

台灣地區冬季異常氣溫之長期預報

任立渝

蔡清彥

中央氣象局預報中心

臺灣大學大氣科學系

摘要

首先分析過去 23 年冬季氣溫情形，並定義冬季平均氣溫等於或大於 16.4°C 者為暖冬，小於或等於 15.4°C 者為冷冬，介於 16.4°C 與 15.4°C 之間者為常冬。再就最暖、最冷各四年繪製 500 毫巴合成圖及差異圖，探討造成冬季氣溫異常之原因，發現波數 3 之振幅與冬季氣溫的偏冷及偏暖有極密切之關係。並以所選取之年份分別繪前一季及前二季之合成圖與差異圖，從差異圖上明顯不同正、負區域去計算每年高度之差值，即 Ah 值，作為預報因子。經分析 23 年冬季氣溫與 Ah 值間有很好之正相關，此種客觀長期預報方法似具有預報應用之價值。

一、前言

台灣位於亞洲大陸之東南方，由於地理位置較低，冬季雖主要受極地大陸冷氣團控制，但其強弱及移動路徑影響氣溫之變化甚鉅，這種氣溫之差異對農業、工商業等會構成直接之影響，尤其是在較冷的冬季，冷氣團不斷來臨，往往造成嚴重之寒（霜）害，例如 1962 年冬季（12.1.2 月）台北的最低氣溫在 10°C 以下者有 41 天，台中有 55 天；又如 1972 年冬季台北只有 3 天最低氣溫在 10°C 以下，台中也只有 5 天，由此可見冬季的氣溫變化相當大。而冬季氣溫的偏冷或偏暖，對農作物種植之安排，防寒設備之預措，工商業之投資及生產等有很大的影響，所以冬季氣溫之研究十分重要，如能有適當方法對即將來之冬季氣溫提供預報參考，相信對各界必有甚大的幫助，這也就是本研究的目的。

國內外對這方面的研究不多，經參考各種方法後，認為 Ratcliffe (1974 年) 利用 500 mb 差異圖來做長期預報，考慮整個北半球主要系統的影響，甚有採用之價值，本文主要應用其方法，來做台灣地區冬季氣溫之長期預報。

二、資料來源、處理及個案之挑選

2.1 資料來源及處理：

資料完全採用美國 NCAR 的北半球 500 mb 月

平均高度值之八角形網格資料及中央氣象局台北測站的月平均氣溫記錄。為配合現有之 NCAR 磁帶資料，乃分析過去 23 年（1955~1977 年）冬季氣溫（12.1.2 月），以台北市為代表，得平均氣溫為 15.9°C ，最暖是 1965 年冬季，平均氣溫為 17.3°C ，最冷是 1967 年平均氣溫為 13.6°C ，相差 3.6°C ，每年的季平均氣溫按暖至冷排列於表 1C 及 1D 欄內。如果分月統計相差更大，12 月平均氣溫最暖、最冷分別為 19.4°C 及 14.1°C ，相差 5.3°C ；1 月為 16.7°C 與 11.0°C ，相差 5.7°C ；2 月為 18.1°C 與 12.1°C 相差 6.0°C 。23 個冬季內，較平均氣溫 15.9°C 暖與冷的各有 10 年，其中 3 年與平均值相等。由於用整個季節三個月的平均值，所以氣溫差值不如單月明顯，而且會出現某季平均溫較氣候平均值為暖（或冷）時，其中某個月的氣溫反而較當月氣候平均值為冷（或暖）的現象。在 23 個冬季共 69 個月中，有 13 個月有這種現象，佔 19%。但因本文研究整個冬季的氣溫異常，這種現象不予考慮。

美國國家氣象中心在做月氣溫預報時，將氣溫分成三個等級，按過去出現氣溫高低年份之 30%、40% 及 30% 做為劃分等級之氣溫值的根據，亦有人分為五等級（參考 Nicholls, 1980），我們覺得季平均氣溫不宜分級太多，以三等級較適當，即將冬季分成暖冬、常冬、冷冬。經分析這 23 年冬季氣溫（每年的冬季平均氣溫及距平值列於表

表1 冬季平均氣溫與Ah值關係對照表

前一季 Ah 值		年 份	季平均氣溫	季溫距平值	前二季 Ah 值	
依數值大小排列	對應年份				對應年份	依數值大小排列
A	B	C	D	E	F	G
81.62	48.04	1965	17.3	+ 1.4	35.70	43.10
48.04	40.88	1968	17.2	1.3	37.70	37.70
47.10	81.62	1959	17.2	1.3	3.98	35.70
40.88	47.10	1972	17.2	1.3	34.12	34.12
32.60	7.94	1974	16.8	0.9	- 1.00	21.88
32.12	- 8.90	1977	16.5	0.7	43.10	13.64
29.96	- 5.84	1964	16.5	0.6	8.18	12.98
9.36	- 51.66	1971	16.2	0.3	13.64	4.18
7.94	- 7.00	1958	16.2	0.3	21.88	3.98
- 2.04	- 24.58	1966	16.0	0.1	2.68	2.68
- 5.84	- 31.22	1963	15.9	0	- 10.82	1.38
- 7.00	- 19.34	1975	15.9	0	1.38	- 0.34
- 8.90	32.12	1976	15.9	0	- 17.28	- 1.00
- 8.96	- 2.04	1956	15.6	- 0.3	- 16.48	- 5.80
- 19.34	29.96	1957	15.6	- 0.3	- 0.34	- 8.74
- 21.52	- 8.96	1969	15.6	- 0.3	- 5.80	- 10.82
- 24.58	9.36	1961	15.5	- 0.4	- 17.44	- 11.28
- 28.22	- 21.52	1970	15.4	- 0.5	- 8.74	- 16.48
- 31.22	32.60	1960	15.3	- 0.6	12.98	- 17.28
- 38.92	- 28.22	1955	15.2	- 0.7	- 45.58	- 17.44
- 39.30	- 39.30	1973	14.9	- 1.0	- 28.40	- 28.40
- 42.12	- 38.92	1962	13.8	- 2.1	- 52.16	- 45.58
- 51.66	- 42.12	1967	13.5	- 2.3	- 11.28	- 52.16

1D 及 1E，決定以 $T - \bar{T} = +0.5^\circ\text{C}$ 做為分級之標準，也就是季平均氣溫在 16.4°C 或以上時為暖冬，等於或小於 15.4°C 時為冷冬，介於其間者為常冬。照此分法，暖冬有 7 年，佔 30.4%；常冬有 10 年，佔 43.5%；冷冬有 6 年，佔 26.1%。其年份見表 1C。

2.2 個案之挑選：

首先在暖冬、冷冬內選取最暖、最冷各四年，其中暖冬為 1965、1968、1959、1972 年，冷冬為 1967、1962、1973、1955 年，然後再分別求這四年的季平均圖的合成圖，做為分析，研判造成暖、冷冬之主要根據。再從所選取之各四年份，分別求前一季（9.10.11 月）及前二季（6.7.8 月）的合成圖，然後用暖冬合成圖減冷冬合成圖得到差異圖，從差異圖上明顯不同區域的高度值變化做為預報冬季氣溫的依據。

三、暖冬、冷冬當季天氣圖型式

圖 1 及 2 分別為所選取最暖及最冷季各四年的 500 mb 合成圖，圖 3 則為圖 1 減圖 2 得到之差異圖。冬季天氣圖的基本波型以波數 3 為主，在冷冬時，可以想見必然是寒潮次數多，且達到之緯度較南。根據蔡清彥及王時鼎（1981）的研究，對於寒潮爆發、波數 3 扮演極重要的角色，在 $50^\circ\sim 70^\circ\text{N}$ 緯帶上波數 3 的動能從寒潮爆發冷鋒通過台灣北部前二天開始增大，到冷鋒通過一天後才減小。所以冬冬時波數 3 的振幅應較大，從季合成圖亦可得到相同的結果。

比較圖 1.2.3 可得到冷、暖冬型時大氣環流的不同點，共有五個特徵：

(一) 冷冬、暖冬型的平均天氣圖均以波數 3 為主。但暖冬型平均圖只有亞洲東岸及美洲東岸槽線較明顯。而冷冬型天氣圖除此兩槽線十分明顯外，從北歐經意大利亦可見明顯的槽線（暖冬型不顯），因此使冷冬型波數 3 振幅增大。

(二) 貝加爾湖西方（ $40^\circ\text{N}\sim 70^\circ\text{N}$ ， $70^\circ\text{E}\sim 110^\circ\text{E}$ ）區域內，冷冬型有明顯脊線，脊前為西北向氣流，暖冬型脊線不顯，氣流呈西北西向，高度值相差達 80 gpm 以上（見圖 3）。此脊線亦增強冷冬型波數 3 之振幅。

(三) 白令海附近脊線，冷冬型時較強，5280 gpm 等高線在 180°E 處最北到 62°N 左右，而暖冬型只達 53°N 左右。脊線分佈位置亦不同，冷冬型在 180°E 附近呈南北向分佈，暖冬型則在 $170^\circ\text{W}\sim 160^\circ\text{E}$ 之間，呈東北東—西南西走向，在圖 3 上更可見在堪察加半島附近高度差值達到 120 gpm。

(四) 北太平洋西部及東亞地區 5820 gpm 等高線在冷冬型時可到 20°N 以下，暖冬型時位置較北，並可見 5880 gpm 等高線，表示副熱帶高氣壓較強且位置偏北，在圖 3 上可見一狹長型之正區，高度差在 80 gpm 左右。

(五) 西半球槽，脊線的強度亦以冷冬型較強，但不如東半球顯著，從圖 3 可見二個負區在北美洲西方近海及北大西洋，差異值約 60 gpm，一個正區在加拿大東部。

從以上之分析可了解冷、暖冬型之大氣環流與波數 3 之強度有極密切關係，以及幾個差異較大區域之地理位置，可做為研判氣溫變化之參考。

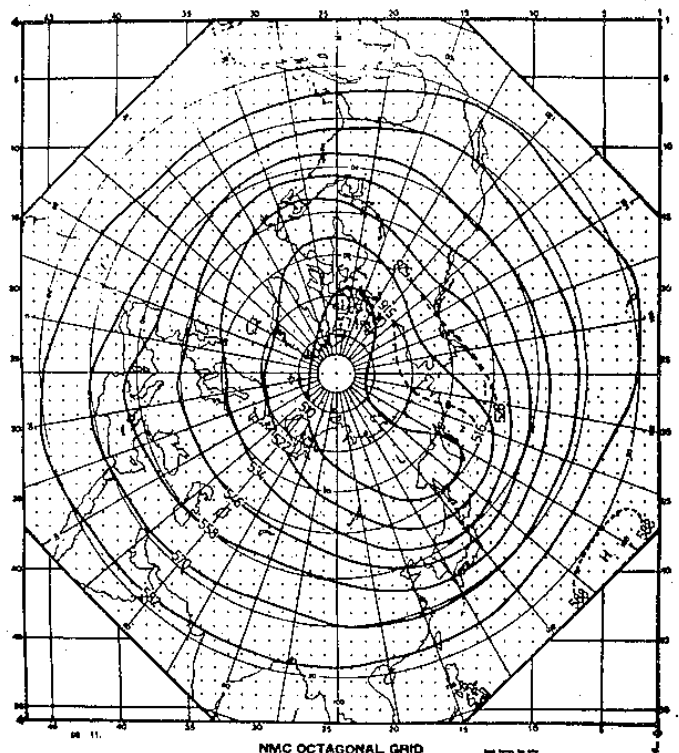


圖 1 暖冬型冬季（12、1、2 月）500 毫巴合成圖。

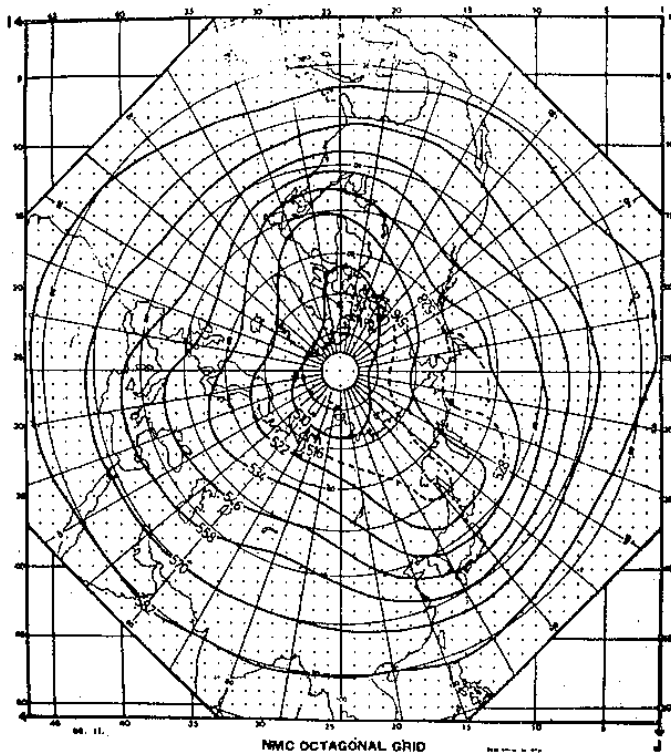


圖2 冷冬型冬季(12、1、2月)500毫巴合成圖。

四、暖冬、冷冬之預報

爲了嘗試冬季氣溫預報之可行性，以所選取之最暖、最冷季各四年之年份爲準，分別求取前一季(9.10.11月)的合成圖及差異圖，如圖4.5.6，希望從這些圖中能找出造成暖、冷冬之特徵，做爲預報因子。同樣方法在求前二季(6.7.8月)的合成圖及差異圖，如圖7.8.9，探討夏季對冬季氣溫影響之可能。最後我們就差異圖內有效正、負區所圍之面積內，計算過去23年，每年前一季和前二季平均圖中相對有效正、負區內每個網格點高度值之和。以有效正區面積內高度值之和減去有效負區面積內高度值之和，所得之差值再除以正、負區所圍面積內網格點之半數，所得之除數減平均值即得Ah值，如下列公式：

$$Ah = \frac{\text{有效正區內高度和} - \text{有效負區內高度和}}{\text{有效正、負區面積內網格點數} / 2}$$

(前項值之23年平均數)

此Ah值大致代表正區平均高度與負區平均高度之差值。再用23年實際冬季氣溫與Ah值相比較，來校驗Ah值預報方法之可行性。

4.1 前一季Ah值與暖冬、冷冬之預報

圖4、5分別爲所選取年份之前一季之暖冬型及冷冬型的合成圖，圖4減圖5所得之差異圖爲圖6。計算Ah值所選之範圍不宜太廣，我們以絕對值大於30gpm定爲有意義的區域，也就是大於+30gpm之區域定義爲有效正區，小於-30gpm之區域定義爲有效負區。從圖6得到二個有效正區及四個負區，最廣的正區是在北極並向10°E及140°E伸出，另一正區在阿拉斯加南方海面。負區則分別在北太平洋中部、北大西洋以及從貝加爾湖向西到50°E，呈狹長狀，另在加拿大東部哈得遜灣(Hudson Bay)亦有一範圍較小之負區。再比照圖4與圖5得到較明顯之不同點有下列五點：

(一)60°N以內極圈，暖冬型波數2極顯，有兩個低壓中心分隔180度，冷冬型只有一個低壓中心，等高線呈圓形。

(二)亞洲東岸之槽線在冷冬型時較強，位置亦較偏東，從65°N、140°E向東南伸至35°N、120°E。暖冬型則從60°N、130°E向南南東伸至30°N、115°E。在差異圖6中可見其趨勢。

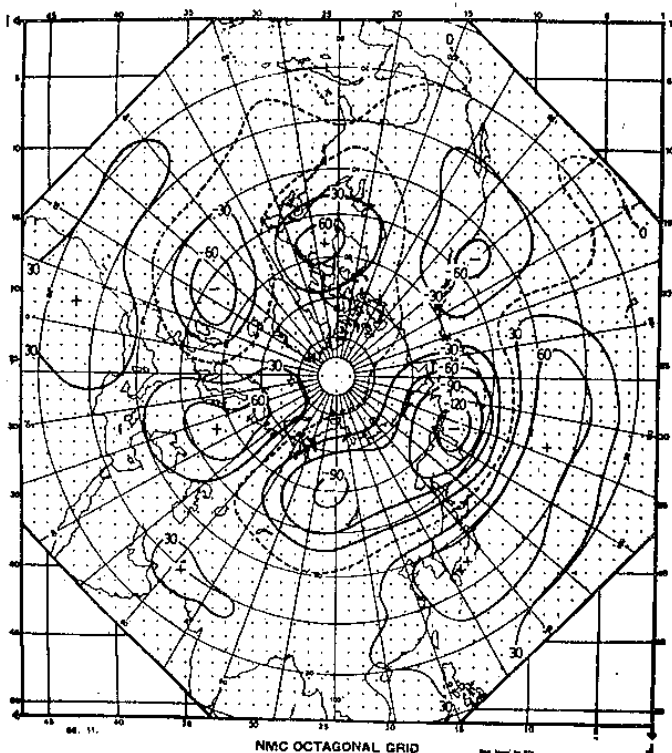


圖3 冬季(12、1、2月)500毫巴差異圖。

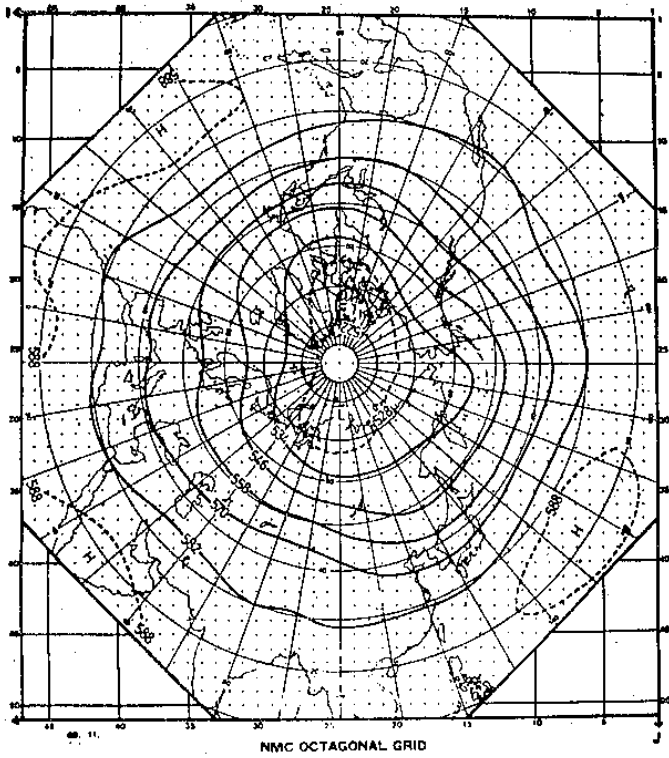


圖4 暖冬型前一季(9、10、11月)500毫巴合成圖。

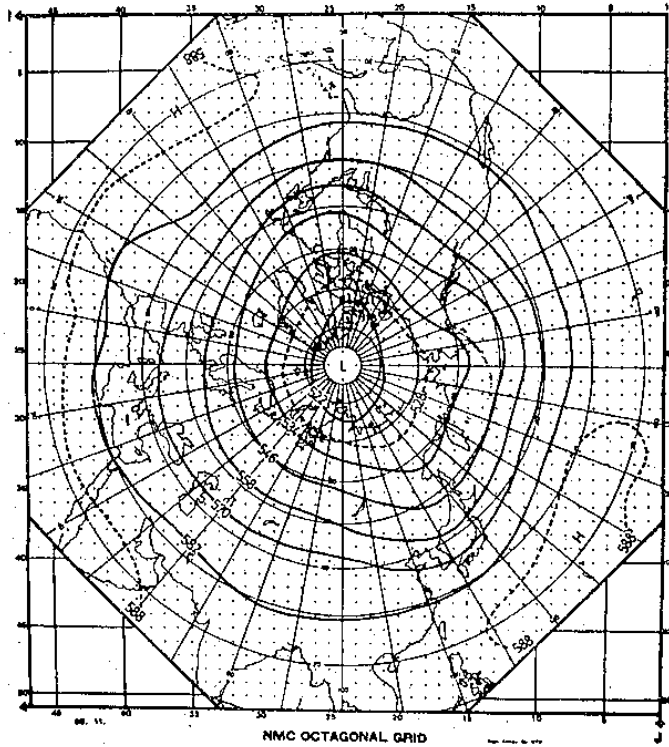


圖5 冷冬型前一季(9、10、11月)500毫巴合成圖。

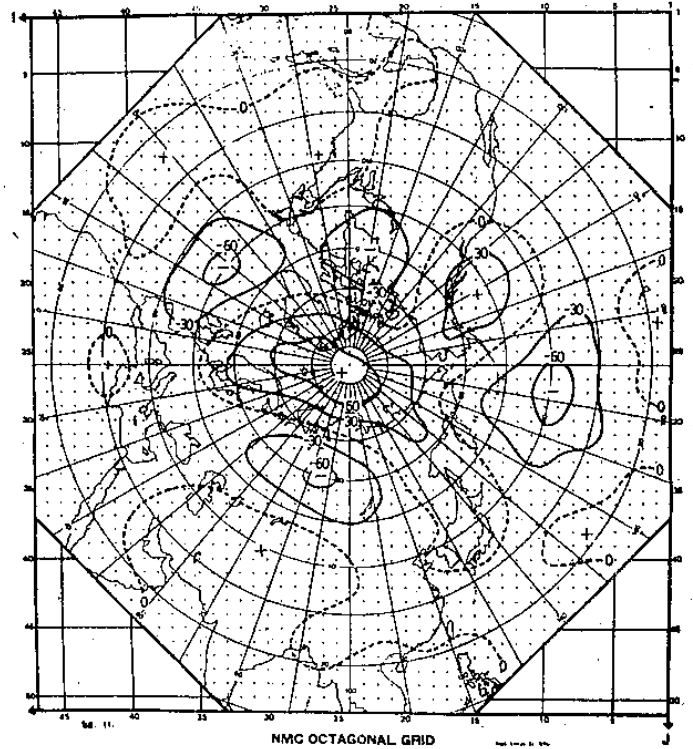


圖6 前一季(9、10、11月)500毫巴差異圖

(四)在 $170^{\circ}W$ 附近暖冬型有一明顯槽線，冷冬型不顯，高度值相差達60 gpm以上，這也是最廣負區的所在。

(五)北美洲東岸之槽線在冷冬型時較顯，呈南北向，暖冬型不顯且偏向北大西洋伸展。

(六) $0^{\circ}\sim 10^{\circ}E$ 之間暖冬型上有明顯脊線，並向北伸至 $80^{\circ}N$ 以北，冷冬型則無，在圖6中為最大正區之位置。

由前述的二個有效正區面積內共有101個網格點，取其高度值之和，減去四個有效負區內之185個網格點之高度和，再除以總點數286之一半，所得之數，為便於比較再減去23年之平均值，即得Ah值。所有23年之Ah值及相對應之冬季平均氣溫值，以氣溫高低排列，如表1中之B欄。一般言，Ah值為正時的年份為較暖年，數值愈大，氣溫應愈暖，反之為較冷年。出現正值者有9年，其中4年為最暖之4年，出現負值者，有14年，其中4年為最冷年。

用Ah值來做預報時，需將所得到之23年Ah值依最大正值至最大負值排列，如表1A欄，因正值愈大表示氣溫愈高，所以前面7年為暖冬，Ah值應介於29.96與9.36之間，取其平均為

19.66。最後6年為冷冬，Ah 值應在-24.58與-28.22之間，取平均得-27.40。此二數值即為預報冷冬、暖冬之參考值，若Ah 值在19.66與-27.40之間時，即為常冬。

在過去23年內Ah 值符合暖冬、常冬、冷冬者有14年，準確率為61%。預報暖冬7次有4次正確，預報常冬10次有6次正確，預報冷冬6次有4次正確。嚴格來說，由於Ah 值是由最暖、最冷前一季各四年之合成圖相減出現之有效正、負區計算而得的，校驗時應將此各四年不計，則在15年內有6年正確，準確率為40%。但暖冬、冷冬只有7年及6年，如各去除4年不計，個案太少，以此法計算準確率似不合理，因此可了解利用前一季 Ah 值預報冬季氣溫其準確率應小於61%而高於40%，約在50%左右。此值遠較隨意猜測中之機率，35%為高。

如果以季溫平均值為準，分成二個等級來校驗，也就是高於季溫平均值的Ah 值視為暖冬，反之為冷冬，則有11年正確，準確率為55%。如最暖、最冷各四年不計，則只有3年正確，準確率為25%，效果並不好。

4.2 前二季Ah 值與暖冬、冷冬之預報

用同樣方法得到暖冬、冷冬前二季(6.7.8月)之合成圖與差異圖，如圖7.8.9。由於6至8月為夏季，差異圖上之差值不如前一季時大，乃定+20 gpm 線為有效正、負區之範圍，共得二個主要正區和五個負區，範圍最廣之有效正區在北極海之東半部，另一在北歐及蘇俄西部。有效負區範圍較大的在北太平洋及加拿大之東與北部，面積較小的二個分別在我國東北、韓國、日本所圍之範圍內，以及英國附近。較特別的是在非洲北部熱帶地區有一大片狹長形之負區，再對照圖7、8而有下列四個主要不同點：

(一)在60°N以內，暖冬型為波數2及4，但以波數2為強，冷冬型則以波數3為主。

(二)暖冬型之槽、脊線均較強，以阿拉斯加西方之脊線(130°W-140°W)最明顯，並向北伸至80°N以北。另外在加拿大東北部(70°W附近)之槽線亦較顯，此二區亦為圖9內最強正、負區位置所在。

(三)北太平洋高氣壓位置在冷冬型時偏北，圖9上可見一狹長形之負區。

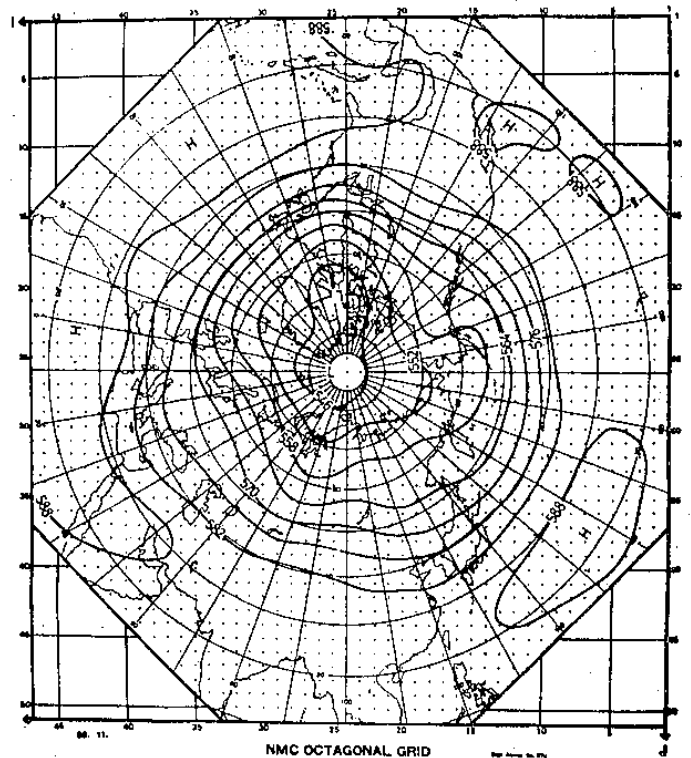


圖7 暖冬型前二季(6、7、8月)500毫巴合成圖。

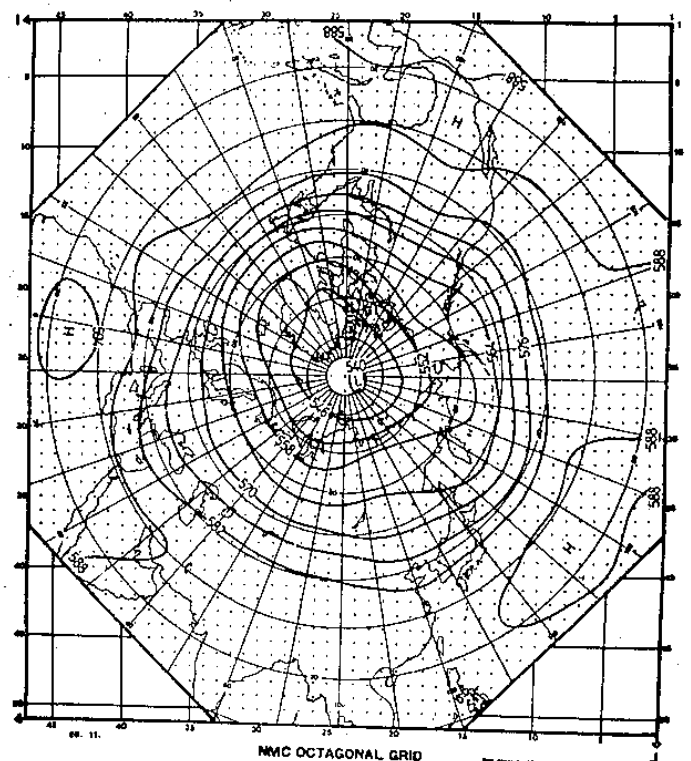


圖8 冷冬型前二季(6、7、8月)500毫巴合成圖。

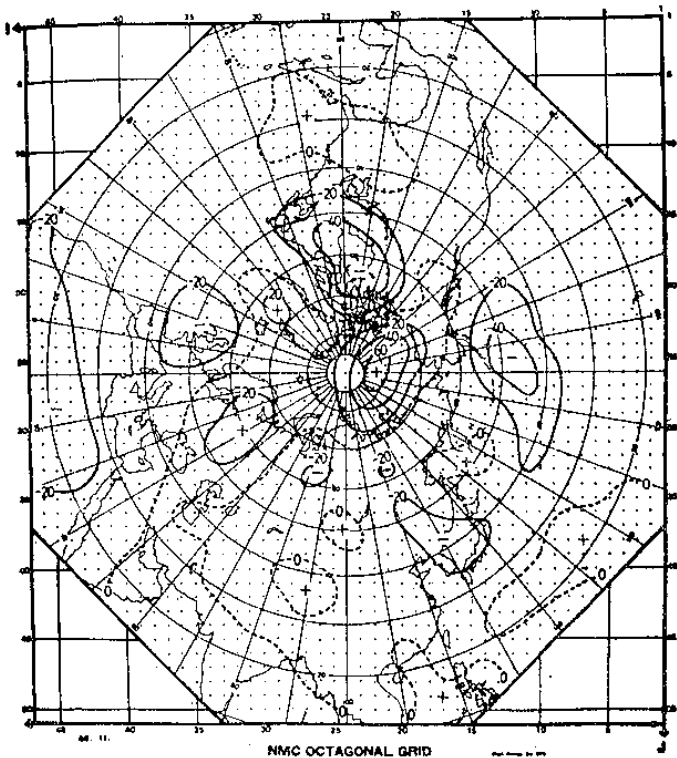


圖9 前二季(6、7、8月)500毫巴差異圖。

四冷冬型時在北非洲地區之高度達5940 gpm以上，較暖冬型高出20 gpm以上。

有效正區內網格點有62點，有效負區內之點數為245點，總共307點。應用前節所述方法，求得23年之Ah值，列於表1中之F欄。在預報時需要將Ah值依最大正值往下排列，如表1G欄，從G欄內可得10.58與-13.88為預報暖冬、冷冬之Ah參考值，介於10.58與-13.88之間者為常冬。23年內正確的有13年，預報準確率為57%，預測暖冬7次有4次正確，常冬10次有5次正確，冷冬6次有4次正確。如最暖、最冷各四年不計，則15年內有6年正確，準確率為40%。因此可知前二季Ah值預報與前一季Ah值預報結果相近似，均在50%左右。

又如分成二個等級來校驗，20年中有17年正確，準確率高達85%。將最暖、最冷各四年不計，則12年內有9年正確，準確率亦有75%，結果非常好，而前一季時其準確率只有55%及25%，比較表1B及1F欄也可充分了解，前二季Ah值分佈從正到負值，排列規準，而在前一季Ah值分佈散亂。另外亦應用B、E、F欄分別計算相關係數，得到前一季Ah值之相關係數 $r = 0.64$ ，前

二季Ah值之相關係數 $r = 0.77$ 。此兩相關係數均甚高，但利用前二季Ah值預報冬季氣溫應較前一季之效果好。

從2.1節內暖冬、常冬、冷冬發生年數分佔23年之30.4%、43.5%及26.1%，隨機預報之準確率為35%，因此無論何種長期預報方法，其準確率必須達到35%以上，才具有意義。利用Ah值預報法之準確率在採三個等級時約在50%左右，如採二個等級時前一季Ah值預報效果不佳，但前二季Ah值預報法結果十分理想，因此Ah值預報冬季氣溫之方法是可行的。

伍、結 論

造成冬季氣溫之偏暖及偏冷與波數3的振幅有極密切之關係，在合成圖中，冷冬時除了在亞洲東岸及美洲東岸的槽線外，在北歐經意大利(70°N、40°E至30°N、0°E)亦可見明顯之槽線(暖冬時不顯)。另在貝加爾湖西方(40°~70°N, 70°E~110°E)區域內，冷冬時有脊線，而暖冬時不顯，此脊線亦加強冷冬時波數3之振幅。

本文採用的客觀長期預報方法，考慮了全北半球重要天氣系統對未來冬季氣溫之影響，經分析過去23年冬季氣溫與前一季及前二季Ah值之關係，得到很好的正相關，因此可以在12月初及9月初就能對冬季的氣溫預報，甚有預報價值，尤其是前二季Ah值預報效果較前一季時為佳，更具有經濟上之效益。此外在月氣溫預報上，亦可應用此方法，其結果應該較季氣溫預報為佳。此外本方法也可以應用在其他如乾旱、颱風等方面，目前中央氣象局陳進文及徐幸欽兩位先生應用同樣方法分別對5、6月梅雨季節時之雨量及7、8、9月在台灣附近颱風之發生次數做研究，其效果亦不錯，由此可證明本客觀長期預報方法甚有應用之價值。

六、致 謝

首先感謝中央氣象局林民生先生提供500 mb月平均高度值磁帶資料，另外電子計算機程式設計及計算均由台灣大學大氣科學系吳婉淑小姐完成，在研究進行中陳進文、幸江霖、徐幸欽等先生經常一起討論並提供建議，在此特別向他們致謝。

參考資料

- 亢玉瑾、蔡清彥、蔡錫祺，1980：客觀長期預報方法通用於台灣春季乾旱之研究，大氣科學，7，3-12。
- 任立渝、蔡清彥，1981：台灣地區寒潮合成天氣型式之研究，大氣科學，8，67-79。
- 蔡清彥、王時鼎，1981：波動間非線性能量交換與寒潮爆發，國立台灣大學大氣科學系研究報告，WMS-03號，28頁。
- Lee, D., and R.A.S. Ratcliffe, 1976 : Objective methods of long-range forecasting using surface pressure anomalies , Weather , 31 , 56-64 。
- Nicholls , N. , 1980 : Long-range Weather forecasting : value , status , and prospects . Rev. Geophys. Space Phys. , 18 , 771-778 。
- Ratcliffe, R.A.S., 1974 : The use of 500 mb anomalies in long-range forecasting, Quart. J. R. Met. Soc. , 100 . 234-244 。

Seasonal Forecasting of Taiwan Winter Temperature

Li-Yu Jen

Ching-Yen Tsay

Forecasting Center
Central Weather Bureau

Department of Atmospheric Sciences
National Taiwan University

Abstract

The average winter (December to February) temperature for the past 23 years is divided into three categories. It is called warm winter for average temperature $\geq 16.4^{\circ}\text{C}$, normal winter for average temperature between 16.4°C and 15.4°C , and cold winter for average temperature $\leq 15.4^{\circ}\text{C}$.

For the seasonal forecasting, we first composite the northern hemispheric 500mb charts for one season (or two seasons) proceeding the four warmest winters as well as the four coldest winters. A difference map between the composite charts for the warm and cold winters is then obtained for each season. The difference value between the sum of geopotential heights in significant positive areas and that in significant negative areas in the difference map is computed for each of the 23 years. It is found that the difference values for one and two seasons ahead have good positive correlation with the winter temperature and are useful in seasonal temperature forecasting.