

张国华,张江涛,张南,等. 基于河北区域天气分型的多模式降水检验评估[J]. 气象,2011,37(8):968-976.

基于河北区域天气分型的多模式降水检验评估^{*}

张国华^{1,2} 张江涛¹ 张 南^{1,2} 郝雪明¹ 李智峰³ 郑艳萍⁴

- 1 河北省气象台,石家庄 050021
- 2 河北省生态环境监测实验室,石家庄 050021
- 3 河北省临城县气象局,临城 054300
- 4 河北省唐山市气象局,唐山 063000

提 要: 用常规天气图、雨情资料和中国气象局 T213 模式、T639 模式、河北省 MM5 模式、日本气象厅 JMA 模式和德国气象局 DWD 模式的降水预报资料。将 5 种数值模式的降水要素预报,插值到河北省的 142 个站点上做 TS 评分。对 2009 年 7 月至 2010 年 6 月的多模式降水预报进行了分天气型的检验。结果表明,TS 评分与模式和区域关系密切,降雨系统(如切变型、副高型、槽型)对应着较高的预报正确率,切变型、副高型对大雨和暴雨的预报正确率较高。对 5 种模式的综合评价是,对小雨和中雨的预报,DWD、T639、JMA 模式好于其他模式,对大雨和暴雨的预报,T639、MM5、T213 模式好于其他模式。

关键词: 天气分型, 模式, 降水, 检验

The NWP Models' Evaluation Based on Different Weather Type in Hebei

ZHANG Guohua^{1,2} ZHANG Jiangtao¹ ZHANG Nan^{1,2}
HAO Xueming¹ LI Zhifeng³ ZHENG Yanping⁴

- 1 Hebei Meteorological Observatory, Shijiazhuang 050021
- 2 Hebei Provincial Eco-Environmental Laboratory, Shijiazhuang 050021
- 3 Lincheng Meteorological Station of Hebei Province, Lincheng 054300
- 4 Tangshan Meteorological Office of Hebei Province, Tangshan 063000

Abstract: Using conventional weather charts, rainfall observations and precipitation forecasts made by T213 and T639 (China), MM5 (Hebei), JMA (Japan) and DWD (Germany) numerical models, the TS (threat scores) has been done by interpolating the five models' precipitation forecasts into the 142 observation stations of Hebei. It is verified by the mutil-model precipitation forecasts for different synoptic types from July 2009 to June 2010. The results indicate that, TS is closely related with numerical model and area, that the higher score corresponds some precipitation systems, such as shear type, subtropical high type and trough type, and that the accuracy of heavy and torrential rain under the first two type weather systems is higher than other types. The comprehensive evaluation of five models' precipitation prediction, is that (1) the effects of DWD, T639 and JMA models are better than other models for light and moderate rainfall conditions; and (2) the effects of T639, MM5 and T213 models are better than other models for the heavy and torrential rainfall conditions.

Key words: weather type, numerical weather model, precipitation, verification

^{*} 河北省气象局科研开发重点项目(08KY01)
2010 年 8 月 9 日收稿; 2011 年 5 月 4 日收修定稿
第一作者: 张国华,主要从事天气预报技术方法和数值预报释用的研究. Email:gzgh2308@163.com

引 言

数值预报产品自 20 世纪 80 年代开始应用于我国预报业务,经历了 30 年的历史变迁。现在更是种类多,项目全,是各级气象台站制作预报的主要参考依据。但是,由于各种数值预报产品的预报性能参差不齐,使预报员在大量的信息面前犹豫不决。对数值预报产品进行评估、检验,是帮助预报员选择可信度高的数值产品,正确使用各种数值预报产品的有效手段。近年来,各地气象工作者对数值模式在本地的检验、释用方面做了许多有效的工作^[1-7],国家气象中心更是将其作为一项日常业务对各数值模式的中高纬环流形势、西北太平洋副热带高压、850 hPa 温度趋势预报、热带气旋等进行定期检验并发布^[8-15]。数值模式对天气形势场的预报,已经达到较高的水平^[1,9-11]。预报员依据模式对形势的预报,再参照各种要素预报做出本地的具体预报。

数值产品对不同天气系统的预报能力不同,不同天气系统影响河北省各区域降水的差异也很大。例如副热带高压和台风对冀东和冀南影响较大,冷涡则主要影响河北省的中北部区域。因此分天气型检验可以区分各种数值模式产品在不同天气系统影响下对不同区域的预报准确率,从而帮助预报员选择可信度高的数值产品,使各区域对模式的应用有

的放矢,提高数值预报产品的参考价值。

1 资料和方法

1.1 天气形势场分型定义

预报员善于应用技术产品的原因之一取决于操作的简便性^[16],为方便预报人员掌握应用,采用以下简便的分型方法。以当日 20 时 700 hPa 实况形势场为主,参考当日 20 时 500 hPa 实况形势场,夏季 6—9 月首先判定是否为副高型或台风型,若 500 hPa 等压面上有 584 dagpm 线从海上伸向河北省境内,且河北省境内是一致的西南气流,则定为副高型;台风影响在河北省是小概率事件,做检验的期间未受台风影响,所以在此暂未定义台风型。其余规定:在 35°~45°N、110°~120°E 区域内,若分别有槽、切变(辐合)、低压中心、高压中心或高压脊则分别判定为槽、切变、低涡、高压 4 个型,如无上述系统则按风向并参考等压线走向,分别判定为偏北气流(一般是低涡后部具有气旋式曲率)、西北气流、偏西气流、西南气流(多为槽前)、偏南气流(多为高压后部)5 个型,分别简称为北型、西北型、西型、西南型、南型,共划分为 10 个型。2009 年 7 月至 2010 年 6 月天气形势场分型结果见表 1。

表 1 2009 年 7 月至 2010 年 6 月天气形势场分型结果

Table 1 The statistical information of different synoptic patterns during July 2009 to June 2010

类型	槽	切变	低涡	副高	高压	北	西北	西	西南	南	合计
样本数/个	28	37	2	26	50	17	108	73	22	2	365
暴雨(雪)日数/d	(1)	2(2)		4	1		2				12
大雨(雪)日数/d	1	1		2	1		2(1)	1			6
小雨(雪)和中雨(雪)日数/d	12	23	2	11	8	7	10	17	11		104
降雨日几率/%	50.0	75.7	100	65.4	20.0	41.2	13.9	24.7	50.0	0	33.4

1.2 检验评估方案和内容

依据中国气象局的指导预报评分方案:将降水量分为小雨(雪)、中雨(雪)、大雨(雪)、暴雨(雪)八

个量级(见表 2),11 月至次年的 2 月做降雪处理,小~暴雪分别对应小~暴雨,分别检验对这八个量级的预报情况。

表 2 降水量分级表(单位:mm)

Table 2 Classification according to precipitation intensity (unit: mm)

	小雨	中雨	大雨	暴雨	小雪	中雪	大雪	暴雪
24 小时降水量	0.1~9.9	10~24.9	25~49.9	≥50	0.1~2.4	2.5~4.9	5.0~9.9	≥10.0

TS 评分:

$$TS_k = NA_k / (NA_k + NB_k + NC_k + ND_k + NE_k)$$

式中 k 为 1、2、3、4、5、6、7、8, 分别代表小雨、中雨、大雨、暴雨、小雪、中雪、大雪、暴雪八个量级, NA_k 、 NB_k 、 NC_k 、 ND_k 、 NE_k 为站(次)数, 由表 3 和表 4 定

义。

TS 评分(预报正确率)=预报正确的站(次)数/[预报正确站(次)数+预报不正确站(次)数]。TS 在 0~1 之间, 反映了对降雨(雪)有效预报的准确程度。

表 3 K 级降水检验分类表

Table 3 Classification for the K-level rainfall verification

实况\预报	有 K 级降水	无降水	有<K 级降水	有>K 级降水
出现 K 级降水	NA	NC	NC	NE
出现<K 级降水	NB	在相应降水级评	在相应降水级评	在相应降水级评
出现>K 级降水	ND	在相应降水级评	在相应降水级评	在相应降水级评
无降水	NB	——	在相应降水级评	在相应降水级评

表 4 降水分级预报评定简表

Table 4 Precipitation verification in terms of precipitation intensity

实况/预报	小雨(雪)	中雨(雪)	大雨(雪)	暴雨(雪)	无雨(雪)
小雨(雪)	NA ₁ (NA ₅)	NE ₁ , NB ₂ (NE ₅ , NB ₆) (中空)	NE ₁ , NB ₃ (NE ₅ , NB ₇) (大空)	NE ₁ , NB ₄ (NE ₅ , NB ₈) (暴空)	NC ₁ (NC ₅) (小漏)
中雨(雪)	ND ₁ , NC ₂ (ND ₅ , NC ₆) (中漏)	NA ₂ (NA ₆)	NE ₂ , NB ₃ (NE ₆ , NB ₇) (大空)	NE ₂ , NB ₄ (NE ₆ , NB ₈) (暴空)	NC ₂ (NC ₆) (中漏)
大雨(雪)	ND ₁ , NC ₃ (ND ₅ , NC ₇) (大漏)	ND ₂ , NC ₃ (ND ₆ , NC ₇) (大漏)	NA ₃ (NA ₇)	NE ₃ , NB ₄ (NE ₇ , NB ₈) (暴空)	NC ₃ (NC ₇) (大漏)
暴雨(雪)	ND ₁ , NC ₄ (ND ₅ , NC ₈) (暴漏)	ND ₂ , NC ₄ (ND ₆ , NC ₈) (暴漏)	ND ₃ , NC ₄ (ND ₇ , NC ₈) (暴漏)	NA ₄ (NA ₈)	NC ₄ (NC ₈) (暴漏)
无雨(雪)	NB ₁ (NB ₅) (小空)	NB ₂ (NB ₆) (中空)	NB ₃ (NB ₇) (大空)	NB ₄ (NB ₈) (暴空)	——

对 2009 年 7 月至 2010 年 6 月的中国气象局 T213、T639 模式、河北省气象局 MM5 模式、日本气象厅 JMA 和德国气象局 DWD 等 5 个模式, 将逐日各模式降水要素预报结果插值到全省 142 个站点上, 与全省逐日降水实况(20—20 时)逐站检验。分天气型统计全省区域和 11 个分区域(图 1)各量级降水预报正确率。



图 1 河北省评分站点和各分区域示意图

Fig.1 The distribution of scoring stations in Hebei Province

2 天气过程描述

统计了 2009 年 7 月至 2010 年 6 月河北省降水日数, 以超过全省 30% 以上的站出现 0.1 mm 以上降水作为一个降水日。1 年中总计小雨(雪)和中雨(雪)日数为 104 个。涉及 2 个地区 10 个站以上有大(暴)雨(雪)作为 1 个大(暴)雨(雪)日, 共有 9 个暴雨日, 3 个暴雪日, 其中副高型和切变型各 4 次、西北型 2 次、高压型和槽型各 1 次; 5 个大雨日, 1 个大雪日, 其中副高型 2 次、切变型、槽型、西型和西北型各 1 次; 大(暴)雨(雪)区域分布详见表 5。

3 天气分型的多模式分级预报检验评估

24 小时全省区域的分级预报, 总体是副高型和切变型准确率较高。由图 2 可见, 对小雨, 槽型最高, 切变第二, 西型、北型和西南型列第三。对中雨, 高压型、西型和副高型较高。对大雨, 切变型、西北

型和副高型好于其他型。对暴雨,切变型和副高型较高。这和我们的分型是比较吻合的,即降雨系统对应着较高的预报准确率。从图 2 中还可以看出,对小雨和中雨的预报,DWD 模式准确率最高,T639 模式第二,JMA 和 MM5 模式第三。对大雨和暴雨

的预报,T639 模式准确率最高,MM5 模式第二,T213 模式第三。

48 小时全省区域的分级预报和 24 小时类似,总体也是副高型和切变型准确率较高。由图 3 可见,对小雨,槽型和切变最高,北型第二,西型和副高

表 5 2009 年 7 月至 2010 年 6 月大(暴)雨(雪)分布区域

Table 5 The distribution area of heavy (torrential) rain (snow) from July 2009 to June 2010

类型	张家口	承德	唐山	秦皇岛	廊坊	保定	沧州	衡水	石家庄	邢台	邯郸
暴雨(雪)次数	2		2	3	2	4	5	8	5	7	5
大雨(雪)日数		3	7	6		7	10	6	12	7	6

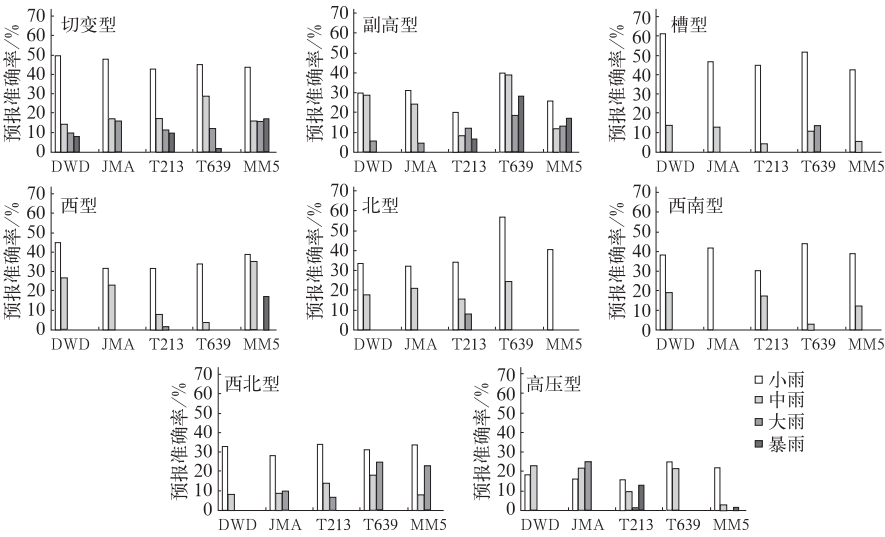


图 2 河北省 24 小时分型降水预报准确率

Fig. 2 The 24 h forecast accuracies of daily precipitation for different synoptic patterns in Hebei Province

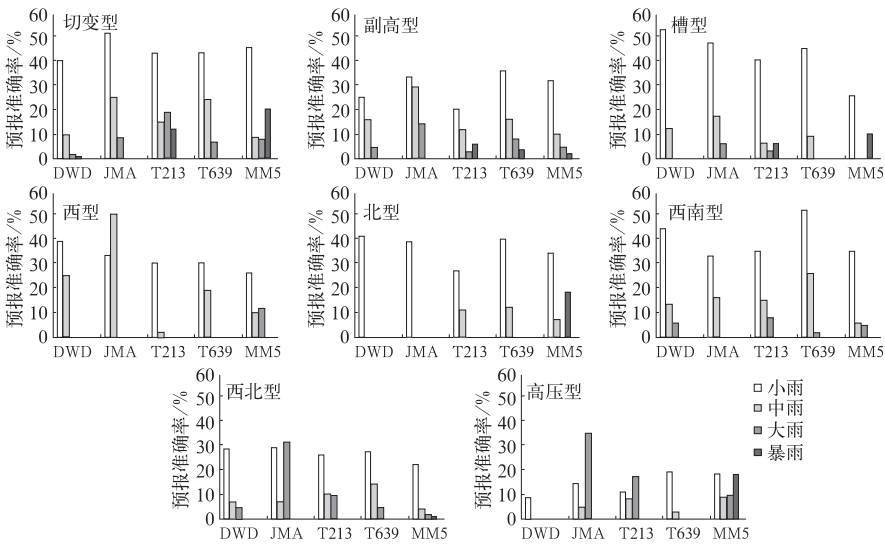


图 3 河北省 48 小时分型降水预报准确率

Fig. 3 The 48 h forecast accuracies of daily precipitation for different synoptic patterns in Hebei Province

型列第三。对中雨,西型、北型、切变型和副高型较高。对大雨,切变型、西北型和副高型稍高。从图 3 中还可以看出,对小雨和中雨的预报,JMA 模式最高,DWD 模式第二,T639 模式第三。

3.1 副高型的预报准确率

副高型共有 26 天,其中有小雨和中雨日数 11 天,大雨日数 2 天,暴雨日数 4 天。此型出现降雨几率为 65.4%,出现大雨和暴雨几率在各型中最高,为 23.1%。

在 24 小时预报中(图 4),副高型对中雨、大雨、暴雨的预报准确率显著高于其他型,总体说 T639 和 MM5 模式的预报准确率更高一些。T639 模式对保定和石家庄 2 个区域的中雨,对秦皇岛、廊坊和保定 3 个区域的大雨,对廊坊和保定 2 个区域的暴雨准确率达 50%~66%。MM5 模式对秦皇岛和沧州 2 个区域的大雨,对唐山、保定和衡水 3 个区域的暴雨准确率达 23%~45%。DWD 模式对张家口区域的中雨和大雨准确率达 50%以上。JMA 模式对沧州区域的大雨准确率达 43%。

在 48 小时预报中(图 4),副高型对中雨和大雨的预报准确率较高。JMA 模式对张家口区域中雨的准确率达 50%,对廊坊、保定、石家庄 3 个区域的中雨准确率达 39%~46%,对秦皇岛、沧州 2 个区域的大雨准确率为 35%~38%。T639 模式对承德区域的大雨准确率达 33%。MM5 模式对廊坊和保定 2 个区域的暴雨准确率达 25%~42%。

3.2 切变型的预报准确率

切变型共有 37 天,其中有小雨(雪)和中雨(雪)日数 23 天,大雨日数 1 天,暴雨(雪)日数 4 天。此型出现降雨几率为 75.7%。出现大雨(雪)和暴雨(雪)几率在各型中列第二,为 13.5%。此型各模式对各区域各量级的降水有较高的预报准确率。

在 24 小时预报中(图 5),DWD 模式对河北省小雨的预报准确率平均达到 50%;DWD 模式对廊坊、保定、石家庄、衡水、邢台、邯郸 6 个区域,及 JMA 模式和 T639 模式对保定、石家庄、衡水、邢台、邯郸 5 个区域小雨的准确率达 50%以上;T213 模式和 MM5 模式比之较差。T639 模式对沧州和石家庄 2 个区域中雨的准确率高于 50%。DWD 模式对张家口区域和 MM5 模式对衡水区域的大雨准确率分别达 40%和 46%。T213 模式对邢台区域暴

雨预报的准确率达 26%。

在 48 小时预报中(图 5),JMA 模式对河北省小雨的预报准确率平均达到 51%,JMA 模式对保定、石家庄、衡水、邢台、邯郸 5 个区域小雨的准确率达 50%以上,DWD、T213 和 MM5 3 个模式对邢台和邯郸 2 个区域也达 50%以上,T639 模式对衡水区域,MM5 模式对石家庄区域达 50%以上。对大雨的准确率,T213 模式对石家庄和衡水 2 个区域达 35%~39%,T639 模式对邯郸区域达 43%。对暴雨的准确率,T213 模式对邢台区域达 40%。

3.3 槽型的预报准确率

槽型共有 28 天,其中有小雨(雪)和中雨(雪)日数 12 天,大雨日数 1 天,暴雪日数 1 天。此型出现降雨几率为 50.0%。槽型各模式对小雨的预报准确率较其他型高。

在 24 小时预报中,DWD 模式和 T639 模式对河北省小雨预报准确率平均分别达 61%和 52%。DWD 模式对唐山和邢台 2 个区域小雨的准确率稍低为 49%,对其余各区域达 50%~73%;T639 模式对张家口、承德、廊坊、保定、石家庄、衡水 6 个区域均高于 50%,JMA 和 T213 模式对张家口、承德、廊坊、保定、石家庄 5 个区域和 MM5 模式对张家口、承德、廊坊 3 个区域高于 50%。此外,T639 模式对邯郸区域大雨的准确率达 38%。

在 48 小时预报中,DWD、JMA 和 T639 模式对河北省小雨预报准确率平均分别达到 54%、48%和 46%。DWD 模式对廊坊区域小雨的准确率达 80%,对张家口、承德、秦皇岛、沧州、保定、石家庄、衡水 7 个区域达到 50%以上;JMA、T213 和 T639 三个模式对张家口、承德、保定 3 个区域都达 50%以上,JMA 模式对秦皇岛、廊坊 2 个区域,T213 和 T639 模式对石家庄区域,T639 模式对廊坊区域也达 50%以上。此外,DWD 和 JMA 模式对邯郸区域中雨,T213 模式对承德区域中雨达到 30%以上。JMA 模式对邯郸区域大雨达 25%(图略)。

3.4 西南型的预报准确率

西南型共有 22 天,其中有小雨(雪)和中雨(雪)日数 11 天。此型出现小雨和中雨的几率为 50.0%。此型各模式对大雨和暴雨准确率多属于未报出。

在 24 小时预报中,对河北省小雨预报平均准确率 T639 和 JMA 模式较高,分别为 44%和 42%;

DWD 和 MM5 模式次之,分别为 38%和 39%;T639 模式对秦皇岛、石家庄、邢台、邯郸 4 个区域达到 54%~67%;JMA 模式对石家庄、邢台、邯郸 3 个区

域,MM5 模式对保定、邢台、邯郸 3 个区域,以及 DWD 模式对衡水区域达 50%以上。此外,对中雨的准确率,DWD 和 MM5 模式对邢台区域,T213 模

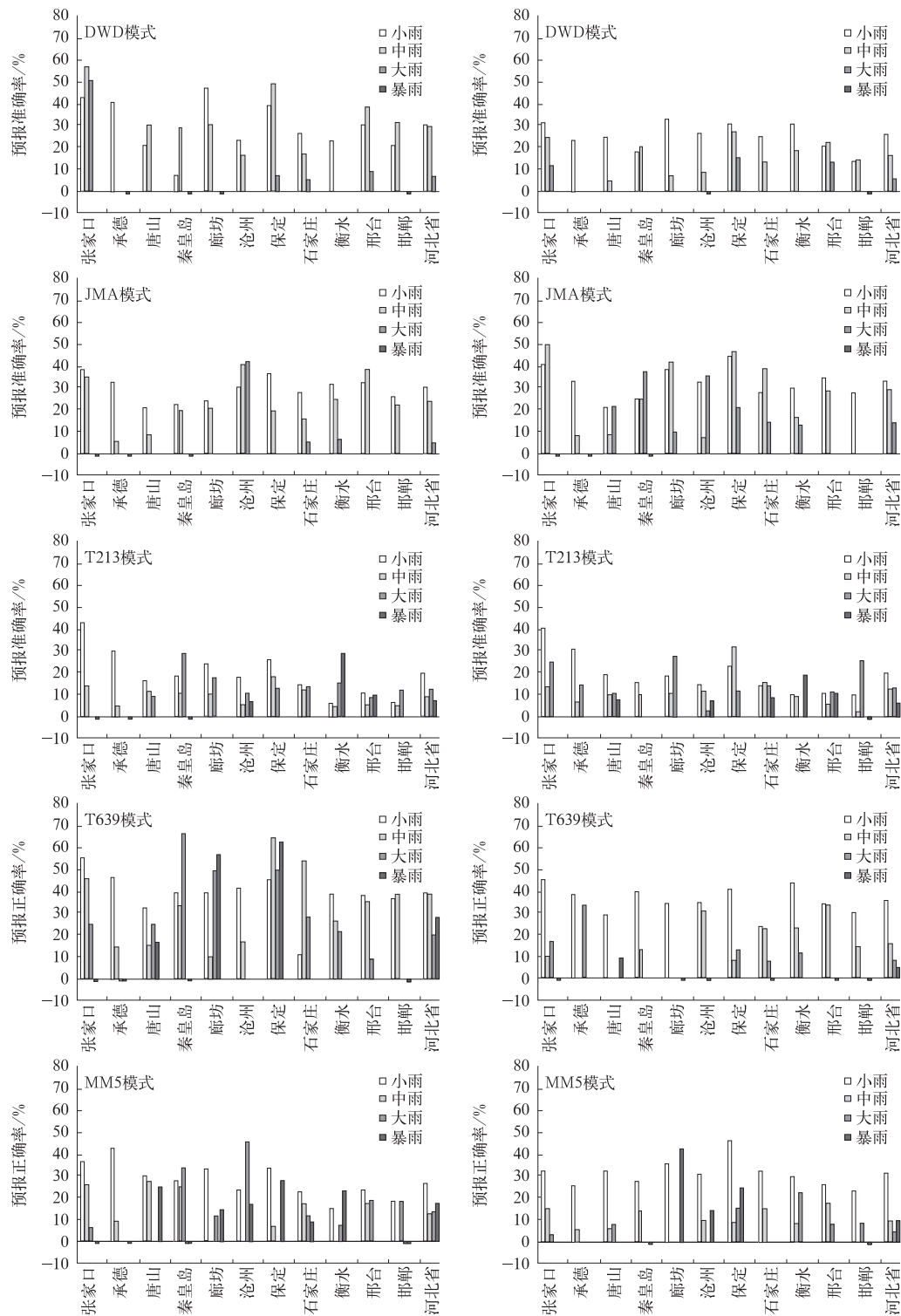


图 4 河北省副高型各模式 24(左)和 48(右)小时预报准确率

Fig. 4 The 24 h (left panel) and 48 h (right panel) forecast accuracies of precipitation under subtropical high weather pattern in Hebei Province

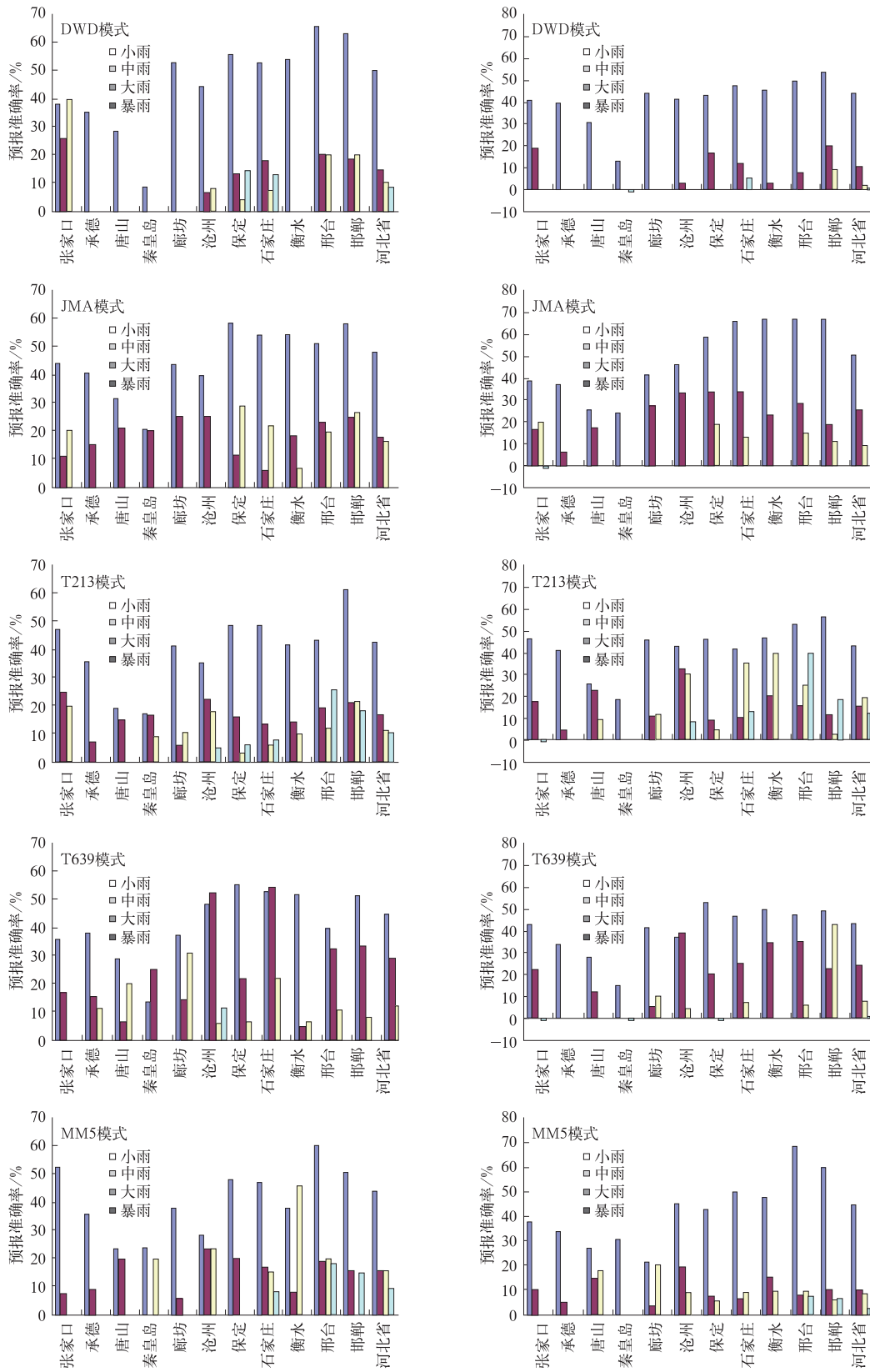


图 5 河北省切变型各模式 24(左)和 48(右)小时预报准确率

Fig. 5 The 24 h (left panel) and 48 h (right panel) forecast accuracies of precipitation under shear weather pattern in Hebei Province

式对廊坊、沧州2个区域达到50%~61%;MM5模式对石家庄区域,JMA模式对秦皇岛区域在30%以上。

在48小时预报中,对河北省小雨预报准确率平均DWD模式最高为47%;T639和JMA模式次之,分别为40%和39%;DWD模式对廊坊、保定、石家庄、衡水、邢台、邯郸6个区域准确率达51%~65%;T639模式对邢台、邯郸2个区域准确率达65%~74%;JMA模式对石家庄、邢台、邯郸3个区域准确率达到50%以上。此外,对中雨的准确率,T213和T639模式对秦皇岛区域达60%~75%;T213模式对唐山、沧州2个区域,T639模式对唐山区域,MM5模式对廊坊、邢台2个区域,T213模式对廊坊、沧州2个区域达33%~50%(图略)。

3.5 北型的预报准确率

北型共有17天,其中有小雨(雪)和中雨(雪)日数7天。此型出现降雨几率为41.2%。

在24小时预报中,T639模式对河北省小雨的预报准确率平均达到58%,其中对石家庄和衡水2个区域达到80%以上。对中雨的准确率,JMA模式对秦皇岛和沧州2个区域,T213模式对张家口和廊坊2个区域达50%~70%。

在48小时预报中,对小雨预报准确率,T639模式对全省平均达52%,其中对石家庄区域达85%,对唐山、邢台、邯郸3个区域达50%以上;DWD模式对石家庄区域达85%,对承德、唐山、衡水3个区域达50%以上;T213模式对石家庄、衡水、邢台、邯郸4个区域达50%以上;JMA模式对唐山、秦皇岛、沧州区域达50%以上;MM5模式对承德、唐山、保定区域达50%以上。对中雨的准确率,T213模式对秦皇岛区域达50%,T639模式对张家口、沧州2个区域分别达70%和86%(图略)。

3.6 西型的预报准确率

西型共有73天,其中有小雨(雪)和中雨(雪)日数17天,大雨日数1天。此型出现降雨几率为24.7%。西型对中雨的预报准确率较高。

在24小时预报中,DWD、JMA和MM5模式对河北省中雨的预报准确率平均达到23%~35%。MM5模式对秦皇岛、衡水、邢台、邯郸4个区域的准确率达50%~80%,DWD模式对沧州和衡水2个区域准确率分别达63%和75%,JMA模式对沧

州区域准确率达53%。在48小时预报中,DWD和JMA模式对河北省中雨的预报准确率平均分别达25%和50%。DWD模式对秦皇岛、沧州、衡水3个区域中雨的准确率达78%~100%;JMA模式对保定、邯郸2个区域中雨的准确率达50%以上,对秦皇岛、沧州、衡水3个区域中雨的准确率达80%~94%,T639模式对衡水区域中雨的准确率为50%(图略)。

3.7 高压和西北型各模式准确率分析

高压和西北型分别有50和108天,出现降雨几率分别为20.0%和13.9%。出现大雨(雪)和暴雨(雪)分别为2和5次。从图2和图3中我们看到,高压和西北型的有些模式对大雨和暴雨甚至有较高的准确率。24小时的西北型形势下,T639模式对沧州和衡水2个区域以及MM5模式对石家庄、衡水2个区域大雨预报的准确率达50%以上,24小时的高压型形势下,JMA模式对邢台和邯郸2个区域的大雨以及T213模式对沧州区域的暴雨预报准确率达50%以上。48小时的西北型形势下,JMA模式对沧州和衡水2个区域的大雨以及T213模式对唐山区域的大雨准确率达44%~65%,48小时的高压型形势下,JMA模式对衡水、邢台和邯郸3个区域的大雨以及T213模式对沧州、保定和衡水3个区域的大雨准确率达30%~86%。MM5模式对邯郸区域的暴雨准确率达41%(图略)。这与我们平时的常识是相悖的,下面专门对此做出讨论。反查天气分型,我们找到了问题所在,2009年7月6日和18日,8月26日,9月26日是西北型中出现大雨和暴雨的日期,其中7月6日是个位置偏东北地区的冷涡,影响了秦皇岛地区,6日20时槽已经移出关键区,关键区内都是西北气流,符合西北型条件,7月18日和8月26日因为当日08时有切变,而20时没有,所以不能定为切变型,9月26日20时是槽已经移出关键区。2009年7月25日,8月17日是高压型中出现大雨和暴雨的日期,其中7月25日是08时有切变,而20时没有,8月17日的前一天是副高型,17日20时584 dagpm线变平,河套地区有脊生成,所以只能定为高压型。

4 小结与讨论

(1) 24小时和48小时河北省区域的分级预报,

总体是副高型和切变型准确率较高。对小雨预报的准确率是槽型、切变型、西型和北型较高,对中雨的准确率是西型和副高型较高,对大雨的准确率是切变型、西北型和副高型好于其他型。24 小时暴雨预报的准确率是切变型和副高型较高。

(2) 副高型出现大雨和暴雨几率在各型中最高,切变型出现大雨(雪)和暴雨(雪)几率在各型中列第二,此两型对中雨、大雨、暴雨的预报准确率显著高于其他型。

(3) 槽型、西南型和北型出现中雨以下的降雨几率为 40%~50%,此三型的小(中)雨(雪)预报准确率,T639、JMA 和 DWD 模式较高。

讨论:分型、分区域的检验表明,降雨系统对应着较高的预报准确率。模式应用不能只看要素预报结果,要与影响系统结合起来。天气形势场的划分只用一个时次有时会出现与常识不相符的误差,所以应用时要考虑天气形势场的演变。以上检验,小雨和中雨样本多,检验结果应具有普遍的代表性。大雨和暴雨样本少,可能代表性差一些。随着数值预报模式的不断更新,检验工作需经常进行,预报员要随着检验结果的更新,选择可信度高的数值产品,使各区域对模式的应用有的放矢,提高数值预报产品的参考价值。

参考文献

[1] 严明良,曾明剑,濮梅娟. 数值预报产品释用方法探讨及其业务系统的建立[J]. 气象科学,2006,26(1):90-96.

- [2] 高松影,孙连强. 日本数值预报产品在丹东地区降水预报的检验和评估[J]. 气象,2006,32(6):79-83.
- [3] 赵凯,孙燕,张备,等. T213 数值预报产品在本地降水预报中的应用[J]. 气象科学,2008,28(2):217-220.
- [4] 梁红,王元,钱昊,等. 欧洲 ECWFM 模式与我国 T213 模式夏季预报能力的对比分析检验[J]. 气象科学,2007,27(3):253-258.
- [5] 朱双,俞剑蔚,胡洛林,等. 德国在线和江苏 MOS 的评估分析及应用[J]. 气象科学,2006,26(3):346-349.
- [6] 涂小萍,许映龙. 基于 ECMWF 海平面气压场的热带气旋路径预报效果检验[J]. 气象,2010,36(3):107-111.
- [7] 杨静,陈冬梅,周庆亮,等. T213 预报产品在电力负荷预测中的应用[J]. 气象,2010,36(3):123-127.
- [8] 王雨. 2002 年主汛期国家气象中心主客观降水预报检验[J]. 气象,2003,29(5):21-25.
- [9] 饶晓琴. 2007 年 9—11 月 T213 与 ECMWF 及日本模式中期预报性能检验[J]. 气象,2008,34(2):107-114.
- [10] 田伟红. 2007 年 12 月至 2008 年 2 月 T213、ECMWF 及日本模式中期预报性能检验[J]. 气象,2008,34(5):101-107.
- [11] 王超. 2008 年 3—5 月 T213 与 ECMWF 及日本模式中期预报性能检验[J]. 气象,2008,34(8):112-118.
- [12] 张涛. 2008 年 9—11 月 T639 与 ECMWF 及日本模式中期预报性能检验[J]. 气象,2009,35(3):112-119.
- [13] 牛若芸. 2008 年 12 月至 2009 年 2 月 T639 与 ECMWF 及日本模式中期预报性能检验[J]. 气象,2009,35(5):112-119.
- [14] 蔡蓁宁. 2009 年 9—11 月 T639 与 ECMWF 及日本模式中期预报性能检验[J]. 气象,2010,36(2):130-135.
- [15] 李勇. 2009 年 12 月至 2010 年 2 月 T639 与 ECMWF 及日本模式中期预报性能检验[J]. 气象,2010,36(5):108-113.
- [16] 段欲晓,王迎春,叶谦,等. 影响预报员应用先进天气预报技术的因素分析[J]. 气象,2010,36(6):122-127.