

公颖, 王叶红, 赖安伟. 三个模式对 2008 年夏半年西南区降水预报效果的检验[J]. 高原气象, 2010, 29(6): 1441—1451

三个模式对 2008 年夏半年西南区 降水预报效果的检验

公颖¹⁻², 王叶红¹, 赖安伟¹

(1. 中国气象局 武汉暴雨研究所, 湖北 武汉 430074; 2. 中国气象局 沈阳大气环境研究所, 辽宁 沈阳 110016)

摘 要: 利用 AREM(—YW and SY)、T213L31、JAPAN 三个模式对 2008 年夏半年(5~11 月)西南地区(25°~34.5°N, 97°~110.5°E)降水预报进行了统计检验, 并对其中两次强降水过程的预报效果进行对比分析, 以期了解各模式在西南地区的预报效果及特点, 结果表明: (1)小雨—大雨量级 JAPAN 模式预报情况较好, 暴雨量级 T213L31、JAPAN、AREM 均预报较好, 大暴雨量级 AREM—SY 模式预报较好。(2)对西南地区的降水预报, T213L31 预报偏强情况较多, AREM 预报偏弱情况多, JAPAN 预报相对适中。(3)在西南地区, 当降水陡增(即实况降水量较前一天大一个量级以上, 且雨量比前一天多 5 mm 以上)和其后强降水持续阶段, 是各模式预报偏弱情况最可能发生的时期, 同时也是各模式预报效果较差的时段。(4)三个模式在青藏高原东南缘地区均有降水空报现象, AREM 模式的降水空报与其在此处存在低涡空报有关。(5)对于西南低涡这一尺度小、结构复杂的特殊天气系统, 当前模式对其强度、位置和诱发的强降水预报效果仍有待提高。

关键词: 西南低涡; 降水; 预报效果

文章编号: 1000-0534(2010)06-1441-11

中图分类号: P456.7

文献标识码: A

1 引言

西南(主要指四川、重庆)地区地理环境比较独特, 四川东部为四川盆地, 西缘为青藏高原, 是低海拔地区向青藏高原过渡的地段, 受此特殊地形条件影响, 川渝地区夏季多暴雨发生^[1-3], 如 2001 年 9 月 18 日川西北大暴雨, 2004 年 9 月 3 日川渝特大暴雨、2005 年 7 月 7~9 日四川大暴雨及 2007 年 7 月 16~17 日川渝地区特大暴雨等强降水过程, 给西南地区带来了重大的生命和财产损失。2008 年在西南涡等系统影响下, 西南地区发生 9 次以上强降水过程; “5·12”地震后, 四川地区持续性降水给救灾、防灾和灾后重建工作带来了较大困难, 因此对西南地区的降水预报显得更为重要。研究表明^[4-11], 西南地区降水主要是由西南涡和高原低涡引发的, 西南涡和高原低涡属中尺度系统, 较小的时空尺度决定其区域性、突发性和剧烈性, 这是对天气预报及数值预报模式的极大挑战。AREM 中

尺度数值模式采用阶梯地形垂直坐标, 能较为真实地描述西南地区复杂地形, 在一定程度上解决了因陡峭地形带来的模式计算误差等相关问题^[12-14], 已在西南地区应用^[15], JAPAN、T213L31 是我国预报员较为信赖和主要参考的模式, 本文利用这三个模式对分析 2008 年西南地区强降水的预报情况, 总结三个模式的总体预报性能及各模式的预报特点, 为模式的开发及其在西南地区的应用提供参考依据。

2 模式简介

T213L31 是当前中国气象局国家气象中心业务运行模式, 降水资料分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$, 范围为 $70^\circ \sim 140^\circ \text{E}$, $10^\circ \sim 60^\circ \text{N}$, 每天 08:00(北京时, 下同)及 20:00 两次起报, 各积分 132 h。JAPAN 模式降水资料分辨率为 $1.25^\circ \times 1.25^\circ$, 范围为 $60^\circ \text{E} \sim 160^\circ \text{W}$, $20^\circ \text{S} \sim 60^\circ \text{N}$, 每天 08:00 及 20:00 两次起报, 积分 192 h。AREM 模式为中国气象局武汉暴雨研

收稿日期: 2009-06-17; 改回日期: 2010-06-09

基金项目: 公益性行业科研专项(GYHY(QX)2007-6-12, GYHY200906010)资助

作者简介: 公颖(1978—), 女, 辽宁本溪人, 工程师, 主要从事暴雨基础研究、数值模式预报效果检验评估

E-mail: gongying74@sohu.com

究所业务运行模式, 降水资料分辨率为 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$, 范围为 $85^{\circ} \sim 135^{\circ}\text{E}$, $15^{\circ} \sim 55^{\circ}\text{N}$, 每天08:00及20:00两次起报。本文选取 AREM 模式业务 (AREM-YW) 和试验 (AREM-SY) 两个版本进行分析, 主要不同在于: 业务模式以 T213L31 模式 12 h 预报场为背景场, 采用 Barnes 客观分析方法、固定侧边界、垂直 26 层、模式顶到 100 hPa、预报时效 60 h, 试验模式以 NCEP 模式 12 h 预报场为背景场, 采用 Grapes_3Dvar 三维变分同化方案、时变侧边界、垂直 35 层、模式顶为 50 hPa, 预报时效 84 h。

3 三个模式对 2008 年西南地区降水的预报情况分析

3.1 降水预报 TS 评分

图 1 为 2008 年 5 月 15 日~11 月 10 日西南地区 ($25^{\circ} \sim 34.5^{\circ}\text{N}$, $97^{\circ} \sim 110.5^{\circ}\text{E}$) 评分区域站点分布。通过分析 AREM、T213L31、JAPAN 三个模式的降水预报评分, 可以基本了解各模式对此区域降水的预报情况。

日降水量分级如下: 小雨(以上)量级 $>0\text{ mm}$, 中雨(以上)量级 $\geq 10\text{ mm}$, 大雨(以上)量级 $\geq 25\text{ mm}$, 暴雨(以上)量级 $\geq 50\text{ mm}$, 大暴雨(以上)量级 $\geq 100\text{ mm}$ 。取评分区域内资料可靠度较高的 70 个测站进行统计分析(见图 1)。

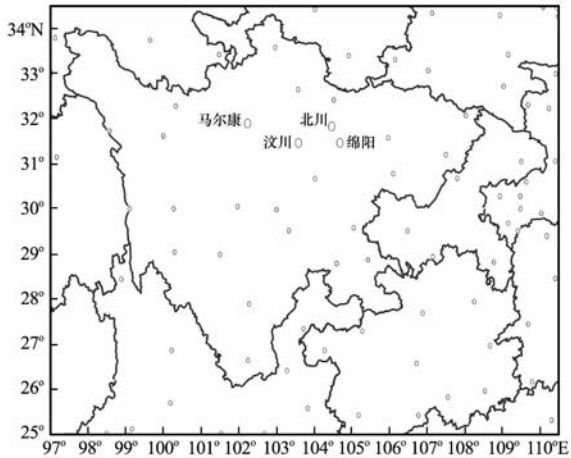


图 1 评分区域站点分布

北川、汶川不在 70 个测站内, 此为下文提供标示

Fig. 1 The distribution of scored stations. There are 70 stations in the region, not including Beichuan and Wenchuan, they are marked here for below

分析 0~24 h(图略)、12~36 h(图 2a)、24~48 h(图 2b)、36~60 h(图略)4 个时效的降水预报 TS 评分可知, 小雨一大雨量级 JAPAN 评分最高, T213L31 次之, 都明显高于 AREM 两个版本的评分, 暴雨(以上)量级 T213L31、JAPAN 评分总体上略高于 AREM 两个版本, 大暴雨(以上)量级总体为 AREM-SY 评分最高, 且优势较为明显(0~24 h、36~60 h 预报表现突出)。

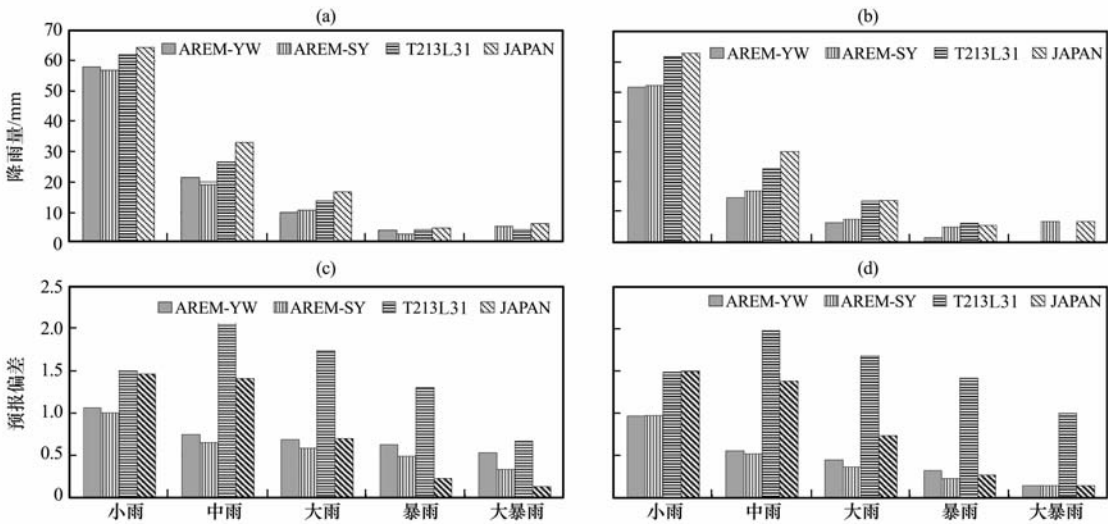


图 2 各模式对 2008 年 5 月 15 日~11 月 10 日西南地区 ($25^{\circ} \sim 34.5^{\circ}\text{N}$, $97^{\circ} \sim 110.5^{\circ}\text{E}$) 降水预报的 TS 评分及预报偏差

(a) 12~36 h 预报 TS, (b) 24~48 h 预报 TS, (c) 12~36 h 预报偏差, (d) 24~48 h 预报偏差

Fig. 2 TS and bias of precipitation forecast in Southwest China ($25^{\circ} \sim 34.5^{\circ}\text{N}$, $97^{\circ} \sim 110.5^{\circ}\text{E}$) from 15 May to 10 November 2008 in models. (a) TS of 12~36 h forecasts, (b) TS of 24~48 h forecasts, (c) bias of 12~36 h forecasts, (d) bias of 24~48 h forecasts

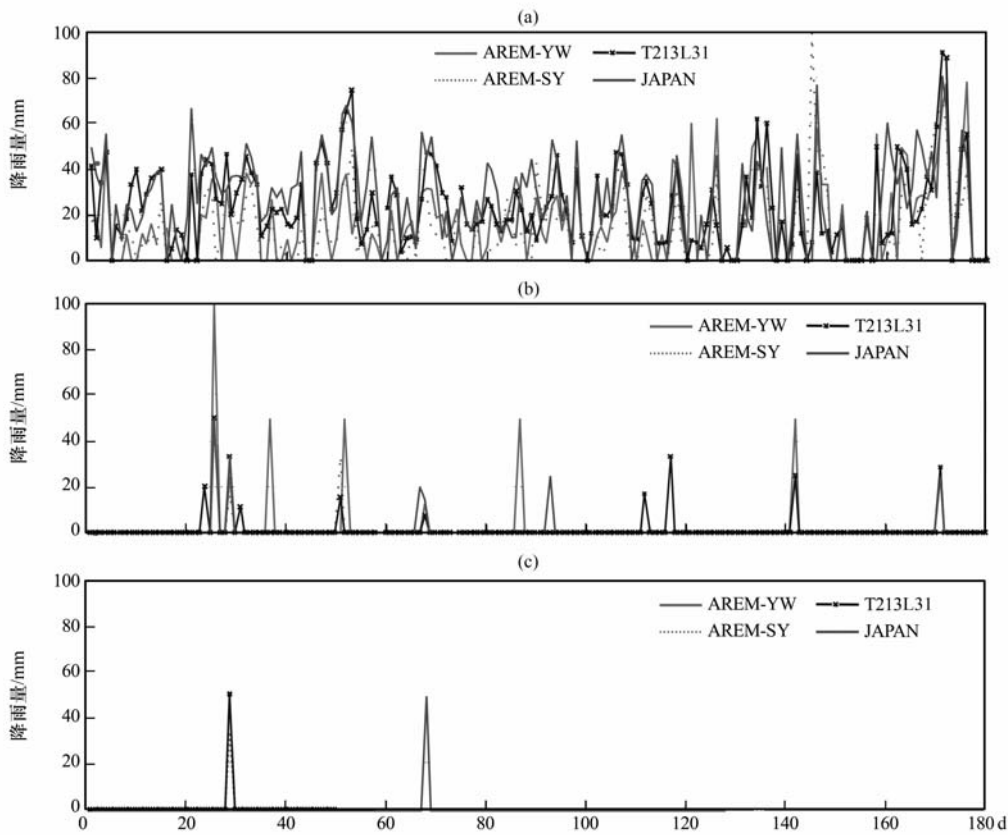


图 3 各模式在西南地区 2008 年 5 月 14 日~11 月 9 日逐日 20:00 起报的 12~36 h 降水预报 TS 评分
横坐标表示从 5 月 14 日开始的天数, (a) 小雨, (b) 暴雨, (c) 大暴雨

Fig. 3 TS scores of 12~36 h precipitation forecast started at 20:00 every day from 14 May to 9 November 2008 in Southwest China in models. X-coordinate is the daily number of beginning from 14 May.
(a) light rain, (b) rainstorm, (c) heavy rainstorm

预报偏差是统计区域内(该降水等级)预报降水站数与实况降水站数的比值, 因此预报偏差越接近 1, 说明该量级预报范围接近实况, 偏差>1 说明该量级预报范围较实况偏大, 偏差<1 说明该量级预报范围较实况偏小。

分析 0~24 h(图略)、12~36 h(图 2c)、24~48 h(图 2d)、36~60 h(图略)4 个时效降水预报偏差可知, 对于西南地区, T213L31 预报明显偏强, 特别是中雨量级; AREM 两个版本对雨带范围的预报较为适中, 但对中雨以上各量级的预报范围均偏大; JAPAN 预报偏差随量级增加迅速递减, 对小雨一中雨量级预报范围偏大, 对大雨以上各量级预报范围均偏小, 对大暴雨量级预报范围明显偏小。

分析 AREM、T213L31、JAPAN 模式在 2008 年 5 月 14 日~11 月 9 日逐日 20:00 起报的 12~36 h 降水预报 TS 评分可知, 小雨一大雨量级逐日评分 JAPAN 模式最高, T213L31 模式次之, AREM

模式评分相对较低, 暴雨量级 AREM-YW 评分总体高于其他模式, 对大暴雨量级 AREM-SY、T213L31、JAPAN 均有个别天评分较高的情况(图 3, 中雨、大雨量级评分图略)。

3.2 站点降水预报

马尔康、汶川、北川、绵阳 4 个测站(图 1)处于四川盆地向青藏高原的过渡地带, 代表西南地区特殊的地理位置^[16], 同时这 4 个测站也是该年“5.12”地震重灾区, 自然环境受到严重的冲击和破坏, 天气情况极大的影响着灾后重建工作, 成为当前及今后相当长时间内社会各界关注的焦点之一, 因此取这 4 个测站做代表, 分析各模式在西南地区的预报特点。将 AREM、T213L31、JAPAN 每日 20:00 起报的 12~36 h 降水预报插值到站点, 以预报降水量比实况大(小)一个以上量级且大(小)于 5 mm 以上作为预报偏强(弱)的标准, 除预报偏强、偏弱外的其他情况为预报适中。表 1 给出各站各模式预报降水偏强、偏弱及适中的天数所占百分比(近似

表 1 各模式预报偏强、偏弱、适中情况所占百分比(单位: %)

Table 1 The percentages of heavier, lighter and moderate precipitation forecasted by model. (Unit: %)

测站	AREM—YW			AREM—SY			T213L31			JAPAN		
	偏强	偏弱	适中	偏强	偏弱	适中	偏强	偏弱	适中	偏强	偏弱	适中
马尔康	1	8	91	3	11	86	28	2	70	21	2	77
汶川	12	2	86	4	5	91	52	1	47	22	2	76
北川	11	11	78	17	10	73	50	6	44	22	8	70
绵阳	8	11	81	9	11	80	43	3	54	12	8	80

到1%)(统计 2008 年 5 月 15 日~11 月 10 日 4 个模式均有资料的日数共 133 天),分析表明,预报适中比例为 AREM 模式最大(73%~91%),JAPAN 其次(70%~80%),T213L31 最小(44%~70%)。由此可见,对西南地区的降水预报,AREM 模式有着较高的参考性。

根据降水实况与各模式预报日变化曲线(图略)可知,AREM、T213L31、JAPAN 模式预报的降水偏弱均发生在降水陡增和其后的强降水持续阶段。表 2 为降水陡增和其后的强降水持续阶段日数中各模式预报偏强、偏弱日数所占的百分比(AREM—YW 和 AREM—SY 模式情况基本相同,取 AREM—YW 为代表)。由表可见,AREM 模式预报偏弱的情况最多(43%~78%),预报偏强的情况最少(0%~11%),适中情况平均为 33%;T213L31 模式预报偏弱的情况最少(14%~44%),预报偏强的情况最多(21%~57%),适中情况平均为 38%;JAPAN 模式预报偏弱(21%~61%)、偏强(11%~29%)的情况均居中,适中情况平均为 43%。

表 2 降水陡增及其后强降水持续阶段各模式预报偏强、偏弱情况所占百分比(单位: %)

Table 2 The percentages of heavier, lighter and moderate precipitation forecasted by model than observation in the period of rainfall increased suddenly and heavy rain continuing. (Unit: %)

测站	AREM		T213L31		JAPAN	
	偏强	偏弱	偏强	偏弱	偏强	偏弱
马尔康	0	71	21	21	14	21
汶川	0	43	57	14	29	29
北川	0	78	33	44	11	61
绵阳	11	74	37	16	11	53

由此可见,在西南地区,降水陡增和其后的强降水持续阶段,是各模式预报偏弱情况最可能发生的

时期,同时也是各模式预报效果较差的时段。在此阶段,JAPAN 模式预报可靠性相对较高,T213L31 模式预报偏强可能性较高,AREM 模式在此情况下预报偏弱可能性极大。说明各模式对于转折性天气的预报仍然是一个难点,而 AREM 模式对此问题表现更为突出。因此,提高转折性天气的预报效果是今后 AREM 模式改进的重点。

对 4 个测站发生转折性天气时的天气背景进行分析可知,4 个测站在 2008 年 5 月 15 日~11 月 10 日期间有 40 天发生降水陡增和强降水持续的情况,其中 35 天均有明显的天气形势。对该 35 天进行分析发现,降水陡增均发生在西南地区中低层有明显切变的情况下,此切变除西南低涡外,基本是北方冷空气与南方暖湿气流之间发生的切变。因此,对西南地区中低层切变诱发的天气过程做预报时,需综合考虑各模式对转折性天气的预报性能和特点。

3.3 西南地区夏季日平均降水率预报

为突出主要特征,本节针对降水集中时段(6~8 月)日平均降水率的空间分布及各模式(AREM 取业务版本做代表)预报情况进行分析,图 4 是 2008 年 6~8 月西南地区的日平均降水率实况与各模式预报图。由图 4a 可见,2008 年川西北—西藏东端—青海、甘肃南端等地区 6~8 月日平均降水率为 1~5 mm,其余地区日平均降水率均>5 mm,局部为 10~25 mm。各模式对西南地区日平均降水率的预报情况是:AREM 模式预报明显偏弱(图 4b)、T213L31 模式预报明显偏强(图 4c)、JAPAN 模式预报略偏强(图 4d)。此外,各模式在青藏高原东南部边缘(28°N,104°E 附近地区)均出现空报现象,AREM、JAPAN 模式空报范围较小,T213L31 空报范围较大,空报区实况日平均降水率基本为 5~10 mm(小雨量级),各模式预报为 10~25 mm(中雨量级)。青藏高原东部边缘地区的空报现象是目前几乎所有模式均存在且亟待解决的问题^[17]。由于资料的限制,本文仅对 AREM 模式在青藏高

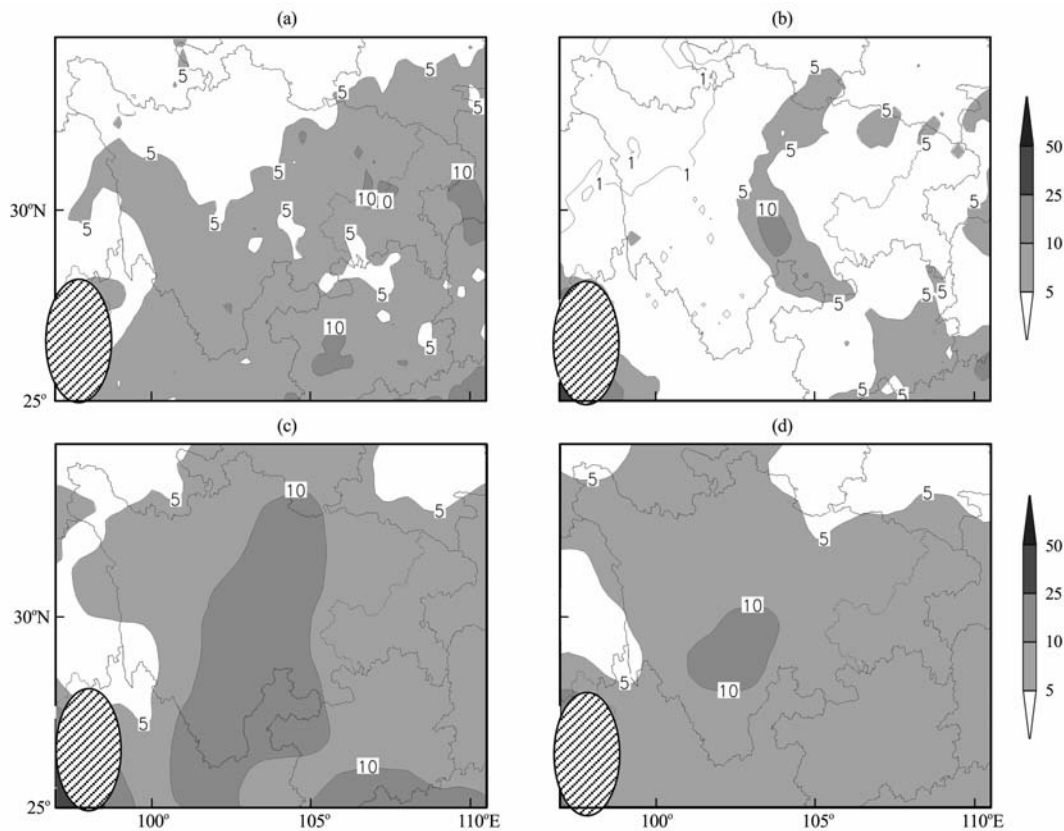


图 4 2008 年 6~8 月日平均降水率实况与各模式 20:00 12~36 h 预报(单位: mm)
(a) 实况, (b) AREM 预报, (c) T213L31 预报, (d) JAPAN 预报
斜线阴影区代表我国国界以外区域, 此区域无观测资料不做分析

Fig. 4 The daily mean rainfall observed from June to August 2008 and 12~36 h forecast results started at 20:00 in models. Unit: mm. (a) the observed, (b) AREM forecast, (c) T213L31 forecast, (d) JAPAN forecast. The shaded area with oblique line stands for the areas out of the study area

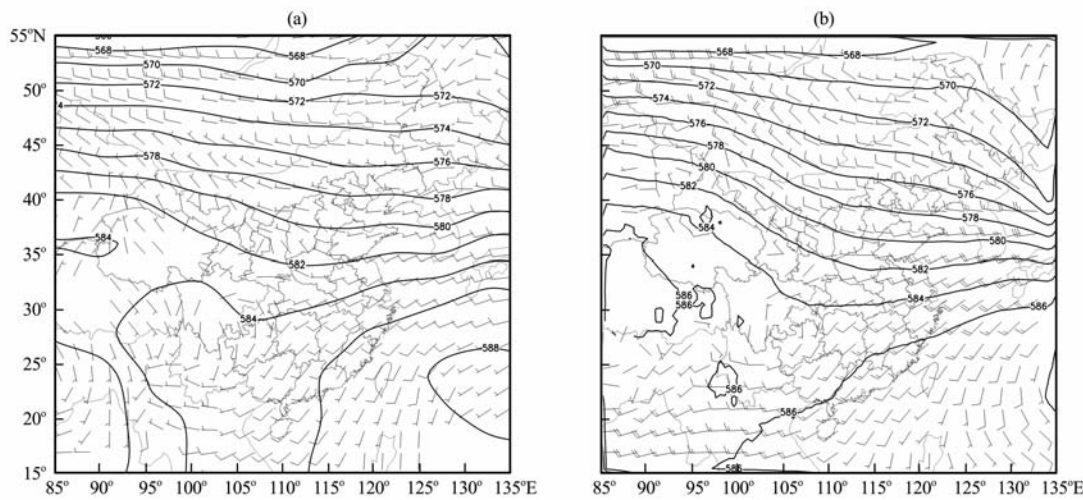


图 5 2008 年 6~8 月 20:00 (a) 实况, (b) AREM 模式 24 h 预报 700 hPa 平均风场和 500 hPa 平均高度场(实线, 单位: dagpm)

Fig. 5 700 hPa mean wind and 500 hPa height fields (solid line, unit: dagpm) at 20:00 from June to August 2008. (a) the observed, (b) 24 h forecast from AREM

原东南部边缘地区出现空报现象的成因进行探讨。

将 2008 年 6~8 月共 92 天的 20:00 实况及对应的 AREM-YW 模式 24 h 预报分别做平均, 得到 2008 年夏季平均 20:00 700, 500 和 200 hPa 高度场、风场实况与预报图(图略)。分析表明, 预报与实况存在较大差别的是 700 hPa 风场和 500 hPa 高度场(图 5), AREM 模式对 500 hPa 副热带高压(下称副高)的预报较实况偏弱, 对中高纬度高度场的预报与实况较为一致, 但对华北—华中地区浅槽的预报较实况略偏强。AREM 模式对 700 hPa 风场预报与实况存在两点差别, 其一, 总体预报风速略大于实况风速($1\sim2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$); 其二, 实况四川盆地北部风速微弱, 而预报四川盆地处有明显的低涡存在, 图 4b 中 AREM 模式在青藏高原东南边缘

处的降水空报区恰好位于空报低涡的西南部, 初步认为, 此空报降水与空报低涡存在直接的关系。

4 两次强降水过程预报效果的检验

2008 年 7 月 20~21 日西南低涡诱发的强降水过程和 9 月 22~26 日副高、台风相互作用下发生的降水过程, 代表了西南地区两类典型的降水, 两次过程均具有降水范围广、强度大的特点, 同时均发生在“5. 12”地震灾区, 因此分析这两次强降水过程的发生、发展及各模式的预报情况, 为了解天气过程、模式预报性能特点和灾区预报提供借鉴依据。

4.1 9 月 22~26 日强降水过程

4.1.1 天气背景

四川盆地西侧 9 月 22~23 日强降水过程为副

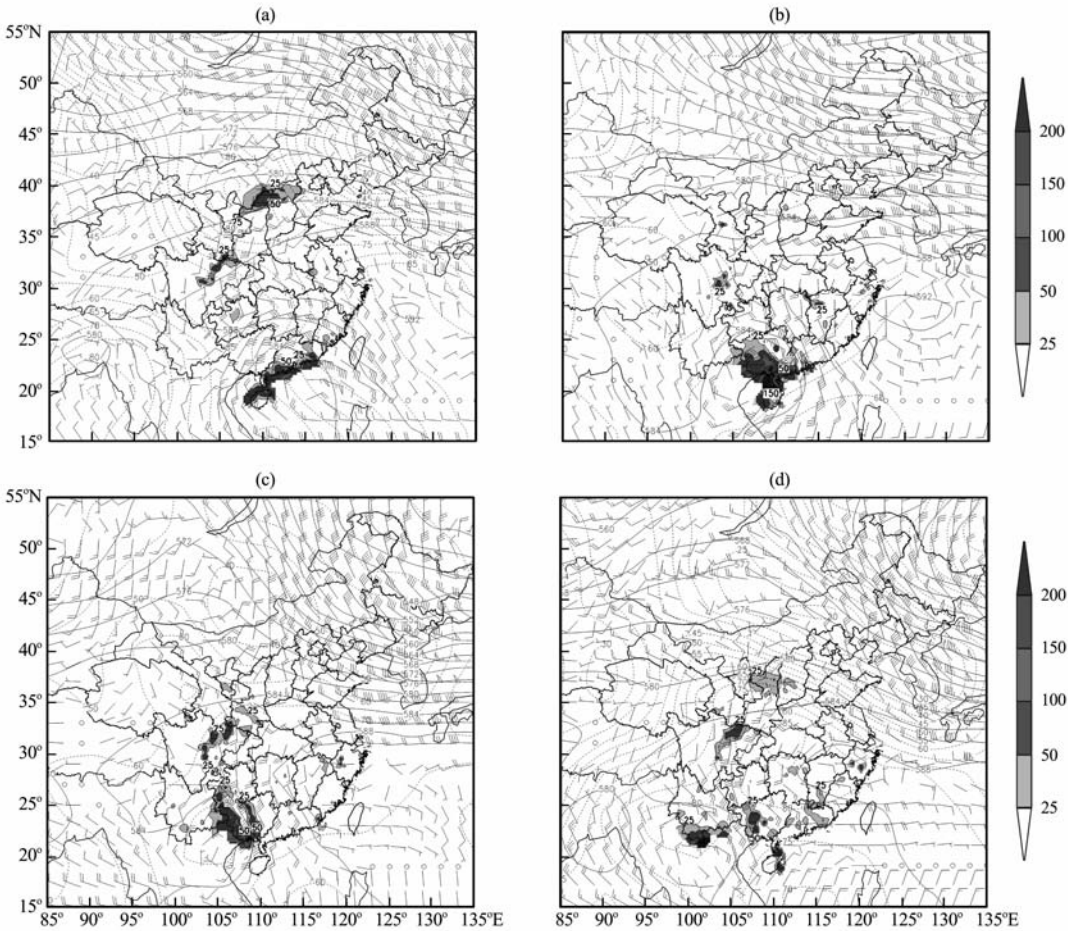


图 6 2008 年 9 月 500 hPa 高度(实线, 单位: dagpm)、700 hPa 风场(矢量, 单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)、700 hPa 相对湿度(虚线, 单位: %)和次日 24 h 累积降水($>25\text{ mm}$, 单位: mm)

(a) 23 日 20:00, (b) 24 日 20:00, (c) 25 日 20:00, (d) 26 日 20:00

Fig. 6 500 hPa height (solid line, unit: dagpm), 700 hPa wind field(vector, unit: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), 700 hPa relative humidity(dotted line, unit: %) and 24 h accumulated precipitation at 08:00 in the next day (larger than 25 mm, unit: mm). (a) at 20:00 on 23, (b) at 20:00 on 24, (c) at 20:00 on 25, (d) at 20:00 on 26

高外围降水，24~26 日强降水是在台风与副高共同影响下发生的，具体分析如下：

0814 号强台风“黑格比(HAGUPIT)”于 9 月 24 日 06:45 在广东省电白县沿海登陆，登陆时中心附近最大风力有 15 级($48\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)，12:00 移入广西境内，14:00 减弱为强热带风暴；25 日 08:00 减弱成热带低压进入越南北部。

23 日 20:00 500 hPa 副高西脊点位于 98°E ，随着台风的登陆、加强及西移；24 日 08:00 副高开始断裂，一部分(一小块)位于重庆南部，另一部分东退，西脊点位于 112.5°E ；20:00 开始，位于重庆南部的小块高压消失，副高缓慢东退并减弱(图 6)。

台风西移和副高东退给西南地区提供了较为宽广的水汽输送通道，副高和台风低压之间存在较大的气压梯度，东南风气流强盛；24 日 08:00 东南风速达 $20\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上，强盛的东南风气流将南海水汽输送至四川盆地地区，同时受盆地西侧邛崃山、大雪山、大凉山等高山阻挡，爬坡或者转向，高湿空气凝结形成降水。雨带位于四川中东部呈东北—西南向，最大降水发生在邛崃，24 日 08:00~25 日 08:00 24 h 降水量为 95.5 mm(图 6b)。

4.1.2 三个模式降水预报效果的对比分析

这次强降水过程的大面积强降水发生在 9 月 25~26 日，综合分析降水实况和各模式(AREM—YW、T213L31、JAPAN，下同)预报图可知，25 日实况强雨区位于四川东北部(图 7a)，0~24 h 各模

式预报(图略，T213L31 缺)均与实况存在较大差别，相比之下，AREM—YW 预报较好，但强降雨区预报较实况略偏东北。24~48 h AREM—YW 模式强降雨区预报与实况形态较为相似(图 7b)，但强度偏弱、位置略偏南；T213L31 次之，预报偏强(图 7c)；JAPAN 较差，预报强降雨区较实况明显偏南(图 7d)。12~36 h、36~60 h 各模式预报效果均较差(图略)。26 日实况强降水仍位于四川东北部(图 7e)，0~24 h AREM—YW 预报与实况较为一致、强降雨区预报略偏强(图 7f)；T213L31 次之，强降水中心预报较实况略偏西南(图 7g)；JAPAN 模式预报与实况差别较大(图 7h)。12~36 h 预报(图略)仍为 AREM—YW 预报效果较好，T213L31 对强降雨区预报略偏南，JAPAN 预报效果仍较差。24~48 h 预报(图略)AREM—YW 预报效果较好，其他(T213L31 缺)模式预报效果较差。36~60 h 各模式均报出川东强降水区，但强降雨区形态与实况存在较大差别且强度偏弱(图略)。

综上所述，对 9 月 25~26 日强降水过程，AREM—YW 预报效果较好，T213L31 次之，JAPAN 预报效果较差。

由以上天气分析知，台风的西移与西太副高的东退是这次强降水过程发生的主要原因。由于缺乏 JAPAN 模式的形势场和要素场资料，这里只分析 AREM、T213L31 两模式(9 月 25 日 08:00)对这两个天气系统的预报。分析表明，AREM 模式对

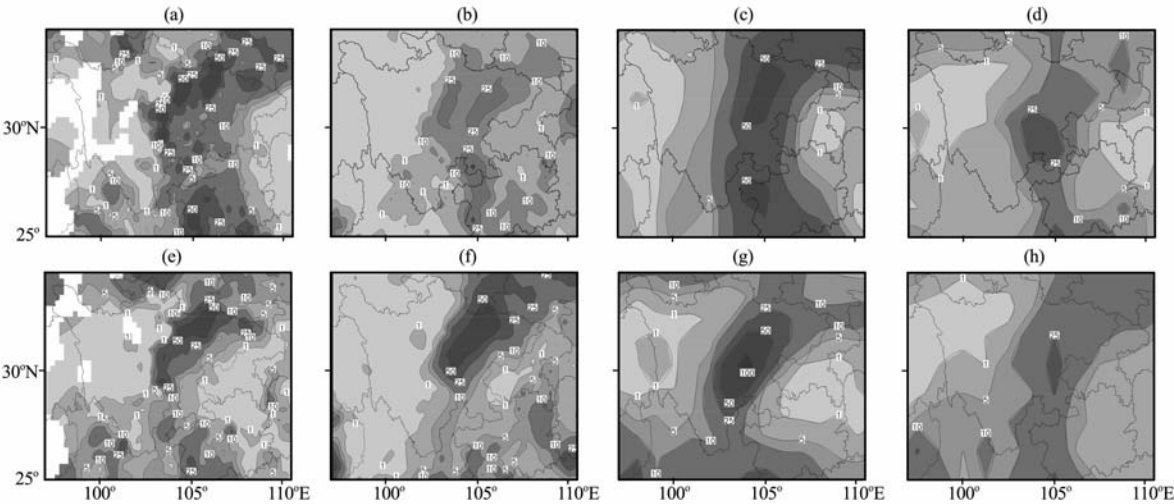


图 7 (a) 9 月 26 日 08:00 24 h 降水实况，(b)~(d)AREM—YW/ T213L31/JAPAN 模式 9 月 24 日 08:00 24~48 h 预报，(e)同(a)，但为 9 月 27 日，(f)~(h)同(b)~(d)，但为 9 月 26 日 08:00 0~24 h 预报(单位：mm)

Fig. 7 (a) the observed 24 h accumulated precipitation at 08:00 on 26 September, (b)~(d) 24~48 h prediction of AREM—YW/T213L31/JAPAN, (e) same as (a), but for on 27, (f)~(h) same as (b)~(d), but for 0~24 h forecasts at 08:00 on 26. Unit: mm

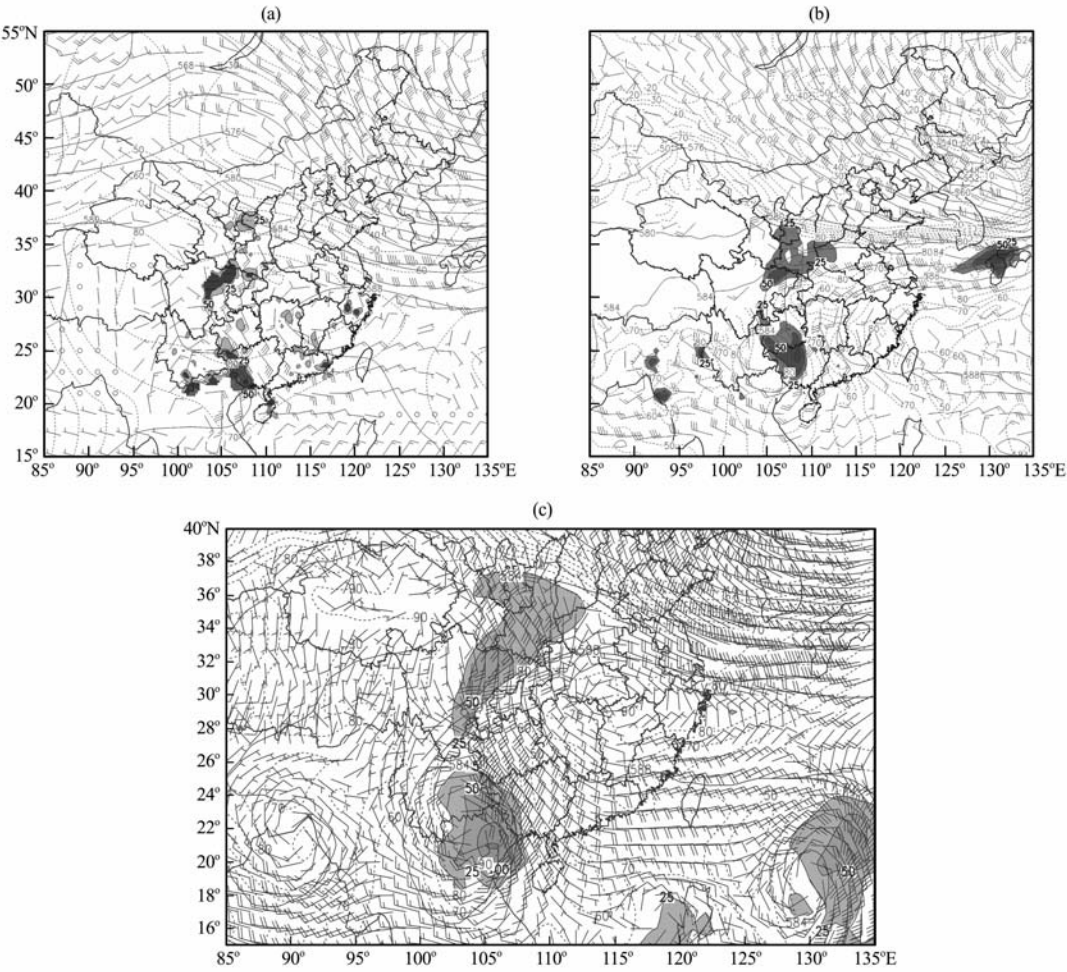


图 8 (a) 9 月 26 日 08:00 500 hPa 高度场(实线, 单位: dagpm)、700 hPa 风场(矢量, 单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)、700 hPa 相对湿度(虚线, 单位: %)及 20:00 24 h 累积降水(阴影区降水量 $> 25 \text{ mm}$, 单位: mm)实况, (b) AREM-YW 和(c)T213L31 模式 9 月 25 日 08:00 预报

Fig. 8 (a) 500 hPa height field (solid line, unit: dagpm), 700 hPa wind field(vector, unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), 700 hPa relative humidity(dotted line, unit: %) at 08:00 on 26 September and 24 h accumulated precipitation at 20:00 (precipitation with shaded area is larger than 25 mm, unit: mm), (b) AREM-YW and (c) T213L31 prediction at 08:00 on 25 September

模式对 500 hPa 高度场的预报与实况基本一致, 副高和台风的强度、位置与实况基本一致, 风场、相对湿度、降水预报与实况基本吻合。总之, AREM 模式的预报与实况较为一致(图 8a, b)。

T213L31 模式对台风预报与实况较为一致, 对副高预报偏西、偏北, 强度偏强, 副高与台风之间气压梯度较实况偏大, 导致副高与台风之间的东南风偏强, 较强的暖湿东南气流给雨区带来较为充沛的水汽, 雨区相对湿度较实况偏强。在以上诸因素的作用下, 预报降水位置与实况较为一致, 但强度、雨区范围明显大于实况(图 8c)。总之, T213L31 模式对副高预报偏西、偏北、偏强, 导致

预报东南风偏强、雨区相对湿度较大、雨区范围明显偏大、强度偏强。

4.2 7 月 20~21 日强降水过程

4.2.1 天气背景

由图 9 可见, 中低层西南低涡切变是诱发这次四川盆地地区强降水过程的直接原因。低涡切变自 7 月 20 日夜间开始至 21 日在四川东部略向东移动, 强度有所加强。强降水发生在低涡切变东侧区域, 24 h 累积最大降水发生在 7 月 20 日四川江油(288.4 mm)。

4.2.2 三个模式降水预报效果对比分析

20 日实况强雨区位于四川东北部, 如图 10a 所

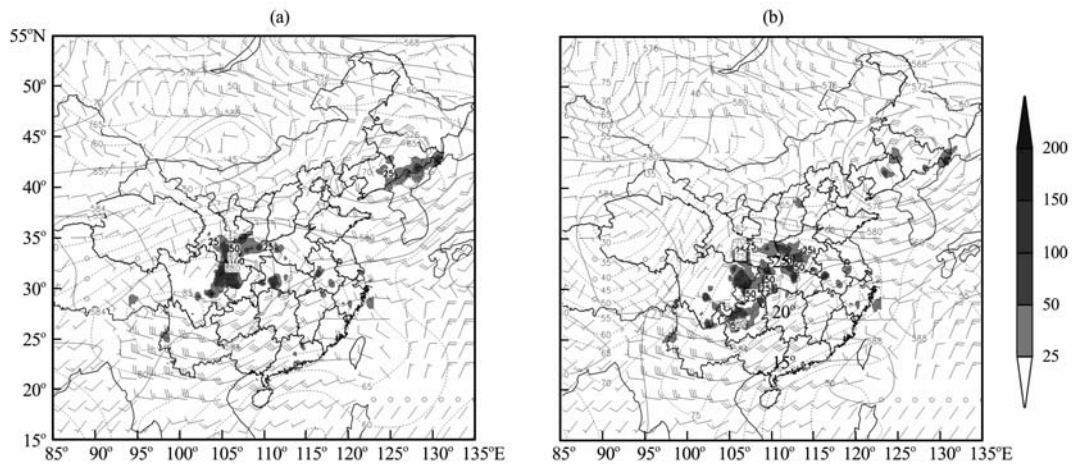


图 9 实况 7 月 21 日 08:00/20:00 500 hPa 高度(实线, 单位: dagpm)、700 hPa 风场(矢量, 单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)、相对湿度(虚线, 单位: %)和 21 日 20:00/22 日 08:00 24 h 累积降水(阴影区降水量 $> 25 \text{ mm}$, 单位: mm) (a/b)
Fig. 9 The composition of observational 500hPa height (solid line, unit: dagpm), 700 hPa wind (vector, unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), 700 hPa relative humidity (dotted line, unit: %), at 08:00/20:00 on 21 July and the 24 h precipitation valid at 20:00 on 21/ 08:00 on 22 July (precipitation with shaded area is larger than 25 mm, unit: mm) (a/b)

示, 模式总体预报情况较差, 0~24 h 各模式均预报出川东强降水, 但强降雨区形态、位置均与实况存在差异, 相比之下, AREM-YW、T213L31 预报较好(图 10b, c); 12~36 h T213L31、JAPAN 预报效果相对较好, 但强度偏弱, AREM 模式预报较实况明显偏弱(图略); 24~48 h JAPAN 预报的相对较好, 其他模式的预报均较差, 强度明显偏弱(图略); 36~60 h 仍为 JAPAN 预报的相对较好,

其他模式预报的效果较差, AREM 基本漏报(图略)。21 日强降水主要位于四川东部—重庆—贵州等地区(图 10e), 0~24 h AREM、T213L31、JAPAN 均预报出川东—重庆地区的强降雨带, 但形态与实况存在较大差异(图 10f~h); 12~36 h, JAPAN、T213L31 对强降水中心预报较好, 但对强降雨区形态预报与实况存在较大差异, AREM 模式的预报较差(图略); 24~48 h, T213L31、JAPAN 对

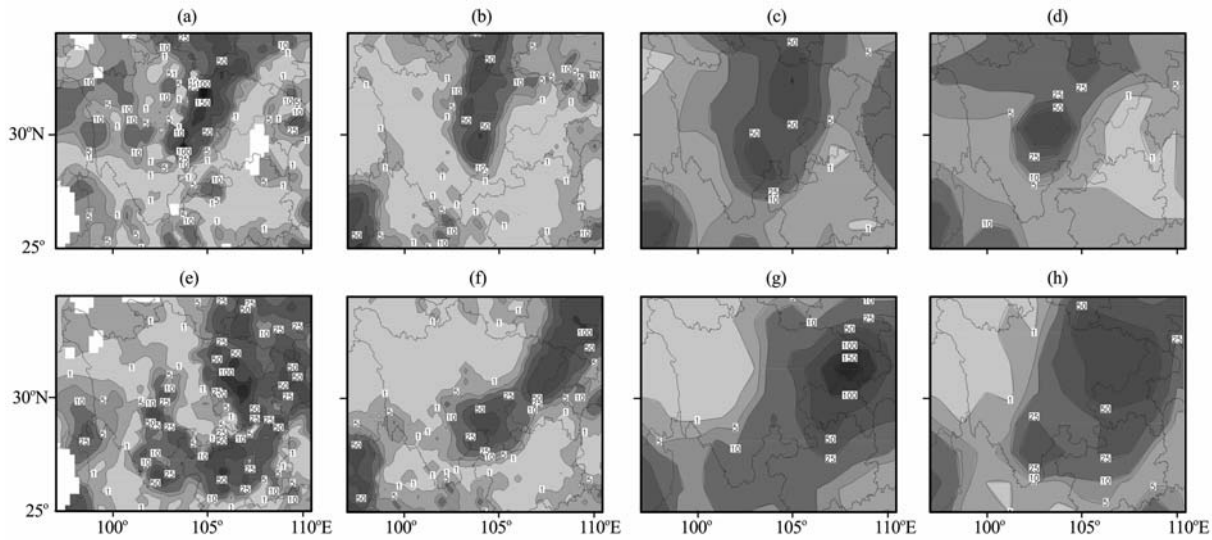


图 10 24 h 累积降水实况(a/e)和 AREM-YW/T213L31/JAPAN 模式 0~24 h 预报(b, f/c, g/d, h) (单位: mm)
(a~d) 21 日 08:00, (e~h) 22 日 08:00

Fig. 10 The observed 24 h accumulated precipitation (a/e) and 0~24 h prediction of AREM-YW/T213L31/JAPAN (b, f/c, g/d, h). Unit: mm. (a~d) at 08:00 on 21, (e~h) at 08:00 on 22

强降雨区的预报偏北,AREM 模式的预报效果仍较差(图略);36~60 h 各模式的预报效果均较差(图略)。总体上,对这次强降水过程 JAPAN 具有相对稳定的预报效果。

4.2.3 模式预报思路分析

这次强降水过程主要是在四川东部西南低涡切变影响下发生的,分析各模式的预报思路,应从分析模式对西南低涡位置、强度的预报开始,同样由于缺乏 JAPAN 的形势场和要素场资料,只对 AREM、T213L31 两个模式的预报进行分析。

7 月 21 日 08:00 实况,低涡位于四川东部一重庆地区,20:00 低涡略有东移、范围扩大、强度略有加强,AREM 模式 12 h 预报 7 月 21 日 08:00 低涡位于四川东北部—甘肃东南部—陕西南部,较实况偏东北、范围偏小、强度偏弱;12 h 预报 7 月 21 日 20:00 低涡略向东北方向移动,强度虽有所加强,但仍较实况偏弱,对应时次 0~24 h 预报雨带强度与实况相当、面积偏小、位置偏东北。总之,AREM 模式对四川东部低涡位置预报较实况偏东北、强度偏弱,导致雨带预报较实况偏东北、范围偏小。

T213L31 模式 12 h 预报 7 月 21 日 08:00 低涡位置与实况基本一致、强度略偏强。12 h 预报 21 日 20:00 低涡位置无明显变化(实况低涡略向东移动)、强度也略偏强,但低涡北部风速加大、切变增强,预报的相对湿度明显偏强(实况为 75%~85%,预报为 80%~90%);对应时次 0~24 h 降水预报情况为 20 日 20:00~21 日 20:00 强降雨区预报与实况基本一致,降水中心位置也与实况相吻合,但强降雨区面积较实况偏大;21 日 08:00~22 日 08:00 强降雨区预报较实况明显偏西和偏北、强度偏强、范围偏大。

综上所述,模式对 21 日 08:00~22 日 08:00 雨带位置预报的偏西、偏北是由于对 21 日 20:00 低涡预报较实况偏西,且低涡北部风速偏大、风向切变偏强所致,而雨区附近相对湿度预报偏强,造成降水预报的总体偏强。

总之,对于副高和台风共同作用造成的 2008 年 9 月 22~26 日西南地区强降水过程,各模式均有较好的预报效果,其中 AREM 模式的预报效果较为突出,而对于由西南低涡切变诱发的 2008 年 7 月 20~21 日强降水过程,各模式的预报效果均一般,AREM 模式的预报效果较差,同时两个例中 T213L31 模式对于雨区附近湿度的预报较实况明

显偏强,导致降水预报明显偏强。

5 结论与讨论

通过 AREM、T213L31、JAPAN 三个模式对 2008 年西南地区降水预报的统计分析,以及两次强降水过程预报效果的主客观检验,得到以下结论:

(1) 各模式在西南地区降水预报中均显示了较好的性能,同时各模式各有特点,对小雨—大雨量级,JAPAN 模式预报情况较好;对暴雨量级,T213L31、JAPAN、AREM 都有较好的预报;而对于大暴雨量级,AREM—SY 模式的预报结果较好。

(2) 三个模式对西南地区降水形势的预报都较为可靠,相比之下,AREM 模式对降水强度的预报较好。

(3) 在西南地区,降水陡增(实况降水量较前一天大一个量级以上,且雨量比前一天多 5 mm 以上)和其后强降水持续阶段,是各模式预报偏弱情况最可能发生的时期,同时也是各模式预报结果较差的时段。在此阶段,JAPAN 模式预报可靠性相对较高,T213L31 模式预报偏强可能性较高,AREM 模式预报偏弱可能性极大,转折性天气的预报仍然是一个难点,而 AREM 模式对此问题表现更为突出。

(4) 三个模式对青藏高原东南缘地区的降水都有空报现象,AREM、JAPAN 模式空报范围较小,T213L31 空报范围较大,AREM 模式在青藏高原东南缘地区降水的空报现象与该模式在此处的低涡空报现象有关。

(5) 由个例分析可知,对于副高和台风共同作用导致的 2008 年 9 月 22~26 日西南地区强降水过程,各模式均有较好的预报效果,其中 AREM 模式的预报效果较为突出,而对于由西南低涡切变诱发的 2008 年 7 月 20~21 日强降水过程,各模式预报结果均一般,JAPAN 相对具有较为稳定的预报结果。

以往经验也表明,数值模式对于西南低涡降水预报的效果不好,说明对于西南低涡这一较为特殊的天气系统,由于其生成地的特殊地形、发生发展机制多种多样及其尺度小、结构复杂等特征,当前模式要对其强度、位置和诱发的强降水作出较为准确的预报仍然较为困难。两个个例分析均表明 T213L31 模式对于雨区附近湿度的预报较实况明显偏强,也是降水预报明显偏强的原因之一。

AREM 模式对西南地区降水预报存在总体偏弱的情况，且随预报时效的延长，偏弱情况加强，在改进时应注意改善。

参考文献

[1] Tao S, Y Ding. Observational evidence of the influence of the Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau on the occurrence of heavy rain and severe convective storms in China [J]. Bull Amer Meteor Soc, 1981, 62: 23—30.

[2] Gao Y, M Tang, S Luo, et al. Some aspects of recent research on the Qinghai-Xizang Plateau meteorology[J]. Bull Amer Meteor Soc, 1981, 62: 31—35.

[3] 李跃清. 1998 年青藏高原东侧边界层风场与长江暴雨洪水的关系[J]. 大气科学, 2000, 24(5): 641—648.

[4] 罗四维. 青藏高原及其附近地区几类天气系统的研究[M]. 北京: 气象出版社, 1992.

[5] 陈忠明, 徐茂良, 闵文彬, 等. 1998 年夏季西南低涡活动与长江上游暴雨[J]. 高原气象, 2003, 22(2): 162—167.

[6] 王晓芳, 廖移山, 闵爱荣, 等. 影响“05.06.25”长江流域暴雨的西南低涡特征[J]. 高原气象, 2007, 26(1): 197—205.

[7] 陈忠明, 闵文彬, 崔春光. 西南低涡研究的一些新进展[J]. 高原气象, 2004, 23(增刊): 2—5.

[8] 陈忠明, 闵文彬, 缪强, 等. 高原涡与西南涡耦合作用的个例

诊断[J]. 高原气象, 2004, 23(1): 75—80.

[9] 邹波, 陈忠明. 一次西南低涡发生发展的中尺度诊断[J]. 高原气象, 2000, 19(2): 141—149

[10] 段海霞, 陆维松, 毕宝贵. 凝结潜热与地表热通量对一次西南低涡暴雨影响分析[J]. 高原气象, 2008, 27(6): 1315—1323.

[11] 张秀年, 段旭. 低纬高原西南涡暴雨分析[J]. 高原气象, 2005, 24(6): 941—947.

[12] 宇如聪, 薛纪善, 徐幼平, 等. AREM 中尺度暴雨数值预报模式系统[M]. 北京: 气象出版社, 2004.

[13] 宇如聪. 一个 η 坐标有限区域数值预报模式对 1993 年中国汛期降水的实时预报试验[J]. 大气科学, 1994, 18(3): 284—292.

[14] 宇如聪, 曾庆存, 彭贵康, 等. “雅安天漏”研究 II 数值预报试验[J]. 大气科学, 1994, 18(5): 535—551.

[15] 何光碧, 顾清源, 陈静, 等. AREM 模式对“05.7”四川大暴雨的敏感性试验[J]. 暴雨灾害, 2007, 26(3): 199—204.

[16] 李川, 陈静, 何光碧. 青藏高原东侧陡峭地形对一次强降水天气过程的影响[J]. 高原气象, 2006, 25(3): 442—450.

[17] Yu Rucong, Li Wei, Zhang Xuehong, et al. Climatic features related to eastern China summer rainfall in the NCAR CCM3 [J]. Adv Atmos Sci, 2000, 17(4): 503—518.

Verification of Three Model Precipitation Forecast Performances in Southwest China in Summer Half Year, 2008

GONG Ying¹⁻², WANG Ye-hong¹, LAI An-wei¹

(1. Wuhan institute of Heavy Rain, CMA, Wuhan 430074, China;

2. Shenyang Institute of Atmosphere Environment, CMA, Shenyang 110016, China)

Abstract: In order to get the precipitation forecasting performance of three models, namely AREM (YW and SY), T213L31 and JAPAN in Southwest China, the precipitation forecast from May to November in 2008 was statistically analyzed, and the forecasts for two heavy rain cases were verified detailedly. The results show that: (1) JAPAN forecasts well from light to heavy rain grades, T213L31, JAPAN, AREM all forecast well in rainstorm grade, and AREM-SY forecasts well in heavy rainstorm grade. (2) In southwest China, the rainfall forecasted by T213L31 is heavier than observation, AREM is lighter than observation and JAPAN forecasts relatively moderate. (3) In southwest China, in the period of rainfall increasing suddenly (comparing with the rainfall of last day, 24 h observation precipitation in the very day is not only more than one grade but also over 5 mm larger) and the heavy rain continuing, models most likely forecast weaker than observation, and have poor precipitation forecasting skill. (4) All of the three models have false rain prediction on the southeast edge of the Qinghai-Xizang Plateau, and the false rain forecast of AREM perhaps relate to the false forecast of southwest vortex nearby. (5) For southwest vortex, because of its small scale and complex structure, it is still hard today to make accurate prediction for its intensity, location and the inducing heavy rain.

Key words: Southwest vortex; Precipitation; Forecast performance