

广东沿海地区大气稳定度及其分类探讨^{*}

范绍佳 鲍若峪 罗小芬 罗经贯

(中山大学大气科学系, 广州 510275)

摘 要 利用广东沿海 1 个 100 m 气象铁塔的逐时风向、风速和温度梯度观测资料及地面自动气象站资料, 分析研究沿海地区的大气稳定度及其分类方法. 结果表明, 沿海地区大气稳定度应区分为地面、垂直和水平大气稳定度. 地面大气稳定度由常规 Pasquill-Turner 方法确定, 垂直大气稳定度由温度梯度确定, 水平大气稳定度由风向偏差确定.

关键词 沿海地区, 大气稳定度, 分类方法

分类号 X 16

大气稳定度是大气湍流运动强弱的标志, 是确定扩散参数的重要依据. 由于湍流运动的极端复杂性, 时空尺度大小不一, 下垫面状况千差万别, 很难准确地划分大气稳定度的级别. 目前采用的大气稳定度分类方法很多, 各种方法所得结果常不一致, 如何选择合适的稳定度分类方法受到越来越多的关注^[1~8]. 本文利用气象铁塔和地面自动气象站的同步自动监测资料, 分析研究沿海地区的大气稳定度及其分类方法.

1 资料与研究方法

所用资料为广东沿海 1 个 100 m 气象铁塔梯度自动测量系统和地面自动气象站 1993 年的逐时同步资料. 地面自动气象站测量项目为地面风向、风速、干湿球温度、气压、降水量、天空总辐射和净辐射. 气象塔测量项目包括 10 25 50 75 和 100 m 5 层的逐时风向、风向标准差、温度和 5 10 15 25 50 75 和 100 m 7 层的逐时风速. 经检查和校准, 自动气象站获得 8 428 h 的有效观测数据; 气象塔获得 8 300 h 的有效观测数据.

确定大气稳定度的方法很多. 1980 年国际原子能署 (IAEA) 综合各国核电站大气扩散条件评价的实践经验, 提出了 7 种可供选择的大气稳定度分类方法^[7]; 1984 年美国核学会 (ANS), 1987 年我国国家核安全局, 1990 年美国国家环保局 (EPA) 等分别提出了一些改正的分类法^[7,8].

本文参照 1987 年我国国家核安全局发布《核电厂厂址选择的大气弥散问题的安全导则》(HAF 0103) 及 IAEA 的规定, 根据地面自动气象站的资料, 用 Pasquill-Turner 改进法

^{*} 国家自然科学基金 (49135110) 和广东省自然科学基金 (940632) 资助项目

收稿日期: 1996-04-09 范绍佳, 男, 34 岁, 副教授

确定地面大气稳定度;用理查逊数 Ri 法 温度梯度 ($\triangle T/\triangle Z$)法、风向脉动法、温度梯度 风速法研究由气象塔梯度资料确定的大气稳定度,相应的分类标准见表 1~ 3.

表 1 Pasquill-Turner改进法分类标准

Tab. 1 The limits of stability classes by improved Pasquill-Turner's method

10 m风速 (m/s)	白天,用总辐射 R_d (Langley/h)				夜间,用净辐射 R_n (Langley/h)			
	≥ 50	50~ 25	25~ 12.5	≤ 12.5	> -1.8	$-1.8\sim -3.6$	≤ -3.6	
< 2.0	A	B	B	D	D	-	-	
2.0~ 3.0	B	B	C	D	D	E	F	
3.0~ 4.0	B	C	C	D	D	D	E	
4.0~ 6.0	C	C	D	D	D	D	D	
≥ 6.0	D	D	D	D	D	D	D	

表 2 理查逊数、温度梯度、风向脉动法分类标准

Tab. 2 The limits of stability classes by Richardson number (Ri), temperature difference ($\triangle T/\triangle Z$) and wind direction standard (θ) methods

Pasquill类别	Ri 法	$\triangle T/\triangle Z$ 法 (K/100 m)	θ 法 ($^{\circ}$)
A	$Ri < -2.51$	$\triangle T/\triangle Z < -1.9$	$\theta > 22.5$
B	$-2.51 \leq Ri < -1.07$	$-1.9 \leq \triangle T/\triangle Z < -1.7$	$22.5 \geq \theta > 17.5$
C	$-1.07 \leq Ri < -0.275$	$-1.7 \leq \triangle T/\triangle Z < -1.5$	$17.5 \geq \theta > 12.5$
D	$-0.275 \leq Ri < 0.089$	$-1.5 \leq \triangle T/\triangle Z < -0.5$	$12.5 \geq \theta > 7.5$
E	$0.089 \leq Ri < 0.128$	$-0.5 \leq \triangle T/\triangle Z < 1.5$	$7.5 \geq \theta > 3.75$
F	$Ri \geq 0.128$	$\triangle T/\triangle Z \geq 1.5$	$\theta \leq 3.75$

表 3 由温度梯度和风速 (U)确定稳定度分类标准

Tab. 3 The limits of stability classes by joint occurrence of temperature difference and wind speed

$U/(m\cdot s)$	温度梯度 (K/100 m)						
	≤ -1.5	$-1.4\sim -1.2$	$-1.1\sim -0.9$	$-0.8\sim -0.7$	$-0.6\sim 0.0$	$0.1\sim 2.0$	> 2.0
$U < 1$	A	A	B	C	D	F	F
$1 \leq U < 2$	A	B	B	C	D	F	F
$2 \leq U < 3$	A	B	C	D	D	E	F
$3 \leq U < 5$	B	B	C	D	D	D	E
$5 \leq U < 7$	C	C	D	D	D	D	E
$U \geq 7$	D	D	D	D	D	D	D

2 结果及讨论

2.1 地面大气稳定度与塔层大气稳定度

表 4给出由地面自动气象站小时平均辐射量与平均风速资料根据 Pasquill-Turner改进分类法统计的地面大气稳定度出现频率,由气象台资料用常规 Pasquill-Turner分类法统计的地面大气稳定度出现频率^[6]和 100 m气象塔梯度观测资料采用不同分类法、不同高度

层次资料导出的塔层大气稳定度的年出现频率.

表 4 用不同分类法、不同高度层次资料导出大气稳定度的年出现频率

Tab. 4 Percentage occurrence of each class by various methods $I(\%)$

稳定度分类法	高度 /m	A	B	C	D	E	F	A-C	E-F
风向标准差 σ 分类法	100	18.65	6.94	14.15	30.84	26.49	2.94	39.74	29.43
	75	19.66	9.79	22.39	37.74	9.55	0.86	51.84	10.41
	50	18.73	8.96	22.27	35.05	14.20	0.79	49.96	14.99
	25	24.19	12.76	24.01	28.78	9.03	1.24	60.96	10.27
	10	29.47	18.73	24.10	22.07	5.39	0.27	72.30	5.66
温度梯度 $\Delta T / \Delta Z$ 分类法	10~ 25	3.67	1.57	2.62	40.55	36.22	15.38	7.86	51.60
	25~ 50	3.32	3.46	6.54	58.21	17.54	10.93	13.32	28.47
	50~ 75	0.43	0.40	0.68	49.53	44.75	4.20	1.51	48.95
	75~ 100	0.63	0.26	0.30	25.06	71.41	2.35	1.19	73.76
	10~ 50	0.60	0.99	2.52	65.50	17.00	13.38	4.11	30.38
	10~ 75	0.15	0.36	1.05	65.42	21.69	11.33	1.56	33.02
	10~ 100	5.24	6.06	8.45	52.85	13.52	13.89	19.75	27.41
温度梯度 - 风速法	10~ 75	1.14	7.94	22.02	50.81	2.57	15.53	31.10	18.10
	10~ 100	0.36	3.83	15.36	62.19	3.13	15.13	19.55	18.26
Ri 法	10~ 50	18.39	13.00	26.40	22.37	0.21	19.63	57.79	19.84
P-T改进法	自动站	1.32	15.00	10.98	61.88	7.78	3.04	27.30	10.82
常规 P-T法	气象台	0.16	6.82	6.31	67.21	10.60	8.90	13.29	19.50

由表 4结果可知:①用不同分类法得出的分类结果差别很大;②风向标准差 σ 法给出较多的不稳定类稳定度.不稳定类 (A-C类)频率随高度的增加而减少,稳定类 (E-F类)频率随高度的增加而增加,反映了粗糙下垫面的影响;③温度梯度 $\Delta T / \Delta Z$ 分类法给出较多的稳定类稳定度,反映了沿海地区对流较弱的特点;④温度梯度和风速分类法的结果明显比单用温度梯度分类的结果更接近地面大气稳定度的分类结果.但该分类法中 E F类的具体划分标准是有问题的;⑤理查逊数 Ri法得出不稳定类稳定度频率介于风向标准差法和其他分类法之间.它综合反映了沿海地区热力因素和动力因素的作用. Ri法中稳定类具体划分为 E F类的标准也是有问题的;⑥地面大气稳定度和塔层大气稳定度有明显的差别.地面大气稳定度 Pasquill-Turner改进法的分类结果与常规 Pasquill-Turner法的分类结果基本一致.

2.2 沿海地区大气稳定度的特点及其分类

要全面反映沿海地区大气稳定度的变化规律,作者认为应将沿海大气稳定度区分为地面、垂直和水平大气稳定度.研究地面源或近地面源扩散时采用地面大气稳定度;研究高架源时采用垂直、水平大气稳定度来分别确定垂直和水平大气扩散参数.地面稳定度由 Pasquill-Turner改进法或常规 Pasquill-Turner法确定.从应用角度看,用常规 Pasquill-Turner法更方便.垂直稳定度由温度梯度法确定,虽然用 10~ 100 m的温度梯度导出的稳定度类别和地面大气稳定度的结果最接近.从代表温度梯度分类法总的特点看,用 10~ 75 m之间温度梯度较好.水平稳定度由风向标准差法来确定.为与温度梯度分类法的高度对应,可用 10 m 75 m的 σ 值分别确定地面源、高架源的水平大气稳定度.

1980年国际原子能署曾提出一种“Split-Sigma”分类法,采用温度梯度来表征垂直方向的大气稳定度,而采用 σ 来表征水平方向的大气稳定度^[7].作者建议将沿海大气稳定度分

为地面、垂直和水平大气稳定度,可认为是对“ Split-Sigma”分类法的补充.

2 3 沿海地区各种大气稳定度的特点

表 5 表 6 分别给出 Pasquill-Turner 改进法确定的地面大气稳定度,由 10~ 75 m 温度梯度确定的垂直大气稳定度和由 10 m 处风向偏差确定的水平大气稳定度的特点.

表 5 沿海地区各类大气稳定度出现频率的比较

Tab. 5 Comparison of percentage occurrence of each stability class in coastal region /(%)

季节	类别	A	B	C	D	E	F
春季	地面	0. 69	12. 13	13. 00	70. 10	3. 49	0. 60
	垂直	0. 13	0. 13	0. 13	79. 91	16. 35	3. 44
	水平	41. 60	19. 38	22. 41	14. 94	1. 58	0. 09
夏季	地面	2. 37	20. 42	11. 03	62. 35	3. 78	0. 05
	垂直	0. 15	0. 50	0. 69	69. 96	23. 80	4. 91
	水平	35. 73	28. 26	26. 21	7. 14	2. 61	0. 09
秋季	地面	1. 49	16. 38	8. 69	54. 13	15. 37	3. 94
	垂直	0. 14	0. 24	1. 24	53. 31	27. 08	17. 99
	水平	20. 21	13. 93	22. 02	32. 52	10. 65	0. 67
冬季	地面	0. 66	10. 68	11. 09	60. 46	8. 96	8. 15
	垂直	0. 16	0. 54	1. 95	62. 60	17. 62	17. 13
	水平	18. 22	12. 36	26. 03	36. 06	7. 16	0. 22
全年	地面	1. 32	15. 00	10. 98	61. 88	7. 78	3. 04
	垂直	0. 15	0. 36	1. 05	65. 42	21. 69	11. 33
	水平	29. 47	18. 73	24. 10	22. 07	5. 39	0. 27

表 6 沿海地区各类大气稳定度出现频率的日变化

Tab. 6 Daily variation of percentage occurrence of each stability class in coastal region /(%)

时 刻		02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24
地面	B	0. 00	0. 00	0. 00	0. 66	1. 50	1. 99	2. 04	1. 38	0. 08	0. 00	0. 00	0. 00
	C	0. 00	0. 00	0. 00	0. 50	1. 07	1. 08	1. 10	1. 38	0. 20	0. 00	0. 00	0. 00
	D	3. 50	3. 62	3. 68	2. 99	1. 31	0. 88	0. 82	1. 33	3. 87	2. 86	3. 11	3. 24
	E	0. 51	0. 47	0. 38	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	0. 93	0. 79	0. 66
垂直	B	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	0. 07	0. 12	0. 01	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00
	C	0. 00	0. 00	0. 00	0. 01	0. 05	0. 20	0. 17	0. 04	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00
	D	2. 24	2. 05	2. 01	2. 43	3. 29	3. 52	3. 34	3. 60	3. 10	2. 46	2. 38	2. 28
	E	1. 07	1. 25	1. 21	1. 40	0. 67	0. 30	0. 43	0. 50	0. 89	0. 98	0. 91	1. 09
水平	B	0. 79	0. 74	0. 50	0. 68	0. 78	0. 71	0. 86	0. 99	0. 93	0. 62	0. 70	0. 68
	C	0. 91	0. 87	0. 99	1. 02	1. 06	1. 11	1. 05	1. 15	1. 21	1. 11	1. 06	0. 94
	D	1. 11	1. 20	1. 14	1. 30	0. 95	0. 64	0. 59	0. 73	0. 59	0. 99	0. 98	1. 07
	E	0. 44	0. 48	0. 56	0. 24	0. 03	0. 00	0. 04	0. 00	0. 01	0. 30	0. 35	0. 52

表 5 表 6 的结果表明 ① 沿海地区地面、垂直和水平大气稳定度有很大差别;② 稳定类地面、垂直、水平大气稳定度主要出现在夜晚;③ 中性稳定度在任何时间都可以出现;④ 不稳定类地面、垂直大气稳定度主要出现在日间,而不稳定类水平大气稳定度全天都可出现.

2.4 小 结

(1) 沿海地区大气稳定度及其分类是一个值得研究的复杂问题.

(2) 不同稳定度分类方法的分类结果差别很大.

(3) 沿海地区大气稳定度应区分为地面、垂直和水平大气稳定度.

(4) 地面大气稳定度可用常规 Pasquill-Turner 法确定. 垂直大气稳定度由温度梯度法确定, 用 10~75 m 之间温度梯度较好. 水平大气稳定度由风向标准差法来确定, 可用 10 m 的 $\bar{u}$ 、75 m 的 $\bar{u}$ 值分别确定地面源、高架源的水平大气稳定度.

参 考 文 献

- 1 袁素珍, 雷孝恩. 320 m 塔上测定的大气稳定度类和风速廓线. 中国环境科学, 1982, 2(3): 29~34
- 2 陈伴勤. 几种稳定度分类法的比较研究. 环境科学学报, 1983, 3(4): 357~363
- 3 李智边. 几种大气稳定度分类法的适用性研究. 环境科学研究, 1990, 3(2): 15~21
- 4 曹文俊, 朱汶. 大气稳定度参数的计算方法及几种稳定度分类方法的对比研究. 中国环境科学, 1990, 10(2): 142~147
- 5 Seddian L, Bennett E. A comparison of turbulence classification schemes. Atmospheric Environment, 1980, 14: 741~749
- 6 徐大海, 俎铁林. 我国大气稳定度频率的分布. 环境科学学报, 1983, 3(1): 52~61
- 7 IAEA. Safety Guide NO. 50-SG-S3. Atmospheric dispersion in nuclear power siting, 1980
- 8 Gerard A Demarris. Atmospheric stability class determinations on a 481-meter tower in Oklahoma. Atmospheric Environment, 1978, 12: 1957~1964

A Study of the Atmospheric Stability and Stability Classifying Schemes in the Coastal Region of Guangdong

Fan Shaojia* Bao Ruoyu Luo Xiaofen Luo Jingguan

Abstract The atmospheric stability and its classifying schemes in terms of the Pasquill A-F classes have been analysed by using the data obtained from a 100 m tower located in the coastal area of Guangdong Province. Wind and temperature sensors were mounted on the tower at 10, 25, 50, 75, 100 m levels, respectively. Radiation sensors were mounted only at the ground-level. Hourly averaged values of total radiation, net radiation, wind speed and standard deviation of horizontal wind direction as well as temperature and vertical temperature difference were obtained from December 1, 1992 to November 30, 1993. The results indicate that the atmospheric stability in the coastal region should be classified into ground-level stability (GS), vertical stability (VS) and horizontal stability (HS). The GS can be determined by the Pasquill-Turner method, the VS determined by the temperature lapse-rate and the HS determined by the $\bar{u}$ method.

Keywords atmospheric stability, classifying schemes, coastal region

* Department of Atmospheric Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275