

资料同化对一次寒潮数值预报效果的评估

朱雯娜, 黄海波

(民航新疆空管局气象中心, 新疆 乌鲁木齐 830016)

摘 要: 针对一次新疆寒潮天气过程, 采用 WRF 模式进行资料同化数值预报对比试验, 利用 WRF-3DVAR 同化系统同化常规探空和地面观测资料, 分析了两种资料对降水预报效果的影响。结果表明同化探空和地面常规资料可以改善强降水落区和强度的预报, 同化探空和地面资料比仅同化探空资料预报效果要好, 对高度层加密可以进一步改善预报效果, 但会大幅增加运算时间。

关键词: 资料同化; WRF 模式; 寒潮

中图分类号: P456.2

文献标识码: B

文章编号: 1002-0799(2012)03-0050-04

同化就是把不同时刻、不同地区、不同性质的气象资料(包括常规和非常规观测资料以及预报资料等), 通过统计与动力关系(包括预报模式)使之在动力与热力上协调起来, 以求得质量场和流场基本平衡的、理想的初始场, 或者用来更新预报值, 以得到质量更好的连续天气分析图及预报图的问题^[1]。因此同化是数值预报模式不可或缺的一环, 从早期的逐步订正法、牛顿张弛逼近法、最优统计插值法, 到近期的三维变分(3DVAR)同化方法、四维变分(4DVAR)同化方法、Kalman 滤波, 同化方法在不断发展完善中, 目前三维变分同化(3DVAR)方法以其效果较好, 计算量相对较小, 得到最为广泛的应用^[2-4]。

本文采用的 WRF-3DVAR 资料同化系统是由美国国家中小尺度气象处、美国国家环境预报中心、预报研究处和俄克拉荷马大学风暴分析预报中心等多个部门共同开发的, 能与 WRF 中尺度模式配合使用。针对 2009 年 12 月一次新疆寒潮天气过程, 同化常规探空和地面观测资料进行数值预报试验, 评估 WRF-3DVAR 资料同化对预报效果的影响。

1 天气过程

2009 年 12 月 22—23 日受西西伯利亚强冷空气东移南下的影响, 北疆、东疆出现明显降温、降雪、

大风天气。22 日午后至 23 日 14 时, 北疆大部、天山山区、哈密地区普遍出现小量以上的雪, 其中伊犁河谷、塔城、阿勒泰、北疆沿天山一带、天山山区、哈密北部等地的部分地区达中到大量, 阿勒泰的部分地区和伊犁河谷、北疆沿天山一带的局部地区达暴量。乌鲁木齐机场过程降雪量达到大量, 为 8.4 mm。

这次寒潮天气过程是由于地中海中部低压的发展, 其槽前暖平流增强促使里海脊发展, 纬向环流转经向环流, 里海脊发展为乌拉尔脊, 随着乌拉尔脊的东南衰退, 西西伯利亚低槽携带强冷空气南下爆发的。

高空 500 hPa 图上 19 日中纬度存在两支锋区并有两套波动, 北支锋区位于 55°N 以北, 呈两脊一槽形势; 南支锋区位于 40°N 附近, 呈二槽二脊形势(图 1a)。南北两套波动位相不一致, 移速也不相同, 21 日这两支波动在里海附近位相一致时, 波动振幅随即迅速增强, 即导致里海长脊, 同时脊前的强北风带在 60°~70°E 建立, 22 日欧洲槽减弱东移, 受到冷平流的侵袭, 乌拉尔脊部分衰退, 导致强北风带携带强冷空气进入新疆地区。850 hPa 图上, 21—22 日在哈萨克丘陵地区有等温线的加密过程, 即水平温度梯度加大, 并且有明显的风场辐合, 说明低层有寒潮冷锋锋生过程, 使得冷空气加速爆发。寒潮高压 19 日首现于新地岛附近, 缓慢向南移动, 强度略有加强(图 1b)。22 日开始, 冷空气的主体快速向东南移动, 高压轴向由南北向转为东西向, 冷高压中心持续加强, 经过巴尔喀什湖附近时, 中心值达 1 052.5 hPa, 寒潮冷锋锋后气温明显低于锋前。

收稿日期: 2011-03-28

通讯作者: 朱雯娜(1983-), 女, 助理工程师, 现从事天气预报工作。

E-mail: juju8343@163.com

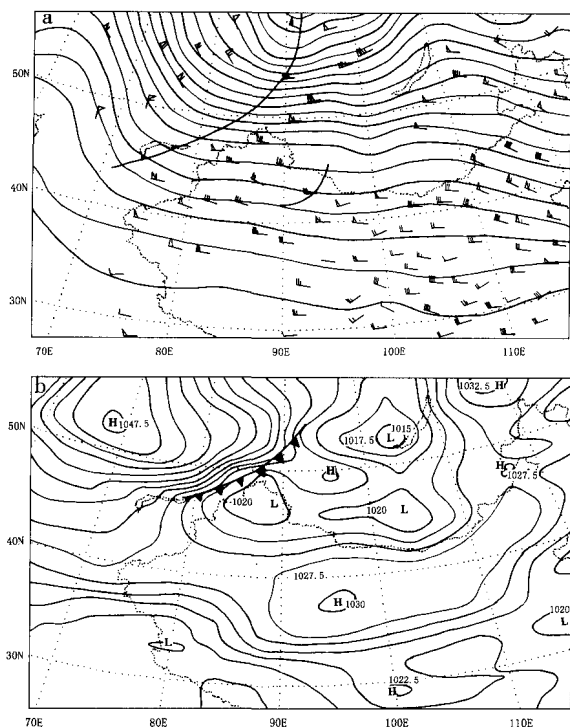


图1 2009年12月22日20时500 hPa高空图(a)和地面图(b)

2 资料同化对比分析

2.1 资料同化数值预报对比试验设计

本文选用WRF 3.1模式,采用三重嵌套,以乌鲁木齐机场(44°N,87°E)为中心,水平分辨率分别为45 000 m、15 000 m、5 000 m,格点数分别为151×131,166×136,112×112,各区域范围见图2,垂直方向有27层,时间步长分别是150 s、50 s、17 s,选用起报时间2009年12月21日20时、间隔6 h的

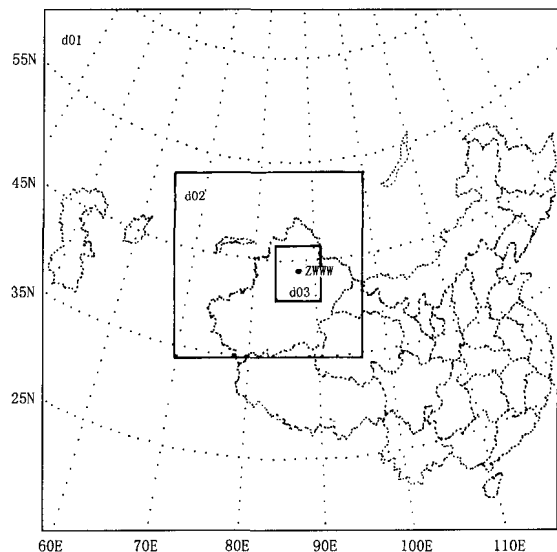


图2 模式嵌套区域示意图

GFS全球模式预报场作为模式的初始场和侧边界条件,每3 h输出一次预报结果(d03区1 h输出一次预报结果),积分到48 h结束。

WRF模式微物理过程采用WSM3简单冰方案,长波辐射采用Rrtm方案,短波辐射采用Dudhia方案,近地面层采用Monin-Obukhov方案,陆面过程采用适量扩散方案,边界层采用YSU方案,积云参数化采用浅对流Kain-Fritsch(New Eta)方案(d03区不采用积云参数化方案)。

资料同化数值预报对比试验方案设计如下:A初始场无同化;B初始场同化探空常规资料;C.初始场同化地面常规资料;D初始场同化地面、探空常规资料;E初始场同化地面、探空常规资料,垂直方向加密为41层。

资料同化数值预报对比试验区域157个探空测站、524个地面测站空间分布情况见图3。

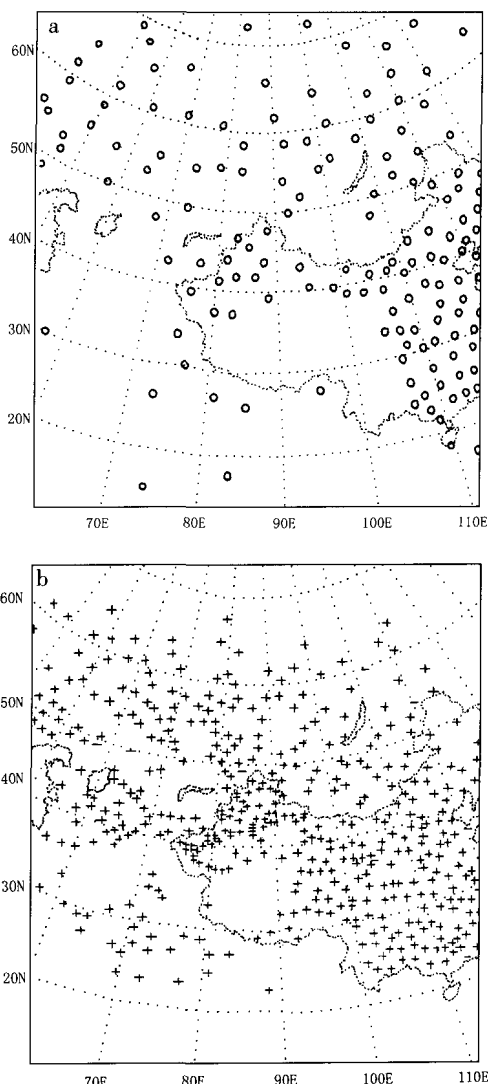


图3 测站空间分布(a探空,b地面测站)

表1是15测站分级评分情况,各方案对微到小雪、暴雪预报评分是一致的。A方案对大雪的预报效果最好,中雪预报效果最差,空报较多,漏报较少;E方案各级预报效果都比较好, T_s 评分在50%以上,但是漏报较多;B方案与A方案相比预报效果没有明显的改善;C、D方案各级预报效果比较均衡,但是空报、漏报都比较多。

表1 15个测站降水预报分级评分/%

	微到小雪			中雪			大雪			暴雪		
	T_s	空报	漏报	T_s	空报	漏报	T_s	空报	漏报	T_s	空报	漏报
A	100	0	0	28.6	66.7	33.3	80	20	0	50	50	0
B	100	0	0	33.3	0	66.7	60	25	25	50	50	0
C	100	0	0	50	0	50	60	25	25	50	50	0
D	100	0	0	50	0	50	60	25	25	50	50	0
E	100	0	0	60	0	40	75	0	25	50	50	0

由此可见, A方案虽然大雪的 T_s 评分最高,但是平均误差最大,空报率较高,说明各站预报降水量偏大的多。B方案预报效果与A方案相比,虽然平均绝对误差有所下降,但是漏报率偏高。C、D方案分级评分情况是一致的,但是C方案平均误差略小。E方案平均绝对误差最小, T_s 各级评分也较好。总体上来说各试验对d03降水的预报效果与d02的结果是一致的,另外,同化探空和地面常规资料可以使站点各级降水 T_s 评分更加均衡,减少了空报率,但漏报率有所增加。

3 小结

针对2009年12月一次新疆寒潮天气过程,采用WRF模式进行资料同化数值预报对比试验,利用WRF-3DVAR同化系统同化探空和地面资料,分析了两种资料对降水的预报效果,结果表明:

(1)同化探空和地面常规资料可以改善强降水落区和强度的预报,同化探空和地面资料比仅同化探空资料预报效果要好。对高度层加密可以进一步改善预报效果,但会大幅增加运算时间。

(2)同化探空和地面常规资料可以使站点各级降水 T_s 评分更加均衡,减少了空报率,但漏报率有所增加。

本文对于WRF-3DVAR同化系统的试验研究仅为个例试验,同化的资料也比较有限,还有待于针对各类天气过程加入更多的非常规观测资料展开试验研究,以期改善乌鲁木齐机场中尺度预报业务试验系统的预报效果,同时控制系统数值计算运行所需时间。

参考文献:

- [1] 沈桐立,田永祥,葛孝贞,等.数值天气预报[M].北京:气象出版社,2003:237.
- [2] 张爱忠,齐琳琳,纪飞,等.资料同化方法研究进展[J].气象科技,2005,33(5):385-388.
- [3] 官元红,周广庆,陆维松,等.资料同化方法的理论发展及应用综述[J].气象与减灾研究,2007,(4):1-6.
- [4] 薛纪善.气象卫星资料同化的科学问题与前景[J].气象学报,2009,(6):903-905.

Effect of Numerical Prediction with Data Assimilation of a Cold Wave

ZHU Wen-na, HUANG Hai-bo

(Meteorological Center of Xinjiang Air Traffic Management Bureau, Urumqi 830016, China)

Abstract: In this paper, numerical simulation tests of a cold wave process in Xinjiang was conducted with WRF model by using WRF-3DVAR system to assimilate sounding and surface observations, to analyze the effect of these two kind data on prediction of precipitation. Results showed that assimilation of either data has positive impact on prediction of area and intensity of heavy precipitation. Assimilation with sounding and surface observations was better than only with sounding observations. Comparing with observations, assimilation with increasing vertical levels lead to slightly better forecast quality but a substantial increase in run time.

Key words: data assimilation; WRF model; cold wave