

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.

AREM 对 2008 年西南地区低温雨雪天气预报能力的检验

肖玉华¹,何光碧²,陈静³,顾清源¹,高文良²

(1.四川省气象台,成都 610072; 2.成都高原气象研究所,成都 610072; 3.国家气象中心,北京 100081)

摘要:采用客观检验方法,就 AREM 模式对 2008 年初发生在我国南方的低温雨雪冰冻过程的预报进行了检验。检验结果表明:AREM 模式对地面气温预报比较成功,对降温过程显著的成都、重庆、贵阳三站的降温起止时间,降温过程中温度的时间演变特征预报均与实况吻合较好,且预报温度值误差亦较小;对降温不明显的昆明和拉萨站,模式较好地预报出了温度的波动,只是预报温度值误差较大,尤以拉萨为最。此外,AREM 模式对此次过程的最大降温区也有较好的预报。从过程平均的 T_s 评分看,AREM 的降水预报能力相对弱于 T213 和日本模式。

关键词:AREM 模式;低温雨雪冰冻灾害;预报检验;西南地区;

中图分类号:P459.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-9045(2009)02-0152-05

1 引言

2008 年 1 月上旬后期至 2 月中旬,我国南方遭遇了一场历史罕见的低温雨雪冰冻气象灾害,这次过程范围很广,持续时间很长,给人民群众生活造成严重的影响,属于五十年一遇,局部地区达到百年一遇。

数值预报业务是天气预报的技术核心,数值预报模式已成为目前天气预报不可或缺的工具。AREM 中尺度数值预报模式自 2005 年在成都区域气象中心运行以来,对西南地区的降水预报尤其是暴雨预报有一定的指导意义。对模式产品进行检验评估,是认识模式的性能、特点、误差和关键问题的有效途径和手段,有助于模式的改进、完善及预报员的合理参照使用。罗剑琴等^[1]曾对 T213 和欧洲中心数值预报产品在长江上游流域的预报能力做过评价分析,何光碧等^[2]对 2005 年汛期 AREM 模式的降水预报做过检验,但有关 AREM 模式的地面气温和高空要素的检验不多见。

该文就 2008 年初发生在我国南方的低温雨雪天气过程中 AREM 模式和国家 T213 模式及日本模式的降水预报进行了客观检验,试图反映模式在此次低温雨雪过程中的预报能力。对模式的地面预报产品,如降水、2 m 温度(地面气温)和地面气压,首先将模式的格点资料采用双线性插值方法插值到站点,然后依据西南地区 400 余个自动站逐小时降水、2 m 温度、地面气压实测资料为标准进行客观检验。对模式的高

空预报产品,如位势高度、温度等则采用本模式的初始分析场为检验标准,因而不需要插值。

2 模式简介

中国科学院(CAS)大气物理研究所(IAP)大气科学和地球流体力学国家重点实验室(LASG)针对青藏高原及其周边陡峭而复杂的地形建立了一个有限区域 η 坐标数值预报模式 REM(Regional Eta-coordinate Model)。经过近 20 年的研究发展成为今天的 AREM (Advanced Regional Eta-coordinate Model)模式,其模式分辨率,模式标准化程度,侧边界条件,模式物理过程参数化和模式初值生成等方面都取得了长足的发展和更新^[3-4]。AREM 模式在武汉暴雨研究所、湖南省气象局等多个科研业务单位应用以及如“雅安天漏”特殊的暴雨预报的研究中显示了对暴雨较强的预报能力^[5-10]。

成都区域气象中心从中科院大气所引进 AREM V2.3 版本,在经过一系列本地化工作后,于 2005 年 6 月投入试运行。成都区域中心所用 AREM 模式分辨率约为 37 km,模式预报范围 80°—130°E、10°—55°N,垂直分层 16 层,模式层顶为 100 hPa。初始条件是利

收稿日期:2008-09-02;定稿日期:2008-12-31

基金项目:中国气象局气象新技术推广项目(CMATG2008Z01)、中国气象局基本业务建设项目和 2007 年度公益性行业(气象)科研专项(GYHY(QX)2007-6-12)共同资助

作者简介:肖玉华,女,1961 年生,高级工程师,主要从事数值预报工作。E-mail:xiaoyuhua9889@hotmail.com

入云参数预报方程,直接预报大气中云水、雨水变化,地表通量方案采用 FLX-BIAM 多层结通量-廓线方法,行星边界层采用非局地边界层过程,辐射方案采用基于 Benjamin 理论的地表辐射参数化方法。模式在单个 CPU 的 SGI 计算机上运行,模式作 48 h 积分约需 30 min,积分时间步长 225 s。

3 低温雨雪冰冻实况

由于大气环流异常稳定,加之受“拉尼娜”事件影响,冷暖空气一直在我国长江中下游及其以南地区交汇,最终造成我国南方大范围持续低温雨雪冰冻灾害。

3.1 强降温天气过程

就西南区域而言,降温主要开始于 2008 年 1 月 10 日前后。此后的 20 多天时间里,整个西南区域,基本都处于低温雨雪天气之中。四川盆地于 1 月 12—14 日先后开始强降温天气过程,盆地日平均气温普遍下降 6 °C 以上。此后,四川盆地内平均气温多在 1~3 °C 之间波动,27—29 日盆地大部地区出现 2007/2008 年入冬以来的日平均气温最低值,为-3.4~2.8 °C;

3.2 雨雪天气

这次强降温过程中伴随降雪甚至暴雪天气。贵州

多次出现雨夹雪。四川大部分地方连续发生雨雪天气,部分地方还出现了大雪。盆地大部降雪日数在 3~10 d,最长达 19 d。有 11 个站连续 10 d 以上降雪。最大降雪量达 8.9 mm。持续低温的同时,降雨也频繁发生。1 月中、下旬西南区域连续出现降水。其中,中旬降水主要发生在四川,贵州,而下旬,整个区域都连续出现降水,云南还出现了大到暴雨。

4 检验结果分析

4.1 2 m 温度预报检验

以成都、重庆、昆明、贵阳和拉萨分别代表西南五省区,分析有 2 m 温度(地面气温,对应于百叶箱温度)预报资料的 AREM 和 T213 模式对这次降温过程的预报能力。

图 1 为 1 月 1 日至 2 月 6 日成都、重庆、昆明、贵阳和拉萨 5 站点 2 m 温度预报与实况对比图。蓝线、红线、紫线分别代表实况、AREM 模式预报、T213 预报模式。图中的日温度是每日 20 时(北京时,下同)温度值;实测温度为每天 20 时的自动站实测地面气温。预报温度取自当日 08 时为初始时刻的 12 h 预报,即每日 20 时预报温度。

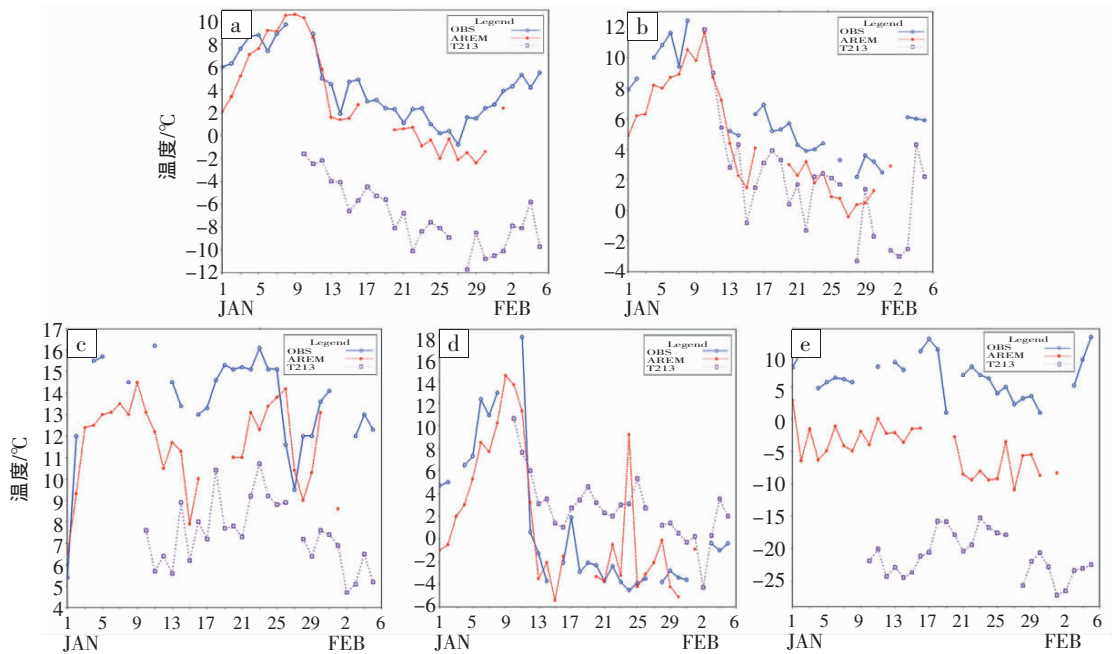


图 1 成都(a)、重庆(b)、昆明(c)、贵阳(d)、拉萨(e)5 站 2008 年 1 月 1 日至 2 月 6 日 2 m 温度预报与实况 (实况:蓝色,AREM:红色,T213:紫色)

对比分析 5 个站的实况和预报可看出,对这次低温过程,AREM 模式预报的温度演变与实况很吻合,较好地预报了温度的转折。尽管资料有缺失,但从图中仍可看出,对于成都站 11 日的降温,AREM 模式有比较好的预报。实况从 8.9 °C 降到 5 °C,AREM 预报从 8.6 °C 降到 5.8 °C,降温幅度略小于实况。对 16、17

日的温度小幅回升,AREM 也给出了相应的预报,只是回升幅度小于实况。实况回升 2.8 °C,AREM 预报回升 1.2 °C。对于成都阶梯式的降温过程,AREM 模式的预报也有此特点。28 日成都地面气温达到本次降温过程的最低点,29 日气温开始回升。29 日回升 2.4 °C,30 日略有下降(0.1 °C),31 日再次回升。AREM 很好地预

报这一变化,但预报的 29 日升温幅度太小(仅 0.6 °C),30 日预报降温 0.9 °C,致使这次低温过程预报的最低温度出现在 30 日,比实况滞后 2 d。对重庆站 11 日的强降温以及随后波动式的降温过程以及 29 日的升温,AREM 模式预报均较成功。昆明的降温不如其他站显著,但温度波动比较大,对 11—16 日的降温,17—25 日的升温过程,尤其是 26—31 日温度的激烈变化,AREM 模式都有较好的表现。贵阳站 1—10 日温度逐步攀升,其中 7 日温度有小幅下降。11—15(或 16,缺实测值)日强降温,温度从 11 日的 17.8 °C 降到 15 日的-3.7 °C,AREM 模式预报这期间贵阳温度从 11 日的 11.3 °C 降到 16 日的-5.4 °C。此后,贵阳的温度一直处于低值并小幅震荡状态,AREM 模式除在 25 日报出了比实况大的波动外,其余时间也都预报温度处于低值并小幅震荡。由于拉萨站的实况和预报资料都缺失较多,不能进行详细分析,但从现有的资料看,拉萨站没有明显的降温过程,温度时间演变也无明显规律和特征。从这一点讲,AREM 模式表现出了拉萨地面温度的这一特点。但从预报误差值的角度讲,拉

萨站的预报是 5 个站中是最大的,过程平均比实况偏低 11.4 °C,成都和贵阳预报偏差较小,成都平均偏低 1.6 °C,与实况拟合较好。由于本文没有 T213 模式 1 月 1—10 日的 2 m 温度预报资料,无从知道 T213 是否预报出了降温的开始,从现有的资料看,T213 预报大致能反映降温过程中后期的温度演变趋势,但温度值与实况出入较大,贵阳站偏差最小,偏高 4.2 °C 外,其余四站都明显偏低,尤以拉萨为最。

为了分析模式对这次降温空间分布的预报能力,图 2 给出了此次降温过程 20 点最大降温区实况和预报。这里,20 点最大降温定义为此次天气过程中(1 月 1 日至 2 月 6 日)西南区域每个站 20 点温度的最大值与最小值的差值。图 2 阴影区代表降温超过 15 °C 的区域。从实况图可见,在西南地区,四川北部,重庆、贵州大部 and 西藏中北部及南部一小片区域在此次降温过程中降温幅度最大,降温超过 15 °C。AREM 模式对包括西藏南部的小范围强降温区在内的四个强降温区都有反映。尽管预报强降温区与实况强降温区位置不完全重合,但二者基本一致,且阴影区形态也有相似之处。

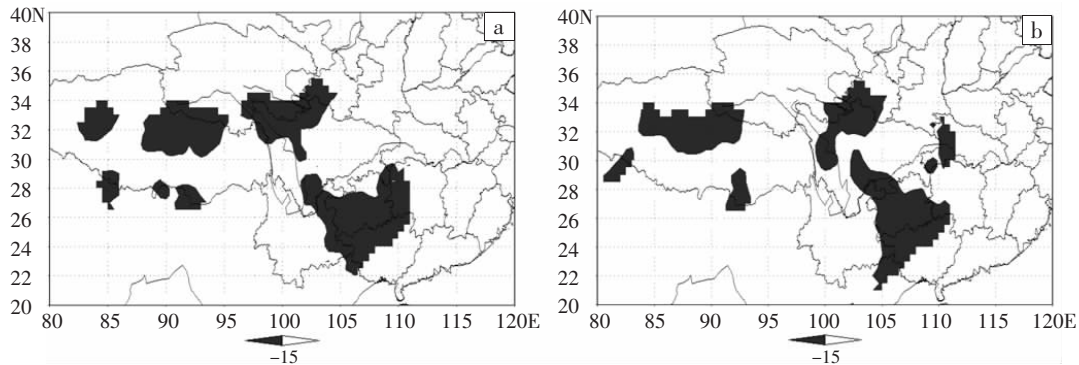


图 2 2008 年 1—2 月降温过程最大降温区(a:实况;b:AREM 模式预报)

从上面的分析可知,AREM 模式在这次罕见的强降温天气过程中对地面气温的预报是比较成功的,而 T213 的温度预报还有待改进。

4.2 降水检验

对降水预报分 24 h 累积降水和 3 h 累积降水两种情况检验。24 h 累积降水检验标准资料采用每天 MICAPS 下发的 24 h 降水实况,检验区域除西南 5 省区外,还包括陕西、湖北、湖南和河南四省与四川相邻的部分站。3 h 降水检验标准资料采用自动站时雨量资料,检验区域仅限于西南 5 省区。需要说明的是,T213 和日本模式的降水资料在本文的分析时段资料齐全,但只有 24 h 降水预报,AREM 模式有逐 3 h 的降水预报,故只对 AREM 的 3 h 降水进行了评分检验。

从过程平均的 24 h 降水预报 T_s 评分值看(图 3),T213 和日本模式小雨预报水平相当,中-大雨预报,以

日本模式相对较好,T213 其次,AREM 位列第三。由于此次低温雨雪期间,暴雨发生的频次和范围都很小,因此,暴雨预报评分并不能真实反映模式的暴雨预报能力。

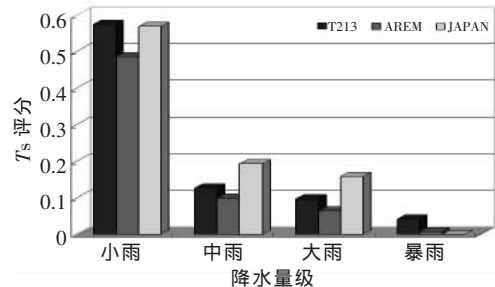


图 3 模式 24 h 降水预报 2008 年初低温雨雪期平均 T_s 评分

图 4 给出了 2008 年 1 月 27 日日降水实况和 AREM, T213 及日本模式的 24 h 预报。三个模式中,日本模式对这次降水预报效果最好。除错报云南境内的暴雨点落区和漏报湖南境内的大雨外,日本模式对

这次降水的小到大的降水落区,雨区范围都与实况最为接近。T213 对云南的中到暴雨有反映,但落区有误,且空报云南的中雨到暴雨和漏报湖南境内的中到大雨。AREM 模式对发生在云南的中到暴雨和发生在

湖南的中到大雨都有反映,但云南的暴雨区预报过大且落区有偏差。对发生在湖南的中雨预报比较正确,但漏报大雨。同时 AREM 模式还预报了一条虚假的中雨带,并在湖北境内空报了暴雨区。

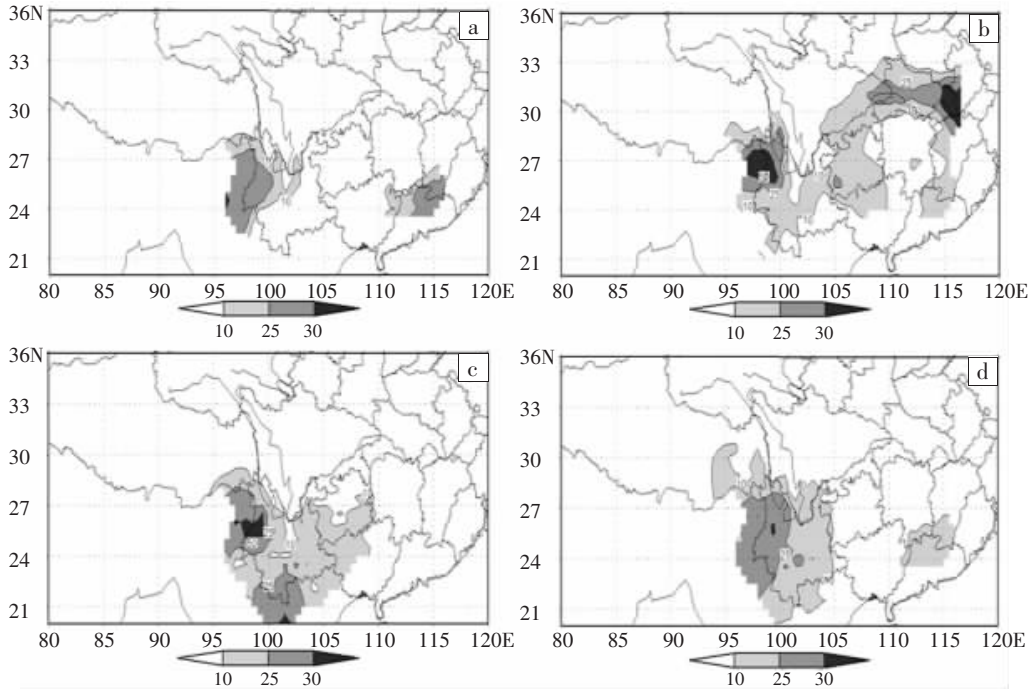


图 4 2008 年 1 月 27—28 日降水实况(a)与 AREM(b)、T213(c)、日本模式(d)预报

如前所述的资料原因,本文只对 1 月 1 日至 2 月 2 日 AREM 模式的 3 h 降水预报进行了检验。图 5 是 33 d 平均的 AREM 模式 3 h 小雨降水 T_s 评分。由图可见,AREM 模式的 0~3 h 预报并非最好,3~6 h 预报能力相对最强,此后,预报能力随时效呈波动型而非直线型下降趋势,最后 6 h 即 42~45 h、45~48 h 的预报能力相对最弱。

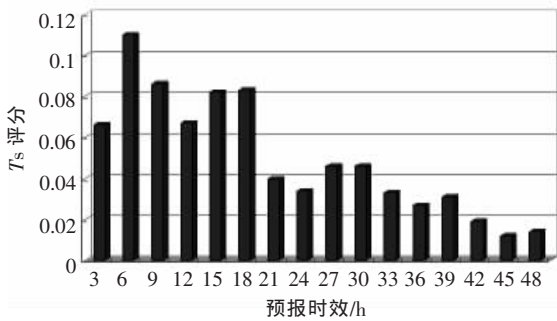


图 5 2008 年 1 月 1 日至 2 月 2 日雨雪期过程平均的 AREM 模式 3 h 降水(小雨)预报 T_s 评分

4.3 地面气压检验

仍选用 5 个省会城市为代表。因本文没有其余两个模式此期间的地面气压资料,故只分析 AREM 模式预报的地面气压(图略)。AREM 模式在 5 个站都很好地预报出了地面气压逐日变化趋势,但气压值都比实况低。预报最好的成都站,偏低 10~20 hPa,拉萨偏低

最明显,大都偏低 70~80 hPa。

4.4 高空要素检验

AREM 模式的高空要素检验是针对模式的输出区域(80—130°E,10—55°N)做的。表 1 给出了 AREM 模式 2008 年 1 月三层次高度(H)场、温度(T)场、相对湿度(Rh)、涡度(Vor)、散度(Div)、垂直速度(Wp)和风场($Wind$)预报的月平均均方根误差。就要素间比较,相对湿度的均方根误差最小,其次是温度场,风场最大;不同预报时效比较发现,高度场、温度场和风场是 24 h 预报好于 48 h 预报,但涡度、散度、垂直速度各层的 48 h 预报略好于 24 h 预报,相对湿度场不同预报时效间差别不大。从垂直角度看,温度场、相对湿度和风场随着高度增加,均方根误差减小。高度场和垂直速度场正好相反。涡度、散度又表现为 700 hPa 预报好于其上和其下层次。

此外,通过分析 AREM 和 T213 模式 500 hPa 高度场预报月平均误差(与本模式初始分析场之差)水平空间分布(图略)可看出, T213 的高度场预报误差小,偏差不超过 5 gpm,且没有明显的系统性误差。AREM 的误差相对较大,最大可达 50 gpm,且有从西到东增加的趋势。

两个模式对 850 hPa 温度场预报(图略)均没有明显的系统误差,且误差都很小,月平均误差都不超

表 1 AREM 模式对 2008 年 1 月不同层次物理量预报的月平均均方根误差

层次	$H/dagpm$		$T/^\circ C$		$Rh/\%$		$Vor/10^{-5}s^{-1}$		$Div/10^{-5}s^{-1}$		$Wp/(m/s)$		$Wind/(m/s)$	
	24 h	48 h	24 h	48 h	24 h	48 h	24 h	48 h	24 h	48 h	24 h	48 h	24 h	48 h
500 hPa	7.1	8.1	2.6	3.2	0.7	0.7	8.3	8.2	6.4	6.1	10.7	10.2	74.6	77.2
700 hPa	6.6	7.0	2.7	3.5	1.5	1.6	5.7	5.7	4.9	4.7	7.7	7.2	87.0	88.5
850 hPa	6.6	6.8	3.4	4.4	2.3	2.4	7.9	7.7	6.7	6.2	5.3	4.8	97.2	98.1

过 0.5 $^\circ C$ 。

5 结论

通过针对实况对模式地面要素如降水、地面气温、地面气压预报的检验和针对初始分析场对模式高空要素预报的检验,对 2008 年初发生在我国南方的强降雨雨雪天气过程的预报,AREM、T213 和日本模式预报结果检验如下:

(1)在这次强降雨过程中,AREM 模式对地面气温的预报较为成功。对降温过程显著的成都,重庆,贵阳三站的降温起、止时间,降温过程中温度的时间演变特征预报都与实况吻合较好,且预报温度值误差亦较小,成都站过程平均偏低 1.6 $^\circ C$ 。对降温不明显的云南和拉萨站,模式也较好地预报出了温度的波动,只是预报温度值误差较大,尤其是拉萨,过程平均预报比实况偏低 11.4 $^\circ C$ 。

(2)从过程平均的 T_s 评分看,AREM 的降水预报能力相对弱于 T213 和日本模式。对 2008 年 1 月 27 日发生在区域内的小到暴雨过程,AREM 模式对云南境内的暴雨有反映,即对降水级别没有漏报,但对中

到暴雨的雨区均有空报、漏报情况发生。

参考文献:

- [1] 罗剑琴,孙士型,陈少平,等.长江上游流域数值预报产品评价分析[J].暴雨灾害,2007,26(3):246-250.
- [2] 何光碧,陈静,肖玉华,等.AREM 数值模式对 2005 年汛期四川的降水预报[J].气象,2006,32(7):64-71.
- [3] 宇如聪,薛纪善,徐幼平,等.AREMS 中尺度暴雨数值预报模式系统[M].北京:气象出版社,2004.
- [4] 杨磊,徐幼平,程锐,等.AREM 模式中陆面过程的改进与试验[J].暴雨灾害,2008,27(1):1-8.
- [5] 方慈安,梅修宁,毛光详. η 坐标有限区域数值预报模式的实时预报试验[J].气象,1999,25(9):15-20.
- [6] 崔春光. 强降水过程模式中尺度水汽初值的敏感性试验 [J]. 气象, 2000,26(11):3-6.
- [7] 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.
- [8] 宇如聪,曾庆存,彭贵康,等.“雅安天漏”研究 数值预报试验[J].大气科学,1994,18(5):535-551.
- [9] 卿清涛,钟晓平,王春国.青藏高原对临近地区天气系统影响的数值模拟研究[J].气象,2000,26(1):19-24.
- [10] 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.

Verification of Prediction Capability of AREM on Low Temperature, Rain, Snow and Frost over Southwestern China in 2008

XIAO Yu-hua¹, HE Guang-bi², CHEN Jing³, GU Qing-yuan¹, GAO Wen-liang²

(1.Sichuan Provincial Meteorological Observatory, Chengdu 610072;

2.Chengdu Institute of Plateau Meteorology, Chengdu 610072;

3.National Meteorological Center, Beijing 10081)

Abstract: By the objective method, this paper was to verify the prediction of AREM, a regional mesoscale model, during the "historically rare" low temperature period with rain, snow and frost disaster occurred over the southern China in early 2008. The results show that AREM made a satisfactory prediction of air temperature at 2 meter above the ground. For Chengdu, Chongqing and Guiyang where the temperature declined remarkably, AREM predicted correctly not only the beginning and ending time of temperature drop but also the temperature evolvement, except the small prediction error; as for Kunming and Lasa where the temperature fall were not as remarkable as the other three stations, AREM predicted the waves of the temperature during this period in despite of the relatively larger prediction error, especially Lasa. AREM also correctly predicted the sites with the maximum falling temperature. According to the process-averaged T_s score, AREM was inferior to T213 and Japanese model in precipitation prediction.

Key words: AREM model; Low temperature period with rain and snow and frost disaster; Verification of prediction capability; The southwestern China