

地面观测资料特征的初步分析

郑陶, 乔前东, 王月林, 陈秀成 (淮安市淮安区气象局, 江苏淮安 223200)

摘要 从分析常规地面观测资料的特点入手, 研究我国地面观测站的分布特点, 分析模式地形与站点地形高度误差的差异程度。结果表明, 我国 2 872 个地面观测站点在全国范围内分布不均匀, 大体上呈东多西少的分布; 大部分观测站点分布在站点高度低于 500 m 的、土地面积仅占国土面积约 27.0% 的地区; 站点地形和模式地形存在高度误差, 绝大多数站点的模式地形高于站点地形, 所有观测站与模式地形的高度误差均值为 130.76 m, 有的站点的差值达 1 000 m 以上; 模式地形与站点地形的高度差异程度分布很不均匀; 根据 Ruggiero 同化方案, 对地面观测资料进行初步筛选, 不到 40.0% 的观测资料进入模式底层, 导致地面观测资料利用率较低。

关键词 地面观测资料; 资料同化; GRAPES 三维变分

中图分类号 S16 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)34-306-02

Preliminary Analysis on Surface Observational Data Assimilation

ZHENG Tao, QIAO Qian-dong, WANG Yue-lin et al (Huaian District Meteorological Bureau in Huaian City, Huaian, Jiangsu 223200)

Abstract Starting from analyzing characteristics of conventional ground observation data, the distribution characteristics of ground observation station were studied, the difference between the terrain and the height error of the site was analyzed. The results showed that there are 2 872 ground observation stations all around our earth land, while these stations are very unevenly distributed. Taking it by and large, the distribution situation of the ground stations shows that stations in the west of China are less than ones in the east of China. According to the statistical results, most of the ground stations distribute in areas lower than 500 meters in surface observation station measurement, which take up only 27 percent of total areas. There exists elevation difference between surface observation station measurement and numerical model surface. The numerical model surface elevation of most surface observation stations is higher than elevation in surface observation station measurement. The medium value of elevation difference is about 130.76 meters, especially some difference value reach to above 1 000 meters. Making use of Ruggiero's approach to preliminarily filter surface observation data, we just find that less than 40 percent of surface observation data can fall under the bottom of the numerical model. That is to say, the availability of all the observation data is quite low.

Key words Surface observational data; Data assimilation; GRAPES 3DVAR

资料同化是使描述大气初始状态的资料尽量精确化的一种有效方法, 是数值预报研究的重要方面。发达国家的经验表明, 在可能促进预报质量提高的诸多因子中, 资料同化系统是数值模式是否能比较准确地描述大气运动状态的关键技术之一, 它的更新是最能在短时期内取得明显效益的因子^[1]。但资料同化系统中, 现有的常规探空资料已经不能满足模式的需要, 因为 300 km 间距或以上探空站分布稀疏, 在资料客观分析中往往丢失掉一些很重要的中尺度特征^[2]。相对于探空资料, 地面观测资料的观测量均为模式变量, 更适合高分辨率的时空模式。目前我国有约 2000 多个人工地面观测站, 县级气象台站普遍布设了自动气象观测站, 且还将不断继续建设, 而常规探空资料站约 120 个^[2]。从资料的数量和广度上来说, 地面观测资料更丰富。然而, 我国的地面观测资料利用率却很低, 没能有效地进入模式。地面观测站在很大程度上来说只是一种观测手段, 仅仅起到观测资料、存档总结的作用, 造成资源的极大浪费。

地面观测资料难以利用的原因主要有两方面: 一方面, 地面观测资料在一定程度上受到地形、地貌的影响, 另一方面, 站点地形和模式地形存在高度差异^[3-4]。如何充分有效地利用地面观测资料, 从中提取有价值的模式信息, 并把它和其他资料融合为数值天气预报所需要的初始资料, 改善数值模式预报水平, 是一项很有意义的工作。笔者在此从分析常规地面观测资料的特点入手, 研究我国地面观测站的分布特点, 分析模式地形与站点地形高度误差的差异程度, 为

进一步研究地面观测资料的同化分析做准备。

1 设计方案

从地面观测资料入手, 根据我国 2 872 个地面观测站的数据资料, 绘制站点分布图, 分析我国地面观测站的分布特点。与站点地形进行高度比较的模式是 GRAPES 模式^[5], 通过计算模式地形与站点地形的高度差值, 绘制站点地形关于模式地形与站点地形的高度差值的折线图, 分析这种高度误差的分布特点。研究不同站点地形高度下, 模式地形与站点地形高度差值的误差程度。根据 Ruggiero 同化分析方案^[6], 对地面观测资料进行初步筛选, 分析进入模式底层资料的特点。通过以上试验设计方案, 初步了解地面观测资料的特点, 以便更深入地研究地面观测资料同化分析。

2 结果与分析

2.1 地面观测站点的分布特点 我国幅员辽阔, 地面观测站比较多, 但观测站与观测站间分布很不规则(图 1)。各地区地面观测站的分布与该地区的地形、地貌状况有很大关联, 整体上呈东多西少的分布。绝大部分站点分布在我国地势的第一阶梯和第二阶梯, 集中在华北、华东、江南、东南、西南以及西北东部等地区, 其中华北地区东部、江南地区北部、华南沿海、西南地区北部的站点分布最为密集。相较而言, 东北、内蒙、新疆以及青藏高原地区的站点分布较少, 密集程度和所处地域的面积成反比。据统计, 73.6% 的地面观测站点集中分布在站点高度低于 500 m 以下的中低海拔地区, 且这些地区的土地面积仅占国土面积的 27.0% 左右。

2.2 模式地形与站点地形高度差值的特点分析 我国地形、地貌相当复杂, 模式地形与观测站地形高度存在差异, 且

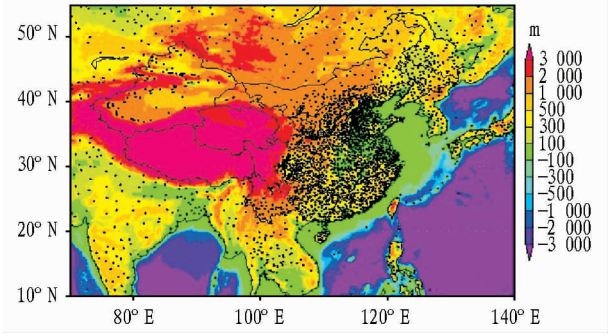


图1 全国站点分布

差异大小分布很不规则。站点地形与模式地形高度对比图(图2)显示,大部分站点落在等值线左侧;站点高度低于300 m的地区,站点分布密集。根据站点地形高度的统计资料可知,在所有的2 872个站点中,共有2 220个站点的模式地形高于站点地形,其中差值最大的站点模式地形为2 607.67 m、站点地形为901.00 m,差值高达1 706.67 m;模式地形与站点地形高度差值最小为0.03 m。由此可知,不存在模式地形与站点地形高度完全重合的站点。虽然0.03 m的差值相对较小,但进入模式底层后对资料同化是否存在影响还需要进一步研究。

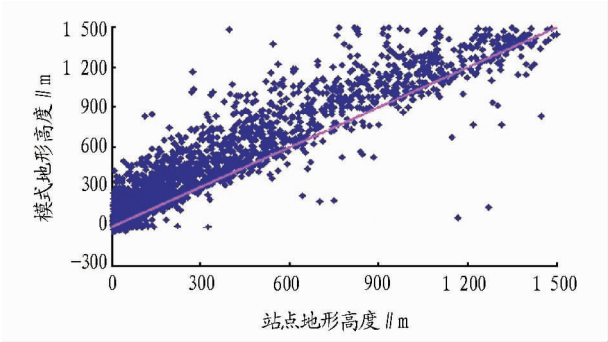


图2 站点地形与模式地形高度对比

对所得数据进行更细致的分类统计,设站点地形与模式地形高度误差为 $R(\text{m})$, $R\leq 0$ 的站点有652个, $0<R\leq 100$ 的站点有1 048个, $100<R\leq 200$ 的站点有544个, $200<R\leq 300$ 的站点有297个, $300<R\leq 400$ 的站点有161个, $400<R\leq 500$ 的站点有74个, $500<R\leq 1\,000$ 的站点有80个, $R\geq 1\,000$ 的站点有16个。其中,误差值在0~100 m的站点数最多,约占36.5%;误差达1 000 m以上的站点数最少,仅有16个,最大误差达1 706.67 m;多数站点的误差值在400 m以下。对所有站点进行统计,模式地形低于站点地形的差值 R 为负值,取全体误差的绝对值,求得的平均误差为130.76 m。仅讨论 R 为正值的情况,共有2 220个站点,约占总数的72.3%,这些站点的模式地形与站点地形高度误差的平均值为158.83 m,该数值高于全体误差取绝对值后的平均误差,但数量级相同,数值相差不大。总体而言,站点的模式地形与站点地形均存在差值,平均差值在150 m左右。

从模式地形与站点地形的高度差异(图3)可以更加直观地看出,绝大多数站点的模式地形高度大于站点地形高度,且高度误差值在0~500 m;较少的点落于y轴负值区和

差值>500 m的区域。根据Ruggiero同化分析方案^[6],2 872个站点中观测站地形高度高于模式最低层高度的站点有652个,将作为高空资料进入模式;模式最低层高度与测站地形的高度差>100 m的站点有1 172个,将被剔除;模式最低层高度与观测站地形高度的差值<100 m的1 048个站点将进入模式最底层,地面观测资料利用率仅为36.5%。2002年UCAR与Korea合作开展地面观测资料同化研究工作,发现Ruggiero同化分析方案虽然考虑了模式地形与观测地形的差异,但没有采用直接变分同化,同时将许多观测资料剔除掉了,资料没有充分利用,且将地面观测资料当作高空资料进入模式时,会造成模式初值各个物理量之间的不协调,从而导致模式初始预报时期spin-up现象存在的时间延长。

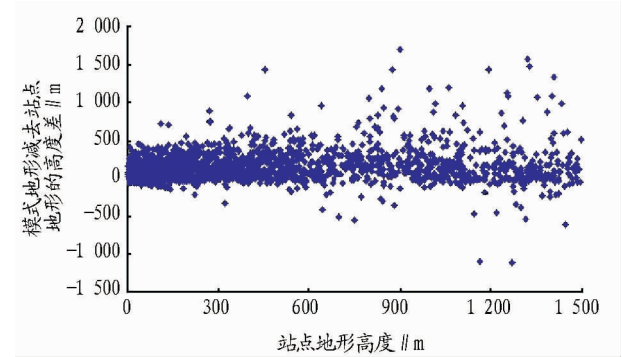


图3 站点地形关于模式地形与站点地形的高度差值分布

对模式地形和站点地形的高度误差进行更细致的分类统计,分析模式地形与站点地形高度差值关于站点地形高度的分布情况。由表1可知,模式与观测站地形高度差异大小在全国的分布很不均匀,但通过统计还是有规律可循。一方面,在所有站点地形低于100 m的站点中,有48.0%的站点资料进入模式底层;所有站点地形低于500 m的2 115个站点中,有41.3%的站点资料进入模式底层;站点地形高于500 m的站点中,有30.0%的站点进入模式,资料利用率不高,但却有60.7%的资料被剔除。另一方面,在所有观测资料进入数值模式最底层的1 048个站点中,站点地形高度在100 m以下的站点数为559个,约占总数的55.3%;站点地形高度在500 m以下的站点数为874个,约占总数的84.4%;在所有被剔除的1 172个站点中,站点地形高度低于500 m的站点约占60.7%,所占比重超过半数。根据以上数据表明,所有地形高度下的站点资料剔除率均超过50%,利用率均不高;站点地形低于500 m的区域,站点数分布集中,虽然被剔

表1 模式地形与站点地形高度差值 R 关于站点地形高度 H 的分布统计

地形高度 H/m	$R\leq 0$	$0<R\leq 100$	$R>100$	总计
$H\leq 100$	381	559	224	1 164
$100<H\leq 300$	114	223	317	654
$300<H\leq 500$	34	92	171	297
$500<H\leq 1\,000$	50	87	282	419
$H>1\,000$	73	87	178	338
总计	652	1 048	1 172	2 872

续表 2

日期	环流系统(前一日 08:00 在关键区内天气形势的环流系统)	物理条件(前一日要素达到指标)	风向	降水量 mm	结果
2006-07-08	脊前槽后型	850 hPa $Td \geq 18.9\text{ }^{\circ}\text{C}$; 700 hPa $Td \geq 8.6\text{ }^{\circ}\text{C}$; 850 hPa $T - Td \leq 0.9\text{ }^{\circ}\text{C}$; 本站 14: 2 d 吹偏南风 00 气温 $\geq 28.9\text{ }^{\circ}\text{C}$; 本站 14:00 水汽压 $\geq 25\text{ hPa}$; 本站 14:00 气压 $\leq 929.9\text{ hPa}$; 08:00 700、850 hPa 湿有效位能 $\geq 70\text{ mW}$; 700、850 hPa Δ 湿有效位能 $\geq 50\text{ mW}$; 500 hPa 位势高度值 $\leq 576\text{ dagpm}$	2 d 吹偏南风	55.7	正确
2007-07-26	低槽低涡切变型	850 hPa $Td \geq 19.4\text{ }^{\circ}\text{C}$; 700 hPa $Td \geq 9.0\text{ }^{\circ}\text{C}$; 850 hPa $T - Td \leq 0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$; 本站 14: 3 d 吹偏南风 00 气温 $\geq 29.0\text{ }^{\circ}\text{C}$; 本站 14:00 水汽压 $\geq 27\text{ hPa}$; 本站 14:00 气压 $\leq 930.6\text{ hPa}$; 08:00 700、850 hPa 湿有效位能 $\geq 70\text{ mW}$; 700、850 hPa Δ 湿有效位能 $\geq 50\text{ mW}$; 500 hPa 位势高度值 $\leq 556\text{ dagpm}$	3 d 吹偏南风	147.9	正确
2008-05-29	脊前槽后型	850 hPa $Td \geq 19.9\text{ }^{\circ}\text{C}$; 700 hPa $Td \geq 8.9\text{ }^{\circ}\text{C}$; 850 hPa $T - Td \leq 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$; 本站 14: 3 d 吹偏南风 00 气温 $\geq 28.8\text{ }^{\circ}\text{C}$; 本站 14:00 水汽压 $\geq 27\text{ hPa}$; 本站 14:00 气压 $\leq 930.6\text{ hPa}$; 08:00 700、850 hPa 湿有效位能 $\geq 70\text{ mW}$; 700、850 hPa Δ 湿有效位能 $\geq 50\text{ mW}$; 500 hPa 位势高度值 $\leq 574\text{ dagpm}$	3 d 吹偏南风	138.2	正确

以上凯里地区大到暴雨短期的综合预报模式经过 2004~2008 年的预报及应用,结果非常满意,2004~2008 年均出现强度不同的大到暴雨,这些过程用凯里地区大到暴雨短期的综合预报模式均提前报出,给地方政府提供了很有益的生产建议预报。

6 小结

(1) 高空槽、中低层切变是凯里地区产生大暴雨的基本形式之一^[4],大到暴雨是几种尺度系统相互作用的情况下发生的,低空急流、中低层切变、地面冷锋是造成大到暴雨的主要影响系统。中低层(700、850 hPa)充足的水汽输送和辐合,为大到暴雨发生提供了充足的水汽。低空西南急流是大到暴雨产生前输送水汽、热量和动量的通道,它是大到暴雨形成和维持不可缺少的条件之一^[2]。

(2) 大到暴雨前期,要考虑地形地貌条件、气候特征,分析凯里地区前一日要素指标的变化情况,找出能量的高度不稳定区域,对大到暴雨落区有很好的指示作用。

(上接第 307 页)

除或进入探空资料的站点数超过一半以上,但与地形高度高于 500 m 的区域相比,能够进入模式最底层的站点数相对比重更大;地形高度高于 500 m 的区域,地面观测站点分布较少,仅资料剔除率就达 60% 以上,资料的利用相对更小。

3 结论

通过对我国地面资料的分布特征、站点资料高度与模式地形高度的比较,初步分析了地面资料在数值预报同化过程中影响地面资料同化效果的原因,为进一步改善地面资料同化的效果提供了科学依据。结论如下:

(1) 站点分布与该地区的地形、地貌状况有关。全国范围内 2 872 个地面观测站分布不均匀,整体上呈东多西少的分布。73.6% 的地面观测站点集中分布在站点高度低于 500 m 以下的中低海拔地区,且这些地的土地面积仅占国土面积的 27.0%,站点分布集中。

(2) 模式地形与站点地形之间因插值原因均存在不同程度的高度偏差,77.3% 的站点的模式地形高于站点地形。模式地形与站点地形的高度差值在 0~100 m 的站点数最多,达 1 048 个。所有站点高度误差取绝对值,则平均误差为

(3) 利用凯里地区的气候特征及凯里地区大到暴雨短期的综合预报模式来预报天气,具有较强的预报能力,在服务中有较强的参考价值。该研究的预报方法具有很强的地区性,其他地方不能简单套用,但可以根据介绍的方法,建立适合当地的预报方法。

参考文献

[1] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文. 天气学原理与方法[M]. 北京:气象出版社, 2000: 374-382.

[2] 井喜,陈见,胡春娟,等. 广西和贵州 MCC 暴雨过程综合分析[J]. 高原气象,2009,28(2):335-350.

[3] 贵州气象灾害性天气划分标准(气发 18 号)[A]. 1997.

[4] 金巍,曲岩,姚秀萍,等. 一次大暴雨过程中低空急流演变与强降水的关系[J]. 气象,2007,33(12):31-38.

[5] 《贵州省短期天气预报指导手册》编委会. 贵州省短期天气预报指导手册[M]. 贵州:贵州省气象局,1987:382-384,555.

[6] 中国气象局科教司. 地气象台短期预报岗位培训教材[M]. 北京:气象出版社,1998:151-153.

[7] 李玉柱,许炳南. 贵州短期气候预测技术[M]. 北京:气象出版社,2001: 10-20.

130.76 m。有的站点的高度差值达 1 000 m 以上,最大值达 1 706.67 m。

(3) 根据 Ruggiero 同化方案,对地面观测资料进行初步筛选,不到 40% 的观测资料进入模式最底层,地面观测资料利用率不高。模式地形与观测站地形高度差异大小分布很不均匀,站点分布密集的区域,地面观测资料利用率相对较高;站点分布越稀疏的地区,被剔除的观测资料相对越多。

参考文献

[1] 徐枝芳,龚建东,王建捷,等. 地面观测资料同化初步研究[J]. 应用气象学报,2006,17(S1):1-10.

[2] 徐枝芳,龚建东,王建捷,等. 复杂地形下地面观测资料同化 I. 模式地形与观测站地形高度差异对地面资料同化的影响研究[J]. 大气科学, 2007,31(2):222-232.

[3] 徐枝芳,龚建东,王建捷,等. 复杂地形下地面观测资料同化 II. 模式地形与观测站地形高度差异代表性误差[J]. 大气科学,2007,31(3):449-458.

[4] 余兴,王晓玲,戴进,等. 复杂地形边界层结构的数值模拟[J]. 高原气象,1997,16(4):389-401.

[5] 唐细坝,薛纪善. COSMIC 资料在 GRAPES 全球三维变分同化系统的初步研究[J]. 热带气象学报,2009,25(5):521-531.

[6] RUGGIERO F H,SASHEGYI K D,MADALA R V,et al. The use of surface observations in four-dimensional data assimilation u-sing a mesoscale model[J]. Mon Wea Rev,1996,124(5):1018-1033.