

# 夏季臺灣地區大規模瞬變渦流之動量 可感熱能及水汽傳播

張利雄

國立臺灣大學大氣科學系

(中華民國七十一年四月廿一日收件)

## 摘要

臺灣地區夏季對流層內綜觀規模天氣擾動所造成之西風動量，可感熱能及水汽之渦動傳播均以南北向擾動分風與各個對應變數之同變量來估計。而兩天至兩週為週期之各波頻擾動對整體同變量之貢獻則以彼等之同波譜對各頻帶之積分來表示。於 1970 至 1972 連續三年在各等壓面之分析結果顯示臺灣地區夏季對流層內上述三量之經向傳播，大致趨勢以由南向北為主，即動量渦動傳播以逆梯度方向，而可感熱與水汽則以順梯度之方向進行，此種傳送方式為副熱帶緯度所應有者，渦動傳播量以 200 mb 附近達到最大。

上述之渦動流通量主要貢獻來自七至十天為週期之擾動；另一貢獻區間以四至五天為週期，後者只發生於 1971 年夏季臺灣地區之低對流層 850 mb 附近，三種渦動傳播皆以向赤道之方向進行，此型態頗類似於低緯度之熱帶波動者，顯示此年夏季西太平洋熱帶波動之影響到達台灣地區，是年侵襲臺灣之颱風統計亦顯示稍多於前後之年代。

## 一、引言及研究目的

台灣位於副熱帶緯度上，夏季主要受熱帶環流之影響，冬季則受西風帶環流系統所控制；而在兩季之過渡季節為兩種環流系統呈均勢之時期。夏季影響台灣地區之大規模系統以熱帶波動，夏季季風及颱風等為首要，冬季則有極鋒、寒潮及冬季季風；而在過渡季節應以梅雨系統及其他濛雨現象較為吾們所關切。

我們已知中高緯度斜壓系統（溫帶氣旋、反氣旋）在動力學上已有一套完整之類地轉平衡理論來解說，而熱帶環流系統之動力學雖一直在發展進步，但至今仍未有一套完整理論可概括。是故國外氣象界近十五年來無論在學理上，觀測及實驗上都繼續不斷在地投資研究發展，期能對控制全球大氣之熱帶環流有進一步之瞭解。

臺灣地區夏季對流層內大規模擾動之觀測分析，曾見於張及莊（1976）及張（1979）之報告，其中最主要之結論有：

(a) 夏季台灣地區對流層內大規模擾動波譜中主

要有兩種週期，一為 4 至 5 天，一為 7 至 10 天；前者以在中低對流層為主，後者則以在高層為顯著。

(b) 綜合鄰近西太地區之分析，緯度由低至高上述波動之強度有逐漸減弱之趨勢，相關分析亦顯示台灣地區之擾動乃直接來自低緯度之熱帶波動，此種波動之波長約為  $20^\circ$  經度左近（2000 至 3000 公里），而以每天  $4^\circ$  至  $5^\circ$  經度之相位速度向西行進。

(c) 此類擾動之幅度因年而異，而顯示與西太地區颱風活動相關。

由上述之結果，足見夏季台灣區大規模擾動乃為低緯度熱帶波動之延伸。因此，對西太平洋熱帶波動以及對台灣區副熱帶活動之瞭解，將直接有助於本地區夏季之天氣預報，如颱風活動、雷雨、季風強度等。繼對台灣及附近西太地區上述波動之一系列研究，進一步瞭解此區此種大規模瞬變擾動所造成之動量，可感熱能及水汽之空間傳播及能量之轉換，實屬瞭解此區大氣波動及整個大氣環流之重要項目之一。如地區性之能量轉換之估計必須先知道此種渦流通量（Eddy Fluxes），而地區

之渦流通量之輻散將影響平均流之消長，亦即影響大規模平均大氣環流。此類之大規模觀測及分析很多，例如 Tucker (1965)，Wallace and Newell (1966)，Maruyama (1968)，Kidson et al (1969)，Nitta (1970)，及 Lau et al (1978) 等。本專題乃就本地區可利用之對流層資料作這項探討，對此種渦流傳播在為期兩天到兩週之時間尺度內各波頻擾動之貢獻作詳細分析，以期對本地區此種大規模波動之一系列研究中得到更進一步之了解，以利夏季天氣分析及預報之參考。

## 二、數據之導來及處理

本題目乃就可利用之地面及高空探空資料作分析，對於大規模（等於或稍大於綜觀尺度）之瞬變渦流擾動分析，吾們宜採一天一點 GMT 零時之資料，而涵蓋之時期亦宜愈長愈好。若欲代表夏季之狀況，則自七月一日至十月十二日共 104 點之時間數列可滿足上述之最低要求；研究之年代則涵蓋 1970 至 1972 共三年之夏季為主。主要之測站以東港、馬公及桃園為主，上述資料除馬公之部分觀測不全短少外尚稱完整。

本題目對擾動週期之興趣範圍選定為兩天至兩週為主要波頻區間，以一天一點之資料而言，吾們只須對上述時間數列作適當之超長波過濾即可，亦即以 High Pass Filter 除去大於兩週之長期趨勢 (Long-Term Tendency)，故所得結果亦應適於中短期預報分析之參考。關於詳細之高頻過濾程序可參見張及莊 (1976) 之高氏過濾 (Gaussian Filter) 之設計。

對上述三項渦流傳播，吾們將利用之氣象變數為等壓面上之東西向分風 ( $u$ )，南北向分風 ( $v$ )，溫度 ( $T$ )，及水汽混合比 ( $r$ )，之瞬變波動值，即四種變數之觀測瞬時值除去時間平均所剩之波動值 ( $u'$ ， $v'$ ， $T'$ ， $r'$ ) 組成之時間數列。其中  $u$ ， $v$ ， $T$  可由一般探空電碼之風向風速及溫度之觀測值直接得到，混合比 ( $r$ ) 則由溫度，露點溫度及氣壓值導來。其飽和水汽壓 ( $e_s$ ) 以 Magnus 之經驗式，如

Tetens (1930) 求得：

$$e_s(\text{mb}) = \exp \left\{ \frac{17.2698 t}{237.3 + t} + 1.8094 \right\} \quad (2-1)$$

上式  $t$  為攝氏溫度。水汽壓 ( $e$ ) 以 Clapeyron-Clausius 之積分式求得：

$$e = e_s \exp \left\{ \frac{\ell_v}{R_v} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_s} \right) \right\} \quad (2-2)$$

其中  $\ell_v/R_v = 5419.1^\circ\text{K}$ 。而水汽混合比則為：

$$r = 0.622 e/p \quad (2-3)$$

## 三、瞬變渦流造成之動量，可感熱能及水汽流通量之估計

基於研究本地區副熱帶環流及瞭解高低緯度間之交互作用，吾們將只興趣於南北向（經向）之各種傳播。依照前述所得之資料數列及由以前對於夏季擾動分析所得之波譜結果，相當或大於天氣系統大規模渦流造成之動量，可感熱及水汽之經向傳播可由南北分風  $v'$  與各變數之同動差 (Covariance) 分別求得，即求  $v'$  與各擾動變數乘積於時間上之平均值。是故經向之西風動量，可感熱能及水汽之渦流通量分別為  $\zeta \overline{u'v'}$ ， $\zeta c_p \overline{T'v'}$  及  $\zeta \overline{r'v'}$ ，（ $\zeta$  為空氣密度， $c_p$  為其定壓比熱）。而在各不同時間尺度之渦流貢獻則由此等之同波譜 (Co-spectrum) 來表示。若欲知上述各量在垂直方向之傳播則同樣可以垂直運動  $w'$  與各對應變數之同波譜估計值得之。因台灣區測站準確之垂直風速不易求得，本專題暫未作此計算（前張 (1979) 曾在此區域作  $w$  之 Kinematic 估計），而只在這方面作一定性上之試探，即仿 Maruyama (1968) 以等壓面上  $u'$  與  $T'$  之四分譜 (Quadrature Spectrum) 來估計西風動量之垂直傳播：

$$\overline{u'w'} \propto \sum_i Q(u', T') \Delta f / \left( \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial z} \right) \quad (3-1)$$

其中  $Q$  表四分譜， $\frac{\partial \bar{\theta}}{\partial z}$  表大氣之平均穩定度。而同波譜及四分譜之估計可參見 Panofsky and Brier

(1963) 所述。為能比較全部波譜及主要波動頻帶 (Frequency Band) —— 4 到 5 天及 7 到 10 天之貢獻, 本專題中用最大落差數 (Lag Number) 為 20 天, 以得到適當之波譜解析度; 亦即得到波頻區間為 0.025 Cycle per Day, 而以 0.50 cpd 為波頻上限 (Nyquist Frequency)。在計算上, 各個 Covariance 分別以下式估計:

$$\begin{aligned}
 (\text{m}^2 \text{s}^{-2}) \overline{u'v'} &= \sum_{f=0}^{0.5 \text{ cpd}} C(u', v') 2\pi \Delta f \\
 (\text{ms}^{-1} \text{ deg}) \overline{T'v'} &= \sum_{f=0}^{0.5 \text{ cpd}} C(T', v') 2\pi \Delta f \quad (3-2) \\
 (\text{g kg}^{-1} \text{ms}^{-1}) \overline{r'v'} &= \sum_{f=0}^{0.5 \text{ cpd}} C(r', v') 2\pi \Delta f
 \end{aligned}$$

C 代表同波譜,  $f$  為各個頻率。  
兩主要頻帶上對各同動差之部分貢獻則以:

$$\begin{aligned}
 &\sum_{0.075 \text{ cpd}}^{0.15 \text{ cpd}} C(f', v') 2\pi \Delta f \text{ 及} \\
 &\sum_{0.175 \text{ cpd}}^{0.25 \text{ cpd}} C(f', v') 2\pi \Delta f
 \end{aligned}$$

來計算, 其中  $f'$  代表  $u'$ ,  $T'$  或  $r'$ 。

#### 四、結果

##### (1) 西風動量之渦流流通量

台灣測站各等壓面上之西風動量渦流傳播於各波頻上之分佈, 如圖 1(a)~(e), 圖 2(a)~(e) 表 1971 年之同波譜結果; 圖 3(a)~(e), 圖 4(a)~(e) 則表 1972 年之結果。此兩年乃代表兩個不同熱帶擾動強度之年代 (參見張及莊 (1976)), 71 年擾動強度及颱風活動皆比 72 年稍多, 70 年之結果類似 72 年, 計算結果在此暫未列出。馬公站之資料缺失較多, 結果較不可靠, 必須與其他測站結果互相比較。又 1000 mb 等壓面 (約代表地面) 之計算結果, 性質與 850 mb 者相若, 唯擾動強度較為微弱, 故只以 850 mb 代表對流層低層, 而以 500 mb 代表中層, 300 mb 及 200 mb 表對流層

上層, 100 mb 則屬平流層底部。

圖中各波頻於整個同動差 (Covariance) 之貢獻分佈情形顯示與以前擾動功率譜 (Power spectrum) 分析所得之主要貢獻頻帶互相吻合, 即低對流層以 4 到 5 天及高層以 7 到 10 天為波動主要尖峯之頻帶; 此兩種週期擾動亦為造成整個渦流動量傳播之最主要者, 同波譜之相關性 (Coherence) 分佈亦在這些頻帶上顯示極大值, 說明它們於夏季環流扮演重要之角色。

由兩年之結果相比較, 知此區 71 年對流層低層動量傳播為由北向南 (馬公站除外), 而以 5 天 (0.20 cpd) 附近為最大貢獻區間, 中高層則屬相反 (向北) 之方向, 而以 7 到 10 天為貢獻主要區間。72 年之整個對流層之渦流傳播, 由下至上皆為向赤道 (南向) 之傳送, 而以高空之 7 至 10 天較長週期之擾動所造成之貢獻最顯著。此種結果說明 4 至 5 天之熱帶波動於較高緯度之副熱帶較不顯著, 而以較長週期之擾動取代, 此與 Nitta (1970) 之一般結論相同。而此類由南向北之大規模逆梯度 (Counter-Gradient) 之渦流傳播與其他較早之有關研究所指出者亦為一致, 如 Jeffreys (1926), Tucker (1965), Wallace and Newell (1966) 及 Lau et al (1978)。

表 1 為上述兩主要頻帶造成之經向動量傳送貢獻估計值及與整體同動差之比較, 即依 (3-2) 式所述之計算結果。表中除可瞭解各波段貢獻之比重外, 吾們可以看出向北之西風動量傳播 (正值) 為兩年之主要趨勢。圖 5(a), (b) 及圖 6(a), (b) 表示同波譜於高度-頻率平面上之剖面圖, 概括說明上述兩年之整體結果, 其中小於 4 天之擾動 (如圖 5(a) 於 200 mb 者), 尚待進一步之查證, 可能由資料缺失造成。

##### (2) 可感熱及水汽之經向傳播

圖 7 至圖 12 表兩年台灣地區可感熱能之渦流傳播情形。71 年低對流層以傳向赤道, 是為逆梯度之方向 (如圖 7(a) 及圖 8(a)), 與 Kidson et al (1969) 及 Nitta (1970) 所述結果同。高空傳播之方向則各波頻不一, 於較長週期 (7 至 10

天)者大致有向北之趨向,是順梯度(Down-Gradient)方向;此與熱帶高空長波波動所應有的熱能傳送方向同(Yanai and Hayashi (1969)及Nitta (1970))。72年此區低對流層則屬向傳送,如圖9(a)及圖10(a)(包括未列出之馬公之結果);高空亦無明顯之方向結論,且傳播量微小。上述結果於剖面圖11及圖12更為清楚。兩主要頻帶之部分貢獻及全部之同動差估計值於表2歸納之此中顯示熱能傳播於地域性及年代上之變化性。

瞬變渦流在此地區造成之水汽傳播,71年低層亦以向赤道為主,與熱能之傳送方向同, (圖13(a), (b)), 在500 mb 則屬向北(馬公站除外)。72年則在中低對流層內之傳播方向幾乎一致指向北方(圖14及表3);傳播之最大流量在 $2\sim 3\text{ g kg}^{-1}\text{ m sec}^{-1}$ 。高空在500 mb 以上因進入馬達聲(Motor-Boating),當無資料分析。

本專題曾就西風動量之垂直傳播作一初步診斷分析,因暫無準確之垂直運動資料之估計,對 $\overline{u'w'}$ 之估計只以(3-1)式作計算,結果並不完全一致(未列出),而有地域及年代之差異,唯較長波(7至10天)擾動部分,於對流層內有由上向下傳播之指示,尤以300 mb 附近最明顯。這些結果應與直接 $\overline{u'w'}$ 之估計比較方能作定論。

## 五、結語及未來研究展望

本專題為識對台灣及鄰近西太地區夏季大氣大規模擾動之一系列研究之一地區性試探研究,旨在探討這一地區大規模瞬變渦流造成之動量及能量之經向傳播情形,進而瞭解此區於大氣環流所扮演之角色,蓋瞬變渦流等乃貢獻大環流之動量傳播最重要之項目之一,它可與平均流之傳播大小相比,但不一定為同方向,此可在Kidson et al (1969)之結果可以見到。而經向大氣環流在不同地理位置上及不同季節上皆俱變化性,地區性之天氣變化,除受大環流控制外,局部及整個平均狀態之交互作用必須瞭解後,在預觀上方能有所掌握。本研究之局部分析結果,除可與其他西太地區之渦流傳送

比較外亦作為進一步綜合大地區及不同季節分析之先趨研究。本地區分析主要結果為:

(a)台灣地區夏季對流層內動量之渦流經向傳播於1970至1972連續三年夏季之計算結果,其傳送方向以向北為主,即為逆梯度之方向,此亦為副熱帶緯度之一般傳送方向,如Kidson et al (1969)及Nitta (1970)之結果;本區各等壓面上之渦流流量(Eddy Fluxes)其大小與同緯度之平均值相若,與低緯度之西太地區之計算值可相互比較。在垂直分佈上以200 mb 附近為最大,可達 $10\text{ m}^2\text{ s}^{-2}$ 之數值。

(b)此種渦流傳播小部分貢獻來自熱帶波動中4至5天為週期者;其他一大部分之貢獻來自較長週期7至10天之擾動。前者以1971年夏季之低對流層較顯著,其傳播方向指向赤道;後者之貢獻以高層較顯著,而由南向北傳播。

(c)1971年台灣地區可感熱能及水汽(潛熱)之渦流傳播方向皆由北向南,是為逆梯度之渦流傳送(Counter-Gradient Turbulent Transfer)(如Priestley (1949)首次指出者),其主要貢獻則來自4至5天波動。此亦與低緯度熱帶對流層內之傳播方向相同(如Nitta (1970))。而本區高層之可感熱能則以向北為主。72年整個對流層熱能之傳播皆以向北(順梯度)為主;中低層水汽之渦流傳送亦一致向北。可感熱能之渦流流量於高度上有兩個極大值,以在850 mb 及300~200 mb 附近,約達 $1\sim 2\text{ m sec}^{-1}\text{ deg}$ ,低層之水汽傳送最大約在 $2\text{ g kg}^{-1}\text{ ms}^{-1}$ 左右。

(d)1971年台灣地區低對流層之動量及熱能傳播皆異於其他年代之型態,而比較類似於西太低緯度之熱帶波動者,同時此年屢台之颱風亦比其他年代稍多。吾們或可推測此年台灣地區受較強之熱帶波動所影響;唯此點值得作更進一步分析方能定論。

對未來之研究展望應以:

(a)對其他季節之分析,蓋環流系統能量之傳播及各個貢獻分量當因季節而異,取不同時間區間及年代之研究當為完整之系列研究所不可缺少。

(b)本專題與作局部區域之試探研究;然大氣環

流於不同地理位置皆不具對稱性，而渦流通量之方向並不一定為順梯度(Down-Gradient)；故擴大分析地域以涵蓋整個鄰近西太地區為得到整體結論及瞭解緯度間之交互作用所必須。

(c)對西太地區之大規模環流各種能量及動量之完整收支分析，在收支方程式於空間及頻率領域上作逐項之估計，探討環流之動力機制及本地區之特有性質，應為這一系列研究之重要項目。

### 參 考 文 獻

1. Jeffrey, H., 1926 : On the dynamics of geostrophic winds. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 52, 85-104.
2. Kidson, J.W., D.G. Vincent and R.E. Newell, 1969 : Observational studies of general circulation of the tropics. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 95, 258-287.
3. Lau, N., H. Tennekes and J.M. Wallace, 1978 : Maintenance of the momentum flux by transient eddies in the upper troposphere. *J. Atmos. Sci.*, 35, 139-147.
4. Maruyama, T., 1968 : Upward transport of westerly momentum due to large-scale disturbances in the equatorial lower stratosphere. *J. Meteor. Soc. Japan*, 46, 404-417.
5. Nitta, T., 1970 : On the role of transient eddies in tropical troposphere. *J. Meteor. Soc. Japan*, 48, 348-359.
6. Panofsky and Brier 1963 : Some applications of statistics to meteorology Penn State Univ., 224 pp.
7. Priestley, C.H.B., 1949 : Heat transport and zonal stress between latitudes. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 75, 28-40.
8. Tetens, O., 1930 : Uber einige meteorologische Begriffe. *Zeitsch. fur Geophys.*, 6, 297-309.
9. Tucker, G.B., 1965 : The equatorial tropospheric wind regime. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 91, 140-150.
10. Wallace, J.M. and R.E. Newell, 1966 : Eddy fluxes and biennial stratospheric oscillation. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 92, 605-612.
11. Yanai, M. and Y. Hayashi, 1969 : Large-scale equatorial waves penetrating from the upper troposphere into the lower stratosphere. *J. Meteor. Soc. Japan*, 47, 167-182.
12. 張利雄與莊瑞華 1976 : 台灣與鄰近地區之熱帶波動研究。台灣大學大氣科學系研究報告，第1期，61-77。
13. 張利雄 1979 : 台灣鄰近地區之旋率及輻散場之客觀分析。中華民國空軍氣象預報與分析，第78期，19-29。

**Westerly Momentum, Sensible Heat and Moisture Fluxes by Large  
Scale Transient Eddies in Taiwan Area : Summer Season**

**Department of Atmospheric Sciences  
National Taiwan University**

Turbulent fluxes of westerly momentum, sensible heat and water vapor due to large scale transient eddies have been estimated by the covariances between the perturbation meridional wind component and the respective fluctuating quantities. Total turbulent transports and partial contributions by specific frequency bands are computed through summations of cospectra estimates over the frequency bands.

Computations of these eddy fluxes within the troposphere in Taiwan area for three consecutive years ( 1970-1972 ) show a general picture of poleward fluxes. A major contribution to turbulent fluxes comes from the frequency band of 7-10 days in period in this subtropical region. Besides, for 1971 summer, the 4-5 days disturbance plays a significant role in these eddy fluxes at 850 mb level. The transport is southward. It is similar to those at lower tropical latitudes in Western Pacific. This may be an indication of the intrusion of tropical wave disturbances into this region. Further statistics may be necessary to confirm this speculation.

Table 1. Eddy flux of westerly momentum and those explained by two specified frequency bands as estimated from co-spectrum  $C(u', v')$

表 1 瞬變渦流之動量傳播及兩主要頻帶之貢獻 (單位以  $m^2 s^{-2}$ )

			850 mb	500 mb	300 mb	200 mb	100 mb
一 九 七 一	東 港	Total ( $m^2 s^{-2}$ )	-8.21	-0.54	0.42	4.13	3.75
		0.075~0.15 cpd	-2.95	0.22	-3.06	1.99	1.82
		0.175~0.25 cpd	-3.25	1.40	0.96	-0.70	0.22
	馬 公	Total ( $m^2 s^{-2}$ )	4.50	2.56	0.92	8.00	3.55
		0.075~0.15 cpd	0.71	-0.64	0.61	2.84	1.45
		0.175~0.25 cpd	1.55	3.01	-0.77	-1.05	0.27
一 九 七 二	東 港	Total ( $m^2 s^{-2}$ )	2.14	1.61	5.34	7.54	2.49
		0.075~0.15 cpd	1.70	1.52	2.74	5.28	1.80
		0.157~0.25 cpd	0.18	0.24	2.30	2.70	0.76
	桃 園	Total ( $m^2 s^{-2}$ )	10.55	4.80	6.50	9.79	2.65
		0.075~0.15 cpd	2.23	2.26	5.32	4.64	0.43
		0.175~0.25 cpd	3.40	1.67	3.40	3.39	0.11

Table 2. Eddy flux of sensible heat and those explained by two specified frequency bands. ( in  $m \text{ sec}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{K}$  )

表 2 可感熱能之經向傳播及兩種頻帶之貢獻 (單位  $m \text{ sec}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{K}$  )

			850 mb	500 mb	300 mb	200 mb	100 mb
一 九 七 一	東 港	Total	- 1.23	- 0.41	1.26	2.44	0.62
		0.075 ~ 0.15 cpd	- 0.16	0.32	0.95	0.60	0.79
		0.175 ~ 0.25 cpd	- 0.63	- 0.74	- 0.13	0.97	- 0.60
	馬 公	Total	- 1.43	0.25	2.49	- 0.06	0.00
		0.075 ~ 0.15 cpd	- 0.02	0.30	0.92	- 0.65	1.02
		0.175 ~ 0.25 cpd	- 1.19	- 0.04	0.68	- 0.39	- 0.62
一 九 七 二	東 港	Total	0.15	- 0.20	- 0.04	- 0.06	- 0.03
		0.075 ~ 0.15 cpd	0.46	- 0.41	- 0.13	0.46	0.22
		0.175 ~ 0.25 cpd	0.25	0.08	0.03	0.21	- 0.45
	桃 園	Total	0.48	- 0.01	0.23	0.24	0.02
		0.075 ~ 0.15 cpd	0.93	- 0.03	0.10	- 0.07	- 0.11
		0.175 ~ 0.26 cpd	1.40	0.27	0.15	- 0.18	- 0.10



Table 3. Eddy flux of water vapor content and those contributed by two major frequency bands. ( in  $\text{g kg}^{-1} \text{sec}^{-1}$  )

表 3 水汽之渦動傳播及兩主要頻帶內之貢獻 ( 單位  $\text{g kg}^{-1} \text{m sec}^{-1}$  )

		1971		1972		
		東 港	馬 公	東 港	馬 公	桃 園
850 mb	Total ( $\text{g kg}^{-1} \text{ms}^{-1}$ )	-0.73	-0.63	1.07	2.73	2.31
	0.075 ~ 0.15 cpd	0.07	-0.37	0.27	0.33	0.59
	0.175 ~ 0.25 cpd	-0.17	-0.49	0.19	1.70	0.01
500 mb	Total ( $\text{g kg}^{-1} \text{ms}^{-1}$ )	0.91	-0.39	0.99	1.80	1.08
	0.075 ~ 0.15 cpd	0.76	-0.05	0.61	1.09	0.19
	0.175 ~ 0.25 cpd	0.42	0.08	-0.17	0.20	0.44

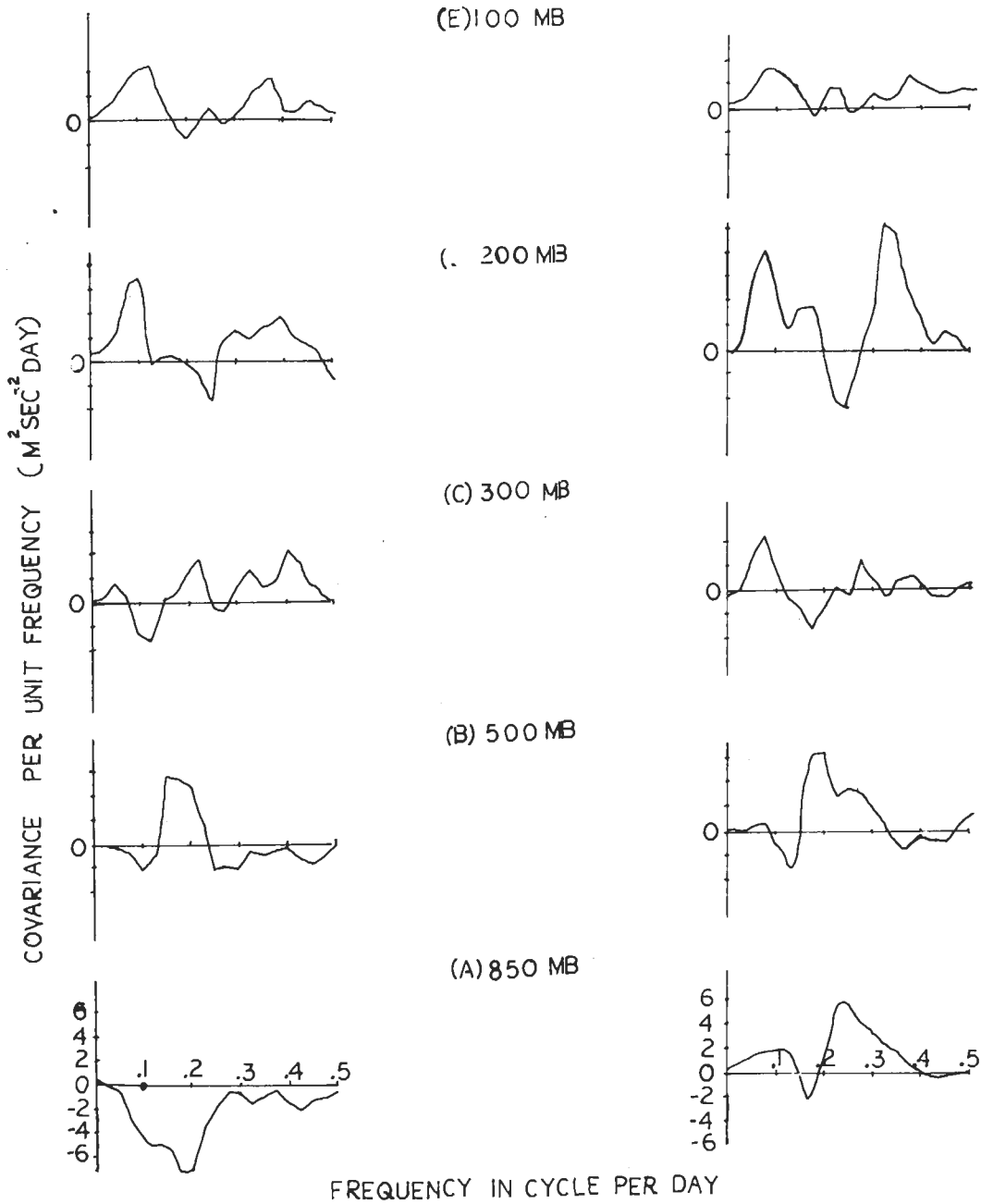


Fig 1. Cospectrum ( $u'$ ,  $v'$ ) at Tungkong for 1971 summer

圖1 東港站 1971年夏季  $u'$  與  $v'$  分風之同波譜

Fig 2. Cospectrum ( $u'$ ,  $v'$ ) at Makung for 1971 Summer

圖2 馬公站 1971年夏季  $u'$  與  $v'$  分風之同波譜

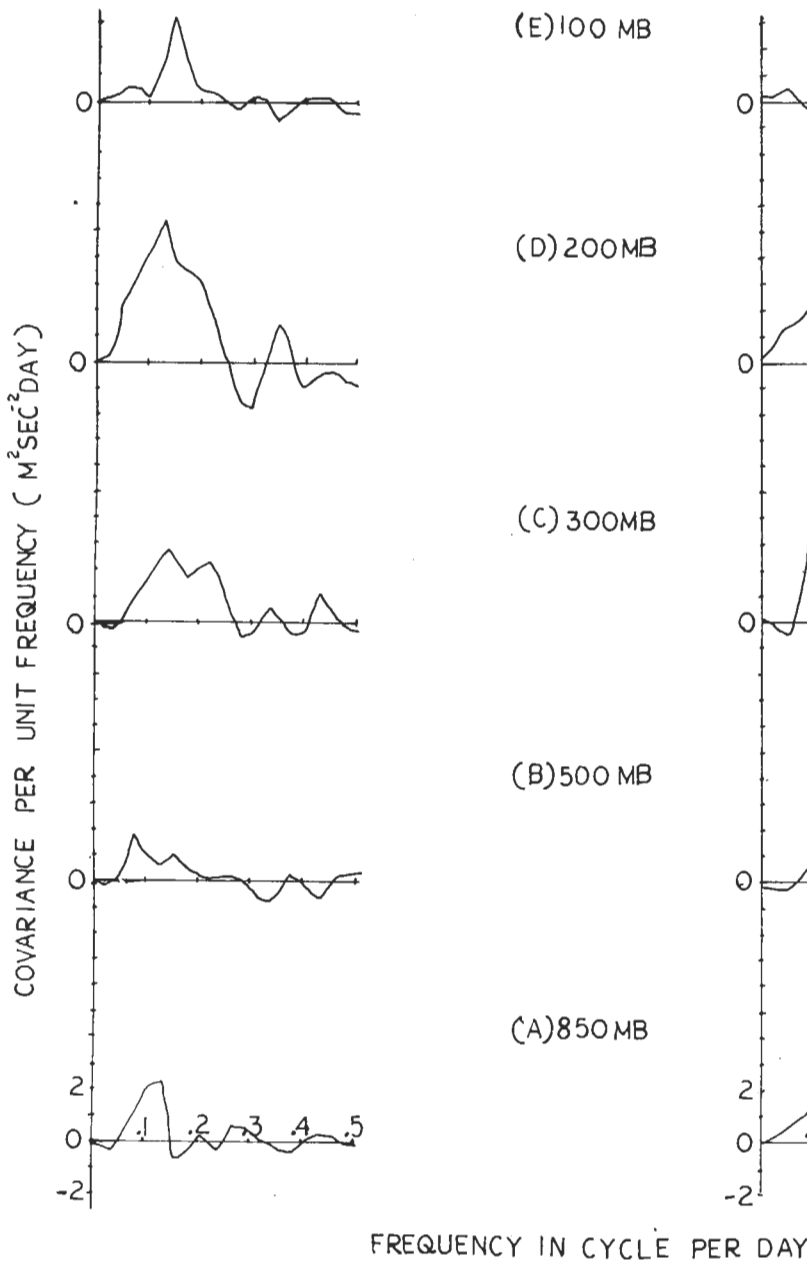


Fig 3. Cospectrum ( $u'$ ,  $v'$ ) at Tungkong for 1972 summer

圖3 東港站 1972年夏季  $u'$  與  $v'$  分風之同波譜

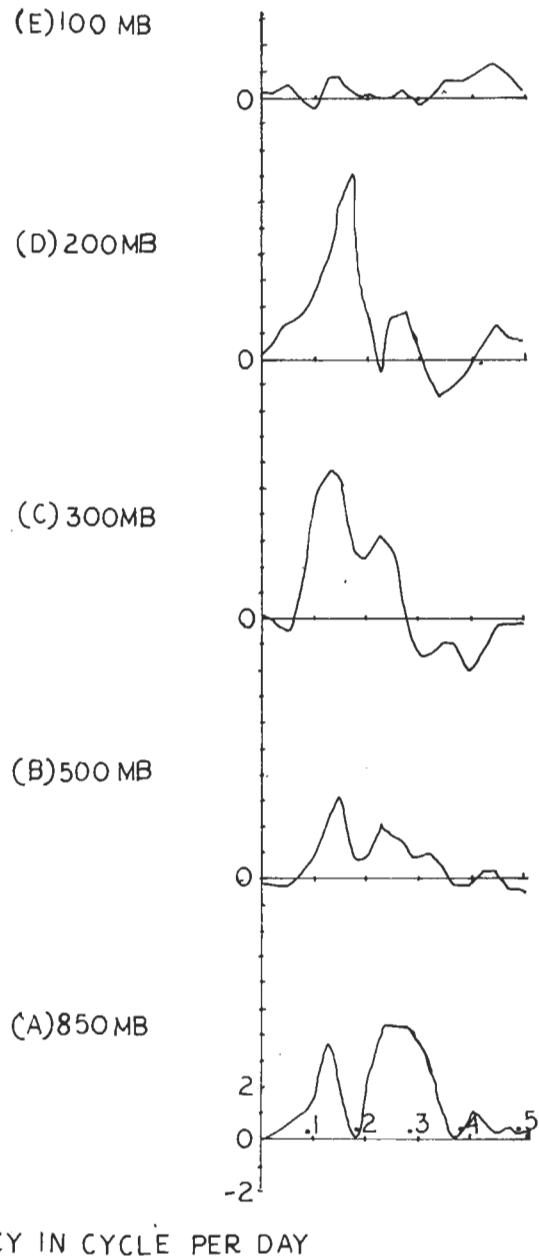


Fig 4. Cospectrum ( $u'$ ,  $v'$ ) at Taoyuan for 1972 summer

圖4 桃園站 1972年夏季  $u'$  與  $v'$  分風之同波譜

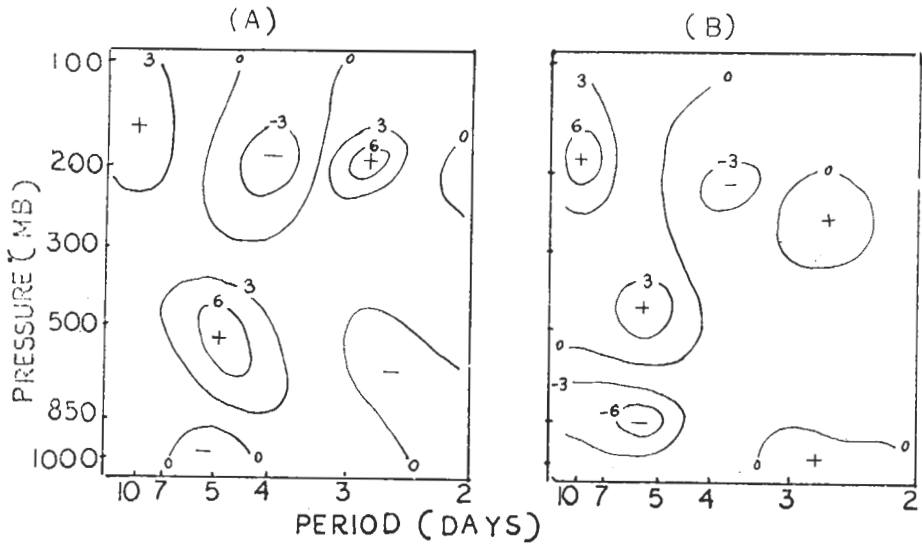


Fig 5. Vertical cross-section in cospectrum ( $u'$ ,  $v'$ ) for 1971 summer (unit :  $m^2 sec^{-2} day$ ) (A)Makung (B)Tungkong

圖5 1971年夏季  $u'$ ,  $v'$  之同波譜高度剖面圖 (A)馬公 (B)東港

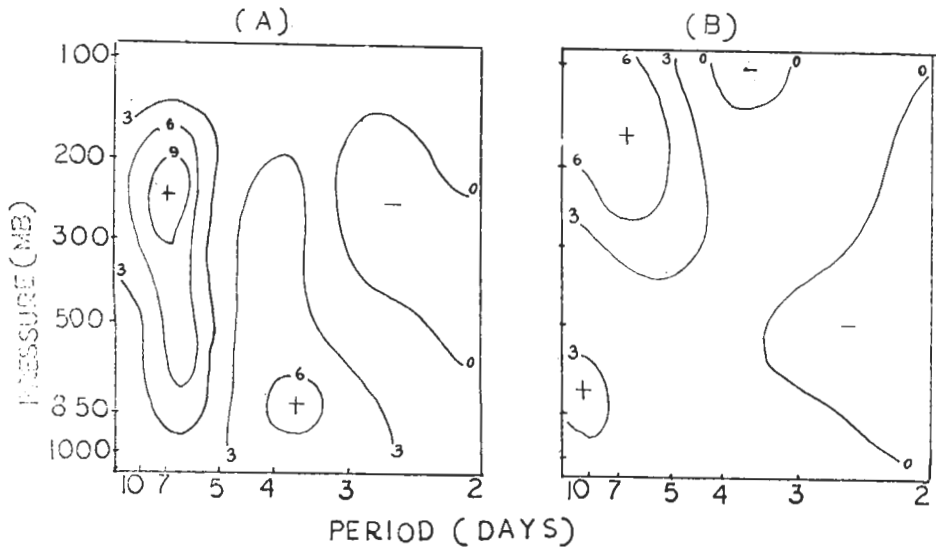


Fig 6. Vertical cross-section in cospectrum ( $u'$ ,  $v'$ ) for 1972 Summer (unit :  $m^2 sec^{-2} day$ ) (A)Taoyuan (B)Tungkong

圖6 1972年夏季  $u'$ ,  $v'$  之同波譜高度剖面圖 (A)桃園 (B)東港

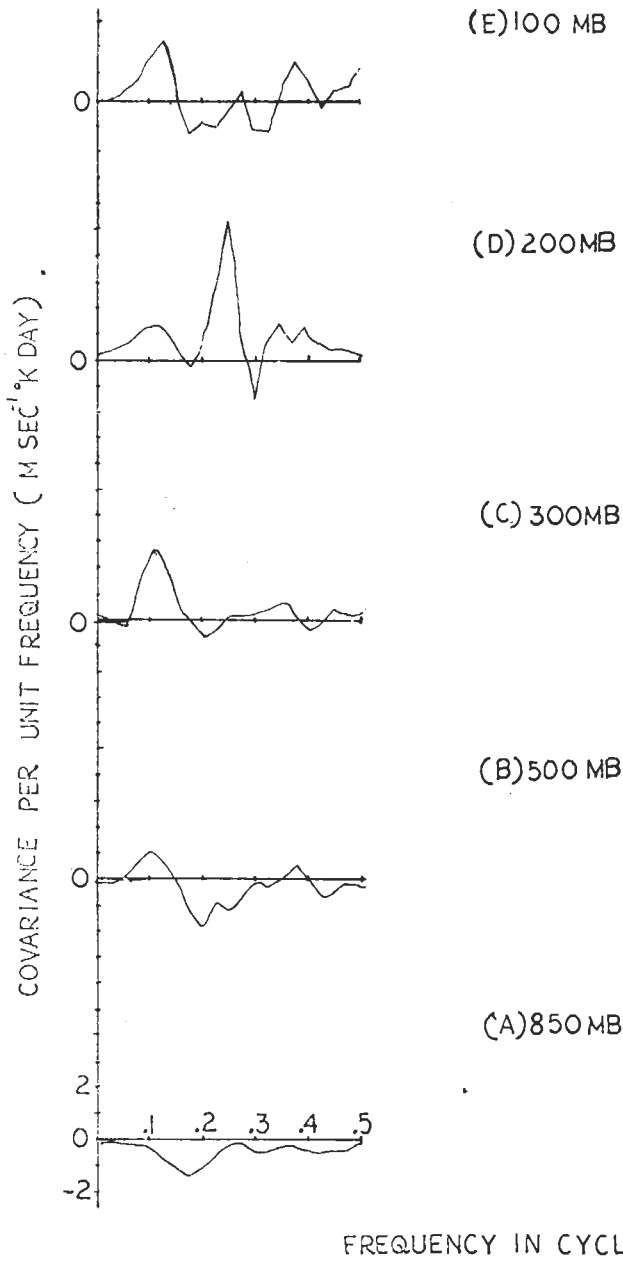


Fig 7. Cospectrum ( $T'$ ,  $v'$ ) at Tungkong for 1971 summer

圖 7 東港站 1971 年夏季溫度與經向風之同波譜

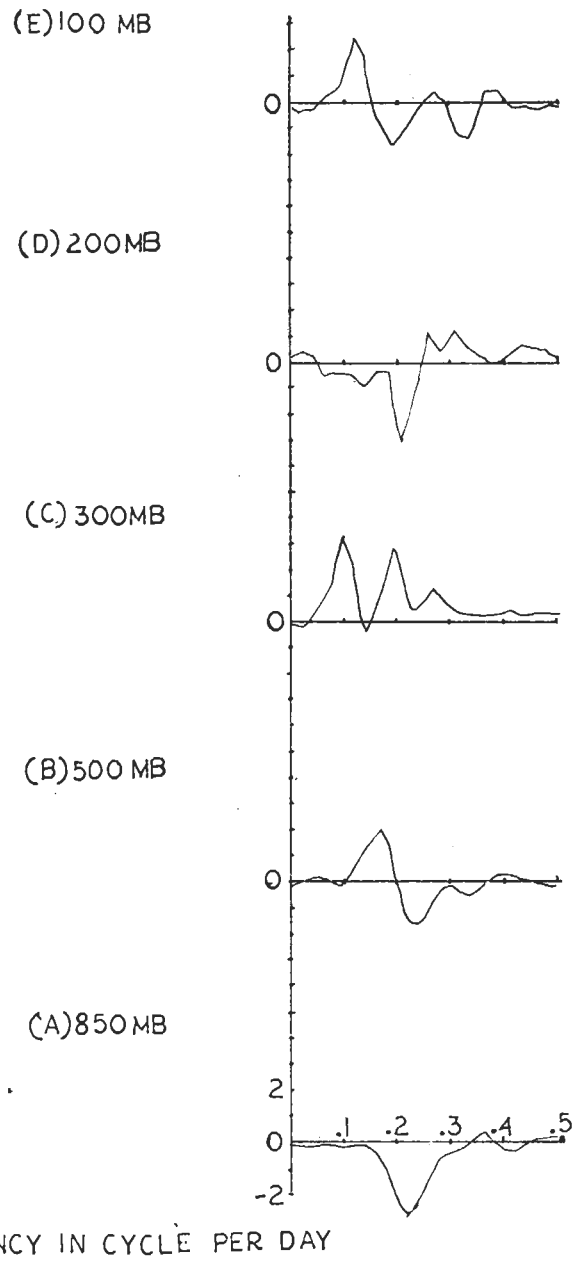


Fig 8. Cospectrum ( $T'$ ,  $v'$ ) at Makung for 1971 summer

圖 8 馬公站 1971 年夏季溫度與經向風之同波譜

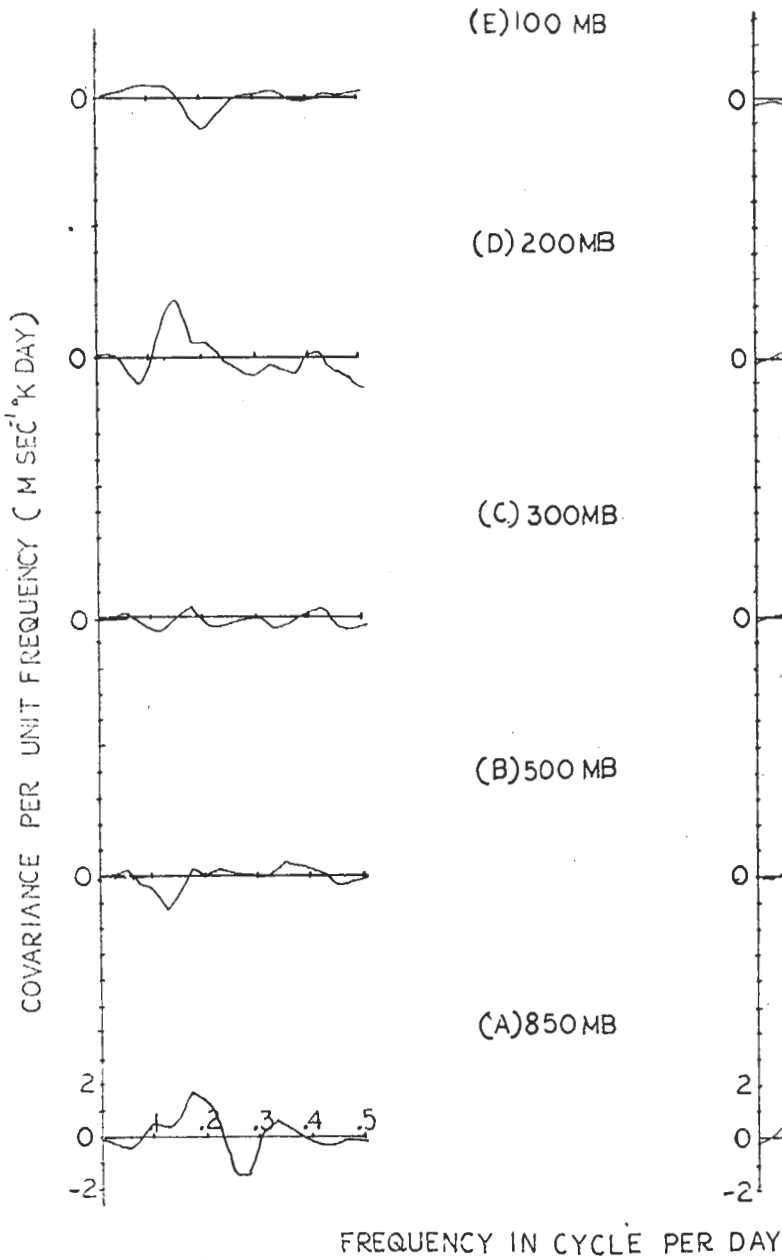


Fig 9. Cosppectrum ( $T'$ ,  $v'$ ) at Tungkong for 1972 summer

圖9 東港站 1972 年夏季溫度與經向風之同波譜

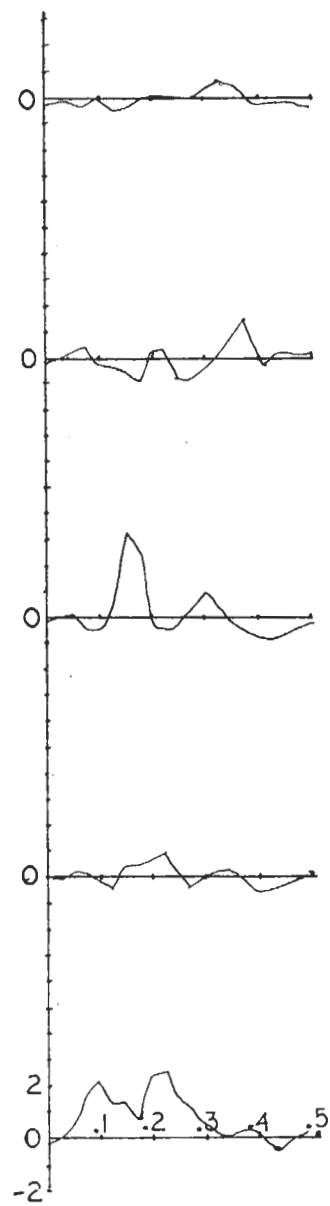


Fig 10. Cosppectrum ( $T'$ ,  $v'$ ) at Taoyuan for 1972 summer

圖10 桃園站 1972 年夏季溫度與經向風之同波譜

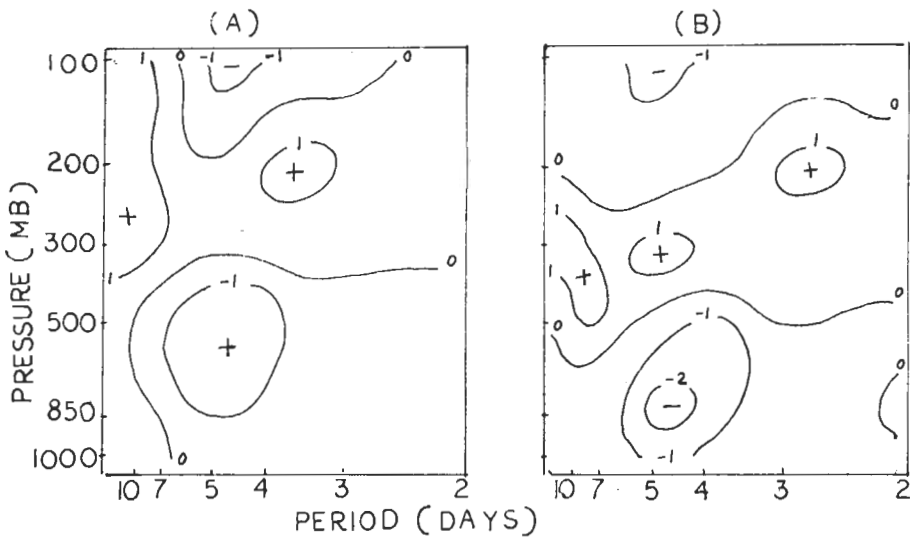


Fig 11. Vertical cross-section in cospectrum ( $T'$ ,  $v'$ ) for 1971 summer (unit:  $m\ sec^{-1}\ ^\circ K\ day$ ) (A)Tungkong (B)Makung

圖 11 1971 年夏季  $T'$ ,  $v'$  之同波譜高度剖面圖 (A)東港 (B)馬公

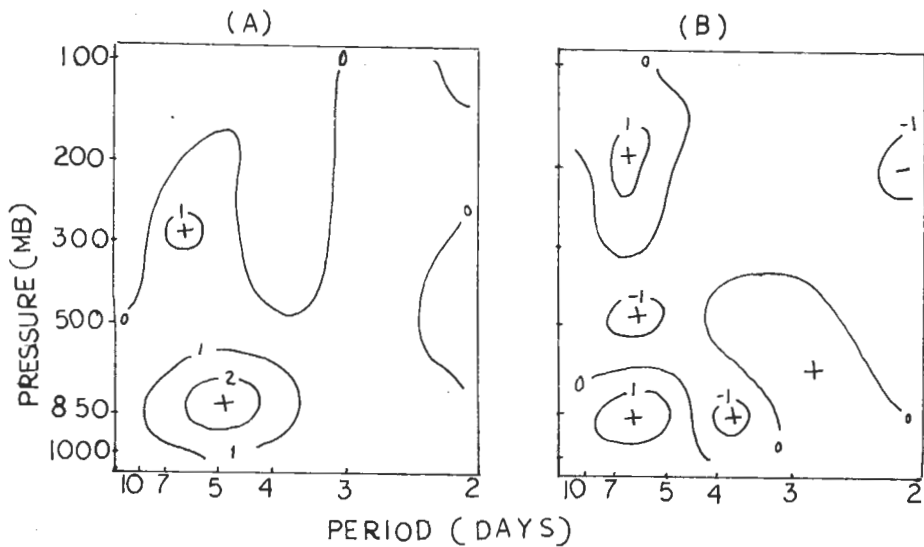


Fig 12. Vertical cross-section in cospectrum ( $T'$ ,  $v'$ ) for 1972 summer (unit:  $m\ sec^{-1}\ ^\circ K\ day$ ) (A)Taoyuan (B)Tungkong

圖 12 1972 年夏季  $T'$ ,  $v'$  之同波譜高度剖面圖 (A)桃園 (B)東港

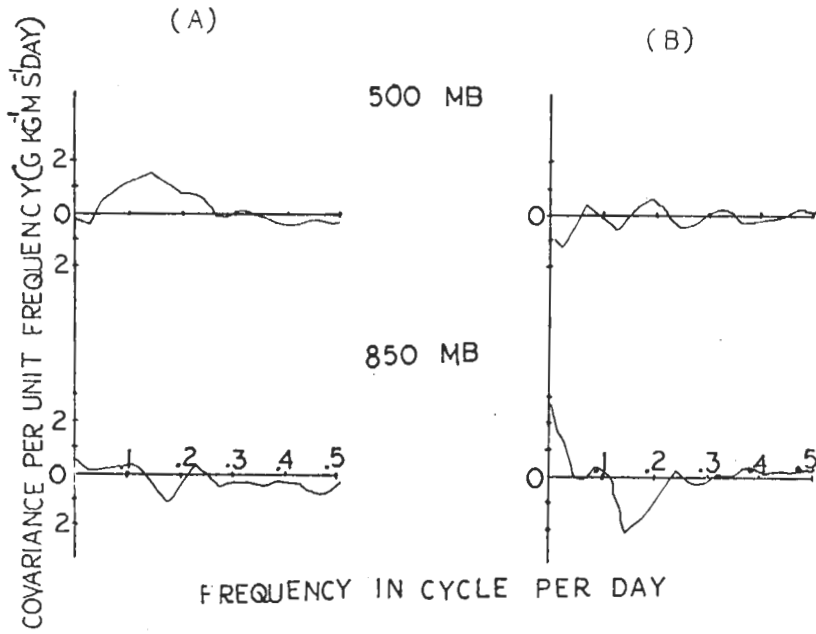


Fig 13. Cospectrum ( $r'$ ,  $v'$ ) for 1971 summer (A) Tungkong (B) Makung

圖 13 1971 年夏季混合比與經向風之同波譜 (A) 東港 (B) 馬公

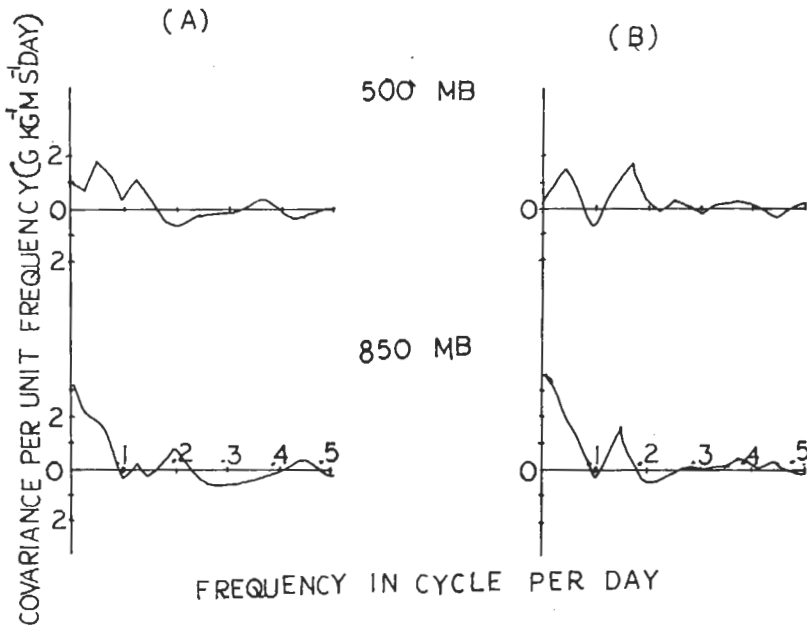


Fig 14. Cospectrum ( $r'$ ,  $v'$ ) for 1972 summer (A) Tungkong (B) Taoyuan

圖 14 1972 年夏季混合比與經向風之同波譜 (A) 東港 (B) 桃園