

肖玉华,赵静,蒋丽娟.数值模式预报性能的地域性特点初步分析[J].暴雨灾害,2010,29(4):322-327

# 数值模式预报性能的地域性特点初步分析

肖玉华<sup>1</sup>,赵静<sup>2</sup>,蒋丽娟<sup>3</sup>

(1.四川省气象台,成都 610072;2.成都市气象局,成都 610072;3.四川省信息中心,成都 610072)

**摘要:**根据地理地貌,将全国分成东北、西北、东南、西南四个区域,对 T639、T213、ECMWF、日本和德国数值预报模式 2008 年 5—9 月的预报分区域进行了客观检验分析。结果表明:模式的降水预报能力与地理的关系似乎比与地形的关系更为紧密一些;2008 年,各模式在西南地区的降水预报能力随着降水级别的增加而减弱,到暴雨级别,西南区已成为各模式  $T_s$  评分最低区域;降水级别预报正确率高值区域在北方两区,正确率最低值出现在四川盆地;模式降水量预报平均误差显示,大误差并不出现在高原主体,而基本都与大的山脉对应,且都为负误差,但四川盆地除外,仍然是大误差所在地;2 m 温度预报平均误差的量级是随海拔高度的增加而增加,误差由正转为负;各模式高空要素预报最大误差大都出现在西南区,其次是西北区。

**关键词:**数值模式;预报性能;地域性

中图分类号:P459.9 文献标识码:A 文章编号:1004-9045(2010)04-0322-06

## 1 引言

我国幅员辽阔,地形地貌及气候差异显著。西部有世界最高大、平均海拔在 4 000 m 以上的青藏高原,东部则为宽广的平原和丘陵。北方尤其是西北地区雨季时间短,雨量小,而东南部不仅雨季持续时间长,且年降水总量大。西南地区由于其特殊的地理地形,又多突发性、小范围暴雨。

数值预报模式现已成为天气预报不可或缺的重要技术支撑。但是,由于主观(模式设计者在构建模式时考虑的重点不同,想要达到的目的不同)和客观因素,比如,地形处理的难度等<sup>[1-3]</sup>,数值模式预报产品并非百分百准确。实际运用中发现,不仅各模式的预报质量参差不齐,即使同一模式,在不同地理、地貌区域的预报性能也有差异。因此,检验数值模式预报产品已逐渐成为数值模式发展不可分割的一部分。目前,国内外气象工作者比较多地检验了同一模式在某地区较长时间预报质量<sup>[4-10]</sup>,而对同一模式在不同地理、地貌区域的预报性能差异或同一地区不同模式的预报质量差异分析还不多见,但这却是一个既有理论意义又有实际意义的问题。

本文将全国分成东北、西北、东南及西南四区域,利用 2008 年汛期自动站实测资料,对目前我国天气预报中广泛使用、预报区域覆盖全国的 T639、T213、日本(JAPAN)、德国(GERMANY)和 ECMWF 五模式的

预报性能与地理、地貌的关系进行初步分析,以期对模式研制人员和预报员提供有益的信息。

## 2 区域划分、检验内容和资料说明

### 2.1 区域划分

本文区域划分分地理分区和地貌分区两种。地理分区按照经纬度划分,以 35°N 和 110°E 为界将全国划分成四个区域。地貌分区尽量遵循同一区有大致相同地理地貌的原则,以行政省区为单元将全国划分成东北、西北、东南、西南四个区域(表 1)。东北区和东南区西起大兴安岭、太行山,属于我国地貌的第三阶梯,海拔多在 1 000 m 以下。西北区大致南起青藏高原的北缘,东到太行山,属于我国地貌的第二阶梯,海拔大约在 1 000~2 000 m。西南区位于我国地貌的第一阶梯内,区内最大的特点是不仅平均海拔高度高,而且

表 1 模式客观检验分区及范围

地面要素检验分区	高空要素检验分区
东北区(辽宁,吉林,黑龙江)	110°-135°E, 35°-55°N
西北区(山西,内蒙古,陕西,甘肃,青海,宁夏,新疆)	80°-110°E, 35°-55°N
东南区(北京,天津,河北,上海,江苏,浙江,安徽,福建,江西,山东,河南,河北,湖南,广东,广西,海南)	110°-135°E, 15°-35°N
西南区(四川,云南,贵州,重庆,西藏)	80°-110°E, 15°-35°N

收稿日期:2010-10-20;定稿日期:2010-11-02

资助项目:四川省气象局科学技术研究开发课题

作者简介:肖玉华,女,1961 年生,高级工程师。主要从事数值预报模式研究和检验。E-mail: xiaoyuhua9889@hotmail.com

垂直梯度大。

本文中,地貌分区用于检验地面要素,地理分区用于检验高空要素。检验地面要素时,将预报格点值插值到站点,以自动站观测资料为检验标准。高空要素的客观检验直接针对预报格点场,以模式自身的初始分析场为标准。

2.2 检验内容和资料说明

本文检验要素包括地面要素(24 h 降水、2 m 温度和地面气压)和高空要素(500 hPa 高度、850 hPa 温度和 500、700、850 hPa 风速风向预报)。受检模式共五个:T639、T213、日本、德国和 ECMWF 模式。受可用资料限制,要素不同,受检模式有所不同(表 2)。另外,由于技术原因,2008 年没能收集到湖北和江苏省的自动站资料,故没对这两个省的地面要素进行检验。

3 降水检验

分区域计算四个模式 2008 年 5—9 月每天 24 h

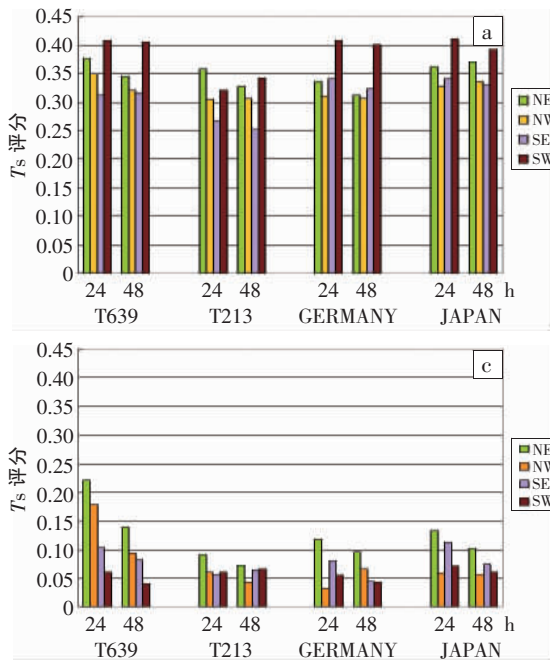


表 2 受检要素及模式

要素	受检模式
降水	T639、T213、日本、德国
2 m 温度	T639、T213
地面气压	T213、日本
500 hPa 高度场	T639、T213、日本、ECMWF
850 hPa 温度场	T639、T213、日本、ECMWF
风场	T213、ECMWF

降水预报  $T_s$  评分、均方根误差、降水级别误差,并求得它们的平均值和降水量预报平均误差。

3.1  $T_s$  评分

$T_s$  评分的计算公式如下:

$$T_s = \frac{Na}{Na + Nb + Nc} \quad (1)$$

其中, $Na$  为预报正确站点数, $Nb$  为空报站点数, $Nc$  为漏报站点数。图 1 为 2008 年 5—9 月不同级别降水的平均  $T_s$  评分。

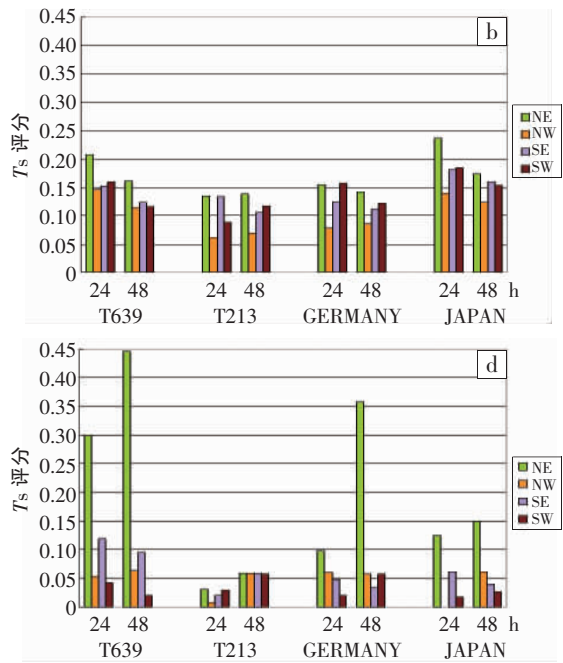


图 1 2008 年 5—9 月小雨(a)、中雨(b)、大雨(c)、暴雨(d)平均  $T_s$  评分图

由图可见,四个模式的小雨预报(图 1a)评分差别不大,除 T213 的 24 h 外,西南地区为各模式小雨  $T_s$  评分高值区(红),东北区(绿)次之。随着降水级别的增加,西南地区逐渐成为各模式  $T_s$  评分低值区,东北成为  $T_s$  评分高值区。在暴雨量级,东北区的  $T_s$  评分明显高于西南区,尤其是 T639 模式。此外,随着降水级别的增加,各模式降水预报能力差异加大,T639 逐渐成为各级别降水预报评分相对最高的模式。T639 在四个区、两个时效(24 h、48 h)的暴雨预报  $T_s$  评分,除 48 h 西南区外,均高于 T213、日本和德国模式。

3.2 级别预报正确率

如前所述, $T_s$  评分能反映模式对各级降水的预报能力,但却掩盖了模式降水预报能力的空间信息。为此,本文设计如(2)的公式计算降水级别预报误差  $Dg_s$ 。

$$Dg_s = P_s(i) - O_s(i) \quad (2)$$

其中, $P_s(i)$ 代表第  $i$  日模式预报站点  $s$  的降水级别, $O_s(i)$ 为第  $i$  日站点  $s$  的实况降水级别。 $P_s=1, 2, \dots, 6$ , 分别代表小雨,中雨,……,特大暴雨。 $O_s$  类似。

由定义可知,误差为正表示模式对该站点降水级别大报(即预报 > 实况,包括空报),为负表示级别小报(预报偏小)或完全漏报,0 则表示预报正确。在每日结果的基础上,分正、负和正确(0)分别统计降水级别

误差(剔除了无资料的情况),得到模式降水级别分类误差概率和正确率。

从级别预报正确率的空间分布图(图 2)可以看出,四个模式的级别预报正确率大值区出现在北方两区,尤其是国内两个模式,在这两个区的正确率可超过

80%;四个模式的正确率低值区出现在南方两区,其中又以四川盆地中、南部为最,四个模式都在此出现低正确率,T213 模式在该区的正确率甚至低于 20%。分析模式预报正确率 > 60%面积发现,T639 在北方两区的面积最大,德国模式在南方两区的低正确率面积最小。

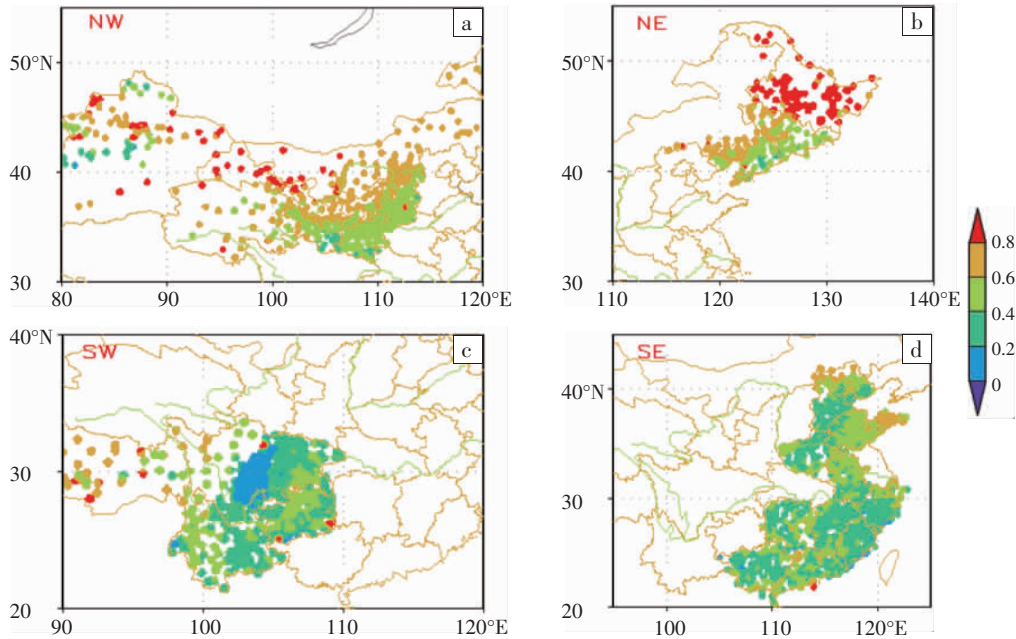


图 2 2008 年 5—9 月 T213 模式在西北区(a)、东北区(b)、西南区(c)、东南区(d)的降水级别预报正确率空间分布图

据以上的分析可以看出,高正确率出现在北方一定程度是地理位置的结果。北方降水次数、降水量级都小于南方,换句话说,出错概率小于南方,因而正确率较高。

### 3.3 均方根误差

$T_s$  评分从正面一定程度地反映了模式在一定区域内对各级降水预报的总体水平,为了更全面地了解模式的降水预报能力,本文按式(3)计算降水预报的均方根误差  $RMS$ ,以期从误差的角度反映模式的预报性能。

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2} \quad (3)$$

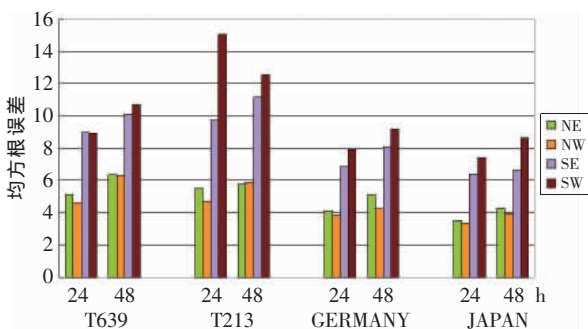


图 3 2008 年 5—9 月降水量预报平均均方根误差图

式中, $N$  为区域内站点总数, $P$  代表站点  $i$  的预报降水量, $O$  为站点  $i$  的实况雨量。均方根误差可以反映模式对该区降水量预报的总体误差水平。

从汛期模式降水量预报平均均方根误差图(图 3)上可见,北方两区的误差小于南方两区,这与北方降水量小于南方有一定关系。值得一提的是,四个模式、两个时效的均方根误差都在西南区达到最大,一定程度上说明西南地区是模式降水预报的难点。

### 3.4 降水量误差

由公式(3)可知,降水量预报均方根误差反映模式在一个区域内的误差总体水平,不能反映误差的空间分布。为了弥补这一缺陷,本文设计了计算某站降水总量预报误差( $Dr_s$ )的公式:

$$Dr_s = \frac{\sum_{i=1}^N P_s(i) - \sum_{i=1}^N O_s(i)}{N} \quad s=1,2,\dots,M \quad (4)$$

其中, $M$  为区域内站点总数, $N$  为降水总日数, $P_s(i)$  为站点  $s$  第  $i$  日预报降水量, $O_s(i)$  为站点  $s$  第  $i$  日的实况雨量。 $N$  为有降水的统计日数,无降水日和无资料日被剔除。

计算结果显示,模式降水量预报平均误差高值并不出现在高原主体,西南地区的青藏高原、西北地区

的蒙古高原都不是大误差区,四个模式在这些地区的误差绝对值一般都不超过 5 mm。四个模式的大误差区基本都与山脉对应,且这些地区都为负误差,如西北区的吕梁山、太行山区,东北区辽宁境内的山区,东南区的山东泰山、大别山、武陵山、武夷山及南岭,都是绝对值  $\geq 10$  mm 的大误差所在地。

比较四个模式对四个区域的预报误差空间分布可知,四个模式对西北、东北、东南三区的预报误差空

间分布比较一致(图略),但对西南区的预报误差空间分布有较大差异。图 4 是四个模式在西南区的误差空间分布。仔细分析发现,差异最大区主要出现在四川盆地中、南部和云南。T213(图 4b)在四川盆地大部的平均误差为+10 mm,而德国预报平均误差为-10~-5 mm。几个模式对西藏、贵州和四川东部的预报平均误差比较一致,在 10 mm 左右,但各模式均为负误差,即均为预报小于实况。

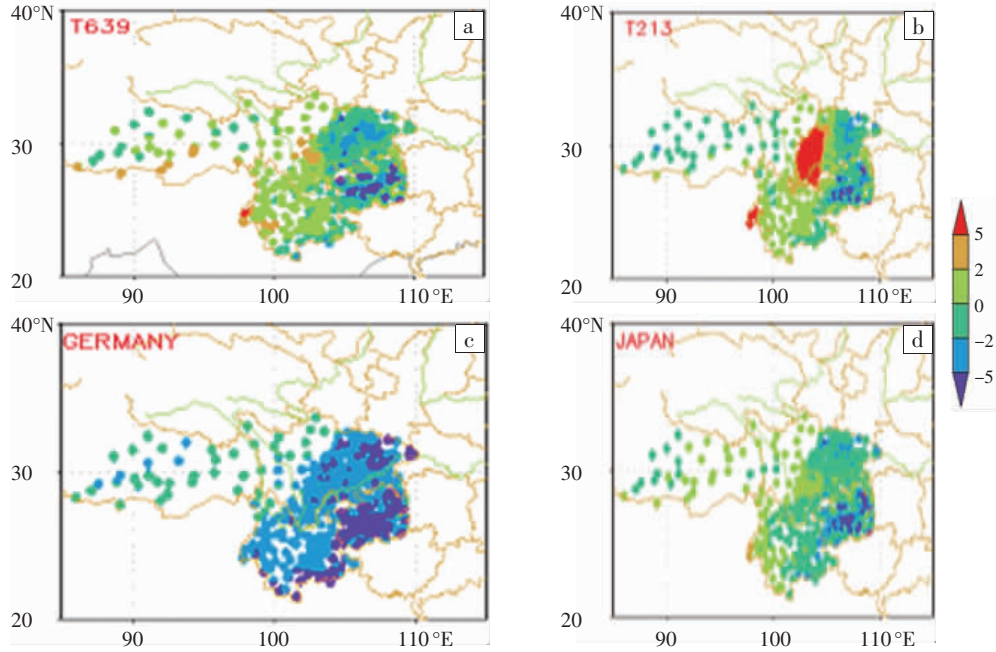


图 4 2008 年 5—9 月 T639(a)、T213(b)、GERMANY(c)、JAPAN(d)模式在西南区降水量预报平均误差图(单位:mm)

### 4 2 m 温度

2 m 温度预报平均误差计算类似公式 (4)。分析

T639 模式(未经地形订正的)的 2 m 温度预报误差(图 5)发现,一般而言,误差量随海拔高度的增加而增加。西南区的青藏高原和西北区的天山山脉是两个模式的

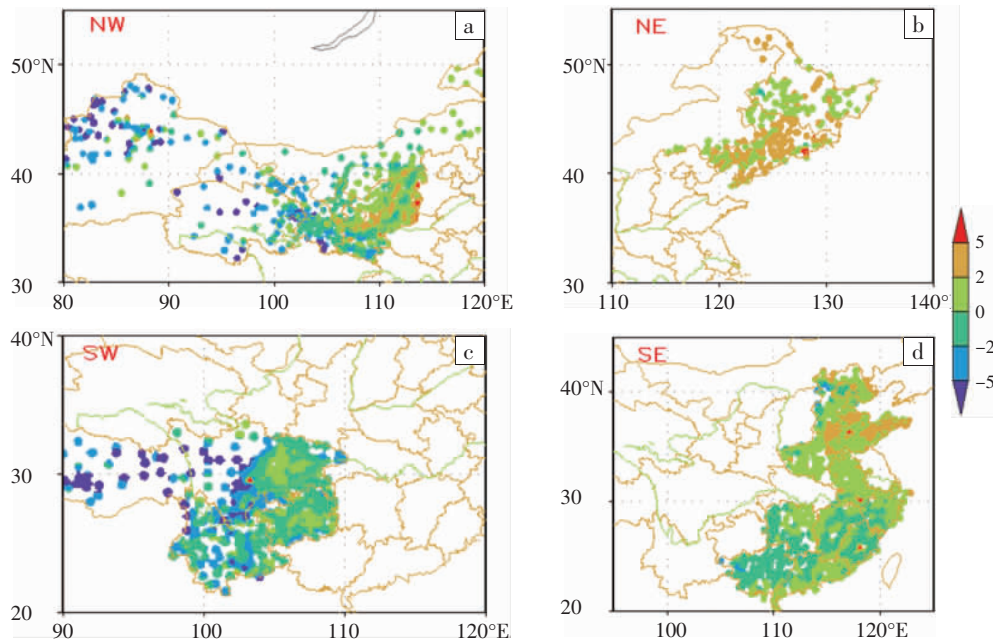


图 5 T639 模式在西北(a)、东北(b)、西南(c)、东南(d)四区域 2 m 温度预报平均误差分布图(单位:°C)

大误差区所在,误差绝对值可超过 5 °C,而平原及丘陵区的误差大都都在 2 °C 以内;此外,随着海拔高度的增加,误差趋势(正、负)发生变化,基本遵循从正到负的规律,即模式一般偏高预报低海拔地区的 2 m 温度,而偏低预报高海拔地区的地面温度。这一误差分布也说明,模式预报的 2 m 温度要进行地形订正的必要性。

### 5 高空要素

#### 5.1 500 hPa 高度场

T639、ECMWF 和日本模式 500 hPa 高度场预报在四个区的平均误差(图略)都在±1 dagpm 之间,T213 的误差稍大,大都在-2~+2 dagpm 之间,在四川西北部平均误差达到-3~-2 dagpm。

#### 5.2 850 hPa 温度场

ECMWF 和日本模式在四个区的平均误差(图略)都在±1 °C 之间,T213 误差相对较大。在西北区有低于-3 °C 的平均误差,四川东南部也有介于-3~-2 °C 的

平均误差。

#### 5.3 风速

ECMWF 的风速预报在四个区的平均误差(图略)都在±1 m/s 之间,且误差随高度、时效无明显变化;T213 的风速误差空间分布有西部大于东部的特点,最大区出现在西南。误差大小随高度变化不大,但随时效的延长有增大的趋势。

#### 5.4 风向

ECMWF 的风向平均误差在±30°之间,大误差区(120°~130°)的范围很小,出现在西部两区,其中四川北部是大误差多发(3 层次×2 时效)地区。误差值大小和面积随高度和预报时效变化不大。相比而言,T213 的风向误差较大,尤其在西南区,风向误差绝对值超过 30°的面积较大,在 500 hPa 上(图 6),四川盆地西南部为超过-30°的风向误差,青藏高原东部和南部为>+30°的风向误差。随着高度降低和时效延长,大误差面积增大,可从西南扩展到全国。

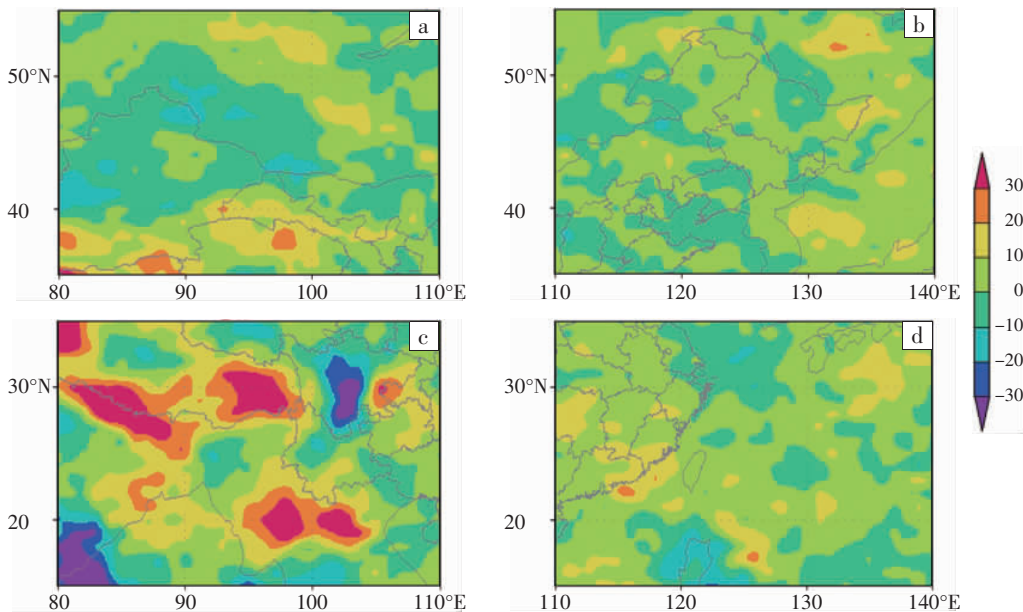


图 6 T213 在西北(a)、东北(b)、西南(c)、东南(d)四区域 500 hPa 风向预报平均误差(单位:°)图

上述对高空要素的分析表明,高空要素的预报仍然受地形地貌的影响。同一个模式,大误差更多地出现在西部两区尤其是西南区。

### 6 结论

(1)从 2008 年汛期平均的降水  $T_s$  评分看,各模式在西南地区的降水预报能力随着降水级别的增加而减弱,到暴雨级别,西南区已成为各模式  $T_s$  评分最低区域;各模式降水量预报均方根误差也在西南区最大。

(2)模式降水量预报平均误差显示,大误差并不出现在高原主体,而是基本都与大的山脉对应,且都为负误差。

(3)降水级别预报高正确率区在北方两区,最高可超过 80%,正确率最低值出现在四川盆地,可低于 20%;T639 在北方两区的高正确率面积最大,德国模式在南方两区的低正确率面积最小。

(4)2 m 温度预报平均误差量级随海拔高度增加而增加,西南区的青藏高原误差绝对值可超过 5 °C,而平原及丘陵区的误差都在 2 °C 以内;随海拔高度的增加,误差由正误差变为负误差,即模式通常偏高预报低海拔地区的 2 m 温度,而低报高海拔地区地面温度。

(5)高空要素 500 hPa 高度场、850 hPa 温度场以及 500、700、850 hPa 风场预报,以 ECMWF 和日本模式

误差较小,T213 误差相对较大;从误差的空间分布看,各模式最大误差大都出现西南区,其次是西北区。

由于降水样本的时空变化很大,且模式在不断完善和改进,因此,统计结果主要反映所用资料年的数值模式预报性能。

#### 参考文献:

- [1] 吕世华,钱永甫.有地形数值模式中水平分辨率对预报质量的影响[J].高原气象,1985,4(1):23-33.
- [2] 王光辉,陈峰峰,沈学顺,等.数值模式中地形滤波处理机水平扩散对降雨预报的影响[J].地球物理学报,2008,51(6):1642-1650.
- [3] 矫梅燕,毕宝贵.夏季北京地区强地形雨中尺度结构分析[J].气象,31(6):9-14.
- [4] 肖玉华,何光碧,陈静,等.AREM 对 2008 年西南地区低温雨雪天气预报能力的检验[J].暴雨灾害,2009,28(2):152-156.
- [5] 公颖,李俊,廖移山,等. AREM 模式对 0604、0605 号台风的预报分析[J].气象科技,2008,36(1):8-14.
- [6] 公颖. 2007 年汛期 AREM 模式降水预报效果检验分析[J].暴雨灾害,2007,26(4):372-380.
- [7] 李俊,王明欢,公颖,等.AREM 短期集合预报系统及其降水预报检验[J].暴雨灾害,2010,29(1):30-37.
- [8] 肖丹,邓莲堂,陈静,等. T213 与 T639 资料驱动 WRF 的预报初步检验比较[J].暴雨灾害,2010,29(1):20-29.
- [9] 范水勇,陈敏,仲跻芹,等. 北京地区高分辨率快速循环同化预报系统性能检验和评估[J].暴雨灾害,2009,28(2):119-125.
- [10] 石玉立.中巴地球资源卫星数据反演地表温度产品设计[J].气象与环境科学,2009,32(1):5-8.

## Analysis on Geography & Physiognomy Character of Numerical Model Prediction Performance

XIAO Yu-hua<sup>1</sup>, ZHAO Jing<sup>2</sup>, JIANG Li-juan<sup>3</sup>

(1.Sichuan Provincial Meteorological Observatory, Chengdu 610072;2.Chengdu Municipal Meteorological Bureau, Chengdu 610072;  
3.Sichuan Provincial Meteorological Information Center, Chengdu 610072)

**Abstract:** China area is divided into four regions, namely northeast, northwest, southeast and southwest according to geography and physiognomy to analyze the relationship between the geography & physiognomy and the predicting capability of models T639, T213, Japan, Germany and ECMWF during May to September in 2008. The results show that model predicting capability of rainfall is more related to geography than to physiognomy. In the southwestern China all the models' predicting capability of rainfall declines as the increase of precipitation, and the models gain the lowest Ts grade estimation for the rainstorm. The higher accurate rate of rain grade prediction appears in some regions of the northern China, and the lowest accurate rate appears in Sichuan Basin. The mean error of the model precipitation prediction shows that instead of occurring on the plateaus, the big errors of rainfall prediction almost appear in the same places as the large mountains and the errors are negative ones with an exception in Sichuan Basin where big errors still exist. Unlike rain prediction, the prediction error of temperature at 2 meter seems to be closely connected with the altitude above sea level. The average error shifts from the positive to the negative with the absolute value aggrandizement as height increase; the prediction errors of upper air elements reach their peaks in the southwestern China, and then in the northwestern China.

**Key words:** Numerical Model; Prediction Performance; Geography & Physiognomy Character Analysis