

西北区秋季短期气象要素客观预报检验评估

刘世祥, 陶健红, 张铁军, 尚大成, 伏晓红, 张静, 宋秀玲

(兰州中心气象台, 甘肃 兰州 730020)

摘要:应用数值预报释用技术,建立了西北地区短期气象要素客观预报系统。本文使用系统的客观预报资料,结合实时气象观测资料,对 2006 年秋季气温和降水量的客观预报进行检验评估。结果表明,系统对连续性变化气象要素最高气温、最低气温的预报效果较好,预报准确率达到 70% 左右,在天气预报业务中具有较明显的指导作用,而对非连续气象要素降水量预报效果较差,预报准确率约 34%。气温预报的好坏与大气的稳定程度关系较为密切,降水量预报准确率的高低与相对湿度关系较为密切。分析认为按月建立的气温预报方程,其预报准确率较按季建立的方程可提高 10% 以上。

关键词:气象要素客观预报;检验评估

中图分类号: P456.1

文献标识码: A

引言

近年来随着计算机技术的发展,数值预报模式分辨率得到提高,物理过程参数化描述更加细致,对大气运动规律的认识更为深入。观测手段的改进,同化技术的发展,使模式的初值更加精确。数值预报的时效在不断延长,数值形势预报已超过了预报员的预报水平^[1-4],但直接从数值预报模式中输出的要素预报,其水平还比较低。为解决这一问题,人们逐渐转向数值预报释用技术,得到比较好的要素预报效果。事实证明,数值预报产品释用是联系数值预报和日常天气预报业务的一座桥梁,也是天气预报业务实现客观化、量化、精细化,进而提高天气预报准确率的必由之路^[5-8]。

中国气象事业发展战略明确指出,必须把提高预报预测准确率放在突出位置,加快短、中期天气预报的精细化进程,着力提高关键性、转折性、灾害性重大天气预警预报的水平,实现从传统的、比较粗泛的预报预测向更准确、更及时、更精细的、多时空尺度“无缝隙”预报预测转变^[1]。根据这一要求,兰州区域气象中心以 T213 数值预报产品为基础,利用统计、人工智能方法等,综合预报经验,建立了西北地区短期气象要素客观预报业务系统,向西北区各级

台站提供预报服务指导。

本文以中国气象局天气预报业务评分办法^[9],对该系统中的最高气温、最低气温、日降水量客观预报进行比较全面的检验评估。

1 系统简述

西北区秋季短期气象要素客观预报系统,是基于 T213 数值预报产品为基础,根据模式输出统计 (Model Output Statistics, 简称 MOS)^[10] 预报方法建立起来的。预报范围包括了陕西、甘肃、宁夏、青海 4 省区和内蒙古的西部地区,预报站点共计 295 个,预报时效为 24 h 和 48 h。预报要素分为时变要素和日变要素,时变要素分别有温度、露点、风向、风速、总云量、低云量、能见度、3 h 变压、6 h 降水、天气现象、相对湿度等。日变要素分别有最高温度、最低温度、08 时 24 h 降水量、08 时 12 h 降水量、20 时 12 h 降水量等。

2 评估方法

评估方法来自中国气象局《中短期天气预报质量检验办法(试行)》(气发[2005]109号)^[7]。以此方法对系统的客观要素预报进行检验评估,其检验结果可与主观预报直接进行比较。

收稿日期:2010-06-01;改回日期:2010-07-14

基金项目:中国气象局 2007 年多轨道气象业务建设项目

作者简介:刘世祥(1967-),男,甘肃武威人,高级工程师,现主要从事天气预报方法研究. E-mail:liusx@gma.gov.cn

2.1 气温定性预报检验方法

记 F 为预报值, O 为实况值, M 为预报次数, 若 $|Fi - Oi| \leq 2$ ($i = 1, M$), 评定为正确, 否则评定为错误。气温定性预报准确率 = 报对次数 / M 。

2.2 气温的2种定量预报检验方法

相对误差(或平均偏差) $RE = 1/M \sum (Fi - Oi)$ ($i = 1, M$), 它反映统计时段内气温预报的某种系统性误差。

绝对误差 $AE = 1/M \sum (|Fi - Oi|)$ ($i = 1, M$), 它反映预报值与实况值的平均偏离程度, 因而能反映总误差情况。

2.3 降水量定性预报检验方法

当预报有雨, 若实况降水量 $R \geq 0.0$ mm 评定为正确, 若实况无雨则评定为空报; 当预报为无雨, 若实况无雨评定为正确; 若实况降水量 $R > 0.0$ mm 评定为漏报。降水定性预报准确率 = 报对次数 / (报对次数 + 空报次数 + 漏报次数)。

3 西北区客观要素预报检验评估

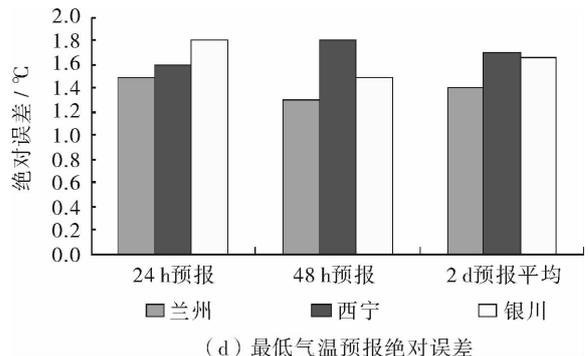
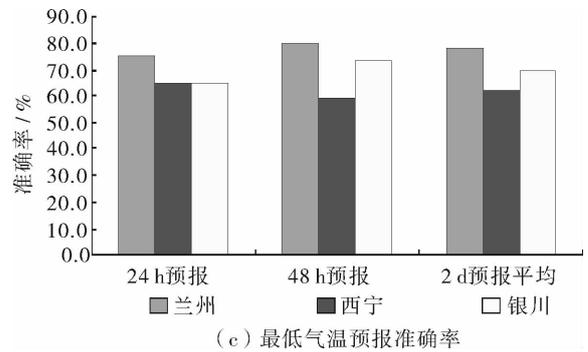
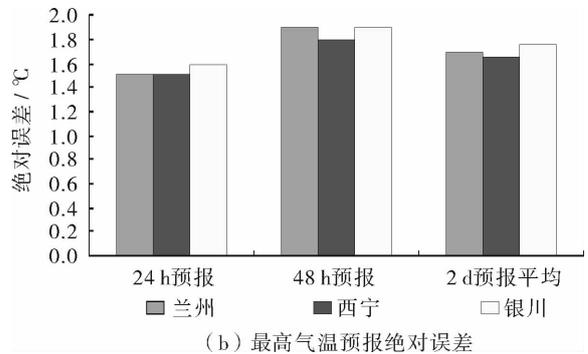
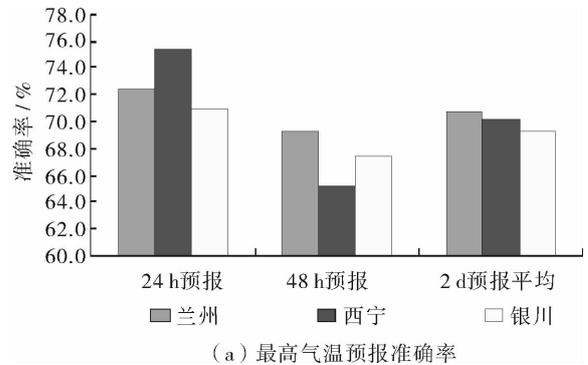
以省会城市兰州、西宁、银川、西安作为西北区不同区域代表站, 对秋季(9~11月)最高气温、最低气温、日降水量客观预报进行检验评估。

3.1 不同区域代表站客观要素预报检验

图1给出了西北区各省会城市秋季最高气温、最低气温、日降水量的客观预报准确率和绝对误差。兰州、西宁、银川(西安不编发最高、最低气温)的最高气温24h预报准确率在70.9%~75.3%之间, 绝对误差在1.5~1.6℃之间, 48h预报准确率在65.1%~69.2%之间, 绝对误差在1.8~1.9℃之间(图1), 如果将2d预报平均, 3城市最高气温客观预报准确率分别为70.8%、70.2%、69.2%, 绝对误差分别为1.7℃、1.7℃、1.8℃, 预报准确率和绝对误差非常接近。同样, 3个省会城市的最低气温客观预报准确率2d平均分别为77.9%、62.0%、69.7%, 绝对误差分别为1.4℃、1.7℃、1.7℃(图1)。各地最低气温预报准确率与绝对误差有一定的差异, 但这并不能说明最高、最低气温客观预报与地域分布有一定联系, 而与预报方程中选择因子的好坏有关。

兰州、西宁、银川、西安4城市的日降水量客观预报准确率, 24h西宁最高为42.3%, 银川最低为15.0%, 48h西安最高为50.2%, 银川最低为23.6%(图1)。如果将2d的预报平均, 则位于偏南地

区的西安日降水量客观预报准确率最高为44.0%, 偏北地区的银川日降水量客观预报准确率最低为19.3%。说明, 日降水量客观预报准确率的高低与相对湿度有密切关系^[11-12], 如西安地理位置较偏南, 相对湿度高, 预报准确率就高, 银川地理位置较偏北, 相对湿度低, 预报准确率就低。也进一步说明, 相对湿度及其水汽输送的大小对西北地区各地的降水有非常明显的影响。



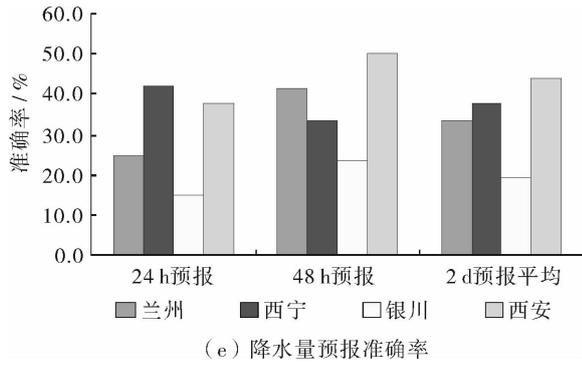


图1 各省会城市客观要素预报比较
Fig.1 Comparison of objective element forecast in autumn in different cities

3.2 不同月份客观要素预报检验

图2给出了西北区各省会城市秋季不同月份平均最高气温、最低气温、日降水量的客观预报准确率和绝对误差。9月、10月、11月24 h最高气温平均预报准确率分别为69.4%、80.2%、68.9%，10月较9月和11月整整高出10~11个百分点(图2a)。同样10月24 h和48 h最低气温预报准确率分别为78.5%、80.6%，较9月和11月高出12~13个百分点(图2c)。10月24 h和48 h最高、最低气温预报绝对误差较9月和11月小0.3℃~0.6℃(图2c、图2d)。由此可以看出，9月和11月的气温预报准确率较10月明显偏低，绝对误差明显偏大，分析其原因，认为大气环流由夏季型转冬季型的过渡季节，环流变化较大，方程中预报因子和计算的结果较能反映中间月份10月的气候特征，而对季前和季后2月的反映差一些，因此按月建立的客观预报方程较按季建立要好一些。

各月降水量预报准确率也不同。9月24、48 h日降水量预报准确率最高，分别为45.2%、57.9%，11月24、48 h降水量预报准确率最低，分别为17.8%、17.1%(图2e)。这说明日降水量客观预报准确率的高低与相对湿度有密切关系，如9月相对湿度高，预报准确率就高，11月相对湿度低，预报准确率就低。

3.3 不同时效客观要素预报检验

图3给出了西北区4个省会城市秋季最高气温、最低气温、日降水量客观预报不同时效的预报准确率和绝对误差。最高气温24、48 h预报准确率分别为72.8%和67.2%，绝对误差分别为1.5℃和1.9℃，预报准确率24 h较48 h高5.7个百分点，

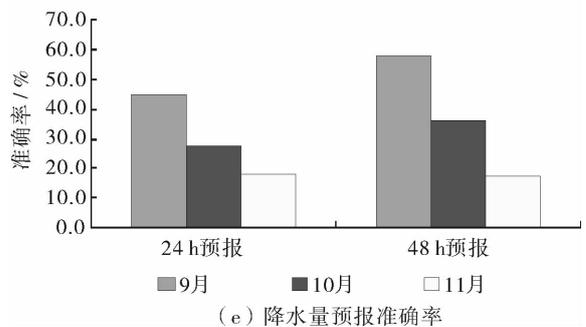
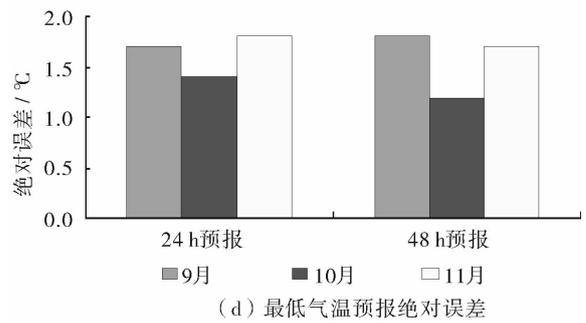
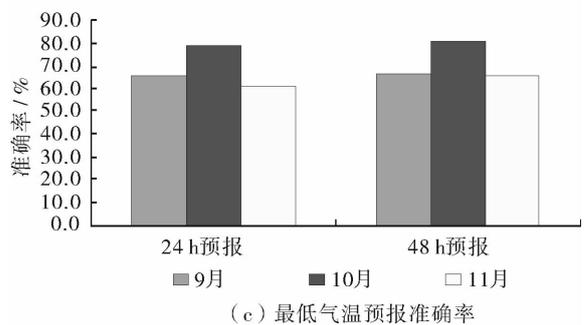
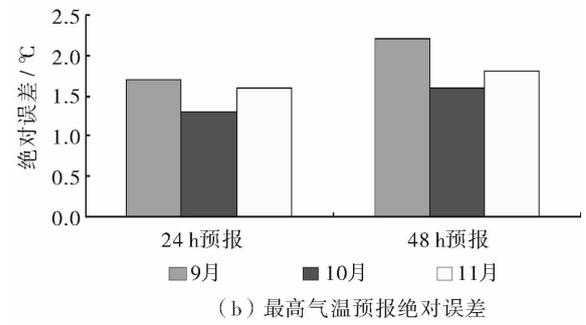
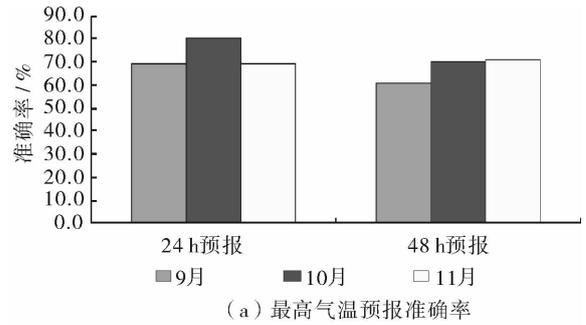


图2 各月客观要素预报比较
Fig.2 Comparison of objective element forecast in September, October and November

绝对误差 24 h 较 48 h 低 0.4 ℃。最低气温 24、48 h 预报准确率分别为 68.4% 和 71%, 绝对误差分别为 1.6 ℃ 和 1.5 ℃。预报准确率 24 h 较 48 h 低 2.4 个百分点, 绝对误差 24 h 较 48 h 高 0.1 ℃。日降水量客观预报准确率 24 h 为 30%, 48 h 为 37.3%, 24 h 较 48 h 低 7.3 个百分点。

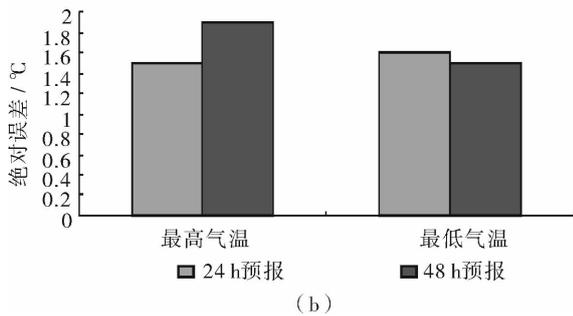
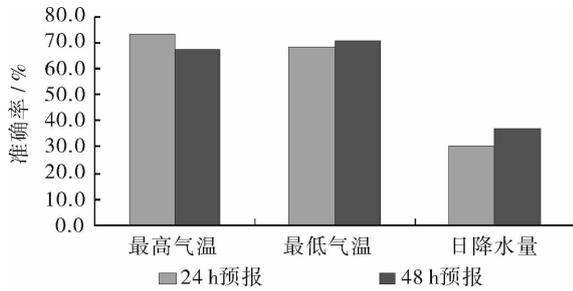


图3 不同时效客观要素预报准确率(a)和绝对误差(b)比较

Fig. 3 Comparison of objective element forecast in different prediction time in autumn

(a) for forecast accurate rate and (b) for absolute value

3.4 兰州市逐日气温客观预报绝对误差变化分析

图4给出了兰州市秋季最高、最低气温24和48h平均逐日客观预报绝对误差变化趋势。可以看出,最高、最低气温绝对误差变化趋势较为一致,中间10月的预报绝对误差最小,9月、11月相对大一些,特别是9月上旬和11月下旬较大。这种变化同样与兰州市大气环流由夏季型转冬季型的过渡季节,环流变化较大有关,建议今后建立月客观预报方程,可进一步提高气温客观预报准确率。

对24h和48h气温绝对预报误差达到4℃以上的天气特点进行了分析,结果发现较大的气温预报误差常常出现在有强冷空气影响的过程当中,特别是冷空气开始影响时段,大气处于不稳定状态,天气变化相对剧烈,较易出现较大的气温预报误差,其中云量的变化对气温预报误差影响较大。相反,在大气处于相对稳定的状态时,气温预报误差很小。

在大多情况下,气温客观预报能够相对敏感的、量化的反应出气温的实际变化程度。

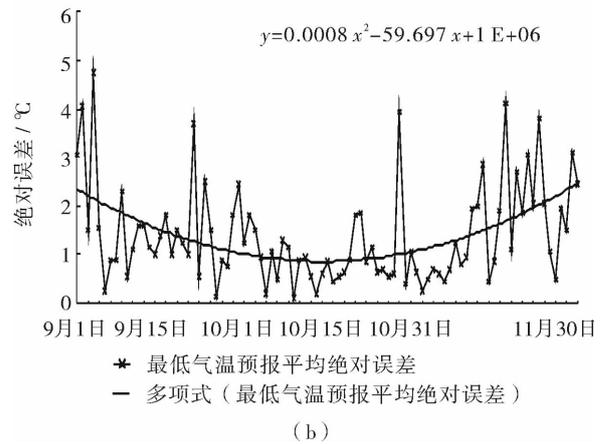
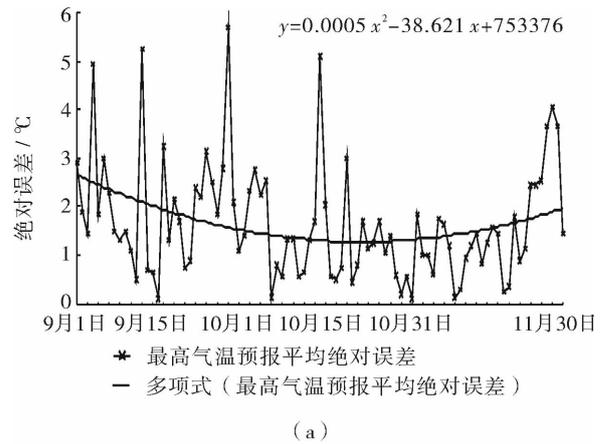


图4 兰州市秋季24、48h最高(a)最低(b)气温客观预报绝对误差变化趋势

Fig. 4 The objective forecast absolute error changes of maximum(a) and minimum(b) temperature in autumn of Lanzhou

3.5 气象要素客观预报与主观预报对比分析

图5给出了兰州市24h、48h最高气温、最低气温客观预报与主观预报的对比分析。兰州市秋季24h最高气温主观预报准确率为62.8%,客观预报准确率为72.4%,客观预报较主观预报高9.6个百分点;24h最高气温主观预报绝对误差为2.0℃,客观预报绝对误差为1.5℃,客观预报较主观预报小0.5℃(图5a、图5c)。兰州市秋季48h最高气温主观预报准确率为51.7%,客观预报准确率为69.2%,客观预报较主观预报高17.5个百分点;48h最高气温主观预报绝对误差为2.5℃,客观预报绝对误差为1.9℃,客观预报较主观预报小0.6℃(图5b、图5d),由此可看出,最高气温客观预报效果明

显好于主观预报。

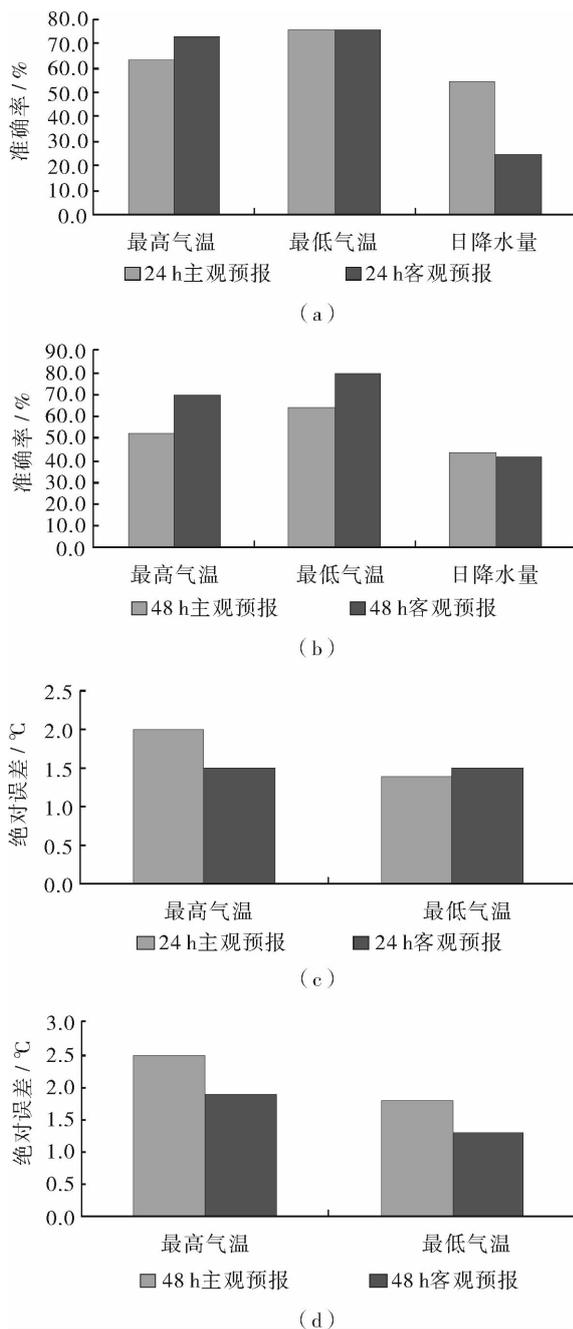


图5 兰州市气象要素客观预报与主观预报比较

Fig. 5 Comparing between objective and subjective forecast of meteorological elements in autumn of Lanzhou

兰州市秋季 24 h 最低气温主观预报准确率为 75.7%, 客观预报准确率为 75.6%, 主观预报绝对误差为 1.4 °C, 客观预报绝对误差为 1.5 °C, 客观预报与主观预报基本一致(图 5a、图 5c)。兰州市秋季 48 h 最低气温主观预报准确率为 63.7%, 客观预报

准确率为 80.1%, 客观预报较主观预报高 16.4 个百分点; 48 h 最低气温主观预报绝对误差为 1.8 °C, 客观预报绝对误差为 1.3 °C, 客观预报较主观预报小 0.5 °C(图 5b、图 5d), 由此也可看出, 48 h 最低气温客观预报效果明显好于主观预报。

兰州市秋季 24 h 日降水量主观预报准确率为 54.8%, 客观预报准确率为 25.0%, 客观预报准确率较主观预报低 29.8 个百分点; 48 h 日降水量主观预报准确率为 43.1%, 客观预报准确率为 41.5%, 客观预报准确率较主观预报低 1.6 个百分点(图 5a、图 5b)。日降水量客观预报效果明显低于主观预报。

综合分析得出, 最高气温和最低气温客观预报效果高于主观预报, 在气温预报业务中具有明显的指导作用, 而日降水量客观预报效果明显低于主观预报, 其指导作用差一些。

4 总结与讨论

(1) 在秋季气象要素客观预报中, 连续性变化气象要素最高气温、最低气温的预报效果较高, 不连续、非正态气象要素如降水量等, 预报效果较差。西北区省会城市 2 d 平均最高气温、最低气温预报准确率分别达到 70.0% 和 69.7%, 2 d 平均日降水量预报准确率为 33.6%。

(2) 按季度建立的气温客观预报方程, 由于秋季内时间跨度长, 气候变化大, 导致了季节前期和后期的客观预报误差明显增大, 建议按月重建客观预报方程, 可提高气温客观预报准确率约 10% 以上。

(3) 较大的气温预报误差常常出现在有强冷空气影响的过程当中, 特别是冷空气开始影响时段, 大气处于不稳定状态, 天气变化相对剧烈, 较易出现较大的气温预报误差, 其中云量的变化对气温预报误差影响较大。相反, 在大气处于相对稳定的状态时, 气温预报误差很小。在大多情况下, 气温客观预报能够相对敏感的、定量的反应出气温的实际变化程度。

(4) 日降水量客观预报准确率的高低与相对湿度关系较为密切, 相对湿度大, 预报准确率就高, 反之, 相对湿度小预报准确率就低。也说明了相对湿度及其水汽输送的大小对西北地区降水有非常明显的影响。

经过比较分析认为, 该系统气温客观预报准确率高高于主观预报, 在天气预报业务中具有较明显的

指导作用,而降水量客观预报效果明显低于主观预报,其指导意义不明显。

参考文献:

[1] 刘英,柳崇健,徐辉. 藉物理耗散技术改进强降水数值模拟的初步研究[J]. 高原气象,2006,25(4):651-657.

[2] 王雨. 2002年主汛期国家气象中心主客观降水预报对比检验[J]. 气象,2003,29(5):21-25.

[3] 王雨. 若干数值模式对2003年夏季青藏高原中南部降水预报检验[J]. 高原气象,2004,23(S1):53-58.

[4] 矫海燕,龚建东,周兵. 天气预报的业务技术进展[J]. 应用气象学报,2006,17(5):594-601.

[5] 刘还珠,赵声蓉,陆志善,等. 国家气象中心气象要素的客观预报—MOS系统[J]. 应用气象学报,2004,15(2):181-191.

[6] 张建海,诸晓明. 数值预报产品和客观预报方法预报能力检验[J]. 气象,2006,32(2):58-63.

[7] 吴爱敏,路亚奇,李祥科. 利用ECMWF产品对庆阳极端气温释用效果分析[J]. 干旱气象,2009,27(3):288-293.

[8] 王建兵,汪治桂,张胜智. 甘南高原冰雹短时预报的客观相似预报方法[J]. 干旱气象,2010,28(2):87-90.

[9] 中国气象局. 中短期天气预报质量检验办法(试行)[M]. (气发[2005]109号)

[10] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京:气象出版社,2000.

[11] 邓雪娇,胡胜,闫敬华. 主客观天气预报质量对比分析[J]. 应用气象学报,2003,14(6):729-737.

[12] 胡翠珍. T213数值预报产品对阿克苏地区一次寒潮天气过程的天气学释用和检验[J]. 新疆气象,2005,15(S1):38-41.

Verification and Assessment of Autumn Short-term Objective Forecast of Meteorological Elements in Northwest China

LIU Shixiang, TAO Jianhong, ZHANG Tiejun, SHANG Dacheng, FU Xiaohong, ZHANG Jing, SONG Xiuling

(Lanzhou Central Meteorological Observatory, Lanzhou 730020, China)

Abstract: Based on the numerical prediction interpretation techniques and forecast experiences, the short-term objective forecast system of meteorological elements for Northwest China is established. With the aid of meteorological data of real-time observation, the verification and assessments of objective forecast from the system-output for air temperature and precipitation in winter of 2006 have been performed. The results show: (1) The forecast accuracy of maximum and minimum temperature is much higher than that of precipitation with the accurate rates of 70% and 34%, respectively. (2) The factors affecting the forecast accuracies of temperature and precipitation are the static stability of atmosphere and relative humidity. (3) If the system established on month scale, the forecast accuracy of temperature is expected to have a 10% improvement.

Key words: objective forecast of meteorological elements; verification and assessment

⋯⋯ (上接第314页)

Numerical Simulation and Analysis About the Helicity of a Heavy Rain Process in Southeast Part of Gansu

LI Antai^{1,2}, HE Hongrang¹, YANG Xiangrong¹

(1. College of Meteorology, PLA University of Science and Technology, Nanjing 211101, China;
2. 96363 Army, 34 Unit, Tianshui 741020, China)

Abstract: Diagnostic analysis and numeric simulation were made on a heavy rain process in the southeast part of Gansu during 1-2 July 2005 using NCEP data of 1° × 1° with 6 h intervals and WRFV3.1 meso-scale model. Based on the data of model output, the relation between the helicity of this process and the rainfall intensity was analyzed. The results show that the short-wave trough from Plateau and the moisture from South China Sea and Bengal were important causes of the heavy rain process. WRF model had the ability of simulating this heavy rain's precipitation; The spatial distribution of the helicity had certain indication about prediction of heavy rain in eastern part of northwest China. The shape of maximum value center of positive helicity correlated with the shapes of short-wave trough from Plateau and shear line on 700 hPa; The maximum value center of positive helicity which occurred under 400 hPa may be a great cause for heavy rain in northwest part of China.

Key words: heavy rain; diagnostic analysis; numeric simulation; helicity