

第一讲 序论: T_{42} 中期 数值天气预报业务系统

李泽椿 裘国庆

(国家气象中心)

编者按: 我国的 T_{42} 中期数值天气预报系统已于1991年6月正式投入业务使用。为使广大气象技术人员及时了解该系统数值预报产品的性能,以便在实际预报中更好地使用该产品,我们特请国家气象中心有关专家撰写了本讲座。供气象、海洋、水文、军事等部门的气象预报人员学习、参考。

一、引言

作为国家“七·五”期间大中型项目“中期数值天气预报业务系统”和国家科技攻关75-09-01课题的成果,建立在Cyber-VAX计算机上的一个低分辨率的中期数值预报业务系统—— T_{42} 系统,已于1991年6月15日正式投入业务使用。大量的全球客观分析和5天预报产品,通过格点报的形式向全国各气象台实时发送,使我国进入了世界上制作中期数值天气预报少数几个国家的行列(继后,建立在银河II-Cyber992和962-VAX 6320以及LCN网络上的较高分辨的 T_{63} 中期数值预报业务系统也将投入业务使用)。中期数值预报业务系统的建立和使用,将对我国中短期天期预报产生重要影响。不仅能提高中短期天期预报的水平,而且对天气预报的现代化建设和改革起明显的促进作用。

二、中期数值天气预报的特点

1. 高分辨率预报模式

要延长数值预报的时效,首先要求预报模式能稳定地积分更长的时间。而且是在分辨率更高、物理过程更复杂的情况下,又希望在有限的计算机资源的条件下制作更精确、时效更长的预报。这对模式稳定积分带

来了很大的困难。由于现代数值预报理论和技术的发展,特别是计算方法的进展,这个技术难点并没有成为中期数值预报发展过程中的最大障碍。我们知道,预报模式中的预报误差随时间而迅速增长,当预报误差增长到将有用的预报信息掩盖起来时,预报员就无法从数值预报产品中获得有用的预报信息。数值预报结果也就失去了使用价值。因此减少模式的预报误差,才能增加数值预报的有用预报天数,即将短期数值天气预报发展成为中期数值天气预报。

模式积分过程中的计算误差目前是预报误差中的最主要部分,它随着积分时间呈线性增长。因此减少计算误差,是制作中期数值天气预报的关键。大量研究表明,提高模式积分计算的分辨率特别是水平分辨率,是减少计算误差,从而减少模式积分误差的最有效途径。由于垂直分辨率与水平分辨率要保持一定的协调关系,因此在提高水平分辨率时,也应适当提高垂直分辨率。根据我们计算机资源的情况,采用了 T_{42} 方案,它的水平分辨率不到300km (T_{63} 约200km),垂直分辨率为9层 (T_{63} 为16层),比短期数值天气预报业务系统(B模式)的381km和5层有明显的提高。另外, T_{42} 系统还采用了先进的谱模式,明显的减少了槽脊移动

的计算误差。

2. 四维同化提高初值精度

初值误差是预报误差的另一个重要原因。研究表明,初值误差不仅是24小时内预报误差的主要因子,而且因为它随积分时间近似呈指数增长,因此初值引起的误差,在3天以后的预报误差中占有相当大的比例。故提高初值精度是提高数值预报有用预报天数的重要途径。另外,由于积分范围扩大到全球,在占地球面积为2/3以上的海洋和高原等地人烟稀少地区,缺少观测精度较高的探空资料,因此,这些地区的初始场分析存在较大的误差。利用先进的资料同化技术可以充分利用卫星、飞机等非常规资料,从而提高全球客观分析的质量。故在中期数值预报业务系统中建立了一个全球资料同化子系统,为预报模式提供高质量和风压场协调的初值。另外,还采用了正规化初值化技术,使客观分析的结果与预报模式相协调。

3. 更细致地考虑大气的加热和能量消耗过程

要制作中期天气预报,大气中的加热和能量消耗显得十分重要。在数值预报中,大气的加热和消耗中的很大一部分,在模式的预报方程中没有得到精确的描述,而是通过参数化的方式来实现的。另外,数值预报中在处理较为困难的地形问题时,也有一部分可以通过“重力波拖曳”参数化方式来表达。研究表明,物理过程参数化对减小预报误差有较大的贡献。因此,采用更符合实际情况的描述和更精细的物理过程参数化方案,特别是造成潜热释放的对流参数化,作为大气中重要的水汽和热量源的大气边界层过程,对水汽、能量分布有很大影响的大气中扩散过程以及辐射过程等,将有助于提高中期数值预报水平。 T_{42} 系统中考虑的物理过程比短期数值预报系统有很大的提高,它包括大尺度凝结、干绝热调整、湿对流调整、热量、动量和湿度的垂直扩散,辐射过

程和较简单的地面过程,对湿度、涡度、散度和水汽方程中的水平扩散用线性四次扩散公式计算等。

4. 预报积分范围扩大到全球

作为中期数值预报的另一个特点,是预报模式的积分范围大,一般是在全球范围。这是因为预报时效越长,所要考虑的环流天气系统范围越大。在美洲的天气系统,6—8天可以影响到我国,热带地区的环流变化也会在数天后影响到中高纬度。另外,采用全球积分范围可以避免侧边界的影响,而对于有限区预报模式而言,侧边界的影响随积分时间的增加而向内传播得越远,它所引起的误差会明显地降低预报精度。

三、 T_{42} 中期数值预报业务系统及其性能

T_{42} 数值预报业务系统是一个比较完整的现代化数值预报业务系统。除了预报模式和气象资料四维同化两个核心子系统外,还有要素库、场库、后处理、检验、存档、图形和格点产品的形成、作业定时自动化运行等8个子系统。业务系统采用了很多先进技术如谱模式、最优插植法、正规化初值化、资料库、BUFR与GRIB码、激光图形输出和WMO标准化检验等。 T_{42} 系统的产品分发也有很大改进。格点报已成为产品的主要形式,用户可以自行指定产品目录,产品数量已上升到千余份。现代化的数值预报业务系统,保证了系统的稳定运行和产品方便、及时地被预报员使用。

该系统每天以国内通讯线路和GTS上接收的天气报告(地面、船舶、探空和测风报告,飞机报告,卫星测风,卫星高空温度、湿度、气压报告,浮标站和高空人造站报告等)共约30,000多份,然后经过极值检查、垂直一致性和水平一致性检查,大约剔除了3—4%观测记录,最后约有68000个观测记录用于12层高度、风和6层相对湿度分析。在

全球范围内, 每个等压面的高度分析所使用的观测记录达1000个以上; 风的分析, 其 u 、 v 分量在对流层各为700个左右, 在平流层为500个左右; 湿度分析所用的观测资料每层是500多个。用探空观测资料作检验, $T_{4,2}$ 同化结果的高度场误差接近欧洲中期预报中心的分析结果, 而风场在850、500和250hPa的误差分别为4、5、6 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 大约比欧洲中期预报中心的分析大1 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右。 $T_{4,2}$ 系统的预报效果比B模式有明显的提高, 其500hPa第5天预报的倾向相关系数1990—1991两年平均值0.66, 表明已经可以提供给预报员使用。实际应用表明, 该系统的分析结果有较好的质量, 预报模式能较好地预报出西风带环流形势调整, 对阻塞高压和切断低压有较强的预报能力, 在槽脊移速预报上, 位相预报误差比B模式有明显的减少。可用预报已达到4天。但与日本、英国和加拿大的模式相比, 尚有一定差距(见图1、2)。另

外, 模式预报存在明显的负误差, 对副热带高压的预报水平还较差。由于模式的垂直层次较少, 特别是近地层的分辨率低, 物理过程考虑得不够精细, 因此天气要素预报精度不够, 有待于今后改进和提高。目前一个更高分辨率的预报模式 $T_{6,3}L_{1,6}$ 正在调试, 即将投入业务使用。

为了广大预报员及时了解我国数值产品的性能, 促进数值预报产品应用技术的发展 and 及时发现数值模式存在的缺点, 不断改进资料同化系统和预报模式, 国家气象中心从1992年2月起每月发布数值天气预报产品评价公报, 对上个月的数值预报产品进行检查、分析。

$T_{4,2}$ 中期数值预报系统的逐日全球12层分析和预报结果以GRIB码的格式贮存在磁带中。资料起始日为1990年元旦。至今已有2年多的资料, 基本能满足制作MOS预报和专家系统的样本资料的要求。

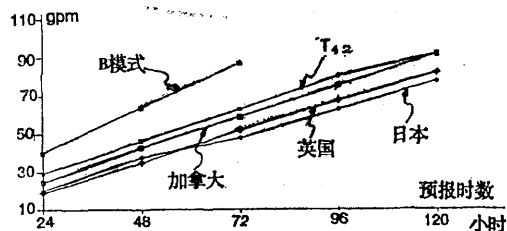


图1 1991年1月北半球500hPa高度均方根误差(用客观分式作检验)

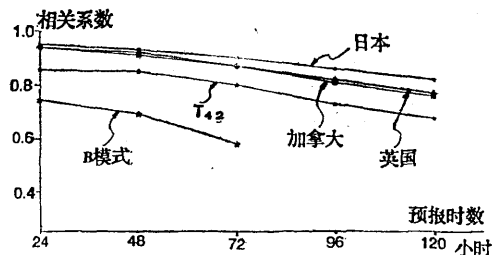


图2 1991年1月北半球500hPa高度倾向相关系数(用客观分析作检验)