

台灣北部（桃園）上空氣象因子之氣候特徵

葉文欽 劉廣英 呂國財 張儀峰

（中華民國七十四年七月二十五日收件，八月十四日修正）

摘 要

本文利用桃園探空站共26年（民國45~70年）之逐月00Z 和12Z，以地面至10mb共16層之高度、溫度、濕度、風向和風速，來計算台灣北部之逐月平均大氣曲線。從中分析了四大項基本之氣象因子量：高度場、溫度場、濕度場和風場。並從斜溫圖上的溫度和露點曲線推算一些未能直接在電碼中報出之氣象因子量，同時完成台灣北部年平均大氣曲線並獲得不少重要特徵，所獲結果均以圖和表在文中明示之。

一、前 言

每天0000 GMT 和1200 GMT，全世界所有的無線電探空站都會施放探空氣球，探測當地上空垂直方向的各種氣象資料。這些都是全球氣象作業單位分析高空天氣圖的基本資料，也是日常天氣預報和數值預報的重要依據，而每日所填繪的探空曲線，更是分析了解當地大氣秉性之垂直結構和劇烈天氣預報因子的根本。

一般探空氣球施放的高度常可達十萬呎以上（10 mb 以下），其探測之層次多，故每天所獲得之觀測資料其數目相當可觀。利用探空所獲得之資料，研究者常依其興趣或任務的需求完成其專論，我們可以在亢氏（1965）、王氏（1968）、劉氏（1967、1969、1971 和1971）、陳氏（1977）、王和劉（1978）、葉氏（1984、1985）、劉、葉、張等（1985）的報告中得知。再就長期平均而言，大氣環流之認知即依照探空的各種資料計算平均而得，這方面Lorenz（1967）、Palmam and Newton（1969）、Newell etc、（1972）和陳氏（1984）……等均有專書介紹。

由於首善之區和國際機場以及多數的人口集中在台灣北部，無可諱言的北部地區的各種氣象資料被引用的比較多。在相當近的距離近乎相同的緯度

上亦有空軍的桃園和中央氣象局的板橋兩家探空站，基於經濟和地理分布的合理性，桃園探空站已決定拆遷到東部的綠島上，這對東部地區的高空氣象場和將來重大天氣現象之對比研究將有很大的幫助。而過去桃園測站所累積的資料已相當可觀，很多的比較研究常引用其氣象場如陳等（1982）和葉等（1982）。另外近在咫尺的中正國際機場，桃園探空資料對她而言是一項非常重要而且實用的氣象要素來源，故利用已有的桃園探空資料，加以統計分析除了可做為台灣北部高空氣象因子的一些氣候特徵外，相信亦可增強補充中正國際機場航空氣候資料（民用航空局，1985）之參考性。

二、資料來源和處理方法

每一個探空站將它所探測之垂直上空的氣象資料以TTAA、TTBB、TTCC 和TTDD四組電碼編報地面至100 mb及100mb以上至10mb之定壓層和特性層資料，除可填繪各定壓層高空圖外，也是繪製單站斜溫圖之基本資料。探空電碼中所報出資料，高度用重力位公尺（GPM），氣壓層用毫巴（mb），溫度用攝氏（℃），露點是以溫度減露點的差值（℃）報出，風向用度數（Deg.）而風速則用哩/時（KTS）表示。除此之外尚可獲得各高度之高空風（Pilot）資料是以PPAA、PPBB、PPCC 和

※本文為國科會專題研究計劃NSC74-0202-M072-05之部份成果。

PPDD 的格式，其高度使用重力位呎 (GPFt) 報出該高度的風向風速，主要是提供飛行時較低層的並較詳盡的高空風之用，其他如心戰空飄風層之選訂和對空武器彈道修正均以高空風資料作為主要參考。由此可見一次探空施放所獲得之氣象情報資料相當可觀而珍貴。

本文蒐集了桃園探空站 (25° 03'N; 121° 13'E) 從民國 45 年至 70 年共 26 年的逐月資料，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，先由空軍氣象聯隊資料組統計為逐月 00Z 和 12Z 之平均值，其形式如表 1 所示：

表一：桃園探空測站元月份 0000Z 氣象資料統計表部份實例。

數值 層次	項目 高度 (GPFt)	溫度 (°C)	相對濕度 (%)	風 向 (度)	風 速 (哩/時)
1000 mb	586	13.1	83	057	10.3
500 mb	18859	-11.7	27	260	55.0
100 mb	53898	-75.9		254	59.2
10 mb	101431	-42.4		105	8.1

選取地面至 10mb 共 16 層之逐月 00Z 和 12Z 加以統計平均，即代表該月之探空氣候值，所用的資料即為地面氣壓、定壓層的高度 (並以 1GPM = 3.3 GPFt 加以換算)、溫度、相對濕度、風向和

風速，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。利用逐月之平均各定壓層溫度值在斜溫圖上先求得飽和混合比 (Ws)，再由各層已知的相對濕度來計算各層之實際混合比 (W)，如此即可求露點值 (Td)。再利用斜溫圖上的溫度和露點曲線即可推得各種未報出之氣象因子量的氣候參考值。在處理過程中，我們知道測站可能偶因儀器故障、探空儀缺貨或因颱風正侵襲而無法作業，故觀測資料無法百分之百的齊全，但因使用資料在廿年以上，故平均值當有代表性，所獲結果均以表和圖明示之。

三、基本探空氣象因子特徵

利用所計算之逐月探空平均值，再以斜溫圖推算出用於編發提供氣象作業單位之高空壓溫報告電碼 (TEMP) 中的內容，我們訂地面氣壓、高度、溫度、露點、相對濕度、溫度露點差、風向和風速為探空的基本氣象因子，總共選取地面至 10mb 共 16 層次，其中因相對濕度之平均值僅及 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因子量也只能算到 300mb。現依桃園的平均，以圖和表的方式加以討論並分述如下：

表二：桃園測站逐月高度 (GPM) 氣候平均值。(民國 45 年~民國 70 年)

數值 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	30680	30715	30838	30924	31036	31134	31176	31161	31096	30983	30868	30798
20	26162	26165	26202	26266	26396	26488	26562	26536	26516	26419	26306	26228
40	21766	21775	21803	21840	21939	22031	22092	22103	22064	21968	21870	21806
60	19284	19289	19321	19376	19454	19531	19587	19586	19548	19460	19364	19316
80	17607	17596	17648	17694	17771	17830	17855	17878	17826	17732	17672	17626
100	16317	16320	16358	16412	16490	16545	16574	16568	16543	16471	16393	16354
150	13939	13943	13970	14006	14108	14175	14192	14181	14164	14101	14042	13985
200	12152	12159	12189	12221	12318	12381	12400	12387	12375	12312	12261	12201
300	9440	9448	9478	9523	9582	9638	9648	9641	9639	9594	9549	9495
400	7380	7386	7419	7464	7506	7532	7553	7531	7542	7510	7482	7428
500	5710	5712	5748	5764	5803	5818	5828	5820	5828	5816	5792	5749
600	4301	4307	4327	4354	4362	4362	4376	4370	4376	4379	4366	4332
700	3086	3087	3102	3109	3109	3107	3112	3104	3118	3129	3126	3106
850	1516	1512	1505	1499	1484	1471	1469	1465	1483	1516	1528	1525
1000	173	164	146	118	88	70	65	65	81	127	158	171
SFC (mb)	1022.8	1020.2	1017.5	1014.0	1010.8	1008.0	1006.2	1005.5	1009.0	1015.0	1018.0	1021.0

(一)高度場

高度場包括 1 層的地面氣壓 (亦可以 1mb = 8GPM 換算) 和 15 層的重力位高度。探空儀是將所測氣壓、溫度和濕度以無線電信號傳至地面測站，而使資料成為有用的基本問題，就是決定各項觀測資料的所在「高度」，解決此一問題是由流體靜力方程和虛溫着手積分而得。目前廣大的高空探測網所獲得的高度場是代表以重力位公尺度量的重力位，如此我們才能分析標準定壓面上的等高線 (即重力位) 之高空圖，這就是目前天氣預報和氣象數值預報圖最基本的依據。

表 2 為桃園測站逐月高度氣候平均值 (地面仍以海平面氣壓表示)。圖 1 則為桃園測站逐月各層之高度與年平均高度氣候值之時空變差圖。由圖表顯示，底層 (約 700mb 以下) 高度多高夏低，中至高層則漸反向，越高差距越大而成為冬低夏高，其絕對值則出現在 1 月和 7 月份。變差圖有相同的反應，零等變壓差約出現在 700~850mb 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

探空儀可以直接測得各氣壓層之氣溫和水汽含量，故可推求出露點，所以每一測站的溫度場包括

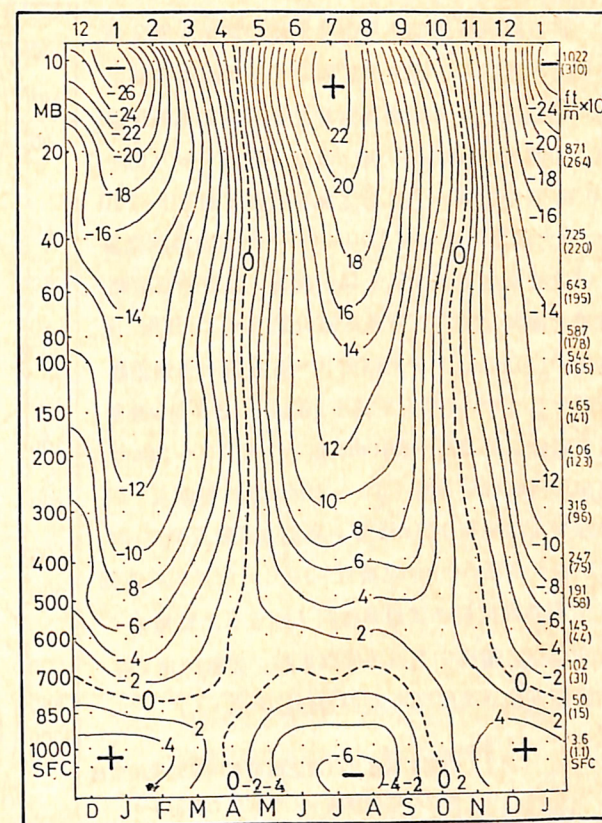


圖 1：桃園測站逐月各層之高度與年平均高度氣候值之時空變差圖。(單位為：× 10 GPM)

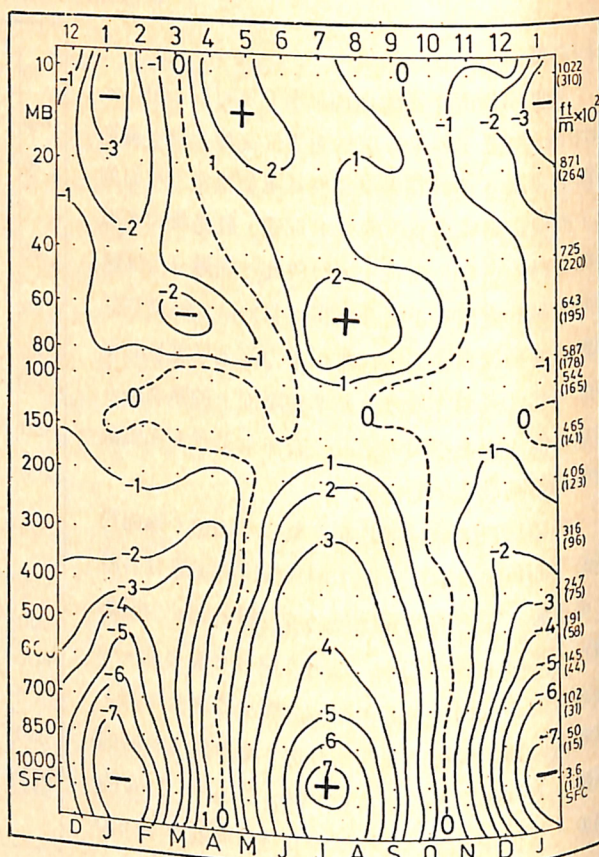
大氣溫度和露點兩項。

表三：桃園測站逐月溫度 (°C) 氣候平均值。(民國 45 年~民國 70 年)

數值 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	-44.3	-42.9	-41.0	-38.7	-39.0	-39.6	-39.9	-40.7	-40.9	-41.7	-42.3	-41.9
20	-51.9	-51.2	-49.8	-48.3	-47.0	-47.0	-47.3	-48.2	-48.0	-49.0	-50.2	-50.4
40	-59.3	-59.5	-58.5	-58.6	-57.4	-56.9	-56.7	-57.0	-57.0	-57.6	-58.4	-58.6
60	-67.9	-67.8	-68.4	-68.2	-67.2	-65.9	-64.0	-63.7	-64.4	-65.3	-66.4	-67.0
80	-75.3	-75.0	-75.4	-75.2	-75.4	-74.9	-71.9	-72.5	-72.5	-73.9	-75.0	-75.0
100	-76.1	-76.1	-75.2	-75.0	-75.5	-76.0	-75.1	-74.8	-75.9	-76.5	-76.4	-76.1
150	-65.4	-65.8	-65.3	-64.9	-65.2	-65.9	-65.2	-65.4	-65.3	-65.8	-66.4	-66.5
200	-53.5	-53.5	-53.5	-54.2	-53.3	-52.1	-51.3	-51.0	-52.1	-53.0	-53.9	-54.2
300	-33.5	-33.4	-34.1	-34.7	-31.9	-29.5	-29.2	-29.7	-30.7	-32.5	-33.7	-34.0
400	-20.6	-20.7	-21.1	-19.9	-17.9	-14.7	-14.7	-14.8	-15.3	-17.3	-18.9	-20.2
500	-11.7	-11.6	-10.8	-8.6	-5.6	-4.7	-4.4	-4.4	-4.8	-6.9	-8.7	-10.2
600	-5.0	-4.4	-3.3	-0.7	1.7	3.2	4.1	3.8	3.7	1.0	-0.9	-3.0
700	0.1	1.1	3.7	6.6	9.2	10.3	11.5	11.2	10.4	7.8	5.1	2.0
850	6.9	8.1	10.8	14.2	16.8	18.8	19.9	19.6	17.9	14.3	11.0	8.6
1000	13.2	13.6	15.9	20.5	23.5	25.8	28.0	27.5	25.5	22.2	19.3	15.6
SFC	14.1	14.2	16.5	20.7	23.9	26.1	28.1	27.7	26.0	23.3	19.5	16.3

表3為桃園測站逐月溫度氣候平均值。圖2則為桃園測站逐月各層之溫度與年平均氣溫氣候值之時空變差圖。表4則為桃園測站逐月露點氣候平均值。由圖表中顯示在700mb以下之6-9月份，10mb層附近4-7月份之氣溫較高，而80~100mb層之氣溫最低，在100mb以下至地面為對流層，溫度隨高度遞減，以上為平流層，溫度隨高度略遞增。溫度之時空正變差底層介於5~10月份，至高層(150mb以上)則偏向3~8月份，負變差底層則介於11~4月份至高層則為9~2月份。變差最明顯除低對流層(500mb以下)和10~20mb之高層外，在低平流層(60~80mb)亦很顯著，變差最少則出現在150mb層。露點由底層夏季之+24℃左右至冬季300mb之接近-50℃，由於在斜溫圖上若無露點則很多其他氣象因子即求不出其量來，故在探空之編碼中是以溫度與露點之差值報出，在斜溫圖上依其差值即可獲得實際露點值。

圖2：桃園測站逐月各層之溫度與年平均氣溫氣候值之時空變差圖。(單位以℃表示)。



表四：桃園測站逐月露點(℃)氣候平均值。(民國45年~民國70年)

數值月份 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	-49.5	-48.5	-48.0	-45.5	-43.7	-39.5	-41.1	-41.0	-43.3	-45.1	-47.2	-48.5
400	-37.3	-35.5	-33.5	-30.8	-26.9	-23.5	-25.9	-25.0	-26.5	-28.9	-31.9	-35.9
500	-27.2	-23.0	-22.0	-19.0	-13.3	-11.4	-13.9	-13.5	-15.0	-17.2	-19.5	-24.0
600	-15.9	-13.0	-11.2	-8.3	-4.1	-2.8	-4.0	-4.4	-5.0	-8.0	-10.2	-13.9
700	-6.1	-3.7	-2.9	-0.7	3.8	4.2	3.8	-4.4	-5.0	-8.0	-10.2	-13.9
850	2.7	5.2	7.3	9.4	12.2	13.8	15.0	14.6	13.2	10.0	7.4	4.8
1000	10.2	11.0	13.5	17.2	20.6	23.1	24.2	24.2	22.3	18.6	16.0	12.6
SFC	11.5	12.1	14.1	18.2	21.2	23.2	24.2	24.2	22.8	19.8	16.2	13.4

濕度場

相對濕度是探空儀直接可以測得而傳報之資料，在電碼中是用T-Td的方式報出，兩者均可表示。

表五：桃園測站逐月相對濕度(%)氣候平均值(民國45年~民國70年)

數值月份 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	19.0	20.5	24.5	33.5	31.5	33.5	32.0	31.0	29.5	28.5	25.0	22.5
400	21.5	26.5	32.0	39.0	46.0	48.5	39.0	42.0	38.5	37.0	30.5	26.5
500	27.0	37.5	39.0	43.0	54.5	59.0	47.0	49.0	45.0	42.0	41.0	30.5
600	41.5	51.0	55.0	55.5	64.5	64.5	55.5	54.0	53.0	51.0	48.0	44.0
700	63.5	67.5	63.0	60.5	68.5	65.0	62.5	58.0	57.5	56.0	56.5	59.0
850	75.5	79.5	78.5	72.5	73.5	73.5	72.0	73.0	75.0	77.0	77.5	75.0
1000	82.0	84.0	86.5	82.0	84.5	84.0	79.0	79.0	81.5	80.5	81.5	82.5
SFC	84.0	86.5	86.0	84.0	84.5	84.0	80.0	81.0	82.5	81.0	82.0	83.5

~18~

表六：桃園測站逐月溫度與露點差值(℃)氣候平均值。(民國45年~民國70年)

數值月份 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	16.0	15.1	13.9	10.8	11.8	10.0	11.9	11.3	12.6	12.6	13.5	14.5
400	16.7	14.8	12.4	10.9	9.0	8.8	11.2	10.2	11.2	11.6	13.0	15.7
500	15.5	11.4	12.2	10.4	7.7	6.7	9.5	9.1	10.2	10.3	10.8	11.8
600	10.9	8.6	7.9	7.6	5.8	6.0	8.1	8.2	8.7	9.0	9.3	10.9
700	6.2	4.8	6.6	7.3	5.5	6.1	7.7	7.9	7.6	8.1	8.0	7.0
850	4.2	2.9	3.5	4.8	4.6	5.0	4.9	5.0	4.7	4.3	3.6	3.8
1000	3.0	2.6	2.4	3.3	2.9	2.7	3.8	4.1	3.2	3.6	3.3	3.0
SFC	2.6	2.1	2.4	2.5	2.7	2.9	3.7	3.5	3.2	3.5	3.3	2.9

時空變差圖。表6則為桃園測站逐月溫度露點差氣候平均值。

由以上圖表顯示低層冬季較濕，與東北季風受地形影響關係密切。而水汽含量在4~10月份可往上传，在變差圖及溫度露點差中顯示以5~6月份最濕，說明梅雨季在本省是存在的，而且相當明顯。在冬季桃園雖低層濕但在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。

四風場

風場包括風向和風速，其處理較繁，是先經分解為東西及南北向的分量，再加以合成即得其平均風場，始能表現出氣候現象的特徵。

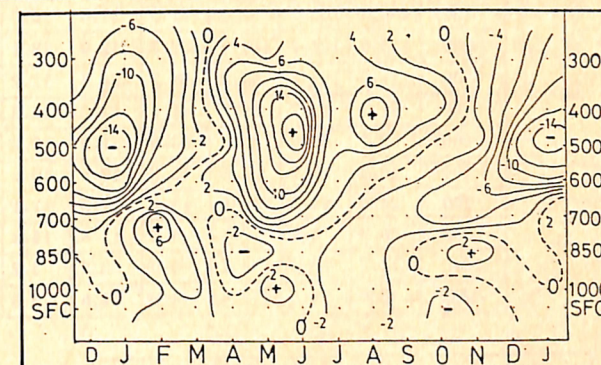


圖3：桃園測站逐月各層之相對濕度與年平均相對濕度之時空變差圖。(單位以%表示)。

表7為桃園測站逐月風向表8則為風速之氣候平均值。圖4則為桃園測站逐月由地面至10mb共16層之風場時空分布圖。

表七：桃園測站逐月風向(Deg.)氣候平均值。(民國45年~民國70年)

數值月份 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
10	114	148	259	139	084	086	087	084	086	082	271	090
20	094	131	087	078	088	085	085	084	088	086	106	084
40	252	243	258	075	082	082	083	084	083	086	255	255
60	255	257	258	260	065	075	080	080	083	101	241	254
80	254	254	261	262	310	051	074	075	079	251	251	256
100	255	256	260	263	292	017	069	073	070	257	254	255
150	254	254	257	263	279	312	064	065	340	262	250	254
200	254	254	257	260	276	290	070	061	340	262	255	256
300	258	257	260	260	266	267	083	073	355	260	254	257
400	258	260	261	258	260	254	102	090	106	260	254	257
500	260	260	262	257	257	243	130	103	145	262	255	257
600	258	257	262	254	252	248	158	117	130	263	254	255
700	251	250	254	247	244	235	183	136	101	269	242	247
850	124	176	219	223	225	223	206	173	082	075	081	085
1000	056	052	054	066	079	168	216	153	072	064	061	057
SFC	055	058	055	063	086	198	198	142	072	065	060	057

~19~

表八：桃園測站逐月風速 (Kts) 氣候平均值。(民國45年~民國70年)

數值 風速 (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	9.7	11.3	8.7	16.6	34.4	51.5	53.3	37.2	9.4	8.8	18.2
20	14.7	8.2	7.2	8.4	18.5	33.9	47.7	48.0	34.5	15.9	5.6	11.1
40	10.4	9.8	10.8	5.7	16.4	27.9	38.9	39.8	28.7	14.1	5.0	9.5
60	27.8	31.7	23.8	10.7	7.1	20.3	36.3	32.3	21.5	6.8	12.3	22.8
80	50.6	53.7	48.4	26.4	11.0	15.0	33.0	30.2	18.1	7.6	28.3	44.3
100	75.1	71.9	67.4	45.5	22.3	13.2	30.3	26.4	12.3	17.5	43.9	67.4
150	106.3	103.1	96.9	65.9	39.6	16.9	21.7	17.9	11.2	31.5	59.5	88.6
200	118.9	111.7	104.5	67.7	42.0	18.1	16.4	12.3	11.3	36.0	69.2	101.4
300	111.6	102.8	94.2	54.7	34.7	17.2	10.0	8.1	9.8	30.7	62.2	87.2
400	86.3	87.7	69.8	41.1	27.0	16.3	6.3	6.0	7.8	21.7	45.4	69.7
500	62.1	57.0	48.5	33.5	21.9	16.2	6.1	5.5	6.8	17.7	36.2	53.8
600	40.9	38.9	34.8	25.3	19.5	16.5	6.5	5.1	9.4	11.6	22.4	35.6
700	24.0	24.5	23.5	19.4	17.3	17.1	7.1	4.4	5.3	6.4	12.3	18.3
850	6.8	6.7	7.7	9.4	11.8	15.4	9.0	5.3	11.7	13.4	13.1	8.3
1000	11.2	10.8	8.7	5.0	3.2	3.2	4.2	3.1	5.8	10.9	13.6	11.9
SFC	7.6	8.6	7.4	4.6	2.6	2.6	2.8	2.4	5.1	8.2	9.4	9.3

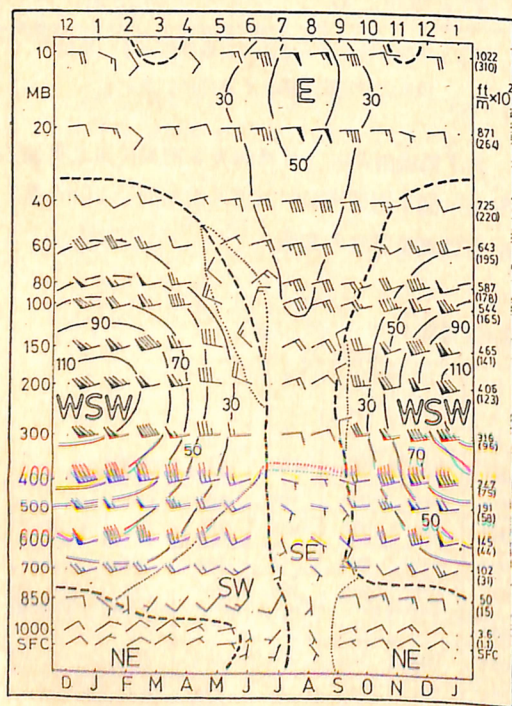


圖4：桃園測站逐月由地面至10mb共16層之風場時空分布圖。(表示50哩/時，表示10哩/時，表示5哩/時，圖中粗斷線表示偏東、西風分界，實線為等風速線，時間為民國45年~民國70年之平均。)

由圖表可知台灣北部所出現之主要風場之風系氣流可分為：(1)低層東北季風。(2)低至中層西南季風。(3)低至中層之太平洋東南信風。(4)中層高空極地西風。(5)高層高空東風。這五大風系之結構型式及其盛行季節均有一定之配置，分別為：

1「低層東北季風」與「高空極地西風」是相配的，在高層且伴有微弱之東風，出現之季節以冬半年(11月至4月份)為主，西藏高原地形及南支槽則導致本省出現WSW之強風，以元月份之200mb為最強。而高層40mb以上在冬季平均值出現微弱東風氣流，則是受到北部太平洋高壓脊西伸至印度地區所造成，其合成之平均圖以30mb為例如圖5

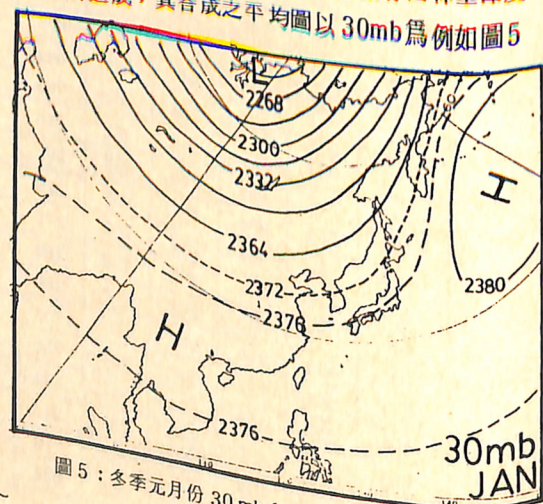


圖5：冬季元月份30mb(80000呎)合成平均圖。

所示。

2低層出現「西南季風」時，在梅雨期前主要伴隨「高空極地西風」，更高層則可出現微弱東風。而開始於春季之西南季風是出現在低層東北季風之上，至梅雨期和夏季則可伸展到地面，而其上空也轉成東風。在梅雨期位於對流層頂附近，台灣北部上空有一明顯之過渡層(風向介於NW至NE之間)，吾人發現是受到青藏高原之高空高壓脊東伸至台灣附近的結果，其平均圖如圖6之100mb(約55000呎)所示。而更高層之東風氣流已明顯增強中。

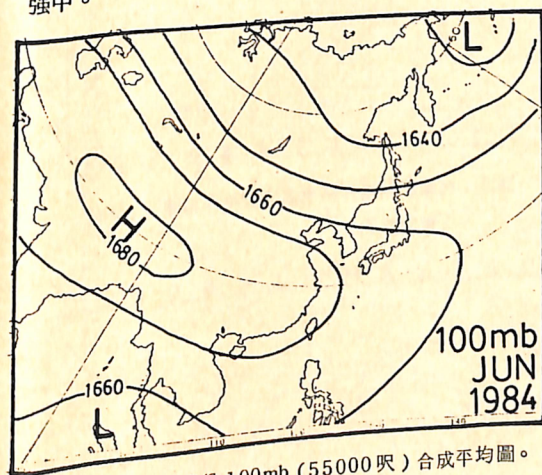


圖6：梅雨期6月份100mb(55000呎)合成平均圖。

3低層出現「太平洋信風」係伴隨高度增強之「高層東風」，主要出現在夏季。在對流層頂附近本省上空之東風氣流係青藏高原高壓自日本南方迴流而來，故氣流為東略偏北，至平流層才有穩定之東風氣流，此時僅在極區上空出現一高壓，整個北半球均為平直東風緯流。在東西風分界面上除5、6月份之高對流層和

低平流層有一明顯之過渡層外，在9~10月份之過渡帶則較不明顯也變化較快。而台灣低層之東北季風真正最強雖出現於隆冬，但最厚則出現於10月份，這是秋風明顯並在台灣附近經過，因熱帶東風氣流之介入所造成，圖7即為10月份之平均圖，很顯然地台灣區的氣流即為剛增強南下之冷氣團和東來氣流匯合而成。

由於風場之運用甚廣，但因低對流層之風向甚受氣壓系統所左右，故其合成後之氣候值，雖風向能表現出氣候特徵，但風速則明顯偏低。冬季西風緯流則因風向一致，風速與實際平均大致相同。

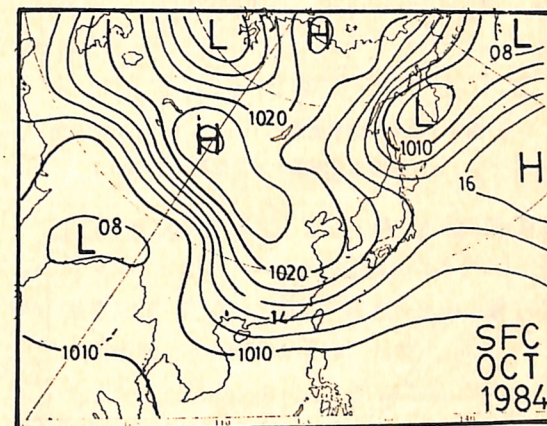


圖7：秋季10月份地面合成平均圖。

四、推算探空氣象因子氣候值

斜溫圖上每次探空壓溫報告所繪之曲線有兩條，其一代表自由大氣溫度(T)，另一則代表露點溫度(Td)，有了這兩條曲線則在斜溫圖上，某些未報出之氣象因子量(unreported meteorological quantity)則可以加以計算。本文即由已知之桃園各層的相對濕度先推求出露點值再算出其他氣象因子量，由溫度曲線也可以求出一些實用的參考值。

表九：桃園測站逐月溫度遞減(增)率(°C/km)、結冰高度(F)、凝結尾(F)氣候平均值。(民國45年~民國70年)。

數值 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
項目	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月
10mb/100mb	+2.21	+2.31	+2.36	+2.50	+2.51	+2.50	+2.41	+2.34	+2.41	+2.40	+2.36	+2.37
100mb/SFC	-5.59	-5.59	-5.65	-5.87	-6.06	-6.20	-6.25	-6.20	-6.19	-6.10	-5.90	-5.71
500mb/SFC	-4.67	-4.65	-4.87	-5.18	-5.16	-5.35	-5.62	-5.56	-5.35	-5.30	-4.99	-4.75
結冰高度	10400	11100	11900	13600	14900	15800	15900	15800	15500	14600	13300	10900
凝結尾頂	69200	68100	68300	67900	66900	67100	67100	65700	66100	67300	67900	67900
凝結尾底	37200	36900	36800	36300	37300	39700	40200	39600	39200	37300	37100	36900

(一)利用溫度曲線推算之氣候平均值。

表9為桃園測站逐月溫度遞減(增)率($^{\circ}\text{C}/\text{km}$)、結冰高度(Ft)、凝結尾(Ft)氣候平均值。圖8則為桃園平流層增溫率，圖9為對流層遞減率，圖10為結冰高度，圖11為凝結尾底和頂之逐月變化分布圖。

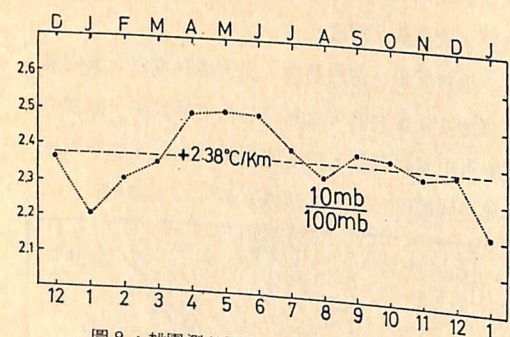


圖8：桃園測站平流層(10mb~100mb)逐月溫度遞增率分布圖。(單位為 $^{\circ}\text{C}/\text{km}$)

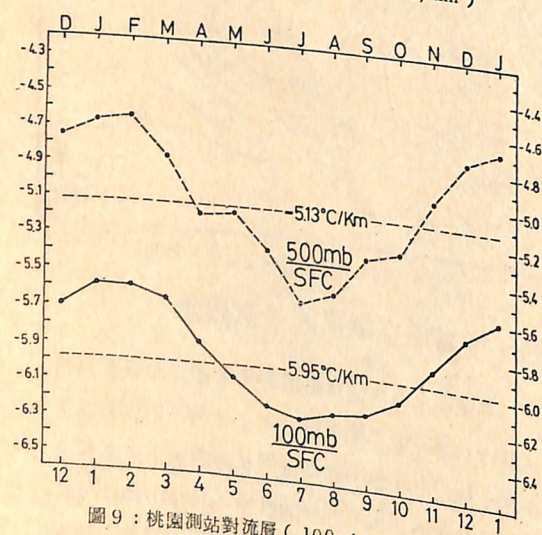


圖9：桃園測站對流層(100mb~地面及500mb~地面)逐月溫度遞減率分布圖。(單位為 $^{\circ}\text{C}/\text{km}$)

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。對流層內之遞減率在夏半年較大而冬半年較小，低對流層(500mb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及地面之溫度即可推估結冰高度以供飛行之參考。台灣北部之結冰高度介於10000呎至16000呎之間，真正偏差出現較

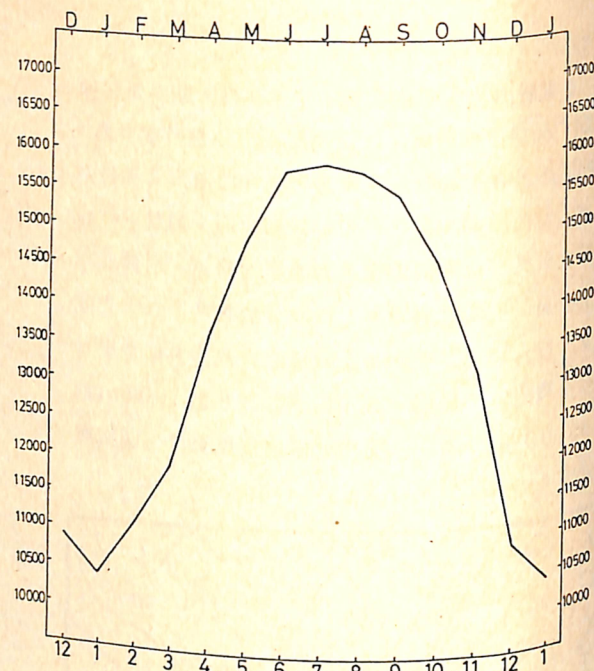


圖10：桃園測站逐月結冰高度變化分布圖。(單位：重力位呎)

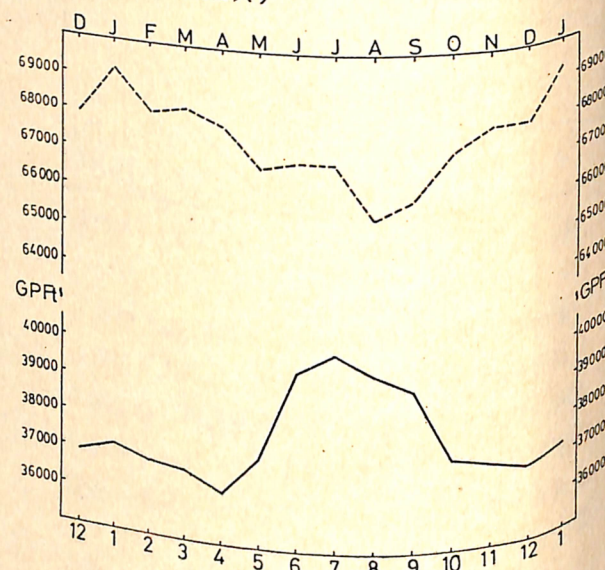


圖11：桃園測站逐月凝結尾底(實線)和頂(斷線)變化分布圖。(單位：重力位呎)

大時是在冬季，當有寒潮南下時結冰高度會下降至很低的高度，在夏季則高度較穩定。凝結尾吾人一般指高空形成的廢氣凝結尾，它可以明顯指出高空飛機的動態，在台灣北部凝結尾的底和頂成反方向，在夏季頂低底高，冬季則頂高底低。

以上所求為單項的氣候值，若利用每一個定壓層上的溫度，可得另外的氣候值，最常被引用的有飽和混合比(g/kg)和位溫($^{\circ}\text{K}$)等，請查閱劉、葉、張等(1985)之報告。

(二)利用露點曲線推算之氣候平均值。

露點曲線可以發現空氣中各高度的真正水汽含

量，也就是實際混合比。表10即為台灣北部上空逐月實際混合比(g/kg)氣候值，圖12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，雖然其含量和露點溫度之高低相關但和實際降雨量無關。

表十：桃園測站逐月實際混合比(g/kg)氣候平均值(民國45年~民國70年)

數 值 份 月	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
氣 壓 層 (mb)	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月
300	0.14	0.15	0.17	0.21	0.27	0.40	0.35	0.34	0.28	0.23	0.18	0.16
400	0.39	0.48	0.56	0.74	1.05	1.45	1.17	1.26	1.11	0.88	0.64	0.48
500	0.8	1.2	1.3	1.7	2.8	3.2	2.6	2.7	2.4	1.9	1.6	1.1
600	1.8	2.3	2.7	3.4	4.6	5.2	4.8	4.6	4.3	3.5	2.9	2.2
700	3.5	4.1	4.5	5.3	7.2	7.5	7.2	6.9	6.6	5.3	4.5	3.8
850	5.5	6.4	7.5	8.7	10.2	11.8	12.5	12.3	11.3	9.0	7.5	6.3
1000	7.8	8.1	9.6	12.3	15.5	18.0	19.0	18.2	17.1	13.6	11.4	9.2
SFC	8.3	8.7	10.0	12.9	16.0	18.1	19.3	18.8	17.7	14.6	11.5	9.7

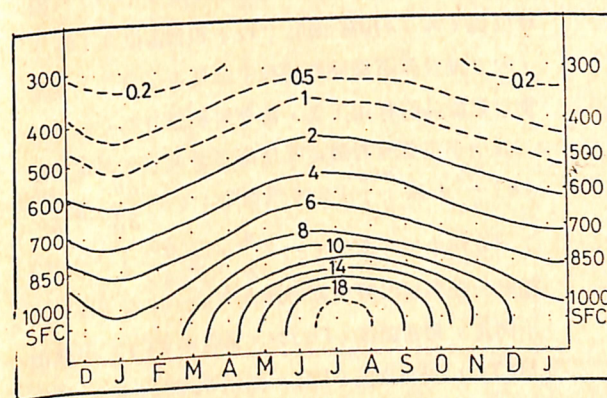


圖12：桃園測站逐月實際混合比分布圖。(單位： g/kg)

(三)利用溫度和露點曲線推算之氣候平均值。

利用溫度和露點所推求的資料和預報天氣之關係最為密切，不但在實際作業方面就是研究機構也常常引用。

表11為台灣北部各種凝結高度(mb)和穩定指數($^{\circ}\text{C}$)之逐月氣候平均值。圖13為桃園舉升凝結高度(LCL)、對流凝結高度(CCL)和自由對流高度(LFC)、圖14為總指數和K指數而圖15則為蕭氏指數之逐月變化分布圖。K值= $(T_{850} - T_{500}) + T_{d_{850}} - (T_{700} - T_{d_{700}})$ 和總指數= $(T_{800} - T_{300}) + (T_{d_{850}} - T_{300})$ 近年來在雷雨預報和研究上常被使用，而其他各種穩定度之理論和求法可參閱美軍出版之 Use of the Skew T Log P Diagram in Analysis and Forecasting (AWSM-105-124; 1959, 林譯, 1966, 氣-017)

由圖表中可知桃園的LCL變化是冬低夏高，CCL在3、7和11月出現高峯，LFC則出現在5-10月之夏半年，顯示這半年較易達到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，這兩種值常和LFC搭配使用。蕭氏

表十一：桃園測站逐月各種凝結高度(mb)和穩定指數($^{\circ}\text{C}$)氣候平均值。(民國45年~民國70年)

數 值 份 月	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
項 目	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月
LCL	974	981	976	966	963	962	947	951	959	961	963	969
CCL	914	909	879	889	910	907	891	905	921	928	911	916
LFC	x	x	x	x	645	790	823	844	859	861	x	x
總指數	33.0	36.5	41.2	40.8	40.2	42.0	43.7	43.0	40.7	38.1	35.8	33.8
K指數	15.1	20.1	23.8	24.9	29.2	31.2	32.7	30.7	28.0	23.1	19.1	16.6
蕭氏指數	11.2	8.6	6.1	4.4	3.5	1.6	0.4	0.8	2.8	5.3	8.0	9.7

指數是中緯地區發展出來的，正值越大越穩定，但從+3以下則雷陣雨之機會即大增，桃園6—9月低於此值，與熱雷雨較具相關，在鋒面雷雨出現時可能即較難配合。

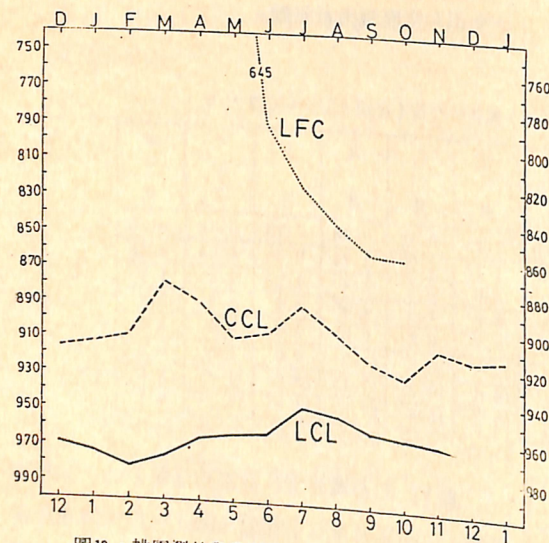


圖13：桃園測站舉升凝結高度（LCL）、對流凝結高度（CCL）、和自由對流高度（LFC）逐月變化分布圖。（單位：mb）

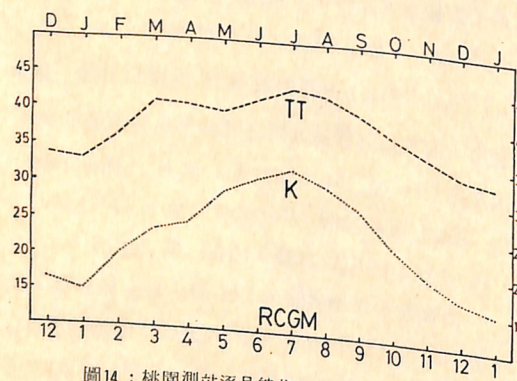


圖14：桃園測站逐月總指數和K指數變化分布圖。

表十二：桃園測站逐月濕球位溫（°K）氣候平均值。（民國45～民國70年）

數月 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	294	294	294	294	295	296	296	296	295	295	294	294
400	292	292	292	292	293	295	295	295	294	293	293	292
500	290	290	291	291	293	294	294	294	293	292	291	290
600	288	288	289	291	293	294	293	294	293	292	291	289
700	287	288	289	291	293	294	293	294	293	292	291	289
850	285	287	288	291	293	294	293	294	293	292	291	289
1000	285	285	287	291	293	294	293	294	293	292	291	289
SFC	285	285	287	291	294	295	295	295	294	293	290	287

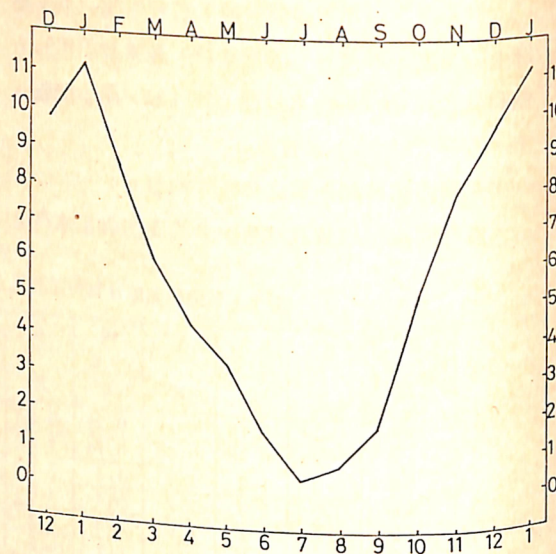


圖15：桃園測站逐月蕭氏指數變化分布圖

利用溫度和露點可以求濕球溫度（ T_w ）、濕球位溫（ θ_w ），相當溫度（ T_e ）和相當位溫（ θ_e ），因在濕及乾兩種絕熱過程中都具有保守性，是鑑別空氣樣品的有用工具，當氣層被舉升直到飽和時，其中小空氣塊的穩定度是由其遞減率來判定，即

(a) $\frac{\partial \theta_w}{\partial Z}$ (或 $\frac{\partial \theta_e}{\partial Z}$) > 0 為穩定；(b) $\frac{\partial \theta_w}{\partial Z}$ (或 $\frac{\partial \theta_e}{\partial Z}$) $= 0$ 為中性平衡；(c) $\frac{\partial \theta_w}{\partial Z}$ (或 $\frac{\partial \theta_e}{\partial Z}$) < 0 為不穩定。在各種溫度中其形態分布是一致的，僅大小不同是：相當溫度（ T_e ） $>$ 大氣溫度（ T ） $>$ 濕球溫度（ T_w ） $>$ 露點溫度（ T_d ）。因為 θ_w 和 θ_e 在討論大氣性質或特殊天氣現象之個案研究時最常被引用，我們也來看看本省北部其氣候分布的現象到底如何？

表12為濕球位溫氣候平均值，圖16為其分布圖。由5～10月份之 θ_w 在低層最大，隨高度至600mb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。

表13為相當位溫氣候平均值，圖17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300mb之差值約30°K，至盛夏也是先隨高度下降至600mb(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，與台灣區的夏半年是相配合的。

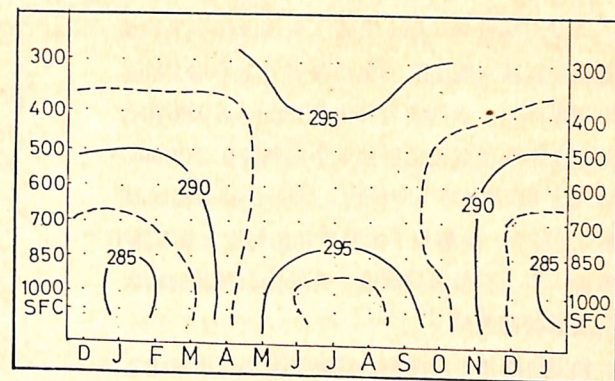


圖16：桃園測站逐月濕球位溫分布圖。（單位 °K = 273° + °C）

表十三：桃園測站逐月相當位溫（°K）氣候平均值。（民國45年～民國70年）

數月 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	339	339	342	338	342	344	344	344	342	340	338	338
400	330	330	329	332	334	341	340	341	338	335	333	331
500	322	323	324	329	335	338	335	335	333	331	328	324
600	318	318	320	326	333	335	335	336	333	328	327	319
700	313	314	320	325	334	337	338	335	333	326	322	316
850	310	312	321	326	334	339	344	342	337	326	319	314
1000	309	309	316	327	338	351	357	351	347	333	325	314
SFC	308	311	315	329	341	348	358	353	349	337	324	314

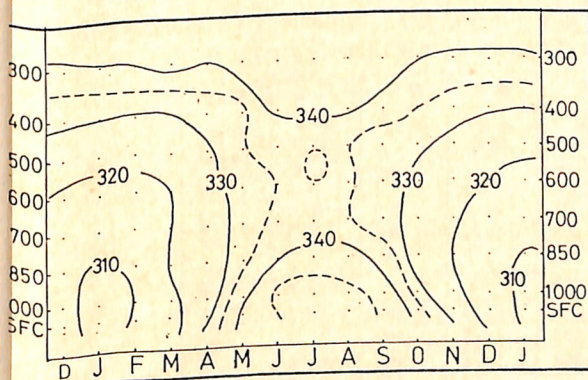


圖17：桃園測站逐月相當位溫分布圖。（單位 °K = 273° + °C）

表十四：桃園測站年平均探空基本資料氣候值。（民國45年～民國70年）。

數月 壓層 (mb)	高度 (GPM)	溫度 (°C)	露點 (°C)	風向 (度)	風速 (kts)
10	30951	-41.1		086	22.7
20	26354	-49.0		087	21.1
40	21921	-58.0		089	18.1
60	19426	-66.3		138	21.1
80	17728	-74.3		262	30.1
100	16445	-75.7		262	41.1
150	14067	-65.6		260	54.9
200	12280	-53.0		258	59.1
300	9556	-32.0	-44.7	259	51.9
400	7478	-18.0	-30.3	258	40.4
500	5782	-7.7	-18.2	256	30.4
600	4351	0.0	-8.4	253	22.2
700	3108	6.6	-0.2	244	15.0
850	1498	13.9	9.7	160	9.9
1000	119	20.9	17.9	065	7.6
SFC	1014.0 (mb)	21.4	18.5	065	5.9

五、台灣北部平均大氣分析

利用桃園的探空可以充分了解台灣北部上空的大氣氣象狀況，逐月的情况在前述二章中均有明確數值可查。由於斜溫圖上有一條 ICAN 標準大氣曲線是以中緯度之美國區為代表，由實際資料之曲線分布情形可知若用為本區預報作業之參考並不合適，故將桃園12個月份的探空資料予以合成計算可得台灣北部地區的平均大氣曲線提供參考。

表 14 為台灣北部(桃園)全年份探空平均基本資料氣候值。圖 18 為在斜溫圖上之平均大氣溫度和露點曲線。從圖表可知由 700mb~80mb 在台灣北部上空西風氣流佔優勢，平均風速在 200mb 最強接近 60 哩/時，年平均天氣圖支持這種風場配置。在 200mb 層以下，溫度和露點均大於 ICAN 之溫度，以上則低於其溫度，那是因台灣緯度較低對流層頂較高所致。

利用桃園年平均溫度和露點曲線另行推算出之各種氣象因子量之氣候參考值可由表 15 和表 16 查得，由這些資料台灣北部上空平均大氣曲線的某些基本特徵如下：

(1)地面平均氣溫為 21.4℃，海平面氣壓為 (1014.0mb)

(2)對流層之溫度遞減率接近 -6.0℃/km，低對流層(500mb 以下)則為 -5.1℃/km。平流層(至 10mb)之溫度遞增率接近 +2.4℃/km

(3)台灣北部的對流層頂大約在 100mb，高度為 16500GPM(約 54500 GPFt)其溫度為 (-75.7℃)

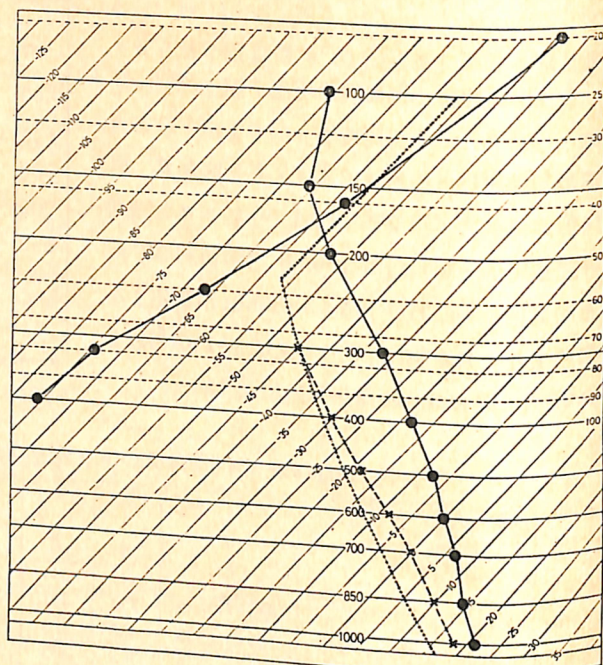


圖 18：桃園測站年平均探空大氣曲線。(實線為大氣溫度，斷線為露點，點線為 ICAN 標準大氣曲線，資料時間為民國 45—民國 70 年。)

表十五：桃園測站年平均探空推算之氣象因子量氣候平均參考值。(民國 45 年~民國 70 年)

數 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	27.6	12.7	0.23	0.85	341	-33.2	295	-31.2	342
400	33.4	12.3	0.77	2.30	332	-21.0	293	-16.2	334
500	42.9	10.5	1.8	4.3	324	-11.2	292	-3.4	330
600	53.1	8.4	3.4	6.4	316	-3.8	291	8.8	325
700	61.3	6.8	5.4	8.8	309	3.0	291	21.6	326
850	75.1	4.2	8.9	11.8	300	11.6	293	38.4	325
1000	82.3	3.0	13.0	15.8	294	18.8	292	57.2	330
SFC	83.3	2.9	13.3	16.0	293	19.4	292	57.8	330

表十六：桃園測站年平均探空(單項)氣象因子量氣候平均參考值。(民國 45 年至民國 70 年)

數 值 (單位)	10mb 100mb 溫 遞 減 率 (°C/km)	100mb 500mb 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)
桃園	+2.38	-5.95	-5.13	969	908	x	24.5	39.0	5.4	14150	38100	68200

(4)地面風場為東北東風順轉由 700mb 至 80mb 均偏西南西風佔優勢，之後逆轉在 60mb 以上至 10mb 均東風佔優勢。

(5)大氣之穩定狀況由 θ 判斷為 850mb 以下不穩定、850mb~600mb 中性平衡，600mb~300mb 則為穩定(是以所求之濕氣層厚度為準)。

六、結 論

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基礎，而探空斜溫圖分析更是了解當地大氣垂直結構秉性最重要的依據。也可以說沒有氣球探空之資料來源，大氣科學不管在氣象學或動力氣象學的領域就沒有今天的局面，數值天氣預報更是不可能。相對的氣象作業單位大概除了地面天氣圖之外，氣象人員已沒什麼圖可以分析了，因為除了基本定壓面標準圖之外，各種衍化出來的圖表可以說均來自探空上的各種資料，可見探空觀測在氣象作業功能之重要性。

由於台灣北部是政、經、軍、交通和人口之集中區，在過去和未來，任何屬於本區的氣象資料必被重視，本文即利用北部地處重要國際機場附近之桃園探空站 26 年資料所獲得之具體成果，除了完成其逐月垂直向基本氣象場外，並推求很多在探空報告中未能報出的氣象因子量逐月氣候值，並完成年平均大氣曲線，對了解台灣北部上空大氣特性在垂直向的氣象因子量氣候特徵將有實際的參考價值。

參考文獻

1. 空軍氣象聯隊：歷年出版之「氣象月報表」及「年報表」。
2. 尤玉瑾(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。
3. 林則銘譯(1966)：美軍斜溫圖分析與預報之應用。空軍總部譯印氣象叢書，氣-017。
4. 劉衍淮(1967)：台灣自由大氣之研究。氣象學報，13 卷，4 期，P.1~P.22。
5. 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。
6. 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。
7. 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。
8. 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。
9. 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-001 號。
10. 王時鼎、劉廣英(1977)：心戰空飄手冊。空軍氣象中心研究報告 016 號。
11. 陳泰然、劉廣英、李金萬(1982)：台灣北部地區冬季異常降水氣候分析與個案研究，台大大氣科學系研究報告 NTUATM-1982-04，67 頁。
12. 葉文欽、俞川心、黃幸彥(1982)：台灣地區冬季異常氣溫天氣型之研究，氣象預報與分析，第 93 期，P.18~32。
13. 陳泰然(1984)：大氣環流。民航局技術人員訓練所出版。
14. 葉文欽等(1984)：台灣區垂直區域環流特徵與心戰空飄作業之關係。空軍氣象中心研究報告 026 號。
15. 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彙編，P.503~P.516。
16. 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。
17. 民用航空局(1985)：中正國際機場航空氣候資料(民國 68 年至 72 年)，155 頁。
18. 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。
19. U.S.A.F.(1959)：Use of the Skew T Log P Diagram in Analysis and Forecasting, AWSM-105-124, 1969
20. Lorenz, E.N.(1967)：The Nature and Theory of the General Circulation of the Atmosphere.
21. Palmen, E. and C. W. Newton.(1969)：Atmospheric Circulation Systems.
22. 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 Northern Taiwan

Franz Wen-ching Yeh Koung-ying Liu
Gwo-tsain Leu I-fong Chang

ABSTRACT

Totally 26 years (from 1956 to 1981) data of Taoyuan rowin-sonde station (northern Taiwan) which operates by CAF Weather Wing was analyzed. In that 16 mandatory levels, from surface to 10 mb, and four major basic meteorological quantities (the height, the temperature, the humidity and the wind field) were calculated. Further more, some unreported quantities such as temperature lapse rate, stability index, equivalent potential temperature, etc , were analyzed from the Skew T Log p diagram. All of these results are presented by diagrams and tables.

- Our result gives some climatological data of the mean vertical structure of the atmosphere over northern Taiwan, which are :
- (1) the sea surface temperature is 21.4°C and pressure is 1014.0mb.
 - (2) the temperature lapse rate in the troposphere is approximately $-6.0^{\circ}\text{C}/\text{Km}$, and lower troposphere (below 500mb) is $-5.1^{\circ}\text{C}/\text{Km}$; in the stratosphere from tropopause up to 10 mb, the temperature increasing rate is about $+2.4^{\circ}\text{C}/\text{Km}$.
 - (3) the height of the tropopause is approximately 16500 GPM (54500 GPft) with a pressure about 100 mb, and a temperature about -75.5°C .
 - (4) ENE wind at surface than veer upward, from 700mb to 80mb are WSW wind zone, than back up to stratosphere from 60mb to 10mb are E wind.
 - (5) from θ_e value, the atmosphere condition is unstable below 850mb, from 850mb to 600mb is neutral, and stable between 600mb and 300mb.