

張貼海報

台北高空對流層頂高度與溫度年變化之初步分析

蕭長庚

中央氣象局氣象科技研究中心

由於近年來世界各國均熱衷於全球暖化與氣候變化之研究，因此興起了希望知道這種氣候變化在台灣的對流層頂處，是否也產生了影響，其影響的程度及趨勢又如何？故而首先從對流層頂的氣壓，高度及溫度著手蒐集資料作統計，就其歷年之年與季的平均值與標準差來作初步之探討。

一、資料處理

本次分析係使用了中央氣象局出版之高空資料年報(1955-2005)及逐日高空數位資料(1984-2005)，分別就國際標準時之 00Z 及 12Z 整理成月統計值，作為分析使用之基本資料。由於早期設備及觀測時間未能一致，若要前後比較，在資料之一致化上實在是有許多複雜之功課要作。如今初步探討，謹能假設資料均一致且正確，在選取對流層頂之過程中，是以高度在 14000 至 19000 公尺間，上下層溫度首次出現有攝氏 0.3 度以上之逆轉時，取其下層為對流層頂。本次統計共使用了 15,683 次的探空。

二、資料分析

台灣位於副熱帶地區，按統計結果得知對流層頂之氣壓約在 90-108 百帕(hPa)間，高度約 16200-17200 公尺，溫度在攝氏零下 72-79 度均甚為符合一般之情況。至於 1000 及 850 百帕層之各項參考要素值請參見表 1。

從時間序列看，台灣之主要城市歷年氣溫，自 1985 年後有顯著之升高現象(參見圖 1)，因此將對流層頂之資料按 1955-1975，1976-1985，1986-1995，1996-2005 分成四段，並分季統計列表如表 2，並繪圖如圖 2 至圖 8，可以看到近十年與前十年之比較是對流層頂氣壓略降低，高度略增高。

三、結論

1. 台北上空之對流層頂季節變化是春季高度及溫度為最高，高度在 16700 公尺，溫度是攝氏 -76.6 度，冬季高度在 16450 公尺，氣壓為最低是 99.8 百帕(hPa)，變動振幅亦是春季高度與氣壓為大，溫度則是冬季為大。00Z 與 12Z 差距以秋季為較大(請參見表 1 及表 2)。
2. 年序分析之取樣若是以前述方式選取 1985-2005 對流層頂，則其氣壓近十年較前十年降低約 3-5hPa，各季高度增加約 200 公尺以春季 230 公尺為最多，溫度略減攝氏 0.2 度，以冬季降 1.2 度為最大。可以看出台北地面溫度的氣候變化影響到上空之對流層頂之高度較多，溫度則相對較少。
3. 近十年年變化中對流層頂氣壓在 12 月 1 月及 7 月 8 月為較高，高度則以 4、5、6 月為最低。溫度年變化以 2 月、10 月及 11 月為最低(圖 6-圖 8)。
4. 對流層頂資料之一致性判斷與選擇，直接影響到研究分析之結果，因此資料之篩選、整理與調修都還需要作進一步之分析與加強，相信越作會越有趣。

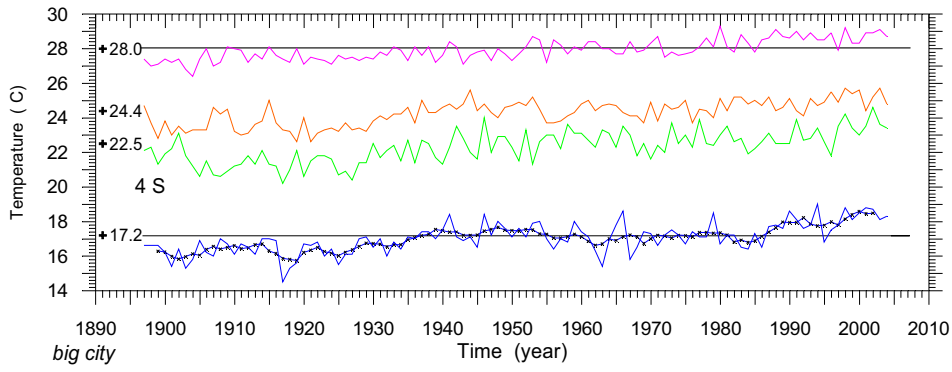


圖1 台灣地區主要城市之歷年季(春、夏、秋、冬)平均氣溫變化時間序列圖

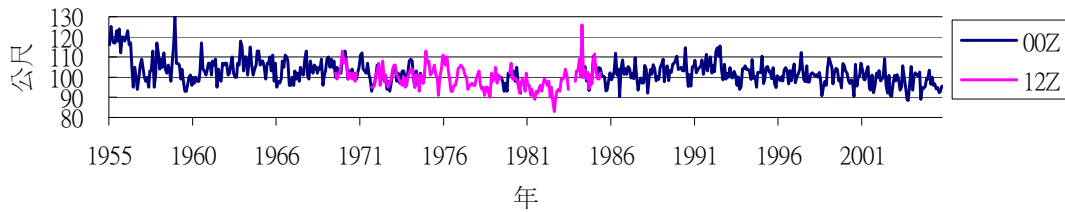


圖2 台北上空1955-2005對流層頂00Z與12Z (填補控檔) 月平均氣壓變化時間序列圖

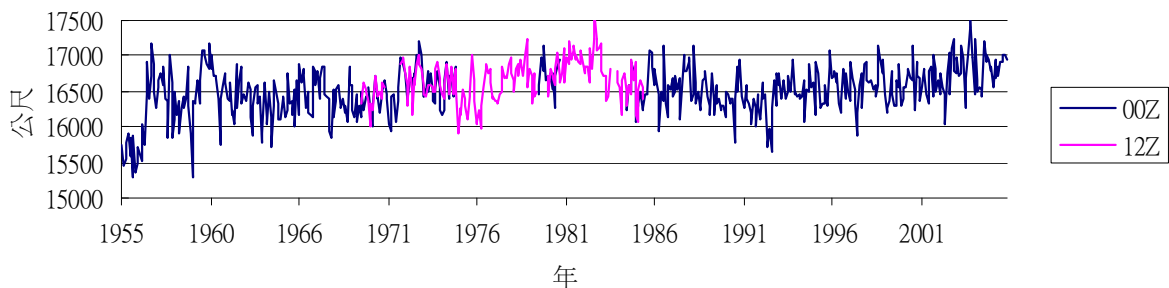


圖3 台北上空1955-2005對流層頂00Z與12Z (填補控檔) 月平均高度變化時間序列圖

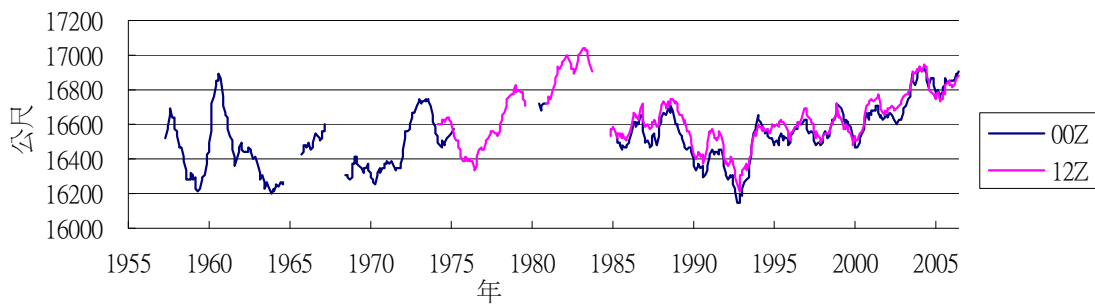


圖4 台北上空1956-2005年對流層頂00Z與12Z高度歷年移動平均時間序列圖

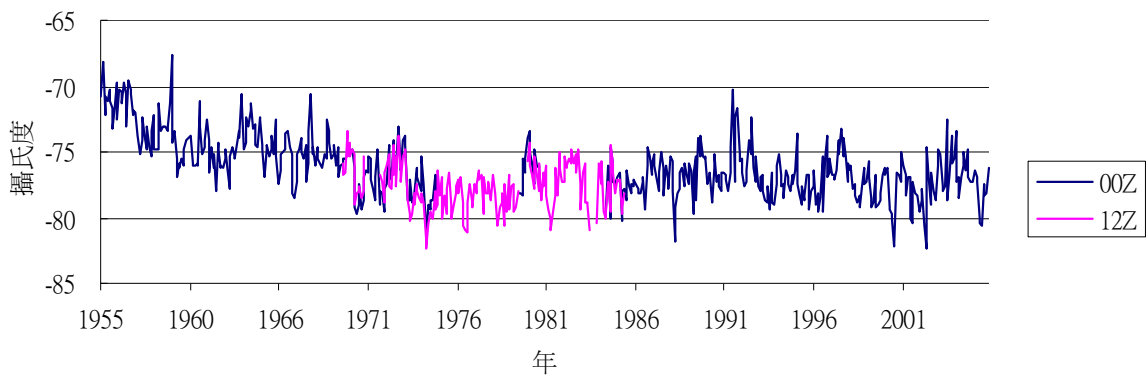


圖5 台北上空1955-2005對流層頂00Z與12Z (填補控檔) 月平均溫度變化時間序列圖

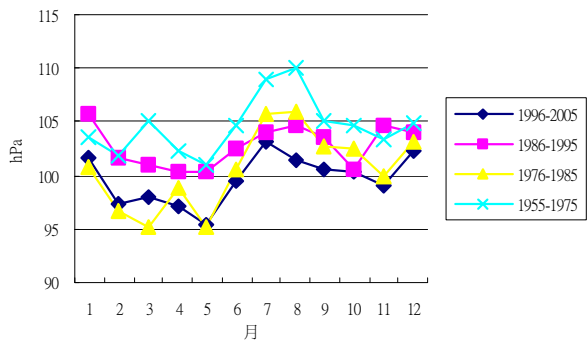


圖6 台北上空對流層頂氣壓年變化

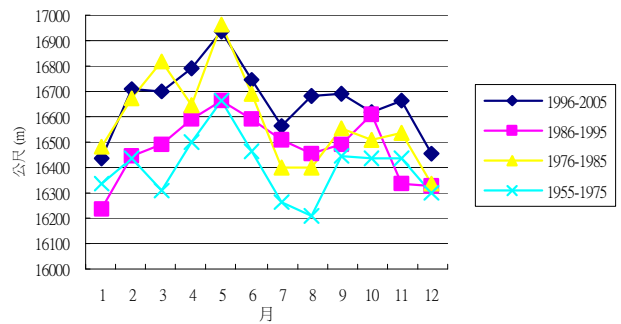


圖7 台北上空對流層頂高度年變化

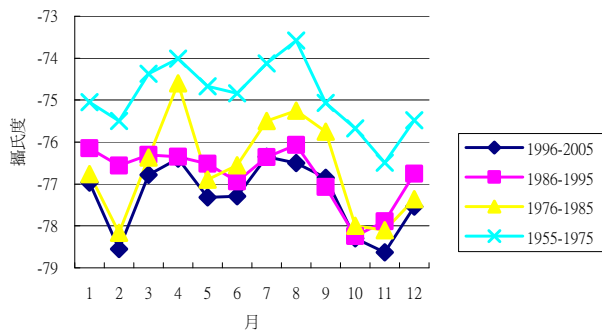


圖8 台北上空對流層頂溫度年變化

表1 台北累年 (1955-2005) 對流層頂與1000百帕(hPa)及850百帕標準層統計資料

		00 時						12 時					
		氣壓 (hPa)	高度(m)	溫度(°C)	露點(°C)	風速 (m/s)	相對 溼度 (%)	氣壓 (hPa)	高度(m)	氣溫(°C)	露點(°C)	風速 (m/s)	相對 溼度 (%)
累年													
對流層頂	平均	98.9	16717.1	-76.5	-83.8	18.8	37.4	94.1	16942.8	-77.8	-57.6	17.4	33.0
	標準差	8.7	515.0	2.3	2.0	11.0	5.0	15.5	492.3	1.7	40.0	8.2	4.1
1000hPa	平均	1000	126.2	20.3	17.4	3.9	84.3	1000	117.3	21.8	17.9	4.6	79.2
	標準差	1000	48.1	4.9	4.7	2.1	6.4	1000	48.7	5.1	4.8	1.8	4.4
850hPa	平均	850	1513.9	13.6	10.5	7.3	82.6	850	1513.9	14.4	10.3	7.2	79.4
	標準差	850	29.5	4.6	4.3	2.0	5.3	850	29.5	4.6	4.4	1.5	5.6
分年段統計													
1955-1975	平均	104.6	16403.4	-74.9				101.2	16556.2	-77.5			
	標準差	6.7	368.0	2.4				4.4	229.6	2.0			
1976-1985	平均	100.3	16585.2	-76.7		20.1		98.6	16697.0	-77.8		19.4	
	標準差	4.7	262.9	1.8		10.4		5.9	297.9	1.6		9.9	
1986-1995	平均	102.8	16478.1	-76.8	-83.0	20.4	38.8	101.7	16545.6	-77.5	-84.2	19.4	34.3
	標準差	4.8	285.1	1.6	1.6	9.3	4.3	5.0	293.2	1.6	1.5	9.1	3.8
1996-2005	平均	99.6	16666.3	-77.3	-83.6	19.9	36.6	99.4	16685.2	-77.9	-85.0	19.4	32.4
	標準差	4.6	285.9	1.8	2.2	10.0	5.3	4.4	261.1	1.6	2.0	9.9	4.2

表2 台北歷年各季節對流層頂分季分年段統計資料

		00Z 平均值						00Z 標準差					
		氣壓 (hPa)	高度(m)	溫度(°C)	露點(°C)	風速 (m/s)	相對 溼度 (%)	氣壓 (hPa)	高度(m)	溫度(°C)	露點(°C)	風速 (m/s)	相對 溼度 (%)
春季	1955-1975	102.8	16492.6	-74.3				7.5	431.3	2.5			
	1976-1985	94.0	16922.6	-77.5		37.7		3.8	247.4	1.6		45.8	
	1986-1995	100.6	16579.2	-76.4	-82.8	22.7	41.7	4.9	293.1	1.7	1.2	7.5	3.2
	1996-2005	96.8	16810.2	-76.8	-82.9	21.8	38.2	4.7	314.1	1.6	2.3	7.9	6.5
夏季	1955-1975	107.8	16314.7	-74.4				6.7	367.3	2.3			
	1976-1985	100.8	16666.0	-77.2		14.0		5.0	304.1	1.5		3.3	

	1986-1995	103.7	16519.1	-76.5	-82.5	13.8	39.0	3.9	228.3	1.0	0.9	2.4	3.0
	1996-2005	101.3	16663.0	-76.7	-82.4	13.5	40.1	3.9	249.2	1.3	0.9	2.9	3.9
秋季	1955-1975	104.3	16434.8	-75.9				4.6	249.3	2.2			
	1976-1985	101.3	16591.4	-78.1		35.1		6.4	267.8	1.8		42.0	
	1986-1995	102.9	16479.1	-77.7	-84.2	13.4	35.1	4.1	253.8	1.2	1.4	6.1	4.3
	1996-2005	100.0	16657.4	-77.9	-84.3	14.2	34.4	2.8	187.2	1.5	1.4	7.0	3.2
冬季	1955-1975	103.4	16356.2	-75.4				6.4	360.8	2.5			
	1976-1985	95.8	16731.5	-78.2		29.7		4.5	266.4	1.8		0.9	
	1986-1995	103.8	16335.0	-76.5	-82.4	31.8	40.3	5.6	312.5	2.1	2.2	4.7	3.6
	1996-2005	100.4	16534.5	-77.7	-84.7	30.1	33.7	5.4	316.4	2.3	2.8	10.1	5.5
		00Z 平均值						12Z 平均值					
春季	1986-2005	98.7	16694.7	-76.6	-82.8	22.3	39.4	98.1	16743.7	-77.2	-84.2	21.2	34.3
	標準差	5.1	322.9	1.7	2.0	7.6	5.8	5.9	355.8	1.7	1.9	7.5	5.1
夏季	1986-2005	102.5	16591.1	-76.6	-82.4	13.6	39.7	102.6	16592.6	-77.3	-84.3	12.9	33.5
	標準差	4.1	247.8	1.1	0.9	2.7	2.3	3.8	226.0	1.0	1.0	2.6	2.9
秋季	1986-2005	101.5	16568.2	-77.8	-84.3	13.8	34.7	100.6	16616.3	-78.5	-85.3	13.5	31.9
	標準差	3.8	238.7	1.4	1.4	6.5	3.6	2.7	183.7	1.2	1.1	6.5	2.6
冬季	1986-2005	101.9	16450.0	-77.1	-83.9	30.7	36.0	100.5	16526.8	-77.8	-85.0	29.9	32.7
	標準差	5.9	338.9	2.3	2.8	7.9	5.8	5.3	309.0	2.1	2.7	7.7	5.1

論文彙編

台北高空對流層頂高度與溫度年變化之初步分析

蕭長庚

中央氣象局氣象科技研究中心

摘要

台北高空探測計有測風汽球觀測及無線電探空觀測兩者，前者起自 1931 年之測風汽球觀測表(喬，1985)，後者起自 1940 年之台北高層氣象原簿，至 1955 年起開始有高空觀測報告之出版，此項報告迄今已有 50 餘年之紀錄，由於近年來世界各國均熱衷於全球暖化與氣候變化之研究，因此興起了希望知道這種氣候變化在台灣之對流層頂處是否也產生了影響，其影響之程度及趨勢又如何？故而首先從對流層頂的氣壓，高度及溫度著手蒐集資料作統計，就其歷年之年與季的平均值與標準差來作初步之探討。

關鍵字：對流層頂高度，對流層頂溫度

一、前言

人類日常生活中所常見之各種天氣現象，主要都是發生在大氣層中之對流層，其特徵是溫度隨高度而遞減，空氣在其間容易產生對流現象，當遞減至某一高度後氣溫維持不變或呈反向遞增現象時，表示進入了平流層。對流層與平流層之交界處，稱之為對流層頂(Tropopause)。依據普通氣象學(戚1966)所述，"tropopause"源出於希臘，意指「混合之頂」，對流層之厚度，平均約為12公里，夏季常較冬季為厚，平均而言是自赤道向兩極逐漸降低，熱帶及副熱帶地區高約15至20公里，中緯度地區約為11至13公里，至於兩地極區則可低至8公里左右。對流層頂之溫度，平均約為攝氏零下70度，中高緯度地方溫度約在攝氏零下45至65度，赤道地方約為攝氏零下85度。

二、資料處理

本文係使用中央氣象局出版之高空資料年報(1955-2005)及逐日高空數位資料(1984-2005)，分別就國際標準時之00Z及12Z整理成月統計值，作為分析使用之基本資料。

由於早期資料未數位化，或未作成統計報表，或數位化資料中有不連續部分，因此資料整理過程中有一部份資料是由資料年報中摘錄如1955-1960摘錄每日之對流層頂氣壓，高度及溫度資料，使用Xls登錄及統計成月值，並作簡單之審核工作，又1961-1984之資料依年報表登錄對流層頂，1000hPa層及850hPa層之月統計之平均，極大極小及觀測次數等資料，亦使用XLS作檢查，至於1984-2005之數位資料，則使用軟體依溫度特徵，自其中挑選出對流層頂等資料統計成月統計值，最後建立鍵索檔，將00Z及12Z資料合併。

探空觀測施放地點原是在氣象局局本部(台北市公園路 25d02mN, 121d31mE, 9.3gpm)，觀測儀器是使用日本製之CMO S50-L及芬蘭製之Viasala信號發布式設備，使用經緯儀測風，高度是溫度與氣壓之函數，自1972年3月起，探空站遷至台北西南方約4公里處之板橋市的台北氣象站(25d00mN, 121d26mE, 11gpm)，1974年改用日製

RSII56T及RSII76T型觀測儀器，1984年7月起使用美國廠牌Weathertronics 8065型接收機(日製)及RSII80MB型探測儀，使用自動追蹤方式蒐集資料。

探空觀測儀器昂貴，1955年至1956年每日於國際標準時03Z觀測一次，1957年配合國際觀測年每日觀測4次(00Z, 06Z, 12Z, 18Z)，1960年起減為2次觀測，由於板橋探空站與空軍桃園探空站位置接近，因此雙方協議自1981年3月起由雙方分別負責00Z及12Z之高空觀測。1970-1974年間有兩次施放，期間12Z之資料較不完整，自1975年6月-1983年以12Z之資料為主，每日施放一次，1985年迄今則均有一日兩次之完整紀錄。為使資料連續起見，以回歸方式求取替代值，以彌補無觀測期間之資料。由以上觀測歷史看，在資料之一致化上實在是有許多複雜之功課要作。如今初步探討，謹能假設資料均一致且正確，本次共計選用了15,683次的探空。

三、資料分析

台灣位於副熱帶地區，按累年統計對流層頂之氣壓約在90-108百帕(hPa)間，高度約16200-17200公尺，溫度在攝氏零下72-79度均甚為符合前述之情況。至於1000及850百帕層之各項參考要素值請參見表1。

從時間序列看，台灣之主要城市歷年氣溫，自1985年後有顯著之升高現象(蕭，2005)(參見圖1)，因此將對流層頂之資料按1955-1975，1976-1985，1986-1995，1996-2005分成四段，並分季統計列表如表2，並繪圖如圖2至圖6，可以清楚看到近十年之對流層頂氣壓降低，高度增高，溫度除冬季降低外餘皆略升。標準差方面1955-1975年段因資料變動大，若不看他，則近十年之變異數均有變大的現象。

在選取對流層之過程中，是以高度在14000至20000公尺間，首次溫度有攝氏0.3度以上之逆轉處，為摘選原則。

四、結論

1. 研究資料之整理與調修需要進一步加強。

- 近年來對流層頂之高度在冬季增加最多，達到 600 餘公尺，夏秋季約為 400 公尺。
- 對流層頂溫度除 1955-1975 年段外，多年來變化不大，春夏秋季略升攝氏 0.2-0.4 度，冬季略降攝氏 0.4 度。

誌謝

感謝中央氣象局資料處理科之張秀卿及馮欽賜科長，熱心協助蒐尋資料，謹此致謝。

戚啓勳，1966：普通氣象學，中正書局，P16-19
 中央氣象局，1955-2005：氣候資料年報—高空資料，中央氣象局，P1-200
 喬鳳倫、蕭長庚、陳正改、彭正平，1985：台灣地區氣象資料目錄之編纂，中央氣象局，P26-128
 蕭長庚，2005：“台灣地區 1897 至 2004 年氣候變化選擇測站之概述與自相關分析”。九十四年天氣分析與預報研討會論文彙編，P433-434

參考文獻

表1 台北累年 (1955-2005) 對流層頂與1000百帕(hPa)及850百帕標準層統計資料

	00 時						12 時					
	氣壓 (hPa)	高度(m)	溫度(°C)	露點(°C)	風速 (m/s)	相對 溼度 (%)	氣壓 (hPa)	高度(m)	氣溫(°C)	露點(°C)	風速 (m/s)	相對 溼度 (%)
平均	98.9	16717.1	-76.5	-83.8	18.8	37.4	94.1	16942.8	-77.8	-57.6	17.4	33.0
標準差	8.7	515.0	2.3	2.0	11.0	5.0	15.5	492.3	1.7	40.0	8.2	4.1
平均	1000	126.2	20.3	17.4	3.9	84.3	1000	117.3	21.8	17.9	4.6	79.2
標準差	1000	48.1	4.9	4.7	2.1	6.4	1000	48.7	5.1	4.8	1.8	4.4
平均	850	1513.9	13.6	10.5	7.3	82.6	850	1317.6	14.4	10.3	7.2	79.4
標準差	850	29.5	4.6	4.3	2.0	5.3	850	476.4	4.6	4.4	1.5	5.6

表2 台北歷年各季節對流層頂分季分年段統計資料

		00Z 平均值						00Z 標準差					
		氣壓 (hPa)	高度(m)	溫度(°C)	露點(°C)	風速 (m/s)	相對 溼度 (%)	氣壓 (hPa)	高度(m)	溫度(°C)	露點(°C)	風速 (m/s)	相對 溼度 (%)
春季	1955-1975	102.8	16492.6	-74.3				7.5	431.3	2.5			
	1976-1985	94.0	16922.6	-77.5		37.7		3.8	247.4	1.6		45.8	
	1986-1995	94.3	16941.1	-77.2	-83.2	20.6	41.8	4.3	295.7	1.5	1.0	7.1	3.3
	1996-2005	85.8	17529.8	-77.0	-83.5	17.9	38.1	9.4	652.7	1.7	2.3	7.2	6.4
夏季	1955-1975	107.8	16314.7	-74.4				6.7	367.3	2.3			
	1976-1985	100.8	16666.0	-77.2		14.0		5.0	304.1	1.5		3.3	
	1986-1995	100.7	16691.6	-76.7	-82.6	13.6	39.0	3.8	229.1	1.1	1.0	2.5	3.0
	1996-2005	94.1	17118.9	-76.4	-82.6	13.4	40.1	8.0	519.6	1.4	1.0	3.2	1.9
秋季	1955-1975	104.3	16434.8	-75.9				4.6	249.3	2.2			

	1976-1985	101.3	16591.4	-78.1		35.1		6.4	267.8	1.8		42.0	
	1986-1995	100.3	16629.7	-78.0	-84.4	12.8	35.1	3.5	216.8	1.2	1.4	5.5	4.3
	1996-2005	93.5	17065.6	-77.6	-84.5	12.9	34.4	6.7	435.0	1.6	1.4	6.2	3.2
冬季	1955-1975	103.4	16356.2	-75.4				6.4	360.8	2.5			
	1976-1985	95.8	16731.5	-78.2		29.7		4.5	266.4	1.8		0.9	
	1986-1995	97.1	16708.8	-77.6	-83.2	29.0	40.4	4.2	261.7	1.8	1.9	4.2	3.2
	1996-2005	88.2	17310.8	-78.0	-85.4	25.2	33.6	9.3	640.6	2.3	2.6	8.7	5.4
		00Z 平均值						12Z 平均值					
春季	1955-2005	96.1	16880	-75.8	-83.4	19.0	39	91.9	17110	-77.6	-84.7	17.9	34
夏季	1955-2005	102.0	16642	-75.5	-82.6	13.6	40	99.5	16771	-77.2	-84.4	12.9	33
秋季	1955-2005	100.1	16665	-77.0	-84.5	12.9	34	98.4	16758	-78.4	-85.6	12.5	32
冬季	1955-2005	97.5	16708	-76.8	-84.7	28.3	36	93.7	16915	-78.3	-85.9	27.6	33

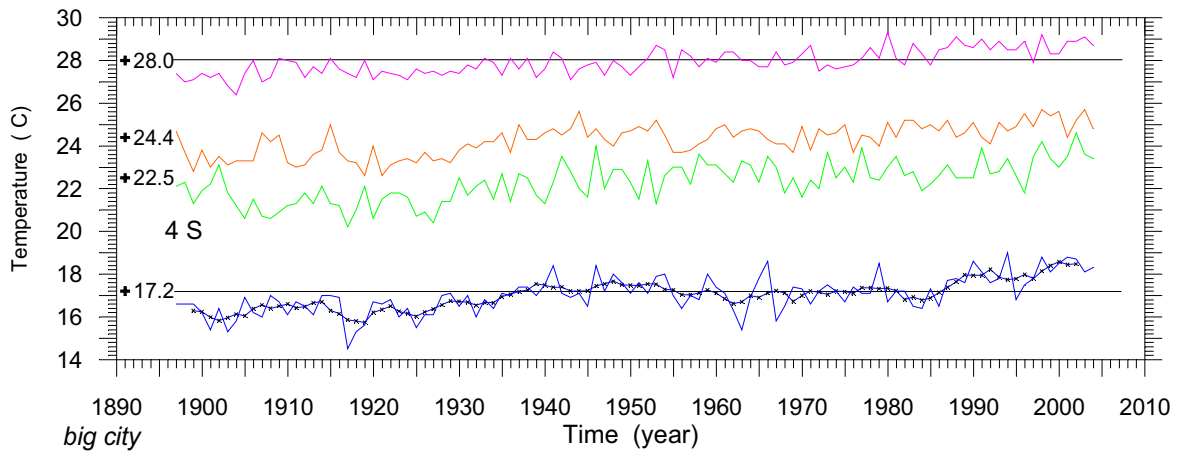


圖1 台灣地區主要城市之歷年季(春、夏、秋、冬)平均氣溫變化時間序列圖

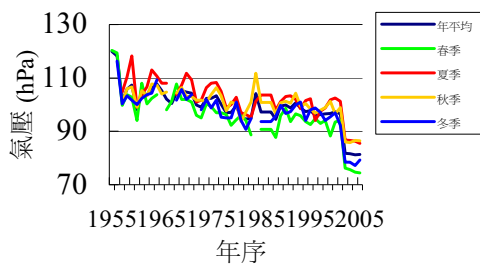


圖2 台北探空對流層頂氣壓歷年各季變化趨勢圖 (1955-2005)

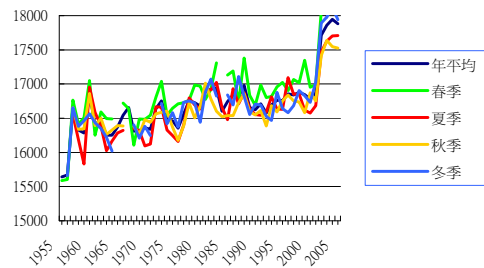


圖3 台北探空對流層頂高度歷年各季變化趨勢圖 (1955-2005)

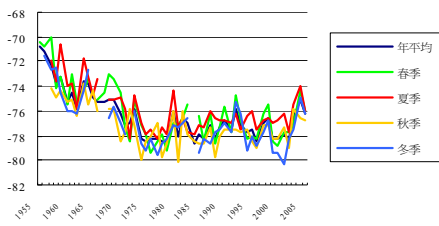


圖4 台北探空對流層頂溫度歷年各季變化趨勢圖

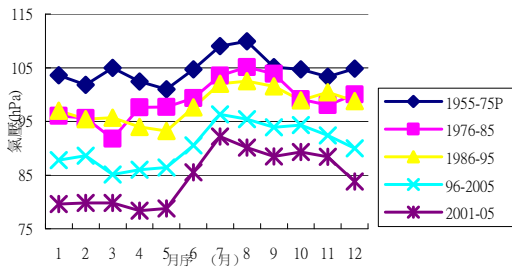


圖5 台北探空對流層頂氣壓年變化歷年分段比較

(1955-2005)

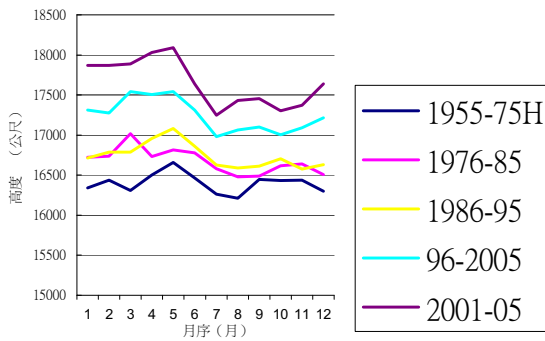


圖6 台北探空對流層頂高度年變化歷年分段比較

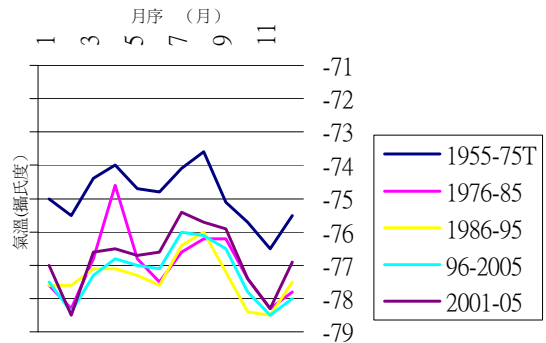


圖7 台北探空對流層頂氣溫年變化分段統計圖