

几种空气质量预报方法的预报效果对比分析

朱玉强

(天津市气象科学研究所, 300074)

提 要

目前应用于我国各个城市空气质量预报业务的预报方法主要有三种:数值模式预报、统计预报和综合经验预报。这几种预报方法都有其各自的优势,同时也存在一些不足。应用以上方法对天津市市区进行空气质量业务预报,通过实测资料与预报结果进行对比分析,给出这几种方法在天津市市区空气质量预报中的预报效果客观评价。

关键词: 空气质量 预报质量 统计方法 数值模式 经验预报

引 言

自2001年6月5日起,全国有47个重点城市对公众发布空气质量预报,主要业务预报方法主要有三大类:数值模式预报方法、统计预报方法和综合经验预报方法。其中数值预报方法主要有两种模式系统:一是中国科学院大气物理所开发的城市空气污染预报模式系统^[1](以下简称EMH)包括ETA模式、能较好预测山谷风、河陆风及城市热岛环流的M- β 模式、干湿沉积模式、高分辨率对流层化学模式;另一个是中国气象局气象科学研究院开发的城市空气污染预报系统^[2](CAPPS)。统计方法主要是各地根据自己的污染气象特征开发的大多以多元回归为主的各类统计预报方法。综合经验预报方法主要是预报员在参考天气形势预报、气象要素预报和当日污染状况的基础上,对各种方法如统计预报和数值预报的结果进行人工加权做出的综合预报^[3]。在天津市的空气质量预报中主要采用以上两种模式系统和统计预报方法。通过一年多的业务运行,先将各种预报方法的预报效果进行对比分析,力求找到一种更加适合于当地的空气质量预报方法,为更好地做好空气质量预报工作提供一些参考依据。

1 预报方法

中国科学院大气物理所的城市空气污染预报模式系统,其初始场采用T213的预报场,中间加入地表温度和水面温度、下垫面类型资料及污染源排放资料通过资料同化和网格嵌套,最终计算出未来24~36h的污染物浓度预报值^[1,4]。

中国气象局气象科学研究院开发的城市空气污染预报系统CAPPS包括MM4(目前普遍使用的是MM5)气象模式和一个箱格模式,它不需要污染源的资料,而是采用实时监测资料在箱格单元中对平流扩散方程进行积分反演出污染源的方法进行空气污染潜势及污染浓度预报。其初始场采用当天的实时探空气象资料内插和实时的污染监测资料,预报时效为24~48h^[2]。

多元回归统计预报方法(以下简称MRA)是采用1997~2001年长期的气象和空气质量同步监测资料,选取对天津市空气质量有直接影响的因子并对其中的非量化因子进行量化后进行逐步回归,用0.05作为F检验的参考值,最后建立最优预报方程。以后把预报的气象因子代入方程进行计算得到污染浓度预报结果^[5]。

经验预报方法就是综合集成预报方法(以下简称ECF),预报员根据在对上述几种方法预报效果充分认知的情况下,在深入了

解当地的污染特征的基础上,再参考天气形势预报、气象要素预报,对各种方法进行人工加权做出综合预报结果。

2 资料说明

城市环境监测资料采用 2002 年天津市城区及滨海新区 12 个自动监测站三种污染物(SO_2 、 NO_2 和 PM_{10})浓度的采样记录。CAPPS、MRA、ECF 的预报结果是 2002 年全年(包括取暖期 11~3 月和非取暖期 4~9 月)的原始预报结果,没有经过任何处理。而 EMH 由于技术原因只有非取暖期的 38 天的预报结果,出于比较需要本文将 2001 年对 EMH 调试阶段取暖期的预报结果也进行了分析。

3 评分办法

为了客观评价这几种预报方法的预报效果,采用目前较为公认的三种评分办法:

(1)中国气象局于 2001 年下发的《气象部门城市空气质量预报质量考核和管理暂行办法》的综合评分办法。

(2)由环保部门规定的指数评分办法即预报指数与实际监测指数差值不超过 ± 10 为正确预报,否则为错误预报。

(3)级别判定评分办法即预报的污染级别与实际污染监测级别相同为正确预报,否则为错误预报。为了更客观地比较,同时还给出了各种预报方法的预报值和监测值的相关分析。

4 评分结果

2001 年 2 月 17 日至 3 月 17 日期间共 24 天应用 EMH 模式在天津市区进行试验预报,采用 API 指数分级法对空气污染预报的结果进行分析。将天津市区六个监测站空气污染物浓度实测结果及模式预报结果用空气污染等级表示(表 1)。

表 1 取暖期实测与 EMH 预报结果级别正确率/%

站点	南开区	河北区	河西区	红桥区	和平区	河东区	平均
SO_2	62.5	66.7	91.7	62.5	58.3	75.0	69.5
NO_2	87.5	87.5	79.2	66.7	58.3	95.8	79.2
TSP	62.5	75.0	-	87.5	-	87.5	78.1

当预报的污染物浓度级别与监测的级别一致时,认为预报准确。由表可见, SO_2 浓度

预报准确率总体平均为 69.5%; NO_2 浓度预报准确率总体平均为 79.2%;TSP 浓度预报准确率总体平均为 78.1%;平均而言,EMH 模式系统对污染物浓度的 API 指数级别的预报准确率在 68% 以上。说明 EMH 方法在空气质量诊断及预报中是可行和适用的。

表 2 是 2002 年取暖期另外三种预报方法的污染物级别预报效果对比。从中可见, SO_2 与 PM_{10} 的级别预报准确率最高的是 ECF,最低的是 MRA 预报方法,而 NO_2 的级别预报准确率最高的是 CAPPS,最低的却是 ECF 方法。造成这种预报效果差异的原因在于天津市的污染特征,在取暖期 SO_2 与 PM_{10} 浓度变化幅度较大,在污染物浓度发生陡变时尤其是遇有沙尘天气发生时,CAPPS 和 MRA 很难将这种变化的幅度预报出来,此时预报员经验的作用就明显了,所以 ECF 方法在 SO_2 和 PM_{10} (尤其是 PM_{10}) 预报效果明显好于其他预报方法。而 NO_2 的变化幅度小且级别低,所以 CAPPS 模式的预报效果最好,甚至超过了预报员的经验预报。

表 2 取暖期三种预报方法的预报级别正确率/%

预报方法	SO_2	NO_2	PM_{10}
CAPPS	67.9	81.6	60.2
MRA	44.8	81.2	58.8
ECF	75.5	76.2	67.8

表 3 是非取暖期四种预报方法的预报效果对比。这是用三种评分办法进行评价的,由此可见,无论是采用那种评分办法,ECF 效果最好,而 EMH 除 NO_2 的级别预报准确率和其他几种方法相当外,其它预报效果都不很好。CAPPS 与 MRA 的综合评分几乎相同,而 CAPPS 的污染物级别预报准确率明显高于 MRA,指数预报准确率除 PM_{10} 略低。

表 3 非取暖期四种预报方法的预报效果对比/%

	综合 评分	指数法(± 10)				级别法		
		SO_2	NO_2	PM_{10}		SO_2	NO_2	PM_{10}
EMH	80.5	36.8	44.7	15.8		57.9	100	36.8
CAPPS	90.8	60.0	83.6	42.9		93.7	100	82.9
MRA	90.9	59.6	65.5	43.8		81.6	99.5	80.5
ECF	93.6	76.3	91.7	60.6		96.7	100	87.4

于MRA外,SO₂和NO₂的指数预报准确率也高于MRA方法。

表4是MRA、CAPPS和ECF三种预报方法2002年各季代表月及全年的平均评分结果。从年平均评分结果看,CAPPS方法的预报效果界于MRA和ECF之间,在综合集成预报中占有相当重的比例,是预报员进行空气质量预报的重要参考。

表4 2002年MRA、CAPPS和ECF三种预报方法各月及全年的平均评分/%

预报方法	评分办法	1月	4月	7月	10月	年	
MAR	综合评分	83.3	85.9	91.6	84.8	87.5	
	指数法 (±10)	SO ₂	10.3	53.3	38.7	77.5	42.8
		NO ₂	18.5	53.3	83.9	22.6	52.8
		PM ₁₀	34.5	23.3	48.4	35.5	37.1
	级别法	SO ₂	48.3	66.7	93.5	77.5	67.9
		NO ₂	59.3	96.7	100	87.1	91.7
		PM ₁₀	62.1	56.7	87.1	80.6	72.6
	CAPPS	综合评分	87.9	86.8	91.2	89.7	89.4
指数法 (±10)		SO ₂	46.2	31.3	61.5	68.8	53.6
		NO ₂	40.9	68.8	80.8	62.5	66.8
		PM ₁₀	15.4	31.3	38.5	50.0	33.5
级别法		SO ₂	57.7	68.8	100	87.5	82.4
		NO ₂	77.3	100	100	81.3	90.8
		PM ₁₀	61.5	56.3	96.2	87.5	66.3
CAPPS		综合评分	90.6	94.6	92.6	98.3	93.9
	指数法 (±10)	SO ₂	41.9	70.0	80.6	80.6	66.6
		NO ₂	35.5	83.3	93.5	74.2	76.7
		PM ₁₀	25.8	56.7	67.7	45.2	49.0
	级别法	SO ₂	61.3	86.7	100	93.5	87.7
		NO ₂	58.1	100	100	100	90.1
		PM ₁₀	48.4	70.0	90.3	90.3	79.5

再从取暖期与非取暖期的预报效果对比看,各种预报方法都是非取暖期的预报效果明显好于取暖期的预报效果,这是与天津市的污染特征和能源结构密切相关的,而与预报方法的关系不大。

表5为EMH、CAPPS和MRA预报方法的所有时间序列的预报值和监测值的相关系数,从该表可见,CAPPS预报值和检测值的相关性总体上要比其他两种方法好一些,但是对PM₁₀而言,任何一种方法的预报效果都不能令人满意。

如果将沙尘暴天气排除,CAPPS和MRA方法对PM₁₀的预报效果会有所提高。

表5 预报值和检测值的相关系数

预报方法	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀
EMH	0.1374	-0.1427	-0.3741
CAPPS	0.8892	0.6974	0.3618
MRA	0.8478	0.5221	0.3797

5 结论

通过对几种空气质量预报方法在天津市区的预报效果的对比分析,发现CAPPS模式无论是在取暖期还是在非取暖期对目前三种污染物(SO₂、NO₂、PM₁₀)的预报效果都是比较好的,MRA方法的预报效果略低于CAPPS,而EMH模式在科研模拟阶段的预报效果是不错的,但是在业务预报中的预报效果明显不如CAPPS和MRA,这可能与模式的气象资料的初始场和污染源资料不完备有关系,EMH模式输入的污染排放源清单资料是固定的,而实际的污染源强是变化的,由于污染源强的误差造成了污染物浓度预报的较大误差。CAPPS模式是使用实时的污染物监测资料作为初始浓度反演源强,这就大大降低了由于污染源排放源强资料误差造成的影响,所以预报的效果要明显好于EMH和MRA。因此,CAPPS方法和MRA应是目前各地开展空气质量预报的主要预报手段,随着监测资料的加密及污染物排放源资料的细化,EMH方法也可能会发挥其作用,为预报员准确预报未来的空气质量提供有力的参考,而我们最终的目的是发展一种完善的包含预报员经验及各种预报方法信息的综合集成预报,目前最为关心的是发展一个能较好预报PM₁₀浓度的预报方法。

参考文献

- 雷孝恩,韩志伟,张美根等.城市空气污染数值预报模式系统.北京:气象出版社,1998.
- 徐大海,朱蓉.大气平流扩散的非静稳多箱模型与污染潜势指数预报.应用气象学报,2000,11(1):1~12.
- 上海市环境监测中心,上海市气象局城市环境气象研究中心.上海市空气质量预报工作回顾.城市气象服务科学讨论会学术论文集,2001:123~124.
- 雷孝恩,张美根,韩志伟.大气污染数值预报基础和模式.北京:气象出版社,1998.
- 王长友,朱玉强等.天津城市空气污染预报.城市气象服务科学讨论会学术论文集,2001:353~356.

Comparison of Prediction Effects of Some Urban Air Pollution Methods

Zhu Yuqiang

(Tianjin Meteorological Institute, 300074)

Abstract

The predictions of three urban air pollution methods, statistical method, numerical model and empirical prediction, are compared against the daily SO_2 , NO_2 and PM_{10} ground mean concentrations observed in Tianjin urban area. The emphasis is on the objective evaluation of prediction effects of these urban air pollution prediction methods in Tianjin urban area.

Key Words: urban air pollution prediction effect comparison statistical method numerical model empirical prediction