

文章编号:1004-9045(2007)02-0109-09

2006 年汛期北京地区中尺度数值业务降水预报检验

陈 敏, 郑祚芳, 王迎春, 范水勇, 仲跻芹, 王在文

(中国气象局北京城市气象研究所, 北京 100089)

摘 要: 采用北京地区自动站逐小时观测降水资料对 2006 年汛期北京地区中尺度数值业务降水预报效果进行了客观检验, 并针对 2006 年汛期的降水特点对模式的降水预报性能进行了初步的评估, 着重对发生的 28 次降水过程按其主导的天气系统进行了分类, 并对各个类型的降水预报进行了评分检验, 根据检验结果分析了数值业务模式对于夏季不同天气系统导致的降水过程的预报能力, 并且对不同分辨率的模式网格的预报性能进行了初步对比。

关键词: 降水检验; 数值天气预报; 客观检验

中图分类号: P459.9; P456.7 文献标识码: A

1 引言

中国气象局北京城市气象研究所作为北京市气象局的科研与业务支撑单位, 其提供的数值预报产品在日常气象服务中承担着重要任务。自 2005 年初起网格距分别为 27 km、9 km、3 km 的三层嵌套中尺度数值预报模式投入业务运行以来, 一直为北京区域内各省市区域气象部门提供稳定的数值预报产品。尽管以前对北京市气象局上一版本 45/15 km 中尺度数值预报业务系统的要素预报情况已有过简单的分析^[1], 但是对于当前数值预报业务产品的性能, 特别是对于降水的预报性能一直缺乏一个客观公正的评估。中尺度数值预报业务系统对于北京地区夏季降水的预报能力究竟如何, 对于各种天气系统的预报能力究竟如何, 这些无论对数值模式的业务应用开发, 还是为了让预报员能更好更方便地使用数值预报业务产品都具有极大的应用和指导价值。而且, 从已有的降水检验方法和技术来看, 主要还是集中在数值模式对整个或部分区域的综合宏观评估上^[2-4], 对于针对特定天气系统主导的降水类型预报客观检验工作目前开展的较少。

鉴于上述原因, 采用北京地区具有较高时空分辨率的自动站逐小时降水观测资料为真值, 针对 2006 年汛期北京地区的降水特点对模式在该地区的降水预报性能进行了初步的评估, 一方面分析了数值模式在北京地区的降水预报总体评分, 另一方面着重检验了模式对于夏季不同天气系统导致的降水过程的预

报能力, 就其对不同天气系统的预报性能差异进行了讨论, 并给出了一些典型的预报成功及失败个例分析, 并且对不同分辨率的模式网格的预报性能进行了初步对比。

2 业务模式系统简介

数值预报业务系统的预报模式采用的是 MM5 V3.6, 预报区域分别为 27 km、9 km 和 3 km 分辨率的三层嵌套网格(图 1, 其中 D2 和 D3 分别代表 9 km 和 3 km 预报范围, 下文同。)

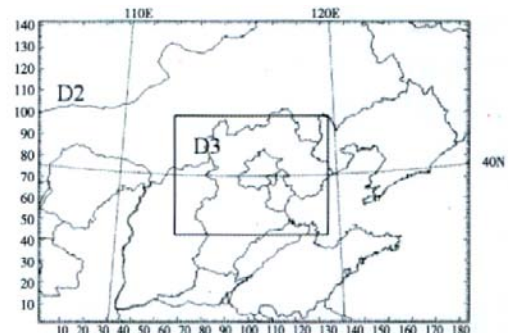


图 1 业务模式 9 km 和 3 km 模式区域

其格点数分别为 151 × 151, 142 × 184, 172 × 199, 最外层网格中心点为(116°E, 40°N), 垂直方向共取 37 个层。模式物理过程配置主要为: Kain-Fritsch 积云参数化方案, 简单冰相方案, MRF 边界层参数化方案, 多层土壤方案和云辐射冷却方案。模式每天 08 时、20 时(北京时, 下同)作两次未来 48 h 预报。采用美国国家环境预报中心的 AVN 资料作为模式客观分析的背景场。但是迫于业务预报的时限要求, 只能在夜间 20 时

收稿日期: 2007-04-13; 定稿日期: 2007-06-15

基金项目: 北京科技新星计划(合同编号: 2006A02); 国家自然科学基金面上项目(项目批准号: 40505020); 北京市科委科技奥运专项“北京奥运会国际天气预报示范计划支持技术研究”(课题编号: Z0006279040191)共同资助。

作者简介: 陈敏, 女, 1974 年生, 副研究员, 研究方向为数值预报业务。Email: mchen@um.cn

起始的预报及时获得 AVN 的分析场, 因此, 20 时起始的模式预报初始场直接由 AVN 在该时刻的全球分析场插值到中尺度网格上获得, 而 08 时起始的模式预报初始场在 AVN 12 h 预报作为初猜场的基础上采用三维变分同化技术对常规地面高空观测、包括北京地区的局地自动站观测资料和 GPS 可降水量观测在内的多种非常规观测资料进行客观分析后生成。

目前, 每天为预报员提供的数值预报产品包括 27 km、9 km 和 3 km 分辨率的逐 3 h 预报产品 (其中地面站点温、压、风、湿、降水提供逐 1 h 产品), 预报时效为 48 h。需要指出的是, 业务模式在汛期后期(8月9日)关闭了模式的嵌套双向反馈选项, 从下文中可看到此项更新对于模式降水预报表现也有相当的影响。

3 资料和方法

本文采用通用的 TS 评分方法对模式的降水预报结果进行累加降水量级检验。具体计算公式如下:

$$TS \text{ 评分: } TS = \frac{NA}{NA+NB+NC}$$

$$BIAS: BIAS = \frac{NA+NB}{NA+NC}$$

$$\text{漏报率: } PO = \frac{NC}{NA+NC}$$

$$\text{空报率: } FAR = \frac{NB}{NA+NB}$$

式中 NA 为预报正确站(次)数、NB 为空报站(次)数、NC 为漏报站(次)数。

被检验资料为 2006 年汛期 6 月 1 日至 8 月 31

日北京市气象局 MM5 中尺度数值预报业务系统的 9 km 和 3 km 区域的模式降水预报结果, 该模式系统每天分别于 08 时和 20 时运行两次, 因此检验样本共计 183 个。由于该文着重分析的是模式对于北京地区的预报效果, 因此该文所用的实况观测资料为北京地区的 121 个自动气象观测站所观测的逐小时降水。模式网格点降水预报结果通过双线性插值到自动站位置生成模式的测站预报值, 而测站的 6 h、12 h 及 24 h 实况降水量由自动站的逐小时降水观测累计后获得。检验所用的降水观测自动站分布见图 2。检验阈值为 0.1 mm、1 mm、5 mm、10 mm、25 mm 和 50 mm。降水检验时效分别为 6 h、12 h 和 24 h。



图 2 北京地区自动站分布

4 汛期降水检验总评分结果及分析

图 3 和图 4 给出的分别是 2006 年汛期 6-8 月北京地区中尺度数值预报 3 km 和 9 km 区域 0~24 h 和 24~48 h 降水检验评分结果。

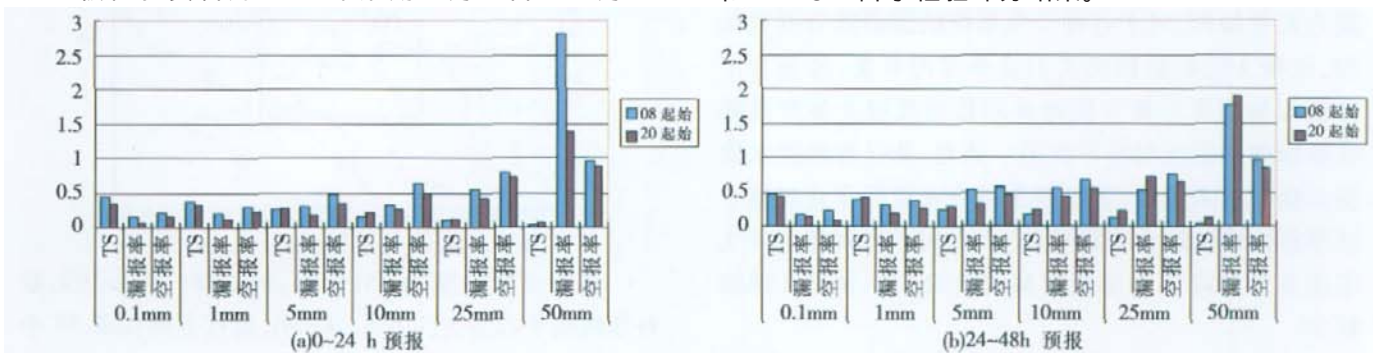


图 3 2006 年 6-8 月 3 km 区域 08 时和 20 时起始的不同时段降水预报检验评分

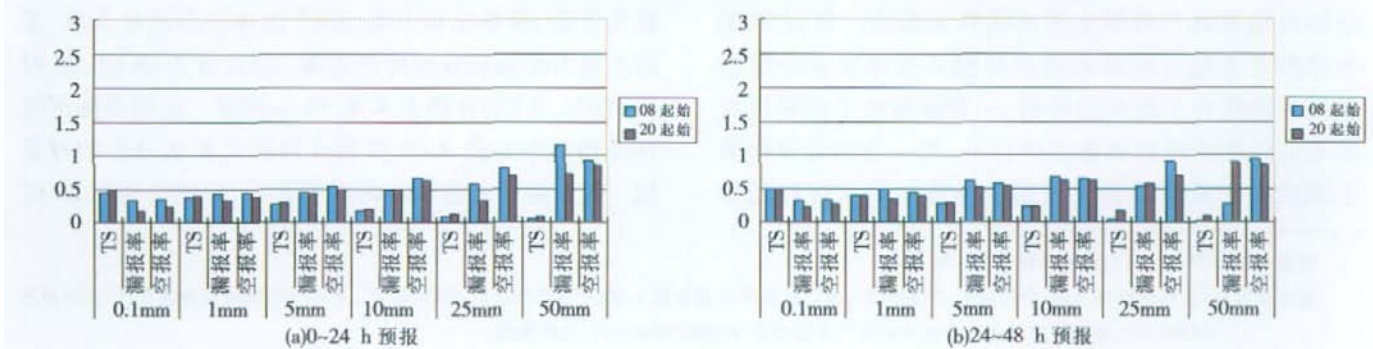


图 4 2006 年 6-8 月 9 km 区域 08 时和 20 时起始的不同时段降水预报检验评分

总体来看,除了3 km区域的0.1 mm和1 mm阈值降水,20时起始预报的TS评分、漏报率和空报率基本上都要优于08时起始的预报。分析两者初值方案的差异可知,20时起始的预报直接采用AVN分析场作为模式的初始条件,而08时起始的预报采用的是AVN 12 h预报为背景场、整合该时次的观测资料进行同化后产生的初始条件,因此直观来看,直接采用AVN分析场比AVN预报场作初猜场加上客观分析后生成的初始条件具有更好的降水预报效果。

分析逐12 h的降水预报TS评分(图5)可以发现,TS评分值随检验阈值的增大而迅速减小,这说明模式对于有无降水事件具有较为合理的预报能力,但对于具体雨量预报、特别是大阈值的降水预报能力略为不足。但是应该看到,这是所有用于科研和业务目的的数值天气预报模式的共同问题^[5-6]。总体来看,模式在每12 h时段内的预报能力虽然表现较为一致,但也有些微的差别。例如,与Chien et al.^[7]给出模式在12-24 h预报效果最好的结论不同,模式对几乎所有阈值的降水预报效果基本上都在24-36 h达到最好(除了1mm阈值在12-24

h具有最高的TS评分),而0.1 mm到25 mm以下小到中雨在最初的0-12 h和最后的36-48 h预报效果略差。一般认为,模式在积分最初的6-12 h需要一段时间的调整以便从初始场中产生出与动力场匹配的云和降水,即所谓的spin-up过程,此过程往往表现为模式在最初预报时段内具有较差的预报评分。而36 h以后模式预报能力的下降也是数值天气预报模式的普遍问题。

从逐12 h降水预报的BIAS评分(见图5)来看,50 mm暴雨以上量级的降水3 km和9 km区域各时段有不同程度的过度预报(即模式预报雨量达到暴雨以上的测站数远多于实际测站数),3 km区域在前36 h的BIAS评分均基本在0.5左右,即其预报的北京区域内0.1-25 mm降水测站数少于实际测站数。而9 km范围预报的BIAS评分基本接近于1。值得注意的是,对于1-25 mm阈值的降水,3 km的36-48 h具有最好的BIAS评分(接近于1),但TS评分较差,这说明3 km区在该时段预报该量级段降水的测站个数与实况观测较为匹配,但降水落区的预报效果较差。

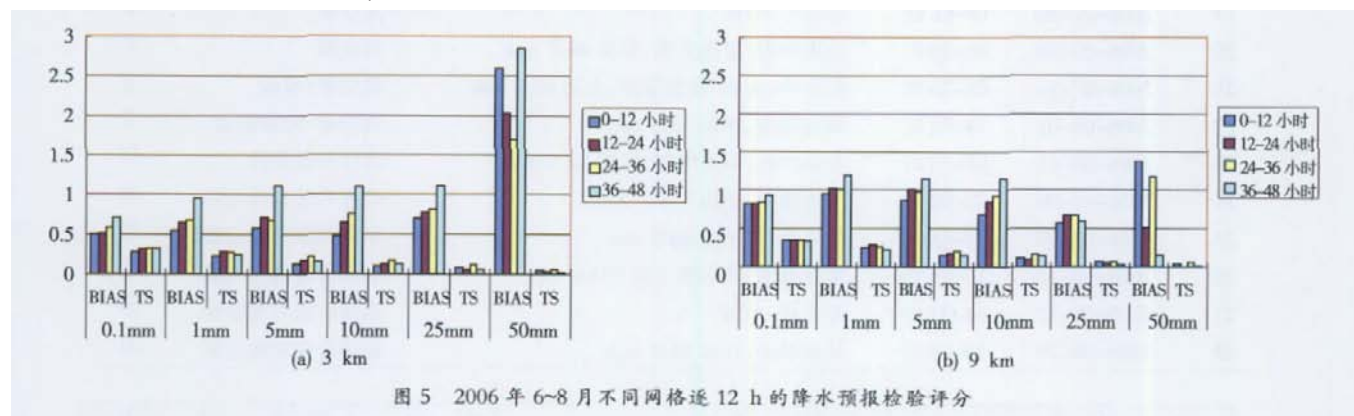


图5 2006年6-8月不同网格逐12 h的降水预报检验评分

5 不同天气类型的降水预报检验

5.1 2006年汛期降雨的总体概况及降水特点

2006年汛期(6-8月)北京地区共出现较明显的降水过程28次(表1,所用时间为北京时间)。统计表明,今年汛期全市性大降水过程较少,没有出现区域性暴雨天气过程,但是局地性强降水天气过程比较频繁(6-8月均有出现,7月居多)。暴雨区尺度小,降水强度大,暴雨中心多出现在西部山前地区,即海淀、石景山、门头沟一线。

降水过程的影响系统很复杂,有典型的降水过程(影响系统明显,如低涡、高空槽、蒙古涡、横槽等),有的并无明显的强天气系统,主要由局地生成的强对流系统所致。为此,将主要的降水天气系统及类型大致分为6种,分别为低涡切变线、高空槽、蒙古涡、局地降雨云团、横槽和副高外围对流云团(表1)。

5.2 汛期降水主要天气类型特征

5.2.1 低涡类(切变线、倒槽)

该类降水过程共出现2次。其主要特点为:低值系统在850 hPa上表现明显,伴有切变线或倒槽,其低层形势场见图6。

5.2.2 高空槽类

该类系统引发的降水过程共出现11次,其主要特点为:各层上均可分析出明显的西来槽,北京处于槽前,盛行西南风。如图7所示的2006年6月12日20时高低空形势场分布特征即是一个较为典型的例子。

5.2.3 蒙古涡类

该类系统引发的降水过程共出现4次,其主要环流特征为:低涡主体位于蒙古-内蒙地区,700 hPa以上表现明显,北京位于低涡底部或后部(图8)。

5.2.4 局地强对流云团

该类系统引发的降水过程共出现3次。其主要特

表 1 北京地区 2006 年汛期主要降水过程统计

序号	日期	降水时段	降水范围与量级	天气类型	分类
1	2006-06-02	08-20时	全市小-中雨,局地大雨	低涡切变线	
2	2006-06-12	20-08时	全市小雨	高空槽	
3	2006-06-13	08-20时	全市小-中雨	高空槽	
4	2006-06-14	08-20时	全市小雨	高空槽/低涡	
5	2006-06-24	08-20时	全市小-中雨	蒙古涡	
6	2006-06-26	08-20时	全市小-中雨	高空槽	
7	2006-06-27	23-03时	局地暴雨,石景山 116.6 mm	局地降雨云团	
8	2006-06-28	20-08时	全市小-中雨,局部大雨,海淀 36.5 mm	高空槽	
9	2006-06-29	20-08时	全市小雨,局部中雨,通州 19.7 mm	蒙古涡	
10	2006-07-08	20-08时	局地暴雨,石景山 56.0 mm,门头沟 74.0 mm	局地降雨云团	
11	2006-07-09	20-08时	局地暴雨,香山 137.0 mm,石景山 115.5 mm	局地降雨云团	
12	2006-07-10	20-08时	全市中-大雨,局部暴雨,房山 56.0 mm	高空槽	
13	2007-07-11	20-08时	全市中-大雨,大兴 42.0 mm	高空槽	
14	2006-07-12	08-20时	全市中-大雨,大兴 39.9 mm	蒙古涡	
15	2006-07-17	08-20时	局地暴雨,房山 56.0 mm,海淀 44.5 mm	蒙古涡	
16	2006-07-18	08-20时	全市小雨	低涡/倒槽	
17	2006-07-23	20-08时	全市小雨,局部大雨,密云 35.5 mm	横槽	
18	2006-07-24	08-20时	全市中-大雨、局地暴雨,石景山 58.0 mm	横槽	
19	2006-07-26	08-08时	全市小-中雨	高空槽	
20	2006-07-29	08-20时	全市小雨,局部大雨,海淀 44.0 mm	高空槽	
21	2006-07-31	08-20时	全市中-大雨、局地暴雨,大兴 67.0 mm	高空槽/低涡	
22	2006-08-01	14-02时	局地暴雨,海淀 53.0 mm	高空槽/地面辐合	
23	2006-08-03	08-20时	全市小雨,局地中雨,海淀 22.5 mm	副高外围低涡	
24	2006-08-08	20-08时	局地暴雨,香山 111.2 mm	副高外围对流云团	
25	2006-08-09	20-08时	局地暴雨,怀柔 66.0 mm	副高外围对流云团	
26	2006-08-12	20-08时	局地暴雨,平谷黑豆峪 108.0 mm	副高外围暖湿气流	
27	2006-08-13	14-23时	全市小-中雨	副高外围对流云团	
28	2006-08-28	20-08时	局地暴雨,怀柔 66.0 mm	副高外围对流云团	

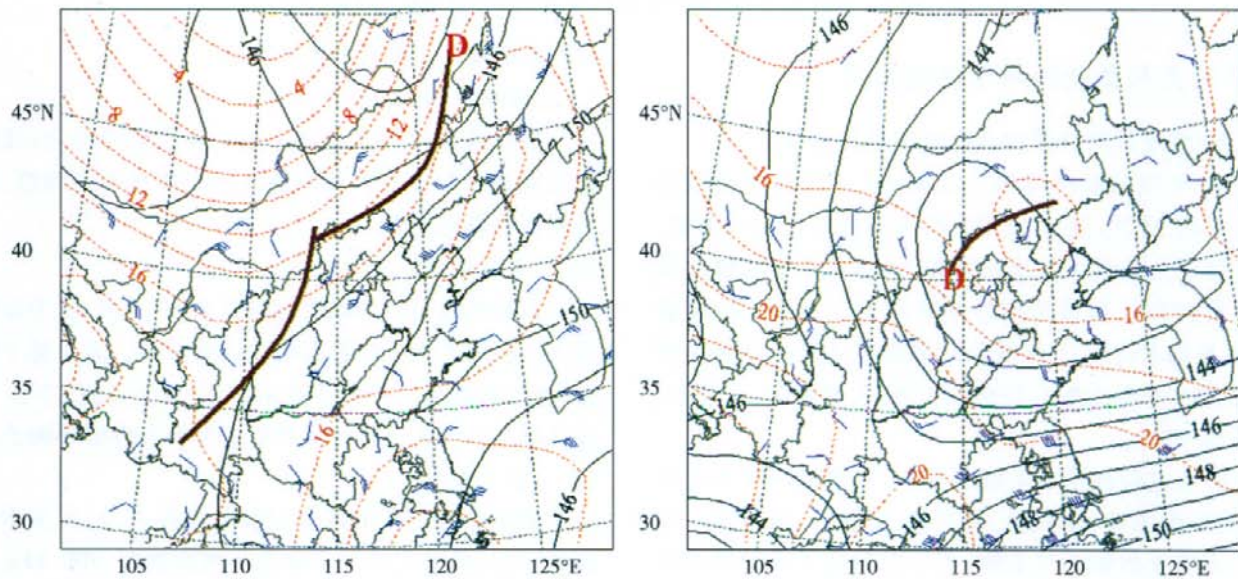


图 6 低涡类降水 850 hPa 高度场

点为: 没有明显强天气系统, 暴雨主要由局地生成的
对流云团导致, 多出现在 6-7 月(图略)。

5.2.5 横槽类

该类系统引发的降水过程共出现 2 次。其主要特

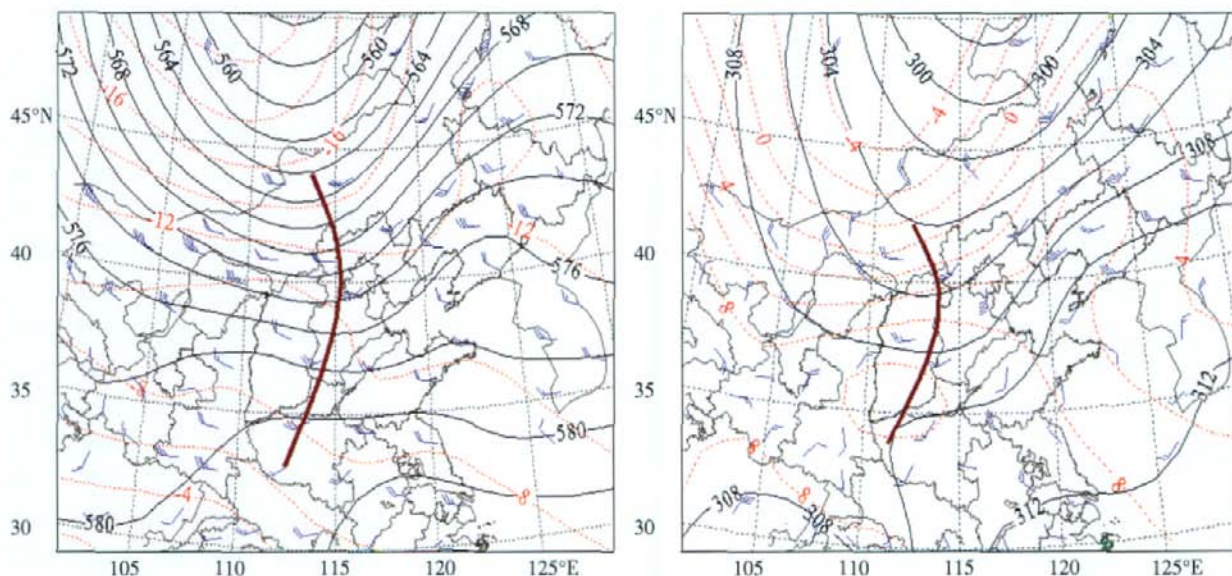


图 7 2006 年 6 月 12 日 20 时 500 hPa 和 700 hPa 高度场

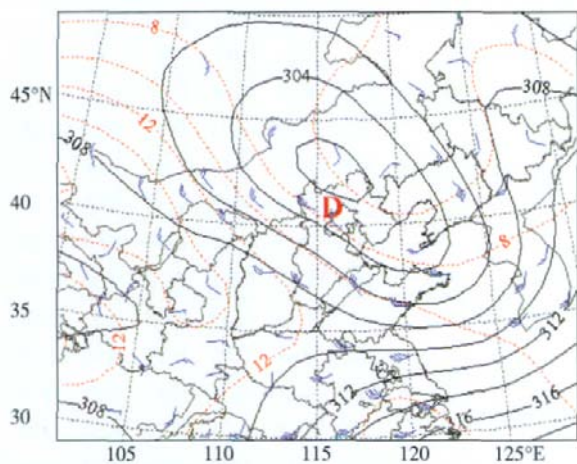


图 8 2006 年 6 月 29 日 20 时 700 hPa 高度场

点为: 700 hPa 以上受西北气流控制, 850 hPa 形势场上北京处于东-西向的横槽附近(图 9)。

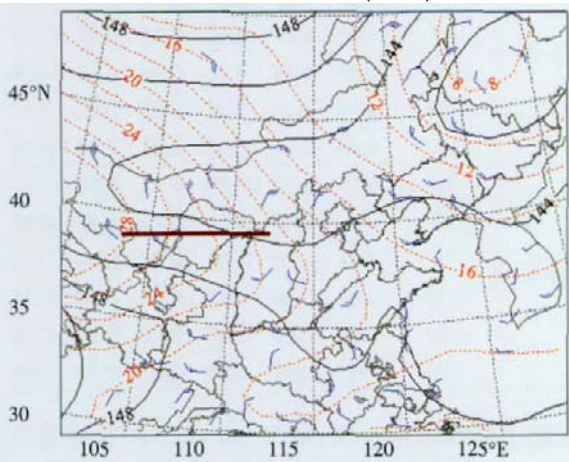


图 9 2006 年 7 月 23 日 20 时 850 hPa 高度场

5.2.6 副高外围对流云团

该类系统引发的降水过程共出现 6 次。主要特点为: 副高西伸较明显, 北京处于副高边缘, 盛行西南气流, 有时候会有低值系统沿副高边缘向东北移动。8 月

份的降水类型多属于此种形势(图 10)。

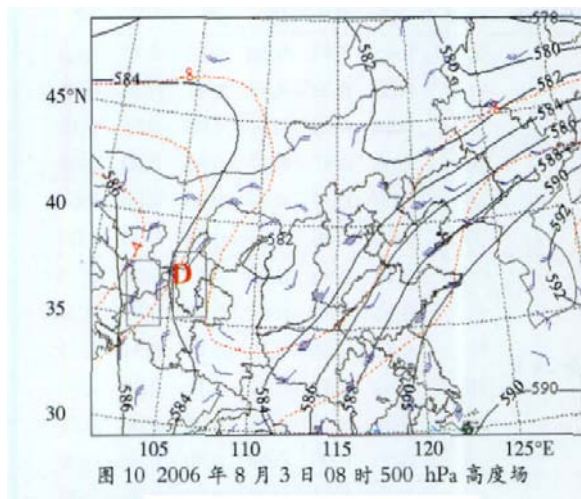


图 10 2006 年 8 月 3 日 08 时 500 hPa 高度场

5.3 汛期主要降水类型的检验评分

模式的预报结果根据表 1 进行了分类, 其中只要模式的预报时效能够覆盖表 1 中各次降水的实际发生时段即被纳入该类型待检验的预报样本。

表 2-5 分别给出了 9 km 和 3 km 网格对于这 6 种降水类型每 24 h 和 12 h 的 TS 评分。整体来看, 模式对于横槽导致的降水过程预报效果最好, 9 km 网格的 0-24 h 和 24-48 h 的 TS 评分达到 0.8 和 0.9 以上。但整个汛期内该类型的降水过程实际只发生了一次(7 月 23 日 20 时至 24 日 20 时), 并不具有代表性, 只能说明模式对于此次降水过程的预报是成功的。

其次为蒙古涡导致的降水过程。其 24 h 有无降水(阈值为 0.1 mm)的 TS 评分可达 0.6 以上, 而对于 50 mm 以上的暴雨量级模式也有反映。

模式对于高空槽和局地对流也具有相当的预报能力。从表 2 可以看出, 6-7 月间共发生了 21 次降水过程, 其中高空槽类型的降水就有 11 次; 局地强对流

表 2 9 km 网格北京地区 24 h 降水预报 TS 评分

降水预报 TS 评分	阈值 (mm)	降水天气系统类型					
		I	II	III	IV	V	VI
0~24 h	0.1	0.35	0.59	0.67	0.52	0.81	0.47
	1	0.16	0.47	0.66	0.42	0.82	0.34
	5	0.01	0.34	0.45	0.3	0.51	0.22
	10	0.00	0.28	0.36	0.21	0.13	0.11
	25	0.00	0.22	0.32	0.07	0.02	0.04
	50	0.00	0.12	0.15	0.00	0.00	0.00
24~48 h	0.1	0.59	0.52	0.62	0.85	0.91	0.43
	1	0.38	0.36	0.44	0.69	0.73	0.3
	5	0.11	0.23	0.23	0.51	0.68	0.31
	10	0.04	0.2	0.12	0.41	0.5	0.29
	25	0.00	0.15	0.04	0.28	0.19	0.21
	50	0.00	0.11	0.00	0.11	0	0.04

表 4 9 km 网格北京地区 12 h 降水预报 TS 评分

降水预报 TS 评分	阈值 (mm)	降水天气系统类型					
		I	II	III	IV	V	VI
0~12 h	0.1	0.43	0.43	0.50	0.24	0.57	0.26
	1	0.20	0.29	0.49	0.11	0.34	0.15
	5	0.00	0.18	0.37	0.06	0.05	0.10
	10	0.00	0.17	0.27	0.02	0.00	0.06
	25	0.00	0.14	0.21	0.00	0.00	0.04
	50	0.00	0.06	0.07	0.00	0.00	0.00
12~24 h	0.1	0.17	0.46	0.55	0.42	0.70	0.30
	1	0.11	0.40	0.47	0.33	0.51	0.20
	5	0.03	0.25	0.26	0.15	0.34	0.11
	10	0.00	0.18	0.22	0.10	0.06	0.03
	25	0.00	0.14	0.23	0.04	0.00	0.00
	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24~36 h	0.1	0.42	0.34	0.42	0.42	0.71	0.33
	1	0.21	0.27	0.31	0.28	0.58	0.26
	5	0.02	0.19	0.19	0.29	0.55	0.27
	10	0.01	0.19	0.12	0.25	0.40	0.22
	25	0.00	0.18	0.04	0.20	0.07	0.10
	50	0.00	0.08	0.00	0.07	0.00	0.00
36~48 h	0.1	0.28	0.34	0.32	0.52	0.57	0.29
	1	0.12	0.19	0.14	0.34	0.42	0.20
	5	0.02	0.10	0.02	0.22	0.53	0.23
	10	0.03	0.09	0.01	0.16	0.52	0.24
	25	0.00	0.02	0.00	0.05	0.21	0.12
	50	-99.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06

云团共导致的 3 次降水过程也均发生在 6~7 月,而且这段时间内 100 mm 以上的特大暴雨均由局地强对流云团所造成。从 24 h 的 TS 评分来看,无论 9 km 还是 3 km 区域,模式对于高空槽类降水 25 mm 以上的大到暴雨的预报具有一定的预报能力,相比较而言,0~24 h 的预报评分要胜于 24~48 h。但是,对于局地对

表 3 3 km 网格北京地区 24 h 降水预报 TS 评分

降水预报 TS 评分	阈值 (mm)	降水天气系统类型					
		I	II	III	IV	V	VI
0~24 h	0.1	0.27	0.54	0.65	0.54	0.64	0.24
	1	0.12	0.46	0.59	0.49	0.6	0.14
	5	0.00	0.35	0.41	0.33	0.4	0.06
	10	0.00	0.3	0.37	0.18	0.24	0.03
	25	0.00	0.23	0.33	0.07	0.09	0.01
	50	0.00	0.15	0.21	0.00	0.00	0.00
24~48 h	0.1	0.59	0.46	0.53	0.69	0.89	0.35
	1	0.37	0.34	0.36	0.54	0.72	0.32
	5	0.1	0.24	0.2	0.37	0.64	0.39
	10	0.04	0.21	0.11	0.31	0.54	0.36
	25	0.00	0.17	0.04	0.22	0.45	0.24
	50	0.00	0.10	0.00	0.1	0.2	0.12

表 5 3 km 网格北京地区 12 h 降水预报 TS 评分

降水预报 TS 评分	阈值 (mm)	降水天气系统类型					
		I	II	III	IV	V	VI
0~12 h	0.1	0.35	0.38	0.49	0.27	0.31	0.13
	1	0.24	0.27	0.43	0.12	0.21	0.06
	5	0.00	0.17	0.31	0.08	0.09	0.03
	10	0.00	0.17	0.25	0.04	0.05	0.01
	25	0.00	0.15	0.21	0.00	0.00	0.00
	50	0.00	0.09	0.11	0.00	0.00	0.00
12~24 h	0.1	0.12	0.44	0.49	0.44	0.51	0.09
	1	0.02	0.41	0.40	0.39	0.44	0.05
	5	0.00	0.29	0.26	0.17	0.41	0.03
	10	0.00	0.24	0.27	0.10	0.31	0.02
	25	0.00	0.14	0.23	0.04	0.13	0.00
	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24~36 h	0.1	0.39	0.32	0.36	0.37	0.72	0.24
	1	0.20	0.27	0.25	0.23	0.51	0.23
	5	0.03	0.19	0.16	0.25	0.39	0.22
	10	0.02	0.20	0.12	0.24	0.27	0.19
	25	0.00	0.19	0.04	0.21	0.07	0.14
	50	0.00	0.08	0.00	0.07	0.00	0.04
36~48 h	0.1	0.29	0.30	0.25	0.42	0.56	0.29
	1	0.11	0.18	0.11	0.25	0.48	0.26
	5	0.03	0.10	0.02	0.19	0.34	0.32
	10	0.02	0.10	0.01	0.15	0.28	0.25
	25	0.00	0.06	0.00	0.08	0.28	0.10
	50	-99.9	0.00	0.00	0.00	0.13	0.04

流云团主导的降水过程,却是 24~48 h 的预报效果更优,其有无降水的 TS 评分甚至可达 0.85,但对于 50 mm 以上的暴雨预报能力较差。另外,分析每 12 h 的 TS 评分可以看到,此类降水在 0~12 h 的预报效果远逊于其后的时次,其原因可能是在无明显大尺度斜压强迫条件下,模式需要一定的积分时间进行调整后才

能产生对流, 因此最初的 12 h 预报效果不佳。

副高外围对流云团这一类型的降水过程全部发生在 8 月份。与前几类型相比, 此类型降水 9 km 和 3 km 的表现有巨大差异。虽然二者 24~48 h 预报效果均优于 0~24 h, 但 3 km 区域 24~48 h 时段内对于 5 mm 以上的大阈值降水预报效果更为显著, 其评分甚至优于除横槽以外的其他降水类型。这种不同分辨率模式预报效果的显著差别可能是由于 8 月 9 日 20 时以后关闭了模式嵌套网格之间的双向反馈的结果。整个汛期低涡切变线过程仅两次, 但模式在 0~24 h 的预报效果较差, 24~48 h 的降水评分略好, 但主要集中在 5 mm 以下的阈值。

对比不同分辨率网格的预报效果可以看到, 除第六类副高外围强对流云团外, 3 km 和 9 km 的降水预报效果实际上差异不大, 这一点可以认为是模式嵌套网格之间双向反馈所造成的。

5.4 主观分析

根据表 2 中每次降水过程相关检验样本的预报评分, 对各种类型的降水过程均选择了代表该类型预报效果好或较差的个例进行了降水分布的主观分析, 由于篇幅所限, 无法一一赘述。从个例研究中可发现, 对于 2006 年 8 月 9 日以前的降水预报结果, 9 km 和 3 km 的预报效果基本上一致, 可以认为这是由于模式双向嵌套互相反馈互相影响所造成的。例如, 对于

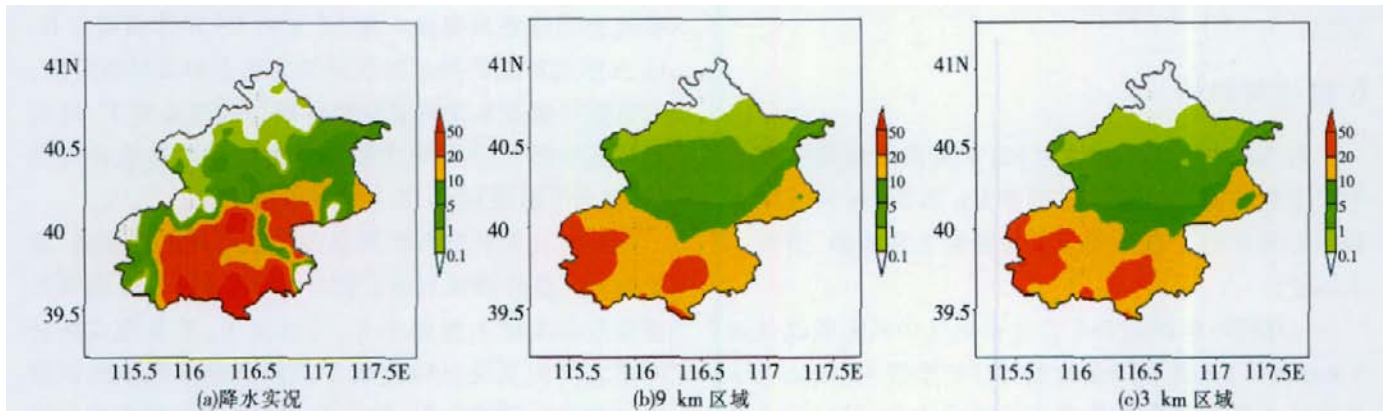


图 11 2006 年 7 月 31 日 08~20 时北京地区的降水实况及 9 km 和 3 km 区域的降水预报(单位:mm)

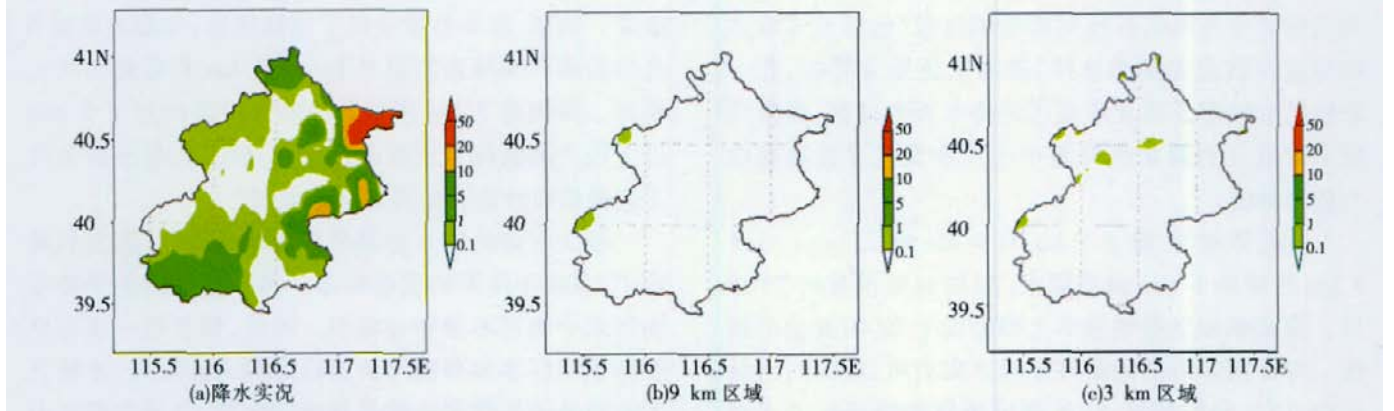


图 12 2006 年 7 月 29 日 08~20 时北京地区的降水实况及 9 km 和 3 km 区域的降水预报(单位:mm)

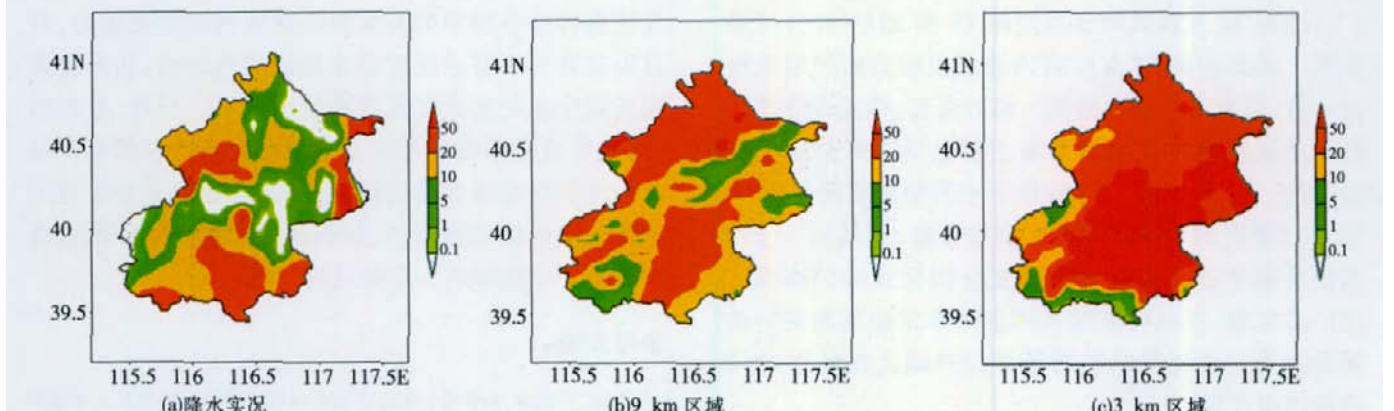


图 13 2006 年 8 月 12 日 20 时至 8 月 13 日 08 时北京地区的降水实况及 9 km 和 3 km 区域的降水预报

高空槽类降水, 总体来看预报效果较好, 如 2006 年 7 月 31 日 0000~1200UTC 发生的降水(图 11), 但是亦有失败的个例, 如 29 日 0000~1200UTC 的降水(图 12)。

但是, 由于自 8 月 9 日 1200UTC 起关闭了模式双向嵌套的反馈选项, 因此模式 9 km 和 3 km 区域的预报结果开始表现出较大的差异, 如图 13 所示的 2006 年 8 月 12 日 20 时至 13 日 08 时的降水过程。由此可见, 关闭了模式双向嵌套之间的反馈选项, 有利于模式独立地展现各个区域各自的预报效果。当然, 由之产生的不同分辨网格表现出的预报效果究竟孰优孰劣、预报员究竟应当如何使用等等问题, 需要积累更多的样本、进行更为细致地分析后才能给出进一步的结论。

6 结论与讨论

对 2006 年汛期(6~8 月)北京城市气象研究所的中尺度数值业务预报模式的 9 km 和 3 km 区域降水预报效果进行了初步的评分检验和主观检验, 得出如下结论:

(1)2006 年汛期 6~8 月北京地区中尺度数值预报 3 km 和 9 km 区域降水检验评分结果表明, 模式对于有无降水事件具有较为合理的预报能力, 但对于具体雨量预报、特别是大阈值的降水预报能力不足。这说明当前的业务模式所选用的物理过程(包括显式降水和对流参数化方案的选择)基本上还是合理的, 在一定程度上能够反映北京地区的降水天气过程, 但模式对于导致大到暴雨的局地中小尺度天气系统预报能力仍然偏弱。

(2)总体来看, 除了 3 km 和 9 km 的 0.1 mm 以及 3 km 区域的 1 mm 阈值降水, 20 时起始预报的 TS 评分、漏报率和空报率基本上都要优于 08 时起始的预报。对比两者的初始条件生成方案后可以认为, 直接采用 AVN 分析场比 AVN 预报场作初猜场加上客观分析后生成的初始条件具有更好的降水预报效果。

(3)逐 12 h 模式降水预报的 TS 和 BIAS 评分结果表明, 模式在每 12 h 时段内的预报能力虽然表现较为一致, 但也有些微的差别。相对而言, 模式对几乎所有阈值的降水预报效果基本上都在 24~36 h 达到最好, 对于 0.1 mm 到 25 mm 以下小到中雨在最初的 0~12 h 和最后的 36~48 h 预报效果略差。这从另一个侧面反映现今业务模式的三维变分同化系统仍然需要进一步完善, 以尽可能的发挥多种非常规观测资料的同化效果, 优化初始场质量并提升模式在最初 24 h 内的预报水平。

(4)对 2006 年汛期发生的 28 次降水过程按其主

导的天气系统进行了分类, 并对各个类型的降水预报进行了评分检验。结果表明, 预报效果由好至差的顺序依次为横槽类降水、蒙古涡、高空槽和局地强对流云团、副高外围强对流云团和低涡切变线类型。除去横槽类降水和低涡切变线两类(样本数过少不具有代表性)后可以看到, 对于对流云团主导的降水过程, 24~48 h 的预报效果较好; 而对于大气斜压性较强的天气过程, 模式在前 24 h、尤其是 12~24 h 的预报效果更优。

(5)结论(3)也可以认为是模式 spin-up 现象的一种反映。但是 spin-up 现象导致在各时段降水预报性能的差异在分类型检验中局地对流云团主导的降水系统表现得更为明显。逐 12 h 的 TS 评分表明在 0~12 h 模式对此类降水的预报能力远不如其后的时段, 其原因可能是在无明显大尺度斜压强迫条件下, 模式需要更长的积分时间才能预报出较强的局地对流系统, 因此导致最初的 12 h 预报效果不佳。

(6)对比不同分辨率网格的预报效果可以看到, 除第六类副高外围强对流云团外, 3 km 和 9 km 的降水预报效果实际上差异不大, 可以认为, 正是模式嵌套网格之间的双向反馈造成了不同分辨率网格的预报降水趋于一致的分布, 而关闭了模式双向嵌套反馈选项有利于模式独立展现各种不同分辨率区域的预报效果。例如, 在 8 月初关闭了该选项后, 全部发生在 8 月份的第六类降水类型 9 km 和 3 km 表现就有巨大差异, 特别是 3 km 区域 24~48 h 时段内对于 5 mm 以上的大阈值降水预报效果十分显著, 其评分甚至优于除横槽以外的其他所有降水类型。

该文所述的降水检验是很初步的工作, 因为只采用了 2006 年汛期的预报样本, 具体分解到各个类型的降水个例样本量相对较少。因此, 需要进一步对更多的预报样本和典型个例进行更深入的研究, 才能更为客观地评估精细化数值预报的性能, 并寻找模式中可能存在的问题, 这将是下一步工作的重点。此外, 加强更高时空分辨率的非常规观测资料的同化能力, 可获取具有更丰富中尺度信息的模式初始场, 从而提高模式对中小尺度天气系统的预报水平。另外, 应该看到, 现有观测系统和检验方法对于高分辨率模式产品的检验仍然有很大的局限性, 不足以提供充分客观的数值预报系统性能评估, 如何认识和使用高分辨数值产品是一个值得进一步探讨的问题。

参考文献:

- [1] 陈敏, 王迎春, 仲跻芹, 等. 北京地区中尺度数值业务预报的客观检验[J]. 应用气象学报, 2003, 14(5): 548-559.

- [2] 王雨. 2004 年主汛期各数值预报模式定量降水预报评估[J]. 应用气象学报, 2006, 17(3): 316-324.
- [3] 王雨, 闫之辉. 2004 年汛期(5-9 月)主客观降水预报检验[J]. 热带气象学报, 2006, 22(4): 331-339.
- [4] 王家芬, 王志利, 林曲凤. 数值预报产品效果检验及在降水预报中的应用[J]. 气象, 2004, 26(10): 49-52.
- [5] Mesinger Fedor. Improvements in quantitative precipitation forecasts with the eta regional model at the National Centers for Environmental Prediction: The 48-km upgrade [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1996, 77(11): 2637-2649.
- [6] Cole Brian A, Clifford Mass, Kenneth J Westrick. MM5 precipitation verification over the Pacific northwest during the 1997-1999 cool seasons[J]. Weather and Forecasting, 2000, Vol. 15(6): 730-744.
- [7] Chien FangChing, Kuo Ying-Hwa, Yang MingJen. Precipitation forecast of MM5 in the Taiwan area during the 1998 Mei-yu season [J]. Weather and Forecasting, 2002, 17(4): 739-754.

Evaluation of Operational Precipitation Forecasts in Beijing Area During the Flooding Season of 2006

CHEN Min, ZHENG Zuo-fang, WANG Ying-chun, FAN Shui-yong, ZHONG Ji-qin, WANG Zai-wen
(Institute of urban meteorology, CMA, Beijing, 100089)

Abstract: In this paper, the operational numerical precipitation forecasts of BMB during the flooding season of 2006 were verified against the hourly accumulated precipitation from AWS observation data in Beijing area. The 28 precipitation incidents during the whole flooding season were identified into 6 categories according to their dominant synoptic weather systems. From their verification scores, the forecast capability of the operational numerical model of BMB for each precipitation category in Beijing area was analyzed. Moreover, a preliminary comparison of the precipitation forecast capability between different model resolutions was conducted.

Key words: Precipitation Verification; Numerical Weather Forecast; Objective Verification.