

臺灣地區高空風及溫度之日變化

Diurnal Variation of Upper Wind and Temperature over Taiwan

徐 行

Hsu Shyng

ABSTRACT

Annual mean 12-hr wind and temperature differences (1200Z-0000Z) are computed from monthly mean data at 13 levels between the 1000mb and 10mb for Taoyuan and Tungkong, Taiwan. (1959-1966). Wavelike features are found with amplitude of the order of 0.2-2 m/s and wavelength of 4-10km for wind, and with amplitude of the order of 0.2-2°C and wavelength of 5-10km for temperature. The diurnal variation of temperature is almost consistent with that of wind.

The amplitude of wind increases with height and the direction changes in counterclock wise. The tidal wind fluctuations at low levels is a superposition of trapped and propagating modes, but there exists only vertical propagating mode at higher levels.

By harmonic Analysis, there is no long-period variation of 12-hr wind and temperature difference, but in general, the amplitude with period of one year is greater than others.

一、前 言

由於早期探空資料的缺乏，人們對於高空大氣的每日變化情況並不十分明瞭，雖然某些地區，每日施放四次探空氣球，但仍不足以說明日變化的詳細情形。在1957年6月1日以前，國際協定施放探空氣球的時刻為：格林維治標準時0300、0900、1500及2100，但其後則改為：格林維治標準時0000、0600、1200，1800，若疊合不同年份，相同月日的探空資料，則可得到一天八次，每次間隔三小時的時間數列 (Time Series)，根據此一資料，即足以研究大氣的日變化了。

Harris (1959) 採用此一方法，使用調和分析 (Harmonic Analysis) 計算 Washington, D. C. 10 公里以下大氣的壓力、風及溫度，發現存在以一日及半日為週期的規律性變化。隨後 Harris, Finger, Teweles (1962) 三人，以相同的方法，

計算 Lajes Field, Azores 30 公里以下大氣的日變化，也得到類似的結果。1965 年，此三人更擴大從事分布於北半球八個測站的研究。至此，人們才開始對日變化有所認識。

Hering 及 Borden (1962) 首先直接採用每日四次的探空資料，研究美國大平原上，各測站 20 公里以下，夏季風的日變化，發現風的波動，其振幅 (Amplitude) 及相位角 (Phase) 隨高度改變，且在各測站 1 公里、5 公里、12 公里各層上，風差的大小約相等，方向則隨順時鐘方向等速改變，因此推斷風場存在以一日為週期的潮汐變化。另外 Wallace 及 Hartranft (1969) 對整個北半球 105 個測站，從事風的日變化研究，證實風場的潮汐變化，同時使用每日兩次，每次間隔 12 小時的探空資料，發現 12 小時風差的變化，在高緯度較單純，在中低緯則主要受地形影響而趨於複雜，且在 1 公里以上各層，由地形所引起的潮汐波動向下傳遞，證明了潮汐能量有向上

的通量 (flux)。

Lindzen (1967) 曾利用潮汐理論，說明這些變化現象是由於大氣中的水汽及臭氧吸收太陽能所造成，也就是說：大氣潮汐主要是受溫度的影響。因此 Wallace 及 Patton (1970) 使用每隔 12 小時的觀測資料，計算溫度的日變化，證實潮汐風場與溫度的相關很大。

本文即試圖分析在臺灣桃園及東港兩地，30 公里以下，風及溫度的日變化，以明瞭大氣的潮汐現象，若對此一變化能有充分的瞭解，則可以預報每日大氣潮汐的振幅，使短期天氣預報更為精確。

二、資料來源及處理方法

本文所使用的資料為：1959 年至 1966 年，桃園

(北緯 $25^{\circ}03'$ ，東經 $121^{\circ}13'$ ，海拔 46.0 公尺)，東港 (北緯 $22^{\circ}28'$ ，東經 $120^{\circ}13'$ ，海拔 3.1 公尺) 二地，1000 毫巴 ((milibar) 至 10 毫巴間，各標準氣壓面上，風及溫度的月平均；此一資料由空軍氣象聯合整理統計，國科會大氣物理組提供，另外每日資料部份則錄自：國際地球物理合作年，中國委員會觀測報告 (1959~1960)。

桃園、東港兩地，每日於格林維治標準時 0000 及 1200 (中原標準時 0800 及 2000) 各觀測一次，施放美製 GMP-EA 式探空儀器；由於受儀器本身的限制及季節、天氣等影響，其所到達的高度並不一定，故資料時有缺失，且高度愈高，資料愈少，尤其在 30 毫

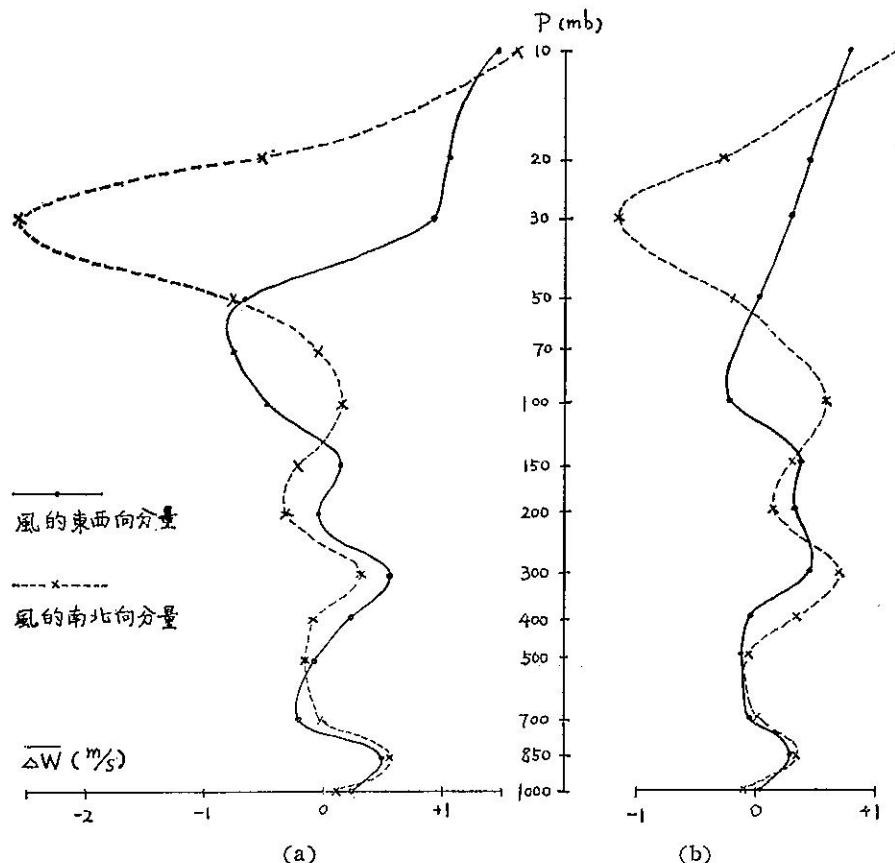


圖 1：桃園高空風的日變化平均剖面圖 (1959~1960)

P: 壓力 $\overline{\Delta W}$: 12 小時風差平均

(a) 使用每日資料 $\overline{\Delta W} = \overline{W_{12}} - \overline{W_{00}}$

(b) 使用月平均資料 $\overline{\Delta W} = \overline{W_{12}} - \overline{W_{00}}$

巴以上，資料很少，故該層以上計算的結果僅供參考使用。在運用每日資料時，若某層當日二次資料中任缺一次，則該日該層即不予計算；在運用月平均資料時，若某月某時某一等壓面上沒有平均資料，則以其餘數年、該月、該時刻、此層上的平均值代替之。

首先，將風分為東西及南北兩個質量，取向東及向北為正；以每日資料計算12小時的風差及溫度差，而後再求其月平均，即可得到風及溫度的日變化量平均： $\bar{W}_{12} - \bar{W}_{00}$ 及 $\bar{T}_{12} - \bar{T}_{00}$ (W 代表風的南北或東西分量， T 代表溫度，12 及 00 代表格林尼治時間)。因為使用此一計算方法須處理大量的資料，為求簡便，若每月的觀測次數相差不多，或採用長時間

的平均，則風差、溫度差的月平均可以用月平均的差： $\bar{W}_{12} - \bar{W}_{00}$ 及 $\bar{T}_{12} - \bar{T}_{00}$ 來代替，雖然準確性略失，但在資料處理上則簡化許多。圖 1a 所示即為 1959, 1960 兩年，桃園每日 12 小時風差的年平均，圖 1b 則為使用月平均資料所求 12 小時風差的年平均，比較兩圖，可發現有大致相同的變化形勢；圖 2 為溫度變化。在東港（圖 3, 圖 4），溫度變化依然很相似，不過風的變化較為紊亂，主要是因為每月觀測次數相差較多，如果延長平均時間，相信可獲改善。由以上的比較可知：以月平均的差來代替差的月平均，影響結果並不大，因此本文以下用以計算分析的資料皆為風及溫度的月平均。

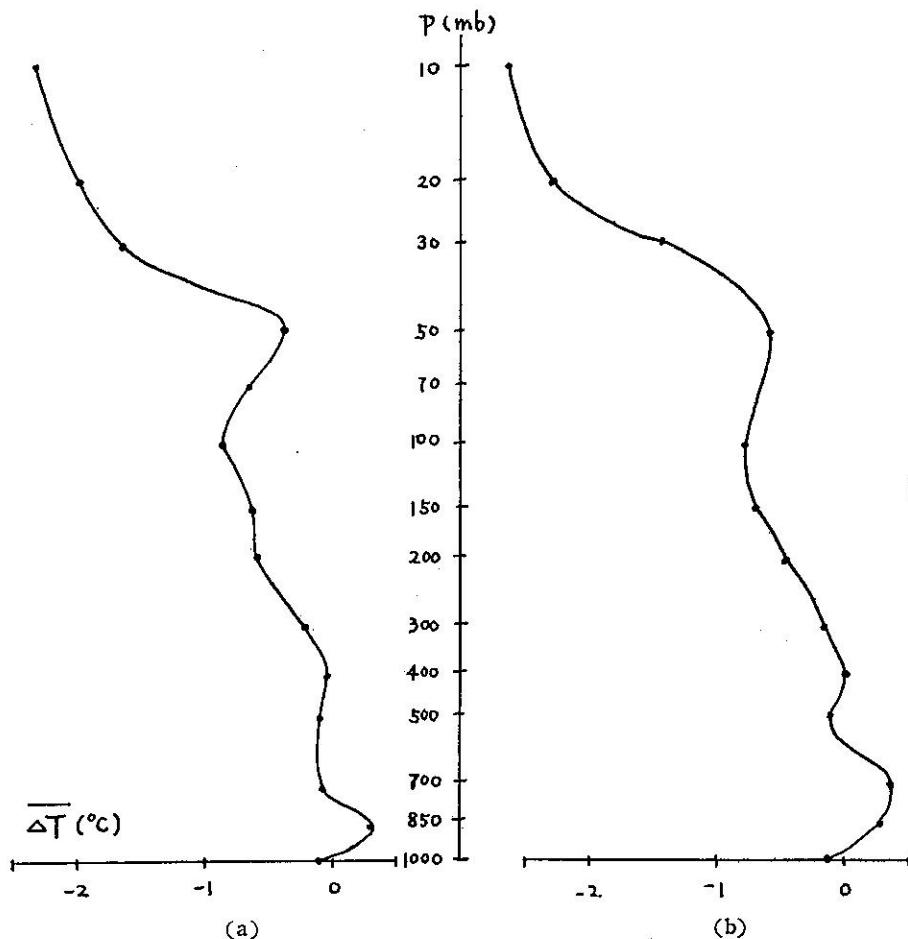


圖 2: 桃園高空溫度的日變化平均剖面圖 (1959~1960)

P: 壓力 ΔT : 12 小時溫度差平均
 (a) 使用每日資料 $\Delta T_i = \bar{T}_{12} - \bar{T}_{00}$
 (b) 使用月平均資料 $\Delta T = \bar{T}_{12} - \bar{T}_{00}$

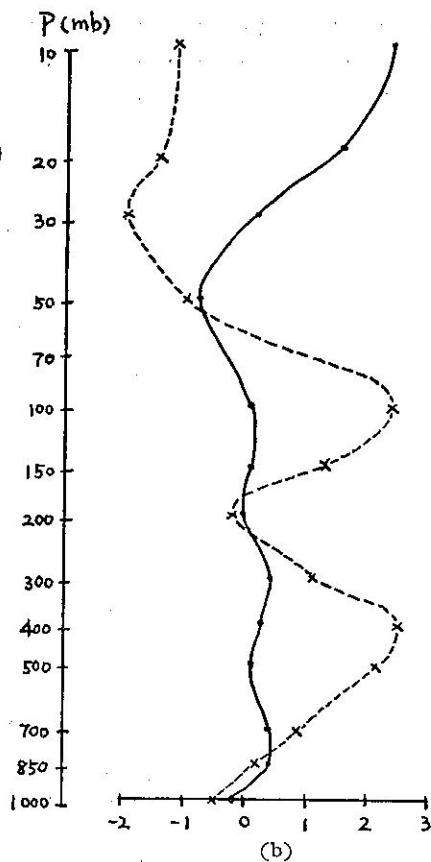
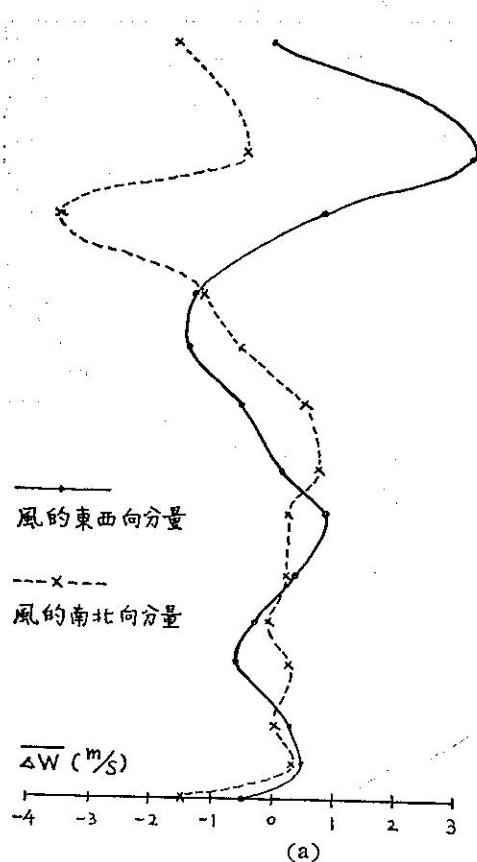


圖 3：東港高空風日變化
平均剖面圖
(1959~1960)

P : 壓力
 $\overline{\Delta W}$: 12 小時風差
(a) 使用每日資料
 $\overline{\Delta W} = \overline{W}_{12} - \overline{W}_{00}$
(b) 使用月平均資料
 $\overline{\Delta W} = \overline{W}_{12} - \overline{W}_{00}$

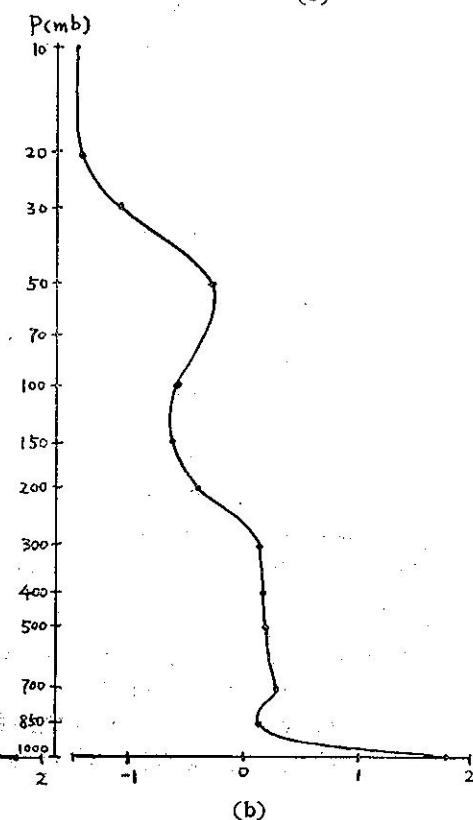
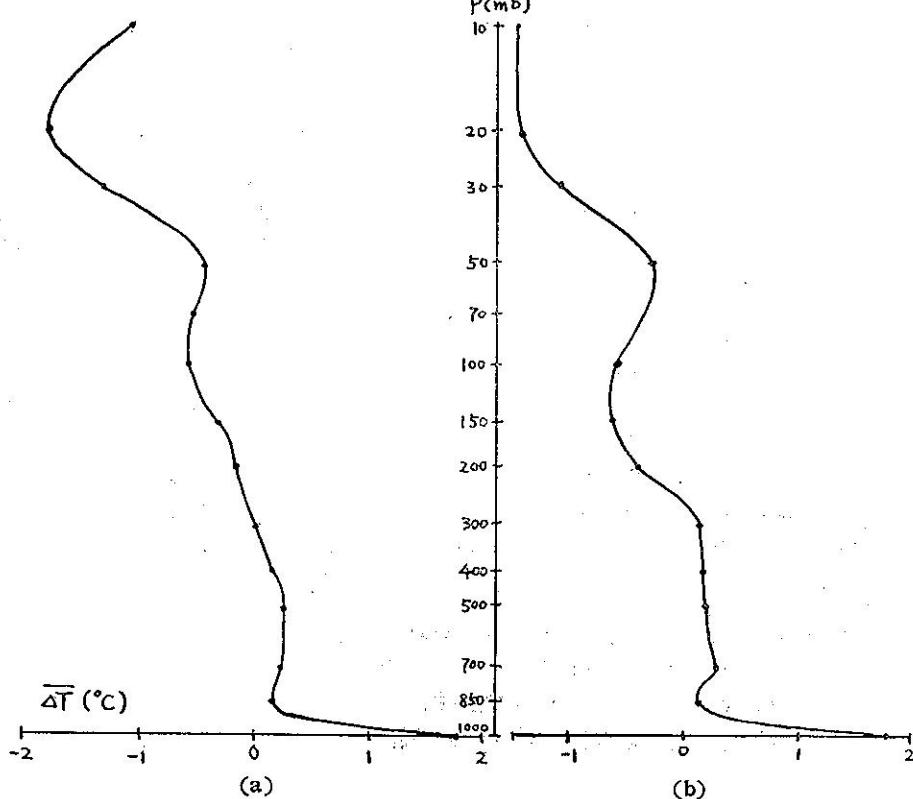
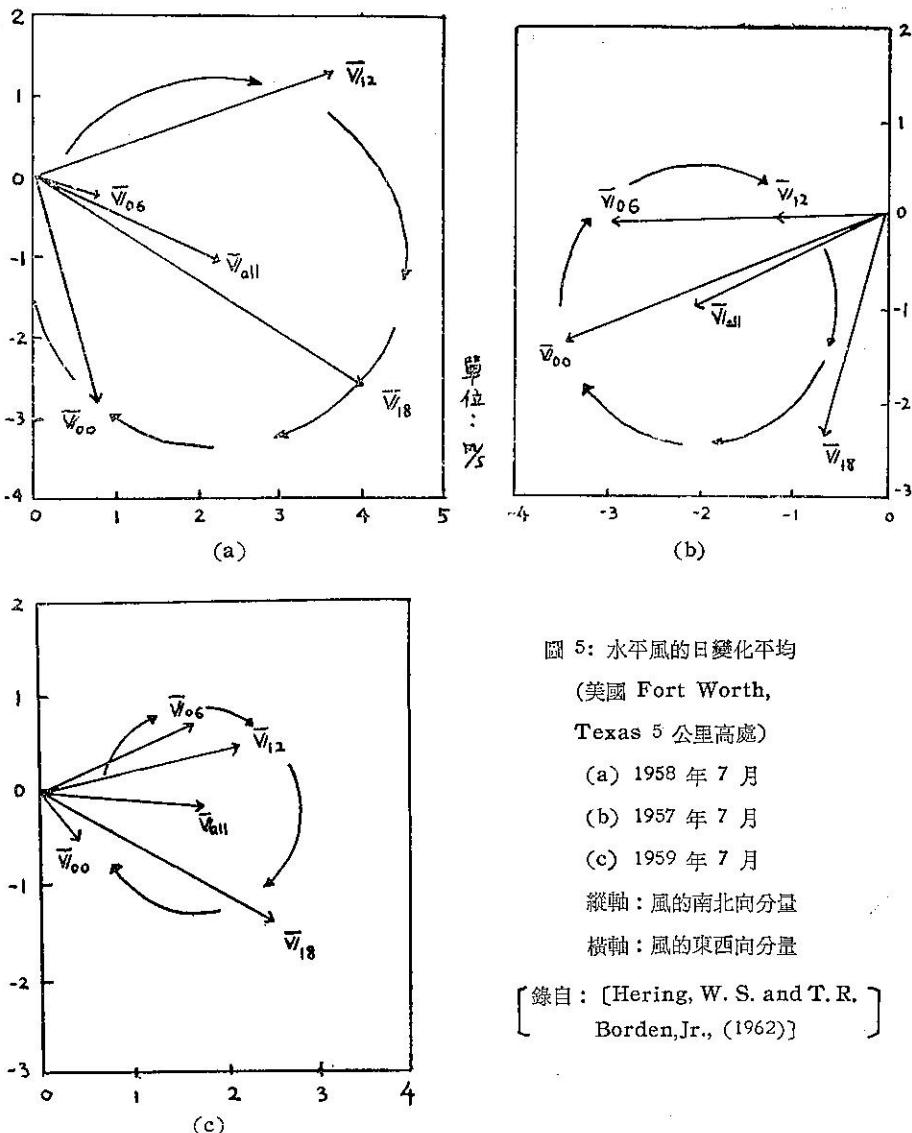


圖 4：東港高空溫度日變
化平均剖面圖
(1959~1960)

P : 壓力
 $\overline{\Delta T}$: 12 小時溫度差
平均
(a) 使用每日資料
 $\overline{\Delta T} = \overline{T}_{12} - \overline{T}_{00}$
(b) 使用月平均資料
 $\overline{\Delta T} = \overline{T}_{12} - \overline{T}_{00}$



何以高空風 12 小時的差可以代表日變化呢？

Hering 及 Borden (1962) 曾使用每日四次的探空資料，發現在各觀測時刻的平均風與日平均風的差，大小約相等，相位角則以一日為週期，依順時鐘方向等速改變（圖 5），而說明風場存在規律性的潮汐變化，如果將此結果理想化，

則如圖 6 所示：

其中 $A = \bar{V}_{\alpha\beta} - \bar{V}_{-\alpha\beta}$

$$B = \bar{V}_{\alpha s} - \bar{V}_{\beta s}$$

$$C = \overline{W} - \overline{W}$$

$$\mathbf{D} = \overline{V}_m - \overline{V}_n$$

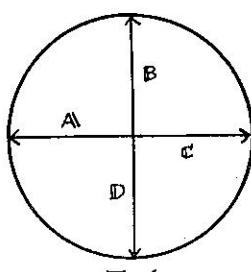


圖 6

若以 a 表示潮汐風場的振幅，則

$$|A| = |B| = |C| = |D| = a$$

$$\text{因為 } |\vec{V}_{12} - \vec{V}_{00}| = |C - A| = 2a$$

所以由 12 小時的風差，即可決定風場日變化的振幅了。

三、水平風及溫度的自變化

1. 水平風

圖 7 為桃園及東港兩地，1959 至 1966 八年間，水平風的日變化平均。在桃園：500 毫巴以下有相同的相位變化，振幅最大出現在 850 毫巴，而 500 毫巴以上則出現三個波形的異相位振動，最大振幅分別出

現在 300 毫巴、100 毫巴及 30 毫巴，振幅隨高度而增加，波長約 8~10 公里。

在東港：700 毫巴以下出現同相位變化，振幅最大出現在 850 毫巴，而在 700 毫巴以上有四個波形的異相位振動，最大振幅出現在 400、200、100、30 毫巴，振幅也隨高度而增加，波長約 4~10 公里。

若比較兩地可發現：

(1) 在 150 毫巴以下，桃園只有一個異相位波動，而東港則出現兩個；由此證實 Wallace 及 Hartranft (1969) 所提出的結果：在低緯，風場受地形影響較大，變化趨於複雜。

(2) 150 毫巴以上，兩地最大振幅皆出現在相同的等壓面上。

(3) 在相同等壓面上，東港的振幅要比較桃園為大。

2. 溫度

圖 8 為溫度的日變化，在桃園 12 小時增溫最大出現在 850 毫巴，在東港則出現在 1000 毫巴；降溫最大，兩地分別出現在 10 毫巴及 20 毫巴；桃園及東港 50 毫巴以下的溫度變化形勢，恰與該地 10 毫巴以下風的南北向分量變化相似，此一現象正說明了大氣平流 (advection) 的存在。至於風的變化要較溫度變化的對應層次為高，可能是受垂直風的影響所致。

在 850 毫巴以下，桃園、東港兩地的溫度變化有顯著的不同，是因為東港近海，受海風影響，1200 時（地方時 2000）探空汽球偏向內陸，當時地面正值放熱，故溫度較高，而 0000 時（地方時 0800），受陸風影響，偏向海洋，當時近海面溫度尚低，故 12 小時溫度差較大；而桃園則不受此影響。

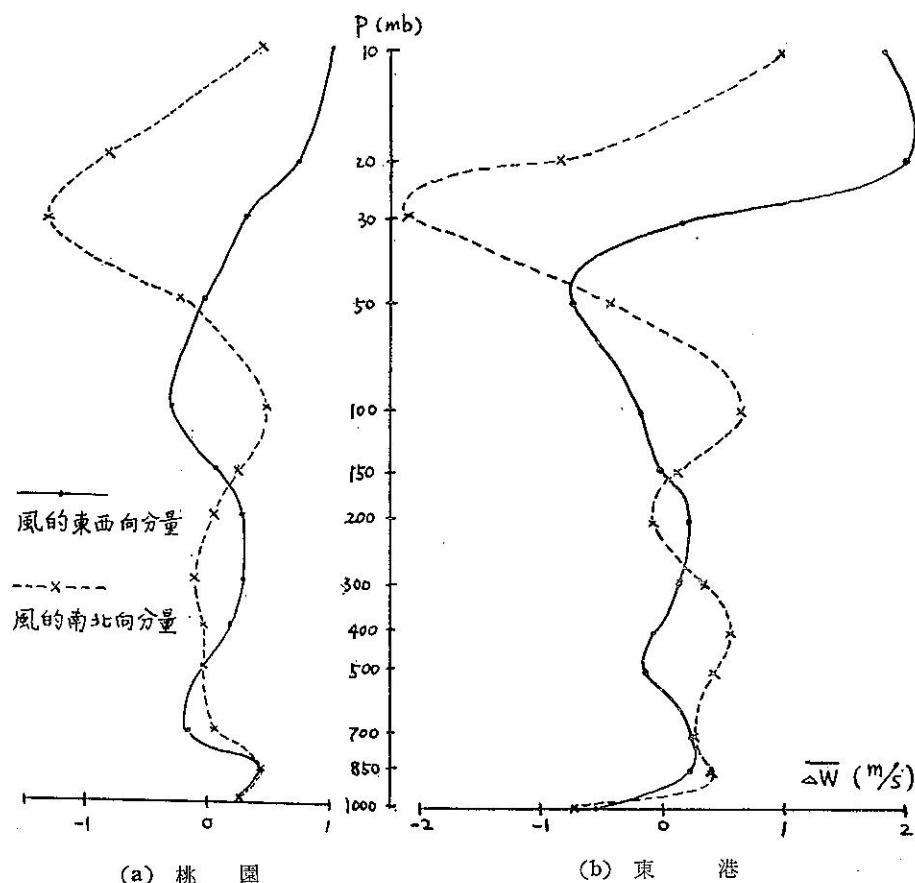


圖 7：1959~1966 高空風日變化平均

由以上的結果可知：12 小時風差及溫度差的變化，有很大的相關性存在，也說明了 Lindzen 的潮汐理論，證實大氣溫度是影響潮汐風場的主要因。

3. 潮汐理論

Lindzen (1967) 曾將線性潮汐方程的解分為沿經度、緯度及垂直向上的三個分量，其中沿緯度的分量與 Hough function 有關，而 Hough function 有二類：一類與垂直傳遞的波有關，相位角隨高度改變，能量向上傳送，而潮汐風則隨高度做逆時鐘方向旋轉，其振幅隨高度增加，稱為傳送式 (propagating mode)；另一類與指數高度 (exponential height) 有關；相位角不隨高度改變，能量亦不向上傳遞，稱為捕捉式 (trapped mode)。圖 9 所示，即為 12 小時風差的理想化垂直剖面圖 (vertical profile) 及風徑圖 (hodograph)。

我們若分析桃園、東港兩地 12 小時風差的風徑圖，則可發現在 500 毫巴以下，潮汐風為傳送式及捕捉式的合成 (圖 10)，其中捕捉式較為卓越；而在 200 毫巴以上 (圖 11) 則為較單純之傳送式；並由這兩個圖可證實 Lindzen 的理論：潮汐風場隨高度逆時鐘方向旋轉，振幅則隨高度增加。

4. 季節變化

由圖 12、圖 13，比較桃園及東港冬夏兩季水平風的變化，可發現兩地冬季的振幅要較夏季為大，且變化情形也較單純；在夏季高度增加，變化的主軸由正值向負值傾斜，在冬季則相反，惟東港的冬季較不明顯。

冬夏兩季的振幅及波長一般都要比春秋兩季小，可能是因為冬夏的大氣環流主流要較春秋兩季旺盛，故變化不大。

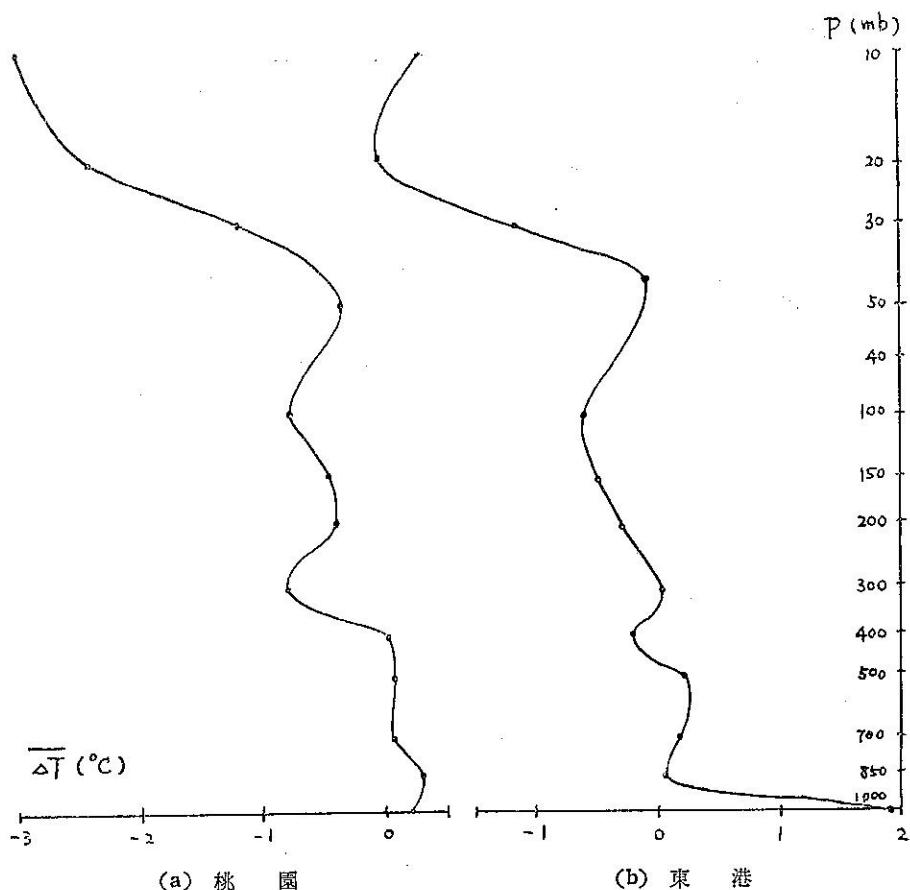


圖 8: 1959~1966 溫度日變化平均

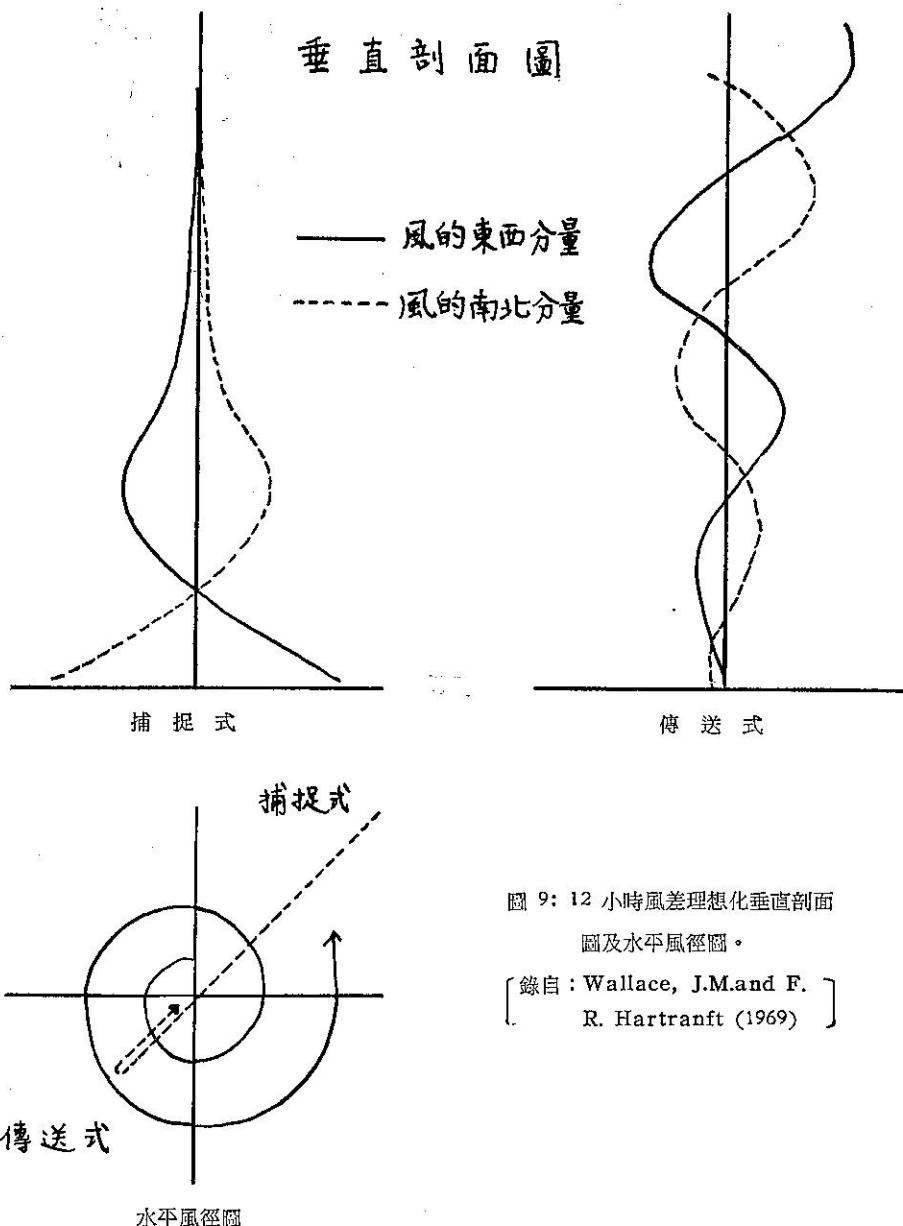


圖 9：12 小時風差理想化垂直剖面圖及水平風徑圖。

[錄自 : Wallace, J.M. and F. R. Hartranft (1969)]

由溫度的季節變化（圖 14），也可看出冬季的振幅比夏季為大；值得注意的是：桃園及東港的春季溫度變化分別在 300 毫巴及 400 毫巴出現特殊的溫度變化，此一現象原因不明。

5. 日變化的長週期變化

由以上的分析，不僅證實了大氣存在規律性的日變化，且對此一變化有較明確的認識。為了進一步瞭

解日變化是否存在長週期的改變，本文採用調和分析法，從事嘗試性的探討：

若 $X(t)$ 表欲分析的時間數列，則

$$X_i(t) = C_i \cos(i\theta - \alpha_i)$$

其中：
i - 調和數 (number of the harmonic)

C - 振幅

θ - 時間角 (hour angle)

α - 相位角

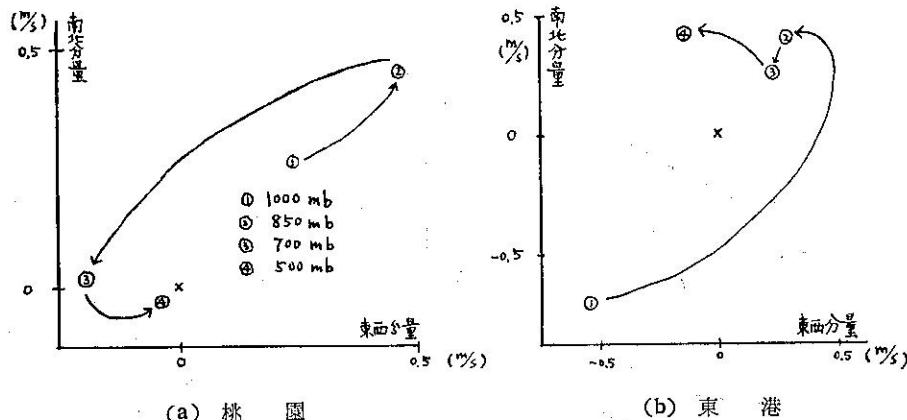


圖 10: 1000 毫巴～500 毫巴 12 小時風差風徑圖 (1959～1966)

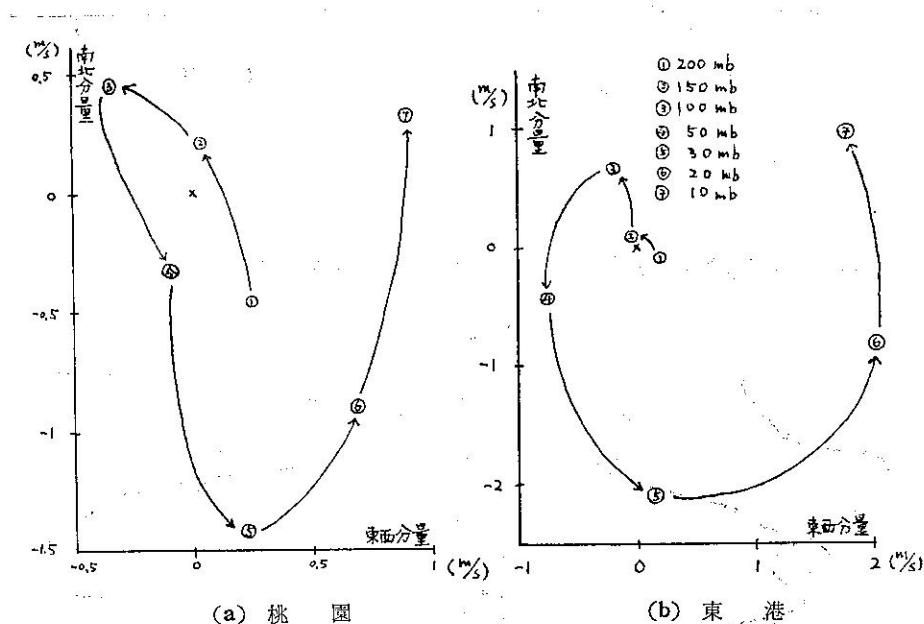


圖 11: 200 毫巴～10 毫巴 12 小時風差風徑圖 (1959～1966)

若 P 表基本週期 (fundamental period)，則時間角 $\theta = \frac{360^\circ}{P} t$ ，為時期 t 的函數，而相位角則相關於最大振幅發生的時間 t_1 ，其關係式為 $\alpha_1 = -\frac{360^\circ i}{P} t_1$ 。計算時，調和數取至 8，即最長週期 96 個月 (第一調和項)，最短週期 12 個月 (第八調和項)。

計算的結果如表 1~6 所示，表中各調和項所佔的百分比是根據 $C_i/25^2$ 計算而得， S 為標準偏差

(standard deviation)。由於各調和項所佔的百分比都很小，說明了日變化並沒有明顯的長週期變化，不過比較各調和項，無論風或溫度，皆以第八調和項所佔的百分比較大，此一結果說明日變化以一年為週期的振幅較大，惟並不顯著。

因為受資料限制，基本週期最長只有 96 個月，至於日變化是否存在更長的週期變化，就非本文所能計算得知了。

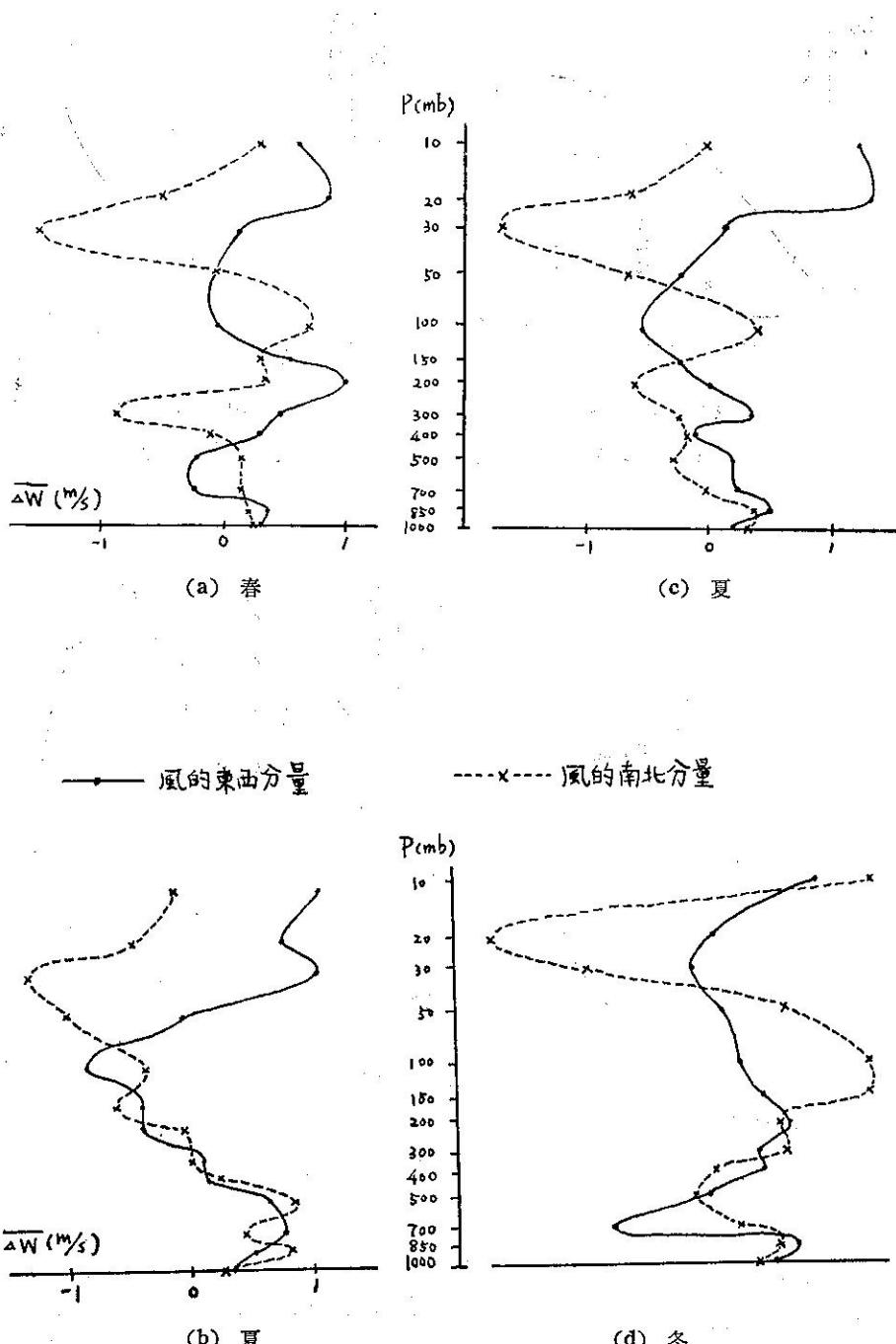


圖 12：桃園高空風日變化的季節變化 (1959~1966)

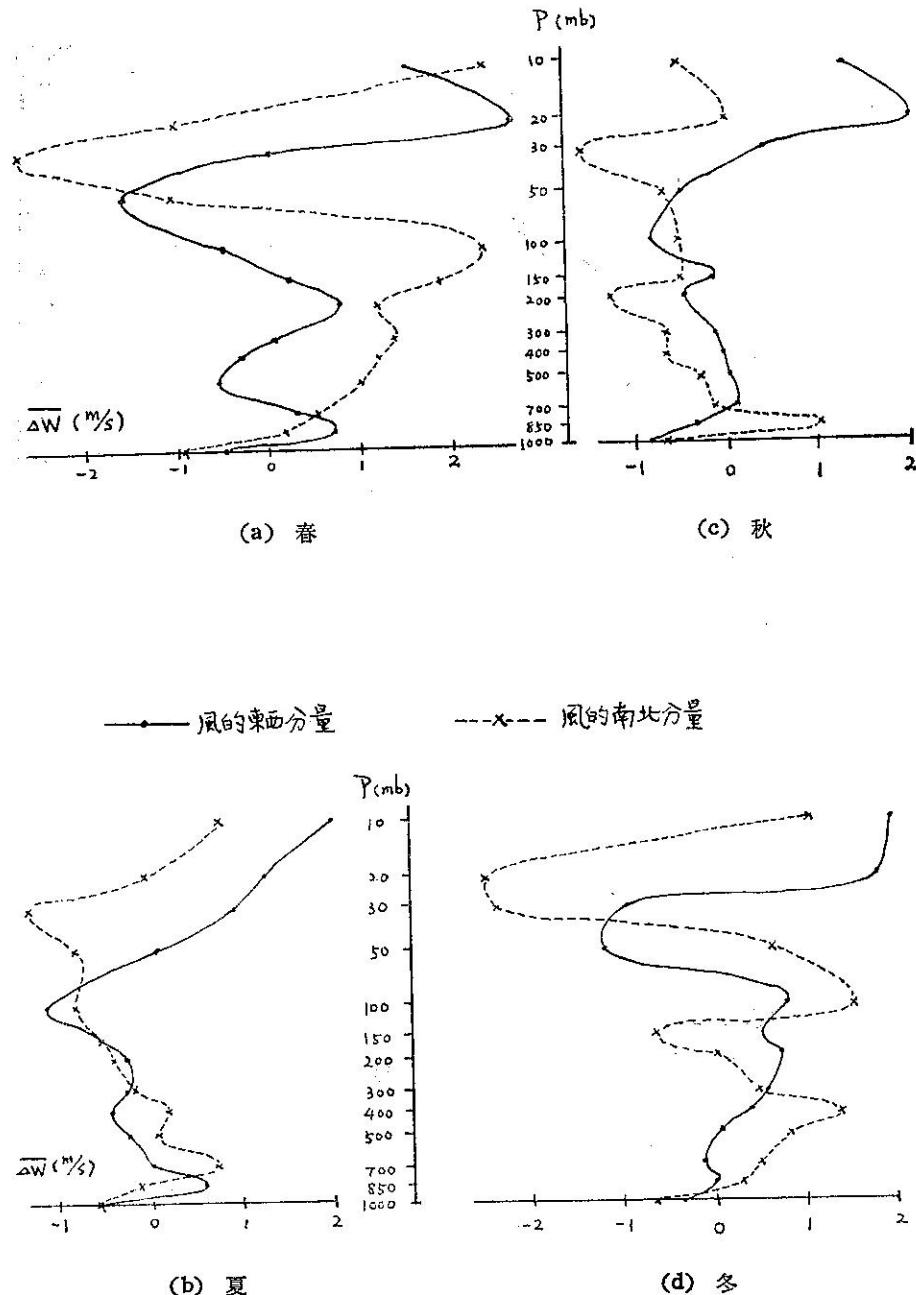


圖 13：東港高空風日變化的季節變化 (1959~1966)

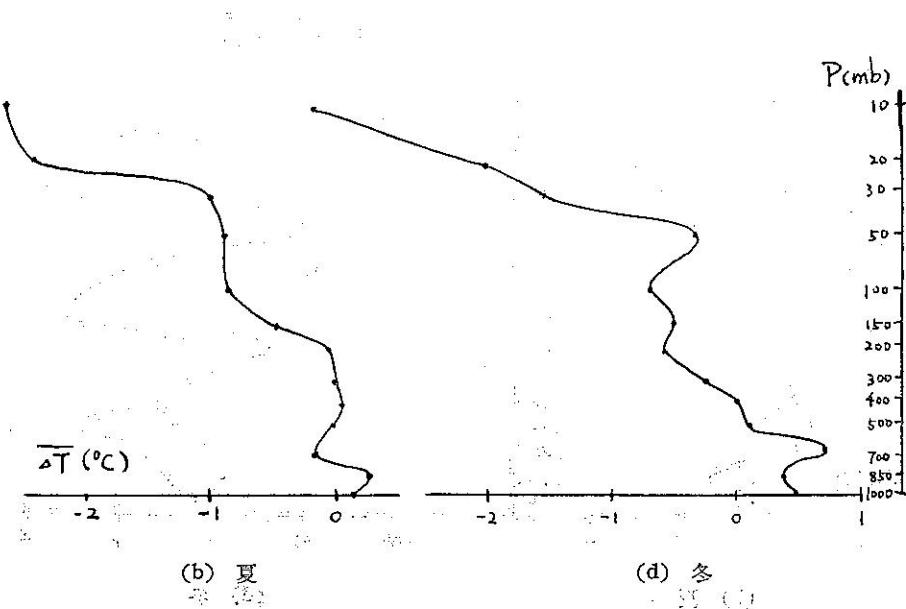
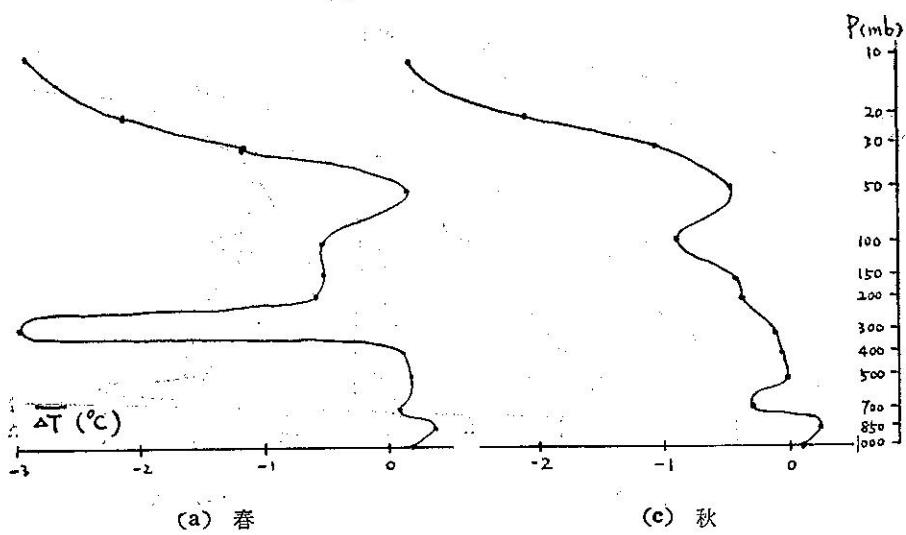


圖 14：桃園溫度日變化的季節變化 (1959~1966)

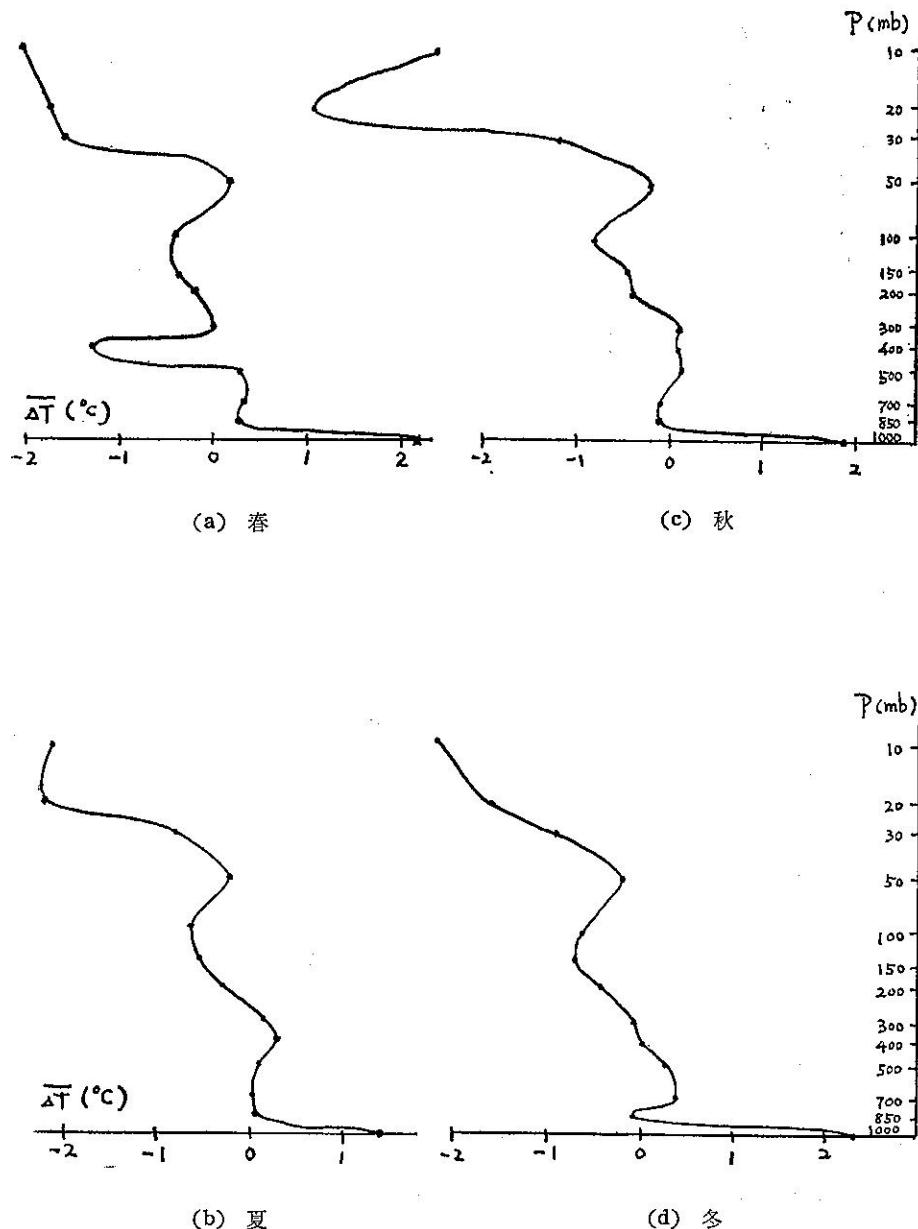


圖 15：東港溫度日變化的季節變化 (1959~1966)

表 1：桃園溫度的調和分析

壓力 (mb)	1000	850	700	500	400	300	200	150	100	50	30	20	10
C_1	0.28	0.01	0.20	0.14	0.04	1.43	.0.06	0.18	0.06	0.17	0.06	0.12	0.24
α_1	231	216	47	213	101	61	241	203	183	88	270	296	256
%	15	0	1	8	1	1	1	9	0	0	0	1	1
C_2	0.07	0.04	0.15	0.08	0.12	1.51	0.06	0.12	0.08	0.33	0.25	0.13	0.15
α_2	298	319	95	277	242	298	221	263	258	234	259	253	356
%	0	0	0	0	10	2	1	4	1	2	5	1	0
C_3	0.22	0.04	0.15	0.10	0.06	1.43	0.05	0.05	0.02	0.28	0.10	0.26	0.10
α_3	259	184	168	255	261	183	309	89	349	305	212	182	74
%	9	0	0	4	2	1	0	0	0	1	0	5	0
C_4	0.08	0.02	0.22	0.09	0.03	1.49	0.04	0.11	0.04	0.24	0.23	0.09	0.30
α_4	234	281	176	223	259	61	235	220	192	87	51	108	153
%	1	0	1	3	0	2	0	3	0	1	4	0	2
C_5	0.10	0.10	0.23	0.05	0.03	1.54	0.11	0.18	0.15	0.38	0.24	0.06	0.17
α_5	237	285	244	284	247	302	302	339	7	182	237	211	103
%	1	4	2	1	0	2	4	9	4	3	4	0	0
C_6	0.08	0.12	0.24	0.07	0.02	1.47	0.04	0.04	0.05	0.24	0.10	0.12	0.17
α_6	327	7	304	274	335	180	130	248	62	278	255	32	84
%	1	5	2	2	0	2	0	0	0	1	0	1	0
C_7	0.18	0.12	0.26	0.03	0.05	1.51	0.02	0.07	0.05	0.22	0.10	0.19	0.04
α_7	355	344	358	324	44	60	333	291	189	26	339	276	66
%	6	5	2	0	2	2	0	1	0	1	0	3	0
C_8	0.16	0.09	0.48	0.10	0.11	1.46	0.28	0.06	0.11	0.43	0.28	0.22	0.50
α_8	26	83	54	83	138	293	222	287	80	69	230	49	191
%	5	3	9	4	9	2	26	1	2	4	6	4	5

表 2：東 港 溫 度 的 調 和 分 析

壓 力 (mb)	1000	850	700	500	400	300	200	150	100	50	30	20	10
C ₁	0.25	0.08	0.07	0.01	0.75	0.06	0.16	0.17	0.13	0.21	0.05	1.00	0.36
α ₁	275	31	78	307	101	34	158	171	223	254	1	47	33
%	7	1	1	0	1	0	2	3	3	1	0	1	3
C ₂	0.03	0.07	0.09	0.09	0.80	0.09	0.04	0.06	0.15	0.10	0.09	0.84	0.29
α ₂	277	124	65	23	25	123	154	220	170	268	38	268	44
%	0	1	2	4	2	1	0	0	4	0	0	1	2
C ₃	0.18	0.12	0.03	0.06	0.71	0.07	0.04	0.16	0.21	0.30	0.09	1.31	0.07
α	142	32	56	347	301	44	328	11	129	73	90	126	36
%	3	4	0	2	1	1	0	2	8	4	0	3	0
C ₄	0.06	0.01	0.02	0.04	0.77	0.06	0.07	0.08	0.05	0.15	0.25	0.98	0.29
α ₄	41	351	125	175	217	225	247	319	95	239	113	345	120
%	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	4	1	2
C ₅	0.05	0.13	0.10	0.03	0.75	0.05	0.06	0.03	0.11	0.20	0.05	1.21	0.09
α ₅	133	137	200	336	140	96	261	301	118	355	125	188	156
%	0	4	3	0	1	0	0	0	2	1	0	2	0
C ₆	0.15	0.04	0.01	0.02	0.79	0.04	0.02	0.18	0.06	0.11	0.11	1.22	0.25
α ₆	297	62	88	25	68	29	19	177	171	106	209	72	73
%	2	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	2	1
C ₇	0.14	0.08	0.01	0.02	0.80	0.13	0.04	0.10	0.07	0.22	0.06	0.91	0.31
α ₇	335	24	130	35	352	360	70	104	108	20	303	282	57
%	2	1	0	0	2	3	0	1	0	2	0	1	2
C ₈	0.60	0.21	0.30	0.17	0.77	0.14	0.15	0.12	0.18	0.18	0.29	1.12	0.17
α ₈	45	138	70	74	260	238	179	193	95	120	207	136	165
%	40	18	28	14	2	4	2	1	6	1	6	2	0

表 3：桃園南北向風的調和分析

壓力 (mb)	1000	850	700	500	400	300	200	150	100	50	30	20	10
C_1	0.28	0.35	0.11	0.14	0.20	0.97	0.33	0.43	0.35	0.33	0.60	0.75	0.75
α_1	273	307	326	308	83	317	293	316	317	151	120	68	47
%	11	10	1	1	1	3	0	1	2	2	11	8	6
C_2	0.30	0.23	0.16	0.22	0.36	1.19	0.36	0.21	0.32	0.02	0.03	0.21	0.18
α_2	240	257	221	3	26	20	347	316	170	147	243	165	131
%	12	4	2	3	3	4	0	0	2	0	0	0	0
C_3	0.10	0.26	0.07	0.12	0.31	0.22	0.53	1.04	0.46	0.71	0.46	0.68	0.24
α_3	176	159	164	294	352	82	343	1	77	143	162	186	162
%	1	5	0	1	2	0	2	8	4	9	6	6	0
C_4	0.08	0.10	0.21	0.13	0.36	0.76	0.53	0.31	0.47	0.50	0.32	0.83	0.24
α_4	321	182	60	170	233	260	28	30	20	75	118	176	218
%	1	0	4	1	3	2	2	0	4	5	3	10	0
C_5	0.13	0.04	0.07	0.12	0.32	0.96	0.16	0.66	0.30	0.44	0.14	0.24	0.45
α_5	280	30	285	175	65	24	43	52	328	289	184	132	165
%	2	0	0	1	2	3	0	3	1	3	0	0	2
C_6	0.12	0.03	0.09	0.17	0.34	1.04	0.37	0.09	0.21	0.11	0.31	0.15	0.61
α_6	294	174	141	44	37	79	51	118	272	287	77	255	66
%	2	0	0	2	3	3	0	0	0	0	2	0	4
C_7	0.07	0.13	0.17	0.11	0.19	0.19	0.32	0.23	0.24	0.15	0.21	0.24	0.45
α_7	315	66	128	101	49	302	41	49	72	214	25	297	16
%	0	1	2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
C_8	0.06	0.24	0.08	0.49	0.34	0.47	0.81	1.02	0.66	0.80	0.08	0.84	0.67
α_8	234	228	60	174	196	21	109	53	47	44	95	210	36
%	0	5	0	18	3	0	4	8	8	12	0	10	5

表 4：東港南北向風的調和分析

壓力 (mb)	1000	850	700	500	400	300	200	150	100	50	30	20	10
C_1	0.31	0.51	1.19	0.97	1.05	0.36	0.23	0.67	0.80	0.66	1.31	0.94	0.81
α_1	89	350	50	12	13	352	203	41	19	161	130	150	299
%	17	2	4	7	6	0	0	3	2	3	24	6	1
C_2	0.11	0.45	0.66	0.71	1.13	0.26	0.37	0.43	0.92	0.40	0.18	0.40	0.26
α_2	356	343	103	23	26	79	201	54	25	29	74	162	53
%	2	1	1	4	7	0	0	1	3	1	0	1	0
C_3	0.09	0.52	0.42	0.94	1.15	0.55	0.24	0.48	0.79	0.28	0.16	0.17	0.56
α_3	311	351	192	48	39	92	117	78	48	223	332	191	69
%	1	2	0	7	7	2	0	1	2	0	0	0	0
C_4	0.12	0.63	0.67	1.10	1.16	0.67	0.16	0.52	1.37	0.47	0.38	0.72	0.63
α_4	45	336	307	43	48	87	11	92	56	43	219	189	113
%	2	3	1	9	7	3	0	1	8	1	2	3	1
C_5	0.16	0.61	1.03	1.01	1.10	0.28	0.44	0.90	1.22	0.28	0.32	0.56	1.06
α_5	291	326	355	43	46	100	152	111	46	254	10	272	146
%	5	3	3	8	6	0	1	5	6	0	1	2	3
C_6	0.15	0.50	1.30	0.98	1.15	0.94	0.74	0.88	1.00	0.33	0.08	0.73	0.53
α_6	168	313	49	59	67	117	123	107	59	35	219	253	128
%	4	2	4	7	7	6	3	5	4	0	0	3	0
C_7	0.07	0.46	1.14	0.92	1.19	0.98	0.96	0.73	0.93	0.56	0.49	0.57	0.50
α_7	123	308	95	76	75	114	121	104	90	287	333	273	87
%	0	1	3	6	8	7	5	3	3	2	3	2	0
C_8	0.20	0.52	0.82	0.96	1.30	1.11	1.22	1.18	2.05	0.81	0.65	1.57	0.95
α_8	285	329	151	95	90	100	107	112	78	9	275	237	85
%	7	2	1	7	9	9	8	9	18	5	6	17	2

表 5：桃園東西向風的調和分析

壓力 (mb)	1000	850	700	500	400	300	200	150	100	50	30	20	10
C ₁	0.22	0.28	0.20	0.13	0.15	0.20	0.37	0.39	0.26	0.17	0.22	0.15	0.20
α_1	284	294	108	294	296	304	340	21	145	103	107	224	276
%	11	8	3	2	2	2	3	3	3	2	3	1	1
C ₂	0.20	0.19	0.08	0.12	0.11	0.19	0.29	0.48	0.08	0.08	0.08	0.02	0.23
α_2	268	239	94	179	258	72	300	347	196	109	122	93	344
%	9	3	0	1	1	2	2	5	0	0	0	0	2
C ₃	0.09	0.25	0.09	0.06	0.09	0.15	0.09	0.22	0.14	0.10	0.15	0.10	0.22
α_3	221	105	87	220	834	345	269	310	143	115	18	98	360
%	1	6	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1
C ₄	0.03	0.12	0.17	0.01	0.13	0.12	0.25	0.16	0.10	0.22	0.16	0.29	0.13
α_4	356	74	352	280	321	170	37	165	113	82	272	253	297
%	0	1	2	0	2	0	1	0	0	4	1	4	0
C ₅	0.04	0.02	0.12	0.06	0.14	0.28	0.13	0.20	0.10	0.08	0.18	0.19	0.24
α_5	259	1	339	102	285	71	62	359	93	334	167	213	333
%	0	0	1	0	2	4	0	0	0	0	2	1	2
C ₆	0.01	0.05	0.07	0.07	0.05	0.20	0.18	0.08	0.24	0.08	0.16	0.08	0.36
α_6	35	172	24	272	140	53	340	99	53	228	125	313	67
%	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	1	0	5
C ₇	0.08	0.11	0.10	0.08	0.16	0.15	0.19	0.51	0.24	0.07	0.18	0.41	0.16
α_7	168	247	348	229	149	104	142	116	91	104	264	277	323
%	1	1	0	0	3	1	0	5	3	0	2	7	1
C ₈	0.06	0.11	0.76	0.30	0.23	0.17	0.71	0.54	0.54	0.02	0.78	0.65	0.41
α_8	138	248	231	265	115	56	73	85	60	228	211	239	272
%	0	1	42	10	7	1	11	6	15	0	39	19	6

表 6：東 港 東 西 向 風 的 調 和 分 析

壓 力 (mb)	1000	850	700	500	400	300	200	150	100	50	30	20	10
C_1	0.32	0.11	1.98	0.26	0.39	0.13	0.42	0.14	0.26	0.48	0.25	0.70	0.85
α_1	85	293	60	328	10	27	168	43	102	125	192	285	339
%	15	0	1	3	6	0	3	0	1	6	1	13	6
C_2	0.03	0.09	2.28	0.27	0.23	0.23	0.34	0.21	0.44	0.01	0.16	0.48	0.21
α_2	55	149	133	52	9	81	39	333	19	72	98	182	79
%	0	0	2	4	2	2	2	1	3	0	0	6	0
C_3	0.09	0.19	2.22	0.21	0.32	0.20	0.37	0.21	0.35	0.26	0.19	0.39	0.67
α_3	111	131	203	14	355	31	259	190	333	217	28	117	58
%	1	2	2	2	4	1	3	1	2	1	0	4	4
C_4	0.07	0.13	1.97	0.30	0.21	0.00	0.31	0.21	0.04	0.29	0.13	0.46	0.42
α_4	56	128	269	5	21	134	225	93	310	21	270	227	79
%	0	0	1	4	1	0	2	1	0	2	0	5	1
C_5	0.03	0.25	1.88	0.20	0.38	0.18	0.12	0.10	0.29	0.25	0.06	0.54	0.71
α_5	347	85	345	358	34	24	172	37	34	242	44	265	138
%	0	3	1	5	5	1	0	0	1	1	0	7	4
C_6	0.03	0.17	2.10	0.23	0.23	0.19	0.29	0.16	0.24	0.18	0.31	0.34	0.39
α_6	197	84	46	65	60	78	356	110	35	98	316	292	123
%	0	1	2	2	2	1	1	0	1	0	2	3	7
C_7	0.16	0.10	2.18	0.32	0.36	0.34	0.32	0.51	0.41	0.21	0.41	0.23	0.35
α_7	81	298	109	46	50	28	190	87	56	355	272	192	134
%	3	0	2	5	5	5	2	6	3	1	4	1	1
C_8	0.18	0.64	2.66	0.40	0.40	0.45	0.92	0.63	1.17	1.04	1.29	0.48	0.18
α_8	68	146	184	326	12	41	85	40	54	248	221	81	346
%	4	22	3	9	6	8	18	10	24	29	43	6	0

四、結論

由以上的分析得知大氣存在規律性的潮汐變化：

(1)風場的振幅隨高度增加，方向則逆時鐘方向旋轉。

(2)在 500 毫巴以下，潮汐風為傳送式及捕捉式的合成，而捕捉式較為卓越，在 200 毫巴以上，則為較單純的傳送式變化。

(3)南北向風的變化受溫度變化的支配。

(4)風的振動波長約 4~10 公里，振幅約 0.2~2 公尺／秒。

(5)溫度的日變化波長約 5~10 公里，振幅約 0.2~2°C。

(6)緯度愈低，風場與溫度變化的振幅愈大，振動形勢也愈複雜。

(7)季節性的日變化，在冬夏：風的波長，振幅皆較小；而春秋則較大。

(8)由調和分析得知，日變化雖無長週期的振動，但以一年為週期的振幅却較大。

以上所討論，皆為現象的分析，倘若對日變化發生的機構 (mechanics) 能有所瞭解，則大氣潮汐現象將可進一步被人們所認識，進而應用到短期天氣預報，使之更為精確。

五、致謝

本文承指導教授徐明同博士細心指導，使本文得以順利完成，衷心感謝。中央大學地球物理研究所廖學鎰教授及劉廣英先生亦賜予協助；國科會汪羣從博士及中央研究院物理所簡來成先生熱心提供桃園、東港八年探空資料，在此一併致謝。

六、參考文獻

Finger, F. G., M. F. Harris, and S. Teweles, 1965: Diurnal Variation of Wind, Temperature and Pressure in the Stratosphere. *J. Appl. Meteor.*, Vol. 14, No. 5, pp. 632~635.

Harris, M. F., 1959: Diurnal and Semidiurnal Variations of Wind, Pressure and Temperature in the Troposphere at Washington, D. C., *J. Geophys. Rev.* Vol. 64, No. 8, pp. 983~995.

Harris, M. F., Finger, F. G., and S. Teweles, 1962: Diurnal Variation of Wind, Pressure, and Temperature in the Troposphere and Stratosphere over the Azores. *J. Atmos. Sci.*, Vol. 19; No. 2, pp. 136~149.

Hering, W. S., and T. R. Borden, Jr., 1962: Diurnal Variations in the Summer Wind Field over the Central United States, *J. Atmos. Sci.*, Vol. 19, No. 1, pp. 81~86.

Lindzen, R. S., 1967: Thermally Driven Diurnal Tide in the Atmosphere, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, Vol. 93, No. 395, pp. 18~42.

Sparrow, J. G., 1967: Note on the Diurnal Cycle in the Equatorial Stratosphere, *J. Appl. Meteor.*, Vol. 16, No. 2, pp. 441~444.

Wallace, J. M., and F. R. Hartranft, 1969: Diurnal Wind Variations: Surface to 30 km., *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 97, No. 6, pp. 446~455.

Wallace, J. M., and D. B. Patton, 1970: Diurnal Temperature Variations: Surface to 25km., *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 98, No. 7, pp. 548~552.

氣象學報補充稿約

- 一、來稿須用稿紙（以 25×24 之稿紙為原則）。
- 二、來稿字數以不超過 15,000 字，即連同圖、表、英文摘要以不超過 10 印刷頁為原則。
- 三、圖及表之分量以不超過全文之 $1/3$ 為原則。
- 四、英文摘要之字數以不超 1,000 字為原則。
- 五、關於表格之注意點：

- (一) 表格須另用白紙繪製。
- (二) 表格上方須有標題，並加表 1 表 2 等冠號。
- (三) 表格中之項目，內容應儘量簡化。表中不重要之項目或可用文字說明者應儘量避免列入表中。
- (四) 能以文字說明之小表，請採用文字說明。
- (五) 原始記錄應加分析簡化後始可列入表中。
- (六) 統計分析表中顯著處，以 * 號（顯著）及 ** 號（極顯著）表之。
- (七) 表幅應考慮適合本刊版幅為準。（寬度勿超過 13.5 cm）。
- (八) 表之標題應能表示內容。

六、關於插圖之規定：

- (一) 插圖另貼於大張白紙上，註明作者及文題。
- (二) 插圖下方須有標題，並加圖 1 圖 2 等冠號。
- (三) 統計圖、模式圖及分佈圖一律採用 120—150 磅道林紙，以黑墨水繪製清楚。
- (四) 統計圖原圖幅面應在 12—15 cm，以便縮版。
- (五) 模式圖原圖幅面應在 15—20 cm，以便縮版。
- (六) 分佈圖原圖幅面應在 30 cm 左右，以便縮版。
- (七) 繪製線條粗細應能供縮小至 $1/8$ 之程度，但不能超過縮小 $1/2$ 之程度。
- (八) 數字應正寫清楚，字之大小粗細應一律，至少能供縮至 $1/8$ 之程度。
- (九) 已列表中之內容，勿再重複以插圖表示。
- (十) 圖之標題應能表示內容。

七、關於照片之規定：

- (一) 照片用紙一律採用黑白光面紙。

- (一) 照片幅面應在 12—15 cm，以便縮版。
- (二) 照片應充分沖洗清楚，須考慮縮少至 $1/2$ 時尚能清楚之程度。
- (三) 照片如有特別指明點應加圈或箭頭表明。
- 八、文稿過長，或圖表過多過大時，投稿人得自行負擔印刷費。
- 九、關於參考文獻之規定：
 - (一) 參考文獻以經本人確曾查閱者為限，如係來自轉載之其他書刊時，須加註明。
 - (二) 作者姓名以後為發行年份，加以括號，然後為雜誌或書名、卷期數及頁數。（頁數必須註明）。
 - (三) 文字敘述中述及參考文獻時，根據文獻之號數，用斜體阿刺伯字，加以括號，如 (1)(2)(3) 等插入文句中。
- 十、文字敘述之號次以下列為序。
 - 中文用：一、(一) 1. (1) i. (i)
 - 英文用：I. 1. A. a.
- 十一、每頁下端之脚註以小號 1, 2, 3, 等阿拉伯字表之，註明於該段文字之右上角。
- 十二、文字敘述中之數字除十以下之數字，儘量用阿拉伯字表之。
- 十三、單位須用公制。單位記號例如以 m (公尺)、cm (公分)、mm (公厘)、m² (平方公尺)、m³ (立方公尺)、cc (立方公分)、l (立升)、g (公分)、kg (公斤)、mg (公厘)、°C (攝氏度)、% (百分之一)、ppm (百萬分之一份) 等表之，可不必另用中文。
- 十四、英文題目中重要之字第一字母大寫，介詞詞、連接詞及不重要字用小寫。圖表之英文標系及各欄英文細目，除第一字之第一字母大寫外，其餘第一字母均小寫。參考文獻中作者姓名每字全部字母均大寫，論文名第一字第一字母大寫，其餘均小寫，雜誌名或書名每字第一字母均大寫。
- 十五、作者英文名以用全名為原則，名在前，姓在後。
- 十六、其他未盡善事項得隨時修正之。