

T213L31 全球中期数值天气预报系统 2m 温度预报误差源分析

佟 华 姚明明 王 雨 陈起英 管成功

(国家气象中心, 北京 100081)

提 要: T213L31 全球中期数值天气预报系统的 2m 温度预报存在系统性偏低的问题, 对业务预报影响很大, 针对这一问题就产生原因对模式系统进行分析定位。经过一系列分析, 通过对模式地形高度与观测站地形高度的比较, 以及通过采用欧洲中心与国家气象中心的陆面过程初值得到的 2m 温度的比较, 认为 2m 温度的误差是由于模式地形高度与实际地形高度存在较大差异以及 2m 温度预报对陆面过程所需的初值如土壤湿度等的敏感而实际采用特定值代替初始场的不科学性造成的。

关键词: T213L31 预报系统 2m 温度 地形高度 土壤湿度初值

Analysis of Error Sources of 2m Temperature Prediction in Global Medium-range NWF System T213L31, NMC

Tong Hua Yao Mingming Wang Yu Chen Qiying Guan Chenggong

(National Meteorological Center CMA, Beijing 100081)

Abstract: The global medium-range NWF system, T213L31, in National Meteorological Center, CMA, is found to exist the problem of systematic low about 2m temperature. In order to solve this problem, the sources of error of the model system are analyzed. Though a series of analysis, such as comparison of the topography height between model and observatory, and the analysis of two kinds of initial value from EC and CMA operational model land surface model, and so on, it shows that the error of 2m temperature is due to the difference of topography height between model and observatory, and incorrect initial soil moisture which is substituted by specifical value.

Key Words: medium-range NWF system 2m temperature topography height initial soil moisture

引言

全球中期数值预报是整个数值天气预报业务的核心, T213L31 全球中期数值天气预报模式系统是国家气象中心数值天气预报模式中用途最广、预报员参考最多的模式系统, 它不但提供大范围的形势场和降水预报, 还为区域、台风、中尺度、环境气象预报等其他数值天气预报业务提供初、边值条件, 因此它的发展更具有重要的意义。但就目前的检验结果来看, 现行中期预报业务模式 T213L31 的 2m 温度预报存在着系统性的偏低情况, 全国平均偏低 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 左右, 有些地区偏低得更多。因为 2m 温度是业务预报中非常重要的一个要素, 它的预报结果是预报员非常关注的, 所以找到 2m 温度存在误差的原因并进而提出初步解决方案, 从而提高它的预报质量, 对现行业务的技术进步具有非常重要的意义和作用。同时随着误

差的定位和改进, 可以对 T213L31 顺利升级为 T639L60 提供有力的支持。

在国外为了提高 2m 温度的预报准确率, 也作了很多工作。如欧洲中心通过考虑了冻土对能量平衡的影响, 改善了陆面过程方案^[1], 使 2m 温度预报效果明显改善。另外使用最优插值方法通过 2m 温度和 2m 相对湿度误差来进行土壤温度、湿度的客观分析得到土壤温度、湿度的初值^[2,3], 也使 2m 温度的预报效果得到了改善。

目前很多预报在效果上都存在各种各样的问题, 都需要查找出其中的原因并提出改进和解决办法。如黎惠金等^[4]对一次全区性较强降水空报的重大预报失误过程分析等。本文可以在查找问题来源的方法方面提供一些思路。

1 2m 温度误差来源分析定位

图 1 为 2003 年 4~7 月全国 400 个观测

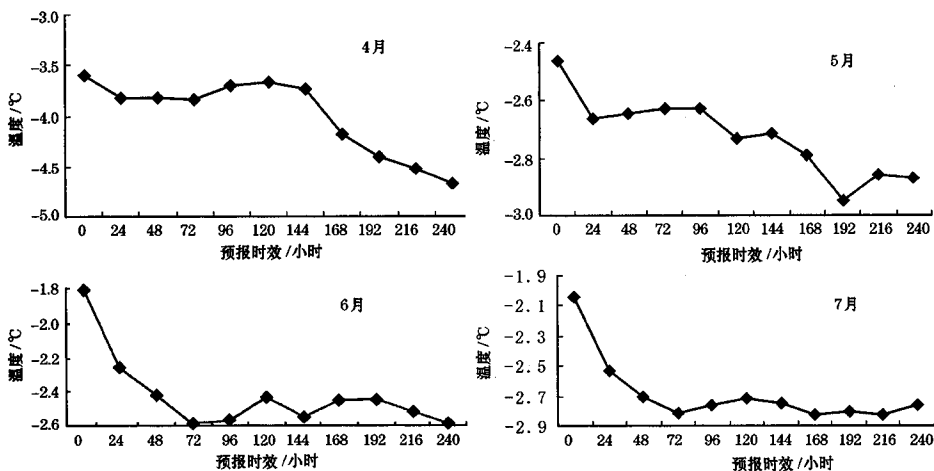


图 1 2003 年 4~7 月全国 400 个观测站 2m 温度预报平均误差

站 2m 温度预报各预报时效的平均误差, 可以明显看到每个月温度预报基本上都是偏低的, 每个月的平均误差大概在 $-2 \sim -3^{\circ}\text{C}$ 之间, 而且随着预报时效的增加, 误差不断增加。图 2 为 2003 年 5 月分区各站各时效的月平均误差, 可以看到每个观测站的温度

误差大不相同, 大部分的站点温度预报偏低, 有很多站偏差很大, 如在青藏高原各站, 很多站点误差都在 10°C 以上, 但是仍有温度偏高的站点, 如华北区的泰山站和五台山站, 而同一个站各个时效之间的误差差异却很小。

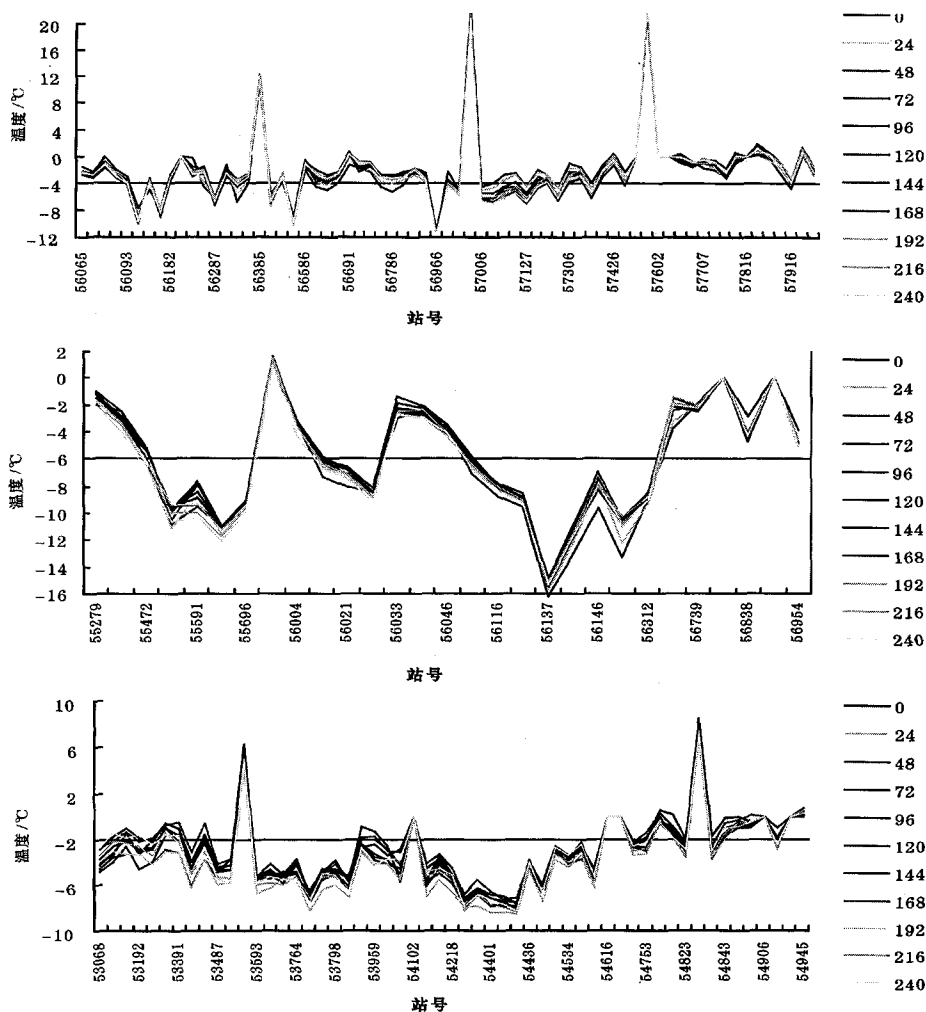


图 2 2003 年 5 月分区各站的各时效的月平均误差

由于 2m 温度预报误差较大的站点通常都是地形较为复杂的站点, 考虑温度误差是否与地形有关, 所以首先对模式地形高度进行检查。通过双线性插值将模式格点的地形

高度插值到站点位置上, 将模式地形高度和实际测站地形高度进行比较。图 3 为全国 400 个地面观测站模式地形高度与实际地形高度之差, 可见在 400 个观测站中, 大多数

站点的模式地形高度都高于实际的地形高度,平均几百米,最高达 2000 多米,也有很少几个站点模式地形高度低于实际地形高度。

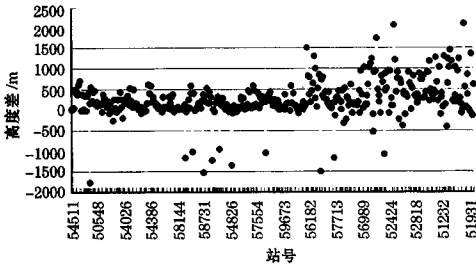


图3 全国 400 个站模式地形高度与实际地形高度之差

根据模式地形与实际地形的差值的全国分布,模式地形比实际地形大很多的主要在新疆、西藏等西部地区,东部相差较小。为数不多的几个模式地形比实际地形小很多的站点大多为山顶观测站。表 1 给出了全国 400 个观测站的模式地形高度与实际地形高度差值与平均 72 小时 2m 温度误差关系统计表,并附有每个差值范围的测站数。可以看出模式地形与实际地形差异越大,72 小时预报的平均 2m 温度误差越大,明显说明

表 1 模式地形与实际地形差值与平均 72 小时 2m 温度误差关系

模式地形— 实际地形/m	站数	平均 72 小时 预报误差/℃
-2000~0	47	-0.74
0~50	43	-2.09
50~100	36	-2.61
100~150	32	-3.37
150~200	36	-3.51
200~300	39	-3.62
300~400	42	-4.87
400~600	36	-5.59
600~1000	34	-7.83
1000~2100	22	-8.9

地形差异是造成 2m 温度误差的重要来源。因为模式得到的 2m 温度不是测站的实际 2m 温度,而是测站上空 2m 以上某一点的温度,根据行星边界层温度为随高度增加而降低,模式的 2m 温度会低于实际的测站温度。

同时注意到在模式地形与实际地形相差很少的 0~50m 范围内,平均 72 小时误差仍有一 2.09℃,表明地形差异并不是唯一的误差来源,仍有其它因素影响 2m 温度的预报效果。由于目前没有全球范围内的土壤温度和湿度的常规直接观测,在 T213L31 中,陆面过程初值,如其中所需要的土壤温度、土壤湿度初始场和陆面过程参数化过程所需要的必要参数,如粗糙度、反照率等,使用的值是欧洲中心提供的 1997 年每月 1 号的值通过线性插值到每天得到的。很多研究表明,土壤湿度初值对边界层过程如温度、湿度等影响很大,如 Yeh (1984)^[5]研究表明,增加土壤含水量会使降水增加气温降低。张晶等 (1998)^[6]得到土壤湿度初值在模式中的记忆时间很长,对模拟的结果影响很大,所以目前业务预报的初值处理方法明显存在一定的误差。

基于上述原因,通过试验检验 T213L31 中陆面过程初值对 2m 温度误差的影响。图 4 为分区各观测站点 2003 年 4 月月平均 00UTC 2m 温度观测值、前 6 小时预报的 00UTC 模式背景场值和陆面过程初值用 1997 年的值代替以后 00UTC 的 2m 温度初值对比图。可见每个区几乎都为 6 小时预报的模式背景场和观测值较接近,而陆面过程初值用 1997 年的值代替以后的 2m 温度初值明显变小,说明陆面过程初值改变以后对 2m 温度产生很大影响,进而说明这种初值产生的方法存在问题,很可能因为陆面过程初值不准导致最后的结果不准确。

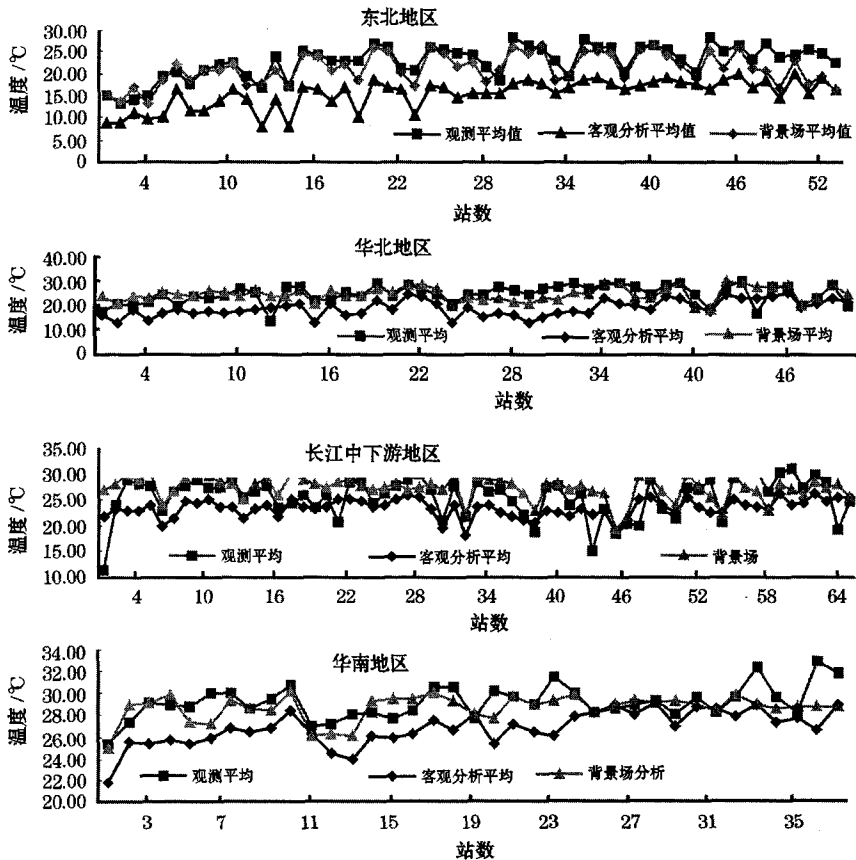


图 4 分区各观测站点 2003 年 4 月月平均 2m 温度观测值、客观分析值和背景场值对比图

进一步采用欧洲中心的初值进行敏感试验。因为欧洲中心目前采用最优插值方法^[2,3]通过 2m 温度和 2m 相对湿度来进行土壤温度、湿度的分析,可体现出土壤温度、湿度的逐日变化,而且方法很成熟,所以初值也相对准确。因得到了欧洲中心提供的 2003 年 6 月通过最优插值方法得到的陆面过程初值,对 2003 年 6 月 21 日个例的 2m 温度进行试验,方案见表 2。其中方案 1 为初始场和模式都为目前的 T213L31 业务系统;方案 2 为模式和初始场都为欧洲中心的 T319 模式,其中初始场大气部分使用 4DVAR 方法,土壤使用最优插值方法。方案 3 为除了土壤温度、土壤湿度初始场用欧

表 2 模拟试验方案

试验方案	初始场
方案 1	nwp: 业务
方案 2	ec319: ECMWF 的初始场和模式
方案 3	new: 除了 4 层土壤温度、土壤湿度用 ECMWF 的分析,其余用 T213 业务
方案 4	new-q: 仅 4 层土壤湿度用 ECMWF 的分析,其余用 T213 业务
方案 5	new-t: 仅 4 层土壤温度用 ECMWF 的分析,其余用 T213 业务

洲中心的分析场,其它陆面过程初值如反照率、粗糙度等参数都与 T213L31 业务相同。方案 4 为只有地面初始场中的 4 层土壤湿度用欧洲中心的分析,土壤温度和陆面参数初值以及模式用 T213 业务。方案 5 为只有地

面初始场中的 4 层土壤温度用欧洲中心的分析, 土壤湿度和陆面参数初值以及模式用 T213 业务。

模式从 6 月 21 日 12 点起报, 每 6 小时输出一次 2m 温度的值, 将几种方案得到的 2m 温度进行比较。图 5 为几个方案全国平均 2m 温度各个预报时效的值以及观测值。结果表明, 除了方案 1 和 5 温度较观测值偏低外, 其它各方案都与观测值相近, 说明用气候值作初始场确实对 2m 温度误差有很大贡献, 而土壤湿度的初值则起到关键的作用, 因为只改变土壤湿度初值就使 2m 温度预报得到很大改善, 接近预报值, 而改变土壤温度作用不大。所以使用 1997 年每月 1 号的土壤参量插值得到的土壤参量作为陆面过程初值, 而不是每日的实际值, 存在误差。尤其是土壤湿度初值通过对地表能量平衡的影响对 2m 温度的影响显著。

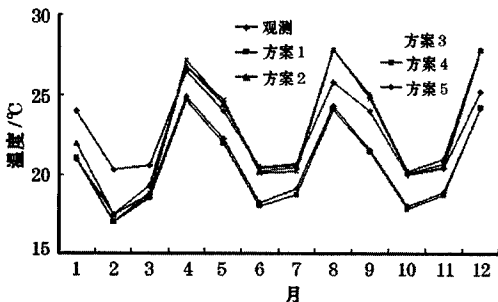


图 5 几个方案全国平均 2m 温度各个预报时效的值以及观测值

2 结 论

无论什么模式都经常会发现存在某些问题, 或某些预报量不准确, 如何根据结果来

进行误差定位找到误差来源需要很多技巧和一定的思路。对于 T213L31 中的 2m 温度偏低的误差来源根据大量的分析, 得到初步结论: (1) 模式地形高度存在较大偏差, 大部分站点的模式地形高于实际地形高度, 尤其是西部地区如青藏高原、新疆等地, 导致模式得到的是站点上空 2m 以上某一高度的温度, 较实际 2m 温度偏低。(2) 使用 1997 年的土壤参数作为陆面过程初值, 而不是每日的实际值, 存在误差, 尤其是土壤湿度初值的不准确对 2m 温度的影响显著。所以针对两种误差来源需要分别制定不同的方案对模式进行改进。

参考文献

- 1 Viterbo, Beljaars, A. C. M., Mahouf, J. -F. et al. The representation of soil moisture freezing and its impact on the stable boundary layer, Q. J. R. Meteorol. Soc., 1999, 125 (26): 2401—2406.
- 2 Mahfouf, J. -F., Analysis of soil moisture from near surface parameters; a feasibility study, J. Appl. Meteor., 1991, 30 (11): 1534—1547.
- 3 Douville, H., Viterbo, P., Mahfouf, J. -F. et al. Evaluation of the optimum interpolation and nudging techniques for soil moisture analysis using FIFE data, Mon. Wea. Rev., 2000, 128 (7): 1733—1756.
- 4 黎惠金, 覃昌柳, 韦江红. 一次全区性较强降水空报的重大预报失误过程分析. 气象, 2005, 31 (1): 33—36.
- 5 Yeh T C, Wetherald R T and Manabe S. The effect of soil moisture on the short-term climate and hydrologic change; A numerical experiment, Mon Wea Rev., 1984, 112 (3): 474—490.
- 6 张晶, 丁一汇. 一个改进的陆面过程模式机器模拟试验研究 第一部分: 陆面过程模式机器“独立 (off-line)”模拟试验和模式性能分析, 气象学报, 1998, 56 (1): 1—19.