

# 国家气象中心 T63 四维资料同化试验\*

屠伟铭 谢邵成 陈卫红\*\*

(国家气象中心,北京 100081)

## 提 要

文章简单地介绍了国家气象中心 T63 四维资料同化系统试验方案及试验的初步结果. 试验结果表明,该系统计算稳定,是一个较好的同化方案;T63L16 中期数值天气预报谱模式利用它提供的初始条件制作了 7 天全球预报,预报结果优于 T42L9 业务系统.

**关键词:**资料同化;试验方案;试验结果.

## 1 前 言

国家气象中心于 1991 年 9 月 12 日建成了以 6 小时为周期的全球四维资料同化业务系统(以下简称 T42 同化系统). 该系统计算稳定,并为 T42L9 中期数值天气预报谱模式提供初始条件. 由于国家气象中心采用的高分辨率绝热模式框架和精细的物理过程(T63L16)已于 1991 年底开发成功,1992 年初又相继调通了与该模式相配套的初值化和后处理方案,因此迫切需要开发新一代的全球四维资料同化系统(以下简称 T63 同化系统),为 T63L16 中期数值天气预报谱模式提供更好的初始条件,制作 7 天全球预报. 经过努力,T63 同化系统终于在 Cyber-992 计算机上运行成功,至今计算稳定. T63L16 和 T42L9 中期数值天气预报谱模式利用 T63 同化系统提供的初始条件进行了 7 天预报的个例试验,都取得了较好的结果. 从而,为今后在银河-Ⅰ巨型计算机上建立 T63 同化系统和 T63L16 中期数值天气预报业务系统作好准备.

## 2 T63 同化系统介绍

### 2.1 T63 同化系统简介

T63 四维资料同化试验系统包括资料处理、客观分析、初值化、T63 模式预报和后处理等主要部分,以及为它服务的支持系统,包括要素库、场库、资料存档、统计检验、图形输

\* 本项工作由 85-906-03-01 专题资助.

\*\* 参加工作的还有杨学胜、张绍晴、张建春、石曙卫、沈元芳、徐伯威、陶士伟、丁小良.

1993-05-20 收到,1993-10-08 收到再改稿.

出和业务监控等部分.现采用6小时为周期的不连续的同化方案,即每6小时的模式预报结果作为下一次分析使用的初估场,而分析又为模式提供初始条件,每天4次不断运行,12Z(世界时,下同)的同化结果作为中期谱预报模式的初始条件,制作7天中期数值天气预报.表1列出了每天4次同化中每次所用CPU时间(在Cyber-992计算机上),总共每天需3小时12分30秒左右.

表1 4次同化每次所用CPU时间

Table 1 CPU time	
同化时间	CPU时间
00Z	3210s
06Z	2550s
12Z	3250s
18Z	2540s

T63同化系统是在T42同化系统读取了气象要素库和进行垂直订正质量控制之后,提取15层标准等压面(1000hPa~10hPa)上观测资料,然后进行与T42同化系统类似的资料预处理的过程<sup>[1,2]</sup>.因此,这两个同化系统的资料截断时间相同,都是每天在00、06、12和18Z的前后3小时内收集资料.它们分别是高空的压、温、湿和风的报告(TEMP),高空风报告(PILOT),地面/船舶天气观测报告(SYNOP/SHIP),浮标观测报告(DRIBU),卫星的压、温、湿探测报告(SATEM),卫星的测风、地面温度、云、湿度和辐射报告(SATOB),飞机报告(AIREP)以及人造站报告(PAOB)等.这两个同化系统获得的观测报告的种类和数量是相同的.

## 2.2 T63与T42同化系统比较

T63同化系统与T42同化系统相比,除了模式分辨率提高以外,还有以下几个方面的显著改进:

(1)预报模式<sup>[3]</sup>垂直坐标采用了不等距的混合坐标,低层大气分层密,从而,更好地描述了大气低层状态.

(2)预报模式具有多任务并行计算的功能,若有合适的计算机环境,将会大大提高计算效率.初值化和后处理方案也具有多任务并行计算功能.

(3)物理过程参数化<sup>[4]</sup>是目前国内最完善最先进的方案.增加了重力波拖曳、积云浅对流等物理过程.并对辐射、地面计算等过程考虑得更加全面,如地面温度、湿度的计算采用了三层模式,充分考虑了蒸发、降水、径流以及深层土壤温、湿度等因素的影响.

(4)采用了包络地形.

(5)初值化方案采用非绝热正规初值化,减少了绝热初值化对散度环流的减弱.此外,从初值化中扣除日潮和半日潮的影响,保留了分析的大尺度热带散度环流.

(6)全球资料客观分析方案<sup>[5]</sup>增加了对30、20、10hPa三层标准等压面上高度和 $u$ 、 $v$ 风分量的分析.对于三角截断T63,全球高斯纬圈数为96,在赤道附近高斯纬圈上分析格点数为192.

(7)模式后处理采用了精度更高的张力样条插值方案.

## 2.3 T63同化系统的稳定性

T63同化系统在Cyber-992计算机上运行,至今计算稳定.1992年9月25日起采用分析增量方案(替代全量),由气压面垂直插值到模式混合坐标上供模式使用.由于减小了

垂直插值误差,并使散度的垂直结构更合理,从而积分计算更稳定.本文采用了预报变量中最敏感的物理量辐散和能较好地表示计算稳定的平均动能来探讨系统的稳定性.

图 1 给出了 1992 年 10 月 10 日 12Z 两个同化系统初值(00)、经过两次初值化迭代(01,02)和 6 小时模式预报的每一步(T42 为 12 步,T63 为 16 步)的全球平均动能( $E_k$ )和全球平均散度均方根(RMS).由图可见 T63 同化系统与 T42 同化系统一样,每一步计算都很平稳,没有大的变化.初值化的两次迭代对模式的散度有抑制作用.

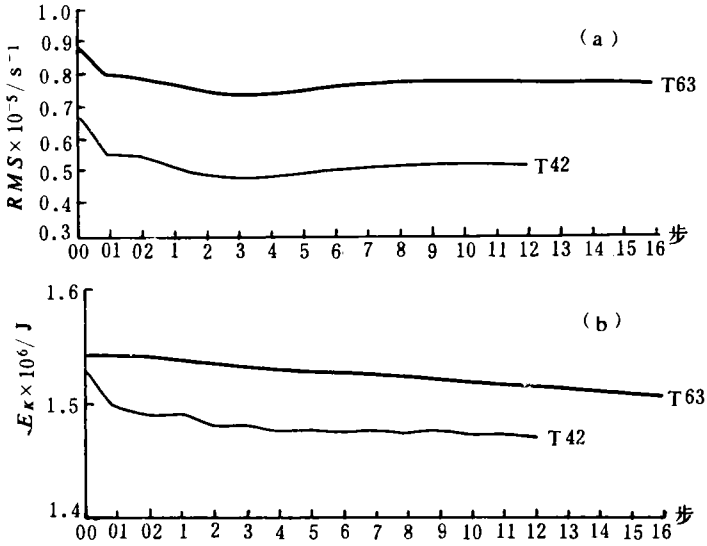


图 1 (a)全球平均散度均方根( $10^{-5}s^{-1}$ ) (b)平均动能  $10^6J$  随时间变化的曲线

Fig. 1 (a)RMS of global mean divergence (b)global mean kinetic energy varied with time

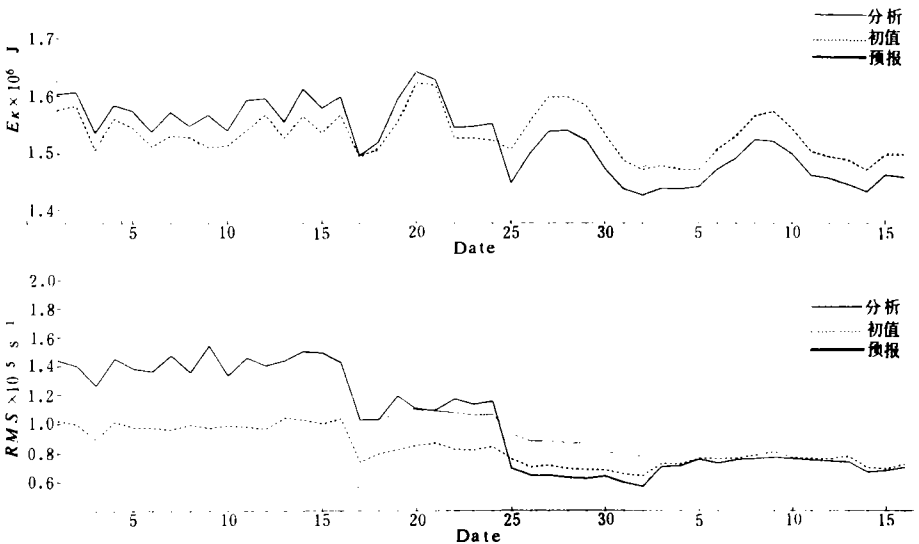


图 2 1992 年 9 月 1 日至 10 月 16 日 12 时(a)全球平均动能( $10^6J$ ) (b)全球平均散度均方根( $10^{-5}s^{-1}$ )

Fig. 2 (a)global mean kinetic energy ( $10^6J$ ) (b)RMS of global mean divergence

( $10^{-5}s^{-1}$ ) for 12Z from 1 September to 16 October, 1992.

图2给出了1992年9月1日至10月16日每日12Z全球平均动能和全球平均散度均方根.由图可见,9月25日采用增量垂直插值<sup>[6]</sup>后,初值化对分析的修正以及初值化后模式的6小时预报相对于初值化的变化都比全量垂直插值小.另外,分析、初值化和6小时预报三者的平均动能之间的差异,变化也不大.一般来讲,在资料同化过程中,初值化对分析资料修正较小,模式积分平稳且无大振幅的振荡,这些都表示了同化系统的稳定性.

### 3 试验结果分析

图3给出了T63与T42同化系统对比试验的流程.正如前面所述,这两个同化系统的资料截断时间相同,从气象要素库提取的资料类型和数量也相同.由图可见,T42L9业务模式和T63L16预报模式利用T63同化系统提供的同一初始条件,分别制作了7天预报,并与T42L9业务模式利用T42业务同化系统提供的同期初始条件制作的5天预报进行比较.从1992年11月13日起至12月25日止总共进行了10个个例试验.

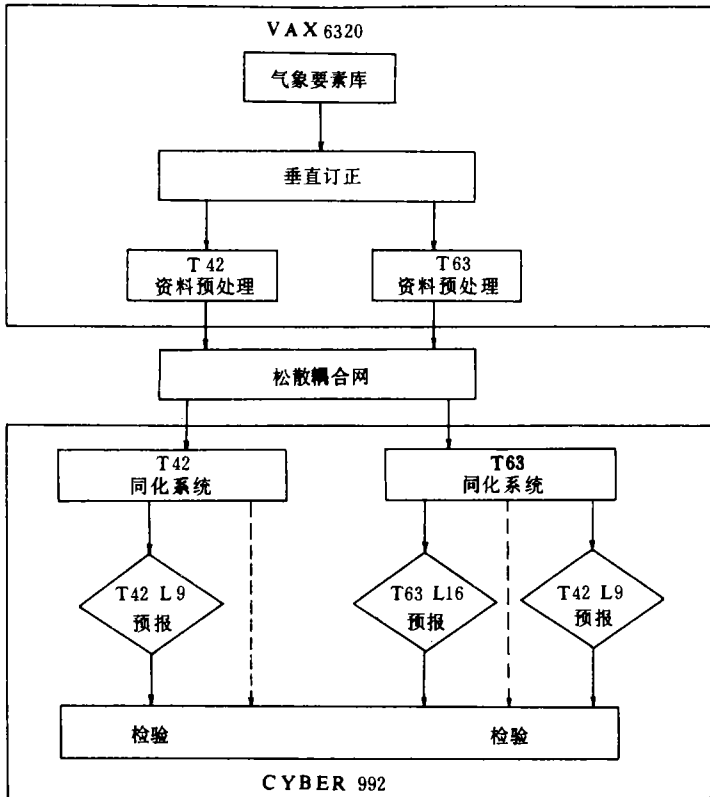


图3 T63同化系统与T42同化系统对比试验流程

Fig. 3 Flow diagram of assimilation experiments for comparison T63 with T42

#### 3.1 天气学方法

图4表示利用1992年11月27日12Z初始条件分别制作的3个第5天500hPa高度

预报(图 4a、b、c)和相应的 T63 同化系统提供的 1992 年 12 月 2 日 12Z 500hPa 高度实况图(图 4d). 由图可见, T42L9 业务模式利用 T42 业务同化系统制作的第 5 天预报(图 4a), 在我国江南和华南地区为副热带高压控制区, 在广东沿海的高压中心为 5919gpm; 西侧的伊朗高压也较强, 高压中心为 5896gpm; 孟加拉湾南支低槽北缩, 造成南北两支西风气流分支不明显, 与实况比较差别较大. 由 T42L9 业务模式利用 T63 同化系统制作的第 5 天预报图(图 4b)可见, 我国华南地区为副热带高压控制, 广东沿海的高压中心为 5901gpm; 西侧的伊朗高压仍较强, 高压中心为 5900gpm; 孟加拉湾的南支低槽较深, 南北两支西风气流分支明显, 与实况比较差别缩小. T63L16 预报模式利用 T63 同化系统制作的第 5 天预报图上(图 4c), 副热带高压弱, 广东沿海的高压中心为 5857gpm; 西侧的伊朗高压减弱, 高压中心为 5866gpm; 孟加拉湾南支低槽加深, 南北两支西风气流分支非常明显, 与实况接近, 但副热带高压的预报偏弱.

### 3.2 统计检验方法

我们对 T42 业务预报模式分别利用 T63 和 T42 同化系统提供的初始条件制作了预报并进行统计检验. 表 2 是这次试验的 10 个个例的平均, 列出了它们的倾向相关、距平相关、平均误差、均方根误差和技巧评分. 由表可见, 第 4 天和第 5 天的 500hPa 高度预报的距平相关, T63 同化系统略好于 T42 同化系统. 但应注意的是 T63 同化系统提供给 T42 业务预报模式使用的初始条件有两个不利因素将影响统计检验, 即: (1) 由 T63 同化系统

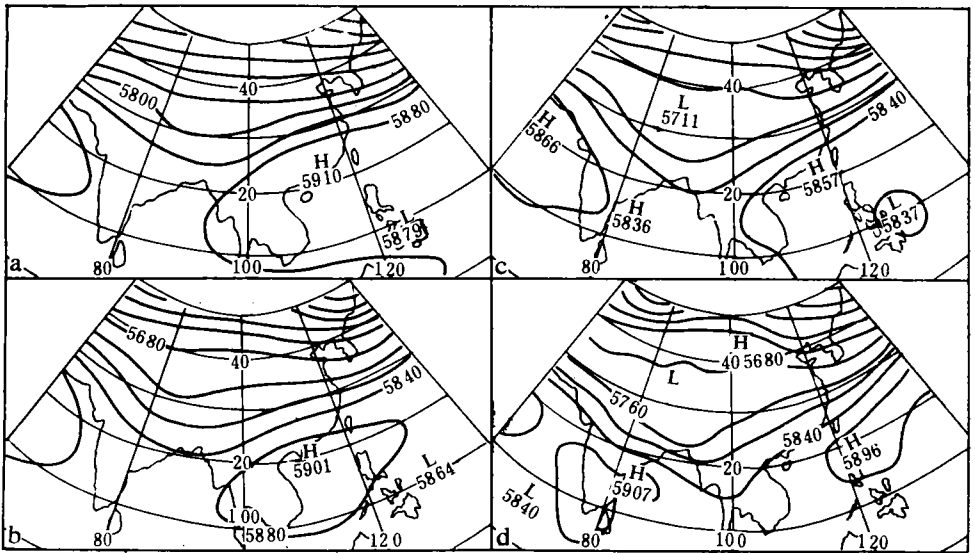


图 4 利用 1992 年 11 月 27 日 12Z 初始条件制作第 5 天 500hPa 高度预报 (a)用 T42L9 模式 T42 同化系统 (b)T42L9 模式 T63 同化系统 (c)T63L16 模式 T63 同化系统 (d)由 T63 同化系统提供的 1992 年 12 月 2 日 12Z 500hPa 实况

Fig. 4 Comparison between three 5-day forecasts and analysis of 500 hPa (a)T42L9 model, T42 assimilation (b) T42L9 model, T63 assimilation (c) T63L16 model, T63 assimilation (d)the analysis provided by T63 assimilation at 12Z 2 December 1992

提供的  $1.875^{\circ} \times 1.875^{\circ}$  等经纬度初始条件水平插值到 T42 业务预报模式格点上,从而增加了插值误差;(2)在垂直方向上,T63 同化系统以分析全量形式插值到 T42 业务预报模式的  $\sigma$  面上,由以前的工作可知<sup>[7]</sup>,采用增量插值比全量插值的距平相关可增加 0.05 左右,约延长可用预报时效半天.由表 3 可见,T63 同化系统与配套的 T63L16 中期天气预报谱模式一起构成的 T63 中期天气预报系统的预报效果优于 T42 业务预报系统,T63 可用预报延长近 1 天半,接近 6 天.

表 2 T42 接 T63 同化所作 5 天预报与 T42 业务的 500hPa 位势高度检验结果比较

Table 2 The verifications of 5-day forecast for 500hPa

	倾向相关		距平相关		平均误差(gpm)		均方根误差(gpm)		技巧评分	
	T42B	T42	T42B	T42	T42B	T42	T42B	T42	T42B	T42
24 小时	0.879	0.900	0.942	0.950	-1.9	0.5	25.2	24.0	31.5	28.6
48 小时	0.871	0.884	0.864	0.880	3.7	6.3	39.9	39.8	40.7	38.0
72 小时	0.841	0.851	0.769	0.776	7.8	11.0	53.3	54.9	47.5	45.7
96 小时	0.805	0.805	0.670	0.662	10.5	14.4	66.3	68.5	52.5	51.6
120 小时	0.747	0.746	0.556	0.554	12.7	17.4	79.3	81.4	57.2	57.1

表中 T42B 指 T42 模式接 T63 同化并行试验的检验结果,T42 指业务输出检验结果.

表 3 T63 7 天预报与 T42 业务的 500hPa 位势高度检验结果比较

Table 3 The verifications of 7-day forecast for 500hPa

	倾向相关		距平相关		平均误差(gpm)		均方根误差(gpm)		技巧评分	
	T63	T42	T63	T42	T63	T42	T63	T42	T63	T42
24 小时	0.898	0.900	0.951	0.950	-5.4	0.5	22.9	24.0	29.3	28.6
48 小时	0.887	0.884	0.886	0.880	-2.2	6.3	37.8	39.8	39.1	38.0
72 小时	0.865	0.851	0.815	0.776	0.3	11.0	50.5	54.9	46.0	45.7
96 小时	0.832	0.805	0.734	0.662	1.7	14.4	61.1	68.5	51.3	51.6
120 小时	0.804	0.746	0.668	0.554	2.3	17.4	69.6	81.4	55.2	57.1
144 小时	0.733		0.572		3.9		82.1		60.5	
168 小时	0.663		0.444		4.3		95.2		66.0	

## 4 结 语

T63 四维资料同化系统开始试验至今,计算稳定,可以认为它是一个较好的系统.该系统为 T63L16 中期数值天气预报谱模式提供的初始条件所制作的 7 天全球预报效果较好.如果利用新的资料源、进行海面温度和雪深的分析,以及客观分析直接在模式的坐标面上和水平格点上,则都将有利于同化系统质量的提高,有利于中期数值天气预报时效的延长.

另外,四维资料同化的主要目的是为数值天气预报模式提供一个好的初始条件,即此

系统使用了所有合适的各类观测资料和 6 小时预报值,给出数值形式的全球分析场.为使分析尽可能的精确,就必须以下述的两种方式从现有的观测资料中补充信息:(1)从该分析的時刻以前的观测资料中提取信息;(2)应用大气运动的可能结构及尺度方面的知识,以及大气中经常观测到的各种不同的要素场(质量、风、湿度)之间相互平衡的知识.上述两种方式均借助于大气模式来实现,所以国际上各气象中心的业务资料同化方案中都使用最新、最好的模式,这是我们今后工作中应注意的方面.

### 参 考 文 献

- 1 屠伟铭,陶士伟.全球气象资料处理和质量控制方案的实施.《中期数值天气预报研究成果汇编》(一).北京:气象出版社,1990.38~45.
- 2 陶士伟,陈卫红,屠伟铭,郭小刚.中期数值天气预报系统中观测资料的质量控制.《中期数值天气预报研究成果汇编》(三).北京:气象出版社,1991.277~292.
- 3 国家气象中心编译.欧洲中期天气预报中心预报模式研究手册(二)绝热部分.北京:气象出版社,1991.54~221.
- 4 国家气象中心编译.欧洲中期天气预报中心预报模式研究手册(三)物理过程的参数化部分.北京:气象出版社,1991.222~313.
- 5 屠伟铭,张跃堂.全球气象资料四维同化客观分析系统.同(1),24~37.
- 6 沈元芳,丁小良,谢邵成.T63 资料同化中分析增量垂直插值方案及其试验.应用气象学报,1994,5(4):489~495.
- 7 沈元芳,屠伟铭,张德新.分析增量垂直插值方案及其对同化和预报的影响.同(2).188~200.

## THE T63 FOUR-DIMENSIONAL DATA ASSIMILATION EXPERIMENTS IN NATIONAL METEOROLOGICAL CENTER(NMC)

Tu Weiming Xie Shaocheng Chen Weihong  
(National Meteorological Center, Beijing 100081)

### Abstract

This paper describes an experimental scheme of the four-dimensional data assimilation system in NMC and its experimental results. The results indicate that this assimilation scheme is stable on computation. Using the initial condition provided by the scheme, the 7-day global forecasts were produced by T63L16 medium-range numerical weather prediction spectral model. Comparison of T63L16 prediction system with T42L9 operational one shows that T63 is better than T42.

**Key words:** Data assimilation; Experimental scheme; Experimental results.