

淳安县最高气温指导预报产品的检验和误差订正方法

徐雪兴

淳安县气象局 浙江杭州 311700

摘要: 基于中央台、省台及OCF三种指导预报的24h内最高气温预报产品, 结合淳安站气象观测资料, 对三种指导预报2017年至2019年淳安站24h最高气温预报的准确率及预报误差进行了检验和分析, 依据误差分析结果利用多元线性回归法, 根据未来24h天况分类建立了淳安站数值模式气温预报误差客观化订正方程。结果表明: 相较于省台指导预报、中央台指导预报, 2017-2019年OCF指导预报的平均绝对误差、均方根误差均最小且预报准确率最高, 因此OCF指导预报指导效果最好。根据总云量和降水量将未来24h内的天况分为晴到少云、多云、阴天、雨天四大类, 选取OCF指导、指导前3日平均误差、11-17时实测降水量和总云量建立多元线性回归订正方程。根据该订正方程对淳安站2017-2019年最高气温预报结果进行订正, 订正后最高温平均绝对误差和均方根误差均明显缩小, 平均预报准确率由77.5%提高至90%以上, 检验效果良好。将订正方程应用至2020年, 结果表明订正后各月预报准确率均有提升且比城镇预报质量高, 年平均准确率由76.6%提升至85.2%, 比城镇预报质量高5.7%, 订正后可直接用于城镇预报, 能明显提升城镇预报质量。

关键词: 最高气温预报; 指导预报; 订正研究

Test and error correction method of maximum temperature guidance and forecast products in Chun 'an County

Xu Xuexing

Chun'an County Meteorological Bureau, Zhejiang Hangzhou 311700

Abstract: Based on three kinds of guidance forecast products of maximum temperature within 24 hours of THE Central Television station, provincial television station, and OCF, combined with the meteorological observation data of Chun 'an Station, the accuracy and forecast error of the three guidance forecast products of maximum temperature within 24 hours of chun 'an station from 2017 to 2019 were tested and analyzed. Based on the error analysis results and the classification of the weather conditions in the next 24 hours, the objective correction equation of temperature forecast error of the numerical model at Chun 'an station is established by using the multiple linear regression method. The results show that: Compared with provincial and central stations, the OCF guidance forecast from 2017 to 2019 has the smallest mean absolute error and root mean square error and the highest forecast accuracy. Therefore, the OCF guidance forecast has the best effect. According to the total cloud amount and precipitation, the weather conditions in the next 24 hours were divided into four categories: sunny to less cloudy, cloudy, overcast, and rainy. A multiple linear regression correction equations was established by selecting OCF guidance, the mean error of the first 3 days of guidance, the measured precipitation, and the total cloud amount from 11 to 17. According to the revised equation, the maximum temperature forecast results of Chun 'an station from 2017 to 2019 were revised. The mean absolute error and root mean square error of maximum temperature was significantly reduced after the revised equation, and the average prediction accuracy was increased from 77.5% to more than 90%, showing good test results. By applying the revised equation to 2020, the results show that the monthly forecast accuracy is improved and the forecast quality is higher than that of the urban forecast. The annual average forecast accuracy increased from 76.6% to 85.2%, and the forecast quality is 5.7% higher than that of the urban forecast. The revised equation can be directly used in the urban forecast, which can significantly improve the forecast quality of the urban forecast.

Keywords: maximum temperature forecast; guidance forecast; revised research

引言:

数值模式预报是现代天气预报的技术基础,为进一步提升预报准确率,加快数值预报的本地化应用,国内不少气象台站开展数值预报产品的检验分析。王焕毅^[1]等对本溪市2014年-2015年德国天气在线、ECMWF细网格及T639三种数值模式的气温预报产品进行检验,发现最低气温预报准确率均高于最高气温且有明显的季节变化规律,并且根据误差分析结果利用BP神经网络模型建立本地的气温预报误差客观化订正模型。李佰平^[2]等分别利用一元线性回归、多元线性回归、单时效消除偏差和多时效消除偏差平均的订正方法对欧洲中期天气预报中心的地面气温的预报误差进行了订正,并区分了中短期预报有效订正方法。罗菊英^[3]利用恩施站2008-2011年地面实测资料、数值预报产品、上级台站指导产品,采用数值预报、天气学经验、诊断分析相结合方法,确定多个预报因子,利用逐步回归法建立地方气温预报模式,实际效果明显高于指导预报,已较好地应用于业务中。

24h最高气温、最低气温是最重要气象要素之一,也是当前台站天气预报质量考核中的重要因素。在预报准确率中,相较于晴雨预报和最低气温预报,最高气温的预报准确率一直是最低的。对此不少学者对最高气温的预报进行很多研究,目前国内针对最高气温的订正方法大致有3种:BP神经网络订正法^[4]、统计学订正^[5]、动力学订正法。比如钱莉^[6]等将最优子集神经网络应用在武威的气温预报中,结果表明该方法提升了0-120h最高、最低温度的预报准确率,对明显升降温趋势和幅度预报较为准确。赵滨^[7]等利用三维预报变量,采用三维插值方法对复杂地形地区进行2m温度订正,有效改善了均方根误差,显示出明显的改进优势。梁理新^[8]等基于对天气预报和前日实况的分析,提炼影响最高气温的3种气象要素,建立多元回归方程预报第二天的最高气温。以上学者对相应地区做了针对性的订正研究,而针对杭州地区的数值预报检验却较少,本文对浙江省气象台站业务运行中常用指导的3种指导预报(中央台指导、省台指导、OCF精细化模式)最高气温产品进行质量检验,分析研究其误差,根据其误差特征,选取影响因子,采用多元线性回归方法,在淳安站建立基于数值预报的客观化气温预报订正模型,以期提高最高温预报准确率。

1 资料与方法

1.1 资料来源

本文选取2017年至2019年每日08、20时发布中央台指导、省台指导、OCF精细化模式指导24h最高气温预报产品,结合淳安站逐日观测数据,对三种指导预报产品的气温预报准确率进行检验和误差订正;其中中央台指导、省台指导数据来源于浙江省天气质量管理体系,OCF精细化指导产品来源于浙江省智能网格管理平台。

1.2 预报准确率检验及误差分析

气温预报准确率依据中国气象局下发的“中短期天气预报质量检验办法”进行检验(式1),误差分析主要采用比较平均绝对误差(式2)、均方根误差(式3)等方法。

温度预报准确率:

$$TT = \frac{N_f}{N_t} \times 100\% \quad (1)$$

平均绝对误差:

$$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |G_i - T_i| \quad (2)$$

均方根误差:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (G_i - T_i)^2} \quad (3)$$

式(1)-式(3)中, N_f 为预报正确的次数(预报误差绝对值 $\leq 2^\circ\text{C}$ 记为预报正确); N_t 为预报的总次数; G_i 为预报值; T_i 为气象站点的观测值; N 为总日数。

一般而言,平均绝对误差和均方根误差越小,说明其与实测值之间偏差越小、准确度越高且模型越能真实的反映变化趋势;



图1 淳安2017-2019城镇报最高气温预报准确率逐月分布图

由图1可知,2017-2019年淳安站下半年最高气温预报准确率高于上半年,且在3-6月明显较低,这与春季天气复杂多变有关,由此订正其指导预报对城镇报质量提升有明显意义。

2 结果分析

2.1 不同指导预报产品预报准确率检验

中央台指导、省台指导、OCF指导最高温年预报准确率检验表明(表1),在2017-2019年淳安县最高温预报中,无论是08时还是20时,OCF指导预报准确率最高,

省台指导预报准确率最低，两者相差12%左右，其中中央台指导和OCF指导准确率均在70%以上；三家指导预报08时预报大多数都比20时预报准确率高；从年际稳定性上看，中央台指导和OCF指导08、20时准确率较稳定，而省台指导、OCF则波动较大。

表1 三种指导产品2017-2019年24h最高气温预报准确率(%)

年份	08时			20时		
	中央台指导	省台指导	OCF指导	中央台指导	省台指导	OCF指导
2017	72.1	65.5	78.9	70	50.5	74
2018	74	65.9	75.4	72	74.3	75.3
2019	74	70.9	85	72.7	66.2	80.7
平均值	73.7	67.4	79.8	71.6	63.7	76.7

2.2 误差分析及订正

为进一步分析三种指导预报的指导效果，从平均绝对误差、均方根误差两个方面考察其误差特征。由表2可知，相较于中央台指导与省台指导，2017-2019年OCF指导预报的平均绝对误差、均方根误差均最小，分别为1.39℃和1.79℃。

表2 三种指导预报2017-2019年淳安站气温预报误差(℃)

年份	平均绝对误差			均方根误差		
	中央台	省台	OCF	中央台	省台	OCF
2017	1.62	2.07	1.44	1.98	2.42	1.76
2018	1.54	1.46	1.32	1.92	1.84	1.72
2019	1.82	1.50	1.42	2.60	1.89	1.88
平均值	1.66	1.68	1.39	2.17	2.05	1.79

综合准确率与误差分析来看，指导效果最好，故选取OCF指导为订正模型。

3 模型建立与检验

根据热流量方程，温度的局地变化的影响因子有很多，而非绝热作用是主要因子^[9]。近地层中，影响气温的主要因素非绝热过程，其变化主要受天空状况（日照、云量等）影响。故在建立温度预报模型时，首先综合考虑影响局地气温的要素，即天气情况、云量、日照等进行天气分型，然后，对应不同天气型建立最高气温预报模型。考虑高温主要出现在白天，且淳安本站最高气温出现频数最多时间段11-17时（出现频率86.3%），具体分型方法是：将天空状况按照根据定时总云量均值，结合时段天气（主要指有无降水出现）进行综合判别。白天按照11时、14时、17时总云量均值、11-17时降水情况2项综合考虑，共分为4型，具体见表3。

表3 天空状况分型

类型	天空状况	云量/成	天气现象
I型	晴到少云	0-3	无
II型	多云	4-7	无
III型	阴天	8-10	无
IV型	雨天	10	降水量>0.1

在现行台站日常气温预报中，指导产品是最重要的参考，云量、天气现象（降水）、风向风速等因素作为订正因子。根据统计资料，淳安站偏东风或东北风占全年65%，且平均风速仅为2.9m/s，由此可见风向风速的影响较小，故应着重考虑云量（天空状况）的影响。而结合淳安站常年气温的日变化规律，最高气温一般出现在11-17时，故选取11-17时平均总云量作为预报因子。

将24h内最高气温作为因变量，选取OCF指导产品预报、指导产品前三日的平均误差、11-17时实测云量作为预报自变量因子，根据天况分类，利用多元线性回归法建立预报模型。结果如表4所示：

表4 OCF最高气温预报订正方程

晴到少云	$T = 0.992 * T_{\text{预报}} - 0.878 * T_{\text{误差}} + 0.011 * C_{\text{总}} - 0.260$
多云	$T = 1.004 * T_{\text{预报}} - 0.978 * T_{\text{误差}} + 0.237 * C_{\text{总}} - 1.400$
阴天	$T = 1.002 * T_{\text{预报}} - 0.802 * T_{\text{误差}} - 0.029 * C_{\text{总}} + 0.604$
雨天	$T = 0.942 * T_{\text{预报}} - 1.177 * T_{\text{误差}} + 0.61 * C_{\text{总}} - 5.401$

以上订正方程中 $T_{\text{预报}}$ 为对应时次起报的OCF指导预报值， $T_{\text{误差}}$ 为前三日的指导预报平均误差值， $C_{\text{总}}$ 为11-17时内总云量的平均值。上述方程均通过信度为0.05的显著性检验，相关系数分别为0.9742、0.9336、0.9554、0.9456，说明该订正方程显著且可信。

表5为2017-2019年OCF最高气温预报准确率订正前后对比分析，由此可以看出，方程订正后2017-2019年最高气温平均绝对误差和均方根误差均有减小，而预报准确率分别提升至88.2%、90.6%、92%，均超过85%，可以直接应用于气温预报。

表5 2017-2019年OCF最高气温预报订正结果前后对比

项目	平均绝对误差(℃)	均方根误差(℃)	准确率(%)
2017订正前	1.44	1.76	75.9
2017订正后	1.21	1.44	88.2
2018订正前	1.32	1.72	75.3
2018订正后	1.2	1.41	90.6
2019订正前	1.42	1.88	80.6
2019订正后	0.86	1.1	92

表6为2020年OCF预报最高气温订正结果前后对比，由此可知订正后平均绝对误差、均方根误差均有所减小。将订正方程应用至2020年，图2为2020年OCF最高气温准确率订正前后对比，结果表明订正后除2、4月份外各月预报准确率均有提升且比城镇预报质量高，年平均准

准确率由76.6%提升至85.2%，比城镇预报质量高5.7%；2月、4月虽提升较大，仍不及城镇预报质量，原因是订正前准确率过低（订正前分别为51.7%、40%）。综上所述，该订正方程指导效果较好，能明显提升城镇预报质量。

表6 2020年OCF最高气温预报订正结果前后对比

	平均绝对误差	均方根误差	准确率
订正前	1.78	1.89	76.6
订正后	1.31	1.51	85.2



图2 2020年OCF最高气温准确率订正前后对比

4 结束语

4.1从报准确率看，三家指导预报中OCF指导准确率最高，为75.9%。从误差分析看，OCF绝对误差与均方根误差均最小，分别为1.39℃、1.79℃。综合来看OCF指导效果最好，故选取OCF指导为订正模型。

4.2根据总云量和降水量将未来24h内的天况分为晴到少云、多云、阴天、雨天4类。将24h内最高气温作为因变量，选取OCF指导预报、指导产品前三日的平均误差、11-17时平均总云量作为预报自变量因子，利用多元线性回归法，根据天况分类建立24h最高气温预报方程。

4.3从订正方程检验效果来看，订正后2017-2019年

预报准确率分别提升至88.2%、90.6%、92%。将订正方程应用至2020年，发现各月订正效果较好且稳定，年平均准确率由76.6%提升至85.2%，平均绝对误差和均方根误差均有所减小，能直接用于城镇指导。

参考文献：

[1]王焕毅，谭政华，杨萌，张翹，蒋林杉.三种数值模式气温预报产品的检验及误差订正方法研究[J].气象与环境学报，2018，34（01）：22-29.

[2]李佰平，智协飞.ECMWF模式地面气温预报的四种误差订正方法的比较研究[J].气象，2012，38（08）：897-902.

[3]罗菊英，周建山，闫永财.基于数值预报及上级指导产品的本地气温MOS预报方法[J].气象科技，2014，42（03）：443-450.

[4]李倩，胡邦辉，王学忠，顾锦荣.基于BP人工神经网络的区域温度多模式集成预报试验[J].干旱气象，2011，29（02）：231-235+250.

[5]薛志磊，张书余.气温预报方法研究及其应用进展综述[J].干旱气象，2012，30（03）：451-458+464.

[6]钱莉，兰晓波，杨永龙.最优子集神经网络在武威气温客观预报中的应用[J].气象，2010，36（05）：102-107.

[7]赵滨，张博.一种2m温度误差订正方法在复杂地形区数值预报中的应用[J].大气科学学报，2018，41（05）：657-667.

[8]梁理新，黄国宗.单站最高最低气温预报方法研究[J].广西气象，2006（S3）：4-6+17.

[9]朱乾根，林景瑞，寿绍文等.天气学原理和方法[M].北京：气象出版社，2011年：26-30.