

台灣地區垂直向氣象因子量之合成分析與探討

劉 廣 英 張 儀 峰 葉 文 欽 呂 國 財

空軍氣象聯隊

空軍氣象中心

(中華民國七十五年一月十六日收件，二月十八日修正)

摘 要

本文利用分別位於本省北、中、南(即桃園、馬公和東港)之三處探空站 26 年(民國 45 年至 70 年)的觀測資料，以逐日之 00 z 和 12 z，將地面至 10 mb 共 16 層之高度、溫度、濕度，風向和風速，加以合成獲得代表台灣地區之逐月平均大氣曲線，從中計算分析四大基本氣象因子量即高度、溫度、濕度和風。並將求得之平均大氣溫度曲線和露點曲線，應用斜溫圖推算其他的氣象參數，諸如溫度遞減率、各種穩定指數、混合比、位溫等。

利用合成資料，核算出一條代表台灣地區之標準大氣曲線亦為本文研究之重點，所得結果除可與 ICAN 標準大氣做比較外，並可做為台灣區逐月探空檢核錯誤以及當日大氣垂直秉性與氣候背景差異狀況之參考值。

一、前 言

任何一地垂直向氣象資料之獲得必須仰賴探空氣球之施放，所以探空觀測資料是氣象作業單位每日分析高空圖之基本來源，也是天氣預報和數值預報的重要依據，而探空斜溫圖分析更是了解當地大氣垂直結構最重要的資料。

利用探空資料做基本研究者頗多，我們可以在亢氏(1965)、王氏(1968)、劉氏(1972)、陳氏(1977)、葉氏(1984、1985)和劉(1985)等的報告中得知。再就長期平均而言，大氣環流之認知即依據探空資料計算平均而得，這方面 Lorenz(1967)、Palman and Newton(1969)、Newll etc.(1972)和陳氏(1984)等均有專書介紹。

本研究所計算之桃園、馬公和東港三探空站由地面至 10 mb 各定壓層上之高度、溫度、濕度、風向和風速之月氣候值，似可代表台灣北、中、南三

區之大氣垂直結構秉性。同時利用所獲得之平均探空曲線，由斜溫圖上分析推算出其他重要的氣象參數，諸如結冰高度、各種穩定指數值、飛機凝結尾之上下限，溫度遞減率、混合比、位溫、對流凝結面等，除可提供天氣預報之參考外，亦可提供軍事活動之氣候參考值。

二、資料來源和處理方法

空軍氣象聯隊已將其所屬三處探空站(桃園、馬公和東港)，從民國 45 年至 70 年共 26 年的資料統計為逐月平均資料，每月均為 16 個層次，其資料有地面氣壓、定壓層高度(用重力位呎)，溫度、相對濕度、風向和風速。我們將逐月 00 z 和 12 z 之資料加以統計平均，即代表該月之探空氣候值。將統計值填於斜溫圖上即可求得各地逐月之平均大氣曲線。利用逐月之平均曲線在斜溫圖上先求得飽和混合比，再由各層已知的相對濕度來計算各層之實際混合比，如此即可求露點值。再利用斜溫

表一 台灣地區逐月高度(GPM)氣候平均值(民國45年~民國70年)

氣壓層 (mb)	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
10	30701	30757	30839	30931	31058	31135	31150	31138	31084	30975	30873	30801
20	26181	26173	26239	26318	26441	26521	26582	26553	26520	26420	26314	26230
40	21794	21797	21827	21886	21965	22055	22109	22105	22077	21987	21894	21825
60	19314	19329	19352	19419	19483	19546	19601	19599	19555	19472	19402	19348
80	17647	17651	17680	17725	17792	17852	17878	17874	17837	17771	17715	17675
100	16378	16387	16409	16452	16529	16570	16579	16572	16552	16501	16438	16396
150	13992	14001	14029	14057	14139	14197	14199	14192	14180	14126	14072	14018
200	12209	12216	12236	12264	12347	12394	12401	12393	12383	12336	12294	12241
300	9489	9497	9520	9556	9610	9645	9647	9640	9643	9608	9576	9524
400	7420	7425	7451	7488	7521	7537	7543	7534	7542	7523	7500	7455
500	5738	5742	5770	5792	5813	5821	5826	5818	5827	5822	5805	5770
600	4320	4323	4345	4366	4369	4370	4373	4368	4378	4381	4374	4348
700	3094	3096	3110	3118	3114	3109	3111	3104	3116	3130	3129	3113
850	1515	1514	1510	1502	1486	1474	1470	1465	1481	1510	1522	1519
1000	160	153	138	114	85	67	63	60	76	117	145	159
SFC(mb)	1021.6	1019.1	1016.8	1013.5	1010.6	1008.0	1006.6	1006.0	1008.5	1014.1	1017.0	1020.0

圖上的溫度和露點曲線即可推得其他氣候參數值。同時以三測站之值合成代表台灣地區的平均探空曲線，並以之為討論之重點。在處理過程中，我們知道測站可能因故無法作業，故觀測資料無法百分之百的齊全，但因採用資料在二十年以上，故平均值有相當的代表性。

三、基本探空氣象因子特徵之分析

我們定地面氣壓、定壓層高度、溫度、露點、相對濕度、溫度露點差、風向和風速為探空資料中的基本氣象因子，其中因相對濕度之平均值僅達300mb，故露點與溫度露點差僅有8層，則某些可以推算出之氣象參數也只能算到300mb。現依台灣區的平均值討論如下：

(一)高度場

高度場之計算從1000mb至10mb間共分為15層，並包括海面氣壓層，共為16層。表一為台灣地區逐月高度氣候平均值。圖1為台灣地區逐月各層之高度與年平均高度氣候值之時空變差圖。

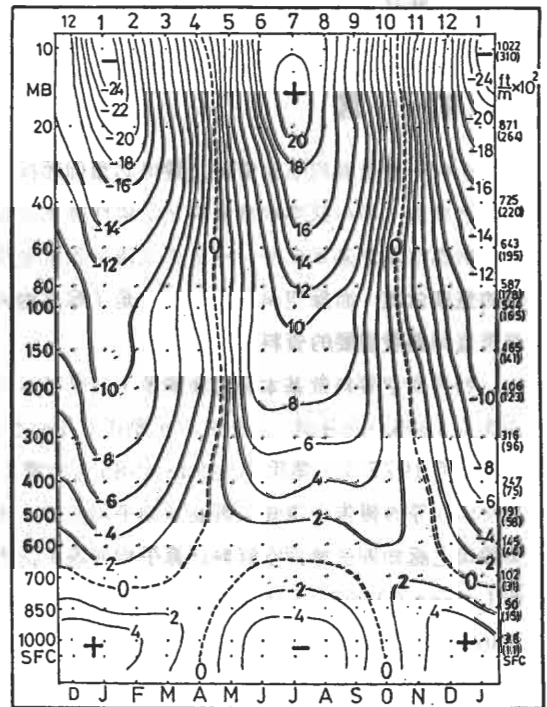


圖1：台灣地區逐月各層之高度與年平均高度氣候值之時空變差圖。(單位：10GPM)

表二 台灣地區逐月溫度 (°C) 氣候平均值 (民國 45 年~民國 70 年)

數 值 月 份 氣 壓 層 (mb)	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月
10	-44.3	-43.2	-41.3	-39.0	-38.6	-39.4	-40.0	-40.8	-41.5	-42.5	-42.3	-42.2
20	-51.8	-51.4	-49.4	-47.8	-46.6	-46.7	-47.1	-48.2	-48.0	-48.5	-50.0	-50.3
40	-59.9	-60.1	-59.2	-58.8	-57.5	-57.0	-56.8	-57.2	-57.1	-57.8	-59.0	-59.1
60	-68.8	-69.1	-69.3	-68.7	-67.9	-66.1	-64.2	-64.0	-64.8	-65.9	-67.3	-68.2
80	-76.5	-76.3	-76.6	-75.6	-75.7	-74.7	-71.7	-71.6	-72.7	-74.2	-75.8	-76.3
100	-76.5	-76.3	-76.1	-75.6	-75.6	-76.0	-75.0	-74.8	-75.8	-76.6	-77.1	-76.5
150	-65.4	-65.6	-65.3	-64.7	-64.7	-65.3	-64.7	-64.7	-65.0	-65.4	-66.2	-66.2
200	-53.3	-53.2	-53.2	-53.5	-52.3	-51.4	-50.9	-50.8	-51.6	-52.6	-53.4	-53.8
300	-32.8	-32.7	-33.1	-33.6	-31.0	-29.1	-29.1	-29.2	-30.1	-31.5	-32.6	-33.2
400	-19.3	-19.2	-19.6	-18.9	-16.4	-14.4	-14.6	-14.6	-15.1	-16.8	-18.0	-19.1
500	-9.8	-9.7	-9.3	-7.8	-5.4	-4.5	-4.4	-4.4	-4.7	-6.3	-7.7	-8.8
600	-2.9	-2.7	-1.8	0.2	2.2	3.5	4.0	3.8	3.6	1.7	0.6	-1.5
700	2.0	2.7	5.1	7.8	9.4	10.4	11.3	11.0	10.4	8.4	6.3	3.7
850	9.2	10.1	12.4	15.3	17.4	18.7	19.5	19.3	18.2	15.6	13.0	10.8
1000	15.2	16.0	18.3	22.0	24.7	26.3	27.6	27.2	26.1	23.3	20.5	17.3
SFC	16.1	16.5	18.9	22.6	25.1	26.7	27.8	27.4	26.5	24.1	21.0	17.7

由圖及表顯示，大氣底層（約 700 mb 以下）各定壓層之高度多高夏低，中至高層則漸反向，越高差距越大而成爲冬低夏高，零等變差值約出現在 700 ~ 850 mb 之間的高度，月份則分別出現在 4 ~ 5 月份間的春季和 10 ~ 11 月份間的秋季。

(二)溫度場

表二爲台灣地區逐月溫度 (°C) 氣候平均值。圖 2 爲台灣地區逐月各層之溫度與年平均氣溫氣候值之時空變差圖。表三爲台灣地區露點氣候平均值。由圖表中顯示在 700 mb 以下之 6 ~ 9 月份，10 mb 層附近 4 ~ 7 月份之氣溫較高，而 80 ~ 100 mb 層之氣溫最低，在 100 mb 以下至地面爲對流層，溫度隨高度遞減，以上爲平流層，溫度隨高度略遞增。溫度之時空正變差底層介於 4 ~ 10 月份，至高層 (150 mb 以上) 則偏向 3 ~ 8 月份，負變差底層則介於 11 ~ 4 月份至高層則爲 9 ~ 2 月份。變差最明顯除低對流層 (500 mb 以下) 和 10 ~ 20 mb 之高層外，在低平流層 (60 ~ 80 mb) 亦很顯著，變差最小則出現在 150 mb 層。露點由底層夏季之 +25°C 左右至冬季 300 mb 之接近 -47°C。

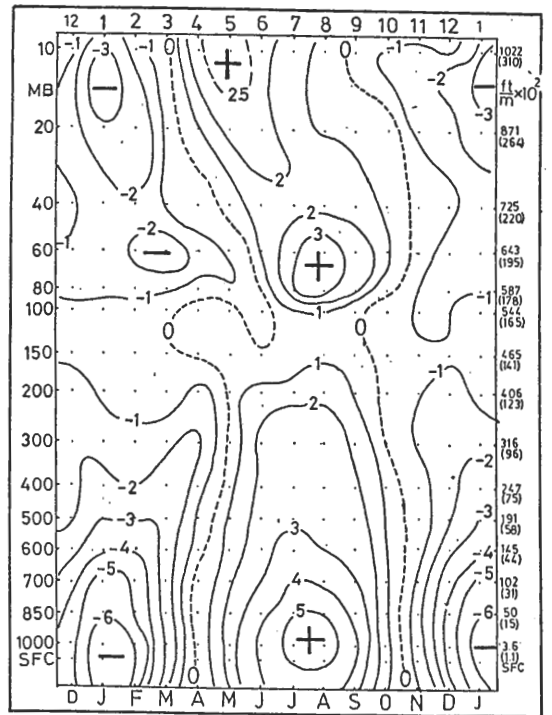


圖 2：台灣地區逐月各層之溫度與年平均氣溫氣候值之時空變差圖。(單位：°C)

表三 台灣地區逐月露點(°C)氣候平均值(民國45年~民國70年)

氣壓層 (mb)	數值 月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
		月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月
300		-46.2	-45.9	-46.0	-43.5	-42.0	-38.0	-39.1	-38.8	-41.7	-43.1	-45.2	-46.0
400		-34.5	-32.8	-32.0	-29.0	-25.5	-22.8	-24.5	-24.2	-25.8	-27.5	-30.8	-32.5
500		-24.0	-22.2	-21.3	-18.4	-13.5	-11.8	-13.5	-12.5	-13.9	-16.4	-18.4	-21.6
600		-14.2	-12.5	-10.7	-8.1	-4.2	-2.8	-4.0	-3.8	-4.5	-7.3	-9.8	-13.2
700		-5.0	-3.9	-2.1	0	2.9	4.0	4.4	4.1	3.2	0.6	-1.6	-4.0
850		4.5	6.1	8.3	10.6	12.2	14.3	14.7	14.9	14.0	11.1	8.0	5.7
1000		12.0	13.0	15.3	19.1	21.8	23.7	24.5	24.7	23.2	20.0	17.2	14.1
SFC		13.2	13.7	16.1	20.0	22.6	24.1	25.0	25.0	23.5	21.1	17.9	14.7

(三)濕度場

表四為台灣地區逐月相對濕度氣候平均值。圖3為台灣地區逐月各層之相對濕度與年平均相對濕度之時空變差圖。表五則為台灣地區逐月溫度露點差氣候平均值。

由以上圖表顯示低層全年濕度較大，這與東北季風、梅雨和颱風有關。而水汽含量在4~10月份可往上传，在變差圖及溫度露點差值中顯示5~6月份濕度最大，說明梅雨季在本省是存在的，而且相當明顯。在冬半年台灣地區低層濕度雖大，但在700mb以上則較乾燥，也就是說其雲狀以層狀雲為主，缺少直展雲。

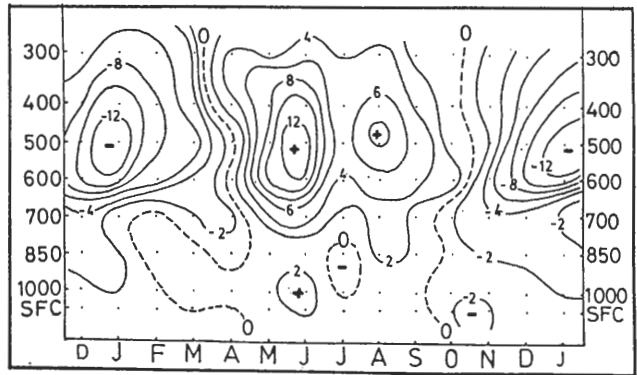


圖3：台灣地區逐月各層之相對濕度與年平均相對濕度之時空變差圖。(單位：%)

表四 台灣地區逐月相對濕度(%)氣候平均值(民國45年~民國70年)

氣壓層 (mb)	數值 月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
		月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月
300		24.0	24.5	26.8	35.5	35.2	37.2	34.7	36.7	32.8	32.2	29.0	26.2
400		26.5	28.5	32.3	39.3	44.0	48.2	41.3	43.7	40.8	37.3	33.2	29.2
500		29.3	34.2	36.3	41.0	52.1	56.7	48.7	51.0	48.0	44.3	41.0	33.2
600		39.8	44.7	48.7	51.5	61.5	62.5	54.8	57.0	55.7	51.0	45.3	40.8
700		59.2	60.5	58.3	57.2	63.8	64.7	61.8	62.3	61.2	58.0	56.5	57.0
850		71.2	75.2	75.3	73.2	74.5	75.2	73.7	76.0	75.7	73.7	71.8	71.0
1000		80.2	82.0	83.0	82.8	84.0	84.7	82.0	83.2	83.2	80.8	81.0	81.2
SFC		82.0	83.3	83.5	83.2	84.3	85.7	83.7	85.0	84.2	81.3	81.3	82.5

表五 台灣地區逐月溫度露點差(°C)氣候平均值(民國45年~民國70年)

氣壓層 (mb)	數值 月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
		月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月
300		13.4	13.2	12.9	9.9	11.0	8.9	10.0	9.4	11.6	11.6	12.6	12.8
400		15.2	13.6	12.4	10.1	9.1	8.4	9.9	9.6	10.7	10.7	12.8	13.4
500		14.2	12.5	12.0	10.6	8.1	7.4	9.1	8.1	8.2	10.1	11.0	12.8
600		11.3	9.8	8.9	7.9	6.4	6.3	8.0	7.6	8.1	9.0	10.4	11.7
700		7.0	6.6	7.2	7.8	6.5	6.4	6.9	6.9	7.2	7.8	7.9	7.7
850		4.7	4.0	4.1	4.7	4.6	4.4	4.8	4.4	4.2	4.5	5.0	5.1
1000		3.2	3.0	3.0	2.9	2.9	2.6	3.1	2.5	2.9	3.3	3.3	3.2
SFC		2.9	2.8	2.8	2.6	2.5	2.6	2.8	2.4	3.0	3.0	3.1	3.0

(四) 風場

為風速之氣候平均值。圖 4 為逐月平均風之分布圖

表六為台灣地區逐月風向氣候平均值，表七則

，由圖表得知台灣區域所出現之主要風系可分為：

表六 台灣地區逐月風向 (Deg.) 氣候平均值 (民國 45 年~民國 70 年)

數月 氣壓 層 (mb)	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十一 月	十二 月
10	098	217	267	106	086	086	087	087	088	086	325	088
20	087	100	089	083	088	086	086	087	089	087	095	090
40	303	320	324	053	085	083	085	086	085	090	040	320
60	257	258	259	254	071	078	082	083	085	098	208	253
80	254	257	261	264	348	061	077	080	082	180	247	255
100	256	255	261	265	307	039	072	077	073	247	252	255
150	253	255	257	264	290	350	069	070	027	264	253	252
200	254	255	258	264	282	345	073	066	018	265	256	255
300	259	259	261	262	269	290	084	077	043	266	257	258
400	260	261	261	260	263	273	100	088	098	266	257	258
500	262	262	263	260	258	236	129	103	115	266	256	256
600	260	261	265	256	254	234	148	121	111	271	253	255
700	255	256	262	251	248	229	170	137	098	327	246	252
850	190	179	267	211	233	222	186	190	060	060	057	047
1000	026	026	016	018	022	235	186	241	027	022	026	020
SFC	024	021	019	019	021	180	179	230	023	021	025	021

表七 台灣地區逐月風速 (KTS) 氣候平均值 (民國 45 年~民國 70 年)

數月 氣壓 層 (mb)	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十一 月	十二 月
10	13.6	10.8	11.1	9.8	19.7	37.2	52.0	53.4	38.5	13.5	8.5	16.7
20	13.4	9.8	9.3	10.3	21.0	35.2	48.2	49.2	36.8	19.3	7.0	10.5
40	9.6	11.3	11.7	7.9	17.0	29.6	41.5	41.2	30.5	16.8	7.3	9.1
60	23.5	26.8	23.2	9.8	10.2	24.3	36.9	34.9	24.0	10.2	9.5	19.1
80	41.8	45.2	42.2	23.1	9.4	19.6	35.0	32.3	20.8	7.2	21.4	36.7
100	61.3	61.0	56.3	37.8	17.1	17.0	32.5	28.8	16.4	13.2	35.8	53.8
150	87.2	85.9	81.3	57.6	31.7	15.4	23.0	18.4	10.8	24.0	50.2	76.2
200	98.0	93.1	88.8	61.0	33.5	13.3	16.7	12.9	9.6	27.2	55.2	83.1
300	92.5	87.1	79.8	49.5	27.8	10.7	10.3	9.0	8.1	23.5	48.9	72.2
400	75.8	73.5	62.0	37.4	22.3	10.9	7.4	6.9	7.4	17.6	37.3	57.9
500	56.8	52.3	44.7	29.7	18.6	12.2	6.6	5.4	6.6	13.4	27.9	45.9
600	37.5	35.7	31.8	22.3	16.4	13.6	6.9	4.7	7.2	8.9	17.1	29.8
700	20.0	20.4	20.3	15.8	13.7	13.8	6.8	4.3	5.2	5.8	8.7	14.6
850	5.4	5.3	6.3	6.3	7.8	10.6	7.3	4.4	6.7	8.6	8.6	5.6
1000	11.9	10.9	8.7	5.0	4.1	3.4	4.2	2.9	5.4	10.5	12.9	11.6
SFC	10.2	9.8	7.8	5.0	3.6	2.9	3.3	2.4	5.1	9.3	11.0	10.5

- (1)低對流層之東北季風，涵蓋了春、秋及冬季。
- (2)低至中對流層之西南季風，以夏季及梅雨期為主。
- (3)中對流層之太平洋東南信風。
- (4)中對流層至低平流層之極地西風（略偏西南西風）。
- (5)中對流層至平流層之高空東風。

以上五大風系之結構及其盛行季節均有一定的配置（葉等，1985），在冬季西風之軸心出現在200mb（約為四萬呎），夏季之東風則隨高度增強中。因已遠離摩擦層，故高層之地轉風其風向大致相同，除風向轉換層外，東西緯流風之風速，氣候值與實際平均大致相同。近地層之低對流層之風向深受地形摩擦和氣壓系統變換所左右，故合成後之氣候值，雖風向能表現出氣候特徵，但風速則明顯偏低。

利用表六及表七之數值以向量分解法，可將台灣區之風場化為緯流及經流之垂直分布如圖5和圖6所示。台灣區700mb以下除盛夏外大致為微弱之東向緯流，之上由10月至隔年6月份，西向緯流隨高度至200mb達最高峯（90哩/時以上），再往上西風風速遞減，至低平流層的40mb以上再度變為東風。夏季東風緯流則隨高度仍一直在遞增中，至10mb已達50哩/時。比較起來南北之經流較弱，在上對流層及對流層頂附近（300mb~100mb）南向經流可達西風緯流的25%，另一明顯之南風經流出現在6月份之700mb，雖尚不及10哩/時，但在其上空之上對流層（150mb）則有一個明顯北風經流可達15哩/時，這種配置和本省梅雨季之形成有關，即來自太平洋高壓迴流及孟加拉灣之西南氣流之匯合雖在台灣區造成上升運動（西南氣流與地形的合併作用），其高層的外流（

圖5：台灣地區逐月由地面至10mb共16層之緯流時空分布圖。（民國45年~70年之平均）

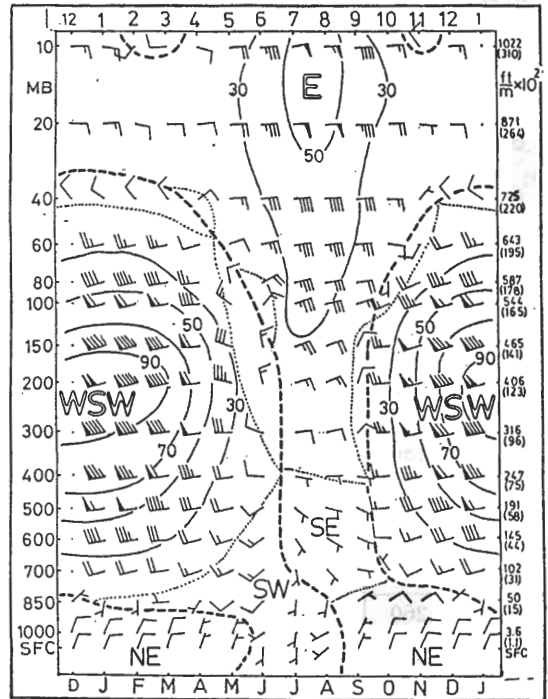
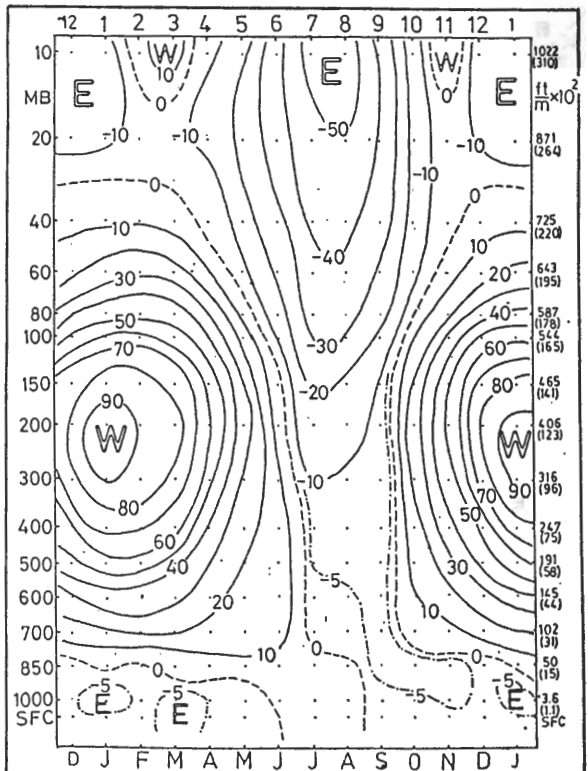


圖4：台灣地區逐月由地面至10mb共16層之風場時空分布圖。（←表示50哩/時，—表示10哩/時，—表示5哩/時，為民國45年~70年之平均，圖中粗斷線表示偏東、西風分界，實線為等風速線。）



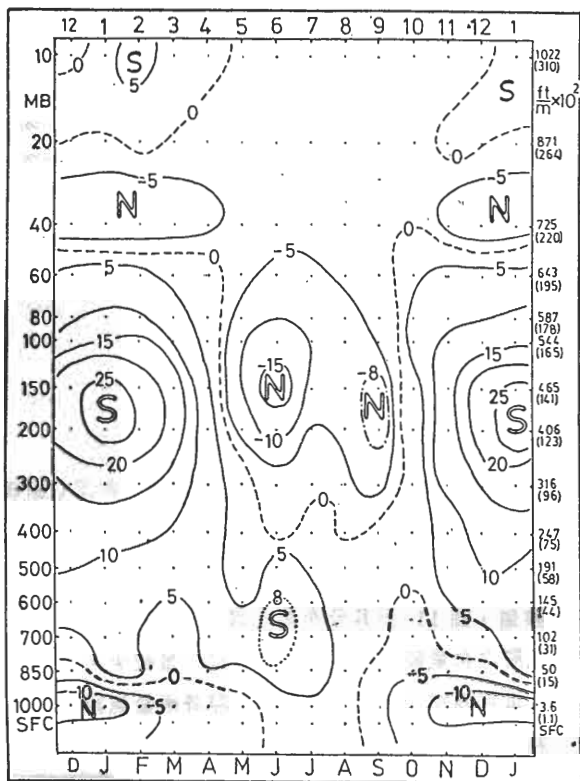


圖 6：同圖 5，但為經流時空分布圖。

outflow) 可能是由於西藏高原之高壓脊東伸至東南沿海，形成北來經流所導致。至於冬半年在對流層及低平流層出現南向經流，亦可視為西藏高原對西風緯流之阻擋分流反應。

四、推算其他氣象參數氣候值之探討

(一) 利用溫度曲線推算之氣候平均值

表八為台灣地區逐月溫度遞減(增)率(°C)

表八 台灣地區逐月溫度遞減率(°C/KM)、結冰高度(ft)、凝結尾(ft)氣候平均值(民國 45 年~民國 70 年)

數 項 目	月 份											
	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十 一 月	十 二 月
10mb/100mb	+2.25	+2.30	+2.41	+2.53	+2.55	+2.51	+2.40	+2.33	+2.36	+2.36	+2.41	+2.38
100mb/SFC	-5.71	-5.72	-5.84	-6.01	-6.13	-6.22	-6.22	-6.18	-6.21	-6.15	-6.02	-5.80
500mb/SFC	-4.65	-4.69	-5.00	-5.35	-5.32	-5.42	-5.58	-5.51	-5.42	-5.33	-5.06	-4.72
結冰高度	11800	12100	13150	14150	15350	15850	16150	16150	15950	15050	14300	13150
凝結尾頂	68200	68300	68900	68300	66750	65800	65800	65550	66100	66300	67800	68500
凝結尾底	38100	37850	37900	37350	39400	39950	40100	40250	39950	39250	37800	37100

／KM)、結冰高度與凝結尾高度之氣候平均值。圖 7 則為台灣地區平流層增溫率、圖 8 為對流層遞減率，圖 9 為結冰高度，圖 10 為凝結尾底和頂之逐月變化分布圖。

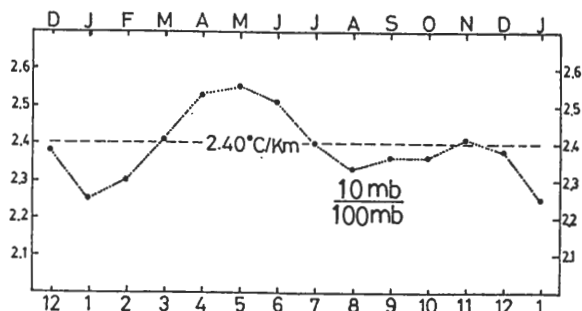


圖 7：台灣地區平流層(100mb~10mb)逐月溫度遞增率分布圖。(單位：°C/KM)

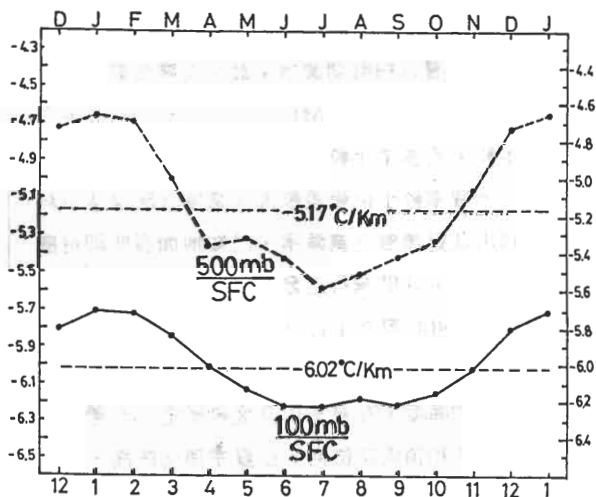


圖 8：台灣地區對流層(地面~100mb及地面~500mb)逐月溫度遞減率分布圖。(單位：°C/KM)

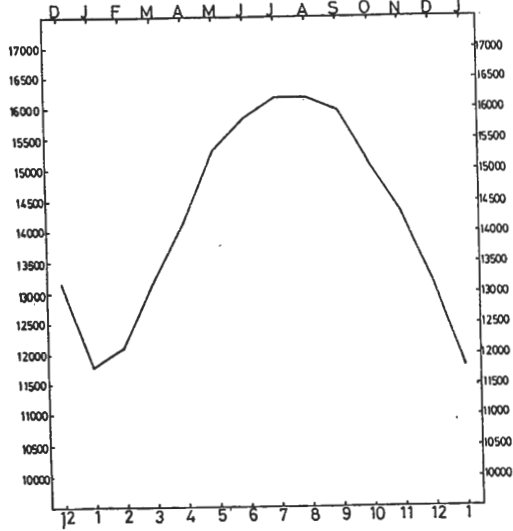


圖 9：台灣地區逐月結冰高度變化分布圖。(單位：重力位呎)

在平流層以梅雨期遞增率最大而隆冬最小，相差不過只有 $0.3^{\circ}\text{C}/\text{KM}$ 而已。對流層之遞減率在夏半年較大而冬半年較小，低對流層 (500 mb 以下) 之遞減率較小但變差較大。當逐日缺探空資料時，利用低對流層之遞減率，已知地面溫度即可概估結冰高度，以供飛行之參考。台灣地區之結冰高度介於 11,800 呎至 16,200 呎之間，真正偏差出現較大時是在冬季，當有寒潮南下時結冰高度會下降到很低的高度，在夏季則高度較穩定。台灣地區凝結尾的底和頂成反位向，在夏季頂低底高，冬季則頂高底低。

(二) 利用露點曲線推算之氣候平均值

表九為台灣地區逐月實際混合比 (g/kg) 氣

表九 台灣地區逐月實際混合比 (g/kg) 氣候平均值 (民國 45 年~民國 70 年)

數月 氣壓層 (mb)	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十一 月	十二 月
300	0.19	0.20	0.20	0.27	0.33	0.48	0.42	0.42	0.34	0.29	0.23	0.20
400	0.53	0.60	0.65	0.86	1.19	1.54	1.30	1.35	1.18	0.97	0.73	0.61
500	1.1	1.3	1.38	1.8	2.66	3.1	2.7	2.9	2.6	2.1	1.76	1.33
600	2.1	2.4	2.8	3.5	4.7	5.2	4.8	4.8	4.6	3.7	3.0	2.3
700	3.8	4.1	4.7	5.5	6.9	7.4	7.5	7.4	7.0	5.8	4.9	4.1
850	6.2	7.0	8.1	9.5	11.0	12.1	12.5	12.8	12.0	9.9	8.0	6.8
1000	8.8	9.4	11.0	14.0	16.8	18.6	19.5	19.5	18.3	14.9	12.5	10.2
SFC	9.4	9.7	11.4	14.6	17.4	19.1	20.1	20.1	18.7	15.9	12.8	10.4

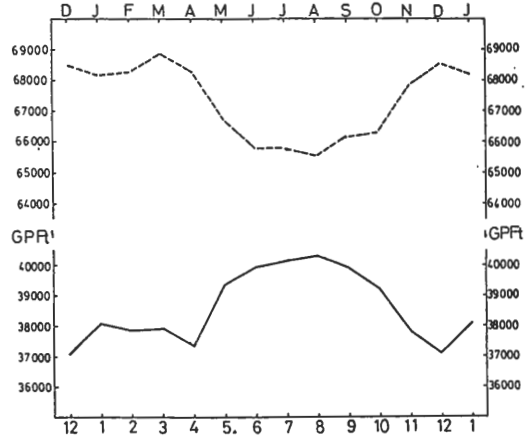


圖 10：台灣地區逐月凝結尾底 (實線) 和頂 (斷線) 變化分布圖。(單位：重力位呎)

候值，圖 11 為其分布圖。實際混合比以夏半年及底層之含量較大而冬季和高層則含量較少，雖然其含量和露點之高低相關但和實際降雨量無絕對正相關。

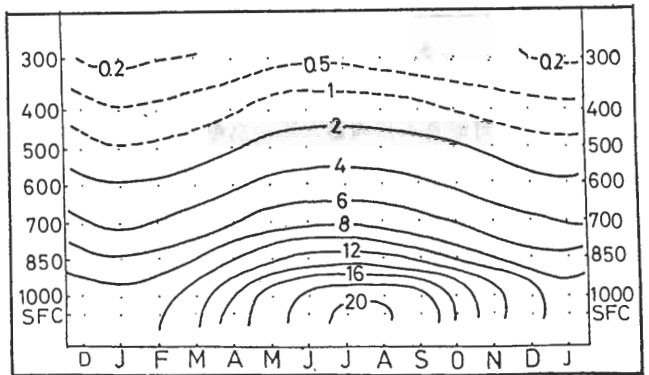


圖 11：台灣地區逐月實際混合比分布圖。(單位：g/kg)

(三)利用溫度和露點曲線推算之氣候平均值

表十為台灣地區各種凝結高度 (mb) 和穩定指數 (°C) 之逐月氣候平均值。圖 12 為台灣地區舉升凝結高度 (LCL)、對流凝結高度 (CCL) 和自由對流高度 (LFC)，圖 13 為總指數和 K 指數，圖 14 則為蕭氏指數之逐月變化分布圖。

由圖表中可知台灣地區的 LCL 變化量是冬低夏高，CCL 在 3 月和 11 月出現高峯，LFC 出現在 5~10 月之夏半年，顯示這半年較易達不穩定的高度就是雷雨出現頻率較多。在總指數和 K 指數均盛夏最高而隆冬最低，這種值常和 LFC 搭配使用。蕭氏指數是中緯度地區發展出來的，正值越大

表十 台灣地區逐月各種凝結高度 (mb) 和穩定指數 (°C) 氣候平均值 (民國 45 年~民國 70 年)

數 值 項 目	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十 一 月	十 二 月
LCL	971	971	971	969	966	968	962	969	959	962	969	969
CCL	898	883	873	915	925	931	921	929	916	927	911	889
LFC	×	×	×	×	840	885	871	882	861	873	×	×
總指數	33.3	35.6	39.3	41.5	40.6	42.0	43.0	43.0	41.6	39.3	36.4	34.1
K 指數	16.5	19.3	22.8	25.9	28.5	31.1	31.7	31.9	29.7	25.2	20.8	17.6
蕭氏指數	10.1	8.3	5.4	3.6	2.4	1.6	0.9	0.8	1.7	4.0	6.6	9.1

越穩定，但從+3 以下則雷陣雨之機會即大增，台灣地區 5~9 月低於此值，與雷陣雨正好相關，在鋒面雷雨出現時可能較難配合。

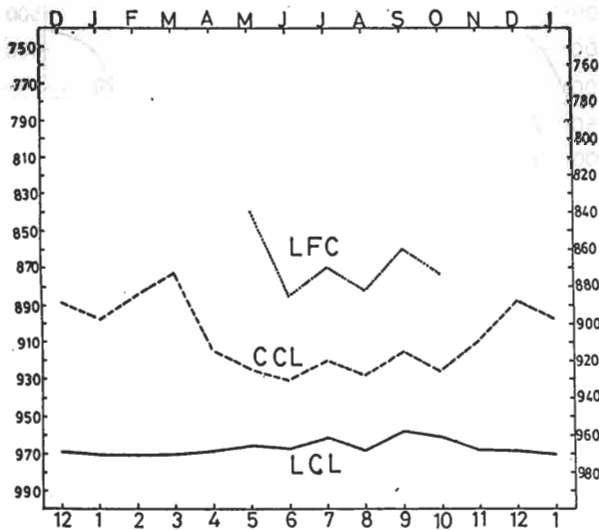


圖 12: 台灣地區舉升凝結高度 (LCL)、對流凝結高度 (CCL)、和自由對流高度 (LFC) 逐月變化分布圖。(單位: mb)。

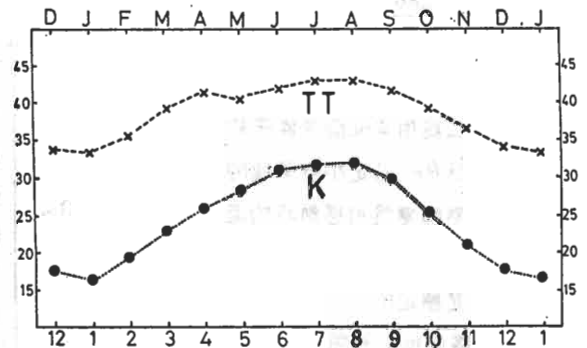


圖 13: 台灣地區逐月總指數和 K 指數變化分布圖。

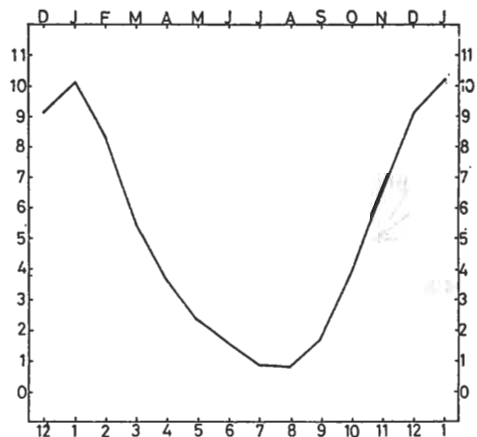


圖 14: 台灣地區逐月蕭氏指數變化分布圖。

表十一為台灣地區逐月濕球位溫 (θ_w) 氣候平均值, 圖 15 為其分布圖。由 5~10 月份之 θ_w 在底層最大, 隨高度至 600 mb 降至最低之後又略升, 唯在研究的範圍內就是隆冬相差亦還不到 10°K , 盛夏則不及 5°K 。

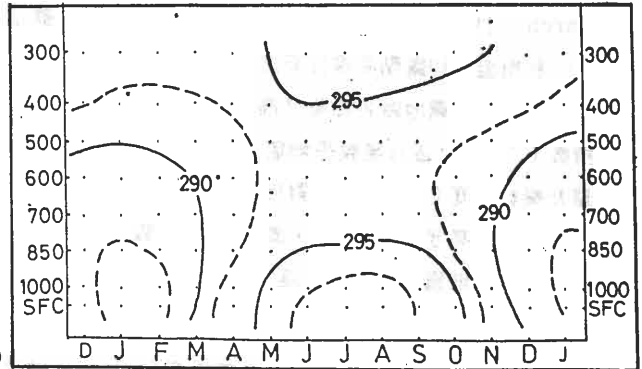


圖 15: 台灣地區逐月濕球位溫分布圖。(單位 $^\circ\text{K}$)

表十一 台灣地區逐月濕球位溫 ($^\circ\text{K}$) 氣候平均值 (民國 45 年~民國 70 年)

數 月 份 氣 壓 層 (mb)	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十 一 月	十 二 月
300	295	294	294	294	295	296	296	296	296	295	295	294
400	292	292	292	293	294	295	295	295	294	294	293	293
500	290	291	291	292	293	294	293	294	294	293	292	291
600	289	289	290	291	293	294	293	293	293	292	291	289
700	288	288	290	291	293	294	294	294	293	292	290	289
850	287	288	290	292	293	295	295	295	295	292	290	288
1000	286	287	290	293	296	297	298	298	297	294	291	289
SFC	287	287	290	294	296	298	299	299	297	295	291	288

表十二為相當位溫氣候平均值, 圖 16 為其分布圖。因為 θ_e 乃是小空氣塊的水汽完全減少至零而全部潛熱轉變為可感熱時的溫度, 雖形態和 θ_w 相似, 但其值較大, 相差亦較明顯。在隆冬 θ_e 隨高度上升是穩定的, 在地面至 300 mb 之差值約 28°K , 至盛夏也是先隨高度下降至 600 mb (不穩定) 之後又略上升, 其差值約 20°K , 也是 5~10 月份之低層 θ_e 較大。

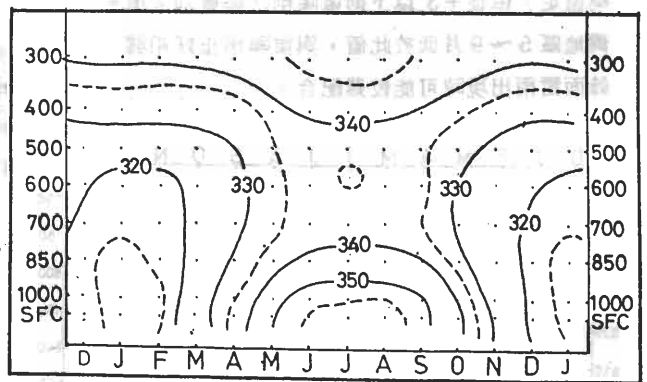


圖 16: 台灣地區逐月相當位溫分布圖。(單位 $^\circ\text{K}$)

表十二 台灣地區逐月相當位溫 ($^\circ\text{K}$) 氣候平均值 (民國 45 年~民國 70 年)

數 月 份 氣 壓 層 (mb)	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十 一 月	十 二 月
300	341	340	341	340	344	346	346	346	344	342	342	340
400	332	332	332	333	337	342	341	340	339	336	332	331
500	324	325	326	330	335	337	336	337	336	332	329	326
600	318	317	322	328	334	337	335	337	336	329	325	322
700	316	317	322	328	334	336	337	337	335	329	324	319
850	314	316	322	330	335	342	342	343	341	331	323	316
1000	312	314	322	334	345	353	354	355	351	338	329	319
SFC	313	314	323	337	347	355	357	358	352	342	329	318

五、台灣區平均自由大氣之分析

ICAN 標準大氣曲線所代表者為中緯度之大氣，不適台灣地區應用。應用桃園、馬公、東港探空資料之合成平均可得一代表台灣區之年平均值，如表十三所示，年平均溫度和風速之垂直分布如圖 17 所示。在年平均中大致可確定台灣區之對流層頂即在 100 mb (-76°C) 附近，整個對流層內以

表十三 台灣地區全年份探空平均基本資料氣候值 (民國 45 年~民國 70 年)

數值 氣壓層 (mb)	項目 高度 (PGM)	溫度 (°C)	露點 (°C)	風向 (度)	風速 (kts)
10	30954	-41.3		087	23.7
20	26374	-48.8		088	22.5
40	21943	-58.3		090	19.5
60	19452	-67.0		163	19.4
80	17758	-74.8		254	27.9
100	16480	-76.0		262	35.9
150	14100	-65.3		260	46.8
200	12310	-52.5		261	49.4
300	9580	-31.5	-43.3	261	43.3
400	7495	-17.2	-28.5	259	34.7
500	5795	-6.9	-17.1	258	26.7
600	4360	0.9	-8.1	255	19.3
700	3112	7.4	0.0	247	12.5
850	1497	14.9	10.3	170	6.9
1000	111	22.0	18.8	025	7.6
SFC	1013.5 (mb)	22.5	19.7	023	6.7

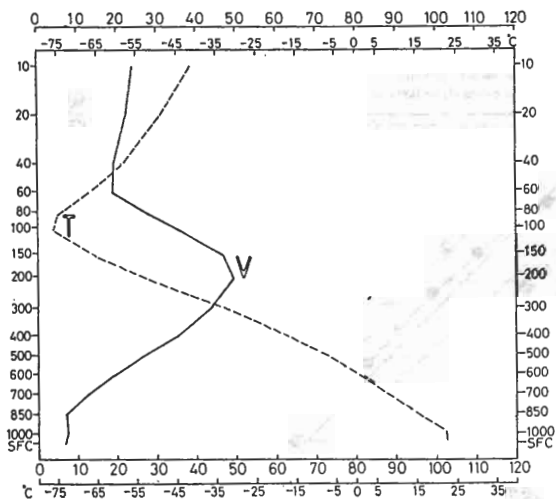


圖 17: 台灣地區年平均溫度和風速之垂直分布圖。

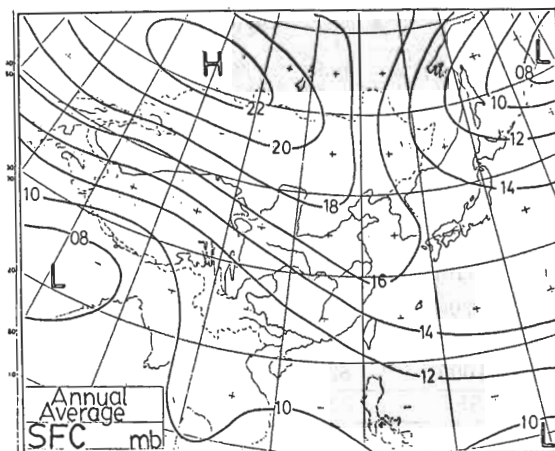


圖 18: 東亞區域年平均地面天氣圖。

西風氣流佔優勢，最大風速在 200mb 約為 50 哩/時，在進入平流層 (60mb 以上) 則東風取得優勢，這樣的風場配置以東亞區域之年平均地面圖 (見圖 18) 而言是相當合理的。

利用濕度層所提供之平均值 (至 300mb) 的垂直空間內所推算之其他氣象參數氣候參考值如表十四所示；利用溫度曲線或露點曲線所求得之單項氣象參數氣候值如表十五所示。

雖然大氣隨時隨地都在變化，不過大氣達到相當高度的平均特性，在航空及火箭工程上均極為有用。圖 19 為中緯度標準大氣與極區及熱帶平均大氣之分布狀況，圖中並將台灣區的平均大氣亦一併繪入以為比較，其高度和溫度偏差則如圖 20 所示。整個大氣之分布特徵，在台灣地區其平均高度差 ($H - \bar{H}$) 由地面至 60mb 是正偏差，以上即轉為負變差，最大正變差出現在 200mb。而 200mb 以下 ($T - \bar{T}$) 台灣區溫度較高由於台灣區之對流層頂較高，而在標準大氣只至約 225mb，故 200mb ~ 30mb 之間台灣區較冷，以上又較暖。由以上之分析可得台灣區平均自由大氣的某些基本特徵如下：

1. 地面平均氣溫為 22.5°C (72.5°F)。
2. 海平面平均氣壓為 1013.5mb。
3. 對流層頂大約在 100mb 為 16500 重力位公尺。
4. 對流層頂之溫度為 -76°C。
5. 對流層內之溫度遞減率為 -6°C/KM，低對流層 (500mb 以下) 則為 -5.2°C/KM。

表十四 台灣地區年平均探空推算之氣象參數氣候參考值 (民國 45 年~民國 70 年)

數 氣 壓 層 (mb)	項 目 值 (單位)	相 濕 度 (%)	溫 露 點 差 (°C)	實 混 合 比 (g/kg)	飽 混 合 比 (g/kg)	位 溫 (°K)	濕 溫 球 度 (°C)	濕 位 球 溫 (°K)	相 濕 當 度 (°C)	相 位 當 溫 (°K)
300		31.4	11.8	0.28	0.90	342	-32.8	295	-30.8	342
400		37.0	11.3	0.91	2.50	333	-20.0	293	-14.6	336
500		43.0	10.2	2.0	4.6	324	-10.4	292	-1.4	331
600		51.1	9.0	3.5	6.8	317	-3.2	291	11.0	328
700		60.0	7.4	5.5	9.2	311	3.4	291	22.2	327
850		73.9	4.6	9.3	12.6	302	12.2	292	40.8	329
1000		82.3	3.2	13.8	16.8	295	19.8	293	60.2	333
SFC		83.3	2.8	14.3	17.2	294	20.8	293	62.4	335

表十五 台灣地區年平均探空 (單項) 氣象參數氣候參考值 (民國 45 年~民國 70 年)

數 地 區	項 目 值 (單位)	10mb 100mb 溫 遞 減 率 (°C/km)	100mb SFC 溫 遞 減 率 (°C/km)	500mb SFC 溫 遞 減 率 (°C/km)	舉 升 凝 結 高 度 (mb)	對 流 凝 結 高 度 (mb)	自 由 對 流 高 度 (mb)	總 指 數 (°C)	K 指 數 (°C)	蕭 氏 指 數 (°C)	結 冰 高 度 (GPft)	凝 結 尾 底 (GPft)	凝 結 尾 頂 (GPft)
台灣區		+2.40	-6.02	-5.17	972	911	×	24.5	39.0	4.7	14650	39700	68100

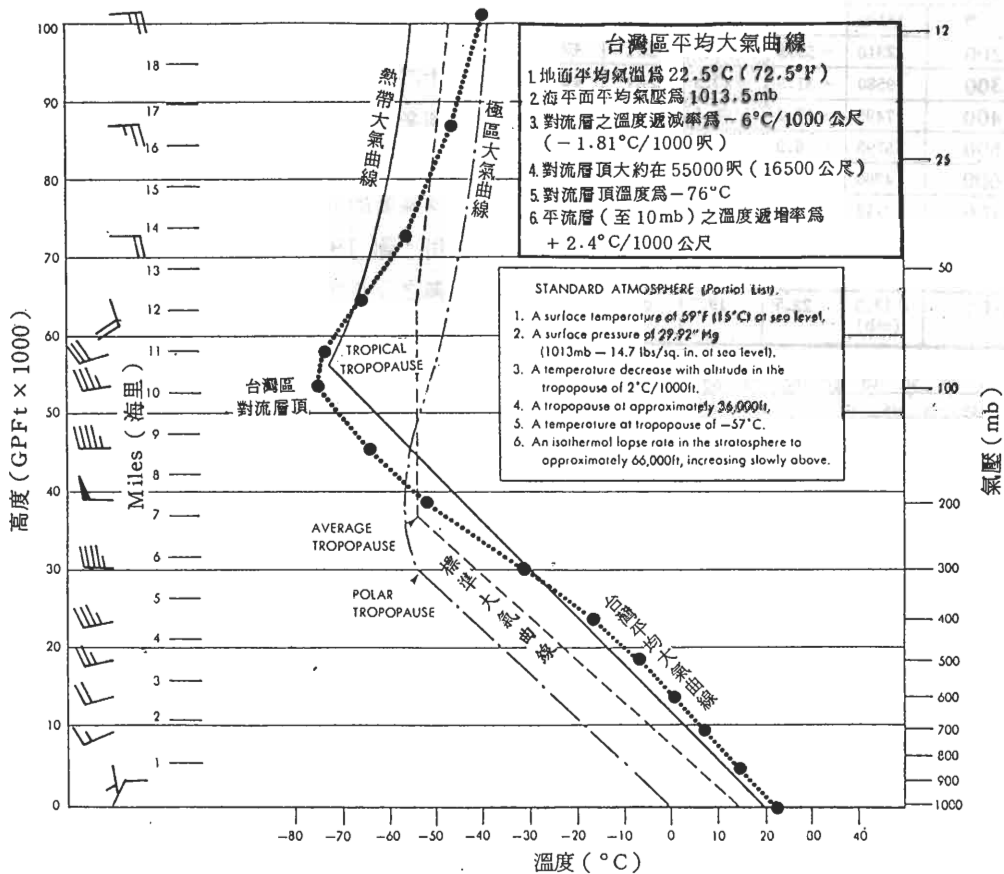


圖 19: 台灣區年平均大氣曲線與標準大氣曲線、極區大氣及熱帶地區大氣曲線比較分布圖。

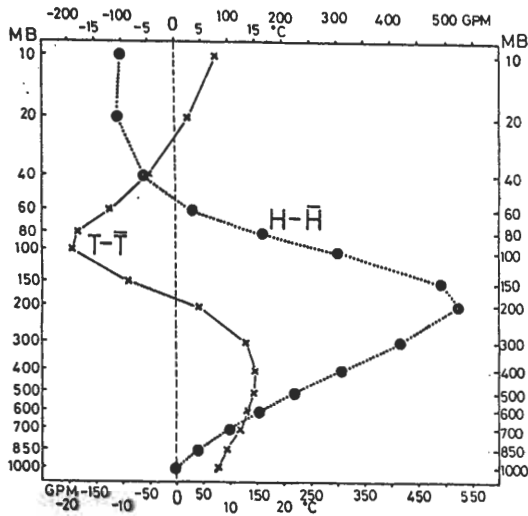


圖 20: 台灣區年平均大氣曲線之高度(H)及溫度(T)與標準大氣曲線之高度(\bar{H})和溫度(\bar{T})之偏差變化圖。

6. 低平流層(至 10mb)以溫度遞減率為 +2.4 °C/KM。

7. 地面風場由北北東順轉, 由 700mb 至 80mb 均偏西南西風佔優勢, 之後逆轉在 60mb 以上即均以東風氣流佔優勢。

8. 大氣穩定度以 θ_e 來判斷, 由地面至 700mb 為

不穩定 ($\frac{\partial \theta_e}{\partial z} < 0$), 700mb 以上至 300mb

則轉為穩定 ($\frac{\partial \theta_e}{\partial z} > 0$)。

六、結 論

台灣區大氣的氣候特徵, 經本研究可歸納如下:

1. 各氣壓層之平均高度隨季節而變, 一般言之, 700mb 層以下冬高夏低, 700mb 層以上則相反。高度變差之零等值線則分別出現在 4-5 及 10-11 月份之間。
2. 溫度場在 100mb 之氣溫最低為對流層頂之所在, 其下之對流層溫度遞減率為 -6°C/KM, 其上平流層之遞增率為 +2.4°C/KM。

3. 濕度場之分布在近地層顯示和地形關係密切, 水汽含量在 4~10 月份可往上傳, 以 5~6 月份最明顯, 顯示在本省的確有梅雨季存在。冬季則受來自大陸之較冷氣流影響, 水汽含量較少。

4. 風場除盛夏東風氣流隨高度遞增外, 其餘季節在對流層內均為西風, 風速隨高度先遞增至 200mb 達最大, 之後遞減至平流層, 最後並反向出現東風氣流。在台灣區明顯的可出現五大風系即(a)東北季風(b)西南季風(c)東南信風(d)高空西風和(e)高空東風。雖然颱風可劇烈改變風場, 但所佔時間(次數)不多, 故長期平均下來, 其對台灣區風場的影響即不存在。

5. 台灣區之年平均大氣曲線與 ICAN 標準大氣有很明顯的差異, 與熱帶平均大氣亦不盡相同, 充分顯示其地理特性。

6. 台灣區之平均狀況有異於中緯度及熱帶地區的標準大氣, 同時, 台灣地區之大氣亦有其季節變化, 而此等變化又與區內天氣或氣候上的特性有密切關係。

誌 謝

本文之完成首先要感謝桃園、馬公和東港之作業人員, 他們默默的堅守崗位從事費時的觀測, 才累積了大批寶貴的資料, 使本研究得以完成。空軍氣象聯隊資料組之統計結果, 更使本研究減少許多處理過程, 一併致謝。

本文為國科會補助專題研究計畫 NSC 74-0202-M 072-05 的部份研究成果。

參考文獻

- 亢玉瑾 (1965): 台灣上空大氣緯流之初步研究。氣象預報與分析, 23 期, P.1~P.12。
- 王時鼎 (1968): 台灣區域環流與長期天氣預報。氣象預報與分析, 34 期, P.1~P.9。
- 劉衍淮 (1969): 台灣高空大氣性質變化之研究。氣象預報與分析, 40 期, P.1~P.12 及 41 期, P.1~P.11。

- 劉衍淮 (1971) : 台灣大氣中對流層頂之研究。
氣象學報, 17 卷, 1 期, P.1 ~ P.33。
- 劉衍淮 (1972) : 台灣高空風與地面天氣之研究。
氣象學報, 18 卷, 4 期, P.1 ~ P.13。
- 陳泰然 (1977) : 台灣地區主觀機率天氣預報之氣候參考值分析。台大大氣科學系研究報告 Prob-Fore-ool 號。
- 陳泰然 (1984) : 大氣環流。民航局技術人員訓練所出版。
- 葉文欽、呂國財、王觀智、莊玉諭 (1984) : 台灣地區緯流與經流之垂直分布探討。航空氣象與飛航安全研討會論文集編, P.503 ~ P.516。
- 葉文欽 (1985) : 台灣上空氣流分析與季節變化之探討, 空軍學術月刊, 第 342 期, P. 51 ~ P. 57。
- 劉廣英、葉文欽、張儀峰 (1985) : 台灣區探空氣象因子量氣候參考值之分析, 空軍氣象聯隊研究報告 013 號, 132 頁。
- U.S.A.F. (1959) : Use of the Skew T Log P Diagram in Analysis and Forecasting AWSM-105-124, 1969.
- Lorenz, E.N. (1967) : The Nature and Theory of the General Circulation of the Atmosphere.
- Palmen, E. and C.W. Newton. (1969) : Atmospheric Circulation Systems.
- Newell, R. E.; J. W. Kidson; D. G. Vincent and G. J. Boer (1972) : The General Circulation of the Tropical Atmosphere and Interactions with Extratropical Latitudes, vol. I, The MIT Press.

On the Mean Vertical Structure of the
Atmosphere over Taiwan Area

Koung-Ying Liu
Weather Wing, CAF
I-fong Chang
Weather Wing, CAF

Franz Wen-ching Yeh
Weather Central, CAF
Gwo-tsair Leu
Weather Central, CAF

ABSTRACT

Some of the meteorological parameters of the mean vertical atmosphere in Taiwan area was composited from the totally 26 years (from 1956 to 1981) data of the three rawinsonde stations of Taiwan which were located at Taoyuan, Makung and Tungking. Four basic meteorological quantities (the pressure height, the temperature, the humidity and the wind field) in 16 mandatory levels from surface to 10 mb, of the atmosphere were calculated. Further more, some other quantities such as temperature lapse rate, condensation level, stability index, freezing level, height of the contrail, mixing ratio, saturation mixing ratio, potential temperature, wet-bulb temperature, wet-bulb potential temperature, equivalent temperature and equivalent potential temperature were also analyzed from the skew T log-P diagram.

Our results show some climatological characteristics of the mean atmosphere over Taiwan, which are:

- (1) the mean temperature at MSL is 22.5°C, and the pressure is 1013.5 mb;
- (2) the mean lapse rate of temperature in the troposphere is -6°C/Km;
- (3) in the stratosphere, from tropopause up to 10 mb, the increasing rate of temperature is about +2.4°C/Km;
- (4) the height of the tropopause is approximately 54,400 geopotential feet which is about at 100 mb pressure level with a mean temperature of -76°C;
- (5) the prevailing wind at surface is NNE and from 700 mb to 80 mb levels the WSW wind is dominated. An upper easterly wind zone is located at the layer from 60 mb to 10 mb;
- (6) from the mean vertical distribution of equivalent potential temperature, it shows that the atmosphere, in the mean, is conditional unstable below 700 mb and conditional stable above 700 mb level.