

何金梅,刘抗,王玉红,等. CUACE模式在兰州城市空气质量预报中的检验订正[J]. 干旱气象, 2017, 35(3): 495-501, [HE Jinmei, LIU Kang, WANG Yuhong, et al. Test and Correction of CUACE in Air Quality Forecast in Lanzhou of Gansu Province[J]. Journal of Arid Meteorology, 2017, 35(3): 495-501], DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-03-0495

CUACE模式在兰州城市空气质量预报中的检验订正

何金梅¹, 刘抗¹, 王玉红², 张培燕¹

(1. 甘肃省气象服务中心, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省酒泉市气象局, 甘肃 酒泉 735000)

摘要:利用2014年9月—2015年8月环境保护部对外发布的兰州市6种污染物实况监测数据,对同时期CUACE模式的24h预报结果进行误差分析,并通过误差滚动线性回归订正方法进行检验订正。结果表明:(1)兰州市的首要污染物以PM₁₀为主,其次是PM_{2.5}; (2)CUACE模式对SO₂的预报及对O₃、NO₂、PM_{2.5}和PM₁₀预报为2级时,等级预报准确率较高,预报结果可直接使用;(3)模式对O₃和CO预报1级时,采用10d误差滚动订正后等级预报准确率可提高1.1%~5.5%; (4)模式预报其它要素的其它级别时采用5d或10d误差滚动订正后再加上或减去一定值后,等级预报准确率可提高8.7%~75%。

关键词:CUACE模式;误差分析;检验订正;兰州市

文章编号:1006-7639(2017)-03-0495-07 DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-03-0495

中图分类号:P457

文献标识码:A

引言

随着中国城市化进程的加快,区域灰霾污染现象频繁发生,特别是2013年1月我国中东部和西南部接连发生罕见的大范围、长时间雾霾天气过程,给人们的健康和生活带来诸多不便,引起政府和公众的广泛关注,使空气质量预报研究再次成为人们研究的热点之一^[1]。2013年国务院印发了《大气污染防治行动计划》(国发[2013]37号)明确要求“建立重污染天气空气质量监测预警体系,妥善应对重污染天气”。目前京津冀、长三角、珠三角等区域许多城市逐步开展了基于PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、CO和O₃6种污染物的空气质量数值预报研究并取得一定成效。北京、上海、广州等多个城市已采用NAQPMS^[2]模式建成数值预报业务系统,并在北京奥运会^[3-4]、上海世博会^[5]和广州亚运会^[6]成功应用。2013年9月国家气象中心开展基于空气质量指数AQI(air quality index)的城市空气质量预报服

务业务,以中国气象局化学天气数值预报系统CUACE(CMA unified atmospheric chemistry environment)输出的PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、CO和O₃6种污染物浓度客观预报产品为基础,利用模式释用和订正技术,制作全国地(市)级以上,京津冀、长三角和珠三角县级以上342个城市的6种污染物浓度和空气质量指数预报指导产品^①。中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所于2013年11月完成了对CUACE系统的移植工作,李曼等^[7]对该系统在乌鲁木齐空气质量预报中的效果进行了离线检验。

兰州市是我国西北重要的工业生产基地,也是我国最早发现光化学烟雾的城市^[8]。1970年代以来许多科研工作者围绕影响空气质量的气象条件及空气污染物浓度预报方面进行了大量研究^[9-20]。2013年9月兰州市成为全国首批开展AQI预报的城市之一,但自开展业务以来对CUACE的模式预报产品没有进行检验评估。为使模式预报产品对兰州市的空气质量预报更具有指导意义,本文通过对

收稿日期:2016-11-14;改回日期:2017-01-17

基金项目:甘肃省气象局气象科研项目(2015-17)和甘肃省自然科学基金项目(1208RJZA)共同资助

作者简介:何金梅(1977-),女,陕西宝鸡人,高级工程师,从事专业预报服务工作。E-mail:441916974@qq.com

① 中国气象局. 关于开展空气质量预报工作的通知. 北京:气减函, 2013.

兰州市逐日 6 种污染物浓度实况监测值与模式的 24 h 预报值进行统计对比分析,分要素、分级对模式预报值进行定量化的检验评估;在此基础上采用误差滚动线性回归订正方法,对模式 24 h 预报的 6 种污染物进行优化和校正,从而提高预报准确率。

1 资料

1.1 实况资料

空气质量实况监测资料来源于环境保护部每日对外发布的全国城市空气质量监测数据,数据为 2014 年 9 月—2015 年 8 月兰州市市区 4 个观测站(兰炼宾馆、职工医院、生物制品所、铁路设计院)观测的 6 种污染物(PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、 SO_2 、 NO_2 、CO 和 O_3)逐小时浓度值。按环境保护部发布的《环境空气质量指数(AQI)技术规定(试行)》中对日浓度值的界定^[21],分别计算 4 个观测站各污染物的日浓度值,再做平均得到兰州市各污染物的日浓度值。

1.2 模式资料

CUACE 模式是中国气象科学研究院自主研发的区域天气—大气化学—大气气溶胶双向耦合模式预报系统,由中尺度数值天气预报模式 MM5 (mesoscale model 5) 和气体—气溶胶模块组成,实现了气体—气溶胶模块与天气模式在线双耦合运行,其中天气模式 MM5 主要采用混合冰相单参数 Reisner 方案、GRELL 积云参数化方案、MRF 边界层参数化方案和 RRTM 辐散方案,气体—气溶胶模块考虑了

比较完善的微量气体、气溶胶的物理化学过程。目前该系统每日 20:00(北京时)起报,预报时效 72 h,预报精度 24 h 内为 6 h 间隔,24—72 h 内为 12 h 间隔,预报产品种类主要包括 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 SO_2 、 NO_2 、 O_3 和 CO 6 种污染物浓度、AQI 指数、AQI 等级及首要污染物等。

选取 2014 年 9 月—2015 年 8 月国家气象中心下发的 CUACE 空气质量指导预报产品中 6 种污染物的 24 h 预报值,剔除未下发的预报,共计 312 个样本,按时间顺序对样本进行编号。

2 各种污染物实况分布

从 2014 年 9 月—2015 年 8 月兰州市首要污染物出现天数的月分布(表 1)情况看出,兰州市首要污染物以 PM_{10} 为主,在 312 d 里有 201 d 的首要污染物为 PM_{10} ,出现概率为 64.4%;其次是 $PM_{2.5}$,共出现 67 d,出现概率为 21.5%; O_3 和 NO_2 分别有 23 d 和 21 d,概率不足 8%。

从兰州市首要污染物各月的分布情况看, $PM_{2.5}$ 在 11 月至次年 1 月出现的概率比 PM_{10} 大,其余月份 PM_{10} 出现概率较大,在 61%~83% 之间; NO_2 每月均有可能出现,且 10 月出现的概率相对较大; O_3 在 4—10 月出现概率较大,主要是由于 O_3 是二次污染物,它的生成与气象条件密切相关,一般夏季在高温、强日照条件下,易发生一系列光化学反应而生成 O_3 ^[22]。

表 1 2014 年 9 月—2015 年 8 月兰州市首要污染物出现天数的月分布(单位:d)

Tab. 1 The monthly distribution of occurring days of primary pollutant in Lanzhou of Gansu Province from September 2014 to August 2015 (Unit:d)

污染物	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合计
$PM_{2.5}$	15	4	1	0	1	0	1	0	6	7	16	16	67
PM_{10}	13	17	21	19	19	20	15	14	21	19	9	14	201
O_3	0	0	0	3	3	7	1	6	2	1	0	0	23
NO_2	1	2	1	1	2	2	1	2	1	4	3	1	21

3 CUACE 模式输出产品的正确性

3.1 预报等级正确性

将 CUACE 模式预报产品的 312 个样本分月、分要素与观测实况进行统计对比分析,结果见表 2。可以看出:(1)从全年来看模式对 SO_2 、CO 和 O_3 预报的准确率较高,等级预报的准确率分别达到 90.4%、82.1% 和 76.6%,在实际业务中具有指导意义,特别是模式对 SO_2 的预报值可以直接用于实

际的空气质量预报中。其它 3 个污染物的预报准确率低,特别是 $PM_{2.5}$ 和 NO_2 预报准确率还达不到 50%,在实际预报业务中不能直接使用,必须对指导产品进行订正后才能使用;(2)从逐月情况分析得出,模式产品中 SO_2 在 3—10 月、CO 在 4—8 月和 10 月、 O_3 在 1 月和 10—12 月的预报等级准确率均达到 100%,因此 SO_2 、CO、 O_3 在上述各月中的模式产品可直接使用。而模式产品中 PM_{10} 在 1 月、3—5 月、12 月, $PM_{2.5}$ 在 1—2 月、4—6 月、8—12 月,CO 在

1月、11—12月,SO₂在1月,NO₂在1—12月,O₃在5—6月、8月的等级预报准确率<60%,实际业务中必须订正后才能使用;其余各月各要素的等级预报准确率在61%~97%,实际业务中具有一定参考价

值;(3)模式对6种污染物等级预报的误差有90%集中在错1级范围内,对PM₁₀、PM_{2.5}和NO₂等级预报有10~27个样本预报错2级,等级预报错3级以上的样本只有5个,占错级总数的0.8%。

表2 2014年9月—2015年8月兰州市CUACE指导预报产品等级预报正确性分析(单位:个)

Tab.2 The correctness analysis of CUACE forecast products for pollution level forecast in Lanzhou of Gansu Province from September 2014 to August 2015 (Unit:number)

污 染 物	月份(样本数)												合计	预报 等级 正确性	
	1月 (29)	2月 (23)	3月 (23)	4月 (23)	5月 (25)	6月 (29)	7月 (19)	8月 (21)	9月 (30)	10月 (31)	11月 (28)	12月 (31)			
PM ₁₀	16	17	13	10	13	20	13	16	21	25	18	9	191	正 确	
PM _{2.5}	9	10	18	11	15	10	13	12	14	17	11	7	147		
CO	11	17	20	23	25	29	19	21	29	31	16	15	256		
SO ₂	16	21	23	23	25	29	19	21	30	31	25	19	282		
NO ₂	10	13	12	11	15	12	7	6	15	19	13	17	150		
O ₃	29	20	21	14	10	11	12	6	26	31	28	31	239		
PM ₁₀	11	3	9	9	10	8	6	5	8	6	9	21	105		错 1 级
PM _{2.5}	12	13	5	11	8	17	6	9	16	12	14	13	136		
CO	17	6	3	0	0	0	0	0	1	0	11	15	53		
SO ₂	13	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	30		
NO ₂	13	10	10	12	10	16	12	15	15	12	14	13	152		
O ₃	0	3	2	8	15	18	5	15	4	0	0	0	70		
PM ₁₀	2	3	1	2	2	1	0	0	1	0	0	1	13	错 2 级	
PM _{2.5}	8	0	0	1	2	2	0	0	0	2	2	10	27		
CO	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3		
SO ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
NO ₂	6	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	10		
O ₃	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	3		

3.2 预报浓度正确性

在污染等级预报正确的情况下,如果浓度误差相对较大时,空气质量的评分也会受到影响,因此在不考虑预报等级是否正确的前提下,对6种污染物浓度预报值与实况监测值进行对比(图1)。可以看出,模式对SO₂和O₃浓度的预报值有75%左右偏小,其中SO₂浓度误差范围主要集中在-40~20 μg·m⁻³之间,O₃浓度误差范围主要集中在-90~30 μg·m⁻³之间。模式对CO浓度的预报有171次预报值偏小,133次预报值偏大,8次预报正确,其中2014年9月下旬至10月,2015年3月下旬至9月的256次预报中,模式预报误差相对较小,且预报等级全部正确。PM₁₀、PM_{2.5}和NO₂等3种污染物模式预报值与实况监测值之间的离散度较大,其中PM₁₀的浓度预报中有174次预报值偏小,138次预报值偏大,浓度预报误差范

围主要在-100~100 μg·m⁻³之间;PM_{2.5}的浓度预报值有172次偏小,140次偏大,浓度预报误差范围主要在-60~70 μg·m⁻³之间;NO₂浓度预报值有191次偏小,121次偏大,误差范围主要在-50~40 μg·m⁻³之间。

4 CUACE 模式产品的订正

通过对兰州市逐日6种污染物浓度实况值与CUACE模式的24h预报进行统计对比分析,分别采用5d、10d误差滚动线性回归订正方法,分要素对模式预报结果进行线性回归订正(表3)。由表3可看出,通过误差滚动线性回归订正后PM_{2.5}、NO₂和O₃的等级准确率有所提高,其中NO₂的10d误差滚动线性回归订正后等级准确率提高最明显,提高了9.2%;其余各要素2种误差订正后其等级的准确率都下降。

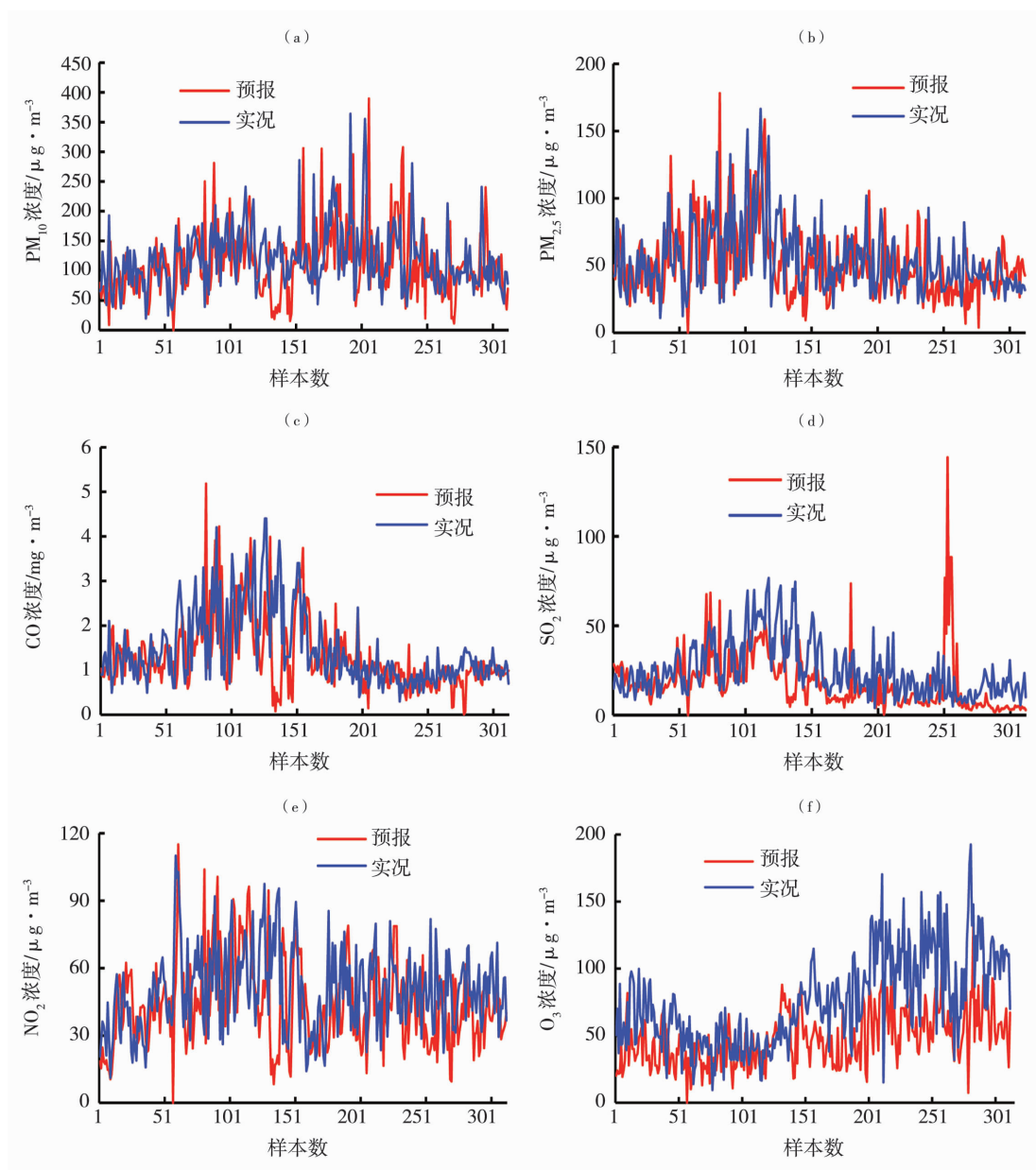


图1 2014年9月—2015年8月兰州市6种污染物浓度模式预报与实况对比

Fig.1 Comparison between the observation and the CUACE forecast products for pollution concentration of six kinds of pollutants in Lanzhou of Gansu Province from September 2014 to August 2015

表3 2014年9月—2015年8月兰州市6种污染物浓度误差滚动线性回归订正
Tab.3 The deviation correction of CUACE forecast products for six kinds of pollutants in Lanzhou of Gansu Province from September 2014 to August 2015 based on five-day and ten-day rolling error linear regression correction methods

项目	样本数/个	等级正确率/%					
		PM ₁₀	PM _{2.5}	CO	SO ₂	NO ₂	O ₃
订正前	312	61.2	47.1	82.1	90.4	48.1	76.7
5 d 误差订正后	307	54.1	48.5	80.1	88.3	53.4	78.2
10 d 误差订正后	302	58.9	48.3	81.1	88.1	57.3	81.8

另外在不考虑等级是否正确情况下,2种方法订正后SO₂和O₃浓度绝对误差变小,当SO₂浓度绝对误差控制在10 μg·m⁻³之内、O₃在30 μg·m⁻³之内时样本个数明显增多,其中10 d误差订正后SO₂样本个数增多约9%、O₃增多约20%。其余各要素绝对误差都变大。

综上所述,用5 d或10 d误差对CUACE模式预报的6种污染物浓度进行订正后整体效果不理想,且对PM₁₀、CO和SO₂的订正效果为负值,因此在不考虑级别的情况下,这种订正方法不适合,鉴于此下面按CUACE模式输出浓度值所对应的级别对各要素进行误差订正。

4.1 CUACE 模式预报1级

CUACE模式对PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、CO和O₃污染物预报1级时对应的等级预报准确率分别为10.7%、23.4%、90.8%、27.3%、85.2%、75.7%,可见模式对SO₂、CO和O₃污染物预报指导性较好,特别是对SO₂的指导性强,在业务中可直接使用模式结果进行预报。

对其它5种污染物分别采用5 d、10 d误差滚动线性回归订正方法进行订正(图2),可以看出准确率均有不同程度的提高,尽管CO提高幅度最小,但用10 d误差滚动线性回归订正法进行逐日订正后绝对误差范围变小,从评分角度考虑,CO可采用10 d误差滚动线性回归订正法进行逐日订正。O₃经过10 d误差滚动订正后准确率可提高5.5%。而对PM₁₀、PM_{2.5}和NO₂污染物来说,订正后准确率提高的幅度很大,但是准确率仍然不高,都在55%以下,对业务指导不强。

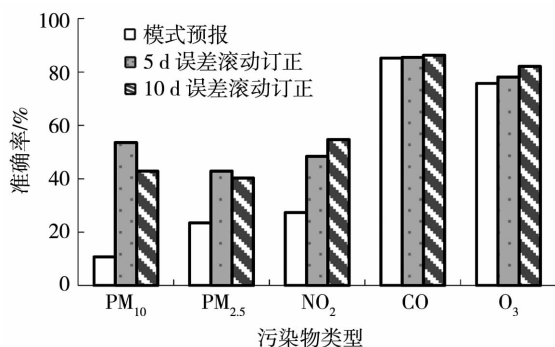


图2 2014年9月—2015年8月兰州市5种污染物订正前后的预报准确率

Fig. 2 The accuracy of pollutant forecast before and after the correction for five kinds of pollutants in Lanzhou of Gansu Province from September 2014 to August 2015 based on two kinds of correction methods

针对这种情况,对订正后PM₁₀、PM_{2.5}和NO₂污染物浓度的绝对误差进行分析,结果发现,浓度值均明显偏小,且PM₁₀浓度偏小最明显,因此尝试将订正后的结果加上一定值后发现准确率可提高到66%以上。具体为:(1)PM₁₀经10 d误差滚动订正后的逐日浓度再加上50 μg·m⁻³,其等级预报准确率可提高到85.7%,比增加前提高42.8%,比模式预报提高75%;(2)PM_{2.5}经10 d误差滚动订正后的逐日浓度再加上20 μg·m⁻³,等级预报准确率提高到66.2%,比增加前提高25.9%,比模式预报提高42.8%;(3)NO₂经10 d误差滚动订正后的逐日浓度再加上10 μg·m⁻³,等级预报准确率提高到75%,比增加前提高20.3%,比模式预报提高47.7%。

因此,当CUACE模式预报6种污染物在1级范围内时,不能统一使用一种订正方法,而是分要素采用不同的订正方法进行订正。SO₂的准确率高,模式结果可直接使用;CO、O₃采用10 d误差滚动订正后准确率达80%以上;PM₁₀、PM_{2.5}和NO₂污染物采用10 d误差滚动订正后的结果再加上一定值准确率可提高到66%以上。

4.2 CUACE 模式预报2级

CUACE模式对PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、CO和O₃6种污染物预报2级时对应的等级预报准确率分别为74.7%、64.5%、70.0%、64.0%、60.9%、100%,即模式对O₃预报的指导性非常好,在业务中可直接使用模式结果进行预报。其它5种污染物分别采用不同的订正方法进行订正后发现,只有CO经过10 d误差滚动订正后的逐日浓度再减去0.5 mg·m⁻³,等级预报准确率可提高到69.6%,比模式的直接输出提高了8.7%;而PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂和NO₂污染物无论采取何种订正方法,订正后其等级预报的准确率均变小,且浓度的绝对误差增大。

因此,当CUACE模式预报6种污染物在2级范围内时,只有CO采用10 d误差滚动订正后的逐日浓度再减去0.5 mg·m⁻³的方法进行订正,其余各要素均采用CUACE模式的直接输出作为预报结果。

4.3 CUACE 模式预报3级

分析可知兰州市的SO₂、CO和O₃等3种污染物一年中轻度污染以上天数不足5 d, CUACE模式预报的这3种污染物轻度污染以上天数一年中也只有几天,因此模式结果不再进行订正。其余PM₁₀、PM_{2.5}和NO₂污染物当模式预报3级时对应的等级预报准确率都很低,分别为38.8%、21.9%、23.1%,同样尝试不同的订正方法订正后发现,采用5 d误

差滚动订正后的逐日浓度再减去一定值后,等级预报准确率有一定提高,具体为:(1)PM₁₀经5 d 误差滚动订正后的逐日浓度再减去 50 μg · m⁻³,等级预报准确率提高到 49%,比模式预报提高 10.2%;(2)PM_{2.5}经5 d 误差滚动订正后的逐日浓度再减去 30 μg · m⁻³,等级预报准确率提高到 53.1%,比模式预报提高 31.2%;(3)NO₂经5 d 误差滚动订正后的逐日浓度再减去 20 μg · m⁻³,等级预报准确率提高到 76.9%,比模式预报提高 53.8%。

4.4 CUACE 模式预报 4 级及以上

CUACE 模式预报 4 级及以上的要害只有 PM₁₀ 和 PM_{2.5},预报天数都在 10 d 以内,等级预报准确率都为 0,采用 5 d 误差滚动订正后发现 2 种污染物的误差范围都明显偏大,因此在订正后的结果 PM₁₀ 减去 180 μg · m⁻³,准确率可达到 75%,PM_{2.5} 减去 60 μg · m⁻³,准确率可达 30%。

综上所述,CUACE 模式对 SO₂ 的预报及对 O₃、NO₂、PM_{2.5} 和 PM₁₀ 预报为 2 级时,预报结果都可直接使用;对 O₃ 和 CO 预报 1 级时,采用 10 d 误差滚动订正后准确率可提高 1.1%~5.5%;当模式预报 CO 为 2 级时,采用 10 d 误差滚动线性回归订正方法订正后逐日浓度再减去 0.5 mg · m⁻³,准确率可提高 8.7%;当模式预报 PM_{2.5}、PM₁₀ 和 NO₂ 的其它级别时采用 5 d 或 10 d 误差滚动订正后再加上或减去一定值后,使预报准确率可提高 10.2%~75%。

5 结 论

(1)2014 年 9 月—2015 年 8 月兰州市首要污染物以 PM₁₀ 为主,其次是 PM_{2.5};O₃ 和 NO₂ 作为首要污染物,分别出现 23 d、21 d,概率不足 8%。

(2)CUACE 模式对 SO₂、CO 和 O₃ 等级预报的准确率较高,特别是 SO₂ 在 3—10 月、CO 在 4—8 月和 10 月、O₃ 在 1 月和 10—12 月的预报等级准确率均达 100%,模式预报结果可直接用于实际的空气质量预报中;其它 3 个要素的预报准确率低,特别是 PM_{2.5} 和 NO₂ 等级预报准确率不足 50%。

(3)CUACE 模式对 SO₂ 的预报及对 O₃、NO₂、PM_{2.5} 和 PM₁₀ 预报为 2 级时,预报结果都可直接使用;其它不同要素、不同级别时对 CUACE 模式预报结果不能统一使用一种订正方法,而是分要素采用不同的订正方法进行订正。

目前对环境模式的检验还没有公认的统一方法和标准。本文中使用的资料年代短,对 CUACE 模式预报效果的检验方法也存在一定的局限性,这些将在

今后的评估工作中进行更加全面的考虑和改进。

参考文献

- [1] 王丛梅,杨永胜,李永占,等. 2013 年 1 月河北省中南部严重污染的气象条件及成因分析[J]. 环境科学研究,2013,26(7):695-702.
- [2] 王自发,谢付莹,王喜全,等. 嵌套网格空气质量预报模式系统的发展与应用[J]. 大气科学,2006,30(5):778-790.
- [3] 王自发,吴其重,Gbaguidi A,等. 北京空气质量多模式集成预报系统的建立及初步应用[J]. 南京信息工程大学学报(自然科学版),2009,1(1):19-26.
- [4] 吴其重,王自发,徐文帅,等. 多模式模拟评估奥运赛事期间可吸入颗粒物减排效果[J]. 环境科学学报,2010,30(9):1739-1748.
- [5] 王茜,伏晴艳,王自发,等. 集合数值预报系统在上海市空气质量预测预报中的应用研究[J]. 环境监控与预警,2010,2(4):1-11.
- [6] 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.
- [7] 李曼,张载勇,李淑娟,等. CUACE 系统在乌鲁木齐空气质量预报中的效果检验[J]. 沙漠与绿洲气象,2014,8(5):63-68.
- [8] 奚晓霞,宋庆海,黄建国,等. 兰州市冬半年大气污染物分布特征及变化规律[J]. 兰州大学学报(自然科学版),1995,31(3):136-140.
- [9] 王式功,杨德保,李腊平,等. 兰州城区冬半年冷锋活动及其对空气污染的影响[J]. 高原气象,1998,17(2):142-149.
- [10] 王式功,杨德保,尚可政,等. 兰州市区冬半年低空风特征与空气污染物浓度的关系[J]. 兰州大学学报(自然科学版),1997,33(3):97-105.
- [11] 姜允迪,王式功,祁斌,等. 兰州城区臭氧浓度时空变化特征及其与气象条件的关系[J]. 兰州大学学报(自然科学版),2000,36(5):118-125.
- [12] 马敏劲,郭世奇,王式功,等. 近 11 年兰州空气污染特征及其边界层结构影响的分析[J]. 兰州大学学报(自然科学版),2012,48(6):69-73.
- [13] 尚可政,杨德保,王式功,等. 兰州城区冬季空气污染预报方法研究[J]. 兰州大学学报(自然科学版),1998,34(4):165-170.
- [14] 杨民,王庆梅,王式功,等. 兰州市空气质量预报系统研究[J]. 中国环境监测,2002,18(6):23-27.
- [15] 杨民,王庆梅,马印飞,等. 兰州市大气污染气象潜势预报研究[J]. 甘肃环境研究与监测,2002,15(3):155-157.
- [16] 陶燕,李亚,王婷,等. 兰州市冬季室内外颗粒物污染特征及其理化特性研究[J]. 环境与健康杂志,2016,33(1):44-47.
- [17] 刘娜,余晔,何建军,等. 兰州冬季大气污染来源分析[J]. 环境科学研究,2015,28(4):509-516.
- [18] 段海霞,李耀辉. 2013 年春季沙尘天气特征及其成因[J]. 干旱气象,2014,32(3):359-365.
- [19] 狄潇泓,张新荣,刘新伟,等. 甘肃省两次强沙尘暴天气对比分析[J]. 干旱气象,2014,32(1):81-86.
- [20] 周旭,张镭,孙乃秀,等. 一次沙尘天气过程中沙尘气溶胶对辐射的影响[J]. 干旱气象,2016,34(5):763-771.

[21] HJ 633—2012, 环境空气质量指数(AQI)技术规定(试行)[S].
中华人民共和国国家环境保护标准.

[22] 杨昕, 李兴生. 近地面 O₃ 变化化学反应机理的数值研究[J].
大气科学, 1999, 23(4): 428 - 438.

Test and Correction of CUACE in Air Quality Forecast in Lanzhou of Gansu Province

HE Jinmei¹, LIU Kang¹, WANG Yuhong², ZHANG Peiyan¹

(1. *Gansu Meteorological Service Center, Lanzhou 730020, China;*
2. *Jiuquan Meteorological Bureau of Gansu Province, Jiuquan 735000, China*)

Abstract: Based on the observation data of six kinds of pollutants issued by the Ministry of Environmental Protection from September 2014 to August 2015 in Lanzhou of Gansu Province, the deviation of 24 h forecast results of the CUACE model was analyzed firstly, then the test and correction were carried out by using the error rolling linear regression correction method. The results are as follows: (1) The primary pollutant in Lanzhou was PM₁₀ and followed by PM_{2.5}. (2) For SO₂, the forecast results of the CUACE model could be used directly. For O₃, NO₂, PM_{2.5} and PM₁₀, when the forecast values were level 2, the accuracy of forecast results was higher, which could be used directly also. (3) When the forecast values of the CUACE model were level 1 for O₃ and CO, the accuracy of level forecast could be increased by 1.1% - 5.5% after the deviation correction based on ten - day error rolling linear regression correction method. (4) For other elements, when the forecast values of the CUACE model were other levels, the five - day or ten - day error rolling linear regression correction method was adopted to correct the deviation, then add or subtract a certain value, the accuracy of level forecast would be increased by 8.7% - 75%.

Key words: the CUACE model; error analysis; test and correction; Lanzhou