面圖。實線表示探空測量值，虛線則是指數模擬的結果。

關於地面折射率統計結果，根據指數模型所計算出的地面折射率  $N_0$  與實測的地面折射率，吾人將分別用前述的韋伯分佈進行湊配，看是否滿足此種分佈型態。在觀測資料部份，同樣地把三年各月的地面折射率值取出並製作統計直方圖，接著再如同第二節所介紹的方法，利用韋伯分佈函數曲線去湊配，得結果如圖 14。圖中也表示地面折射率一月、七月統計的平均值、變異數和偏度，以及韋伯分佈曲線的  $k$  與  $c$  值，整體來看其湊配的很好。另外使用同樣的方法對

指數模型所估算的地面折射率作統計與湊配，如圖 15 示，其湊配結果也不錯。爲了要證實韋伯分佈函數可以很好地描述地面折射率的統計特性，將此二者均作散佈圖及求出相關係數 ( $\rho$ )，如圖 16 和圖 17 所示，其分別代表實測與模型的結果。此二圖的相關係數都在 0.9 附近，表示有很好的正相關，這就表示大氣的地面折射率確實可用韋伯分佈函數來予以描述。

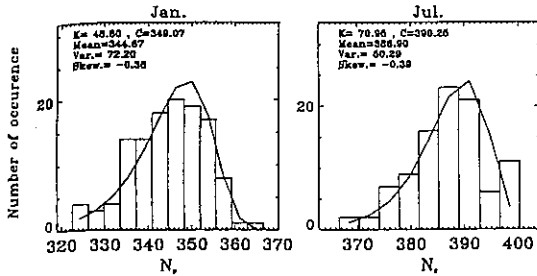


圖 14. 板橋測站大氣地面折射率  $N_s$  三年 (1988 ~ 1990) 一月、七月的統計直方圖與韋伯分佈的湊配曲線。

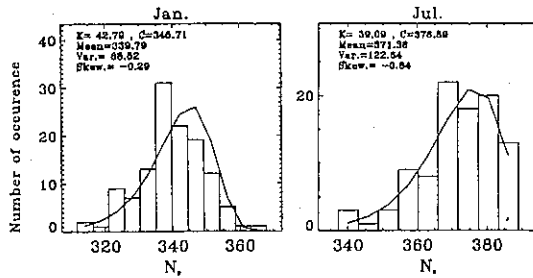


圖 15. 以指數模型模擬的板橋測站大氣地面折射率  $N_s$  三年 (1988 ~ 1990) 一月、七月的統計直方圖與韋伯分佈的湊配曲線。

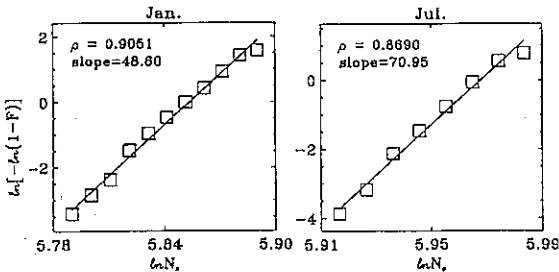


圖 16. 實測的大氣地面折射率以韋伯分佈湊配結果的散佈圖。 $\rho$  表示相關係數，slope 爲直線的斜率。

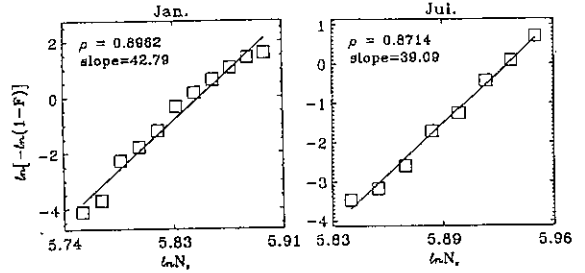


圖 17. 指數模型模擬的大氣地面折射率以韋伯分佈湊配結果的散佈圖。 $\rho$  表示相關係數，slope 爲直線的斜率。

然而大氣導管參數與折射率偏差值之關係，由指數模型模擬結果來看 (圖 13.)，似乎模型與實測的偏差值  $\sigma$  和大氣導管的發生有關聯。理論上，當有導管發生時折射率的分佈必然有較大的擾動，相對的就會造成較大的偏差。首先，吾人將三年各月所有的偏差值作平均得到每月  $\sigma$  值的平均分佈曲線。再者，將三年所有各月的大氣導管發生次數作總和，分別得到它們的每月趨勢圖。最後，再作其與偏差值的散佈圖且求出相關係數 ( $\rho$ )，其結果如圖 18。圖 18(a) 表示三年大氣導管發生次數的統計直方圖，(b) 是折射率偏差值 ( $\sigma$ ) 隨月的變化曲線，(c) 是二者的散佈圖，由此圖可看出當導管夏季出現最多次數時，偏差值亦是在夏季 (6, 7, 8 月) 最大，而二者的相關係數爲 0.71，表示其具有正相關，如同所預測的結果。

由式(5)，吾人可以計算在地面導管發生時，各梯度參數對  $dN/dH$  之貢獻，其結果整理成如表 2 所示。由此表可看出式 (5) 等號右邊的第三項水蒸汽梯度項對  $dN/dH$  具有最主要的貢獻，且  $\partial \epsilon / \partial H$  的絕對值  $\partial T / \partial H$  的大到三倍以上，而在逆溫層發生時  $\partial T / \partial H$  爲正值，這使得第二項將爲負值，這促使  $dN/dH$  負值增大，使導管的現象更易產生。臺灣地區在夏季時主要是受到西南氣流影響，因此帶來暖濕的空氣，易使  $\partial \epsilon / \partial H$  負值增大，而冬季受大陸冷高壓及東北季風的影響，將使得  $\partial \epsilon / \partial H$  負值變化不大，導致較不易產生地面導管。

#### 四、結論

首先，對於大氣折射率各高度範圍的統計特性發現低層韋伯分佈較適合，但隨高度的增加將適用對數常態分佈，不再是以往認定的韋伯分佈，這是很重要的發現。事實上，從這結果表示大氣折射率隨高度的

A STUDY OF THE STATISTICAL  
CHARACTERISTICS OF THE A ATMOSPHERIC  
REFRACTIVITY OVER THE NORTHERN PART OF  
TAIWAN AREA

Shuen-Chin Hsu<sup>1</sup>, Yen-Hsyang Chu<sup>1</sup>,  
Hou-Min Jiang<sup>4</sup>, Fang-Chuan Lu<sup>2</sup>,  
Chiu-Chan Su<sup>3</sup>, and Chung-Ho Horng<sup>3</sup>

1. Institute of Space Science, National Central University
2. Department of Applied Physics, Chung Cheng Institute of Technology.
3. Department of Fundamental, Chung Cheng Institute of Technology
4. Department of Atmosphere Science, National Central University

Abstract

By using the least square method, the theoretical probability distribution function (pdf) are employed to fit the observed histogram of atmospheric refractivity. It shows that Weibull distribution gives a better fit to the surface refractivity than log-normal distribution, where the statistical property of refractivity above 2 km can be described by log-normal distribution more satisfactory than the Weibull distribution. Furthermore, the model of exponential decrease is also examined for the height variation of atmospheric refractivity over the northern Taiwan area. The results show that basically the exponential model can describe the height variation of refractivity. However, a significant deviation between the model and the data is observed if the atmospheric duct occurs in the profile of refractivity.

變化具有指數型態。關於地面折射率方面，統計結果是很符合韋伯分佈，同時也用指數模型去模擬真實大氣折射率並且算出各月的指數模型的係數及偏差值，值得參考。另外，由這些偏差值的月變化發現其和大氣導管整體發生的次數有正相關，而且顯示出在夏季偏差值最大、導管次數也最多。

致謝

本研究係在國推會計劃 NSC83-0404-O-014-05、NSC84-0404-O-014-17 之經費補助，以及王時鼎教授、張石軍先生、尹自強先生、易安成先生所提供的資料與協助下得以完成，謹此致謝。

參考文獻

朱廷祥、許舜清、呂芳川、丁狂與江火明，1994：台灣地區大氣導管統計特性之研究，第三屆國防科技研討會論文集，pp.917-925

Bauer, J. R., W. C. Mason, and F. A. Wilson, Radiorefraction in a cool exponential atmosphere, Tech. Rept. No. 186, Lincoln Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass., 1958

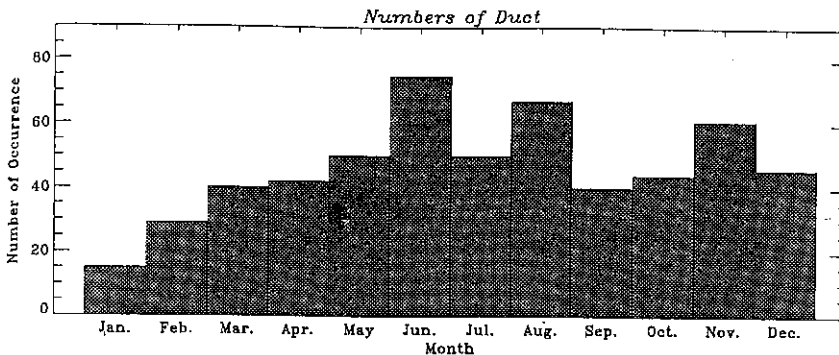
Bean, B. R., and E. J. Dutton, RadioMeteorology, NBS Monograph 92, 435 pp., 1966.

Bean, B. R., and G. D. Thayer, On models of the atmospheric refractive index, Proc. IRE 47, No. 5, pp. 740-755, 1959.

Blake, L. V., Radar Range-Performance Analysis, Artech House Inc., 443pp., 1986.

Hitney H. V., H. Richter, R. A. Pappert, K. D. Anderson, and G. B. Baumgartner, Jr., Tropospheric radio propagation assessment, Proc. IEEE, Vol. 73, No. 2, 1985

圖 18(a)





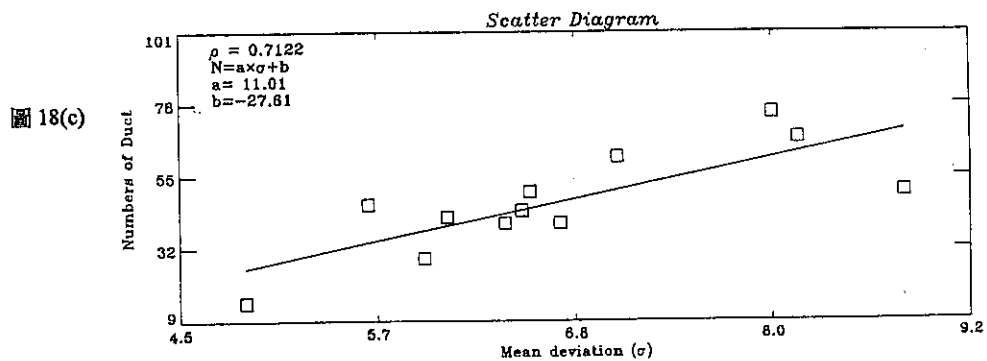
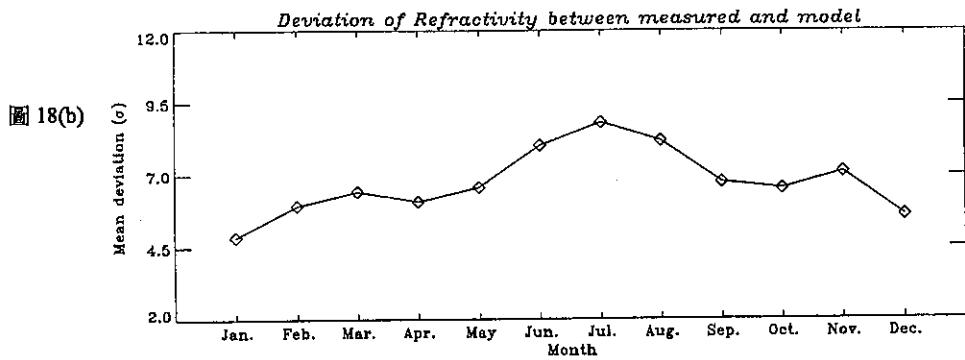


圖 18 (a) 板橋測站三年 (1988 ~ 1990) 大氣導管發生次數 (N) 的統計直方圖、(b) 實測與指數模型模擬大氣折射率之均方根偏差值 ( $\sigma$ ) 的月變化曲線、(c) N 與  $\sigma$  的散佈圖,  $\rho$  表示相關係數。

Exponential Model $N(h) = N_s \cdot \exp(-k \cdot h)$			
Month	$N_s$	$k(\times 10^{-4})$	$\sigma$
1	339.8	1.340	4.85
2	339.1	1.330	5.92
3	340.0	1.322	6.41
4	351.3	1.355	6.07
5	364.3	1.398	6.63
6	369.4	1.425	8.05
7	371.4	1.439	8.83
8	371.6	1.441	8.04
9	371.4	1.424	6.56
10	353.6	1.371	6.92
11	340.8	1.329	6.99
12	333.6	1.312	5.60

表 1. 大氣折射率之指數模型參數月平均表

註:  $N_s$  表示指數模型的地面折射率。

$k$  表示指數模型的指數常數 (單位:  $1/m$ )。

$\sigma$  表示觀測與指數模型之間大氣折射率的平均差值。

表 2. 地面導管折射率梯度各參數變化表

Date	dN/dH	c1	∂P/∂H	c1·∂P/∂H	c2	∂T/∂H	c2·∂T/∂H	c3	∂e/∂H	c3·∂e/∂H
77032000	-0.584	0.270	-0.1167	-0.0315	-1.2192	-0.0093	0.0114	4.5033	-0.1252	-0.5637
7752000	-0.160	0.260	-0.1124	-0.0292	-1.6673	-0.0180	0.0300	4.1778	-0.0390	-0.1631
77062900	-0.403	0.260	-0.1157	-0.0300	-1.6836	-0.0264	0.0445	4.1778	-0.1009	-0.4213
77073000	-0.541	0.260	-0.1053	-0.0274	-1.6196	-0.0126	0.0205	4.2031	-0.1268	-0.5330
78010300	-0.393	0.270	-0.1161	-0.0314	-1.1888	0.0074	-0.0088	4.5190	-0.0781	-0.3530
78061212	-0.279	0.258	-0.1081	-0.0279	-1.6379	-0.0108	0.0177	4.1362	-0.0652	-0.2696
78072200	-0.220	0.258	-0.1085	-0.0280	-1.7453	-0.0217	0.0379	4.1197	-0.0573	-0.2362
78082600	-0.178	0.260	-0.1124	-0.0292	-1.7786	-0.0180	0.0320	4.1834	-0.0430	-0.1799
79081412	-0.193	0.256	-0.1081	-0.0277	-1.6380	-0.0072	0.0118	4.0682	-0.0442	-0.1796
79091200	-0.219	0.261	-0.1185	-0.0309	-1.6824	-0.0148	0.0249	4.2087	-0.0509	-0.2143

註：  $\frac{dN}{dH} = c1 \cdot \frac{\partial P}{\partial H} + c2 \cdot \frac{\partial T}{\partial H} + c3 \cdot \frac{\partial e}{\partial H}$  ;  $c1 = \frac{a}{T}$ ,  $c2 = -\frac{aP}{T^2} - \frac{2be}{T^3}$ ,  $c3 = \frac{b}{T^2}$  ;  $a=77.6$ ,  $b=375000$

單位： dN/dH (N/m), ∂P/∂H (mb/m), ∂T/∂H (K/m), ∂e/∂H (mb/m)