

曾光平 夏丽花 林祥明 冯宏芳 隋平

(福建省气象科学研究所, 福州 350001)

提 要

根据福州站 1995~1998 年探空和地面资料,计算出影响污染物浓度的 11 个地面气象要素和 9 个大气层结参量,将它们和福州市 1995~1998 年 SO_2 、 NO_x 、TSP 浓度建立一系列回归方程,利用该回归方程对 1999 年 2~8 月空气污染物进行逐日等级预报,根据天气形势分类对应关系进行补充订正得出预报等级,并与实测各污染物浓度等级进行对比。

关键词: 污染物 大气层结参量 回归方程 浓度等级

引 言

随着经济和工农业生产的迅速发展和人们生活质量的不断提高,政府和公众对赖以生存的环境愈来愈关注,因此开展空气污染浓度预报已迫在眉睫。众所周知,空气污染与气象条件之间的关系相当密切,各种尺度、不同程度的空气污染与污染物在大气中的输送、扩散过程有关,而这些过程几乎完全依赖于各种气象条件。福州市空气污染属于区域污染,不仅与大尺度天气条件密切相关,而且与本地的气象条件、地形及人们的生产、生活密切相关。

本文利用污染浓度资料和天气图、气象要素等资料,采用统计分析方法分析污染浓度与各种气象要素及与天气形势类型的关系,在此基础上开展浓度预报。

1 资料收集

1.1 大气污染物浓度资料

大气污染物(SO_2 、 NO_x 、TSP)浓度资料由福州市环境监测站提供。

根据福州市环境特征和区域性质不同,将大气环境功能区划分为风景游览区、生活区、工业区和近郊区 4 个区域。1994 年福州市大气监测点优化方案通过国家验收。从

1995 年起在相应 4 个功能区布置 4 个测点是鼓山、五四北路(代表生活区和工业区)、紫阳(代表工业区)和师大(代表生活区和文化区)(图略)。其中鼓山为清洁对照区(游览区)。

从 1995 年起大气常规监测中,二氧化硫,氮氧化物隔日连续 24 小时采样,每月监测 14~16 次;总悬浮颗粒物 1995~1996 年每隔四、五日连续 24 小时采样,每月监测 5~6 次,从 1997 年起监测时次与 SO_2 和 NO_x 一样。

回归分析时,大气污染物资料收集年限从 1995~1998 年 3 月。三年多中, SO_2 样本 556 个, NO_x 样本 566 个,TSP 样本 299 个。

实际预报时间为 1999 年 2~8 月(其中 2~5 月为冬半年,6~8 月为夏半年)。2~5 月 SO_2 样本 66 个, NO_x 样本 64 个,TSP 样本 60 个;6~8 月 SO_2 样本 49 个, NO_x 样本 49 个,TSP 样本 44 个。

1.2 气象要素资料

气象资料主要有地面气象要素资料(温度、气压、风、大气稳定度)和探空资料。气象要素资料时间与大气污染物浓度取样时间相对应。

2 空气污染物浓度时空分布特征

表1列出1995~1998年不同月份3种
污染物浓度平均值。

2.1 空气污染物浓度月分布特征

表1 污染物浓度月际平均浓度值/ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全年
SO ₂	38	29	39	40	23	17	19	17	18	22	28	40	28
NO _x	46	46	59	51	42	36	31	29	32	36	39	44	42
TSP	176	160	176	209	164	138	138	123	133	171	178	193	164

分析资料表明:

(1)福州市空气中污染物浓度夏半年小于冬半年,特别是盛夏期的污染物浓度更低。

(2)空气中SO₂浓度最大值为115 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$,污染指数API < 100。88%属于一级,12%为二级,空气质量分布为“优”“良”可正常活动。

(3)空气中NO_x浓度一级和二级占98%可正常活动,只有2%受中、轻度污染。

(4)TSP浓度93%属于一级和二级,另外个别月份还有受重度和中度污染。

(5)综合考虑SO₂、NO_x和TSP,福州市空气质量主要受NO_x和TSP影响,其中TSP影响相对大于SO₂和NO_x的影响。

2.2 不同功能区空气污染物浓度分布

表2是1995~1998年不同功能区空气
污染物浓度特征值。

表2 各污染物浓度特征值/ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

	SO ₂				NO _x				TSP			
	冬半年	夏半年	全年	最大值	冬半年	夏半年	全年	最大值	冬半年	夏半年	全年	最大值
工业区	49	29	39	55	70	46	58	85	234	159	191	240
生活区、工业区	27	11	19	33	38	27	32	47	195	145	167	231
生活区、文化区	38	17	27	44	39	26	33	47	158	113	133	174

从资料分析可以得出,工业区靠近交通要道的紫阳站,无论是冬半年、夏半年还是全年平均值、最大值,均大于其它二站。表明该站受污染最为严重,特别NO_x偏大尤为明显。

3 污染物浓度与天气形势分类

由于污染物扩散、输送与天气形势关系密切,通过分析它们之间的关系,为空气污染浓度的预报及污染防治提供科学依据。

3.1 天气形势分类

由于排放的空气污染物进入大气主要受低层大气边界层的结构和特征的支配,因此,我们着重考虑地面天气形势。取关键区为20~35°N、110~125°E,共归纳出9种地面天气型。

①高压楔型:高压中心在关键区内的陆

地上,福建省受高压脊控制。

②高压型:高压中心在关键区内的陆地上,且闭合环流直径大于10个经距,福建省受高压脊控制。

③入海高压后部型:高压中心在35°N以南入海,福建省受人海高压后部影响。

④倒槽型:在关键区内有低压或低压倒槽,福建省受倒槽南侧的西南偏南气流影响。

⑤锋面型:锋面在福建省境内。

⑥均压型:在关键区等压线稀疏,没有大于10个经距的闭合高压中心。

⑦副高脊型:福建省受副热带高压脊控制。

⑧台风型:福建省受登陆台风、台风低压或台风外围影响。

⑨辐合带型:副热带辐合带在20°N以

北,福建省受其影响。

3.2 不同天气形势下各污染物浓度等级分布

不同天气型下,各污染物等级出现概率列于表3、4。

表3 冬半年不同天气类型下各污染物浓度等级出现的概率统计/%

	SO ₂		NO _x			TSP			
	I	II	I	II	III	I	II	III	IV
倒槽型	45.1	54.9	21.6	76.4	2.0	12.5	62.5	25.0	
均压型	76.9	23.1	46.2	38.4	15.4		33.3	33.3	33.3
入海高压后部型	76.9	23.1	48.1	50.0	1.9		100.0		
锋面型	85.1	14.9	66.0	34.0			100.0		
高压型	87.7	12.3	60.0	40.0		11.1	77.8	11.1	
高压楔型	89.7	10.3	76.7	23.3		15.7	81.4	2.9	

表4 夏半年不同天气类型下各污染物浓度等级出现的概率统计/%

	SO ₂		NO _x			TSP			
	I	II	I	II	III	I	II	III	IV
倒槽型	100.0		97.5	2.5		41.7	58.3		
均压型	100.0		95.8	4.2		33.3	66.7		
入海高压后部型	100.0		90.5	9.5			100.0		
锋面型	100.0		95.7	4.3		43.7	56.3		
高压型	100.0		100.0			42.9	57.1		
高压楔型	100.0		95.7	4.3		29.5	70.5		
副高脊型	100.0		97.5	2.5		31.2	68.8		
台风型	100.0		100.0			77.8	22.2		
辐合带型	100.0		100.0						

分析资料表明:

(1)冬半年不同天气型下出现各级污染的几率是不同的,从SO₂、NO_x的浓度等级可以看出倒槽型、均压型及入海高压后部型造成Ⅱ级以上污染的可能性较大。从TSP浓度等级看,出现均压型和入海高压型时,出现Ⅱ级以上污染的概率是100%,出现Ⅲ级以上概率也在50%以上。

(2)夏半年污染情况要好于冬半年,没有出现Ⅲ或以上污染,入海高压后部型、均压型、高压楔型、副高脊及倒槽型出现Ⅱ级污染的概率达50%以上。

4 空气污染物浓度与气象因子回归分析

4.1 预报因子的选择

在建立统计回归模型时,选用的气象因子有以下几类:

(1)地面气象要素

地面气象要素有风、温度、湿度、气压、降水量、能见度、云量及稳定度等共11个因子。

(2)大气层结稳定度

根据福州站探空和地面资料,确立最大混合高度、最小混合高度、第一层逆温底高、厚度、强度、第二层逆温底高、厚度、强度和通风系数等9个影响污染物浓度的气象预报因子。

①最大和最小混合高度

在绝热图上,从地面最高气温所在的点沿干绝热线上升与早晨探测的温度垂直廓线相交,该交点离地面的高度即为午后混合高度(最大混合高度)。早晨混合高度(最小混合高度)的求法与此基本相同,所不同的只是用地面最低气温加5℃代替最高气温,之所以加5℃,是考虑了城乡间气温有差别,同时考虑日出后日射对地面的增温作用。

②逆温底高、厚度和强度

逆温与污染浓度的关系包含逆温底高、逆温层厚度和逆温强度(以 $\gamma = -dT/dz$ 值的大小表示)等几个方面。一般来说,逆温层越低、越厚、越强,污染物的浓度值也就越大。

③通风系数

风速的大小和大气稀释扩散能力的大小存在直接的对应关系,从而对污染物浓度产生影响。如果混合层很薄但风甚强,它对污染物输送的效果与混合层较厚但风较弱的效果相同。因此定义最小混合高度和混合层平均风速的乘积为通风系数,它代表混合层内空气的输送速率。

4.2 预报方程建立

由于预报因子多,在回归分析时分别按地面气象要素和大气层结稳定度各建立一套预报方程,然后采用简单的集成方法进行预报。在逐步回归中,显著标准 F_{α} ,取 $\alpha < 0.05$ 。

表5为夏半年的预报方程(冬半年的预

报方程略)。

表5 夏半年预报方程

	方程	复相关系数
地面气象因子	$Y_{SO_2} = 23.24 - 0.673X_1 - 0.397X_2 + 2.595X_3$	0.39
	$Y_{NO_x} = 68.619 - 0.39X_4 - 0.389X_5 - 1.834X_1 + 0.781X_6$	0.55
	$Y_{TSP} = 218.0 - 2.02X_7 - 3.401X_4 - 2.339X_5 - 0.551X_8 + 4.269X_9$	0.64
大气层结稳定因子	$Y_{SO_2} = -1.97 \times 10^{-3}X_{12} + 3.49 \times 10^{-3}X_{16} + 20.0$	0.45
	$Y_{NO_x} = -2.75 \times 10^{-3}X_{12} + 2.44 \times 10^{-3}X_{13} - 5.41X_{14} + 1.27 \times 10^{-3}X_{15} + 3.52 \times 10^{-3}X_{16} + 35.0$	0.52
	$Y_{TSP} = -120.0X_{16} - 3.39 \times 10^{-3}X_{20} + 147.0$	0.47

上式中各因子为:

Y_{SO_2} 、 Y_{NO_x} 、 Y_{TSP} 分别为 SO_2 、 NO_x 和 TSP 浓度,单位为 $\mu g \cdot m^{-3}$ 。

X_1 :日最低气温,单位为 $^{\circ}C$; X_2 :24 小时变压,单位为 hPa; X_3 :大气稳定度; X_4 :低云量; X_5 :能见度,单位为 km; X_6 :02、08、14、20 时 4 个时次平均温度,单位为 $^{\circ}C$; X_7 :露点温度,单位为 $^{\circ}C$; X_8 :日降水量,单位为 mm; X_9 :日温度极差,单位为 $^{\circ}C$; X_{10} :气压,单位为 hPa; X_{11} :日最高温度,单位为 $^{\circ}C$; X_{12} :最大混合高度,单位为 m; X_{13} :最小混合高度,单位为 m; X_{14} :第一层逆温底高,单位为 m; X_{15} :第一层逆温厚度,单位为 m; X_{16} :第一层逆温强度,单位为 $^{\circ}C/100m$; X_{17} :第二层逆温底高,单位为 m; X_{18} :第二层逆温厚度,单位为 m; X_{19} :第二层逆温强度,单位为 $^{\circ}C/100m$; X_{20} :通风系数,单位为 $m^2 \cdot s^{-1}$ 。

5 预报结果

利用上述回归方程对 1999 年 2~8 月空气污染物进行逐日等级预报,并根据天气形势分类对应关系进行补充订正得出预报等级,并与实测各污染物浓度等级进行对比,结果列于表 6。

从下表可以看出用本文提出的方法对空气污染物浓度等级开展日预报除夏半年

TSP 准确度较低外,其余较高。特别是 SO_2 不论是冬半年还是夏半年准确度均达 100%。

表6 预报结果

	污染物	正确	错误
冬半年	SO_2	100%	0
	NO_x	78.4%	21.6%
	TSP	75.5%	24.5%
夏半年	SO_2	100%	0
	NO_x	100%	0
	TSP	60.3%	39.7%

6 小结

①利用地面气象要素和大气层结稳定度分别建立预报方程再进行简单的集成,并根据天气形势分类对应关系进行补充订正得出的预报结果较准确。

②由于福州市污染源的变化以及由于政府对环境保护工业的加强使污染物排放发生变化,各污染物的预报方程需不断的订正。

③如将此预报方法和数值模拟方法相结合,预报结果将更为准确。

参考文献

- 1 曾光平等.福州市大气污染分布特征.福建气象, 1998,(4):21~26.
- 2 李宗恺等.空气污染气象学原理及应用.北京:气象出版社,1985:570~571.

A Forecast Method of the Density of Atmospheric Pollutant in Fuzhou City

Zeng Guangping Xia Lihua Lin Xiangming Feng Hongfang Sui Ping

(Fujian Research Institute of Meteorological Science, Fuzhou 350001)

Abstract

By using the radiosonde and surface observation data of Fuzhou, eleven surface meteorological elements and nine atmospheric stratification parameters which affect the density of atmospheric pollutant were calculated. A series of regression equations were built with them and the density of SO_2 , NO_x and TSP during the period between 1995 and 1998, and then the grade of pollutant's density was forecasted daily by using the equations from February to August of 1999.

Key Words: pollutant atmospheric stratification parameter regression equation grade of density