

张兵,钟敏. GRAPES 模式对湖北省汛期强降水预报的分类检验分析[J].暴雨灾害,2009,28(2):137-142.

GRAPES 模式对湖北省汛期强降水预报的分类检验分析

张 兵¹, 钟 敏²

(1.中国气象局武汉暴雨研究所,武汉 430074;2.武汉中心气象台,武汉 430074)

摘 要:使用常规观测资料及 GFS 资料($1^{\circ}\times 1^{\circ}$),选取 2005—2008 年汛期 22 次湖北省强降水天气过程,按照其影响系统分为低槽型、台风型和副高外围型三类,对 GRAPES 模式(2.1 版本)预报效果进行分类检验分析,结果表明:(1)就低槽型降水而言,0~24 h 预报时效内,模式对晴雨、小雨、大雨的预报效果在三类降水中最好,24~48 h 则中雨预报效果最好,0~24 h 预报效果总体而言优于 24~48 h。模式预报的主要降水区从雨型、雨区范围和雨强的分布特征均与实况较为一致,预报的主要偏差在于强中心位置偏离和强度偏弱。(2)就台风型降水而言,0~24 h 预报时效内,模式对中雨和暴雨的预报效果在三类降水中最好,24~48 h,则晴雨、小雨、大雨、暴雨预报效果最好,24~48 h 预报效果总体而言优于 0~24 h。模式对台风的主体降水落区把握得比较好,和实况较为一致,但对于台风外围云系产生的降水往往与实况差别较大,另外,主体降水中暴雨落区预报总是比实况偏小。(3)副高外围型降水在上述两个预报时效中,各量级的评分成绩均为最低,0~24 h 预报效果总体而言优于 24~48 h。模式对副高外围局地性强降水过程预报能力较弱,基本不具备预报中雨以上降水的力量。最后对 GRAPES 模式的进一步改进提出了一些建议。

关键词:GRAPES;降水预报;分类检验

中图分类号:P459.9 文献标识码:A 文章编号:1004-9045(2009)02-0137-07

1 引言

GRAPES (Globe and Regional Assimilation and Prediction System) 全球/区域同化预报模式是由我国科学家在充分吸收国内外数值预报与相关学科的最新科研成果的基础上,自行设计的新一代数值预报模式,填补了我国数值预报领域的数项技术空白。其模式格点距离变化范围覆盖 1~100 km,这样的大气动力模式将同时涉及到静力平衡和非静力平衡系统的问题,所以模式采用静力与非静力的选择开关,可以进行静力与非静力试验。采用半隐式半拉格朗日时空分离技术。水平方向采用 C—网格设计,垂直方向采用 charney-philips 跳层设置,温度和水平风跳层分布;垂直方向采用高度地形追随坐标,目前已在广东、上海区域中心进行业务试运行。GRAPES 模式从 2005 年汛期开始在中央气象台投入业务试运行,2006 年正式业务运行。该模式运行稳定,对于国家和省地各级预报员制作天气预报起到较好的指导作用。

叶成志等^[1]对 2005 年主汛期发生在长江流域的重要降水天气过程进行了模拟和检验,徐双柱等^[2]对 2005、2006 年发生在长江流域的 11 次主要降水天气

过程的预报情况做了详尽地分析和检验,张兵等^[3]曾采用分辨率为 60 km 的 GRAPES 中尺度模式单重网格方案,对 2004 年 7 月 16—17 日河南出现的一次特大暴雨过程进行了数值预报试验,结果表明 GRAPES 模式较好地再现了高低空环流形势的演变及暴雨带的分布特征。陈建萍等^[4]对 2005 年 5 月 1 日 06—07 时在江西南昌市区出现的强降水过程,利用 GRAPES 模式进行了数值模拟和诊断分析。结果发现,GRAPES 模式能很好地模拟出高低空环流形势场特征和主要天气系统,能提供较准确的高分辨率诊断分析资料。本文将对 GRAPES 模式对湖北省近 4 年的典型降水过程预报进行分类评估,以期为湖北省今后进一步提高精细化天气预报水平和数值预报产品释用能力以及为该模式的不断完善提供一些有意义的参考依据。

2 天气过程简介

选取 2005—2008 年汛期 22 次湖北省较典型的强降水天气过程,将降水过程按照影响系统的不同划分为三大类:即低槽型、台风型和副高外围型,现将参与此次评估的过程简介如下。

收稿日期:2009-01-04;定稿日期:2009-04-30

基金项目:国家自然科学基金面上项目青年科学基金项目(40705020)、科技部公益行业专项(GYHY200706012)、武汉暴雨研究所暴雨基金(IHR2007K01)共同资助

作者简介:张兵,男,1976 年生,助理研究员,主要从事数值模拟和诊断分析。E-mail:zhangbing@whhr.com.cn

2.1 低槽型

本文选取的 22 次强降水天气过程中, 低槽型降

水过程共有 13 次, 其具体评分时段、主要影响系统、降水情况及评分情况见表 1。

表 1 低槽型降水过程主要影响系统、降水概况及评分

降水时段	主要影响系统	降水落区	观测最大降水/暴雨站数	过程评分(0~24 h 评估)
2005062508-	500 hPa 低槽;	850 hPa 切变	2508-2608:109.1 mm/16 站	晴雨:0.74561;小雨:0.2234;
2005062708	850 hPa 冷锋式切变	线偏南一侧	2608-2708:133.6 mm/14 站	中雨:0.0625;大雨:0.0;暴雨:0.0
2005070908-	500 hPa 低槽;	850 hPa 切变	0908-1008:148.7 mm/20 站	晴雨:0.80851;小雨:0.05882;
2005071108	850 hPa 冷锋式切变	线偏南一侧	1008-1108:103 mm/2 站	中雨:0.05128;大雨:0.0;暴雨:0.0
2005082108-	500 hPa 低槽;	850 hPa 切变	2108-2208:66.6 mm/7 站	晴雨:0.51974;小雨:0.25926;
2005082308	850 hPa 冷锋式切变	线偏南一侧	2208-2308:52.9 mm/4 站	中雨:0.0625;大雨:0.03125;暴雨:0.0
2006050408-	500 hPa 低槽;	850 hPa 切变	0408-0508:115.1 mm/15 站	晴雨:0.52055;小雨:0.33696;
2006050608	850 hPa 冷锋式切变	线偏南一侧	0508-0608:110.6 mm/6 站	中雨:0.08696;大雨:0.11538;暴雨:0.0
2006052408-	500 hPa 低槽;	850 hPa 切变	2408-2508:260.7 mm/8 站	晴雨:0.65421;小雨:0.15789;
2006052508	850 hPa 冷锋式切变	线偏南一侧		中雨:0.15625;大雨:0.04762;暴雨:0.0
2006070708-	500 hPa 低槽;	850 hPa 切变	0708-0808:101.2 mm/6 站	晴雨:0.65385;小雨:0.32979;
2006071008	850 hPa 冷锋式切变	线偏南一侧	0808-0908:116.4/3 站	中雨:0.0;大雨:0.0;暴雨:0.0
			0908-1008:99.6 mm/11 站	
2006090708-	500 hPa 低槽;	850 hPa 切变	0708-0808:87.3 mm/9 站	晴雨:0.75439;小雨:0.28571;
2006090808	850 hPa 冷锋式切变	线偏南一侧		中雨:0.12903;大雨:0.10526;暴雨:0.0
2007053008-	500 hPa 低槽;	850 hPa 切变	3008-3108:145.2 mm/26 站	晴雨:0.56579;小雨:0.12963;
2007060108	850 hPa 冷锋式切变	线两侧	3108-0108:125 mm/3 站	中雨:0.0;大雨:0.0;暴雨:0.0
2007070108-	500 hPa 低槽;	850 hPa 切变	0108-0208:124.6 mm/21 站	晴雨:0.58667;小雨:0.2;
2007070208	850 hPa 冷锋式切变	线两侧		中雨:0.04348;大雨:0.0;暴雨:0.0
2007070808-	500 hPa 低槽;	850 hPa 切变	0808-0908:158 mm/6 站	晴雨:0.18333;小雨:0.16901;
2007071008	850 hPa 静止锋式切变	线偏南一侧	0908-1008:77.9 mm/7 站	中雨:0.0;大雨:0.0;暴雨:0.0
			0808-0908:144.3 mm/16 站	
2008060808-	500 hPa 低槽;	850 hPa 切变	0908-1008:79.2 mm/8 站	晴雨:0.79825;小雨:0.42857;
2008061108	850 hPa 静止锋式切变	线两侧	1008-1108:41 mm/0 站	中雨:0.22581;大雨:0.24359;暴雨:0.0
2008062108-	500 hPa 低槽;	850 hPa 切变	2108-2208:119.8 mm/5 站	晴雨:0.25899;小雨:0.23077;
2008062308	850 hPa 静止锋式切变	线两侧	2208-2308:115 mm/7 站	中雨:0.0;大雨:0.04348;暴雨:0.0
2008072108-	500 hPa 低槽;	700 hPa 西南	2108-2208:127 mm/4 站	晴雨:0.68056;小雨:0.22222;
2008072308	700 hPa, 850 hPa 西南 涡及暖锋式切变	涡的东南象限 和 850 hPa 切 变线偏北一侧	2208-2308:191 mm/27 站	中雨:0.04762;大雨:0.09524; 暴雨:0.03333

2.2 台风型

22 次强降水天气过程中, 台风型降水过程共有 5

次, 其具体评分时段、主要影响系统、降水情况及评分情况见表 2。

表 2 台风型降水过程主要影响系统、降水概况及评分

降水时段	主要影响系统	降水落区	观测最大降水/暴雨站数	过程评分(0~24 h 评估)
2005081408-	台风珊瑚, 低层	台风珊瑚的	1408-1508:129.1 mm/11 站	晴雨:0.54545;小雨:0.25455;
2005081608(珊瑚)	风场存在切变	西北象限	1508-1608:74 mm/2 站	中雨:0.04762;大雨:0.0;暴雨:0.0
2005090208-	台风泰利, 低层	台风泰利的	0208-0308:113.6 mm/21 站	晴雨:0.89209;小雨:0.43284;中雨:
2005090408(泰利)	风场存在切变	东北象限	0308-0408:219.4 mm/11 站	0.20755;大雨:0.09677;暴雨:0.09375
2006081108-	台风桑美, 低层	台风桑美的	1108-1208:57.9 mm/2 站	晴雨:0.04545;小雨:0.05741;
2006081208(桑美)	风场存在切变	东南象限	2108-2208:79 mm/3 站	中雨:0.0;大雨:0.0;暴雨:0.0
2007082108-	台风圣帕, 低层	台风圣帕的	2208-2308:58.9 mm/2 站	晴雨:0.21168;小雨:0.11881;
2007082308(圣帕)	风场存在切变	西南象限	2908-3008:19.1 mm/0 站	中雨:0.0;大雨:0.0;暴雨:0.0
2008072908-	台风凤凰, 低层	台风凤凰的	3008-3108:38.7 mm/0 站	晴雨:0.25862;小雨:0.23841;
2008080108(凤凰)	风场存在切变	东南象限	3108-0108:148.5 mm/2 站	中雨:0.0;大雨:0.0;暴雨:0.0

2.3 副高外围型

22 次强降水天气过程中,副高外围型降水过程共

有 4 次,其具体评分时段、主要影响系统、降水情况及评分情况见表 3。

表 3 副高外围型降水过程主要影响系统、降水概况及评分

降水时段	主要影响系统	降水落区	观测最大降水/暴雨站数	过程评分(0~24 h 评估)
2005081208- 2005081308	副高外围, 850 hPa 东风气流	副高南侧	19.3 mm/0 站	晴雨:0.0833;小雨:0.09091; 中雨:0.0;无大雨、暴雨
2006082308- 2006082408	副高外围, 850 hPa 东风气流	副高南侧	43.8 mm/0 站	晴雨:0.38462;小雨:0.24; 中雨:0.0;大雨 0.0;无暴雨
2007080508- 2007080608	副高外围, 850 hPa 西北气流	副高北侧	89 mm/3 站	晴雨:0.16667;小雨:0.13889; 中雨:0.0;大雨 0.0;暴雨 0.0
2008072708- 2008072808	副高外围, 850 hPa 东风气流	副高南侧	65.9 mm/1 站	晴雨:0.14894;小雨:0.14286; 中雨:0.0;大雨 0.0;暴雨 0.0

3 GRAPES 模式对降水预报的分类检验分析

3.1 GRAPES 模式参数及对降水预报的检验方案

本次评估使用 GRAPES V2.1 版本,水平分辨率为 15 km,垂直分为 35 层,模式层顶 15 000 m。初始场为 GFS 资料(1°×1°)分析场,该分析场未同化卫星、雷达等非常规观测资料。时间步长为 90 s,范围为 105°—120°E,25°—35°N。参数化方案包括:NCEP cloud3 微物理方案、BMJ 对流参数化方案、MRF 边界层方案、Dudhia 短波辐射方案、RRTM 长波辐射方案、slab 陆面过程等。

分类检验评估的具体方案如下:对湖北省 77 个站 08—08 时降水量,分别对晴雨($R \geq 0.0$)、小雨($R < 10.0$)、中雨($10.0 \leq R < 25.0$)、大雨($25.0 \leq R < 50.0$)、暴雨($R \geq 50.0$)进行检验。所检验的预报降水时段为 2 个:以 08 时为初始时刻预报的 0~24 h 和 24~48 h 降水量。检验采用站点对站点的方式,即将模式预报的格点降水量插值到各测站,与测站上的实况降水量进

行比较。预报检验统计量为 T_s 评分、漏报率、空报率。计算公式详见文献[5]。

3.2 GRAPES 模式对湖北省强降水预报的分类检验

3.2.1 低槽型

图 1 为 GRAPES 模式对 13 次低槽型降水过程共 25 个时次预报的检验情况。由图 1a 的 0~24 h 预报降水检验结果可见:(1)GRAPES 对晴雨预报的 T_s 评分最高,为 0.60,小雨、中雨、大雨、暴雨的 T_s 评分值依次为:0.25、0.08、0.08、0.004。(2)从空报漏报率来看,对于晴雨而言,漏报率远大于空报率,而具体到各个量级,则情况又有不同,小雨的漏报率略低于空报率,其他各量级漏报率大于空报率。

24~48 h 预报降水检验结果(图 1b)如下:(1)晴雨、小雨、中雨、大雨、暴雨的 T_s 评分依次为 0.52、0.20、0.11、0.06、0.02,与 0~24 h 的评分结果相比,中雨和暴雨的 T_s 评分要好于 0~24 h 的评分,而其他各量级均低于 0~24 h。(2)各量级的漏报率均一致大于空报率。

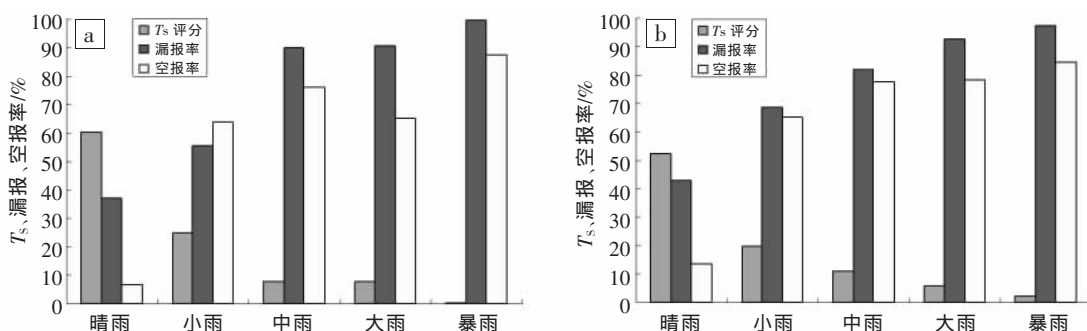


图 1 低槽型降水过程各量级的 T_s 评分、漏报率、空报率(a 为 24 h,b 为 48 h)

对比分析 25 个时次的预报降水和实况降水后发现,模式预报的主要降水区从雨型、雨区和雨强的分布特征都与实况较为一致。分析中还发现,预报偏差主要表现在两方面:其一是模式对降水落区预报得比较好,但对降水强度预报偏弱;其二则是模式对降水强度预报较好,但预报的强降水中心与实况存在一定

程度的偏差。图 2a 为 2008 年 6 月 8 日 08 时至 9 日 08 时降水实况,图 2b 是 6 月 8 日 08 时起报的 24 h 预报,从图可见,实况湖北主要降水区位于江汉平原,暴雨中心位于江汉平原大部,24 h 预报湖北主要降水区范围与实况较为符合,但暴雨中心只报到了江汉平原西部,强度明显偏弱。图 3a 为 2008 年 7 月 22 日 08 时

至23日08时的降水实况,图3b是7月22日08时起报的24h预报,对比后可发现,24h虽然预报出了一

条西南—东北向的雨带,其中也包含有几个比较明显的暴雨中心,但与实况相比暴雨中心的位置明显偏西。

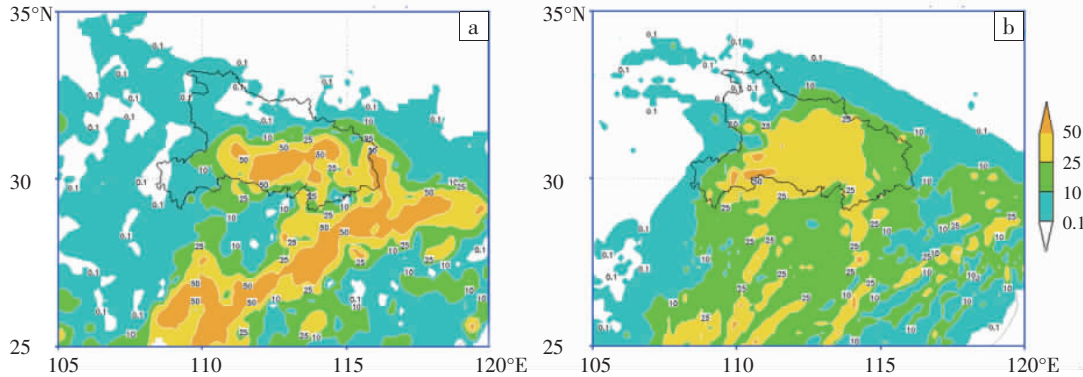


图2 2008年6月8日08时至9日08时降水实况(a)与GRAPES模式24h预报图(b)(单位: mm)

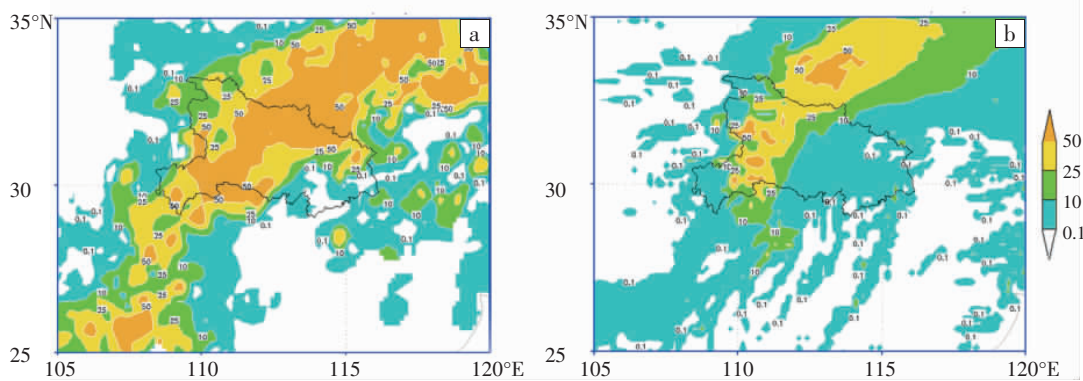


图3 2008年7月22日08时至23日08时降水实况(a)与GRAPES模式24h预报图(b)(单位: mm)

3.2.2 台风型

图4为GRAPES模式对5次台风型降水过程共10个时次预报的检验情况。由图4a的0~24h预报降水检验结果可见:(1)GRAPES对晴雨、小雨、中雨、大雨、暴雨的Ts评分依次为0.44、0.23、0.09、0.05、0.06;(2)从漏报空报率来看,各量级漏报率均大于空报率,且暴雨的空报率为0。这说明GRAPES模式在对台风

的预报上,暴雨的落区预报范围偏小。

24~48h预报降水检验结果(图4b)如下:(1)晴雨、小雨、中雨、大雨、暴雨的Ts评分依次为0.61、0.32、0.08、0.09、0.07,值得注意的是,除中雨外,其余各个量级的评分均比0~24h高;(2)各量级漏报率依然是一致大于空报率,但暴雨的空报率不再是0,存在一定的空报。

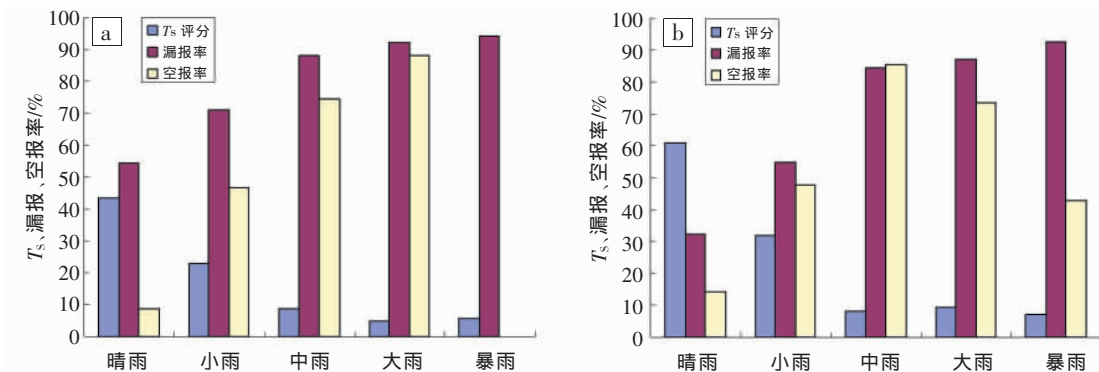


图4 台风型降水过程各量级的Ts评分、漏报率、空报率(a为24h,b为48h)

对比分析10个时次的台风降水和实况降水图后发现,GRAPES模式对5次台风的主体降水落区把握得比较好,和实况较为一致。但同时也存在两个方面的偏差,其一是对于主体降水中暴雨区的范围总是比实况偏小,其二为对于台风外围云系产生的降水预报

得不够准确,有时甚至空报或所报量级较实况偏小。图5a为2005年9月2日08时至3日08时的降水实况,图5b是9月2日08时起报的24h预报,由图可见,预报的台风主体降水区与实况较为吻合,但是预报的暴雨落区偏小。图6a为2007年8月21日08时

至 22 日 08 时的降水实况, 图 6b 是对应时段的 24 h 预报场, 对比后发现, 这次预报对台风的主体降水区

预报得比较好, 但是对于外围云系的降水基本漏报, 而湖北省正好受台风外围云系影响, 因此预报效果较差。

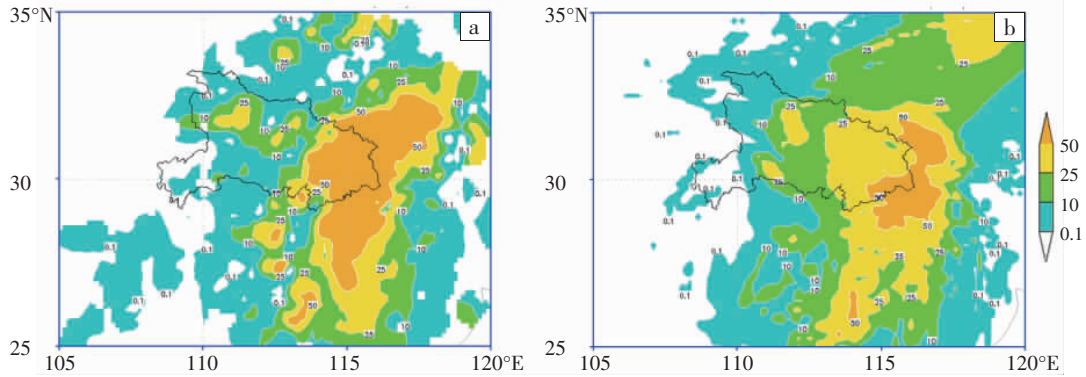


图 5 2005 年 9 月 2 日 08 时至 3 日 08 时降水实况(a)与 GRAPES 模式 24 h 预报图(b) (单位:mm)

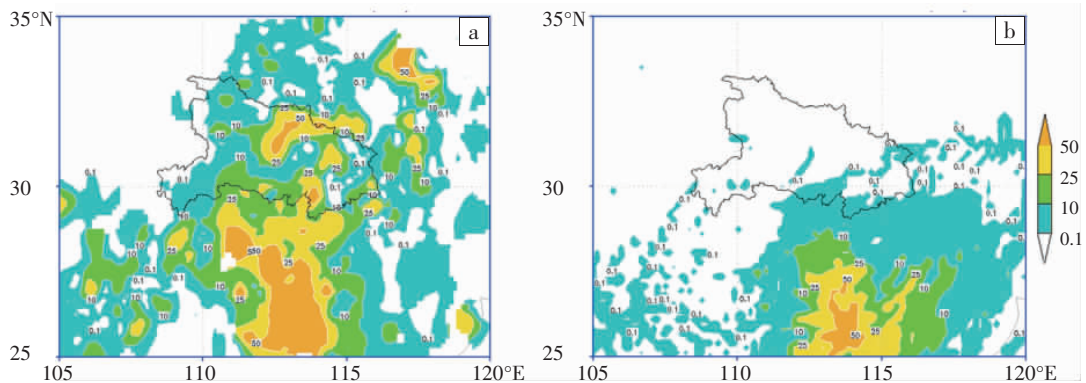


图 6 2007 年 8 月 21 日 08 时至 22 日 08 时降水实况(a)与 GRAPES 模式 24 h 预报图(b) (单位:mm)

3.2.3 副高外围型

图 7 为 GRAPES 模式对 4 次副高外围型降水过程共 4 个时次预报的检验情况。由图 7a 的 0~24 h 预报降水检验结果可以看出:(1) T_s 评分成绩较低, 晴雨和小雨的 T_s 评分分别为 0.20 和 0.16, 其余各量级均为 0。(2)从漏报空报率来看, 各量级漏报率均大于空报率, 且中雨以上量级漏报率为 100%, 空报率为 0, 这说

明对于副高外围型降水, GRAPES 模式基本不具备预报中雨以上降水的能力。

从 24~48 h 预报降水检验结果(图 7b)可以看出:(1)晴雨和小雨的 T_s 评分分别为 0.17 和 0.14, 其余各量级 T_s 评分均为 0;(2)除中雨外, 其余各量级漏报率均大于空报率, 且大雨和暴雨的漏报率为 100%, 空报率为 0。

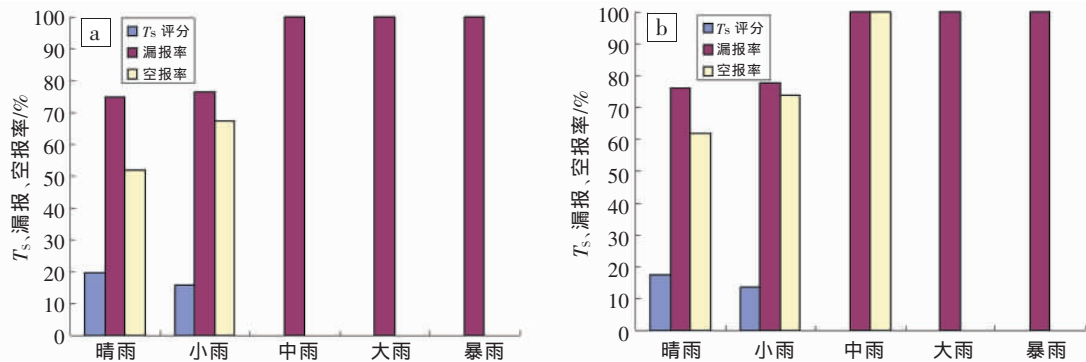


图 7 副高外围型降水过程各量级的 T_s 评分、空报率、漏报率(a 为 24 h;b 为 48 h)

对比分析 4 个时次的副高外围型降水预报和实况图后发现, 模式对于副高外围的局地性强降水过程预报能力较弱, 预报的降水中心有所偏离, 中心强度也比实际明显偏小, 基本只能报出小雨量级。

3.2.4 三类降水预报的对比分析

对比分析结果表明, GRAPES 模式对以上三种类型的降水预报呈现出以下几个主要特点:

(1)由 0~24 h T_s 评分可知:晴雨、小雨、大雨的 T_s 评分, 低槽型降水最高, 台风型降水次之, 副高外围型降水最低; 中雨和暴雨的 T_s 评分, 台风型降水优于低

槽型降水,副高外围型降水最低。(2)由 24~48 h T_s 评分可知:晴雨、小雨、大雨、暴雨的 T_s 评分,台风型降水最高,低槽型次之,副高外围型降水最低;中雨的 T_s 评分,低槽型降水优于台风型降水,副高外围型降水最低。(3)各量级的 T_s 评分从总体而言,低槽型降水和副高外围型降水均是 0~24 h 优于 24~48 h,而台风型降水较为特殊,除中雨量级外,其余各量级 24~48 h 的预报结果均明显好于 0~24 h。(4)GRAPES 模式对这三类降水的漏报率在绝大多数情况下大于空报率。

对于台风型降水在两个预报时次暴雨的 T_s 评分均在各类型降水最高,可能与台风系统本身所携带的充足水汽有关,其产生暴雨的能力远远优于其他两类降水。而对于两个时次的预报效果,唯独台风型降水在 24~48 h 的预报能力优于 0~24 h,这可能与模式的启动方式有关。

4 结论和讨论

GRAPES 模式在湖北省近 4 年来典型降水过程预报的分类评估结果表明,GRAPES 模式对湖北省汛期三种类型强降水均具备一定的预报能力,但具体到各种降水类型,又有其各自的特点,主要表现为:(1)低槽型降水在 0~24 h,晴雨、小雨、大雨在三类降水预报效果最好,24~48 h,则中雨预报效果最好,0~24 h 预报效果总体而言优于 24~48 h。模式预报的主要降水区从雨型、雨区范围和雨强分布特征都与实况较为一致,预报的主要偏差在于强中心位置偏离和强度偏弱。(2)台风型降水在 0~24 h,中雨和暴雨在三类降水预报效果最好,24~48 h 则晴雨、小雨、大雨、暴雨预报效果最好,24~48 h 预报效果总体而言优于 0~24 h。模式对台风的主体降水落区把握得比较好,和实况较为一致,但对于台风外围云系产生的降水往往与实况差别较大,另外主体降水中暴雨区的范围总比实况偏小。(3)副高外围型降水在两个预报时次中,各量级的评分成绩均为最低,0~24 h 预报效果总体而言优于 24~48 h。模式对局地性强降水过程预报能力较弱,基本不具备预报中雨以上降水的能力。

另外,对于分析过程中提到的几种现象,探讨了其可能成因及初步解决方案。

(1)对于文中提到的 GRAPES 模式对降水中心的预报强度较实况偏弱,暴雨区范围偏小等现象,可能

是由两个原因造成:一是模式模拟的垂直速度偏弱,二是模式次网格尺度和网格尺度降水方案的协调性不够,对流调整和对流对格点尺度温湿场的反馈似乎还不够有效,影响了模式格点尺度产生凝结降雨的温湿条件,进而影响显式降水方案的发挥。要提升模式定量降水的预报能力,还需特别关注模式物理过程的描述和提高模式降水物理过程方案之间的协调性。(2)对于文中提到的 GRAPES 模式对降水中心位置的预报出现偏差以及模式对副高外围降水预报偏弱等现象,可能与模式的初值有一定的关系,通过对卫星、雷达等非常规资料的同化,调整模式初始场,给模式增加更准确的中尺度信息,进而改进预报效果。(3)对于文中提到的台风型降水 24~48 h 预报效果优于 0~24 h,这可能与模式的启动方式有关。台风本身有大量的云系,在本试验中采用的是冷启动的方式,模式在启动后要经过数个小时的 spin-up 过程,才能使模式里的物理量与实况较为接近,从而使得 24 h 预报的降水评分不如 48 h。模式可通过基于卫星等观测资料提供的遥感探测资料,探索研究数值天气预报模式初值中包含云信息的方案,采用热启动方式,消除模式在积分开始阶段产生的 spin-up 现象。

总之,GRAPES 模式预报误差的主要原因与 GRAPES 模式未同化卫星、雷达等非常规资料^[6-7],模式物理过程的协调性还不够有效,以及未采用热启动方案等因素有关,这也给模式提供了较大的改进空间。

参考文献:

- [1] 叶成志,欧阳里程,李象玉,等.GRAPES 中尺度模式对 2005 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].热带气象学报,2006,22(4):393—399.
- [2] 徐双柱,张兵,谌伟.GRAPES 模式对长江流域天气预报的检验分析[J].气象,2007,33(11):65—71.
- [3] 张兵.2004 年 7 月 16~17 日河南特大暴雨的数值预报试验和诊断分析[G]//武汉区域气象中心编.暴雨灾害,北京:气象出版社,2004(1):30—36.
- [4] 陈建萍.全球区域同化预报系统的使用及其数值模拟[J].江西气象科技,2005,28(2):23—26.
- [5] 刘还珠,黄卓. NMC 与 HLAFS 降水预报的比较[J].气象,1998,24(1):47—52.
- [6] 丁伟钰,万齐林,闫敬华,等.对流天气系统自动站雨量资料同化对降水预报的影响[J].大气科学,2006,30(2):317—326.
- [7] 丁伟钰,万齐林,闫敬华,等.华南地区中尺度模式预报的初值影响分析[J].热带气象学,2006,22(1):10—17.

(下转第 178 页)

- [12] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等.天气学原理和方法[M].北京:气象出版社, 2000:380.
- [13] 高安宁,陈见. 流场中的奇异线(点)特征与汛期广西暴雨分析[J].气象研究与应用,2007,28(3):1-2.
- [14] 曹钢锋,张善君,朱官忠,等.山东天气分析与预报[M].北京:气象出版社, 1988:173.
- [15] 王莉萍,孙超作,杜世晔.“06.7”郟西暴雨天气的成因分析[J].暴雨灾害,2007,26(3):263.

Analysis of the Heavy Rainfall Event during 9–10 May 2009 in Shandong Province

WANG Xi-lei^{1,2}, LU Shu-fang², ZHAO Jing-feng^{1,3}, SHENG Chun-yan¹

(1.Shandong Meteorological Observatory, Jinan 250031; 2.Laiwu Meteorological Bureau of Shandong Province, Laiwu 271100;
3.Jining Meteorological Bureau of Shandong Province, Jining 272037)

Abstract: With the conventional meteorological observation data, satellite images and radar data, the heavy rainfall during 9–10 May 2009 in Shandong Province is analyzed in view of the aspects of large-scale circulation, the dominating synoptic systems, multiple physical indexes and the jet. It is summarized that the heavy rainfall occurs in the environment of stable large-scale circulation with the stable low-level shear line in the south of North China. The rainfall is located on the left front side of the low-level jet line and the right back side of the high-level jet line, as well as the area between the south to the low-level shear line and the north to the surface cold-front. The water vapour channel from South China Sea to the north of Shandong provides an abundance of vapor for the rainfall. The surface cold front is the mechanism to release the instability energy. The moving of the mesoscale convective complex (MCC) from west to east causes the rainfall immediately.

Key words: Heavy rain; Shear line; Jet; Multiple physical indexes; Shandong Province

(上接第 142 页)

Classified Validation of Precipitation Forecast over HuBei Province by GRAPES

ZHANG Bing¹, ZHONG Min²

(1.Institute of Heavy Rain, CMA, Wuhan 430074; 2.Wuhan Central Meteorological Observatory, Wuhan 430074)

Abstract: Twenty-two heavy rain events are classified into three types by different governing weather systems to evaluate the model ability in predicting heavy rain events over HuBei Province using Grapes V2.1, observation data and GFS data (1°×1°). The results show: (1) Precipitation by trough has a highest T_s score in fine, rainfall between 0 mm and 10 mm and rainfall between 25 mm and 50 mm in the period from 0 to 24 h. It also has a highest T_s score in rainfall between 10mm and 25 mm in the period from 24 to 48 h. T_s score of 0~24 h is better than that of 24~48 h. The main errors come from the deviation of heavy rain center and a lighter quantity.(2) Precipitation by typhoon has a highest T_s score in rainfall between 10 mm and 25 mm, and rainfall more than 50 mm in the period from 0 to 24 h. It also has a highest T_s score in fine, rainfall between 0 mm and 10 mm, rainfall between 25 mm and 50 mm and rainfall more than 50 mm in the period from 24 to 48 h. T_s score of 0~24 h is better than that of 24~48 h. The main rain area of typhoon can be forecasted well while the periphery clouds can not, in addition, the forecasting area of heavy rain is always smaller than the observation. (3) Precipitation by subtropical high has the lowest T_s score in all the periods and the rainfall levels. T_s score of 0~24 h is better than that of 24~48 h. The GRAPES has a weak ability to forecast the local precipitation, almost have no the ability to forecast rainfall more than 10 mm. The work will be helpful in better utilizing the model results in conventional weather prediction as well as in providing the valuable suggestions to further improve the model.

Key words: GRAPES; Precipitation forecast; Classification validation