

T63 系统中的资料同化

张德新

(国家气象中心, 北京 100081)

提 要

简单描述了国家气象中心八五期间建成的我国第二代中期数值天气预报业务系统(T63 系统)中的四维资料同化部分。该同化方案包括观测资料预处理、最优插值客观分析、非绝热正规模初值化、预报模式以及后处理。

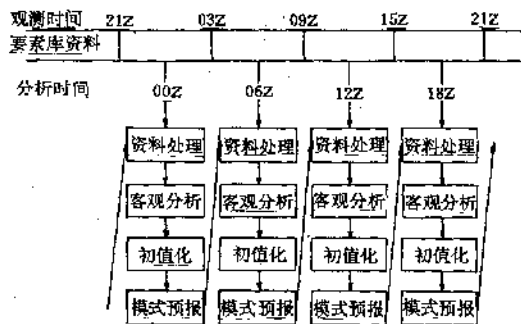
关键词: 资料同化 预处理 客观分析 初值化 模式 后处理

七五期间, 国家气象中心建立了我国第一代中期数值预报系统(T42 系统)。使我国成为世界上少数发布中期数值天气预报的国家之一。T42 数值预报产品在中央台、各省区和地方台站得到了广泛应用, 这对于提高我国天气预报特别是中期预报的质量起了重要作用。但由于当时条件所限, T42 系统存在一些不足: 模式分辨率低、物理过程较粗糙、客观分析和初值化都比较简单, 预报精度受到限制。1994 年 6 月国家气象局建立了我国第二代中期数值天气预报业务系统(T63 系统)。其中包括处理资料、资料同化、初值化、模式预报、后处理、检验、场库、产品和存档等一系列过程。T63 系统比 T42 系统更加庞大、复杂。这里只介绍其中的资料同化部分。

全球四维资料同化作为一个系统, 是 T63 系统的一个主要组成部分。它为制作 7 天中期预报提供初值。它包含有观测资料预处理、客观分析、初值化、预报及后处理等, 数值预报问题是一个初值问题, 为模式提供一个好的初值, 是资料同化系统最重要的功能, 欧洲中期天气预报中心(ECMWF)取得成功的经验表明: 必须对资料同化系统给予足够的重视, 一个好的同化系统, 可以使预报结果得到大的改进。

1 资料同化过程

国家气象中心全球四维资料同化系统使用的是 6 小时周期的间断同化方法。用指定分析时间前后 3 小时内的观测资料对用前一次分析所作的 6 小时预报进行订正。由分析观测场与预报场之间的偏差得到一个增量场, 再把这一增量场加到预报初估场上, 完成分析过程; 然后再进行初值化及 6 小时预报。预报结果作为初估场供下次分析时用。每天分析的 4 个时次分别是 00、06、12 和 18UTC (世界时, 下同)。在 12UTC 时次上启动 7 天预报, 将分析结果进行非绝热初值化, 作为模式预报初值(见附图)。



附图 四维资料同化方案流程图

现分别介绍该系统中的各子系统:

1.1 资料预处理

国家气象中心的通信系统把全球观测资料收集起来,存放在要素库中。这些资料分别是地面/船舶报、无线电探空报、气球测风报、飞机报、卫星测风报、卫星测厚报、浮标报和高空人造站报等。要素库按报类和时间以BUFR码形式存放。预处理过程包括对来报进行初步的质量检查,订正和删除一些错误来报。对观测资料的质量检查包括气候值检查、垂直一致性检查、极值检查和水平一致性检查等,在观测报告上加上质量控制标志。对各种报类进行规格化处理,合并探空报和测风报各部。最后按观测站的经纬度、观测时间和报类型分类排序,形成供客观分析使用的分析观测文件(AOF)。

1.2 客观分析

客观分析采用三维、多变量、与预报场归一偏差的统计插值方法(相对湿度采用单变量分析)。可同时处理不同类型、具有不同观测误差的资料,质量场和风场的分析在10、20、30、50、70、100、150、200、250、300、400、500、700、850、1000hPa 15个气压层上进行。湿度分析只在300hPa以下的厚度层上做,分析变量是相对湿度。分析的过程可简单概括为:初估场由谱系数到网格点的转换;由前一次分析误差估算预报误差;观测资料的加工处理;质量场和风场分析,包括复合观测资料的形成及使用统计内插和分析增量估计方法作进一步的资料检误;相对湿度的分析;分析增量加到模式初估值上;网格点上的分析结果转换成谱系数;地面过程分析等。

与T42系统中的客观分析相比,该方案采用的是盒式分析方法,可处理更多的观测信息,冗余的资料经压缩后形成复合观测资料使用;分析直接在高斯纬圈上进行;采用增量分析方案,分析增量直接加到模式垂直坐标层上;最后的分析结果以谱系数的形式提供给模式;水平相关采用的是贝塞尔函数的级数形式;垂直相关考虑了行星尺度和天气尺度模;采用模拟的流函数和速度势误差,确保高度和风的协方差满足地转关系;使用了地面观测资料中的气压倾向报告等。

1.3 初值化

初值化采用非绝热、5个垂直模的非线性正规模方案。经初值化后的要素场,能与预报模式很好地协调起来。在原始方程模式中,一般允许高频重力波和移速较慢的罗斯贝波存在。但如果将分析结果直接用作模式预报初值,质量场和风场之间的不平衡激发出来的虚假重力波的振幅会比实际大气中观测到的重力波的振幅大得多,这将损害模式结果。这种作用对同化系统影响更大。同化系统周期较短,6小时的预报时效使得模式中的耗散机制无法及时制止高频振荡的损害。而这种高频振荡场作为分析初值使用会造成一些质量很好的观测资料由于与初估场偏差太大而被剔除掉。初值化的过程是:将总的模式倾向分解为正规模倾向,把重力波分解出来,将其倾向置为零。要修正的重力波在前5个垂直模中。经初值化后,得到一个动力平衡的系统,物理场如散度和垂直速度是平滑的和有气象意义的,初值化中的非绝热加热项由预报模式积分计算得到,所用模式的动力框架和物理过程与制作6小时预报模式的相同。

1.4 预报模式

国家气象中心资料同化系统中所用的预报模式与制作7天中期预报所用的模式是一样的,为16层原始方程谱模式,水平方向的波数为63,三角截断,网格为 192×96 的高斯格点(南北格距近似为 1.875°);垂直坐标为混合坐标,低层接近 σ 坐标,高层接近 p 坐标;简称T63L16或T63模式。时间积分方案采用蛙跃式、半隐式格式,积分时间步长为15分钟,水平扩散采用四阶线性表示,下边界采用谱展包络地形,其地形高度大于通常意义的模式地形,以便更精确地表示次网格尺度地形阻尼作用。下面是模式中几种物理过程参数化的处理方法:边界涡动通常取决于局地粗糙度长度和稳定度;自由大气的湍流通量取决于混合长度和理查逊数;郭晓岚对流参数化方案;辐射与模式生成云之间的相互作用,反射率取决于模式的积雪覆盖;网格块饱和时的大尺度凝结,降水的蒸发;考虑有日变化的土壤温度(三个厚层的土壤);计算土壤湿度和积雪覆盖;固定分析海面温度。

模式预报所用的初值是分析结果经初值化处理后输入的。由于预报模式的更新,使得提供给分析的初值场更接近实况,相互促进的结果,进一步提高了资料同化的质量。

同化系统中还包含了后处理,用于处理分析和初值化的结果。后处理可提供地面及标准等压面规则经纬网格点上的要素值。

2 统计检验结果

T63 系统于 1994 年 6 月在 YH-I 巨型计算机上实现准业务化并对外发布产品。作为 T63 系统的重要组成部分,全球四维资料同化系统为 T63 预报模式提供了初值,同时也提供分析场供天气分析和研究使用。每天四次同化可提供四个时次的分析场和 6 小时预报场,其中 12UTC 时次的分析场经过初值化后提供给 T63 预报模式制作 7 天预报。自从准业务化以来,同化系统一直稳定运行。CRAY C92 巨型计算机上的同化系统也已建成运行。附表是 1994 年 9 月北半球 500hPa 高度预报的统计检验结果与 T42 系统的对比。从附表看,T63 系统预报误差要比 T42 系统预报误差小。依据相关系数指标,T63 系

附表 北半球 500hPa 位势高度预报统计检验

时效/h	平均误差		均方根误差		距平相关		倾向相关	
	T42	T63	T42	T63	T42	T63	T42	T63
24	-4.6	-1.3	22.6	16.5	0.897	0.950	0.824	0.880
48	-6.5	-1.0	36.0	28.0	0.790	0.880	0.812	0.875
72	-7.8	-1.0	49.5	38.9	0.677	0.798	0.755	0.845
96	-8.7	0.3	63.3	50.8	0.533	0.693	0.676	0.790
120	-8.4	2.0	75.8	52.6	0.413	0.573	0.621	0.728
144		2.6		73.1		0.439		0.649
168		3.6		82.3		0.327		0.587

(1994 年 9 月月平均,误差单位: gpm)

统的可用预报时效要比 T42 系统延长 1 天。这是整个系统改进的结果,资料同化系统起了重要作用。

3 结 语

T63 系统中的资料同化,在分析、初值化、预报等方面与 T42 相比,都有了显著的改进。分析是资料同化部分的核心,观测资料由此进入同化系统。由于 T63 系统中的客观分析采用了更完善的方案,得到的分析场精确地描述了大气、大气边界层、边界层相互作用等可能的状态,为预报模式提供了好的初值,提高了预报精度。

随着计算条件的改进和研究工作的深入,我国的中期数值预报系统还会不断发展。今后的四维资料同化要采用更先进的同化技术,在更好地利用卫星和其它非常规资料、在热带和高原分析等方面作更细致的考虑,更好地为模式提供初始条件,达到提高预报精度和延长预报时效的目的。

参考文献

- 1 李泽梅. 中期数值天气预报业务系统. 第六次全国数值天气预报会议论文摘要汇编, 16-28, 中国气象学会数值天气预报委员会, 1994, 10.
- 2 张德新, 陈卫红, 屠伟铭. 高分辨率全球客观分析方案及试验结果. 第六次全国数值天气预报会议论文摘要汇编, 153-154, 中国气象学会数值天气预报委员会, 1994, 10.
- 3 屠伟铭. 四维资料同化业务系统. 气象, 1992, 18(7), 46-50.
- 4 ECMWF. ECMWF data assimilation scientific documentation. Research Manual 1. ECMWF, Reading, 1988.

Data Assimilation in NWP T63

Zhang Dexin

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

Part of the four-dimensional data assimilation in the second generation medium range NWP operational system (NWP T63) in the National Meteorological Center of China is introduced. The preprocessing of observation report, objective analysis with OI method, diabatic normal mode initialization, forecast model, and post-processing are included in the assimilation scheme.

Key Words: NWP data assimilation preprocessing objective analysis initialization model post-processing