

乌海市2023年模式与人工预报效果评估及分析

刘瑶 尚春林 王晨晨 宋艳红 张敏
内蒙古自治区环境监测总站乌海分站 内蒙古 乌海 016000

摘要: 基于2023年乌海市空气质量实况及预报数据,对数值预报模式与人工客观订正预报结果进行了对比和分析,结果表明人工客观订正预报准确率最高,集合预报有较高的参考价值。本文同时评估了人工客观订正预报空气质量预报的效果,分析了预报偏差特征及其原因;结果表明夏季和冬季AQI预报范围准确率相对较高,与夏、冬季空气质量等级为良或轻度污染的天数较多,AQI范围变化幅度相对秋季和春季较小有关。建议根据本地情况不断优化模式预报,加强预报人员的培养和管理,加大与气象部门的合作,不断提升空气质量预报工作效果。

关键词: 预报;效果评估;模式;人工订正

1 引言

数值预报和人工客观订正预报是目前空气质量预报常见的两种方式,数值预报准确性主要受气象场、污染源排放清单和模式的分辨率等的影响^[1]。因此,预报人员要根据本地天气变化情况、污染物排放和地形地貌,凭借自身经验,对数值模式得到的预报结论做出合理修正^[2]。因此定期开展系统性预报效果评估,可以加强预报员对数值预报模式的了解,总结以往预报偏差原因,从而提高预报准确率。乌海市空气质量预报业务已开展7年,但预报评估和分析工作还未系统性开展。本文基于2023年观测及预报数据,对模式与人工预报结果进行对比分析,分析影响预报准确率的可能因素及改进方法,并对预报结果进行评估及偏差分析,以期提高预报准确率,为环境管理部门和公众提供预警信息。

2 研究方法

2.1 数据来源

实测数据来源于2023年乌海市观测数据,预报数据

来源于空气质量预报系统。

2.2 评估方法

主要评估指标有相关系数(R)、平均偏差(MB)和标准化平均偏差(NMB)。R用于衡量实测值和预报值变化趋势的相关程度,R>0表示实测值和预报值是正相关,反之则是负相关,R越接近1,则表明实测值和预报值的相关性越好。MB用来测定预报值和实测值的差异程度,平均偏差越大,表明预报值和实测值差异程度越大^[3-4]。

3 预报评估结果

3.1 数值模式与人工客观订正预报效果评估

3.1.1 总体预报效果评估

由表1可知,人工客观订正预报AQI级别、AQI范围和首要污染物准确率都高于数值模式;集合预报有较高的参考价值;CMAQ模式在AQI级别和范围预报中有一定参考价值,但在首要污染物预报中参考价值较小。

表1 模式与人工预报24h、48h、72h时预报准确率

| 模式 | AQI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 |
|----------|-------------------|-------------------|-------------------|
| NAQPMS | 54.5%/52.3%/49.3% | 24.9%/21.4%/18.1% | 27.5%/31.3%/29.5% |
| CMAQ | 79.1%/79.2%/78.3% | 40.9%/38.6%/40.1% | 37.0%/35.7%/37.2% |
| CAMx | 64.6%/64.6%/64.0% | 27.8%/26.6%/31.6% | 42.2%/45.2%/47.5% |
| WRF-Chem | 78.1%/78.4%/77.8% | 38.9%/36.2%/33.7% | 36.0%/35.1%/34.5% |
| 集合预报 | 81.4%/77.6%/79.5% | 52.1%/49.0%/46.0% | 76.7%/76.5%/75.7% |
| 人工客观订正预报 | 89.0%/87.7%/86.9% | 61.6%/59.7%/56.4% | 91.8%/88.9%/88.0% |

3.1.2 不同空气质量类别AQI范围准确率效果评估

由图1可知,空气质量为优时,CMAQ模式有较高参考价值;良和轻度污染天,集合预报准确率最高,人工客观订正准确率68.9%;空气质量为中度及以上污染,所有模式预报效果均较差,且预报值以偏低为主,无参考

价值,存在“高值报不出,低值下不来”的现象^[5],这可能与数值模式预报系统本地化不完全,模式相关参数设置不合理、源排放清单更新不及时等因素有关。

3.1.3 沙尘天气预报准确率效果评估

2023年乌海市模式对沙尘天气预报准确率均低于

20%，表明模式对沙尘天气的预报效果较差，这与模式本地化效果较差有关。人工订正预报沙尘天气准确率为31.6%，高于模式预报结果，但预报结果也以偏低为主，这与预报员对沙尘天气强度、影响路径和影响时间把握不准，低估沙尘对本地空气质量的影响有关。

3.1.4 主要污染物预报效果评估

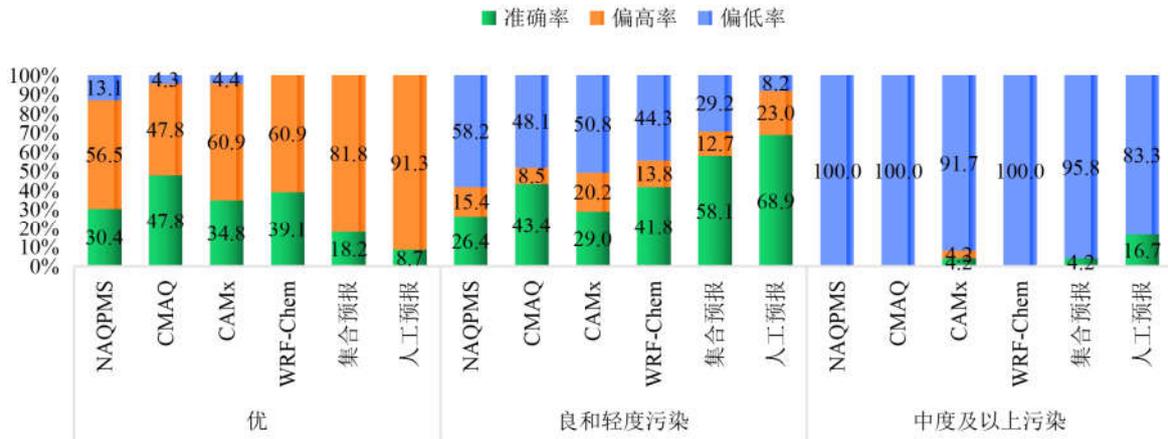


图1 不同空气质量类别各种模式准确率对比情况

表2 2023年乌海市主要污染物预报效果评估

| 项目 | NAQPMS | CMAQ | CAMx | WRF-Chem | 集合预报 | 人工客观订正预报 |
|-------------------|--------|-------|-------|----------|-------|----------|
| PM _{2.5} | R值 | 0.16 | 0.35 | 0.22 | 0.23 | 0.44 |
| | NMB | -0.22 | -0.35 | 0.05 | -0.46 | -0.08 |
| | MB | -7 | -11 | 1 | -15 | -2 |
| O ₃ | R值 | 0.61 | 0.73 | 0.81 | 0.73 | 0.80 |
| | NMB | -0.28 | -0.01 | -0.19 | 0.01 | -0.11 |
| | MB | -29 | -1 | -20 | 1 | -11 |
| PM ₁₀ | R值 | -0.21 | 0.03 | 0.18 | -0.03 | 0.25 |
| | NMB | -0.47 | -0.67 | -0.09 | -0.71 | -0.16 |
| | MB | -52 | -74 | -10 | -79 | -18 |

注：人工客观订正预报未预报PM₁₀数值

3.1.5 典型预报案例分析

选取2023年4月2日沙尘误报过程分析。实况AQI为500，模式预报AQI均低于100。2日0时至8时，实况PM₁₀浓度在591~4230微克/立方米之间，模式预报值均在150微克/立方米以下，模式在沙尘期间均严重低估PM₁₀浓度。原因：（1）模式预报参数不能反映沙尘过程；（2）实际沙尘路径有所改变，故人工预报也严重低估沙尘强度。建议模式定期驯化，将历史源清单、污染监测数据和气象场等基础数据进行定期更新并根据实际情况进行驯化，使预报结果更接近实况。

3.2 人工客观订正预报24h预报效果评估

3.2.1 预报准确率评估

2023年人工订正预报AQI数值范围准确率夏季

由表2可知，对PM_{2.5}来说，所有模式预报值与实测值相关性均低于0.50，CMAx预报结果与PM_{2.5}实测值最为接近；对O₃来说，所有模式预报值与实测值相关性均高于0.60，CMAQ和WRF-Chem预报结果与O₃实测值最为接近；对PM₁₀来说，所有模式预报值与实测值相关性均低于0.30，CMAx预报结果与实测值最为接近。

（68.6%）和冬季（66.8%）高于秋季（60.4%）和春季（51.0%）。夏、冬季良或轻度污染天数较多，AQI变化小，预报准确率较高；而秋季优的天数较多，且AQI数值较低，春季沙尘较多，AQI变化大，预报准确率较低。

2023年人工订正预报首要污染物准确率最高的是冬季（98.7%），春季（91.1%）和夏季（90.0%）持平，秋季最低（87.4%）。冬春季和夏季首要污染物单一，预报难度低。秋季季节交替，不同首要污染物之间频繁变化且IAQI相差小，预报难度较大，尤其是10月份。

3.2.2 相关系数和偏差评估

4个季节R值在0.5~0.6之间，说明预报与实测AQI相关性较好。从NMB来看，夏秋季为正偏差，易出现预报高估，秋季正偏差尤为明显，原因是秋季AQI指数偏低，

优的天数较多,预报员通常趋于从重修正,造成正偏差较大;冬春季均为负偏差,即易出现预报低估,其中春季负偏差尤为明显,原因是春季沙尘较多,预报员对沙尘天气把握不好,趋于保守从轻修正,AQI数值报整体偏低,造成预报负偏差较大。

3.2.3 预报偏差分析

2023年,24h预报出现高估94次,低估46次。预报较大负偏差和正偏差均是沙尘天气,说明沙尘天气预报效果较差,直接影响全年预报效果。以PM₁₀和O₃为首要污染物的天,预报难度较低,预报准确率较高,以PM_{2.5}为首要污染物的天,预报员存在低估高湿静稳污染过程及强度情况,故预报准确率偏低。

4 结论

(1)从乌海市2023年AQI预报的整体结果来看,人工客观订正预报的效果最好;5种模式预报中集合预报模式的预报效果相对最好,因此集合预报模式具有较高参考价值。

(2)空气质量为优时,预报结果基本以偏高为主,为中度污染及以上时,预报结果基本以偏低为主。模式对沙尘污染过程预报效果较差,且预报结果以偏低为主。所有模式对O₃的预报效果较好,但对PM₁₀、PM_{2.5}的预报仍存在显著偏差。

(3)夏季和冬季AQI数值范围预报准确率相对较高,与夏、冬季空气质量等级为良或轻度污染的天数较多,AQI范围变化幅度相对秋季和春季较小有关。首要污染物预报准确率最高的是冬季,春夏季持平,秋季最低。

(4)除了不断优化数值模式预报外,预报员要充分掌握不同污染物形成机理和季节变化特征,密切关注气象条件变化及周边区域的空气质量情况,在此基础上对模式预报结果做出准确修正。同时,建立一套本地化典型气象条件下的污染案例库,不断总结经验,提高预报准确性。

参考文献

- [1]蔡沅辰,丁峰,朱志锋,等.南京市空气质量预报效果评估及误差分析[J].环境监控与预警,2023,15(02):28-32+39.
- [2]黄凯涛.中山市空气质量预报效果的分析与评估[J].《资源节约与环保》,2019,4(1):69-70.
- [3]中国环境监测总站.环境空气质量预报预警方法技术指南[M].北京:中国环境出版集团,2014.
- [4]中国环境监测总站.环境空气质量预报成效评估方法技术指南[M].北京:中国环境出版集团,2018.
- [5]闰慧姣.郑州市空气质量多模式预报系统预报效果评估[J].自然科学,2020,5(01):231-233.