

邱学兴,王东勇,陈宝峰. T639 模式预报系统误差统计和订正方法研究[J]. 气象,2012,38(5):526-532.

T639 模式预报系统误差统计和订正方法研究^{*1}

邱学兴 王东勇 陈宝峰

安徽省气象台,合肥 230031

提 要: 通过统计 2009—2010 年 T639 模式 500 hPa 高度、850 hPa 温度和 2 m 温度的 1~10 天预报场的平均误差发现, T639 模式的这些气象要素预报都存在明显系统误差,且系统误差随着预报时效的增加而增加。利用“递减平均法”尝试订正其预报系统误差,订正结果表明:该订正方法总体表现为正的订正技巧,但订正能力随着预报时效的增加而下降;东亚地区的系统误差小于整个北半球,“递减平均法”的订正能力总体小于整个北半球。对比夏、冬半年订正效果发现:对于 500 hPa 位势高度和 850 hPa 温度的预报场,冬半年和夏半年订正技巧相当;对于地面 2 m 温度预报场,冬半年订正能力明显高于夏半年。不同权重系数试验表明:对于 500 hPa 高度场,权重系数约取 0.06 时,订正效果较好,而对于 850 hPa 和 2 m 温度场,权重系数约取 0.1 时,订正效果最佳。

关键词: T639 模式, 预报系统误差, 递减平均法, 权重系数

The Statistics and Correction of T639 Model Forecast System Errors

QIU Xuexing WANG Dongyong CHEN Baofeng

Anhui Meteorological Observatory, Hefei 230031

Abstract: The average bias of T639 model forecast fields for 1—10 d forecast in 2009—2010 was evaluated. Forecast fields were included 500 hPa geopotential height, 850 hPa temperature and 2 m temperature. The result showed that T639 model has obviously forecast system errors for the three fields. The decaying averaging method was trying to correct forecast system errors. Corrected result showed that the decaying averaging method has positive correction skill, but correction skill was decreased with lead time. System errors of East Asia were less than the Northern Hemisphere and the correction skill of decaying averaging method for East Asia was also less than the Northern Hemisphere. Through evaluating correction skill of cold season and warm season respectively it is found that the correction skill has no obvious difference for 500 hPa geopotential height and 850 hPa temperature, but for 2 m temperature, the correction skill of cold season was higher than warm season. In addition, the test on different weight of “decaying averaging method” showed that the correction skill was best when weight was round about 0.1 for 850 hPa temperature and 2 m temperature and round about 0.06 for 500 hPa geopotential height.

Key words: T639 model, forecast system error, decaying averaging method, weight factor

引 言

2008 年汛期开始,中国气象局开始向各级气象

部门提供 T639 模式预报产品。在此之前,管成功等^[1]对比了 T639 和 T213 模式的预报性能,无论是形势场,还是降水场预报,T639 模式都明显优于 T213 模式。数值模式由于其模式误差和初始场误

* 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201006017)资助

2011 年 1 月 17 日收稿; 2011 年 12 月 12 日收修定稿

第一作者:邱学兴,主要从事短时、短期天气预报. Email: qiuxuexing@126.com

差的存在,不可避免地会存在预报误差,许多预报工作者对 T639 模式的预报技巧进行相关的天气学检验,比如:周慧等^[2]检验了 2008 年汛期 T639 模式降水和各种物理量预报场,发现 T639 模式预报比 T213 模式具有较大改进,对亚欧中高纬大气环流背景也有较准确预报。石顺吉等^[3]对 0903 号台风路径预报的检验表明 T639 的预报结果具有较高的参考价值。其他一些检验也表明 T639 模式与 ECM-WF 模式预报相比,误差较大,比如对副高西伸脊点预报稳定性较差^[4]。T639 模式预报是否存在一定的系统误差?如果有,特征如何?消除预报误差中的系统误差后必将有助于预报员更好地使用预报产品。本文利用 2009 年 1 月 1 日至 2010 年 12 月 31 日两年的 T639 模式预报资料,统计分析了 500 hPa 高度场、850 hPa 的温度场和 2 m 温度预报场的系统误差,并尝试使用“递减平均法”订正该模式的预报系统误差。

1 资料和方法

本文使用的资料为中国气象局一天两次下发至各个省市气象局的 T639 模式的分析和预报资料,起报时间分别为 08 和 20 BT,预报时效为 240 小时(10 天)。资料空间分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$,资料范围为整个北半球,时间分辨率为 24 小时,预报要素包含多个层次的温、压、湿、风等各种气象要素场。此处选取 500 hPa 高度、850 hPa 温度和 2 m 温度三个要素作为统计分析、检验和订正的对象。

预报系统误差订正试验方法采用“递减平均法”。李莉等^[5]利用该方法订正 T213 降水预报场的系统误差,结果表明该方法对 T213 的降水预报偏差具有明显改善作用;对 T213 全球集合预报系统性误差订正研究^[6]发现,该方法对形势场和温度场都有不同程度的订正效果。

递减平均法的订正步骤如下:

第一步:误差估计。对于新生成的分析场,计算

不同预报时效对于该分析场的预报误差[记为: $b_{i,j}(t)$],表示如下:

$$b_{i,j}(t) = f_{i,j}(t) - a_{i,j}(t) \quad (1)$$

式中, $f_{i,j}(t)$ 为预报场, $a_{i,j}(t)$ 为分析场。

第二步:误差累加。将最新的各个时次预报误差累加到上一个时次的误差场,得到更新后的误差场。

$$B_{i,j}(t) = (1 - \omega)B_{i,j}(t-1) + \omega b_{i,j}(t) \quad (2)$$

式中, ω 为权重, $B_{i,j}(t-1)$ 为上一个时次的误差场, $B_{i,j}(t)$ 为累加后的新误差场。

第三步:误差订正。将新的各个时次预报场分别减去累加后的新误差场得到最终的订正场,公式如下:

$$F_{i,j}(t) = f_{i,j}(t) - B_{i,j}(t) \quad (3)$$

式中, $F_{i,j}(t)$ 为订正后的预报场。

根据对比试验,对于 500 hPa 高度场, ω 取 0.06 时订正效果较好;对于 850 hPa 温度和 2 m 温度场, ω 取 0.1 时订正效果较好(详见 2.4 节)。检验方法为均方根误差和误差相对订正值,在计算均方根误差时,均采用 T639 的分析场作为真值,误差相对订正值定义为:订正前与订正后的均方根误差之差与订正前均方根误差的比值。

利用文献[7]中的方法对订正前和订正后的均方根误差的差异进行显著性检验。表 1 为 500 hPa 位势高度、850 hPa 温度和地面 2 m 温度的统计量(t 值)的计算结果。查算 t 分布的查算表可知,对于大于 0.05 显著性水平检验时 t 值为 1.96。对比表 1 可知,对于 500 hPa 位势高度的订正结果,第 1~5 天的 t 值都是大于 1.96,第 6~10 天的 t 值小于 1.96,说明对于前 5 天的 500 hPa 位势高度预报场,订正后的均方根误差比订正前具有明显改善;而对于后 5 天的预报,订正前后的均方根误差序列则未通过显著性检验,订正后的预报场没有明显改善。对于 850 hPa 温度场和 2 m 温度场,该订正方法对此两个物理量预报场均有明显订正能力。

表 1 统计量(t 值)的计算结果

Table 1 The result of statistical variable (t value)

预报时效/d	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
500 hPa 位势高度	7.4	6.2	4.5	2.9	2.0	1.3	1.2	1.1	1.1	1.2
850 hPa 温度	12.1	11.6	9.5	8.4	7.5	6.5	6.2	5.4	5.1	5.3
地面 2 m 温度	5.3	4.9	3.6	5.7	5.8	5.3	5.6	5.1	5.2	5.3

2 结果分析

2.1 系统误差分析

对2009—2010年T639模式对500 hPa位势高度、850 hPa温度和2 m温度的1~10天预报场分别计算平均误差。对于500 hPa位势高度场的预报,平均而言,大部分地区为负的预报误差,预报场的位势高度小于分析场。图1分别为第3和第6天的平均误差场,第3天(图1a)的非洲北部至印度洋地区的负值中心较明显,预报场与分析场平均误差可达 -20 gpm,到第6天,在亚洲的东北地区和欧洲中部也出现负误差中心,并且随着预报时效的增加,这两个中心越明显。图2分别为850 hPa温度第3和第6天预报平均误差情况,从图中可以看出,北半球大部分地区也是负温度误差,在亚洲北部负偏差更加明显。另外在我国西南地区至河套地区、

西亚地区持续存在温度正偏差,最大可偏高 1°C 。2 m温度的预报场也具有类似的误差特征(图略)。

从500 hPa位势高度场不同季节的平均误差分布(图3)可以看出,对于120小时的预报场,随着季节的变化,平均误差场也发生较大变化,在夏季,高纬地区整体为正偏差,而在冬季为负偏差,冬、夏季偏差相反,西欧地区也是相同的变化规律。对于东亚地区,夏季误差较小,而冬季为明显的负偏差,上述分析表明,不同地区在不同季节有不同的预报误差特征。

综合以上分析可以发现:整体而言,T639模式对这三个要素预报都存在一定的系统误差,且系统误差随着预报时效的增加而增加。但是系统误差随地区差异而不同,并且随季节变化而变化,而“递减平均法”对于不同的时间距离使用递减权重,并且对逐个预报格点进行动态订正,适合订正动态变化的系统误差。

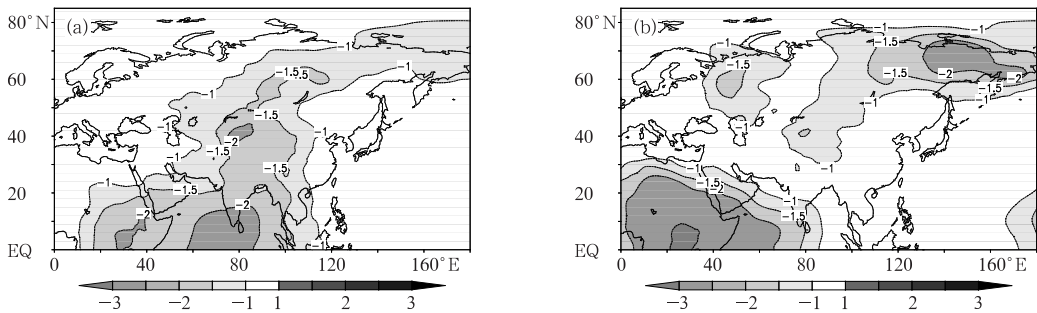


图1 2009—2010年500 hPa位势高度预报场与分析场的平均误差(单位:dagpm)

(a) 72小时预报, (b) 144小时预报

Fig. 1 The 500 hPa geopotential height average bias between forecast and NCEP analysis for (a) 72 h forecast, and (b) 144 h forecast (unit: dagpm)

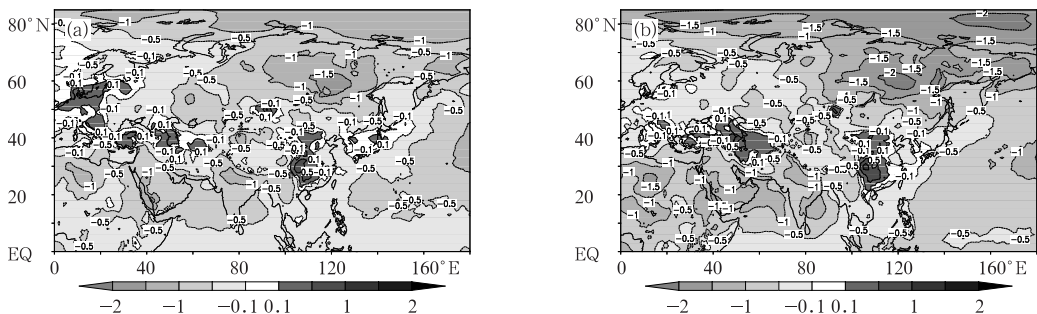


图2 2009—2010年850 hPa温度预报场与分析场的平均误差(单位: $^{\circ}\text{C}$)

(a) 72小时预报, (b) 144小时预报

Fig. 2 The 850 hPa temperature average bias between forecast and NCEP analysis for (a) 72 h forecast, and (b) 144 h forecast (unit: $^{\circ}\text{C}$)

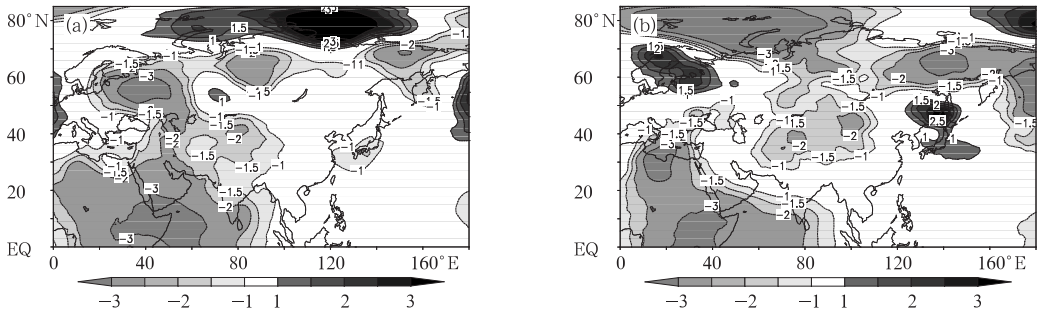


图 3 不同季节 500 hPa 位势高度 120 小时预报场与分析场的平均误差对比 (单位: dagpm)
(a) 2009 年 7—8 月, (b) 2010 年 1—2 月

Fig. 3 The 500 hPa geopotential height average bias between 120 h forecast and NCEP analysis for (a) July and August 2009, and (b) January and February 2010 (unit: dagpm)

2.2 订正效果检验

北半球和东亚地区 500 hPa 高度预报场订正前后的均方根误差对比分别如图 4 所示, 其中东亚地区选取的范围为: 10°~60°N、70°~150°E(下同)。从图中可以看出, 对于北半球和东亚地区, 经过“递减平均法”订正后的均方根误差均小于订正前, 说明

该订正方法总体为正的订正效果, 但是订正能力随预报时效增加而下降。对于整个北半球 1~3 天预报的订正能力在 5% 以上, 而东亚地区在 9% 以上。而 6~10 天, 该方法对 T639 模式 500 hPa 高度预报场误差相对订正量在 1%~2%, 未通过显著性检验, 基本无订正能力。

图 5~6 分别是 850 hPa 温度和 2 m 温度的订

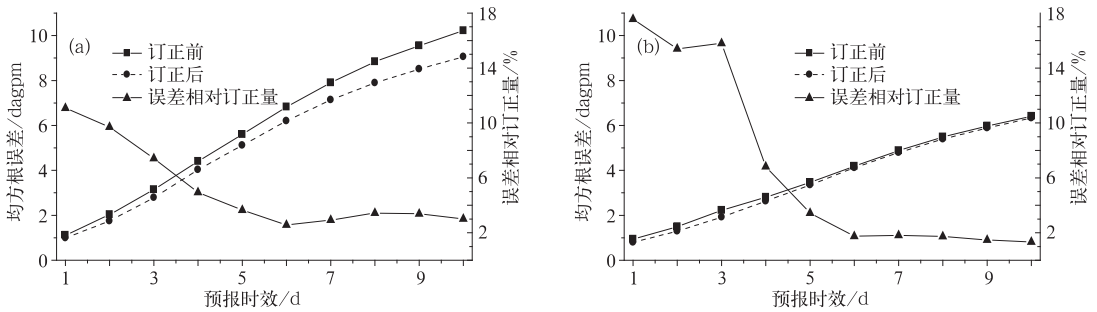


图 4 北半球(a)和东亚地区(b)的 500 hPa 高度场订正前后均方根误差对比和误差相对订正量
Fig. 4 The RMS and relative correction errors of 500 hPa height before/after correction in the Northern Hemisphere (a) and East Asia (b)
(square solid: RMS error before correction; circle dashed: RMS error after correction; triangle solid: relative correction error, right Y axis)

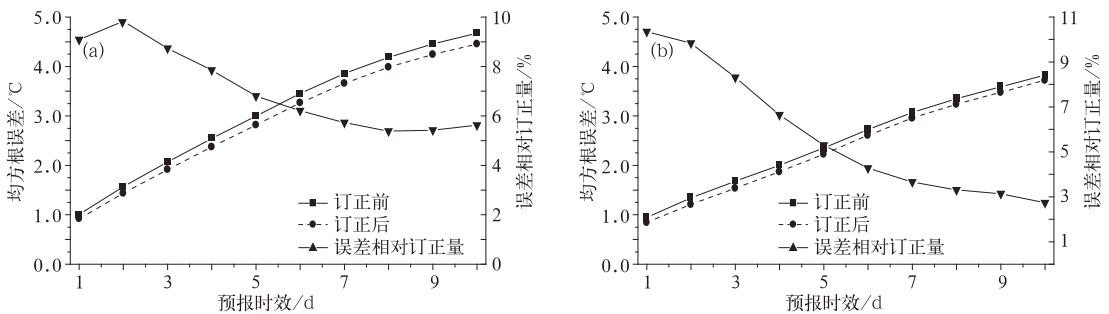


图 5 同图 4, 但为 850 hPa 温度场
Fig. 5 Same as Fig. 4, except for 850 hPa temperature

正前后对比情况。与500 hPa高度场类似,“递减平均法”对于两者都是正的订正技巧,但随着预报时效的增加订正能力下降较缓慢。对于850 hPa温度(图5),东亚地区的均方根误差总体小于整个北半球,“递减平均法”的订正能力小于整个北半球,特别

是预报时效超过6天之后。对于地面2 m温度(图6),东亚地区的均方根误差和整个北半球基本一致,但东亚地区的误差相对订正能力都低与北半球,可能原因是东亚地区地形较复杂,误差中的随机误差占的比重更大。

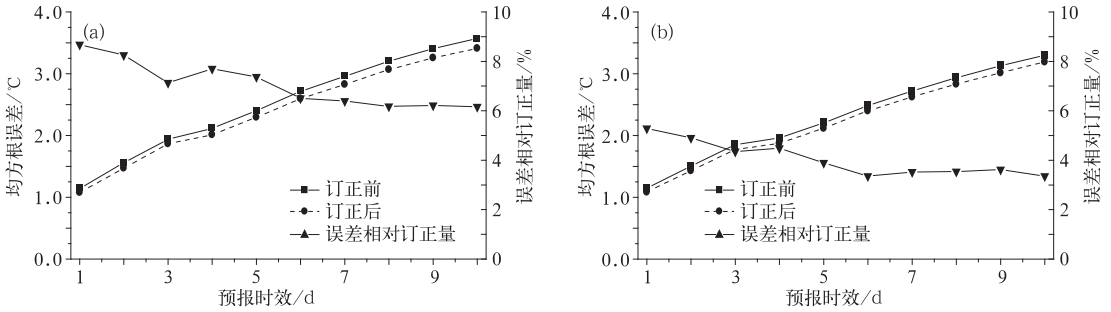


图6 同图4,但为2 m温度场

Fig. 6 Same as Fig. 4, except for 2 m temperature

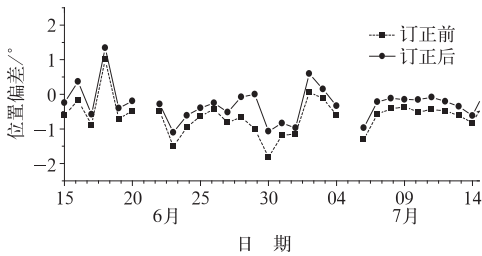


图7 2009年6月15日至7月15日500 hPa位势高度48小时预报场,120°E上5840 gpm的订正前后北界位置误差对比(单位:°)

Fig. 7 The bias of 5840 gpm north position before (dashed)/after (solid) correction with 48 h forecast at 120°E from 15 June to 15 July 2009 (unit: °)

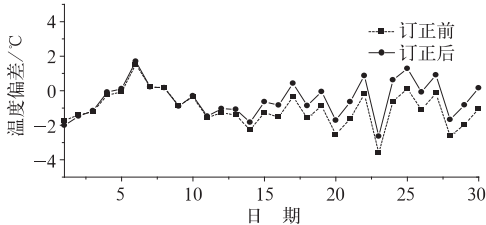


图8 2010年11月地面2 m温度144小时预报场订正前后的误差对比(30°N,115°E)(单位:°C)

Fig. 8 The 2 m temperature bias before (dashed)/after (solid) correction with 144 h forecast at point (30°N,115°E) for November 2010 (unit: °C)

每年6月中旬至7月中旬为江淮地区的主汛期,在此期间,准确预报暴雨落区对于防洪防汛至关重要。任敏等^[8]对安徽省暴雨落区和500 hPa高度场统计发现,暴雨区在5840 gpm线附近频数最高,5840线的位置可以作为暴雨落区预报的依据之一。图7为2009年6月15日至7月15日,120°E经线上500 hPa 48小时预报场中5840 gpm的北界位置订正前后的误差对比。整体而言,订正前T639模式预报的5840线北界位置略偏南,平均偏南0.69个纬度,而订正后的北界位置整体向北移动,订正后的位置平均偏南0.24个纬度,向北订正约0.45个纬度,该方法提高了对5840 gpm线北界位置的预报准确率。图8为2010年11月地面2 m温度144小时预报场订正前后的误差对比。11月预报的平均误差约为-1.0°C,订正后的平均误差为-0.7°C,订正幅度在0.3°C,误差减少了约30%。对于下半月,整体预报的温度偏低,订正效果更加明显。而对于上半月,由于误差的正负交错出现,对预报场基本无修正,该例子也说明只有当系统误差较明显时,该方法才具有较好的订正能力。

2.3 冬半年和夏半年订正效果对比

为了检验不同季节“递减平均法”的订正能力,分别统计了夏半年和冬半年的误差相对订正量,其中定义夏半年为4—9月,冬半年为10月至翌年3月。三个要素预报场夏半年和冬半年的误差相对订

正量对比情况如图 9 所示。对于 500 hPa 高度(图 9a)和 850 hPa 温度场(图 9b),夏半年和冬半年的误差相对订正量区别不大,说明其订正能力随季节无明显变化。而对于 2 m 温度(图 9c),“递减平均法”冬半年的订正能力远大于夏半年。造成这种现象的可能原因是冬半年地面温度变化更剧烈,容易产生系统误差。从其随预报时效变化情况分析:冬半年订正能力随预报时效增加而下降,而夏半年对 2 m 温度的订正能力变化不大。总之,对于 500 hPa 高度和 850 hPa 温度,冬半年和夏半年的订

正技巧相当;而对于 2 m 温度,冬半年订正技巧明显高于夏半年。

2.4 不同权重系数的影响分析

权重系数的大小反映了“递减平均法”中历史预报误差的权重大小,直接影响最后的订正结果。图 10 为 850 hPa 温度的误差相对订正量随权重系数的变化图。对于北半球(图 10a),随着权重系数的增加,第 1 和第 3 天的订正效果先增加后减小,权重系数取 0.08~0.12 时,误差订正效果较好。东亚地区(图 10b)的订正效果随权重系数的变化情况和北半球基本一致,当权重系数取 0.1 附近时具有较好的订正效果。2 m 温度场和 850 hPa 温度场的结论基本一致。而对于 500 hPa 高度场(图略),其误差相对订正量随着权重系数的增加先增加后减小,当权重系数取 0.05~0.08 之间时,误差相对订正量达到极大值。综合以上分析,在实际应用中,对于

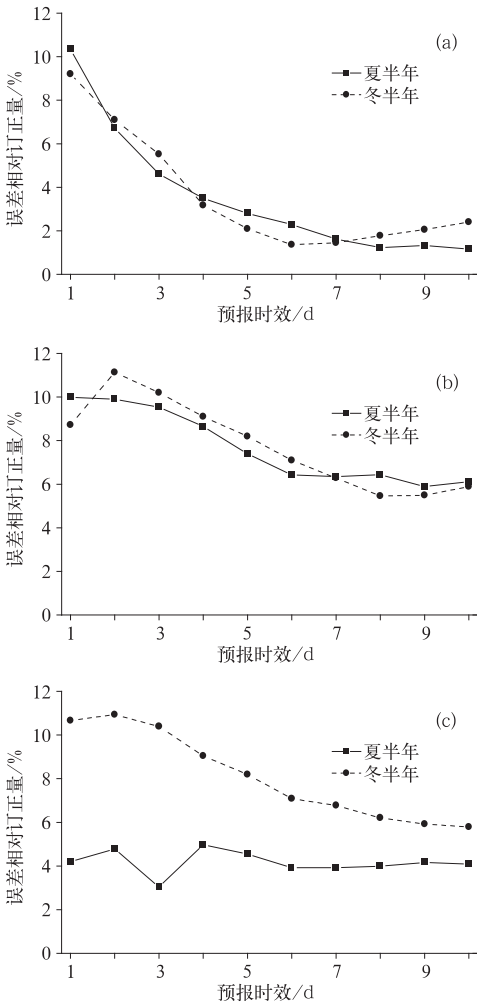


图 9 500 hPa 位势高度(a)、850 hPa 温度(b)和 2 m 温度(c)冬夏半年误差相对订正量对比
Fig. 9 Relative correction errors of cold and warm season for 500 hPa geopotential height (a), 850 hPa temperature (b), and 2 m temperature (c) (square solid: warm season, circle dashed: cold season)

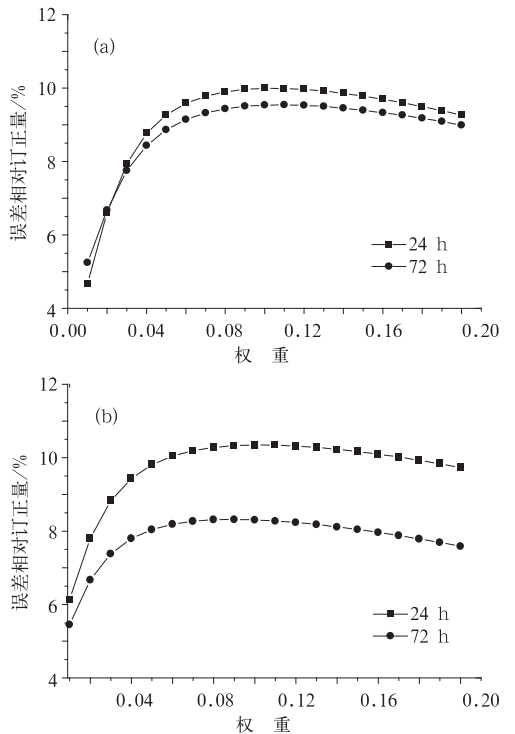


图 10 850 hPa 温度的误差相对订正量随权重系数的变化图
(a) 北半球, (b) 东亚地区
Fig. 10 Relative correction errors of 850 hPa temperature versus different weight factors in (a) Northern Hemisphere, and (b) East Asia

500 hPa 高度场,权重系数约取 0.06,对于 850 hPa 温度和地面 2 m 温度场,权重系数约取 0.1 时,可以得到较好的订正效果。

3 结论和讨论

本文统计了 2009—2010 年 T639 数值模式 500 hPa 高度、850 hPa 温度和 2 m 温度的 1~10 天预报场的系统误差,并尝试利用“递减平均法”对其进行订正,初步得到以下结论:

(1) 对于 500 hPa 高度、850 hPa 温度和 2 m 温度, T639 模式预报都存在一定系统误差,不同要素具有不同的误差空间分布,系统误差具有明显季节变化特征,且随着预报时效的增加而增加。

(2) “递减平均法”总体表现为正的订正技巧,但订正能力随着预报时效的增加而下降,其中 500 hPa 高度场订正能力下降更迅速,而对温度场的订正能力下降较为缓慢。

(3) 对于东亚区域, T639 模式 500 hPa 高度、850 hPa 温度和 2 m 温度预报场的系统误差都小于整个北半球,“递减平均法”的订正能力总体小于整个北半球,但对于 1~3 天 500 hPa 高度预报场订正能力超过 10%。

(4) 对于 500 hPa 位势高度和 850 hPa 温度预报场,冬半年和夏半年的订正技巧基本相当;而对于 2 m 温度预报场,冬半年订正技巧明显高于夏半年。

(5) “递减平均法”中不同权重系数试验表明:使用适当的权重系数可以得到最佳的订正效果。对

于 500 hPa 高度场,权重系数约取 0.06 时,订正效果较好。对于 850 hPa 和 2 m 的温度场,权重系数取 0.1 时,订正效果较好。

目前该统计订正工作只针对 500 hPa 高度、850 hPa 温度和 2 m 温度预报场,对于其他气象要素预报是否也有正的订正技巧,需要进一步开展相关的工作。另外,目前的预报场为 2 年的资料,样本长度对结论是否有一定影响,有待进一步验证。

致谢:感谢美国国家环境预报中心(NCEP)的朱跃建博士、崔波博士给予技术指导;对审稿老师针对本文给予的指导和修改,在此一并感谢!

参考文献

- [1] 管成功,陈起英,佟华,等. T639L60 全球中期预报系统预报试验和性能评估[J]. 气象,2008,34(6):11-16.
- [2] 周慧,崔应杰,胡江凯,等. T639 模式对 2008 年长江流域重大灾害性降水天气过程预报性能的检验分析[J]. 气象,2010,36(9):60-67.
- [3] 石顺吉,吴陈锋,陈德花. 0903 号强热带风暴“莲花”数值预报检验[G]. 第 26 届中国气象学会年会热带气旋科学研讨会分会场论文集,2009:101-107.
- [4] 蔡芩宁. 2009 年 9—11 月 T639、ECMWF 及日本模式中期预报性能检验[J]. 气象,2010,36(2):130-135.
- [5] 李莉,朱跃建. T213 降水预报订正系统的建立与研究[J]. 应用气象学报,2006,17(增刊):130-134.
- [6] 李莉,李应林,田华,等. T213 全球集合预报系统性误差订正研究[J]. 气象,2011,37(1):31-38.
- [7] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京:气象出版社,2004:20-21.
- [8] 任敏,陈炎,璩琰. 安徽暴雨落区与一些物理量关系的统计分析[J]. 气象,2006,32(4):40-44.