

不同天氣系統內大氣導管特性之研究

丁珽¹ 呂芳川 朱廷祥 江火明 張石軍
中正理工學院 中正理工學院 中央大學 中央大學 海軍
基礎課程系 應用物理系 太空研究所 大物研究所 氣象中心

摘 要

大氣導管的存在與特性之強弱，嚴重影響低層大氣中無線電通訊之品質，天氣系統之變化與大氣導管之特性間有著密不可分之關係。對於日新月異的高頻通訊技術而言，大氣環境變化的掌握與否，已成為通訊系統在設計上，做為評斷系統性能優劣的重要考量因素之一。臺灣本島位於海陸交接之處、天氣系統受大陸性氣團及副熱帶海洋性氣團之影響，天氣型態十分複雜。一年四季中，本島內、外之無線電通訊頻道品質，經常受到天氣之變化而無法掌握。本文中，將利用天氣學分析之方法，歸納出不同季節影響臺灣本島的重要天氣型態，如冬季的寒潮、春末夏初的滯留鋒及夏季的太平洋高壓等；利用氣象因子與修正折射係數間的關係，分析在不同之天氣型態下的大氣導管特性。本文的主要目的，希望由分析不同天氣系統內之大氣導管特性，提供天氣系統之變化對無線電波通訊頻道品質可靠度影響的相關資訊。

一、前言

由於人類高頻無線通訊技術的進步，使用低層大氣作為通訊頻道的機會日益增加 [Parsons, 1992]；通訊系統性能的設計上，大氣環境對系統通訊頻道之影響，已成為一重要的考慮因素。由於絕大部分之天氣現象均發生於低層大氣（距地平面3000公尺以內）之中，當使用低層大氣做為通訊頻道時，氣象因子之變化必然對通訊頻道之品質造成相當程度之影響。例如：大氣中的亂流現象，使得大氣中的氣體分子在空間的分佈呈現隨機狀態(Stochastic Process)，當微波無線通訊頻道(Microwave Wireless Communication Channel)處於此一狀態下，對於數位訊號(Digital Signal)的傳播，將會因為訊號的閃爍效應(Scintillation)造成傳輸上的誤差 [Tatarskii, 1993]。此外，天氣系統中所伴隨之氣流沉降作用，易使大

氣中的水汽分佈不均，此一結果將會促使訊號傳播路徑之偏折，甚至產生大氣導管效應(Atmospheric Ducting Effects)，嚴重影響到訊號之接收效果 [Kerr, 1951]。

臺灣本島，位處副熱帶區域，一年四季受到不同的中緯度及熱帶天氣系統所影響，如春季的長江口高壓東移及滯留鋒，夏季的太平洋高壓及颱風，秋、冬季節的東北季風及寒潮的南侵，大氣環境非常複雜。本島對內、外間的通訊品質，常因氣候的變化而無法掌握。雖然，通訊頻道的品質因為氣象因素變化影響的原因有很多；以目前臺灣使用無線電直線通訊(Line-of-Sight Communication)的個人通訊器材，如大哥大(Cellular Phone)，而言，低層大氣中（低於100公尺以內）的大氣導管效應對於通訊

頻道所造成之多重路徑干涉作用 (Multipath Interference Effect)，已到達不容忽視的程度 [Parsons, 1992]。由於通訊技術上所需之相關氣象資料，日益迫切，因此本文將針對臺灣地區，利用天氣學的分析方法，歸納出不同季節中影響本島的重要天氣型態，利用各個天氣型態中的修正折射係數對高度時間序列變化，提供通訊上所需之相關資訊。

本文中所需的相關理論將於第二節中介紹，文中第三節將對天氣系統的分類及大氣導管的特性分析有詳細的說明，不同氣團內的大氣導管模式的建立、相關的討論及結論則將出現於本文的第四及第五節之中。

二、背景介紹

(一) 電磁波的折射效應與大氣導管

根據司奈爾定理 (Snell's Law) 可知，當電磁波在一不均勻的介質中傳播時，由於傳播速度會因介質的特性而有所改變，行進路徑因而會產生偏折。當電磁波在低層大氣中傳播，若是電磁波傳播路徑的偏折率大於地球的曲率半徑時，電磁波能量的傳播將會侷限於一層狀區域結構內；由於此一大氣結構的電磁特性類似於導波管，故稱之為大氣導管 (Atmospheric Ducts)。

(二) 大氣導管簡介

大氣導管的生成原因主要為：(一) 水面上的蒸發效應，(二) 反氣旋 (Anticyclone) 所伴隨之下沉運動，(三) 鋒面系統中之下沉運動，(四) 夜間的輻射效應及 (五) 海陸交接處之平流 (Advection) 效應。大氣導管的種類，依其生成原因及發生的高度，可分為高層導管 (Elevated Duct)、地面導管 (Surface-Based Duct) 及蒸發導管 (Evaporation Duct) 等三類。

蒸發導管產生的原因，係由於接近海面的空氣內，含有來自海水蒸發所釋放出的飽和水汽，由於重力作用，空氣中的水汽含量隨高度的增加而迅速的減少，使得大氣中水汽的分佈異於常態，而產生了蒸發導管。幾乎任何時間，在海洋面上都可以發現此一現象；蒸發導管的生成高度，隨著緯度及季節的不同而有所差異，世界各地的平均值約為13公尺。就電磁波傳播而言，蒸發導管對於微波波段以上的通訊頻率較有影響 [Kerr, 1951]。

地面導管生成原因，主要是由於區域性氣流舉升後之沉降作用所致。造成氣流舉升的原因有很多，例如海陸交接處的海陸風、日間地表的热力輻射等。一般而言，除了天氣系統所伴隨的氣流沉降效應外，陸地上的地面導管經常發生於天氣晴朗的狀況下。地面導管的生成高度從幾十公尺至幾百公尺間，陸地及海洋均可發現此一現象的蹤跡。

高層導管的生成原因，主要是天氣系統所伴隨之沉降作用所造成；中緯度高壓系統中心附近、西風帶所吹貿易風 (Trade Wind) 產生之逆溫層，鋒面天氣系統等，均容易造成高層導管的現象。臺灣地區，梅雨季節鋒面過後，經常有高層導管現象的發生，一般的生成高度約在1000公尺至3000公尺之間，厚度變化約為100公尺至300公尺間。此類大氣導管的存在，容易造成地面與空中高頻無線通訊頻道的干擾 [丁、呂、陳及朱, 1994]。

(三) 大氣導管高 (厚) 度之測定

大氣導管生成高 (厚) 度之測定，是依據折射指數 (Index of Refraction)， n ，對高度之梯度變化而定；在標準大氣環境下，水平面的折射指數值變化約為1.00025至1.00040間。當我們在觀察大氣中折射指數， n ，對高度變化時，由於數值過小不易觀察。因此，為便於觀察大氣環境中折射現象之變化，常使用折射係數 (Refractivity)， N ，取代折射指數。折射係數， N ，與折射指數， n ，間的關係可以表示為：

$$N = (n - 1) \times 10^6$$

在大氣環境中，折射係數與氣象因子間的關係可表示如下 [Bean, 1965]：

$$N = \left(77.6 \frac{P}{T} + 3.73 \times 10^5 \frac{e}{T^2} \right)$$

其中 P 為大氣壓力，單位為毫巴 (mb)； T 為絕對溫度，單位為 $^{\circ}K$ ； e 是大氣中的水汽壓，單位為毫巴 (mb)。

為便於分析電磁波在一曲面上的傳播特性，引進另一參數， m ，稱為修正折射指數 (Modified Index of Refraction)，其與折射係數間的關係如下：

$$m(z) = n(z) \left(1 + \frac{z}{a} \right)$$

使用修正折射指數的主要目的，是將曲面邊界條件轉換成平直面的邊界條件。

在使用修正折射指數時，如同折射指數，不易觀察其在大氣中的變化大小，為了便於觀察，一般常使用修正折射係數 (Modified Refractivity)， M ，以取代修正折射指數， m ，修正折射係數的定義可以表示如下：

$$\begin{aligned} M(z) &= (m(z) - 1) \times 10^6 \\ &= N(z) + \frac{z}{a} \times 10^6 \end{aligned}$$

其中 a 為地球的半徑，單位為公里； z 為距離地球表面之高度，單位為公尺。

大氣導管的發生高(厚)度判定，依據電磁波軌跡分析理論(Ray Tracing Theory)，可利用折射係數， M ，對高度之梯度變化，加以判定，當

$$\frac{dM}{dz} < 0$$

時之高度，即為大氣導管的生成高度，不同類別的大氣導管，其生成高度及厚度如圖 2-1 所示。

三、不同的天氣型態與大氣導管特性變化

本文採用的氣象資料來源：(一) 天氣分類方面：使用民國 75 年至 79 年間，日本氣象廳所出版之東亞印刷天氣圖；(二) 大氣導管特性分析：使用中央氣象局板橋探空站(46692)，民國 75 年至 79 年間，所提供的標準差層(TTAA)及特性層(TTBB)探空資料，以表示。

(一) 臺灣地區天氣型態之分類

臺灣地區天氣系統的演變過程，隨著季節的改變而有相當大的差異。在冬季(12月至次年2月)，寒潮爆發是主要的天氣過程，伴隨影響的天氣系統如：強烈冷鋒的生成及移動、冷高壓系統的發展與分裂所帶來的東北季風；春季(3月至5月)，華南地區經常有氣旋及鋒面的初生，此一季節中，由於中高緯度冷高壓的強度與太平洋高壓暖高壓強度相當，導致滯留鋒在臺灣附近徘徊；夏季(6月至8月)，主要受太平洋西伸及颱風之影響；秋季(9月至11月)，經常有分裂性高壓及長江口新生低壓的發生。

基於上述的季節變化特性，我們企圖嘗試從 1986 年至 1990 年的地面天氣圖中，加以歸納整理，做成較大的天氣類型分類，除去夏季的颱風類型，大致分為九類，分別為：(一) 高緯度高壓東移，(二) 長江口高壓東移，(三) 高緯度低壓東移，(四) 長江口高壓低移，(五) 東北季風，(六) 臺灣北部低壓新生後東移，(七) 臺灣東部低壓新生後東移，(八) 滯留鋒在臺灣附近徘徊，及(九) 太平洋高壓西伸。五年之中共計統計出 572 個個案，經分析，不同季節各個月份天氣型態發生次數，如圖 3-1 所示；不同季節天氣型態發生次數，如圖 3-2 所示。由上述的統計資料中，可以明顯的觀察出：臺灣地區冬季主要受長江口高壓東移及東北季風天氣型態之影響，春季主要為長江口高壓東移及滯留鋒，夏季則是太平洋高壓西伸及颱風及秋季為東北季風與長江口高壓東移。

綜合上述之結果，大致上可以瞭解到，臺灣地區的天氣型態，主要是受到中、高緯度冷氣團及中低緯度暖氣團彼此間的交互作用所致。以下將針對上述之天氣型態，探討各個不同天氣型態內氣團之特性，作為研究不同天氣系統下大氣導管特性變化之依據。

(二) 不同天氣系統下大氣導管特性變化

由於大氣導管的特性與天氣系統中的氣團間，有著極密切的關係，文中將利用斜溫圖來描述氣團之特性；對於大氣導管特性變化，將以修正折射係數對高度之變化表示之；修正折射係數對高度之變化是根據 75 年至 79 年間，中央氣象局板橋探空站所提供之 0000Z 及 1200Z 標準差層(TTAA)及特性層(TTBB)探空資料計算而得，資料空間的解析度約為 100 mb。在分析不同天氣型態下大氣導管特性變化上，將利用時間序列(Time Series)的變化解釋空間序列(Spatial Series)的變化；當然，在此種作法上，我們對於氣團本身特性的考慮上，除了本身特性受外界影響變化緩慢外，尚需要水平均勻性之假設。

由前述可知，一年之中影響臺灣地區的天氣型態主要有：長江口高壓東移及東北季風、滯留鋒及太平洋高壓(由於颱風所需考慮之因素過多，故本文中將不予探討)。以下將依各個天氣型態，分析其天氣系統內氣團特性，藉以研究天氣系統演變與大氣導管變化間的關係。

1. 長江口高壓東移

此一天氣系統的發展，概述如下：分裂高壓中心從長江口附近出海，經日本海南方海面向東移或逐漸消失。臺灣地區因受高壓迴流之影響，天氣情況良好，典型地面天氣圖如圖 3-3 所示。長江口高壓東移天氣系統內修正折射指數對高度之時間序列變化，如圖 3-4 所示。79 年 12 月 23 日 0000Z 的斜溫圖，如圖 3-5 所示，臺灣受到高壓外圍環流伴隨之沉降效應，大氣導管高度約發生在 4500 公尺附近。79 年 12 月 23 日 12Z 的斜溫圖，如圖 3-6 所示，大氣導管效應趨於減弱，在 3831 公尺附近仍然可以隱約觀察出此一現象的存在。79 年 12 月 24 日 0000Z 的斜溫圖，如圖 3-7 所示，高壓中心接近臺灣，氣團沉降效應增強，在 1919 公尺處有明顯之逆溫層存在，同一高度亦有大氣導管發生。79 年 12 月 25 日 0000Z 的斜溫圖，如圖 3-8 所示，在 3122 公尺處有明顯之逆溫層存在，同一高度亦有大氣導管發生。基本上，長江口高壓東移天氣系統，其可視為一個濕冷的下沉氣團，高壓中心的沉降效應由其明顯，此一效應則明顯影響到大氣導管的生成高度。

2. 東北季風

此一天氣系統的發展，概述如下：冷高壓中心在華北或西伯利亞，強烈的氣旋在日本附近發展，導引冷空氣向南侵，在華北為北風季風，而東海、華南以及臺灣地區為東北季風。臺灣東部海面屬迎風面地區雲量較多，由於中央山脈的阻擋，臺灣海峽北部吹東北風，而臺灣海峽南部與嘉南地區為背風面，溫度低且天氣晴朗，典型地面天氣圖，如圖 3-9 所示。修正折射係數對高度的時間序列變化，如圖 3-10 所示。79 年 12 月 26 日 0000Z 的斜溫圖，如圖 3-11 所示，臺灣地區受到西伯利亞高壓外圍環流及日本附近氣旋之影響，於 1906 公尺處有氣流沉降效應所產生之逆溫層，雖有大氣導管發生但效應不強。79 年 12 月 27 日 1200Z 的斜溫圖，如圖 3-12 所示，臺灣地區受到北方西伯利亞高壓增強之影

響，乾冷氣團之沉降效應明顯，於4090公尺處有明顯之大氣導管效應發生。79年12月28日0000Z的斜溫圖，如圖3-13所示，由於氣團內水汽含量極微，且氣流沉降效應減弱，大氣導管效應漸趨於不明顯。東北季風的天氣型態，其氣團特性屬於乾冷之沉降氣團，與長江口高壓東移天氣型態氣團特性不同之點，在於氣團內的水汽含量。

3. 滯留鋒在臺灣附近徘徊

臺灣地區，此一天氣型態最常發生於春末夏初；天氣型態的發展概述如下：鋒面帶南方吹西風或西南風，帶來充沛的水汽；鋒面帶的北方吹東風，帶來乾冷的空氣，故滯留性鋒面帶附近的天氣，常期陰雨，典型地面天氣圖，如圖3-14所示。修正折射係數對高度的時間序列變化，如圖3-15所示。79年6月9日0000Z的斜溫圖，如圖3-16所示，臺灣北部處於鋒面帶後緣冷氣團區，大氣環境仍屬不穩定，較不易有大氣導管現象發生。79年6月10日0000Z的斜溫圖，如圖3-17所示，鋒面系統因受後方冷高壓勢力增強之影響，鋒面向南移動，整個大氣環境仍屬潮濕。79年6月11日1200Z的斜溫圖，如圖3-18所示，太平洋高壓勢力增強，滯留鋒面逐漸消逝，大氣環境漸趨穩定，於5684公尺處，有一不明顯的大氣導管現象存在。

4. 太平洋高壓西伸

此一天氣型態的發展，概述如下：夏季太平洋高壓西伸，在高壓脊的籠罩之下，強烈的氣流下沉運動，造成強烈的下沉增溫。太平洋高壓控制下，臺灣地區天氣晴朗炎熱，午後局部地區有陣雨，典型天氣地面圖，如圖3-19所示。修正折射係數對高度的時間序列變化，如圖3-20所示。78年7月11日0000Z的斜溫圖，如圖3-21所示，臺灣地區受太平洋分裂高壓之影響，於2224公尺處有氣流沉降效應，由於強度不強，大氣導管效應並不明顯。78年7月12日1200Z的斜溫圖，如圖3-22所示，由於太平洋高壓勢力增強，高壓脊西伸，籠罩著臺灣區域，沉降效應明顯，有明顯的高層導管現象存在於1008公尺處，而於90公尺處，有地層導管現象發生。78年7月13日1200Z的斜溫圖，如圖3-23所示，同樣由於太平洋高壓脊西伸，籠罩著臺灣上空，高層氣導管因高壓系統之沉降效應於1458公尺處生成。

四、結果討論及應用

由上述不同天氣型態內大氣導管生成及特性，可以發現，對於不同之天氣系統內的大氣導管特性變化，可以天氣系統的氣團特性作為研究之依據；例如太平洋高壓可視為一暖濕之沉降氣團、寒潮或西伯利亞高壓則為一乾冷之沉降氣團、溫帶氣旋為一暖濕的上升氣團，鋒面系統則為一暖濕氣團與一乾冷沉降氣團相互作用之結果。大氣導管的生成，主要原因為氣團特性的不連續性所致。比較斜溫圖與修正折射係數對高度之變化，可明顯的看出大氣

導管生成之處，均具有溫度、濕度不連續的特性。

根據上述天氣系統的氣團特性及前一節的結果顯示，不同的天氣系統，氣團特性變化與大氣導管特性變化間之關係如下：

(一) 寒潮或西伯利亞高壓

寒潮或西伯利亞高壓則為一乾冷之沉降氣團，位於此一系統不同位置，如圖4-1，的大氣導管特性變化，可歸納如圖4-2所示。西伯利亞高壓，其氣團本身所具有之水汽含量甚少，因此，對於高壓外圍，沉降效應不是很明顯的區域，整個大氣環境仍可視為一標準大氣；當高壓中心接近時，由於氣流沉降效應漸趨顯著，溫、濕度的不連續性而導致高層導管效應的產生。

(二) 太平洋高壓

太平洋高壓可視為一暖濕之沉降氣團，位於此一系統不同位置，如圖4-3，的大氣導管特性變化，可歸納如圖4-4所示。雖然太平洋高壓亦為一沉降氣團，與西伯利亞高壓不同之處，在於氣團內的含水量及本身氣團所造成之區域性擾動程度；此外，由於氣團底層濕度高、水汽含量多，極容易因為蒸發效應及氣團內的對流作用產生高度不高（高度約在50公尺至90公尺之間）的地面導管效應。

(三) 鋒面系統

鋒面系統算是一較複雜的天氣系統，基本上，可視為一暖濕氣團與一乾冷沉降氣團相互作用之結果，依氣團特性之不同，可將一鋒面系統區分為三個不同的氣團區域，分別為乾冷的沉降氣團區（中高緯度的冷高壓系統）、溫帶氣旋擾動區（鋒面帶）及暖濕的沉降氣團區（太平洋高壓）等三個區域。位於此鋒面系統不同位置，如圖4-5所示，的大氣導管特性變化，可歸納如圖4-6所示。值得注意的是，當位於鋒面帶時，由於大氣環境擾動劇烈，促使氣象因子對高變化的不連續性遭致破壞，不易有大氣導管的現象發生，但是，位於乾冷的沉降氣團區及暖濕的沉降氣團區時，則有大氣導管現象之存在。

至於如何應用上述的資料於通訊，將依不同的天氣系統敘述如下：

(一) 寒潮或西伯利亞高壓

此類天氣系統，在氣團尚未變性前，性屬乾冷；就大氣導管特性而言，此類天氣系統較易生成高層導管。當通訊頻道所在位置，均位於高壓中心外圍，天氣系統對通訊頻道不會因大氣導管效應，造成干擾；當通訊頻道所在位置，均位於高壓中心，地面對空中間之通訊，會因高層導管的存在而有所影響。

(二) 太平洋高壓

此類天氣系統，性屬暖濕，易生成高度不高之地面導管及高層導管，當通訊頻道使用所在

位置，位於高壓中心外，因為地面導管之存在，易使地對地間及地對空間之通訊，受到干擾；若通訊位置位於高壓中心，則因高層導管的存在，而影響到地面對空中之通訊。

五、結論

綜合本文中所述，可得到以下之結論：

(一) 大氣導管效應的生成要件

1. 空氣中必需要含有相當的水汽成份。
2. 空氣中的水汽須分佈不均勻且密集。
3. 大氣中的穩定性高。

(二) 天氣型態與大氣導管特性間之關係

1. 強烈乾冷氣團南侵
 - (1) 中心：地面導管。
 - (2) 外圍：無導管效應。
2. 變性冷氣團南侵
 - (1) 中心：高層導管。
 - (2) 外圍：微弱之地面導管效應。
3. 太平洋高壓
 - (1) 中心：地面導管及高層導管。
 - (2) 外圍：地面導管。
4. 鋒面系統
 - (1) 前緣暖氣團區：地面導管。
 - (2) 鋒面帶：無大氣導管存在。
 - (3) 後緣冷氣團區：高層導管。

(三) 不同天氣系統對通訊頻道品質可靠度的

改進 - 針對不同的氣團特性，選擇不同的通訊傳播頻率及傳輸訊號之位置，將是提高頻道可靠度的方法之一。

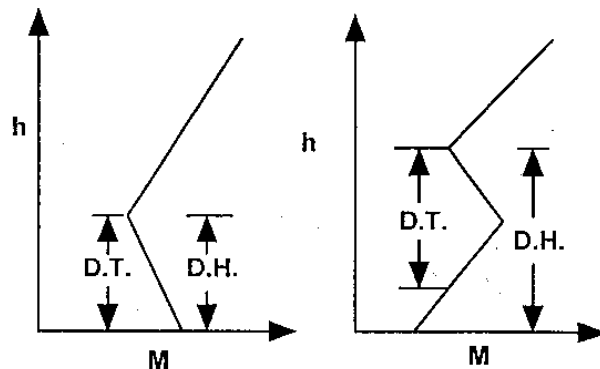


圖2-1 大氣導管發生高度及厚度示意圖

D.H.：大氣導管發生高度

D.T.：大氣導管厚度

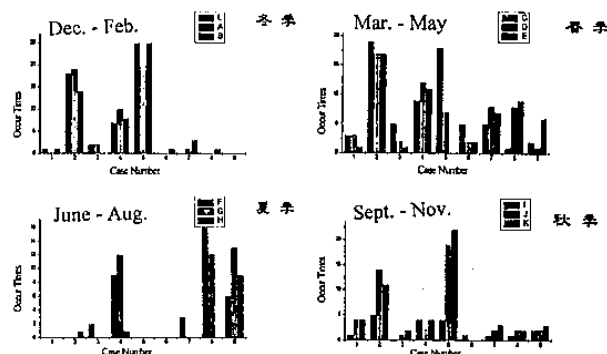


圖3-1 民國75年至79年間，不同季節各個月份中，不同天氣系統發生次數統計。

六、參考資料

1. 丁珽、呂芳川、陳秀文及朱延祥，1994：梅雨期間鋒面系統對航空通訊頻道影響之分析，八十三年度航空氣象預報研討會，p16 - p26。
2. Bean, B.R. and E.J. Dutton, *Radio Meteorology*, New York, Dover INC., 1968.
3. Kerr, D.E., *Propagation of Short Radio Wave*, McGraw Hill, 1951.
4. Parsons, J.D., *The Mobile Radio Propagation Channel*, John Wiley & Sons, 1992.
5. Tatarskii, V.I. etc., *Wave Propagation in Random Media (Scintillation)*, SPIE, 1993.
6. Toton, J.D., D.A. Bennetts and S.F.G. Farmer, "An introduction to radio ducting", *Meteorological Magazine*, 117, p245 - p254, 1988.

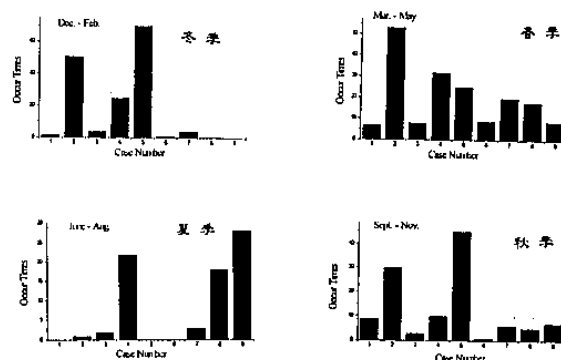


圖3-2 民國75年至79年間，不同季節中，不同天氣系統發生次數統計。

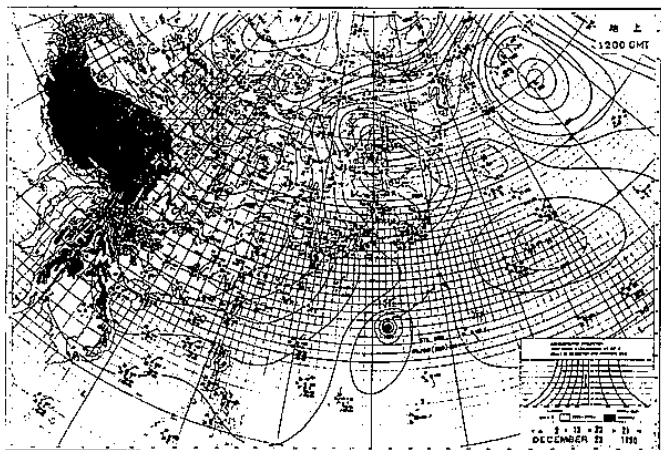


圖3-3 長江口高壓東移典型天氣型態的地面天氣圖。

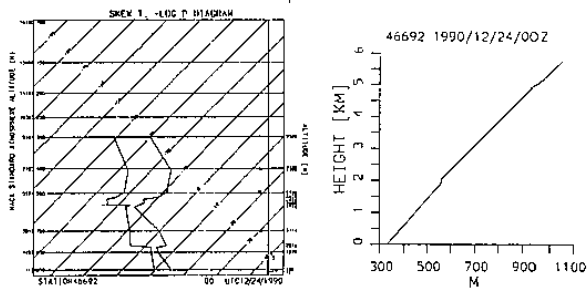


圖3-7 板橋探空站79年12月24日0000Z的斜溫圖。

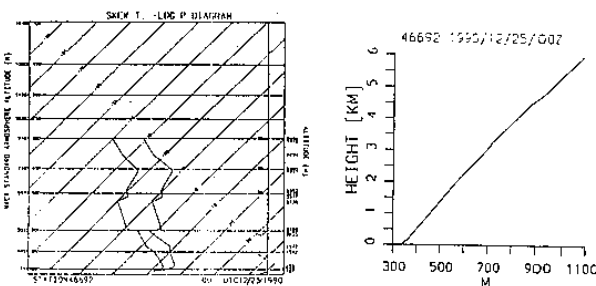


圖3-8 板橋探空站79年12月25日0000Z的斜溫圖。

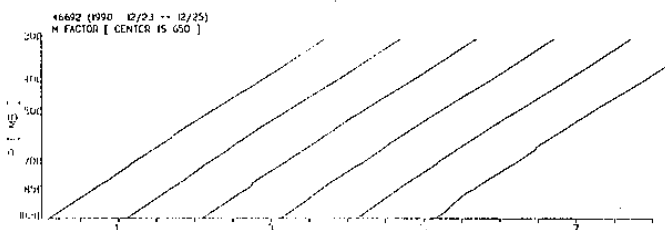


圖3-4 長江口高壓東移天氣系統內修正折射係數對高度時間序列之變化。

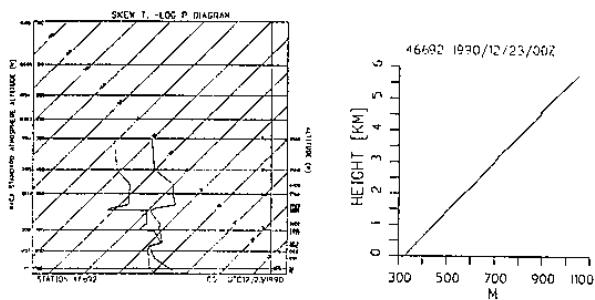


圖3-5 板橋探空站79年12月23日0000Z的斜溫圖。

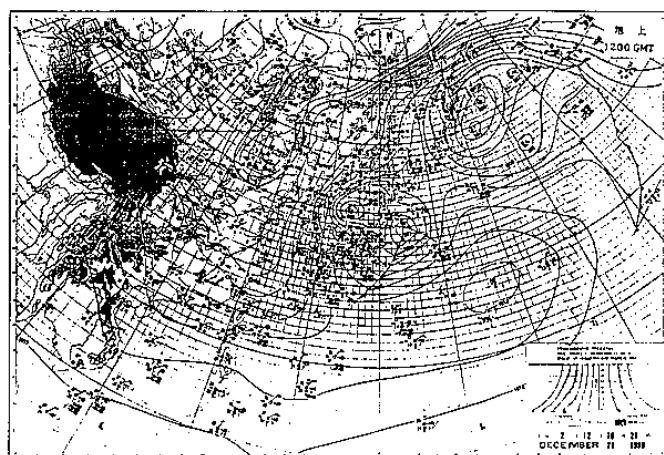


圖3-9 東北季風典型天氣型態的地面天氣圖。

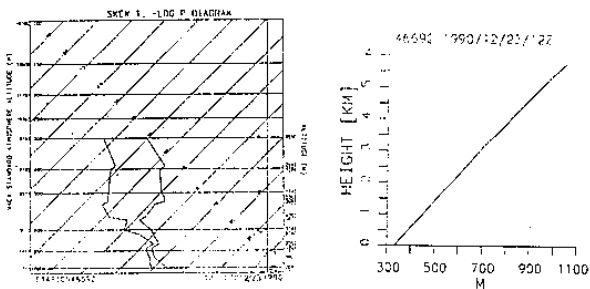


圖3-6 板橋探空站79年12月23日1200Z的斜溫圖。

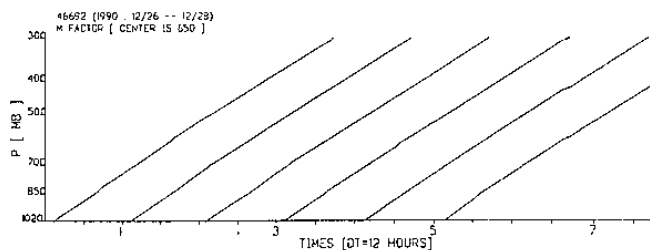


圖3-10 東北季風天氣系統內修正折射係數對高度時間序列之變化。

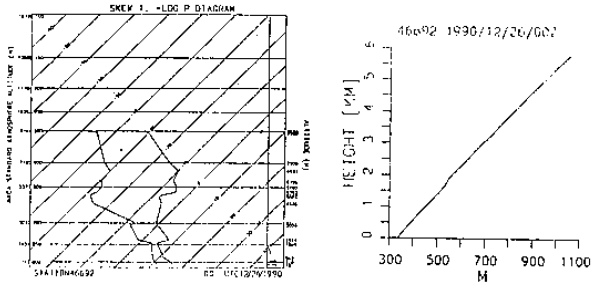


圖3-11 板橋探空站79年12月26日0000Z的斜溫圖。

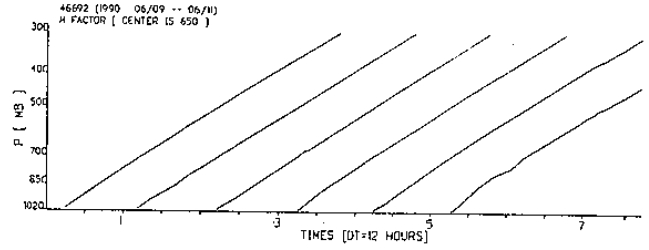


圖3-15 滯留鋒天氣系統內修正折射係數對高度時間序列之變化。

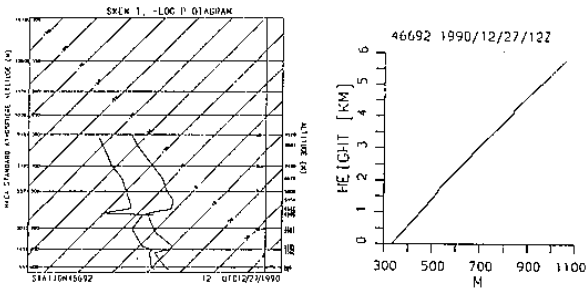


圖3-12 板橋探空站79年12月27日1200Z的斜溫圖。

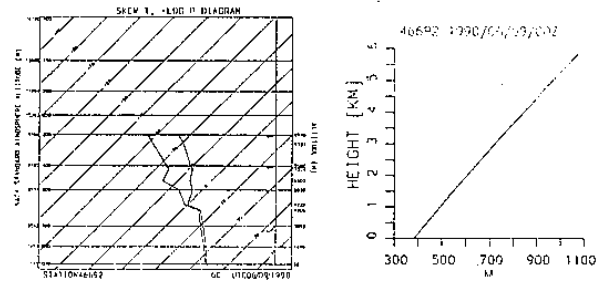


圖3-16 板橋探空站79年6月9日0000Z的斜溫圖。

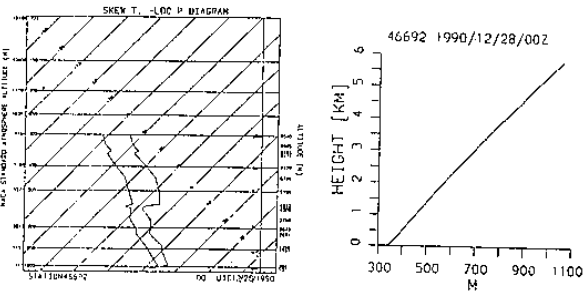


圖3-13 板橋探空站79年12月28日0000Z的斜溫圖。

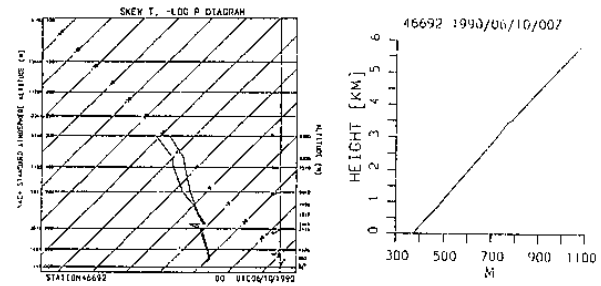


圖3-17 板橋探空站79年6月10日0000Z的斜溫圖。

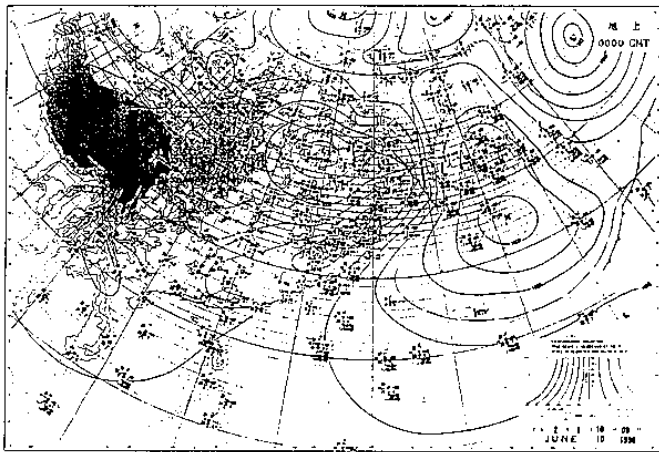


圖3-14 滯留鋒典型天氣型態的地面天氣圖。

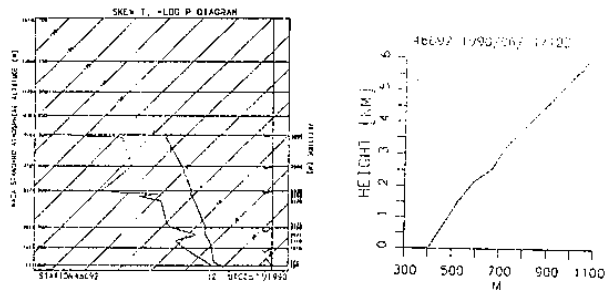


圖3-18 板橋探空站79年6月11日1200Z的斜溫圖。

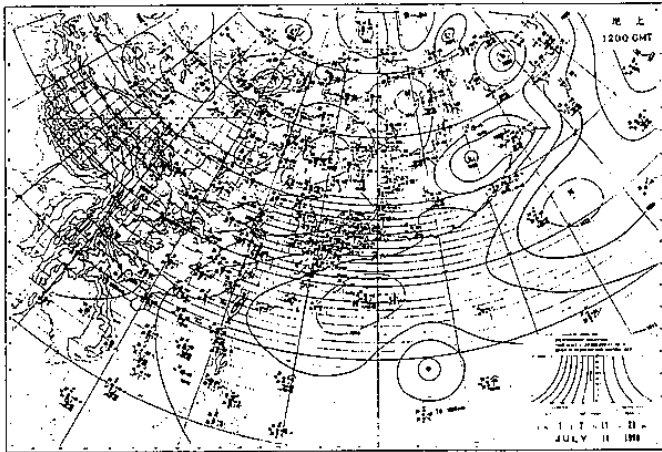


圖3-19 太平洋高壓典型天氣型態的地面天氣圖。

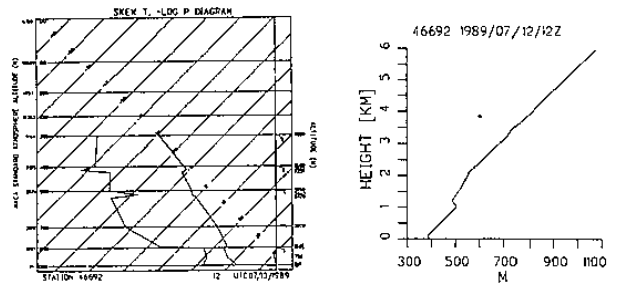


圖3-23 板橋探空站78年7月13日1200Z的斜溫圖。

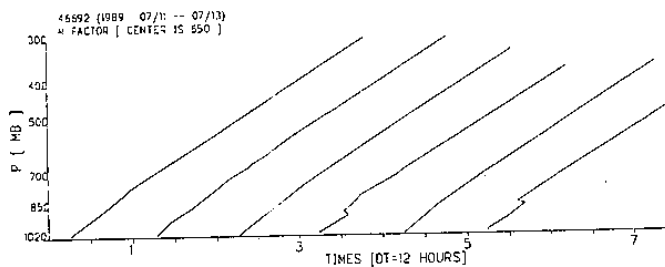


圖3-20 太平洋高壓天氣系統內修正折射係數對高度時間序列之變化。

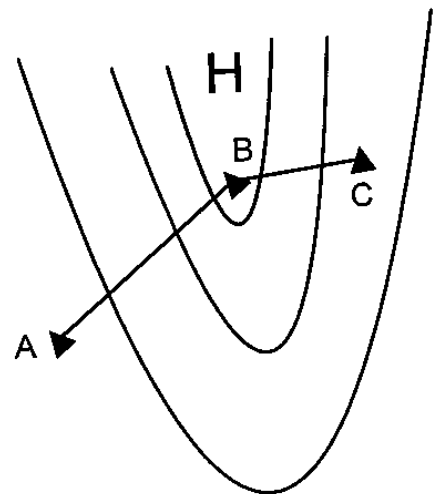


圖4-1 寒潮（西伯利亞高壓）氣團結構及相對位置示意圖。

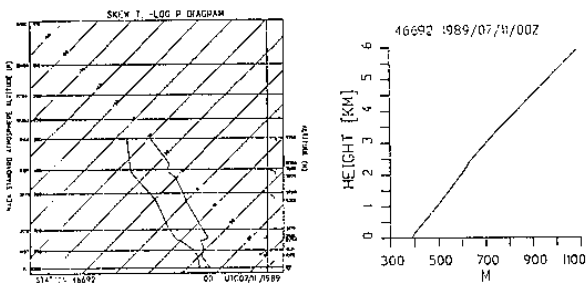


圖3-21 板橋探空站78年7月11日0000Z的斜溫圖。

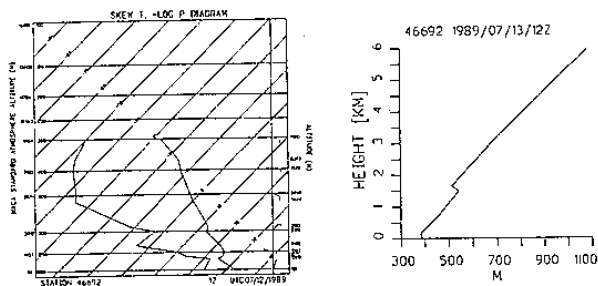


圖3-22 板橋探空站78年7月12日1200Z的斜溫圖。

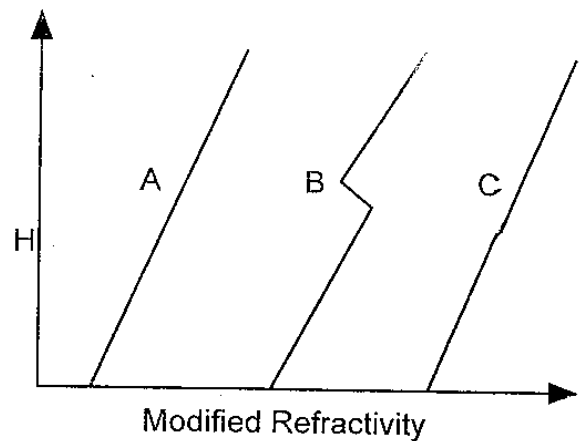


圖4-2 寒潮（西伯利亞高壓）大氣導管對高度變化與相對位置示意圖。

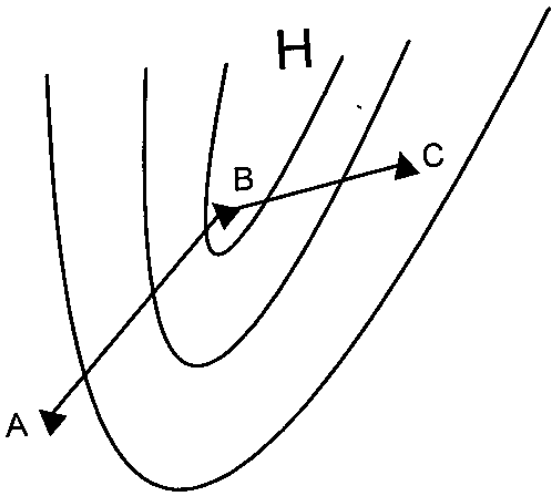


圖4-3 太平洋高壓氣團結構及相對位置示意圖。

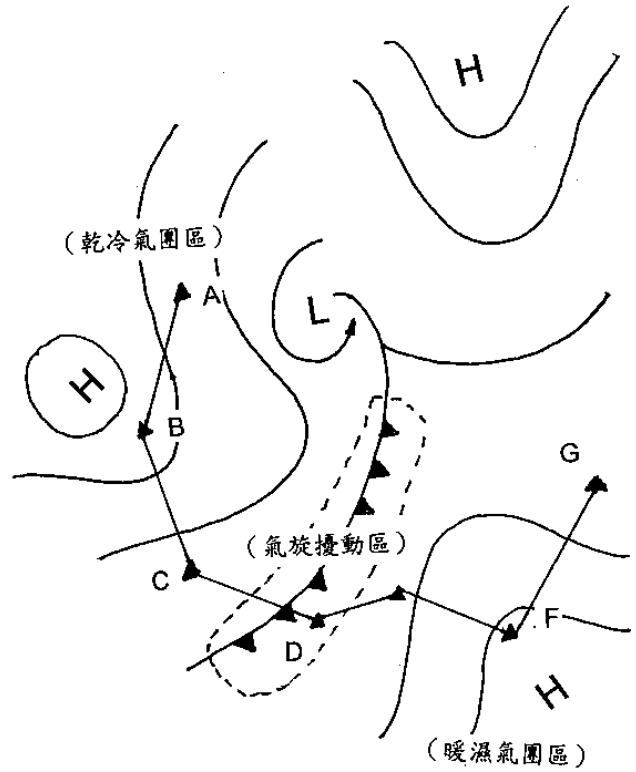


圖4-5 鋒面系統內氣團結構及相對位置。

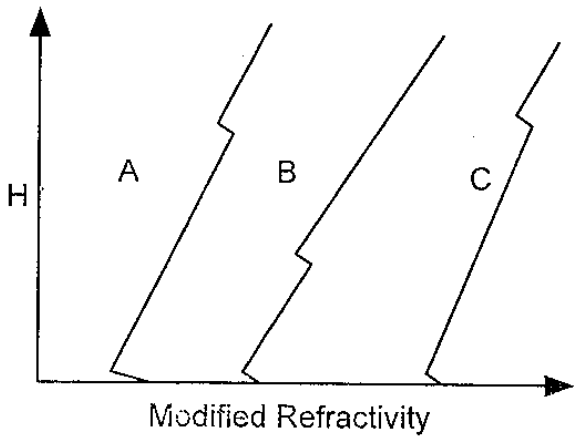


圖4-4 太平洋高壓大氣導管對高度變化與相對位置示意圖。

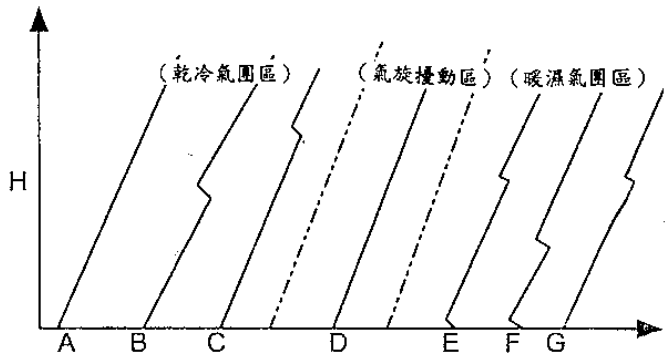


圖4-6 鋒面系統內大氣導管對高度變化與相對位置示意圖。

