附件三

空氣品質模式資料前處理

進行空氣品質模式模擬時，許多原始之資料必須經過前處理的程序，才能作為空氣品質模式之輸入資料，如氣象、地形等資料。各項資料詳細之前處理方式將於以下詳述。

一、氣象資料

一般空氣品質模式所需輸入之氣象資料包括日期、時間、風向、風速、地面溫度、大氣穩定度及混合層高度。與國內氣象監測資料比較，所缺者為穩定度及混合層高度；其中穩定度必須由風速、日照強度、雲量等地面氣象監測資料求得，而混合層高度則必須由探空資料，輔以逐時之地面溫度才能求出。本節則詳述穩定度及混合層高度之求法。

1.大氣穩定度之計算

根據「Air Pollution Modeling」一書，大氣穩定度的計算方法可由下列各種方法或參數加以決定：

(1)Pasquill

Pasquill 方法首先在 1961 年(民國 50)提出，後來在 1974 年(民國 63)修正，目前在穩定度分類系統上，使用的頻率最高。穩定度等級分成六級，分別是 A,B,C,D,E,F，其穩定度的決定因素為日照強度、雲量及風速。白天依照日照強度分為強、中、弱三個等級，而夜晚則以雲量 0.5 作為分界點。配合五個風速區間之風速大小既可求出穩定度等級，其分類方式參考表 3-1。日照強度之決定可從兩個方式來看，若氣象測站有監測輻射量者，可

由輻射量查出日照強度，如表 3-2。若無監測輻射量的氣象站，則必須先求出天頂角再配合雲量求出日照強度，如表 3-3。而天頂角之求法必須由 3-1.1 式及 3-1.2 式來加以計算。

表 3-1　Pasquill 穩定度分類表

時間	輻射量	地　表　風　速(m/s)				
		<2	2to3	3to5	5to6	>6
日	強	A	A-B	B	C	C
	中	A-B	B	B-C	C-D	D
間	弱	B	C	C	D	D
	雲量					
夜	>=0.5	F	E	D	D	D
間	<0.5	F	F	E	D	D

表 3-2　輻射量與日照強度之關係

日照強度	輻射量(ly/min)
弱	<0.4
中	0.4to0.8
強	>0.8

表 3-3　日照強度與天頂角、雲量之關係

天頂角(Z)	雲量>=0.5	雲量<0.5
0 to 35	中	強
35 to 60	弱	中
60 to 90	弱	弱

$$\cos Z=\sin\phi\sin\delta+\cos\phi\cos\delta\cos\left(\frac{\pi}{12}(h-12)\right) \qquad (3\text{-}1.1)$$

$$\delta = 23.5\left(\frac{\pi}{180}\right)\sin\left\{\left[30(m-1)+d-81\right]\left(\frac{\pi}{180}\right)\right\} \qquad (3\text{-}1.2)$$

Z：太陽天頂角　ϕ：地區之緯度　δ：太陽傾斜角

h：小時　　　　m：月份　　　　d：日期

(2)TURNER 分類法

TURNER（1964）式首先是修正 Pasquill（1961）公式，後來 Panofsky 和 Dutton（1984）再加以修正。穩定度的等級分成七類，分別是 1,2,3,4,5,6,7，穩定度決定的主要控制因素有風速、雲量、雲幕高及太陽輻射強度等。分類方法如表 3-4，穩定度判定所需的資料有風速、淨輻射指數。而淨輻射指數則與時間、天頂角、雲量有關，淨輻射指數之決定如表 3-5。同理，天頂角則必須利用 3-1.1 式及 3-1.2 式求出。

表 3-4Turner 穩定度分類表

風速	淨輻射指數						
(knot)	4	3	2	1	0	-1	-2
0to2	1	1	2	3	4	6	7
2to3	1	2	2	3	4	6	7
3to5	1	2	3	4	4	5	6
5to6	2	2	3	4	4	5	5
6to7	2	2	3	4	4	4	5
7to9	2	3	3	4	4	4	5
9to10	3	3	4	4	4	4	5
10to12	3	3	4	4	4	4	4
>12	3	4	4	4	4	4	4

表 3-5　淨輻射指數與天頂角、雲量的關係

時間	天頂角(Z)	淨輻射指數
日	>60	4
	35 to 60	3
	15 to 35	2
間	0 to 15	1
雲量=1.0		0
夜	雲量>0.4	-1
晚	雲量<=0.4	-2

(3)Flux Richardson Number，R_f

Richardson（1920）利用無因次參數 R_f 來決定穩定度，該無因次參數的物理意義是熱浮昇力所造成之紊流消散率（產生率）與地表機械剪力所造成之紊流產生率之比值，其值如下式所示

$$R_f = \frac{g}{T}\frac{\Delta\theta / \Delta z}{(\Delta u/\Delta z)^2} \qquad (3\text{-}1.3)$$

其中 g：重力加速度

T：絕對溫度

$\Delta\theta／\Delta z$：垂直位溫梯度

$\Delta u／\Delta z$：風速梯度

Rf 值求出之後，利用表 3-6 可以求出穩定度等級。

表 3-6 穩定度等級與 Flux Richardson Number 的關係

穩定度	Rf(at 2m)
A	-1.00--0.70
B	-0.50--0.40
C	-0.17--0.13
D	0
E	0.03-0.05
F	0.05-0.11

(4)Gradient Richardson Number，R_i

Businger(1966),Pandolfo(1966) 建議 Gradient Richardson Number(R_i)可以使用下式加以估計：

Ri＝z／L 穩定狀況

$$Ri = \frac{z / L}{1=5z / L} \text{不穩定狀況}$$

Z：高程

L：Monin-Obukhov Length

另外，Ri 亦可利用 bulk Richardson Number(Rb)加以求出

$$Ri = \frac{Rb}{r^2} \text{，r 是風速剖面指數}$$

$$Rb = \frac{gz}{T} \frac{\frac{\partial T}{\partial z} + r_d}{U^2}$$

(5)Monin-Obukhov Length,L

利用 Monin-Obukhov Length 來劃分穩定度是一種較為周詳的方式，因為其中考慮了熱通量、風剪力及粗糙度的影響，但其限制主要是在地表熱通量及摩擦速度的量測。Monin-Obukhov Length(L)的定義如下：

$$L = -\frac{u^{*3} C_p \rho T}{kgH(1+0.07/B)} = -\frac{u^{*3} Z_i}{k w^{*3}(1+0.07/B)} \cong -\frac{Zi}{k}\left(\frac{u^*}{w^*}\right)^3$$

其中 u^*：摩擦速度

C_p：定壓比熱

ρ ：空氣密度

T ：絕對溫度

g ：重力加速度

H ：地表熱通量

B ：Bowen Ratio

w*：對流速度

Z_i：高程

其中 Bowen Ratio 可由下式加以估計

$$B = \frac{\triangle T = 0.01 \triangle Z}{2500 \triangle q}$$

$\frac{\triangle q}{\triangle z}$：Specific vertical humidity gradient

地表熱通量(H)之求法詳見下式

$$H = -K_h C_p \rho \left(\frac{\partial \theta}{\partial \theta} \right)_{z=0}$$

對流速度 $w^* = \left(\frac{gHZi}{C_p \rho T_0} \right)^{1/3}$

至於 Monin-Obukhov Length(L)求出之後，可以利用表 3-7 求出穩定度等級。另外，Liu et al.(1976),Irwin(1979) 建議 Monin-Obukhov Length(L)亦可利用簡單的冪次指數函數加以決定，$1/L=aZo^b$，其中 a,b 值如表 3-8 所示。

(6)風向標準偏差法

風向標準偏差法是由 NRC(National Regulatory Commission) 建議使用之方法，係指水平風向之標準偏差角，其穩定度的關係如表 3-10。Mitchell & Timbre(1979)提出夜間時的修正，修正結果如表 3-11。

表 3-7 穩定度等級與 Monin-Obukhov Length(L)的關係

穩定度	L
A	-2--3
B	-4--5
C	-12--15
D	∞
E	35-75
F	8-35

表 3-8 Monin-Obukhov Length 指數冪次律之常數

穩定度	a	b
A	-0.08750	-0.1029
B	-0.03849	-0.1714
C	-0.00807	-0.3049
D	0.	0.
E	0.00807	-0.3049
F	0.03849	-0.1714

表 3-10 水平風向標準偏差與穩定度之關係

Pasquill 穩定度	水平風向標準偏差
A	> 22.5°
B	17.5° to 22.5°
C	12.5° to 17.5°
D	7.5° to 12.5°
E	3.8° to 7.5°
F	< 3.8°

表 3-11 修正之水平風向標準偏差與穩定度之關係

原Pasquill 穩定度	水平風向標準偏差	風速(m/s)	夜間穩定度
A	> 22.5°	<2.4 2.4to2.9 2.9to3.6 >=3.6	G F E D
B	17.5°to 22.5°	<2.4 2.4to3.0 >=3.0	F E D
C	12.5°to 17.5°	<2.4 >=2.4	E D
D	7.5°to 12.5°	all	D
E	3.8°to 7.5°	all	E
F	< 3.8°	all	F

(7)垂直溫度梯度

垂直溫度梯度為 NRC(National Regulatory Commission)建議使用之方法，係利用大氣垂直溫度梯度來決定大氣的穩定度。穩定度等級分成六級，一般是利用 10 公尺及另一小於 100 公尺(60)兩個高度來決定。其穩定度的決定如表 3-12。

表 3-12 垂直溫度梯度與穩定度之關係

Pasquill 穩定度	垂直溫度梯度(℃/100m)
A	<-1.9
B	-1.9to-1.7
C	-1.7to-1.5
D	-1.5to-0.5
E	-0.5to+1.5
F	>+1.5

2.混合層高度的求取方法

混合層高度的定義為空氣污染物在垂直方向所能擴散的最大高度，一般而言，常用之混合層高度之估計方法有下列數種：

(1)Holzworth

Holzworth(1964)利用逐時之地面溫度，沿著乾絕熱遞減曲線上升，與探空曲線之相交點，則為混合層高度。一般來說，為了簡化該項求解之步驟，通常可以利用位溫之表示方式來求出混合層高度，目前 Holzworth 是屬於經常使用的方法。利用此二種方法求解混合層高度的圖形可以如圖 3-1 所示。位溫之與溫度之轉換公式則如 3-1.3 式。

圖 3-1 利用 Holzworth 法求取混合層高度

轉換公式則如 3-1.3 式。

$$\theta = T\left(\frac{P_0}{P}\right)^{\frac{R}{C_P}} \tag{3-1.3}$$

θ:位溫　T:　溫度　Po:参考溫度，通常是海平面的壓力

P:壓力　R:氣體常數　Cp:定壓比熱

(2)Benkley & Schulman

Benkley & Schulman(1979)針對 Holzworth(1964)的估計方法加以修正，將地面溫度的平流效應與地表之機械剪力考慮在內。其中地面溫度之平流溫度的校正如下：

$$Tr = Tm - \frac{1}{12}\left[T_{700mb} - T_{700mb}\right] \qquad (3\text{-}1.4)$$

其中

T_r:時間 t 時的地面溫度　T_m:調整後之溫度

$T_{700\text{mb}}$'早上八時 700mb 的溫度　$T_{700\text{mb}}$":晚上八時 700mb 的溫度

地面風速剪力產生的產生之混合層高度 Hm 由下式估計

$$\text{Hm} = \text{C}\left(\frac{u^*}{f}\right) \qquad (3\text{-}1.5)$$

其中 C 是常數，通常是 0.06-0.3，f 是科氏參數，u^*是摩擦風速，u^*的求法如(3-1.6)式。

$$u^* = \frac{ku}{In\left(\frac{Z}{Z_0}\right)} \qquad (3\text{-}1.6)$$

k:Von Karman 常數

u:地面高度 Z 的風速

Zo:地面粗糙度

Hm 求出之後，修正的方式是將探空的位溫曲線繪出之後，在 Hm 與地面位溫之間的位溫曲線連成一直線。再配合調整後之地面位溫曲線，則可以求出混合層高度。

(3)聲波雷達

聲波雷達法是利用聲波雷達回波散射信號的強度來決定混

合層之高度。根據 Enger(1990)估計都普勒聲波雷達所計算之混合層高度(H)，可由下式得知。

$$H=\left(\frac{2.7}{b^2}\right)^{3/4}\left(\frac{g}{\theta}\right)\left(C_T{}^2\right)^{-3/4}\sigma_w Z^{-1} \qquad (3\text{-}1.7)$$

b:常數

g:重力加速度

θ:位溫

$C_T{}^2$:溫度結構常數

σ_w：垂直速度之變異數

二、地形資料

地形資料之前處理主要是針對空氣品質模式所模擬的區域及所需之地形解析度，進行地形資料之處理。以目前台灣的地形資料解析度來看，以農林廳航空測量製作之台灣數值地形（DTM）資料最為完整，由於其解析度為四十公尺＊四十公尺，因此相關單位在進行地形資料處理時，應以該數值地形資料庫為準。以四公里見方，二百公尺＊二百公尺解析度來看，地形資料可以每隔五個方格選取一次，則可獲得所需解析度之地形資料。倘若所需之解析度較高，如一百公尺＊一百公尺，無法經由整數方格數來得知地形資料，則應利用客觀分析法求出所需解析度之地形資料。

客觀分析法主要的目的是將分布不規則的已知的資料值，內插到規則的網格點上。常用之客觀分析法大致上有下列數種方法，其中前五種是常用來內差網點值的方法，而後面二種方法則是常用來處理

氣象、地形等相關物理變數的簡易客觀分析法。

1.Inverse Distance to a Power

利用已知鄰近值的距離指數冪次成反比的關係來推估網格點的值。如下式所示：

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{Zi}{h_{ij}^{\beta}}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{Zi}{h_{ij}^{\beta}}}$$

Z：網格點上的內差值

Zi：鄰近網格點的值

h_{ij}：網格點與鄰近點的距離

β：指數冪次

2.Kriging

Kriging 是在地理統計學上廣泛使用之內差方法，此法係一種最小均方根差方法之一，可以利用不規則的資料值內插成規則網格點上的資料值。Kriging 方法自 Krige(1951)發展以來，經過許多學者改善及貢獻，目前計有以下各類的方法：

(1)Ordinary Kriging

(2)Robust Kriging

(3)Universal Kriging

(4)Median-Polish Kriging

各種 Kriging 方法之適用性及方法、內容詳見“Statistics for

Spatial Data”，使用者使用時必須詳細列出使用 Kriging 方法及其中的參數。

3.Minimum Curvature

Minimum Curvature 廣泛用於地球科學上，假設一函數，使該函數通過所有的資料點且達到最小曲率的目標，殘餘值（Residual Value）、疊代次數是主要的控制變因。

4.Nearest Neighbor

Nearest Neighbor 是利用離網格點最近的資料值來取代網格點上的值，故實際上並未內插任何網格點的值。

5.Radial Basis Functions

Radial Basis Functions 係利用網格與未知點間的距離與平滑因子（Smoothing Factor）來決定附近格點的權重。距離與平滑因子的函數可由下列各種函數予以決定之。

(1)Inverse Multiquadric

$$B(h)=\frac{1}{\sqrt{h^2}+R^2}$$

(2)Multilog

$$B(h)=log(h^2+R^2)$$

(3)Multiquadratic

$$B(h)=\frac{1}{\sqrt{h^2}+R^2}$$

(4)Natural Cubic Spline

$B(h)=(h^2+R^2)$

(5)Thin Plate Spline

$B(h)= (h^2+R^2)log(h^2+R^2)$

6.Cressman

Cressman,Barness 之分析架構主要是由 Cressman(1959)所提出，其分析的架構皆相同，主要的差異是在不同的權重函數。各種簡易客觀分析方法即分述如下（曾，民國 76 年）：

假設$\tilde{\varphi}_k$為網格 k 上的實際值，$\tilde{\varphi}_k^{u-1}$ 是網格 k 上第μ-1 次的分析值。網格上除了有實際值之外，也有分析值，後者可由網格點上的分析值內插得到。假設D_k^{u-1} 為測站 k 上實際值$\tilde{\varphi}_k$和第μ-1 次分析值$\tilde{\varphi}_k^{u-1}$之差

$$D_k^{u-1}= \tilde{\varphi}_k - \tilde{\varphi}_k^{u-1} \quad (3\text{-}2\text{-}1)$$

對某一網格點(i,j)而言，其訂正值可由各測站上　　的加權平均得到

$$C_{ij}^{u-1} = \sum_{k=1}^{N} W_k D_k^{u-1} \Big/ \sum_{k-1}^{N} W_k \quad (3\text{-}2\text{-}2)$$

其中 C_{ij}^{u-1} 是網格點(i,j)上第μ-1 次的訂正值，Wk 為網格 k 的權重函數，N 是已知網格值的總數。因此，網格點上的新分析值

為：

$$\tilde{\varphi}_{ij}^{u1} = \tilde{\varphi}u - 1_{ij} + C_{ij}^{u-1} \qquad (3\text{-}2\text{-}3)$$

得到各網格點新分析值以後，可以照上述方法重復掃描四五次，待其達到收斂標準之後，就可得到最後的分析結果。至於各網格點的初始值則可以鄰近實際值內插求出。Cressman(1959)所使用之權重函數只與網格點之間的距離有關。其權重函數如下所示：

$$W=\frac{R^2 - r_k^{\ 2}}{R^2 - r_k^{\ 2}} \qquad r_k < R \qquad (3\text{-}2\text{-}4)$$

$$= 0 \qquad r_k < R$$

其中 W_k 是權重函數，R 是影響半徑，ｒ $_k$ 是鄰近具有實際值的網格與分析網格點上的距離。另外，每一次進行掃描時，必須將影響半徑縮小。

7.Barness

Barness(1973)則使用指數型態之權重函數，該函數如下所示：

$$W_k = \exp(-r_k^2/k^2) \qquad (3\text{-}2\text{-}5)$$

其中 k 是一個通低頻之濾波參數，若該值小，則分析場中會有短波存在，若該值過大，則會產生過度修勻的結果，k 值的數量級大概是網格間距。

∂