

广州市污染季节空气质量预报效果评估及误差分析

张金谱, 梁桂雄, 冯彪, 邱晓暖, 陈瑜

(广州市环境监测中心站, 广东 广州 510030)

摘要:基于广州市2016年第四季度空气质量实测及预报数据,对广州市污染季节空气质量预报效果进行了评估,结果表明,2016年第四季度广州市空气质量级别预报准确率83.7%、AQI范围预报准确率67.4%、首要污染物预报准确率67.2%、综合考核评分87.4分、相关系数0.78,预报效果总体良好,预报准确率在优良级别时相对较高,而在轻度污染以上级别时相对较低。预报误差分析表明,气象预报精细化程度不足、模式预报不确定性等客观因素,预报员缺乏对污染过程物理化学机制的深入理解等主观因素共同导致了预报的误差。

关键词:广州;空气质量预报;效果评估;误差分析

中图分类号:X831.03

文献标志码:B

文章编号:1674-6732(2018)02-0040-05

Evaluation and Error Analysis on the Effect of Air Quality Forecast in Guangzhou during the Polluted Season

ZHANG Jin-pu, LIANG Gui-xiong, FENG Biao, QIU Xiao-nuan, CHEN Yu

(Guangzhou Environmental Monitoring Center, Guangzhou, Guangdong 510030, China)

Abstract:Based on the measured and the forecast data of air quality of the fourth quarter of 2016 in Guangzhou City, this study evaluated the air quality forecast effect of Guangzhou during the polluted season. The results showed that in the fourth quarter of 2016, the forecast accuracy of air quality level in Guangzhou was 83.7%. The forecast accuracy of AQI range was 67.4%, the forecast accuracy of primary pollutants was 67.2%, the comprehensive assessment score was 87.4, and the correlation coefficient was 0.78. The prediction results were generally good. The forecast accuracy is relatively high at good air quality grades and relatively low at polluted grades. Forecast error analysis showed that the objective factors, such as the lack of high resolution weather forecasting, the uncertainty of model forecasting and the subjective factor like the forecasters' lack of in-depth understanding of the physico-chemical mechanisms of pollution processes, lead to errors in forecasts.

Key words: Guangzhou; Air quality forecast; Effect evaluation; Error Analysis

自2013年9月国务院颁布《大气污染防治行动计划》以来^[1],全国各地环境监测单位开展的针对新标准的空气质量预报工作逐渐向常态化和业务化方向发展。随着空气质量预报数据的不断积累,定期开展预报效果回顾十分必要。一方面可评判预报模式对各项污染物预报的系统误差及误差范围,便于模式的后续改进;另一方面有利于预报员总结经验,纠正个人倾向,提高预报准确率^[2]。北京、天津、上海、西安、江苏等地均已开展了大量空气质量预报评估的相关研究工作^[3-7],在珠三角地区,叶斯琪等^[8]对2015年珠三角空气质量等级预报和首要污染物预报准确率进行了评估;沈劲等^[9]基于2016年7—8月空气质量预报数据对广东省空气质量等级预报准确性评估方法进行了探讨。

广州市空气质量业务预报于2014年10月起由广州市环境监测中心站和广州市气象台联合向公众发布。因历年来第四季度均为广州市污染较重的时段,现基于2016年第四季度广州市逐日预报及实测AQI(空气质量指数)数据,对2016年广州市污染季节空气质量预报结果进行评估。

1 广州市空气质量业务预报

广州市空气质量业务预报采用基于客观预报结果进行人工订正的预报方法。具体为基于数值

收稿日期:2018-01-10;修订日期:2018-01-28

基金项目:广州市科技计划基金资助项目(201604020006)

作者简介:张金谱(1988—),男,工程师,硕士,主要从事大气环境监测和空气质量预报工作。

预报和统计预报计算的客观预报结果,预报员对天气形势进行对比分析与经验会商,经人工订正确定最终预报结果。其中,数值预报采用嵌套网格空气质量预报模式系统(NAQPMS)、区域多尺度空气质量模型(CMAQ)、空气质量综合模拟系统(CAMx)3种空气质量数值预报模式^[10];气象模拟使用天气预报模式(WRF),其初始场资料来源于美国国家环境预报中心(NCEP);统计预报同样基于NCEP预报资料,采用动态统计预报模型(DSM)^[11],即在动态的数据集中确定最好的预报模型做未来一定时期内的预报。

广州市空气质量业务预报发布内容包括24 h的AQI范围、首要污染物、空气质量级别、PM_{2.5}质量浓度范围,未来48—72 h的AQI范围及空气质量级别的变化趋势。

2 预报评估

2.1 数据

使用2016年第四季度(10月1日—12月31日)广州市逐日预报及实测AQI数据,其空气质量状况见表1。2016年第四季度超标天数共18 d,占全年超标天数近1/3,其中轻度污染17 d,中度污染1 d,未出现重度或以上级别污染事件。第四季度首要污染物(仅统计AQI>50的情况)为NO₂的有46 d,PM_{2.5} 8 d,O₃ 5 d,PM₁₀ 3 d。

表 1 2016 年第四季度广州市环境空气质量状况

污染级别	优	良	轻度污染	中度污染
天数/d	31	43	17	1
比例/%	34	47	18	1

2.2 评估方法

(1) 空气质量级别预报准确率评估。由于广州市向公众发布的AQI范围值为预报AQI±10,故空气质量预报级别由预报AQI±10范围值所处的空气质量级别而定,允许跨级预报。当实况级别与任一预报级别一致时,均判断为级别预报准确;若实况空气质量级别低于最小预报级别,则视为预报偏高;反之则视为预报偏低。

(2) AQI范围预报准确率评估。按中国环境监测总站对地级市AQI预报范围的上报要求,当预报级别为优、良、轻度污染、中度污染时,AQI预报范围不得超过30;当预报级别为重度污染和严

重污染时,AQI预报范围不得超过60。因2016年第四季度广州市并未出现重度污染及以上级别的例子,故在研究中实际均以AQI±15为AQI范围预报准确率评价区间。

(3) 首要污染物预报准确率评估。在实况空气质量为良或以上级别的情况下,首要污染物与实况首要污染物一致为准确,实况空气质量为优的情况不纳入统计范围。

(4) 空气质量预报综合考核评分评估。空气质量预报综合考核评分参考气象部门预报评分办法,按单项评分100分设计,对首要污染物、预报级别和预报AQI 3项分别按0.1、0.4和0.5的权重计算总分,最终评分可视为预报准确率。

$$\text{总分} = 0.1 \times f_1 + 0.4 \times f_2 + 0.5 \times f_3 \quad (1)$$

式中: f_1 ——首要污染物正确性评分,若预报的首要污染物与实测一致,得100分,否则,得0分;

f_2 ——预报级别正确性评分,级别正确100分,级别相差1级50分,其他为0分;

f_3 ——预报AQI精确度评分,按公式(2)计算。

$$f_3 = \left[1 - \frac{\text{绝对值(预报 - 实况)}}{\text{最大值(预报或实况)}} \right] \times 100 \quad (2)$$

(5) 预报与实况相关性评估。以相关系数量化评估预报AQI与实测AQI变化趋势的一致性。

2.3 评估结果

2.3.1 空气质量级别、AQI范围、首要污染物预报准确率评估

2016年第四季度广州市空气质量级别预报准确率、AQI范围预报准确率、首要污染物预报准确率评估情况见表2。由表2可见,当实况空气质量级别为良时,级别预报准确率最高;而当实况空气质量级别为优时,AQI范围分级别预报准确率最高,但随着污染级别增加而递减。

2.3.2 空气质量预报综合考核评分评估

2016年第四季度广州市空气质量预报综合考核评分统计见表3。其中,首要污染物正确性得分69.6,空气质量级别正确性得分96.7,指数精确度得分83.4,综合考核得分87.4。

2.3.3 预报与实况相关性评估

图1为预报AQI与实测AQI数据的散点图。2016年第四季度广州市预报AQI与实况AQI相关

表 2 预报准确率评估

评价指标		准确率/%
级别预报 准确率	总体	83.7
	偏高率	12.0
	偏低率	4.3
	优 ^①	74.2
	良 ^①	93.0
	轻度污染 ^①	82.4
AQI 范围预 报准确率	中度污染 ^①	0.0
	总体	67.4
	优 ^①	77.4
	良 ^①	67.4
	轻度污染 ^①	52.9
	中度污染 ^①	0.0
首要污染物预报准确率		67.2

①实况空气质量等级。

表 3 第四季度广州市空气质量预报综合考核评分统计

评价项目	首要污染物正确性得分	空气质量级别正确性得分	预报 AQI 精确度得分	综合考核评分
分值	69.6	96.7	83.4	87.4

系数为 0.78,通过显著性水平为 0.01 的检验。

2.4 分析

2.4.1 预报效果总体评价

2016 年第四季度广州市空气质量预报级别准确率 83.7%、AQI 范围预报准确率 67.4%、综合考核评分 87.4 分、相关系数 0.78,预报效果总体良

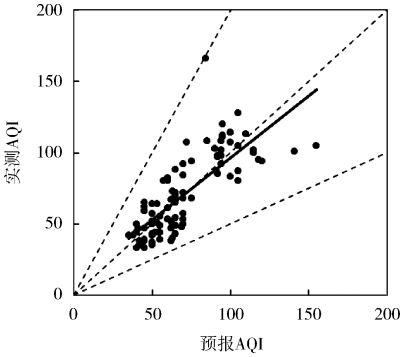


图 1 空气质量预报 AQI 与实测 AQI 散点图

好。与该季度冷空气影响及回暖过程常常交替出现,污染积累与扩散的周期性明显,空气质量变化趋势及幅度相对较容易判断有关。随着污染程度加重,预报准确率下降的现象与沈劲等^[9]对广东全省的预报评估研究结果一致,可能与广东省内各城市优良率较高,导致预报员对较重污染过程缺乏足够的判断经验和预报信心有关。

图 2 给出了 2016 年第四季度广州市空气质量预报 AQI、实测 AQI 及预报偏差时间序列,可见预报 AQI 与实测 AQI 在变化趋势上基本保持一致,且在大部分时段两者差异并不显著,但在个别实测 AQI 较高值上(如 11 月 5 日)预报 AQI 出现明显低估,而在个别实测 AQI 较低值上(如 11 月 7 和 14 日)出现明显高估。

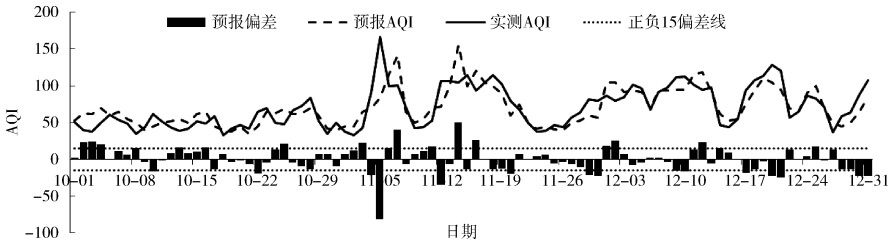


图 2 2016 年第四季度广州市空气质量预报 AQI、实测 AQI 及预报偏差时间序列

2016 年第四季度广州市空气质量首要污染物的预报准确率仅为 67.2%,即在级别为良或以上的天数中出现了近 1/3(20 d)的误报。2016 年第四季度广州市空气质量预报首要污染物预报与实况对比见图 3。由图 3 可见,2016 年第四季度实况首要污染物为 NO₂的误报达 10 d,占总误报天数的一半,其中误报为 PM_{2.5}的有 6 d,误报为 O₃的有 4 d;另外,实况首要污染物为 PM_{2.5}、O₃和 PM₁₀的

误报天数分别为 4,3 和 3 d。

上述误报案例中预报与实况首要污染物空气质量分指数(IAQI)之差仅在 10 以内的就占 60.0%,表明该季度广州市复合污染特征较明显,不同污染物的 IAQI 往往相当接近,不利于首要污染物的准确判断。而广州市预报发布原则上只给出一种首要污染物,在一定程度上也限制了其预报准确率。

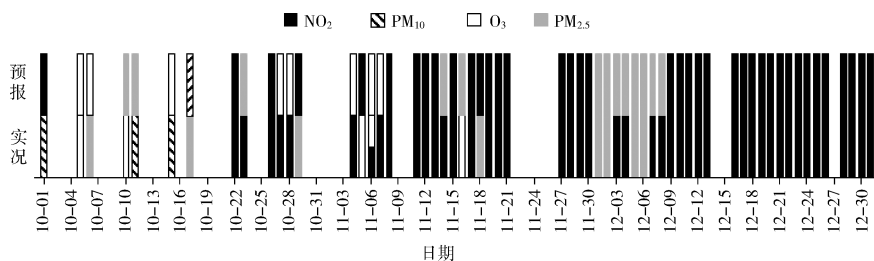


图3 2016年第四季度广州市空气质量预报首要污染物预报与实况对比

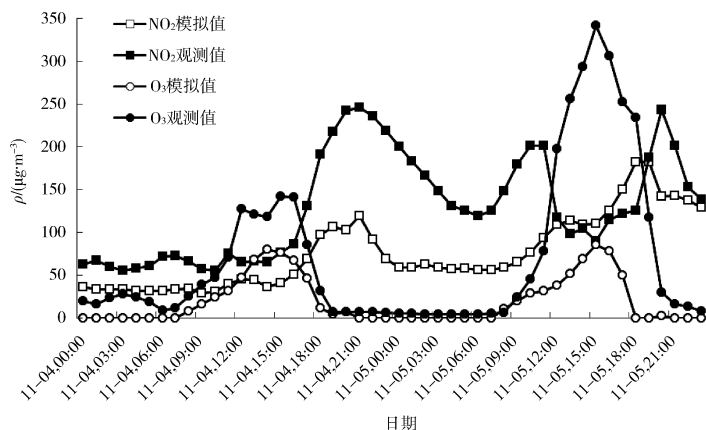
2.4.2 预报误差案例分析

分别对2016年第四季度AQI预报值较实测值偏低较多的11月5日(预报AQI 84, 实测AQI 166)和预报值偏高较多的11月14日(预报AQI 155, 实测AQI 105)进行进一步的分析。

11月5日广州市实况AQI为166, 达中度污染, 首要污染物为 O_3 , 其日最大8小时质量浓度为 $231 \mu g/m^3$, 其实测最高气温仅 $26.9^\circ C$, 并未达到广州市 O_3 高污染的典型温度条件^[12-13], 但 O_3 生成前体物的前期积累和当天的持续静稳气象条件共同促进了 O_3 的生成和积累, 成为广州市近年来罕见地出现在11月的一次 O_3 高污染事件。对比实

况监测与数值模式预报数据可知(图4), 11月4日夜間广州市实况 NO_2 值上升幅度显著, 市监测站 NO_2 值从 $86 \mu g/m^3$ 剧增至 $246 \mu g/m^3$, 而模式预报该站点的 NO_2 峰值仅为 $119 \mu g/m^3$; 11月5日市监测站 O_3 峰值高达 $342 \mu g/m^3$, 而模式预报的 O_3 峰值仅为 $85 \mu g/m^3$ 。

初步判断模式对11月5日 O_3 高值的误判与模式对11月4日 O_3 前体物 NO_2 值快速上升过程的低估有关。总之, 模式预报偏差、历史上较低的污染发生频率以及实况较低的污染物值(11月1—4日广州市 O_3 值均仅为良的级别)共同导致了预报员对该次污染过程的漏报。

图4 2016年11月4—5日广州市监测站 NO_2 、 O_3 模拟值与预报值对比

而在11月14日的预报偏高案例中(图略), 广州市受变性高压脊控制, 在天气形势分析表明扩散条件持续不利以及实况污染物浓度也较高的情形下, 预报员做出了轻度到中度污染的预判, 首要污染物是 $PM_{2.5}$, 实况却由于偏南风的突然加强导致污染物浓度下降明显, 最终仅为较低浓度的轻度污染。由图1可见, 上述2个案例成为散点图中的明显的孤点, 若剔除其影响, 2016年第四季度的相

关系系数可由0.78提高至0.83。

虽然上述2个案例预报误差的具体表现不同, 也未能包括所有偏差类型, 但仍可借此总结出一些预报偏差产生的共同原因: (1) 气象预报精细化程度尚不足以支撑预报尺度较小但对污染扩散影响较关键的气象过程; (2) 预报模式往往难以预报出历史上较少出现的低概率事件, 且存在一定不确定性; (3) 空气质量实况数据作为预报员的重要参考

资料,也可能对预报判断产生错误引导;(4)预报员对影响本地污染演变过程的物理化学机制缺乏深入了解,预报考虑因素仍不够全面。

3 结论

2016年第四季度广州市空气质量预报级别准确率83.7%、AQI范围预报准确率67.4%、首要污染物预报准确率67.2%、综合考核评分87.4分、相关系数0.78,预报效果总体良好。预报准确率在优良级别时相对较高,而在轻度污染以上级别时相对较低。预报误差分析表明,气象预报精细化程度不足及模式预报不确定性等客观因素,与预报员缺乏对污染过程物理化学机制的深入理解等主观因素共同导致了预报的误差。

[参考文献]

- [1] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院关于印发大气污染防治行动计划的通知(国发[2013]37号)[EB/OL]. (2013-09-12)[2018-01-10]. http://www.gov.cn/zwggk/2013-09/12/content_2486773.htm.
- [2] 王晓彦,陈佳,朱莉莉,等. 城市环境空气质量指数范围预报

方法初探[J]. 中国环境监测,2015,31(6):139-142.

- [3] 王占山,李云婷,孙峰,等. 北京市空气质量预报体系介绍及红色预警支撑[J]. 环境科技,2016,29(2):38-42.
- [4] 胡鸣,赵倩彪,伏晴艳. 上海环境空气质量预报考核评分方法研究和应用[J]. 中国环境监测,2015,31(4):54-57.
- [5] 高璟赞,杨宁,毕温凯,等. 天津市基于新标准的空气质量预报模型效果评估[J]. 环境监控与预警,2016,8(6):9-14.
- [6] 杨晓春,吴其重,赵荣,等. 西安空气质量预报系统业务运行评估[J]. 陕西气象,2015(5):41-43.
- [7] 朱莉莉,晏平仲,王自发,等. 江苏省区域空气质量数值预报模式效果评估[J]. 中国环境监测,2015,31(2):17-23.
- [8] 叶斯琪,陈多宏,谢敏,等. 珠三角区域空气质量预报方法及预报效果评估[J]. 环境监控与预警,2016,8(3):10-13.
- [9] 沈劲,嵇萍,周亦凌,等. 广东省空气质量等级预报准确性评估[J]. 环境监控与预警,2017,9(3):15-18.
- [10] 陈焕盛,王自发,吴其重,等. 空气质量多模式系统在广州应用及对PM₁₀预报效果评估[J]. 气候与环境研究,2013,18(4):427-435.
- [11] 孙峰. 北京市空气质量动态统计预报系统[J]. 环境科学研究,2004,17(1):70-73.
- [12] 陈漾,张金谱,黄祖照. 广州市近地面臭氧时空变化及其与气象因子的关系[J]. 中国环境监测,2017,33(4):99-109.
- [13] 黄俊,廖碧婷,吴兑,等. 广州近地面臭氧浓度特征及气象影响分析[J]. 环境科学学报,2018,38(1):23-31.

· 简讯 ·

为保护海洋环境 巴拿马政府颁布“禁塑令”

中新网2018年3月6日电 据南美侨报网报道,巴拿马政府近日指出,到2020年,巴拿马将完全废弃塑料袋的使用。届时,巴拿马的塑料使用量将减少20%。

据报道,联合国数据显示,塑料袋造成了非常严重的环境问题,每年有800万t塑料袋被倒入海中,到2050年,海洋中的塑料袋数量甚至要比鱼类的数量还多。

为保护环境,巴拿马政府正式宣布,在超市、自助商店和普通商店中禁止使用塑料袋,政府表示,他们希望药店等商店在18个月内逐步减少塑料袋的使用,至于仓储型超市等大型商场,政府希望他们能在24个月内完成塑料袋的替换。巴拿马环保部的官员表示,“我们希望巴拿马的市民可以使用可重复利用的布袋代替塑料袋。由于巴拿马的海岸线长度有将近3000km,因此巴拿马政府推行塑料袋的禁令能够有效地防止海洋中塑料袋的数量增加,为防止污染和全球气候变化做出贡献。”他称,“我们积极响应联合国的‘清洁海洋’运动,希望能够通过我们的举动减少海洋中塑料制品过量的现状,巴拿马是加勒比海地区除安提瓜和巴布达以外唯一一个禁止在商店使用塑料袋的国家,这也表明了巴拿马保护自然环境应对全球气候变化的决心。”

报道称,虽然拉丁美洲其他国家并没有像巴拿马那样,禁止在国内的商店使用塑料袋,但他们也在用其他方式减少塑料袋的使用。哥伦比亚政府已禁止民众使用30×30cm以下的一次性手提塑料袋,且将在2017年7月对塑料袋征税。智利政府也对沿海地区颁布了一项法令,减少沿海地区塑料袋的使用。

摘自 www.jshb.gov.cn 2018-03-14

· 启事 ·

变更出刊时间启事

为适应期刊发展,更好地为作者和读者服务,经主办单位同意并报江苏省新闻出版广电局备案,本刊自2018年1月份起由每逢双月15日出版,变更为每逢单月30日出版。竭诚欢迎广大作者继续惠赐佳稿。敬请本刊编委、审稿专家以及广大作者、读者一如既往地关心、支持本刊。

《环境监控与预警》编辑部