

## 2 个数值模式在昆明地区气温预报中的准确率比较

邹阳, 王将\* (云南省昆明市气象局, 云南昆明 650034)

**摘要** 从不同气候带地区和不同季节 2 个方面, 对 2012 年 3 月—2013 年 2 月 24 h 预报时效的 ECMWF 和 T639 模式 2 m 气温预报产品进行了日最高、最低气温的预报准确率、平均绝对误差研究。结果表明, 2 个数值模式 2 m 日最高、最低气温 2 °C 误差的预报准确率明显比 1 °C 误差的预报准确率高。2 m 日最高气温预报准确率, 不同气候带地区均是 ECMWF 模式高于 T639 模式; ECMWF 模式不同季节预报准确率从高到低依次为秋季、冬季、夏季、春季, T639 模式不同季节预报准确率从高到低依次为秋季、夏季、冬季、春季。2 m 日最低气温预报准确率, 北亚热带和中亚热带地区均是 T639 模式高于 ECMWF 模式, 南亚热带地区 ECMWF 模式高于 T639 模式; 2 个数值模式不同季节预报准确率趋势相同, 从高到低依次为夏季、秋季、春季、冬季。

**关键词** 2 m 气温; 预报准确率; 绝对误差; 检验

**中图分类号** S161.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)10-0140-05

### Accuracy Comparison of Two Numerical Models in Temperature Prediction in Kunming

ZOU Yang, WANG Jiang (Kunming City Meteorological Bureau, Kunming, Yunnan 650034)

**Abstract** From the aspects of different climatic zones and different seasons, the forecast accuracy and the average absolute error of daily maximum and minimum temperature of ECMWF and T639 model 2 m temperature forecast products with the forecast aging of 24 h from March 2012 to February 2013 was calculated. The results showed that the forecast accuracy of 2 °C error was significantly higher than that of the 1 °C error in the 2 m daily maximum and minimum temperature of two numerical model. For the forecast accuracy of 2 m daily maximum temperature, ECMWF model was higher than T639 model under the different climatic regions; the forecast accuracy of ECMWF model from high to low in turn for autumn, winter, summer, spring in different seasons; the forecast accuracy of T639 model from high to low in turn for autumn, summer, winter, spring in different seasons. For the forecast accuracy of 2 m daily minimum temperature, the forecast accuracy of T639 model was higher than ECMWF model under the regions of northern subtropics and mid-subtropics; the forecast accuracy of ECMWF model was higher than T639 model under the regions of south subtropics; The forecast accuracy of two numerical models presented same trends from high to low in turn for summer, autumn, spring, winter in different seasons.

**Key words** 2 m temperature; Forecast accuracy; Absolute error; Evaluation

昆明市位于我国西南边陲、云贵高原中部, 地处低纬高原, 海拔高差悬殊, 地形地貌复杂。气温随海拔增高而降低, 垂直差异显著, 高山寒, 山区凉, 坝区暖, 河谷热。春季, 受高空西风气流控制, 天气晴朗, 风力较大, 干燥少雨, 昼夜温差大; 夏季, 受西南季风和东南季风影响, 多大雨、暴雨等强降雨天气, 雨量集中, 降雨量占全年的 6 成以上, 无酷暑期; 秋季, 降温快, 雨量比夏季减少 5 成多; 冬季, 日照充足, 晴朗少雨, 冷空气活动时会出现低温雨雪天气。非绝热加热、气温平流和垂直运动都是影响气温变化的因子, 气温预报一直以来是天气预报的难点<sup>[1-2]</sup>。

目前, 数值预报是天气预报的主要手段, 屠妮妮等<sup>[3]</sup>对 MM5 及 T639 模式的 2 m 气温产品在不同区域进行检验, 发现 2 个模式对不同区域的预报存在不同程度的误差, 我国西部地区模式气温预报与实况近似程度低于中部及南部地区。蔡新玲等<sup>[4]</sup>对不同预报时效的 MM5 模式结果进行了检验并认为模式对气温预报存在系统误差。佟华等<sup>[5]</sup>认为气温误差是由于模式陆面过程所需初值的不科学性以及模式地形高度与实际地形高度存在较大差异造成的。蔡芩宁<sup>[6-7]</sup>、于超<sup>[8]</sup>认为 ECMWF 模式对各系统及要素的预报最接近实况; 日本模式和 T639 模式次之。笔者将从不同气候带地区和不同季节 2 个方面对 ECMWF 和 T639 数值模式气温预报产品进行检验, 了解 2 个数值模式在昆明地区的气温预报水平,

为预报员今后能更好地应用 2 个数值模式气温预报产品提供可以借鉴的订正依据, 增强应用数值预报产品的能力, 提高昆明市气象局预报精细化水平。

### 1 资料与方法

**1.1 模式资料** 选取 2012 年 2 月 29 日—2013 年 2 月 27 日 ECMWF 和 T639 数值模式 08:00、20:00 起报的 24 h 预报时效的 850 hPa 气温。ECMWF 模式格距为 2.5° × 2.5°, T639 模式格距为 1° × 1°。

**1.2 实况资料** 选取 2012 年 3 月 1 日—2013 年 2 月 28 日昆明市 12 个县区国家气象站逐日最高、最低气温数据。

**1.3 检验方法** 由于 2 个模式的气温预报产品是分辨率不同的均匀分布的格点值, 而昆明市 12 个县区国家气象站的气温实况值是不均匀分布的, 因此, 为了方便进行检验需要将模式格点资料插值到国家气象站上。插值方法采用双线性插值, 又称为双线性内插。在数学上, 双线性插值是有 2 个变量的插值函数的线性插值扩展, 其核心思想是在 2 个方向分别进行一次线性插值。如图 1 所示, 已知的空白正方形数据点与待插值得到的实心圆圈数据点。假如想得到未知函数  $f$  在点  $P = (x, y)$  的值, 假设已知函数  $f$  在  $Q_{11} = (x_1, y_1)$ 、 $Q_{12} = (x_1, y_2)$ 、 $Q_{21} = (x_2, y_1)$ 、 $Q_{22} = (x_2, y_2)$  4 个点的值。首先利用公式(1)和公式(2)在  $x$  方向进行线性插值, 得到  $R_1$  和  $R_2$ ; 然后利用公式(3)在  $y$  方向进行线性插值, 得到  $P$ ; 这样就得到所要的结果  $f(x, y)$ 。将 2 个模式 20:00(08:00)起报的 24 h 预报时效的 850 hPa 气温作为模式预报的日最高(低)气温。由于选取的是 ECMWF 和 T639 数值模式的 850 hPa 气温预报值, 因此采用胡林娜<sup>[9]</sup>和卜宪云<sup>[10]</sup>的方法

**基金项目** 昆明市气象局科技创新项目(昆气科学[2013]03)。  
**作者简介** 邹阳(1979—), 男, 广东梅州人, 工程师, 从事天气预报研究。\* 通讯作者, 工程师, 硕士, 从事天气预报研究。  
**收稿日期** 2018-01-03; **修回日期** 2018-01-10

将预报差值的平均值作为订正值,把模式预报值订正至 2 m 气温,表 1 为昆明国家气象站 2 个模式各月最高、最低气温订正值,同理可以得到昆明其他国家气象站 2 个模式各月最高、最低气温订正值。

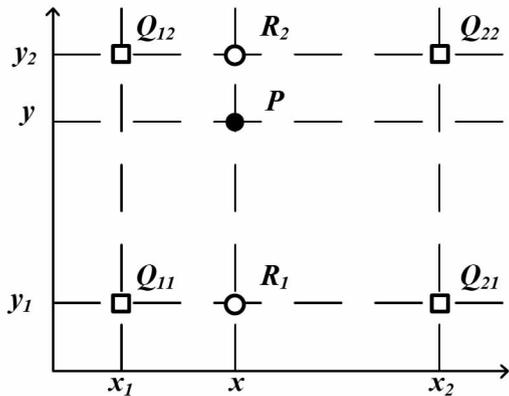


图 1 双线性插值示意

Fig. 1 Diagram of bilinear interpolation method

$$f(R_1) \approx \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(Q_{11}) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(Q_{21}) \text{ where } R_1 = (x, y_1) \quad (1)$$

$$f(R_2) \approx \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(Q_{12}) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(Q_{22}) \text{ where } R_2 = (x, y_2) \quad (2)$$

$$f(P) \approx \frac{y_2 - y}{y_2 - y_1} f(R_1) + \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} f(R_2) \quad (3)$$

采用中国气象局下发的《中短期天气预报质量检验办法(试行)》(2005)109 号文件中的气温的平均绝对误差( $T_{MAE}$ )和预报准确率( $TT_K$ )检验方法,对 2 个模式在昆明地区 2 m 气温预报水平进行检验分析,计算公式如下:

$$T_{MAE} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |F_i - O_i| \quad (4)$$

$$TT_K = \frac{Nr_K}{Nf_K} \times 100\% \quad (5)$$

其中, $F_i$  为第  $i$  站(次)预报气温; $O_i$  为第  $i$  站(次)实况气温; $K$  为 1,2,分别代表  $|F_i - O_i| \leq 1^\circ\text{C}$ 、 $|F_i - O_i| \leq 2^\circ\text{C}$ ;  $Nr_K$  为预报正确的站(次)数; $Nf_K$  为预报的总站(次)数。

## 2 结果与分析

### 2.1 昆明不同气候带地区的气温预报水平

根据段旭等<sup>[11]</sup>最新的气候区划,云南大致可以分为 6 个气候带,即北热带、南亚热带、中亚热带、北亚热带、温带和高原气候带。昆明市共有 12 个县区,其中昆明主城区、安宁、晋宁、呈贡、嵩明、寻甸和太华山属于北亚热带,富民、宜良、石林和禄劝 4 个县区属于中亚热带,东川属于南亚热带。所以,将昆明主城区、安宁、晋宁、呈贡、嵩明、寻甸和太华山 7 个县区定义为北亚热带地区,富民、宜良、石林和禄劝 4 个县区定义为中亚热带地区,东川定义为南亚热带地区。为了了解 2 个数值模式对昆明不同气候带地区的气温预报水平,对 2012 年 3 月—2013 年 2 月昆明 12 个县区国家气象站 2 个模式 24 h 的 2 m 日最高、最低气温预报产品进行准确率评分。

对比昆明地区不同标准的 2 m 日最高、最低气温 24 h 预报准确率(图 2)发现,2 个模式  $K=2^\circ\text{C}$  ( $2^\circ\text{C}$  误差)的预报准

表 1 昆明国家气象站 ECMWF、T639 各月最高、最低气温订正值

Table 1 Corrected value on maximum, minimum temperature of ECMWF and T639 models at Kunming station in different months  $^\circ\text{C}$

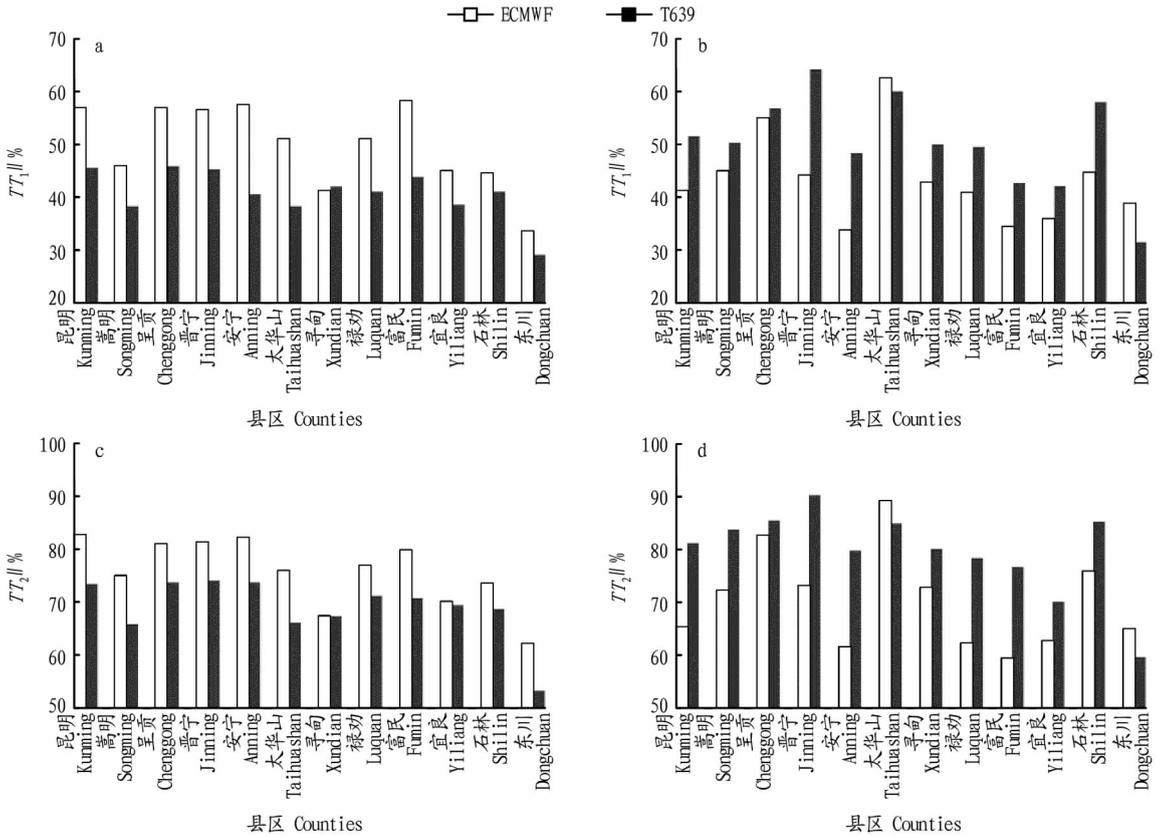
月份 Month	最高气温订正值 Corrected value of maximum temperature		最低气温订正值 Corrected value of minimum temperature	
	ECMWF	T639	ECMWF	T639
1	-2.2	-4.0	7.9	5.6
2	-2.5	-5.0	7.6	3.8
3	-1.5	-2.3	7.4	4.7
4	-0.7	-3.1	6.6	3.5
5	-2.5	-4.2	3.7	2.6
6	-2.5	-2.4	2.6	2.8
7	-1.7	-1.7	2.1	2.3
8	-2.6	-2.6	2.8	2.0
9	-1.9	-2.4	2.3	2.5
10	-2.0	-3.7	3.8	3.0
11	-2.4	-5.0	6.5	4.9
12	-2.1	-4.6	7.9	4.5

准确率明显比  $K=1^\circ\text{C}$  ( $1^\circ\text{C}$  误差)的预报准确率有所提高,2 m 日最高气温:ECMWF 模式提高了 25.8%,T639 模式提高了 28.2%;2 m 日最低气温:ECMWF 模式提高了 26.9%,T639 模式提高了 29.2%。分别计算 2 个模式  $K=2^\circ\text{C}$  标准的不同地区平均 2 m 日最高气温预报准确率,北亚热带地区:ECMWF 模式为 78.1%,T639 模式为 70.7%;中亚热带地区:ECMWF 模式为 75.3%,T639 模式为 70.1%;南亚热带地区:ECMWF 模式为 62.2%,T639 模式为 53.5%。所以,对于 2 m 日最高气温预报准确率来说,不同气候带地区均是 ECMWF 模式高于 T639 模式。分别计算 2 个模式  $K=2^\circ\text{C}$  标准的不同地区平均 2 m 日最低气温预报准确率,北亚热带地区:ECMWF 模式为 74.0%,T639 模式为 83.8%;中亚热带地区:ECMWF 模式为 65.4%,T639 模式为 77.7%;南亚热带地区:ECMWF 模式为 65.2%,T639 模式为 59.8%。所以,对于 2 m 日最低气温预报准确率来说,北亚热带和中亚热带地区均是 T639 模式高于 ECMWF 模式;南亚热带地区 ECMWF 模式高于 T639 模式。从 2012 年 3 月—2013 年 2 月 ECMWF 和 T639 模式不同气候带地区 2 m 日最高、最低气温平均绝对误差(图 3)来看,与预报准确率的结论(图 2)完全一致。

### 2.2 昆明不同季节的气温预报水平

根据气象上的划分法对四季进行划分:2012 年 3—5 月为春季,2012 年 6—8 月为夏季,2012 年 9—11 月为秋季,2012 年 12 月—2013 年 2 月为冬季。计算不同季节 2 m 日最高、最低气温 24 h 预报准确率  $TT_2$ 。

从图 4 可以看出,春季,ECMWF 模式预报准确率为 63.0%~78.3%,T639 模式预报准确率为 57.8%~70.0%;除寻甸、宜良 T639 模式高于 ECMWF 模式(分别高 7.0% 和 0.4%)外,昆明其他县区均是 ECMWF 模式高于 T639 模式,ECMWF 模式比 T639 模式高 4.1%~13.9%。夏季,ECMWF 模式预报准确率为 66.3%~82.6%,T639 模式预报准确率



注:a. 日最高气温,  $K=1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; b. 日最低气温,  $K=1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; c. 日最高气温,  $K=2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; d. 日最低气温,  $K=2\text{ }^{\circ}\text{C}$

Note: a. Daily maximum temperature,  $K=1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; b. Daily minimum temperature,  $K=1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; c. Daily maximum air temperature,  $K=2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; d. Daily minimum air temperature,  $K=2\text{ }^{\circ}\text{C}$

图2 2012年3月—2013年2月不同标准不同气候带地区ECMWF和T639模式2m日最高、最低气温24h预报准确率

Fig. 2 Forecast accuracy of 2 meter daily maximum and minimum temperature of ECMWF and T639 models' 24 h forecast products with different standards at different climate zone areas from March 2012 to February 2013

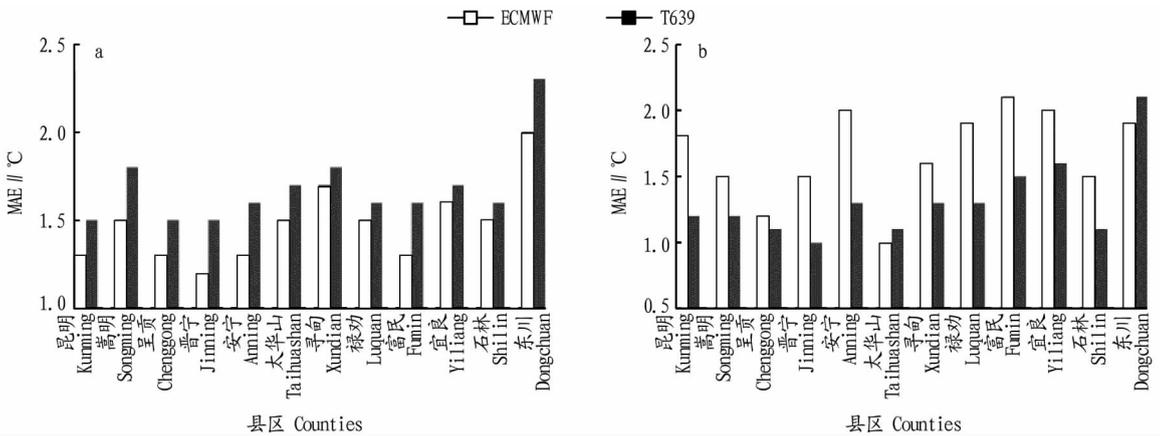


图3 2012年3月—2013年2月不同气候带地区ECMWF和T639模式2m日最高(a)、最低(b)气温平均绝对误差(MAE)

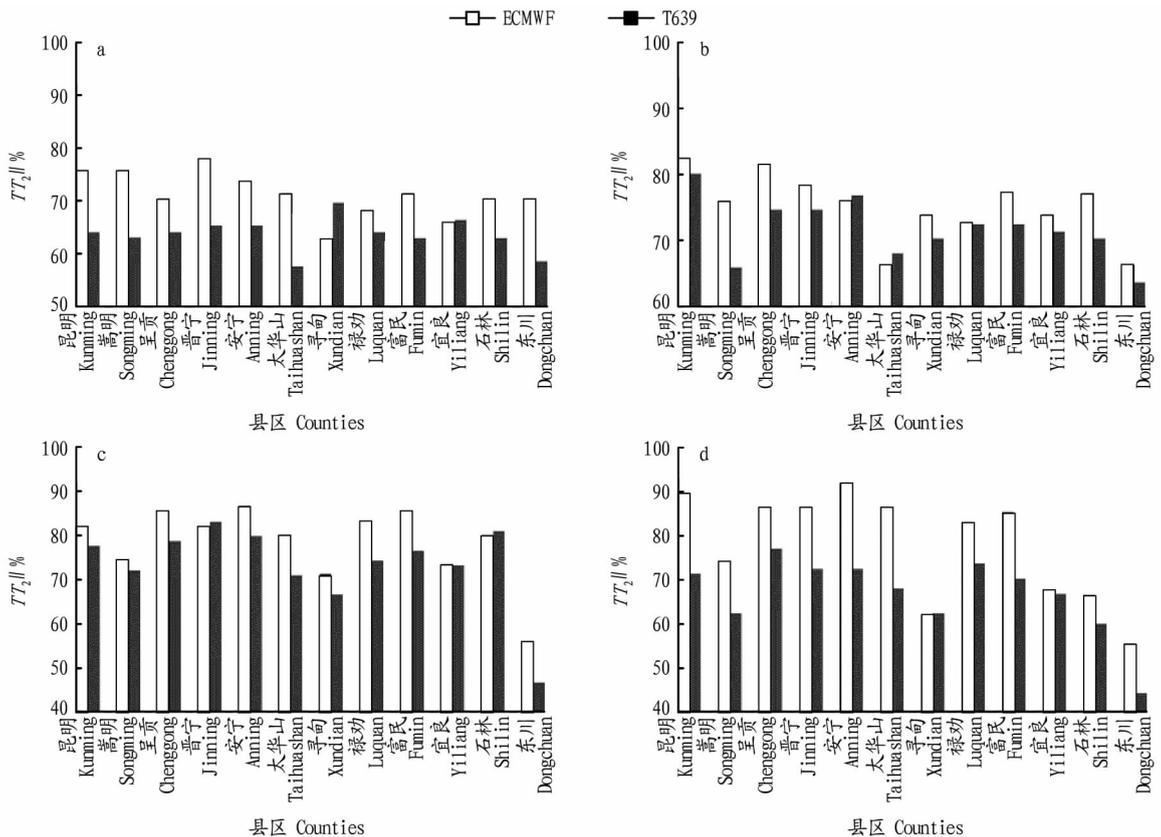
Fig. 3 Mean absolute error of 2 meter daily maximum (a) and minimum (b) temperature of ECMWF and T639 models at different climate zone areas from March 2012 to February 2013

为63.7%~80.2%;除安宁、太华山T639模式高于ECMWF模式(分别高0.8%和1.8%)外,昆明其他县均是ECMWF模式高于T639模式,ECMWF模式比T639模式高0.3%~10.2%。秋季,ECMWF模式预报准确率为56.0%~86.8%,T639模式预报准确率为46.7%~83.3%;除安宁、太华山T639模式高于ECMWF模式(分别高0.8%和1.8%)外,昆

明其他县均是ECMWF模式高于T639模式,ECMWF模式比T639模式高0.3%~10.2%。冬季,ECMWF模式预报准确率为55.6%~92.2%,T639模式预报准确率为44.3%~77.3%;除寻甸T639模式高于ECMWF模式(高0.3%)外,昆明其他县均是ECMWF模式高于T639模式,ECMWF模式比T639模式高0.8%~19.5%。分别计算不同季节2个

模式昆明 12 个县区平均预报准确率发现,ECMWF 模式预报准确率从高到低依次为秋季(78.6%)、冬季(78.2%)、夏季(75.2%)、春季(71.5%),T639 模式预报准确率从高到低依

次为秋季(73.5%)、夏季(71.8%)、冬季(67.0%)、春季(64.0%)。



注:a.春季;b.夏季;c.秋季;d.冬季

Note: a. Spring; b. Summer; c. Autumn; d. Winter

图4 ECMWF和T639模式昆明12个县区不同季节2 m日最高气温预报准确率

Fig. 4 Forecast accuracy of 2 meter daily maximum temperature of ECMWF and T639 models at 12 stations in different seasons

从图5可以看出,春季,ECMWF模式预报准确率为52.2%~80.4%,T639模式预报准确率为45.1%~94.5%;除东川ECMWF模式高于T639模式(高14.7%)外,昆明其他县区均是T639模式高于ECMWF模式,T639模式比ECMWF模式高0.9%~29.1%。夏季,ECMWF模式预报准确率为81.5%~100.0%,T639模式预报准确率为80.5%~98.9%;除呈贡、太华山和东川ECMWF模式高于T639模式(分别高1.4%、2.3%和1.0%)外,昆明其他县区均是T639模式高于ECMWF模式,T639模式比ECMWF模式高0.8%~10.7%。秋季,ECMWF模式预报准确率为54.9%~91.2%,T639模式预报准确率为62.5%~89.8%;除太华山和东川ECMWF模式高于T639模式(分别高1.4%和0.9%)外,昆明其他县区均是T639模式高于ECMWF模式,T639模式比ECMWF模式高6.5%~16.7%。冬季,ECMWF模式预报准确率为43.3%~85.6%,T639模式预报准确率为41.4%~87.4%;除呈贡、太华山和东川ECMWF模式高于T639模式(分别高5.3%、14.3%和4.2%)外,昆明其他县区均是T639模式高于ECMWF模式,T639模式比ECMWF模式高6.7%~25.2%。分别计算不同季节2个模式昆明12个

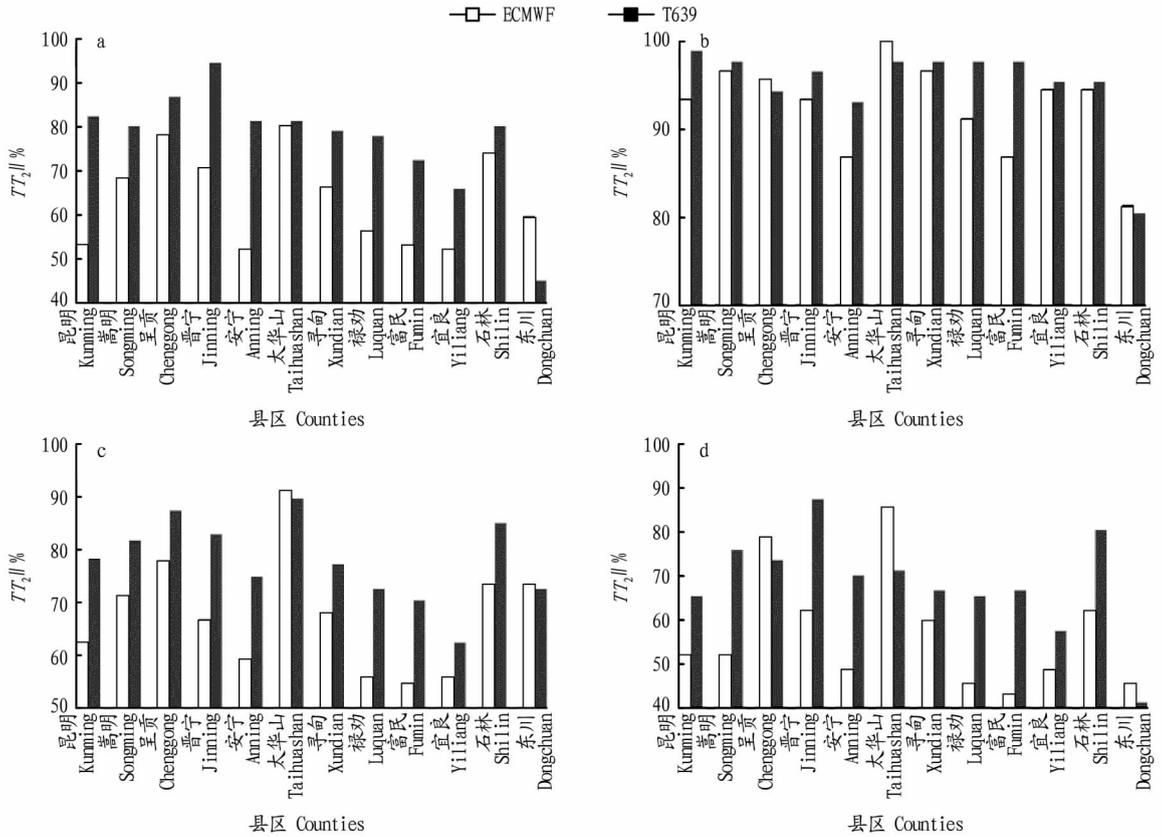
县区平均预报准确率发现,ECMWF模式预报准确率从高到低依次为夏季(92.7%)、秋季(67.6%)、春季(63.8%)、冬季(57.1%),T639模式预报准确率从高到低依次为夏季(95.2%)、秋季(78.0%)、春季(67.0%)、冬季(64.0%)。

### 3 结论

(1) ECMWF和T639数值模式2 m日最高、最低气温2℃误差的预报准确率明显比1℃误差的预报准确率高。

(2) 分析ECMWF和T639模式对昆明不同气候带地区的气温预报水平发现,2 m日最高气温预报准确率不同气候带地区都是ECMWF模式高于T639模式;2 m日最低气温预报准确率北亚热带和中亚热带地区均是T639模式高于ECMWF模式,南亚热带地区ECMWF模式高于T639模式。

(3) 分析ECMWF和T639模式对昆明不同季节的气温预报水平发现,2 m日最高气温ECMWF模式预报准确率从高到低依次为秋季、冬季、夏季、春季,T639模式预报准确率从高到低依次为秋季、夏季、冬季、春季;2 m日最低气温ECMWF和T639模式不同季节预报准确率趋势相同,从高到低依次为夏季、秋季、春季、冬季。



注:a.春季;b.夏季;c.秋季;d.冬季

Note:a. Spring; b. Summer;c. Autumn;d. Winter

图5 ECMWF和T639模式昆明12个县区不同季节2 m日最低气温预报准确率

Fig.5 Forecast accuracy of 2 meter daily minimum temperature of ECMWF and T639 models at 12 stations in different seasons

参考文献

[1] 赵声蓉. 多模式温度集成预报[J]. 应用气象学报, 2006, 17(1): 52-58.

[2] 赵斌华, 汤光华, 李力. 某场站温度预报初探[J]. 应用数学, 2004(S2): 139-143.

[3] 屠妮妮, 何光碧, 张利红. 成都区域气象中心业务数值预报产品检验分析[J]. 高原山地气象研究, 2010, 30(1): 21-28.

[4] 蔡新玲, 贺皓, 高红燕, 等. 中尺度数值预报模式输出产品温度和相对湿度湿度的检验[J]. 陕西气象, 2006(1): 4-8.

[5] 佟华, 姚明明, 王雨, 等. T213L31 全球中期数值天气预报系统 2 m 温度预报误差源分析[J]. 气象, 2006, 32(2): 52-57.

[6] 蔡彦宁. 2009 年 9—11 月 T639、ECMWF 及日本模式中后期预报性能检验[J]. 气象, 2010, 36(2): 130-135.

[7] 蔡彦宁. 2010 年 3—5 月 T639、ECMWF 及日本模式中后期预报性能检验[J]. 气象, 2010, 36(8): 106-110.

[8] 于超. 2010 年 6—8 月 T639、ECMWF 及日本模式中后期预报性能检验[J]. 气象, 2010, 36(11): 104-108.

[9] 胡林娜. 最高最低气温预报中的“温差订正法”[J]. 江西气象科技, 1995(2): 39-40.

[10] 卜宪云. 日本传真图 FXFE782 中温度预报的检验与应用[J]. 辽宁气象, 1996(1): 11-12.

[11] 段旭, 陶云, 段长春. 云南省细网格气候区划及气候代表站选取[J]. 大气科学学报, 2011, 34(3): 336-342.

[11] 邵青松, 黄瑜秋, 胡润淮, 等. 金线莲形态学性状与产量形成关系的多重分析[J]. 中国中药杂志, 2014, 39(13): 2456-2459.

[12] 张志信, 张铁, 赵保发, 等. 文山野生金线莲总黄酮及多糖含量测定[J]. 时针国医国药, 2009, 20(6): 1362-1364.

[13] 胡国海, 李洪潮, 解成骏. 云南文山人工种植金线莲中的微量元素含量测定[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(14): 7294-7295, 7330.

[14] 李娅, 武自强, 景跃波, 等. 西南栎苗木猝倒病的症状及其病原菌的鉴定[J]. 西部林业科学, 2013, 42(1): 86-90.

[15] 李娅, 朱飘逸, 景跃波, 等. 西南栎苗木猝倒病生防菌的筛选及鉴定研究[J]. 西部林业科学, 2013, 42(6): 109-114.

(上接第 105 页)

[6] 张铁, 万京, 沐建华. 文山地区金线莲种质资源初步调查[J]. 文山师专高等专科学校学报, 2005, 18(1): 26-28.

[7] 冉彩虹. 台湾金线莲组培苗生根培养研究[J]. 福建林业科技, 2009, 36(4): 158-160.

[8] 罗晓青, 蒙秋伊, 查兰松, 等. 兴仁金线莲丛生芽诱导增殖研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(22): 11231-11232, 11260.

[9] 李丹丹, 彭金年, 张付远. 不同来源金线莲中总黄酮含量的比较[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(14): 6213-6214.

[10] 蒋元斌, 李健, 马玉芳, 等. 福建金线莲和台湾金线莲不同采收期多糖的变化[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2014, 43(3): 124-127.

**本刊提示** 来稿请用国家统一的法定计量单位的名称和符号, 不要使用国家已废除了的单位。如面积用  $hm^2$  (公顷)、 $m^2$  (平方米), 不用亩、 $尺^2$  等; 质量用 t (吨)、kg (千克)、mg (毫克), 不再用担等; 表示浓度的 ppm 一律改用 mg/kg、mg/L 或  $\mu L/L$ 。