

张成军,纪晓玲,马金仁,等.多种数值预报及其释用产品在宁夏天气预报业务中的检验评估[J].干旱气象,2017,35(1):148-156, [ZHANG Chengjun, JI Xiaoling, MA Jingren, et al. Verification of Numerical Forecast and Its Application Products in Weather Forecast in Ningxia[J]. Journal of Arid Meteorology, 2017, 35(1):148-156], DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-01-0148

多种数值预报及其释用产品在宁夏 天气预报业务中的检验评估

张成军^{1,2,3}, 纪晓玲^{1,2,3}, 马金仁^{1,3}, 杨洋¹, 陈迪¹

(1. 中国气象局旱区特色农业气象灾害监测预警与风险管理重点实验室,宁夏 银川 750002;
2. 宁夏气象防灾减灾重点实验室,宁夏 银川 750002;3. 宁夏气象台,宁夏 银川 750002)

摘要:为提高宁夏气象要素预报的准确率,检验了11类数值预报及其释用产品不同时效的准确率。统计发现:温度预报方面,宁夏气象台的释用产品中,排名靠前的,其准确率均优于中央台指导,最高温度尤其明显,中央台指导的最高温度准确率在11种参考产品中仅排7~9名;最好的宁夏最高温度释用产品,在48 h及以后,比宁夏预报员的准确率还要高,但宁夏预报员的最低温度准确率均略高于各类参考产品;降水预报方面,宁夏预报员的24—168 h晴雨和24—72 h一般性降水的准确率最高,中央台指导的晴雨准确率远高于其他参考产品,一般性降水准确率短期内WRF 9 km和中央台最优,中雨量级准确率则EC插值和T639插值有优势;所有参考产品的准确率均存在明显的季节变化,一年中变化幅度在10%~30%之间。

关键词:要素预报;检验;数值预报;MOS;集成预报

文章编号:1006-7639(2017)-01-0148-09 DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-01-0148

中图分类号:P456.7

文献标识码:A

引言

众所周知,天气预报业务中稳定性最好、物理意义最清楚的是数值模式预报产品。目前我国预报员经常参考的数值产品有:中国T639模式、欧洲模式、日本模式、美国模式、德国模式等,以及各区域中心或省气象台引进开发的中尺度模式,如WRF中尺度模式等。

在国内,荀学义等检验了T639产品中各种要素的预报能力^[1-2],孙翠梅等检验了T639或EC模式对2 m温度的预报能力^[3-7],王宇等指出欧洲数值产品预报时效存在年变化现象^[8],黄柱坚等检验了多个细网格模式产品对降水的预报能力^[9],周甘霖等用24 h变量检验T213L31模式对高度场、温度场、风场、垂直速度场、水汽场等要素的预报能力^[10],郭金强等检验了T639对天山强降水的预报能力^[11],刘勇等应用EC细网格预报暴雨并做了检

验^[12],庄晓翠等检验了T639对冬季物理量的预报性能^[13],王丹等用递减平均法对中央台预报进行订正和检验^[14],马艳等引入不同对流参数化方案进入WRF模式中并检验其性能^[15]。

围绕各种数值模式产品,周虎等就数值预报对宁夏第一场透雨的预报能力进行了检验^[16],陈豫英等建立了MM5的MOS预报并做检验^[17]。目前MM5已经被宁夏WRF取代。经过多年努力,在数值预报产品基础上,宁夏开发了多种MOS统计、集成等数值应用释用产品,并已在业务中广泛应用。

截至目前,宁夏还没有系统检验过所有预报产品在宁夏20个气象站点的预报能力,预报员还不能充分了解多种预报产品各自的优缺点,对中央台指导产品的订正技术尚欠完善。在宁夏预报业务进入转型试点的背景下,系统性的检验分析有助于完善订正技术,建立自动化的订正预报工具,尤其是温度预报。

收稿日期:2016-07-19;改回日期:2016-11-07

基金项目:宁夏自治区科技惠民项目“极端灾害性天气预测预警服务系统建设与应用”、宁夏自治区科技支撑计划(2015KJHM30)、宁夏气象科研项目“宁夏天气预报质量综合检验评估技术体系”及中国气象局预报员专项(CMAYBY2016-081)共同资助

作者简介:张成军(1970-),男,宁夏海原人,高级工程师,从事天气气候预报。E-mail:229456973@qq.com

通讯作者:纪晓玲(1967-),女,正研级高工,主要从事灾害性天气预报技术研究。E-mail:jixlingvc@163.com

1 资料和方法

使用2015年1月至2016年3月共15个月多种客观预报产品的16:00(北京时,下同)预报数据和宁夏20个国家级气象站的地面降水、气温等资料,按照中国气象局天气预报检验办法的标准,统计检验晴雨、一般性降水、最高气温和最低气温等4项内容,分析各种产品的预报性能,寻找各要素的最佳

参考产品。为了对比需要,同时检验中央台指导每天16:00发布的指导产品和宁夏气象台每天16:00发布的全区预报产品,检验时效为24—216 h。表1给出各类预报产品的检验说明,由于中国气象局规定省级预报以中央台指导为基础,并规定相应的要素技巧订正考核办法,所以后面的统计分析中将把中央台指导的准确率排名专门列出,以便预报员更充分地了解该产品的性能。

表1 各类预报产品检验说明

Tab.1 The description about test of all kinds of forecast products

产品名称	来源或算法	温度检验 时效/h	晴雨和降水 检验时效/h
宁夏台预报	宁夏气象台预报员16:00对外发布的要素预报产品	24—168	24—168
中央台指导	中央气象台16:00发布的全国县级站指导产品	24—168	24—168
ECMOS季	分四季的欧洲数值产品的MOS统计产品	24—144	24—144
ECMOS月	分月的欧洲数值产品的MOS统计产品	24—144	—
EC插值	欧洲数值产品细网格格点预报的距离线性插值	24—216	24—216
T639MOS季	分四季的T639产品的MOS统计产品	24—216	24—216
T639MOS月	分月的T639产品的MOS统计产品	24—216	—
T639插值	T639产品格点预报的距离线性插值	24—216	24—144
WRF 9km	宁夏WRF模式产品的站点预报产品	24—72	24—72
集成1	误差最优组合	24—216	—
集成2	误差择优平均	24—216	—
集成3	误差择优权重	24—216	—

注:本地各类MOS算法,是模式预报产品和实况的多元回归关系;插值算法使用克里金插值法;集成1算法:选取各时效预报误差最小的产品,把相应的最新预报结果组合起来;集成2算法:选出误差最小的2个预报产品的平均值做为最终预报;集成3算法:使用误差值的倒数做为权重依据,进行权重算术平均得到最终预报结果。

2 检验结果

2.1 全年预报准确率

2.1.1 温度

表2给出最低温度各时效的宁夏台预报和各参考产品的准确率。可以看到,最低温度的预报在11个参考产品中,24—72 h, T639MOS月、集成3和集成2排在前3名,中央台指导排第4名;96—120 h, 集成2、T639MOS月排在前2或前3名,中央台指导排第2或第3名;144—168 h, T639MOS月、集成2排前2名,ECMOS月或集成1排第3名,中央台指导排第4名;192—216 h, T639MOS月、集成2和集成1排前3名,但准确率都低于52%。宁夏台预报,是预报员以中央台指导为基础、并参考其他产品做出的,在24—144 h时效,其准确率均高于各参考产品;和中央台指导相比,宁夏台预报准确率高出2%~4%。

最高温度各时效宁夏台及各参考产品的预报准确率见表3。24 h,宁夏台预报准确率比排在第1名的参考产品高出3.9%,但其他预报时效准确率全

部低于第1名参考产品。各参考产品中,24—120 h, ECMOS月排第1,排在第2或第3的有ECMOS季、集成2或集成3;144 h, ECMOS季、ECMOS月分别排第1、第2;168—192 h, EC插值排第1,集成2排第2;216 h, T639MOS月和集成2排第1、第2名。从120 h开始,各个产品的准确率均低于60%,参考性降低;24—168 h的所有参考产品中,中央台排名7~9名。

图1是24 h、96 h、168 h各参考产品的准确率对比。可以看出:24 h最低温度宁夏台预报准确率为77%,高于所有参考产品。在参考产品中, T639MOS月、集成3、集成2和中央台指导等排在前4。准确率最低的是WRF 9 km和T639插值(<55%);24 h最高温度宁夏台预报准确率最高(76%)。在所有参考产品中,ECMOS月、集成3、集成2和ECMOS季排在前4,准确率均在71%以上。中央台指导排在第7,准确率最低的还是T639插值和WRF 9 km(注:图中, T639月即T639MOS月、T639季即T639MOS季、T639即T639插值, EC类同)。

表 2 最低温度各时效的宁夏台预报和各参考产品准确率

Tab. 2 The accuracy rate of minimum temperature forecasted by Ningxia Meteorological Observatory and other forecast products for different time duration

预报时效/h	宁夏台 预报准确率/%	评分排在前4名的参考产品								中央台 指导 排名
		第1名	准确率/%	第2名	准确率/%	第3名	准确率/%	第4名	准确率/%	
24	76.9	T639MOS月	74.5	集成3	74.3	集成2	74.1	中央台指导	72.9	4
48	72.8	集成3	71.2	集成2	71.0	T639MOS月	70.4	中央台指导	69.7	4
72	67.6	集成2	66.8	集成3	66.3	T639MOS月	65.8	中央台指导	65.7	4
96	65.2	集成2	63.2	T639MOS月	62.5	中央台指导	62.5	集成3	61.7	3
120	61.0	T639MOS月	60.0	中央指导	58.7	集成2	58.7	ECMOS月	57.6	2
144	58.1	T639MOS月	57.6	集成2	56.5	ECMOS月	55.5	中央台指导	54.8	4
168	54.0	T639MOS月	55.2	集成2	53.7	集成1	51.4	中央台指导	51.2	4
192	-	T639MOS月	51.6	集成2	49.6	集成1	47.6	T639MOS季	45.5	-
216	-	T639MOS月	50.3	集成2	47.1	集成1	45.9	ECTh插值	43.9	-

表 3 最高温度各时效的宁夏台预报准确率和各参考产品准确率

Tab. 3 The accuracy rate of maximum temperature forecasted by Ningxia Meteorological Observatory and other forecast products for different time duration

预报时效/h	宁夏台 预报准确率/%	评分排在前4名的参考产品								中央台 指导 排名
		第1名	准确率/%	第2名	准确率/%	第3名	准确率/%	第4名	准确率/%	
24	76.5	ECMOS月	72.6	集成3	72.1	集成2	72.1	ECMOS季	71.1	7
48	69.0	ECMOS月	71.4	ECMOS季	68.7	集成3	68.4	集成2	68.4	9
72	63.7	ECMOS月	68.6	ECMOS季	66.6	集成2	66.1	集成3	64.5	9
96	60.4	ECMOS月	63.4	ECMOS季	63.2	集成2	60.2	集成1	58.3	8
120	55.6	ECMOS月	57.1	ECMOS季	57.0	集成2	54.7	集成1	53.1	7
144	52.5	ECMOS季	54.6	ECMOS月	53.8	ECTh插值	49.6	集成2	49.2	9
168	45.3	ECTh插值	45.8	集成2	43.7	T639MOS月	43.1	集成1	42.8	7
192	-	ECTh插值	42.1	集成2	41.0	集成1	40.1	T639MOS月	38.8	-
216	-	T639MOS月	40.7	集成2	39.3	集成1	38.1	T639MOS季	37.6	-

96 h 最低温度准确率(无 WRF 9 km, 共有 10 个参考产品)宁夏台预报最高。参考产品中,集成 2、T639MOS 月、中央台指导、集成 3 等排在前 4 名。T639 插值和 EC 插值准确率最低;96 h 最高温度准确率,ECMOS 月、ECMOS 季、集成 2、集成 1 排在前 4 名,前两者比宁夏台预报高。中央台指导排第 8 名,T639 插值和 T639MOS 季准确率最低。

168 h 最低温度准确率(共有 8 个参考产品,无 WRF 9 km、ECMOS 季和 ECMOS 月),参考产品中 T639MOS 月、集成 2、集成 1、中央台指导排前 4 名。宁夏台预报准确率低于排在第 1 的 T639MOS 月, T639 插值和 EC 插值准确率最低;168 h 最高温度准

准确率,参考产品中,EC 插值、集成 2、T639MOS 月、集成 1 排在前 4,但都低于 50%。EC 插值准确率比宁夏台预报高,中央台指导排第 7 名,T639 插值最差。

2.1.2 晴雨和一般性降水

表 4 给出晴雨的各时效宁夏台预报和各参考产品的准确率。可以看出,宁夏台预报准确率高于所有参考产品,且时间越长准确率高出越多,24—168 h 准确率高出 1.5%~4.7%。在所有参考产品中,中央台指导的晴雨准确率最高,在 24—168 h 中,比第 2 名高出约 10%~14%。EC 插值和 T639 插值的准确率相差在 3% 以内,WRF 9 km 没有进入前 4 名。192—216 h,EC 插值的晴雨准确率高于 60%。

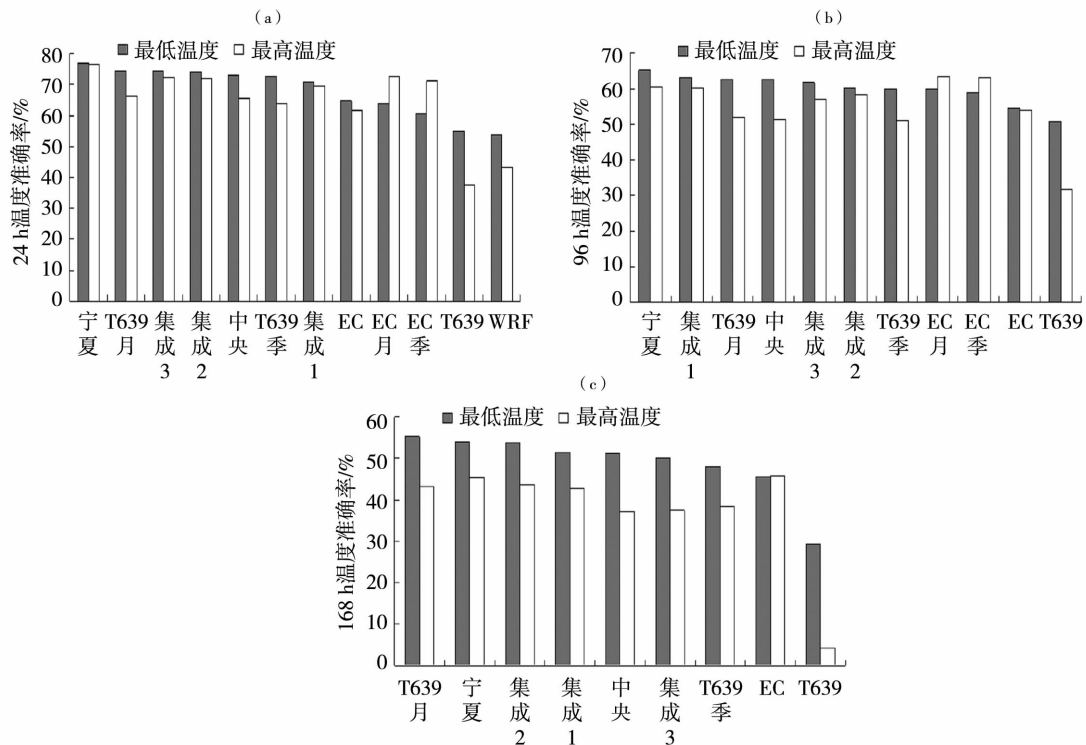


图 1 24 h(a)、96 h(b)、168 h(c)时效各产品的温度预报准确率
(最低温度按准确率由高到低排序,最高温度不排序)

Fig. 1 The accuracy of minimum and maximum temperature of forecast products for 24 h (a), 96 h (b) and 168 h (c) time duration

(The minimum temperature sorted from high accuracy to low one, and no sorting for maximum temperature)

表 4 晴雨各时效的宁夏台预报和各参考产品的准确率

Tab. 4 The accuracy rate of sunshine or rain forecasted by Ningxia Meteorological Observatory and other forecast products for different time duration

预报 时效 /h	宁夏台 预报准 准确率/%	评分排在前 4 名的参考产品								中央台 指导 排名
		第 1 名	准确率 /%	第 2 名	准确率 /%	第 3 名	准确率 /%	第 4 名	准确率 /%	
24	90.7	中央台指导	88.4	T639 插值	78.6	T639MOS 季	75.8	ECTh 插值	74.8	1
48	89.8	中央台指导	88.3	T639 插值	76.2	ECTh 插值	74.2	T639MOS 季	72.9	1
72	88.4	中央台指导	85.6	T639MOS 季	72.5	T639 插值	72.0	ECTh 插值	71.9	1
96	87.8	中央台指导	86.0	ECTh 插值	71.5	T639 插值	70.9	T639MOS 季	69.1	1
120	86.9	中央台指导	84.3	T639 插值	70.4	ECTh 插值	70.3	T639MOS 季	69.0	1
144	85.4	中央台指导	82.8	ECTh 插值	69.0	T639 插值	68.1	T639MOS 季	67.2	1
168	84.2	中央台指导	79.5	ECTh 插值	67.7	T639MOS 季	67.4	-	-	1
192	-	T639MOS 季	65.2	ECTh 插值	64.6	-	-	-	-	-
216	-	ECTh 插值	61.4	T639MOS 季	47.5	-	-	-	-	-

一般性降水(表 5),宁夏台预报的准确率仅 24 h 高于 50%,其他时效全部低于 50%。24—72 h 和 120 h,宁夏台预报的准确率高参考产品,其他时效均低于参考产品。72 h 内,WRF 9 km 和中央台指导准确率排在前 2;96—168 h,没有 WRF 9 km 产

品时,EC 插值、中央台指导、T639 插值排在前 3 名;24—168 h,中央台指导排名保持在参考产品的前 3 名;192—216 h,EC 插值排第 1。但 72 h 及以后,所有参考产品的一般性降水预报准确率都 < 40%。

图 2 是各类参考产品的晴雨和一般性降水的预

表 5 一般性降水各时效的宁夏台预报准确率和各参考产品准确率

Tab.5 The accuracy rate of general precipitation forecasted by Ningxia Meteorological Observatory and other forecast products for different time duration

预报时效/h	宁夏台预报准确率/%	评分排在前4名的参考产品								中央台指导排名
		第1名	准确率/%	第2名	准确率/%	第3名	准确率/%	第4名	准确率/%	
24	51.2	WRF 9 km	48.9	中央台指导	45.9	T639 插值	41.6	ECTh 插值	39.1	2
48	47.6	中央台指导	43.8	WRF 9 km	41.2	T639 插值	38.9	ECTh 插值	38.2	1
72	40.4	中央台指导	35.3	WRF 9 km	34.7	ECTh 插值	33.6	T639 插值	32.2	1
96	35.0	中央台指导	35.1	ECTh 插值	33.5	T639 插值	32.2	T639MOS 季	18.3	1
120	32.9	ECTh 插值	31.9	中央台指导	28.5	T639 插值	28.1	T639MOS 季	18.5	2
144	28.3	ECTh 插值	30.2	T639 插值	25.3	中央台指导	24.3	T639MOS 季	17.0	3
168	20.9	ECTh 插值	27.8	中央台指导	20.7	T639MOS 季	17.1	-	-	2
192	-	ECTh 插值	23.8	T639MOS 季	15.0	-	-	-	-	-
216	-	ECTh 插值	19.3	T639MOS 季	13.2	-	-	-	-	-

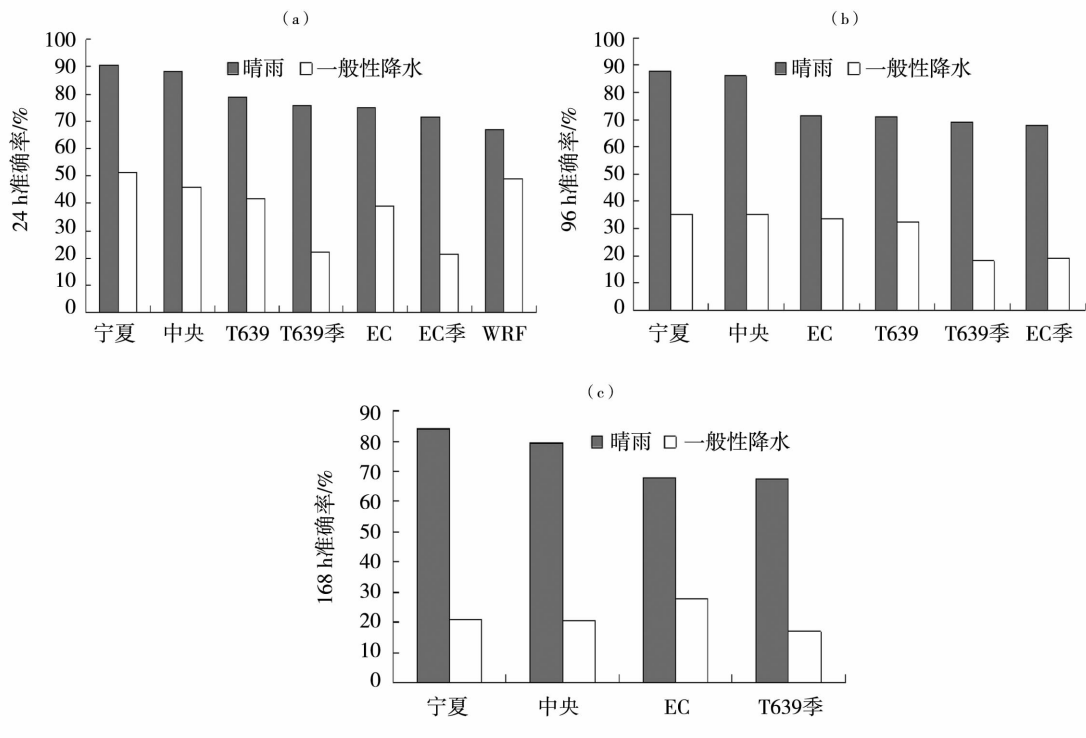


图 2 24 h(a)、96 h(b)、168 h(c)晴雨和一般性降水预报准确率 (按晴雨准确率从高到低排列,一般性降水准确率不排序)

Fig.2 The accuracy of sunshine (rain) and general precipitation of forecast products for 24 h (a), 96 h (b) and 168 h (c) time duration

(Sunshine (rain) sorted from high accuracy to low one, and no sorting for general precipitation)

报准确率。可以看出,24 h 晴雨准确率宁夏台预报最高。6 个参考产品中,中央台指导、T639 插值、T639MOS 季、EC 插值排前 4。中央台指导高出其他参考产品 9% 以上,WRF 9 km 准确率最低;24 h 一般性降水准确率,宁夏台预报最高。参考产品排在前面的分别是:WRF 9 km、中央台指导、T639 插值、

EC 插值,ECMOS 季和 T639MOS 季的准确率最低。

96 h 晴雨准确率(无 WRF 9 km),宁夏台预报略高于中央台指导 1.8%。5 种参考产品中,中央台指导、EC 插值、T639 插值排在前 3。中央台指导准确率高出其他参考产品约 16%,ECMOS 季和 T639MOS 季准确率最低;96 h 一般性降水准确率,宁夏台预报

略低于中央台指导。参考产品排在前3的有中央台指导、EC插值和T639插值,但三者差值都在3%以内,ECMOS季和T639MOS季的准确率最低。

168 h晴雨准确率(只有3种参考产品),宁夏台预报的准确率最高。参考产品中,中央台指导高出其他2个产品约12%;168 h一般性降水准确率,宁夏台预报比参考产品中排名第1的EC插值低6.9%,中央台指导排第2,T639MOS季准确率最低。

2.1.3 中雨和大雨的准确率

中雨和大雨预报准确率见表6。24 h WRF 9 km准确率最高(19.3%),宁夏台预报和EC插值并列排第2,中央台指导最低;48 h EC插值和T639插值

排第1、第2,高于宁夏台预报;72 h,宁夏台预报最高,但准确率仅为10.9%。

大雨预报准确率宁夏台预报最高,24 h为8.3%,48 h为8.7%,其他参考产品均较低,表明宁夏台预报订正能力较为突出。

2.2 预报准确率的季节变化

2.2.1 最低温度

各参考产品性能随着季节和月份变化而有不同。这里选择评分靠前的有代表性的参考产品,同时统筹考虑各项要素的代表性,重点分析季节性变化特征。

中央台指导最低温度的准确率(图3a),在各

表6 中雨和大雨的24—72 h时预报准确率(单位:%)

Tab.6 The forecast accuracy rate of heavy or medium rain for 24 - 72 hours (Unit:%)

量级	预报时效/h	中央台指导	宁夏台预报	EC插值	T639插值	WRF9 km
中雨	24	8.4	16.0	16.0	15.4	19.3
	48	5.7	10.2	15.5	13.4	8.6
	72	4.0	10.9	9.1	7.5	2.8
大雨	24	-	8.3	4.3	-	5.0
	48	-	8.7	5.9	-	-
	72	-	5.0	3.7	-	-

注:“-”表示数据缺损

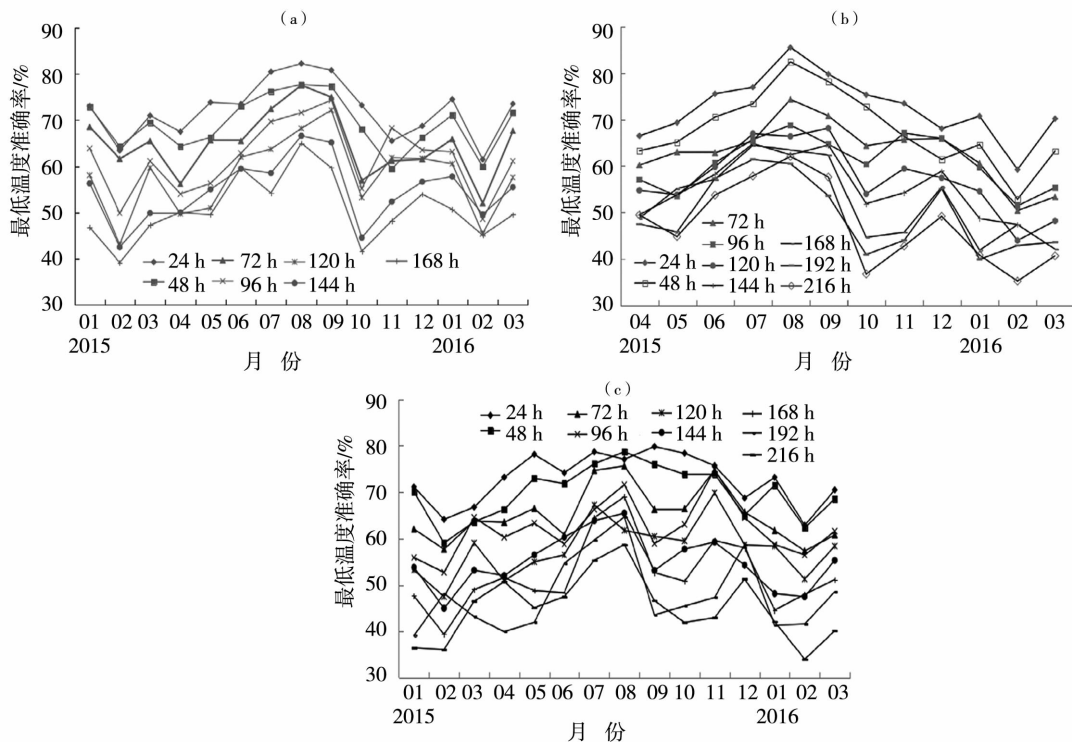


图3 中央台指导(a)、T639月(b)及集成2(c)最低温度准确率的月变化
Fig.3 The monthly change of accuracy of minimum temperature forecasted by the Central Meteorological Observatory (a), T639 (month) (b) and Integrated 2 (c)

个预报时效都存在 2 月偏低现象;其次是 24—48 h 的 11 月偏低、72—168 h 的 10 月偏低现象。准确率最高多在 8 月,96—120 h 在 9 月。月最高值和月最低值相差 15% 左右。

T639MOS(2015 年 3 月及以前数据缺损较多,不用)(图 3b),120 h 内准确率 2 月偏低。96 h 及以上,有 10 月偏低现象。多数时效最高值在 8 月。最高值、最低值相差达 20% 左右。

集成 2(图 3c),多数时效中准确率表现为 2 月偏低和 8 月偏高。72 h 及以上,还存在 9—10 月偏低现象。准确率最高值、最低值相差达 18% 左右。

2.2.2 最高温度

最高温度预报最好的是 ECMOS 月(图 4a),各时效在各月的变化,规律性没有最低温度明显。96 h 内,11 月准确率最低;120—144 h,8 月最低。24—48 h 7 月准确率高,72—96 h 5 月准确率高,120—144 h 9—10 月准确率高。最高值和最低值相差普遍达 15% ~ 25%。

ECMOS 季(图 4b),各时效准确率最高、最低的出现规律性同样不强。96 h 内 2 月、11 月偏低明显。120—144 h,1 月、3 月偏低。各预报时效的准确率最高在 8 月左右。最高值和最低值之间相差 18% ~ 23%。

集成 3(图 4c),预报时效 96 h 及以上的准确率最低在 5 月,最高在 7—8 月。72 h 以内的最低值在 11 月和 1 月,最高值相对在 7—8 月。最高值和最低值相差 17% ~ 20%。

2.2.3 晴雨

晴雨预报的准确率,16:00 宁夏台预报的评分表现出很强的季节性变化(图 5a),24—168 h,主要表现为 6—7 月最低。总体表现为初夏准确率最低、冬季准确率最高。最高值和最低值相差 13% ~ 23%。

中央台指导的晴雨准确率,同样表现为初夏低、冬季高的特点(图 5b),最高值和最低值相差 10% ~ 30%。

T639 插值的晴雨准确率(图 5c),2015 年 5 月最低,其他月份(2015 年 6 月至 2016 年 3 月),普遍在 60% 以上,相对稳定。准确率最高在 12 月。

2.2.4 一般性降水

EC 插值的准确率(图 6a)(2015 年 4 月及以前数据缺损较大,不采用),6—8 月、12 月至 2016 年 2 月的准确率偏低,9 月和 3 月偏高。

WRF 9 km(图 6b)(数据缺损较多的月份不采用),一般性降水准确率,8 月偏低,9 月和 11 月偏高。

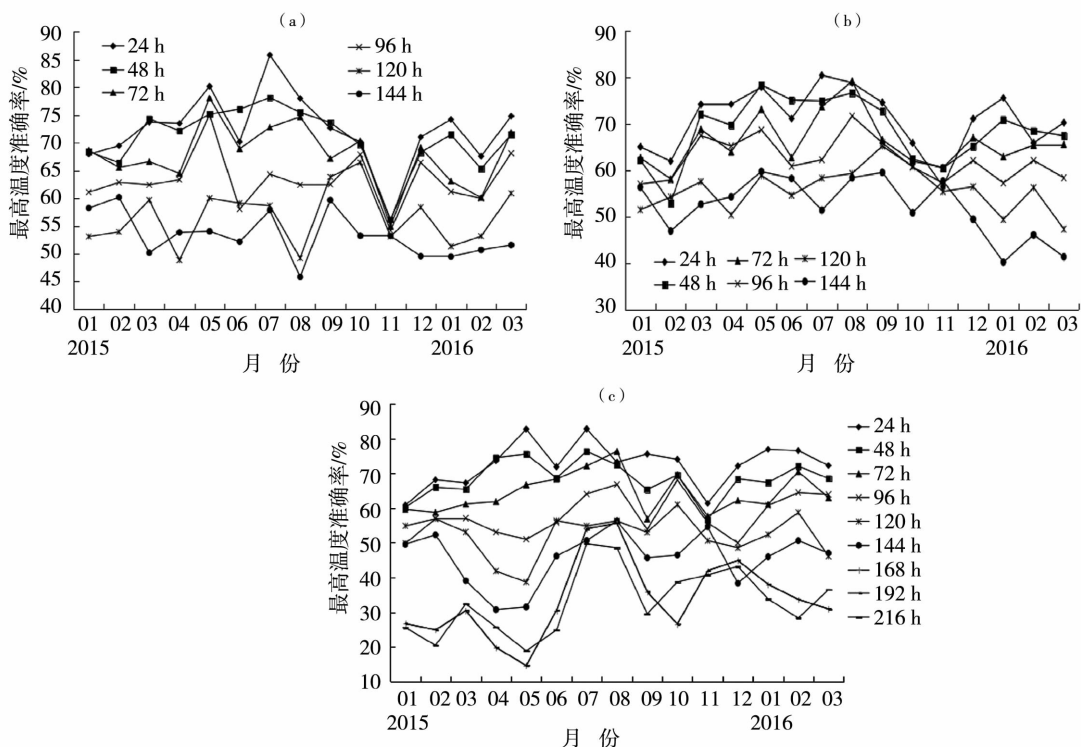


图 4 ECMOS 月(a), ECMOS 季(b),集成 3(c)最高温度预报准确率的月变化
 Fig.4 The monthly change of accuracy of maximum temperature forecasted by ECMOS (month) (a), ECMOS (season) (b) and Integrated 3 (c)

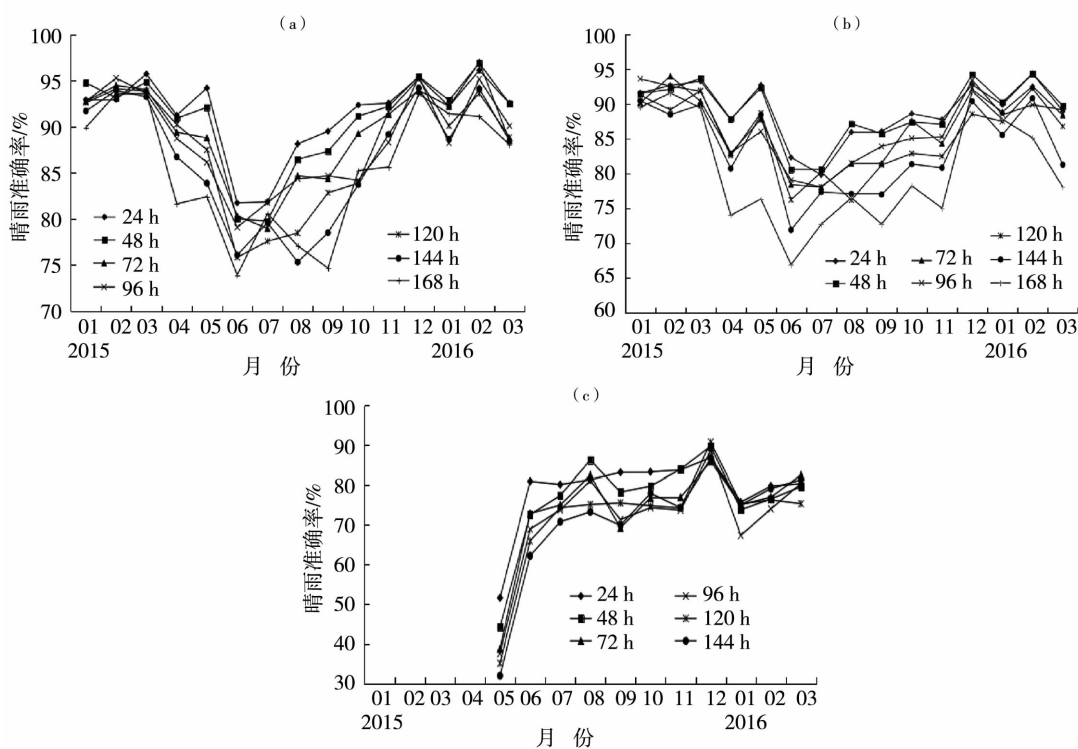


图 5 16:00 宁夏台预报(a)、中央台指导(b)及 T639 插值(c)的晴雨准确率月变化

Fig. 5 The monthly change of accuracy of sunshine or rain forecasted by Ningxia Meteorological Observatory at 16:00 BST (a), the Central Meteorological Observatory (b) and T639 interpolation (c)

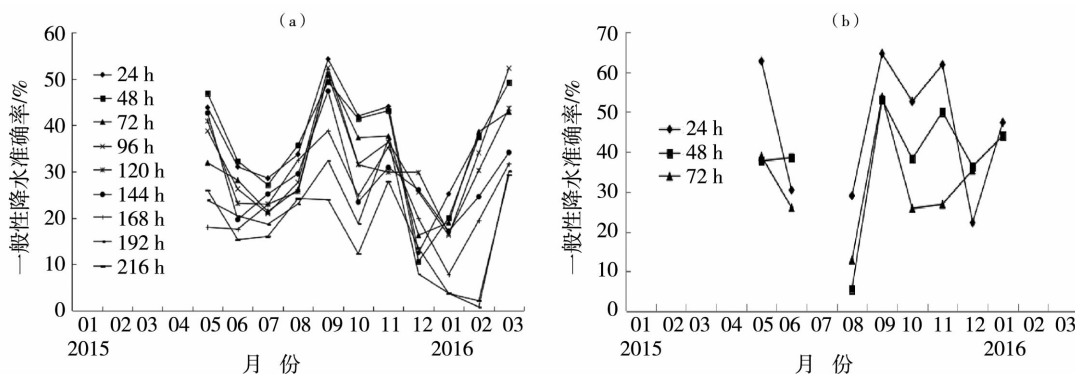


图 6 EC 插值(a)、WRF 9 km(b)降水预报准确率的月变化

Fig. 6 The monthly change of precipitation accuracy forecasted by EC interpolation (a) and WRF 9 km (b)

3 小结和讨论

(1) 最低温度,宁夏台预报准确率多数高于排名第 1 的参考产品;预报时可参考排名靠前的 T639MOS 月、集成产品、中央台指导和 ECMOS 月等。最高温度,宁夏台预报的 24 h 准确率高于参考产品的第 1 名;预报时可参考 ECMOS 月、ECMOS 季、集成产品、EC 插值等;中央台指导的最高温度准确率较差。

(2) 晴雨预报,宁夏台预报准确率高于所有参考产品。预报时可参考中央台指导、T639 插值、EC

插值;中央台指导比其他产品优势明显。一般性降水预报准确率,72 h 内宁夏台预报高于排名第 1 的参考产品;预报时可参考 WRF 9 km、中央台指导、EC 插值、T639 插值。中雨降水,24 h 可参考 WRF9 km、EC 插值,48 h 可参考 EC 插值、T639 插值;大雨准确率依赖于预报员的订正能力。

(3) 最低温度准确率的季节性变化明显,大部存在 2 月偏低、8 月偏高现象,也有 10—11 月偏低的;变化幅度达 10% ~ 25%。最高温度的规律性没有最低温度明显,但变化幅度在 15% ~ 25% 之间。

(4) 晴雨准确率,宁夏台预报和中央台指导的

季节性变化明显,初夏最差、冬季相对最好,变化幅度 10%~30%。一般性降水,WRF 9 km 变化较大;EC 插值的准确率春夏低、秋冬高,变化幅度在 15%~30% 之间。

根据以上检验分析结果,中央台指导产品,除晴雨准确率明显高于其他参考产品外,其他要素的预报准确率大多低于排名第一的本地释用产品,尤其是最高温度预报,应当改变当前完全以中央台指导产品为基础的订正流程。

考虑到各参考产品准确率存在明显的季节性变化,在当前预报员转型试点的挑战下,要建立一个稳定可靠的智能化要素订正方法,还需要考虑在温度方面如何优化 MOS 算法、优化集成算法,在降水方面如何降低产品的空、漏报率。

参考文献

- [1] 苟学义,胡英华,张旭,等. 内蒙古地区 T639 气象要素预报性能评估检验[J]. 气象科技,2015,43(4):647-658.
- [2] 庄晓翠,周鸿奎,李博渊. T639 模式在新疆北部暖区强降雪中的预报检验[J]. 干旱气象,2015,33(6):1032-1037.
- [3] 孙翠梅,沈兴建,马俊峰,等. 基于 T639 数值预报产品的气温本地化应用及检验[J]. 南京信息工程大学学报(自然科学版),2015,7(4):374-379.
- [4] 罗聪,孙广凤,李怀宇,等. 日极端气温的多模式集成预报及检验[J]. 广东气象,2015,37(2):7-9.
- [5] 潘宁,林青. 数值模式 2014 年福建省气象要素预报检验[J]. 福建气象,2015(1):18-19.
- [6] 张秉祥,王立荣,杨荣珍,等. 数值预报产品对寒潮天气过程的预报能力检验[J]. 干旱气象,2010,28(1):97-101.
- [7] 盛春岩,曲巧娜,荣艳敏. 山东省 2014 年冬季数值预报产品检验[J]. 山东气象,2015,35(1):52-53.
- [8] 王宇,钟琦. 欧洲中期天气预报中心 ECMWF2014 年预报性能[J]. 气象科技进展,2015,5(4):68-69.
- [9] 黄柱坚,何登科,匡方,等. 多种细网格模式在长沙定量降水预报中的检验[J]. 湖南农业科学,2015(3):105-108.
- [10] 周甘霖,尚可政,王式功,等. 应用 24 h 变量相关系数检验数值预报产品[J]. 干旱气象,2012,30(3):465-471.
- [11] 郭金强,王肖娟,张治雄. T639 数值预报产品在天山中部一次强降水过程的应用分析[J]. 干旱气象,2011,29(2):236-239.
- [12] 刘勇,郭大梅,姚静,等. 配料法在暴雨精细化预报中的应用[J]. 干旱气象,2015,33(3):514-520.
- [13] 庄晓翠,周鸿奎,李博渊. T639 模式在新疆北部暖区强降雪中的预报检验[J]. 干旱气象,2015,33(6):1031-1037.
- [14] 王丹,黄少妮,高红燕,等. 递减平均法对陕西 SCMOC 精细化温度预报的订正效果[J]. 干旱气象,2016,34(3):575-583.
- [15] 马艳,董海鹰,陈尚. WRF 中不同湿过程对青岛一次暴雨过程的预报性能检验[J]. 干旱气象,2016,34(3):494-502.
- [16] 周虎,纪晓玲,丁建军. 数值预报产品在 2003 年宁夏首场透雨天气过程中的应用分析[J]. 干旱气象,2004,22(3):32-37.
- [17] 陈豫英,陈晓光,马金仁,等. 基于 MM5 模式的精细化 MOS 温度预报[J]. 干旱气象,2002,23(4):52-56.

Verification of Numerical Forecast and Its Application Products in Weather Forecast in Ningxia

ZHANG Chengjun^{1,2,3}, JI Xiaoling^{1,2,3}, MA Jingren^{1,3}, YANG Yang¹, CHEN Di¹

(1. Key Laboratory for Meteorological Disaster Monitoring and Early Warning and Risk Management of Characteristic Agriculture in Arid Regions, Yinchuan 750002, China; 2. Key Laboratory of Meteorological Disaster Preventing and Reducing, Yinchuan 750002, China; 3. Ningxia Meteorological Observatory, Yinchuan 750002, China)

Abstract: For improving the prediction accuracy of meteorological elements in Ningxia, the 11 kinds of reference products had been verified, and some conclusions were found. In terms of temperature accuracy, the top accuracy rate of Ningxia's MOS products and integrated products was higher than that of the Central Meteorological Observatory, especially for maximum temperature, and the accuracy of maximum temperature forecasted by the Central Meteorological Observatory ranked seventh to ninth only in all reference products. The best accuracy of Ningxia's maximum temperature products was higher than that of forecasters' after 48 hours and beyond, but the accuracy of forecasters' minimum temperature was slightly higher than those of reference products. In terms of precipitation accuracy, the forecaster's accuracy of shine (rain) for 24-168 hours and general precipitation for 24-72 hours was highest. The forecasted accuracy of shine (rain) from the Central Meteorological Observatory was far higher than those of other reference products. For short-term, the most optimal products for the general precipitation prediction were from WRF 9 km and the Central Meteorological Observatory, and the best products for moderate rain were EC interpolation and T639 interpolation. There was significant seasonal variation for the accuracy of each reference product, and the annual change ranged from 10% to 30%.

Key words: element prediction; verification; numerical prediction; MOS; integrated forecast