

文章编号:1673-8411(2018)03-0011-06

模式距平积分订正法对广西区域ECMWF地面2m温度预报的订正效果评估

何珊珊¹, 李妍君², 李向红³

(1.广西区气象台,广西 南宁 530022;2.广西气候中心,南宁 530022;3.桂林市气象局,广西 桂林 541001)

摘要:采用基于历史资料的模式距平订正法(ANO),利用2011~2015年欧洲中心高分辨率数值预报(ECMWF)的地面2m温度和广西区域自动站气温观测资料,对2016年广西区域2m温度预报进行订正试验,对比分析订正前和订正后的预报误差,结果表明:EC对广西区域2m温度的预报误差随着预报时效增加而逐渐增大,午后误差较大,夜间误差较小,预报值大多偏低。0~72h预报(较短预报时效)冬季误差较小,夏季误差较大;72~240h预报(较长预报时效)夏季误差较小,秋季和冬季误差较大。随预报时效增加,误差增大的幅度夏季较小,冬季较大。误差的离散度在较短预报时效的午后为冬季较小,夏季较大,在较长预报时效及夜间则与之相反。ANO方法对午后温度预报的订正效果优于当日其他时刻。该方法对夏季的温度预报有很好的订正效果,秋季的订正效果次之,春季的订正效果不明显,冬季的订正效果为负面作用。

关键词:ANO方法;EC高分辨率2m温度预报;订正;评估

中图分类号:P457.3

文献标识码:A

Correction evaluation of ECMWF surface 2m temperature prediction in Guangxi by using ANO method

He Shanshan¹, Li Yanjun², Li Xianghong³

(1. Guangxi Meteorological Observatory, Nanning Guangxi 530022; 2. Guangxi Climate Center, Nanning Guangxi 530022;

3. Guilin Meteorological Bureau, Guilin Guangxi 541001)

Abstract: Based on the 2m temperature from European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) and temperature observation data of Guangxi regional automatic weather stations during 2011–2015, using the Anomaly Numerical-correction with Observation (ANO) method, a revised experiment on the forecast of 2m temperature in Guangxi in 2016 was carried out. The forecast errors before and after the correction were compared and analyzed. The results show that EC's forecast error of 2m temperature in Guangxi increases gradually with the increase of forecast time, which is larger in the afternoon, smaller in the night, and the forecast values are mostly low. 0–72h forecast (short time limit) has smaller winter error and larger summer error, while 72–240h forecast (long time limit) has smaller summer error and larger autumn and winter error. With the increase of prediction time, the magnitude of error increases is smaller in summer and larger in winter. In a shorter time limit, the dispersion of errors is smaller in winter and larger in summer in the afternoon, while that at night or at a longer time limit is opposite. The ANO method has the best effect in the afternoon on correcting temperature forecast. In general, this method has a good correction effect on summer temperature forecast, followed by autumn, spring correction effect is not obvious, while in winter, the correction has a negative effect.

Keywords: ANO method; 2m temperature from ECMWF; error Correction; evaluation

收稿日期:2018-03-10

基金项目:广西壮族自治区气象局短时临近预报技术创新团队,广西壮族自治区气象局气象科研计划项目(桂气科2016Z01,桂气科2016M10)

作者简介:何珊珊(1989-),女,广西大新人,硕士,工程师,现从事中短期预报服务工作。

通讯作者:李向红(1966-),女,广西桂林人,硕士,正研级高级工程师,从事短临天气预报的研究工作,E-mail:gllxh99@163.com。

引言

随着科技的迅速发展和数值天气预报水平的显著提高,数值模式已经成为中短期预报的主要手段之一。但是,不管数值模式如何完善、计算精度如何提高,数值预报值与实际观测值之间始终存在一定误差,这种误差包括数值模式预报系统误差和随机误差。数值模式预报系统误差主要来源于初始误差和模式误差。其中,初始误差主要由观测误差和资料客观分析误差造成,模式误差则由于数值模式本身无法精确描述大气动力物理过程以及数值计算过程中无法避免的计算误差造成^[1]。减少模式预报误差、改进模式预报性能,可以从改进模式本身和资料订正两个途径来实现。资料订正作为经验性的方法,可以通过减少数值模式本身无法精确描述大气动力物理过程而存在的误差来改进数值预报。得益于大量观测数据和预报数据的积累,气象工作者们在数值天气预报的动力—统计方法的发展方面做了许多工作^[2-4],提出了多种订正方法和技术,如统计—动力预报、模式输出统计(Model Output Statistics, MOS)线性回归方法、卡尔曼滤波、变分修正等方法。

近几年,在大气连续变量分解思想^[5]的基础上, Peng等^[6]提出了基于历史资料的模式距平积分订正法(Anomaly Numerical-correction with Observations, 简称ANO),并将ANO方法应用于CAM3.0大气环流模式对2008年1月雨雪冰冻灾害天气过程的预报订正,效果显著、对模式温度预报场的订正效果尤其突出,他们同时指出ANO方法并不影响模式本身的计算稳定性,且附加计算量小、具有实用性和灵活性。常俊等^[7]利用ANO对WRF模式的降水过程的要素预报进行订正,也取得显著效果。佟玲等^[8]运用ANO方法,订正改进了GRAPES模式全球中期预报的预报结果,对位势高度场和温度场等要素的预报订正效果明显,通过与MOS方法对比,发现ANO方法更为便利和经济,具有更好的操作性和业务预报应用能力。

目前,对于气温预报的数值预报产品,华南地区释用已有众多研究成果,多采用如MOS预报方法、神经网络、卡尔曼滤波等方法^[9-13],但在ANO方法在广西的本地应用方面仍为空白。本文将利用ANO方法,运用2011~2015年欧洲中心高分辨率数值预报(ECMWF)的地面2m温度和广西区域自动站气温观测资料,对2016年广西区域2m温度预报进行订正

试验,对比分析订正前和订正后的预报误差,评估ANO方法对广西区域2m温度预报的订正效果,以期获得本地适用的数值天气预报订正方法。

1 资料和方法

1.1 模式距平积分订正法

Peng等^[6]基于钱维宏^[5]提出的大气连续变量分解思想,提出了基于历史资料的模式距平积分订正法(Anomaly Numerical-correction with Observations, ANO)。该方法认为实际要素观测场可分解为实际气候平均态和天气扰动量两部分,数值模式预报场同样可以分解为模式气候平均态和模式扰动量两部分。模式气候平均态和实际气候平均态的差值即为模式系统误差。模式气候平均场和实际气候平均场可以分别利用数值模式和实际观测历史资料统计得到,因此模式系统误差也是可以通过历史资料计算的。在模式预报值中减去系统误差,即可实现对模式预报系统误差的订正。

以某一个网格点为例,从历史资料中分离出模式气候平均态:

$$\bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_i$$

以及实际气候平均态:

$$\bar{O} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n O_i$$

其中 F_i 为历史上同日期的模式预报, O_i 为历史上同日期的实际观测, n 为统计年数。则订正后的模式预报值可以表示为:

$$F_p = F - (\bar{F} - \bar{O})$$

其中 F 为订正前的模式预报值,等式右侧括号内为系统误差。

1.2 资料

使用资料包括2011~2016年欧洲中心高分辨率数值预报中的地面2m温度预报(简称EC温度预报)和广西区域自动站气温观测资料。在EC温度预报订正试验中,结合实况资料对订正前后的预报进行检验评估,其中2011~2015年的实况和预报资料

作为历史资料,2016年实况温度作为试验对象。

分析区域选取为104.5~112.0° E, 21.0~26.5° N, 网格水平空间分辨率为0.25° × 0.25°。EC温度预报的预报时效选取为逐6 h间隔。网格实况采用最近原则获取,即以距离网格点最近的自动站气温观测作为该网格点的温度实况。当网格点周围25 km范围内没有温度观测时,该网格点不进行统计。

以往研究发现日最高温度和最低温度的预报误差有显著的差别^[14-16],而08:00起报(北京时,下同)和20:00起报的最高温度和最低温度出现预报时效通常是不同的。为了避免温度日变化可能对检验结果造成的影响,将EC温度预报分为08:00起报(EC08)和20:00起报(EC20)两组分别检验。

1.3 检验指标

常用的误差检验指标有平均绝对误差(MAE)、均方根误差(RMSE)、平均比偏差率(Bias):

$$MAE = \frac{1}{m \cdot n} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m |F_{ij} - O_{ij}|$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{m \cdot n} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (F_{ij} - O_{ij})^2}$$

$$Bias = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m F_{ij}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m O_{ij}}$$

其中F表示预报值,O表示观测值,下标i,j表示该值为第i个网格点在第j个时间,m为网格点总数,n为预报次数。

MAE反映了统计时段和检验区域内平均预报

误差的实际大小,MAE越小表示预报越准确。RMSE反映了误差的离散程度,RMSE越小表示误差的时空变化越小。Bias反映了预报平均值相对于观测平均值的偏差,Bias大于1表示预报平均值偏高,小于1表示预报平均值偏低,越接近1说明预报平均值与观测越接近。

此外,定义MAE增量(I_{MAE})为订正后的MAE减去订正前的MAE。 I_{MAE} 为负值时表示订正后MAE减小,订正方法有正技巧。 I_{MAE} 越小表示订正效果越好。

2 检验结果分析

2.1 全年检验

图1是2016年全年EC温度预报6~240h预报时效的MAE和 I_{MAE} 。

由图1可见,MAE总体上随预报时效增加而逐渐增大,MAE日最大值和日最小值也随预报时效增加而逐渐增大。EC08(图1a)订正前,预报第1天(记为D₁,以此类推,下同)MAE最大值为2.5℃,到D₁₀增大为3.6℃;订正后D₁的MAE最大值为1.88℃,到D₁₀增大为3.43℃。EC20(图1b)订正前D₁的MAE最大值为2.55℃,到D₁₀增大为3.69℃;订正后,D₁的MAE最大值为1.97℃,到D₁₀增大为3.55℃。可见订正前和订正后EC温度预报误差都随着预报时效增加而增大,但订正后误差减小。EC08和EC20的MAE都有明显的日变化特征,日最大值出现在14:00,日最小值出现在02:00或08:00,可见EC温度预报误差在午后较大,在夜间和凌晨较小。

I_{MAE} 由负值为主逐渐变为以正值为主、订正技巧逐渐转为负技巧。总体上, I_{MAE} 是随预报时效增加而增大的,平均增大幅度约为0.026~0.037℃·d⁻¹。从不同时效的 I_{MAE} 来看,0~72h时效的 I_{MAE} 为负值、订正方法有正技巧;72~240h时效内14:00预报的 I_{MAE} 为负

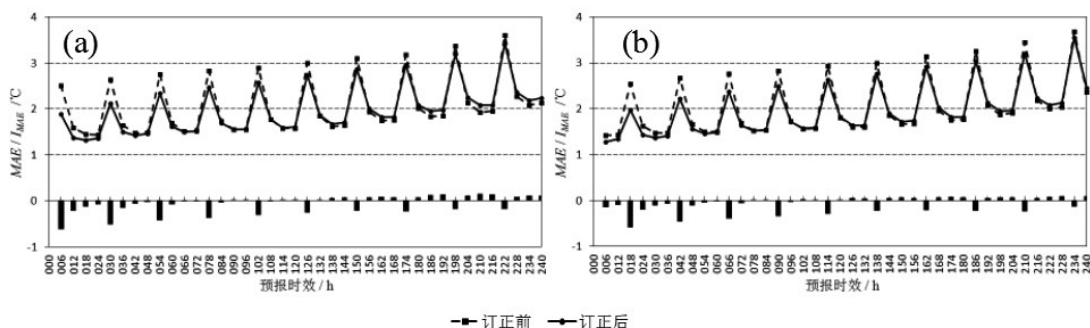


图1 2016年全年EC温度预报006~240h预报时效的MAE和 I_{MAE}
(a,EC08;b,EC20;虚点线、实点线分别为订正前、订正后的MAE,柱状为 I_{MAE})

值、订正方法有正技巧,其余为正值、订正方法有负技巧。 I_{MAE} 有日变化,日最小值出现在14:00,即出现在EC08的006h、030h、054h、078h、102h、126h、150h、174h、198h、222h等预报时效(图1a)及EC20的018h、042h、066h、090h、114h、138h、162h、186h、210h、234h等预报时效。其中EC08和EC20在 D_1 14:00的 I_{MAE} 分别达到 -0.577°C 和 -0.619°C ,但 I_{MAE} 日最大值并不出现14:00,而在02:00或08:00,表明ANO对0~72h气温预报以及72~240h时效中14:00的气温预报有一定的订正作用,且预报时效越短订正效果越好,其中对午后温度预报的订正效果较好。

2.2 分季节检验

全年检验结果代表了2016年EC温度预报误差的平均情况。但是在不同季节,天气影响系统不同,EC模式对这些天气系统的预报能力有差别,由此可能造成温度预报误差的不同,所以需要对2016年的EC温度预报进行分季节检验。其中春季为3~5月、夏季为6~8月、秋季为9~11月、冬季为1~2月以及12月。分析中发现EC08与EC20的误差变化特征较为相似,分析结果也类同,因此下面仅就EC08进行讨论。

2.2.1 平均误差

图2是2016年EC08温度预报6~240h预报时效

的MAE和 I_{MAE} 。由 I_{MAE} 演变特征可知,春季(图2a)午后温度预报误差在订正后略有减小,而其他时效 I_{MAE} 绝对值均小于 0.2°C ,可见ANO方法对春季温度预报的订正效果有限。夏季(图2b)所有预报时效 I_{MAE} 均为负值,其中 $D_1\sim D_5$ 午后 I_{MAE} 小于 -1°C , $D_6\sim D_{10}$ 午后 I_{MAE} 为 $-0.92\sim -0.67^\circ\text{C}$,订正后MAE明显减小,订正效果较好。秋季(图2c)午后 I_{MAE} 在 $-0.87\sim -0.49^\circ\text{C}$ 之间,说明ANO方法对秋季午后温度预报也有比较好的订正效果,但其他时效 I_{MAE} 绝对值较小,订正效果不明显。冬季(图2d)在6~24h时效为负值,但绝对值较小,而在24~240h时效均为正值,且在 D_7 之后增大到 0.6°C ,表明ANO方法增大了冬季温度预报误差,订正效果为负作用。

从图中可以发现各季节的MAE变化均具有如下特点:①随预报时效增加而逐渐增大;②午后大、夜间和凌晨小的日变化;③日最大值出现在14:00。

但是,在不同季节,MAE的变化有不同特点,其中夏季和冬季与全年平均的差异较大。这种差异主要表现在MAE数值大小以及MAE随预报时效增长的变化幅度上。为简单起见,MAE数值大小分别以短预报时效(D_1)和较长预报时效(D_{10})的MAE日最大值为例,MAE随预报时效增加而增大的幅度则以 D_{10} 与 D_1 的差值来表示。表1是2016年EC08 D_1 和 D_{10}

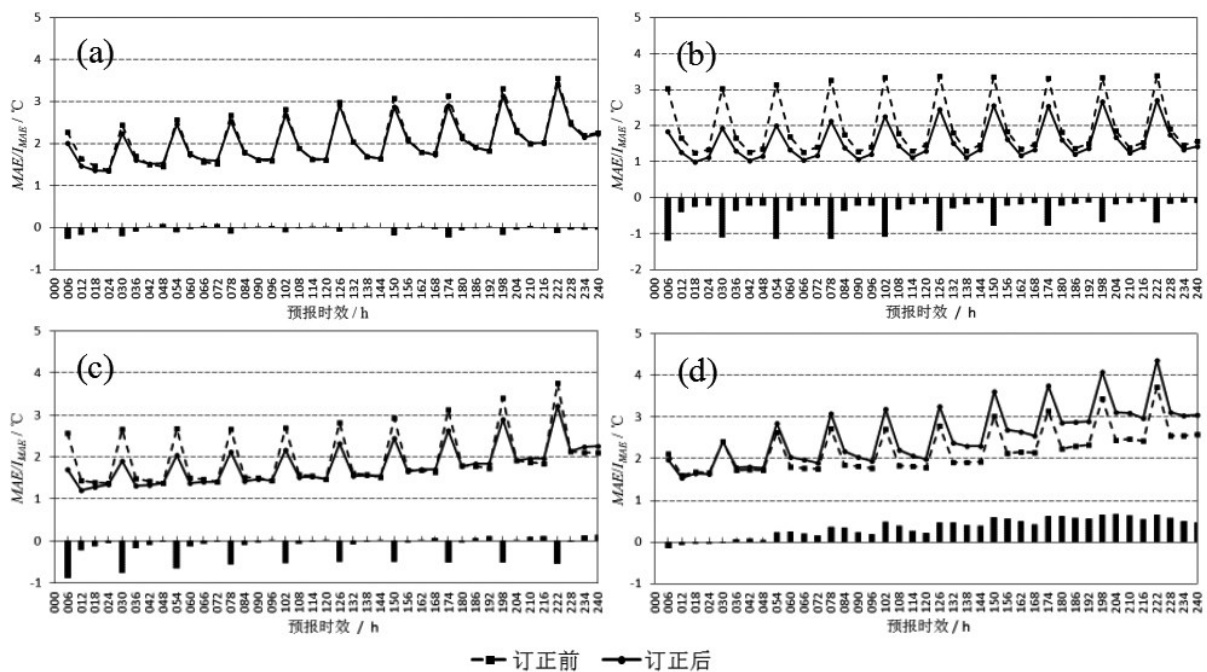


图2 2016年EC08温度预报006~240h预报时效的MAE和 I_{MAE}
(a,春季;b,夏季;c,秋季;d,冬季;虚点线、实点线分别为订正前、订正后的MAE,柱状为 I_{MAE})

的MAE日最大值及其差值。

表1 2016年EC08D₁和D₁₀的MAE日最大值及其差值(单位:℃)

	全年	春季	夏季	秋季	冬季
D ₁ (订正前)	2.5	2.28	3.04	2.57	1.97
D ₁₀ (订正前)	3.6	3.56	3.38	3.75	3.72
D ₁₀ ~D ₁ (订正前)	1.1	1.28	0.34	1.18	1.75
D ₁ (订正后)	1.88	2.02	1.85	1.7	2.12
D ₁₀ (订正后)	3.43	3.43	2.7	3.22	4.36
D ₁₀ ~D ₁ (订正后)	1.55	1.41	0.85	1.52	2.24

由表1可见,订正前,D₁的MAE夏季为3.04℃,为四季中最大、比全年平均值大0.54℃;冬季为1.97℃,为四季中最小、比全年平均值小0.53℃。D₁₀的MAE夏季为3.38℃,为四季中最小、比全年平均值小0.22℃;秋季为3.75℃,为四季中最大、比全年平均值大0.15℃。D₁₀与D₁的差值夏季为0.34℃,为全年中最小;春季和秋季与全年平均大致相当;冬季为1.75℃,为四季中最大。订正后,D₁和D₁₀的春、夏、秋三个季节和全年的MAE均有明显减小,其中夏季减小最多,但冬季MAE和MAE的变幅增加。

MAE数值的上述变化特征,表明EC对于较短预报时效的气温预报,夏季误差最大,秋季和春季次之,冬季误差最小;对于较长预报时效的气温预报,秋季和冬季误差最大,春季次之,夏季误差最小。对于误差随预报时效增加而增大的幅度,夏季较小,冬季较大。经过ANO方法订正后,夏季的预报误差明显下降。

2.2.2 误差离散度

图3是2016年EC08温度预报6~240h预报时效的RMSE。从图3a可以看到订正前午后的RMSE在

预报时效较短时为夏季最大,冬季最小,但两者相差不大,在预报时效较长时为冬季最大,夏季最小;夜间的RMSE冬季最大,夏季最小。RMSE随预报时效增加而增大的幅度为冬季最大,夏季最小。

可见,EC对午后温度的预报误差离散度,在较短时效为夏季最大,而到较长预报时效为冬季最大;预报夜间温度的误差离散度6~240h预报时效均为夏季最小,冬季最大。订正后(图3b)春季、夏季和秋季的误差离散度均不同程度减小,其中夏天短预报时效的误差离散度减小明显;冬季D₁的误差离散度有所减小,D₂~D₁₀相比订正前增大,预报时效越长误差离散度增大越多,表明ANO方法使夏季短预报时效的误差分布集中,而使冬季长预报时效的误差分布更加分散。

2.2.3 平均偏差

图4为2016年EC08温度预报6~240h预报时效的Bias。由图可见,春季(图4a)Bias在0.96~1.03之间,相对其他季节来说变化较小,较短预报时效的Bias大多小于1,可见春季温度预报普遍略偏低,其中午后的偏低程度比其他时刻略大。订正后Bias整体增大,较短预报时效Bias比订正前更接近1,较长预报时效Bias与订正前大致相同,说明春季在较短预报时效使用ANO方法可以在一定程度上缩小平均偏差。夏季(图4b)Bias在0.92~0.98之间,午后的Bias约为0.92,为日最小值,可见夏季所有时效温度预报均偏低,其中午后偏低约8%,夜间后偏低约2%~4%。订正后Bias在0.99~1.01之间,表明ANO方法很好地消除了夏季温度预报的平均偏差。秋季(图4c)的平均偏差特征与夏季相似,订正后Bias在0.98~1之间,可见ANO方法订正后温度预报仍然略偏低,但也比较好地消除了平均偏差。冬季(图4d)

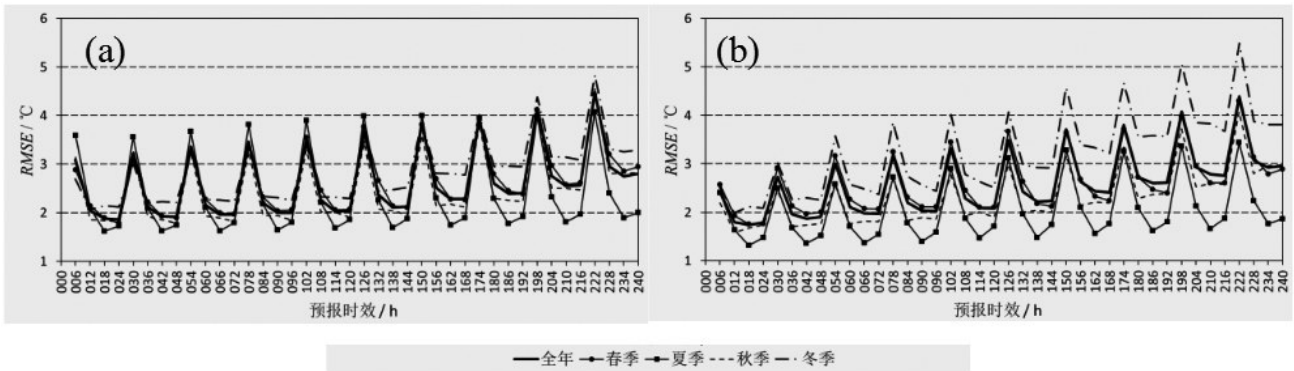


图3 2016年EC08温度预报6~240h预报时效的RMSE(a,订正前;b,订正后)

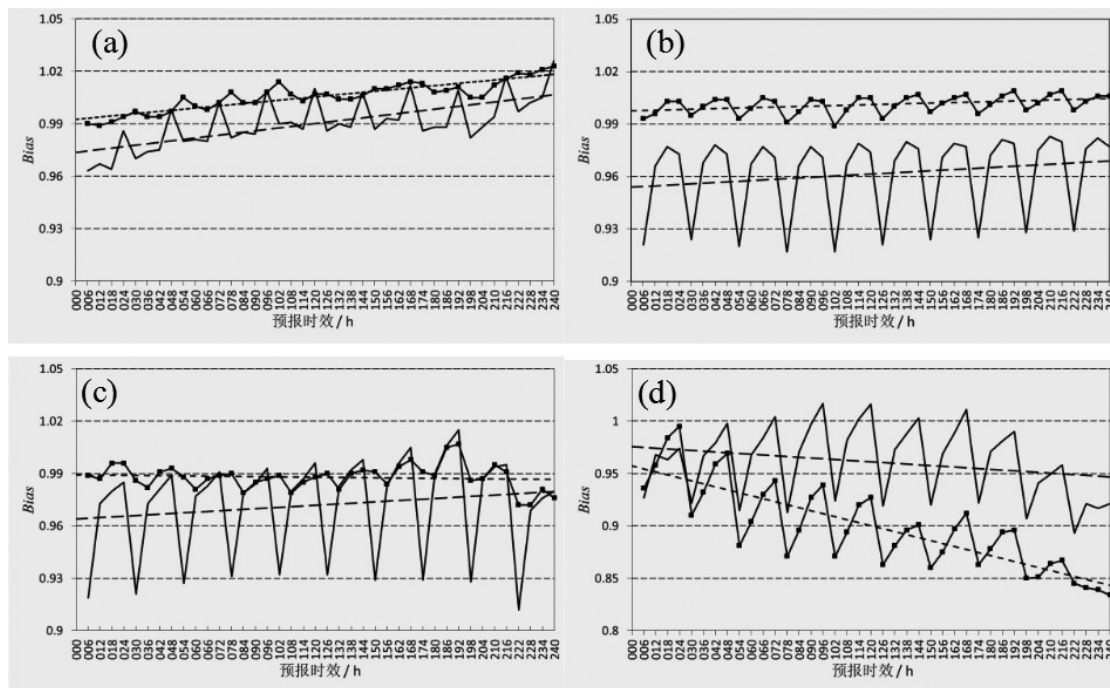


图4 2016年EC08温度预报6~240h预报时效的Bias

(a,春季;b,夏季;c,秋季;d,冬季;黑色实线:订正前;黑方块实线:订正后;长、短虚线:线性拟合)

Bias在0.89~1.02之间,可见冬季温度预报整体偏低且偏差的变化范围较大,最多时偏低了11%。订正后Bias比订正前小,最小达到0.83,表明订正后平均偏差增大,ANO方法对冬季温度预报无订正效果。

3 总结

利用ANO方法对2016年广西区域的EC温度预报进行订正试验,对比分析订正前和订正后的误差特征,检验评估结果表明:

(1)EC2m温度预报误差随着预报时效增加而逐渐增大,午后误差大,夜间误差小,日变化特征明显。0~72h预报(较短预报时效)冬季误差较小,夏季误差较大;72~240h预报(较长预报时效)夏季误差较小,秋季和冬季误差较大。误差随预报时效增加而增大的幅度夏季较小,冬季较大。

(2)EC对午后温度预报的误差离散度在较短预报时效为冬季较小,夏季较大;在长预报时效则相反。夜间温度预报的误差离散度为夏季较小,冬季较大。

(3)EC温度预报大多偏低,夏季和秋季午后温度预报偏低约7%~8%,冬季午后温度预报偏低约5%~11%。

(4)ANO方法对午后温度预报的订正效果优于对当日其他时刻温度的预报。

(5)经过ANO方法订正后,夏季的平均误差、误差离散度和平均偏差均明显减小,该方法对夏季温度预报有很好的订正效果;秋季的平均偏差明显减小,平均误差也有所减小,该方法对秋季温度预报也有较好的订正效果;春季的平均偏差略减小,误差以及误差离散度变化不明显,该方法订正效果不明显。冬季的误差和平均偏差都显著增大,该方法对冬季温度预报有负面的订正作用,因此不宜在冬季应用。

参考文献:

- [1] 穆穆,陈博宇,周非凡,等. 气象预报的方法与不确定性[J]. 气象,2011,37(1):1-13.
- [2] 顾震潮. 作为初值问题的天气形势数值预报与由地面天气历史演变作预报的等值性[J]. 气象学报,1958,29(2):93-98.
- [3] 丑纪范. 为什么要动力-统计相结合——兼论如何结合[J]. 高原气象,1986,5(4):367-372.
- [4] 任宏利,丑纪范. 统计-动力相结合的相似误差订正法[J]. 气象学报,2005,63(6):988-993.
- [5] 钱维宏. 如何提高天气预报和气候预测的技巧[J]. 地球物理学报,2012,55(5):1532-1540.
- [6] Peng, X D., Che Y Z., and Chang J. (2013), A novel approach to improve numerical weather prediction skills by using anomaly integration and historical data, J. Geophys. Res. Atmos., 118, 8814-8826.

(下转第34页)

根据 QX/T152-2012 气候季节划分标准,防城港市属于常年无冬区,受地形影响,沿海地区与北部山区的气候季节划分存在一定差异性:沿海地区常年气候春季起始日 1 月 1 日,季长 105d;夏季起始日 4 月 15 日,季长 201d;秋季起始日 11 月 2 日,季长 59d。北部山区常年气候春季起始日 1 月 1 日,季长 104d;夏季起始日 4 月 14 日,季长 197d;秋季起始日 10 月 29 日,季长 64d。

受全球气候变暖影响,防城港的夏季起始日趋于提前,秋季起始日趋于推迟;春、秋季长度均趋于缩短,夏季长度趋于增长,但沿海的趋势变化要明显于北部山区的趋势变化,说明沿海受到气候变化的影响要大于北部山区。

参考文献:

- [1] 中国气象局. 气候季节划分(QX/T 152-2012)[S]. 北京:气象出版社,2012.
- [2] 卢雪勤,汪强,黄芸,等. 广西百色市近 60 年气温变化特征研究[J]. 气象研究与应用,2016,33(2):34-39.
- [3] 何如,黄梅丽,李艳兰,等. 近 50 年来广西近岸及海岛的气候特征与气候变化规律[J]. 气象研究与应用,2010,31(2):12-15,116.
- [4] 程玉琴,尤莉,朱宇,等. 赤峰市气候季节划分方法及应用[J]. 干旱区资源与环境,2017,31(4):171-175.
- [5] 程爱珍,梁玉红,谭斐,等. 广西巴马长寿之乡气候环境特征分析[J]. 气象研究与应用,2010,31(1):50-52.
- [6] 庄毅斌,肖国杰,张婕,等. 近 30 年南靖县气候变化特征分析[J]. 气象研究与应用,2013,34(4):22-26.
- [7] 李湘,肖天贵,汪丽. 四川地区 44 年来气候季节划分及变化特征的研究[J]. 成都信息工程学院学报,2007,22(4):531-538.
- [8] 林振敏,姚才,郑宏翔,等. 广西 6~8 月分级降水的气候特征[J]. 气象研究与应用,2007,28(2):36-41.
- [9] 谭敏玲,何如,罗红磊. 近 55 年广西融水县降水气候特征分析[J]. 气象研究与应用,2014,35(3):27-30.
- [11] 刘明芝,张海军. 辽东本溪县各地气候差异分析[J]. 安徽农业科学,2013,41(12):5462-5463,5494.
- [12] 王缉宏. 桂平市近 50 年气温变化特征分析[J]. 气象研究与应用,2009,30(3):48-50,53.
- [13] 许文龙,黄春华,郭庆元,等. 广西防城港市近 55 年温度变化特征及突变分析[J]. 安徽农业科学,2012,40(30):14886-14888.
- [14] 黄雪松,廖雪萍,覃卫坚. 广西热带气旋特征变化与灾损变化态势[J]. 气象研究与应用,2014,35(1):1-6.
- [7] 常俊,彭新东,范广洲,等. 结合历史资料的数值天气预报误差订正[J]. 气象学报,2015,73(2):341-354.
- [8] 佟铃,彭新东,范广洲,等. GRAPES 全球模式的误差评估和订正[J]. 大气科学,2017,41(2):333-344.
- [9] 李生艳,高安宁. 广西中短期极端温度客观预报方法研究[J]. 气象研究与应用,2008,29(2):30-31+45.
- [10] 吴善材,王成. 回归方程在开平市高温天气预报中的应用[J]. 广东气象,2009,31(2):38-39.
- [11] 翁向宇,纪忠萍,曾沁. 广东省冬季逐日最低气温的预报方法[J]. 广东气象,2010,32(5):1-4.
- [12] 曾钦文,郑细华,王辉,等. 龙川县气温预报方法的建立与应用[J]. 广东气象,2014,36(6):40-43.
- [13] 罗聪,孙广凤,李怀宇,等. 日极端气温的多模式集成预报应用及检验[J]. 广东气象,2015,37(2):7-12.
- [14] 祁丽燕,黄明策,苏洵. 华南西部欧洲细网格 2m 温度预报误差分析[J]. 气象研究与应用,2015,36(4):1-7.
- [15] 李恩莉. 数值预报产品在宝鸡市温度预报中的应用[J]. 气象研究与应用,2013,34(3):39-42.
- [16] 欧徽宁,邹哲馨,孙小龙. 中央台精细化温度指导预报产品在贺州市的检验[J]. 气象研究与应用,2012,33(S1):150-151+154.

(上接第 16 页)