

# 穩定度分類及其對模式模擬之影響

鄭用文  
空軍氣象聯隊

## 一、前言

台灣由於工業迅速發展，生活水準提高，石化燃料之消耗與日驟增，環境問題隨之日趨嚴重，空氣污染尤為重要問題之一。空氣污染問題之嚴重性，端視污染物之排放量與大氣稀釋能力，前者為人為問題，而後者則與氣象因素有關。空氣污染物排入大氣中，受制於大氣之輸送和擴散作用，而主宰大氣輸送和擴散之範圍即所謂之大氣邊界層(Boundary Layer)，其高度約1公里以上。大氣邊界層代表地表對風場結構影響之範圍，在其內風速受高壓氣流和地表摩擦力之影響，而其高度變化則為地表粗糙度及溫度結構之函數。大氣溫度垂直結構之變化有三種情形：一為溫度隨高度之增加而無變化為中性大氣；二為溫度隨高度之增加而減少，稱為不穩定大氣，利於污染物擴散；三為溫度隨高度之增加而增加，稱為穩定大氣，不利於污染物之擴散，故大氣之穩定狀況在決定污染物擴散程度，扮演極重要之角色。

鑑於穩定度影響空氣污染物擴散之重要性，本研究乃決定就穩定度分類及其相關問題深入探討。研究中將以一般常使用之風速、雲量、雲幕高和太陽角度等因之外，並增加太陽輻射(包括全天輻射和淨輻射)，分別利用 Pasquill-Gifford、Turner、日本通產省等方法，分析穩定度並比較其異同，同時以標準組合煙囪透過大氣擴散模式模擬，比較各種不同穩定度分類之保守性及其對模式模擬結果之影響。

## 二、穩定度分類法

### 1、定義

所謂穩定度[1]為大氣穩定之程度，即一種潛勢去阻止或加強大氣之垂直運動，另言之，是壓制或增強存在之渦動。穩定度是和風切(wind shear)及大氣溫度垂直結構有密切關係；然通常多以大氣溫度垂直結構來做為其指標。茲將穩定度與大氣溫度垂直結構之關係說明如下：

1. 穩定(stable)  $\lambda < \Gamma, d\theta/dz > 0$
  2. 中性穩定(neutral)  $\lambda = \Gamma, d\theta/dz = 0$
  3. 不穩定(unstable)  $\lambda > \Gamma, d\theta/dz < 0$
- $\lambda$ : 環境直減率  
 $\Gamma$ : 乾絕熱直減率  
 $d\theta/dz$ : 位溫隨高度之變化

### 2、穩定度分類法

污染物在大氣中之垂直擴散能力取決於大氣穩定及大氣亂流，然因這些因子不易測知，現多以氣象觀測資料來分析穩定度，其方法如下：

#### (1) PASSQUILL-GIFFORD法[3]:

PASQUILL (1961)提出，為利用風速雲量和日射強度(太陽角度)等因子分析大氣穩定度，本分類法將大氣穩定分為六級(A~F)

其方法如下：

- (A)依雲量和大太陽天頂角，求出大太陽日射強度。
- (B)再由日射強度、雲量和風速，求出 PASQUILL 穩定度分類。(如表 2-1)

#### (2) TURNER 法[4]:

TURNER (1964)提出，為利用風速、雲量和日射強度(太陽角度)外，並增加雲幕高，以分析穩定度，本分類法將穩定度分為七級(A~G)，其方法如下：

(A)由太陽高度求出日射指數(ICN, ISOLATION CLASS NUMBER)

(B)再由 ICN、雲量、雲幕高，求出淨輻射指數 NR (NET RADIATION) (如表 2-2)

(C)最後由淨輻射指數和風速，求出穩定度分級(如表 2-3)

#### (3) 日本通產省的穩定度分類法:

觀測因子有風速及日射量，此法為對 PASQUILL法作修正，直接加入輻射之實測值，而非 PASQUILL 法先依雲量和太陽角度假設日射強度，再間接以日射強度和風速找出其與穩定度間之關係(如表 2-4)。

表2.1 Pasquill 穩定度等級分類表

地面風速 (m/sec)	白天日射量			夜間	
	強	中	弱	雲量≥4/8	雲量≤3/8
2	A	A-B	B	-	D
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
6	C	D	D	D	D

表2-2 淨輻射指數與雲量、雲幕高之關係

時間	雲量	雲幕高(呎)	淨輻射指數
任何時間*	10/10	< 7,000	NR=0
夜間	≤ 4/10	任何高度	NR=-2
夜間	> 4/10	任何高度	NR=-1
白天	≤ 5/10	任何高度	NR=ICN
白天	6/10~9/10	< 7,000	NR=ICN-2
白天	6/10~9/10	7,000~<16,000	NR=ICN-1
白天	6/10~9/10	≥ 16,000	NR=ICN
白天	10/10	≥ 7,000	NR=ICN-1

白天若 NR < 1, 則令 NR = 1, \* 除外。  
 7000 ft = 2.13 km

表2-3 由淨輻射指數及風速求穩定級

風速 (knots)	淨輻射指數 (Net Radiation)						
	4	3	2	1	0	-1	-2
0, 1	1	1	2	3	4	6	7
2, 3	1	2	2	3	4	6	7
4, 5	1	2	3	4	4	5	6
6	2	2	3	4	4	5	6
7	2	2	3	4	4	4	5
8, 9	2	3	3	4	4	4	5
10	3	3	4	4	4	4	5
11	3	3	4	4	4	4	4
12	3	4	4	4	4	4	4

## 四、穩定度分析結果及討論

表 2-4 通產省之大氣穩定度分類法

風速 (m/s)	白 天				夜 間	
	日 射 量 (T) cal/cm <sup>2</sup> /h		放射收量 cal/cm <sup>2</sup> /h			
	T ≥ 50	50 > T ≥ 25	25 > T ≥ 12.5	12.5 > T	Q > -2.9	-2.9 ≥ Q
0.0~0.3	CA	CB	CC	CC	CC	CD
0.4~0.9	A	A	B	D	E	E
1.0~2.9	B	B	C	D	E	E
3.0~4.9	B	C	C	D	D	D
5.0~7.9	C	D	D	D	D	D
8.0~	D	D	D	D	D	D

### 4.1 資料來源

本文分別採用民國79年4月至80年3月之中央氣象局嘉義測站和空氣氣象聯隊嘉義站之逐時氣象資料，其觀測項目，包括風向、風速、雲量、雲幕高、全天輻射和淨輻射等太陽輻射資料。

### 4.2 分析結果

#### (1) PASQUILL法 (結果如表 4-1)

以年而言不穩定性大氣 ABC 約佔31%，D 約佔 38%，EF約佔30%

#### (2) TURNER 法 (結果如表 4-2)

以年分析而言，ABC 約佔 22.8%，D 約佔 43%，EF 約佔 33.2% 造成 D 級之增加乃因 TURNER法 較 PASQUILL法多考慮了雲幕高之氣象因子，而使得其淨輻射指數 (NR) 降低，造成 ABC 之降低，D 之增加。(A) 由於雲幕高之故，會有 ABC 較 PASQUILL法低，而 D 較偏高。

#### (3) 通產省 (結果如表 4-3)

年之 ABC 約佔 29.3%，D 約佔 36.4%，EF 約佔 33%。

### 4.3 討論

TURNER 和 PASQUILL-GIFFORD法相比較，因增加雲幕高因子，且風速之分級較細，故呈 ABC 之比率偏低，D 級偏高；而 EF 因未考慮雲幕高，故比率之差異不大。大體而言，TURNER 法較 PASQUILL 法之結果稍穩定。

綜言之，穩定度雖為影響污染物濃度分佈之重要因子，然卻不易獨立分析污染物濃度之分佈，因此大氣擴散模式模擬，將極有助於評估各種穩定度分類法之保守性。

## 三、工業污染源複合模式 (ISC) :

ISC 模式 (Industrial Source Complex Long\_Term Model) 為美國環境保護署委託 H.E.Cramer Company 於 1979 年 12 月所發展出來之長期空氣品質預測模式，一般而言，污染源的型態可分四類：點源、線源、體源、面源。而 ISC 模式可以模擬由這四種不同型態的污染源所給合而成之複合工業污染源的空氣品質。

ISC 模式為一個穩定狀態的高斯煙流模式 (Steady State Gaussian Plume model)，其理論依據主要是假定一個污染源連續排放污染物在大氣中經過亂流之擴散與稀釋作用，終將達到一個平衡狀態，此時在煙流 (Plume) 內部污染物濃度的分佈狀況，在中間主軸方向濃度最高，而在垂直於風向之水平面及垂直面二邊，濃度的分佈均為高斯分佈，亦即是常態分佈 (normal distribution)。

本模式所需的氣象資料主要是根據 Pasquill 穩定度分類把風速六個分類和風向十六個分類的聯合頻率做成表輸入，而後依各分類輸入平均風速，風速剖面指數的值，環境溫度，垂直位溫梯度，和混合層高度。所需的污染源資料有污染源的排放速率、排放量、衰減係數，煙囪的位置、高度、直徑，煙囪出口的溫度和速度，寬度與煙囪的距離。在接受點資料方面要輸入網格座標值和地形高度等。

表 4-1 PASQUILL 法年之風速對穩定度之比率 (%)

WS	1	2	3	4	5	6	S
A	3.271	.000	.000	.000	.000	.000	3.271
B	7.284	4.206	.797	.000	.000	.000	12.287
C	.577	7.752	7.559	.165	.000	.000	16.063
D	11.847	12.205	10.225	3.463	.440	.000	38.180
E	.385	3.766	.687	.000	.000	.000	4.838
F	20.423	4.948	.000	.000	.000	.000	25.371
S	43.787	32.877	19.268	3.628	.440	.000	100.000

表 4-2 TURNER 法年之風速對穩定度之比率 (%)

WS	1	2	3	4	5	6	S
A	1.2517	1.0989	.3563	.0000	.0000	.0000	2.7323
B	3.9586	2.1435	.2985	.0000	.0000	.0000	6.4306
C	7.4752	3.0118	2.4827	.6919	.0136	.0136	13.6888
D	8.2485	13.1054	13.0240	8.3571	.6105	.0950	43.4405
E	.0000	7.8958	1.0311	.0000	.0000	.0000	8.9269
F	20.1330	3.8801	.0000	.0000	.0000	.0000	24.0131
	41.107	31.1355	17.2026	9.049	.6241	.1086	100.0

表 4-3 通產省法年之風速對穩定度之比率 (%)

	1	2	3	4	5	6	S
A	3.7945	.2969	.2323	.0000	.0000	.0000	4.3237
B	5.7563	6.5307	1.3552	.0000	.0000	.0000	13.6422
C	1.3552	4.2592	4.7883	.9422	.0000	.0000	11.3449
D	6.9556	10.0155	10.5963	8.1699	.6195	.0903	36.448
E	14.8038	7.8730	.6195	.0000	.0000	.0000	23.2963
F	7.2148	2.4652	.0000	.0000	.0000	.0000	9.68
	39.8812	31.4405	17.5915	9.1121	.6195	.0903	

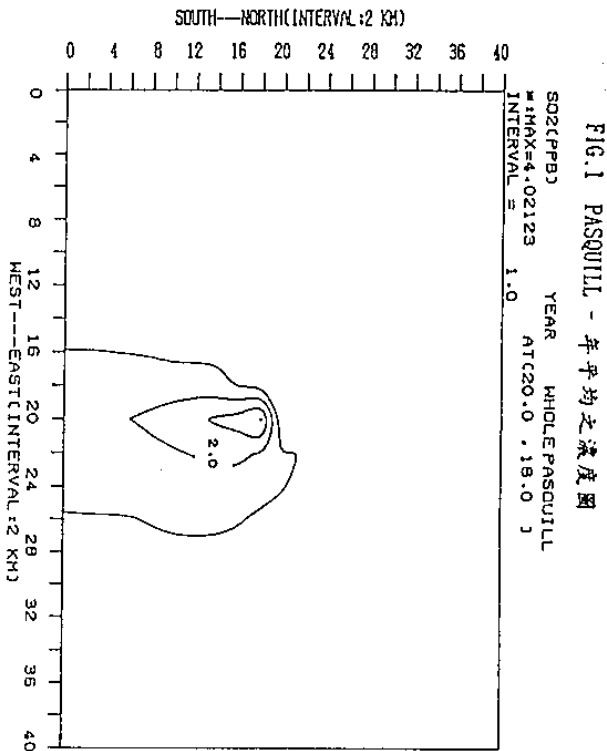
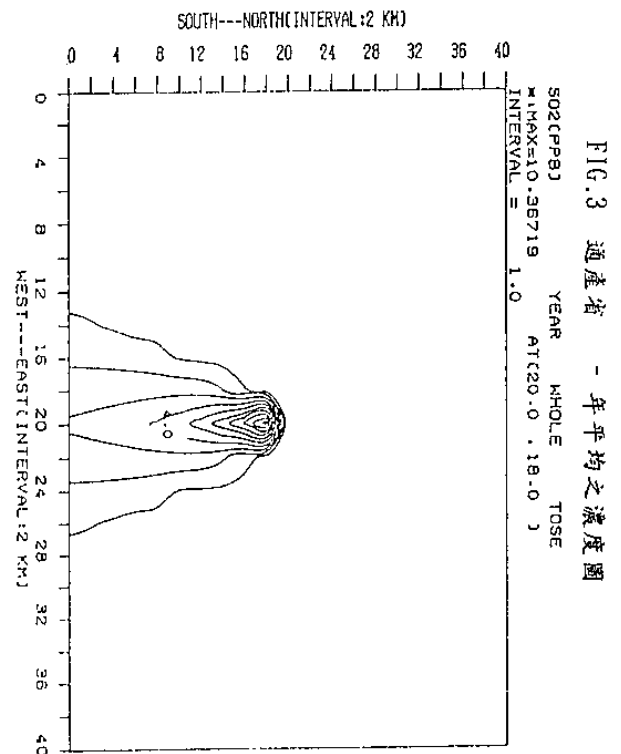
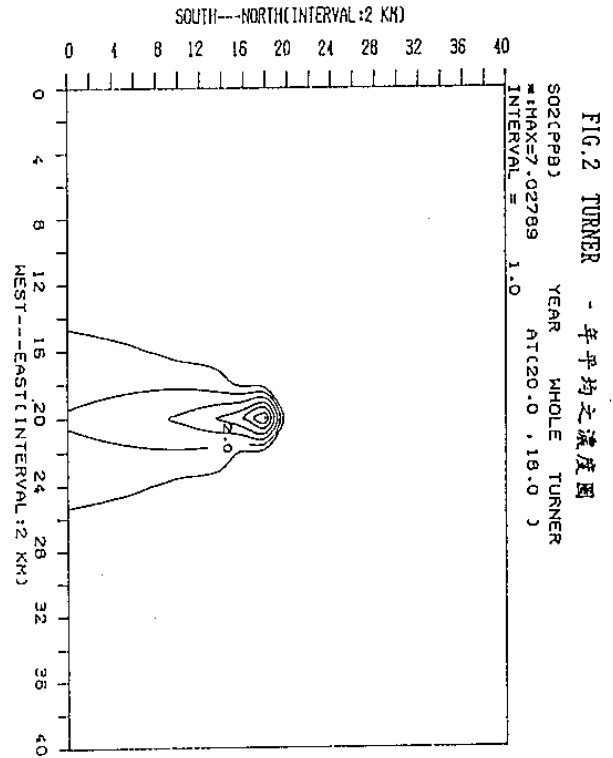
## 五、模式模擬及討論

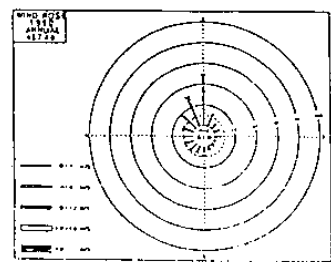
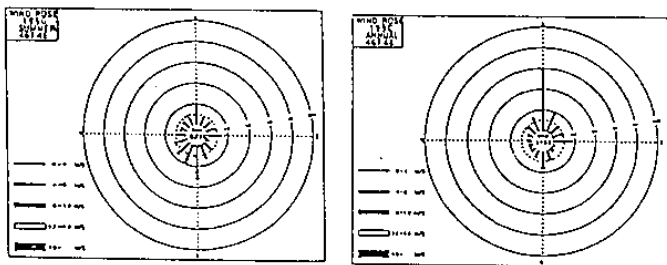
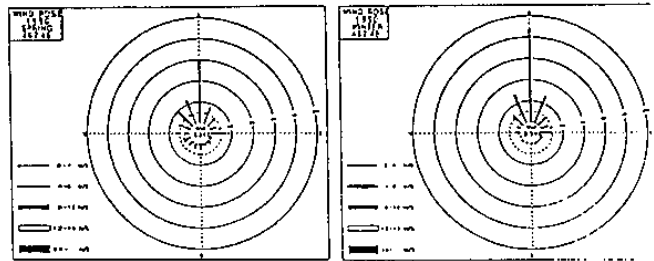
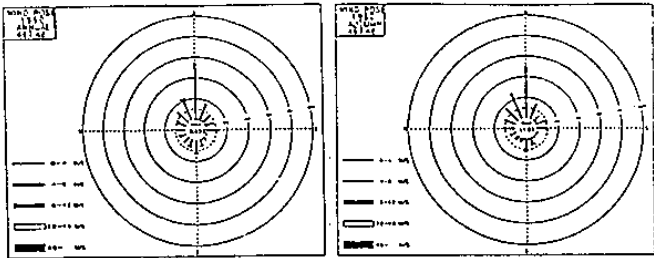
### 1、聯合頻率分析

由嘉義地區 1990-1991 年之綜合聯合頻率分析大氣擴散潛勢顯示，以 D2 (穩定度D級，風速第2級) 較多，約佔 11.9 %，A1 (穩定A級，風速第1級) 僅佔 3.1 %；就風向而言，以北風和北北西風較多，分別約佔 27.7 % 和 11.2 %；就風速而言，風速第二級 (2.46m/s) 以下約佔 76.7 %；穩定度而言，以 D 級為最多，約佔 41.0 %，DEF (穩定) 約佔 71.1 %，而 ABC (不穩定) 約佔 28.2 %，綜言之，本地風速不大，大氣較穩定。

### 2、討論

模式模擬結果如下 FIG1, FIG2, FIG3，由其中可判出其污染中心及其最大之濃度值，此因不同之穩定度分類法有不同之污染結果。期在未來能再更深入予以研究何者為最符合實際狀況。





夜