

# 国家气象中心数值预报业务的进展

裘国庆

(国家气象中心,北京 100081)

## 提 要

在最近的 15 年中,国家气象中心的数值预报业务高速度发展。预报模式从北半球模式发展为全球谱模式,并配套建立了资料同化系统和用于降水预报的有限区预报模式,暴雨和台风预报模式正在研制中。目前数值预报时效已延至 7 天, $T_{63}$ 96 小时的预报水平已优于 5 年前 48 小时数值预报结果。数值预报产品的应用技术在不断改进,最高(低)气温两天 MOS 预报精度已接近预报员制作的综合预报结果。

**关键词:** 数值预报模式 资料同化 业务系统 产品应用

## 1 概况

国家气象中心数值预报业务始于 1979 年 11 月,从那时以来到现在 15 年间从未间断每天运行数值预报业务,制作数值预报各种产品,提供给预报员使用。国家气象中心、大气物理研究所和北京大学地球物理系联合组成的数值预报室用三层原始方程模式(A 模式),作为第一个业务预报模式。以此进行试验,以便取得数值预报业务建设和运行的经验。在 A 模式业务运行的 2 年时间内,联合数值预报室积极研制下一代数值预报业务系统(B 系统)。它不仅采用了许多数值预报领域的最新研究成果,大大提高了预报精度,基本达到了业务可用的水平,而且已采用了大小模式配套以丰富的数值预报产品来满足预报业务的需要。

在业务系统上除了预处理、分析、模式、后处理外,还配有图形输出、存档、检验、格点报生成等业务系统所要求的一整套的功能,基本形成了完整的业务系统。而且在作业运行上也实现了自动化运行,满足了业务运行的要求。B 系统于 1982 年初投入业务运行后,一方面建立了会商制度,不断地总结提

高,对业务系统进行改进;另一方面通过编写技术文献、讲义,开办学习班,经验交流会等多种形式,大力推广数值天气预报产品的应用。B 模式的建立和业务应用,促进了我国天气学预报方法向以数值预报为基础,天气学、统计学等多种预报方法综合应用技术的转变,为天气预报向客观化、定量化发展和天气预报水平的提高作出了重要贡献,因而成为我国天气预报发展中一个重要的里程碑。B 系统的成功为气象界赢得国家科技进步一等奖。

在 B 系统投入业务的同时,我国气象界的有识之士就把目标对准了世界上 80 年代刚发展起来的中期数值预报。通过七五重点攻关项目 75-09-01 和国家七五建设项目国家气象中心扩建工程——中期数值天气预报,终于在国家气象中心建立了中期数值预报业务,成为全世界能制作中期数值预报业务的 10 个国家之一。它不仅延长了预报时效,提高了预报精度,而且在业务系统的现代化,产品的分发和应用,业务系统的运行、管理上以及数值预报在天气预报中的地位和作用,都上了一个新的台阶。最近,经过八五国家科技攻关项目,我国台风和暴雨的数值预

报也已初步研制成功,即将投入业务试用。因此,这15年来我国数值预报业务不仅经历一个从无到有的过程,而且得到了高速度的发展,一跃而进入了世界上数值预报业务先进国家的行列。

图1给出了国家气象中心数值预报业务评分的演变。国际上通常采用北半球500hPa均方根误差来代表一个国家全球(半球)预报水平。因此图1中给出了48小时和96小时(分别代表短期和中期数值预报)北半球(20°N以北)500hPa季度平均的均方根预报误差。由于B模式建立评分子系统较晚,因此评分曲线始于1982年第一季度。从曲线中可以看出业务数值预报水平的提高是明显的。48小时的均方根误差从1982年64.1gpm下降到1993年的38.0gpm,减少了40%。48小时预报误差有三次明显减少,第一次发生在1984年B模式有重大改进,第二次在1989年9月T<sub>42</sub>全球模式投入业务。最近一次是1994年6月银河II上的T<sub>63</sub>系统正式业务运行。同样,96小时预报误差在T<sub>63</sub>开始运行的1994年第三季度,即曲线上的最后一个点也有明显下降。特别要指出的是1994年第三季度500hPa均方根预报误差为40.3gpm,已优于1989年第三季度B模式48小时预报误差43.2gpm的水平。预报时效也有明显提高,从B模式的3天,增加到T<sub>42</sub>的5天,而T<sub>63</sub>发布7天预报。作为数值预报应

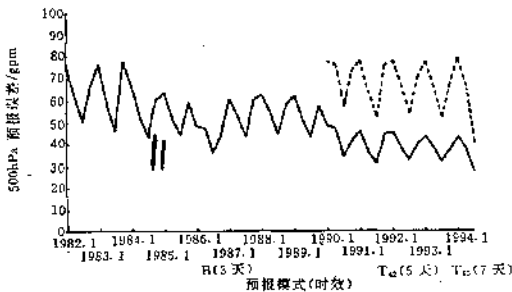


图1 国家气象中心北半球500hPa业务数值预报误差  
实线:48h 虚线:96h

用之一的MOS预报情况,图2给出了国家气象中心基于B模式的短期最高、最低气温多年评分结果。全国264站平均冬半年(10月—3月)最低气温24小时平均误差为2.1℃,48小时平均误差为2.5℃;而夏半年(4—9月)最高气温24小时平均误差为2.0℃,48小时平均误差为2.45℃。可见国家气象中心发布的MOS指导预报精度已与预报员制作的气温综合预报结果的误差水平大致相当。

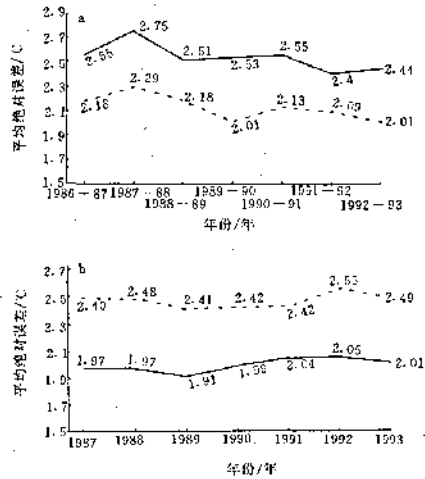


图2 全国264站气温MOS预报误差  
a. 冬半年(10月—3月)最低气温  
b. 夏半年(4—9月)最高气温

## 2 预报模式

我国数值预报模式的研究在国际上具有较高的水平,因此在业务预报模式的选择上很大程度决定于计算机的能力。因为作为业务模式,必须在限定时间内(一般在2—3小时)作出预报。我国业务数值预报模式一开始就选择了当时先进的原始方程模式,而且在业务运行中实现了稳定运行。在B模式中采用了先进的P-σ混合座标,这显示了我国在数值预报模式研究领域上的实力。由于计算机能力的限制,B模式作为唯一的北半球模式业务运行了8年。第一代中期数值预报

业务系统的预报模式  $T_{42}$  是在只有每秒几百万次的 M-360 计算机上调试并投入准业务运行的, 而国外相同分辨率的模式需要每秒千万次级的计算机上才能业务运行。我国业务数值预报的发展基本上处于等待计算机的状态, 即新计算机安装前, 预报模式也准备好了, 一旦计算机投入运行, 很快数值预报业务就能更新换代。

我国数值预报业务系统虽然起步较晚, 到 70 年代末才投入业务运行, 比美国落后了 20 多年, 但发展迅速。表 1 给出全球(半球)

预报模式的技术简况。 $T_{42}$  业务运行使我国成为世界上能制作中期数值预报业务的 10 个国家之一。 $T_{63}$  模式业务运行和  $T_{106}$  即将投入业务进一步提高了业务预报水平, 与国际先进国家的差异将进一步缩小。 $T_{63}$  ( $T_{106}$ ) 模式不仅分辨率十分接近国际先进国家的模式, 而且采用了很多先进技术, 如: 非绝热非线性正规初值化, 空间计算的谱方法, 半隐式时间积分, 包括地形, 重力波曳力, 水平扩散过程采用四阶线性扩散公式; 物理过程中包括浅对流参数化和辐射过程等。

表 1 国家气象中心业务数值预报模式

	A 模式	B 模式(北半球)	$T_{42}$	$T_{63}$
初值化方案	线性平衡方程	平衡方程初值化	绝热非线性正规初值化	非绝热非线性正规初值化
预报时效	60 小时	3 天	5 天	7 天
动力方程组	初始方程	初始方程	初始方程	初始方程
时间积分案和步长	半隐式, 1 小时	shumen 经济格式, 12 分钟	半隐式, 30 分钟	半隐式, 22.5 分钟
空间计算方法	差分法	差分法	谱方法	谱方法
范围和水平分辨率	欧亚, 300km 39×27	北半球, 381km 51×51	北半球, 截断波数 42 相当格距 2.8125 经纬度	全球, 截断波数 63 相当格距 1.875 经纬度
垂直坐标和分层	$P$ 坐标, 3 层	$P-\sigma$ 坐标, 5 层	$\sigma$ 坐标, 9 层	$P-\sigma$ 坐标, 16 层
模式地形	无	压缩平滑地形, 最大高度 2700m	谱展开地形, 最大高度为 5643m	包络地形, 最大高度为 6165m
其他地形作用	无	无	无	重力波曳力作用
辐射方案	无	无	GFDL 方案	EC 方案
降水方案	大尺度凝结	大尺度凝结, KUO 对流参数化(1974 年)	大尺度凝结, KUO 对流参数化(1974 年)	大尺度凝结, KUO 对流参数化(1974 年), 浅对流参数化
扩散过程和边界层方案	水平扩散 垂直扩散 地面摩擦	水平扩散 垂直扩散 地面摩擦	水平四阶线性扩散 垂直扩散 地面计算	水平四阶线性扩散 垂直扩散 地面计算
侧边界条件	固定边界	Hovermal 侧边界条件	对称与反对称边界条件	无
计算机 CPU 时间	M170	M-170(130 分钟)	Cyber992(26 分钟)	YH-2(205 分钟)
业务运行日期	1979. 11 1982. 2. 15	1982. 2. 16—现在	1991. 6. 15—现在 1989. 9. 16 开始试运行(M-360)	1994. 6. 1—现在
主要产品	高空形势预报	高空形势预报、物理量场	高空、地面形势预报、物理量场	形势预报、降水预报、物理量场

在发展全球(半球)预报模式的同时,配套地建立了主要用于预报我国降水的有限区预报模式(见表2)。国家气象中心第二代有限区模式LAFS实现了与 $T_{42}$ 模式每隔3小时的嵌套,物理过程也有较大的改进。并采用了在 $T_{42}$ 资料同化循环基础上的有限区资料同化技术,提高了初值资料的质量,从而明显地提高了降水预报的正确性。在LAFS模式的基础上建立了暴雨预报模式,它进一步提高模式分辨率(约 $1^\circ \times 1^\circ$ ),完善了物理过程,改进了有限区资料同化系统并实现了与 $T_{63}$

嵌套,从而进一步提高了预报质量,延长了预报时效(72小时)。该模式还将进一步提高分辨率到约50km,主要解决我国暴雨的强度和落区预报。同样在八五攻关课题的支持下,已初步建成一个预报台风路径的有限区预报模式,它也是从LAFS预报模式发展而来的,采用四重嵌套方案,模式分辨率提高到50km,并在初值资料中引入人造热带气旋模型。初步结果表明,台风路径的48小时预报已接近值班预报员的水平,并对转折性的台风路径能作出有较好参考价值的预报。

表2 国家气象中心有限区预报模式

		B(LFM)	LAFS	暴雨预报模式	台风预报模式
分 析	分辨率	6层等压面/381km	12层等压面/1.875	15层等压面/ $1^\circ \times 1^\circ$	12层等压面/1.875°
	方案	逐步订正法	多变量最优插值	多变量最优插值	多变量最优插值
	探空	1000-100hPa 标准层高度、风、湿度	1000-50hPa 标准层高度、风、湿度	1000-50hPa 标准层高度、风、湿度及特性层湿度、风	1000-50hPa 标准层高度、风、湿度及人造热带气旋模型
	测风	风	风	风	风
	陆地地面	气压	气压、风、湿度	气压、风、湿度	气压、风、湿度
	船舶地面	气压	气压、风、湿度	气压、风、湿度	气压、风、湿度
	浮标站	气压	气压、风、湿度	气压、风、湿度	气压、风、湿度
	卫星导风	风	风	风	风
	卫星探空		厚度、湿度	厚度、湿度	厚度、湿度
	飞机测风	风	风	风	风
报 模 式	初估值	24小时预报值	6小时预报值(一次全球模式,三次有限区模式)	6小时预报值(有限区模式)	6小时预报值(一次全球模式,三次有限区模式)
	初值化	准无辐散 平衡风	绝热非线性正规模初值化	非绝热非线性正规模初值化	绝热非线性正规模初值化
	分辨率	5层等压面/190.5km	15层不等距等压面/1.875°	15层不等距等压面/ $1^\circ \times 1^\circ$	15层不等距等压面/0.46875
	计算范围	45×37 输出 35×27	41×27	50×76	65×97
	侧边界	固定边界	与 $T_{42}L_9$ 嵌套(3小时更换一次边界值)	与 $T_{63}L_{10}$ 嵌套(3小时更换一次边界值)	四重嵌套
	时效	36小时	48小时	72小时	48小时
	CPU时间	85分钟(M170)	24分钟(CYBER992)	37分钟(M92)	22分钟(M92)
	投入业务时间	1983年8月	1992年3月	预计1995年6月试运行	预计1995年6月试运行
	网格	Arakawa A格点	Arakawa C格点	Arakawa C格点	Arakawa C格点
	积分方案	欧拉后差+蛙跃格式	蛙跃格式	蛙跃格式 Tatrumi经济格式	动力部分蛙跃格式,非绝热部分向前差
地 形	地形	取实际地形的20%	真实地形	真实地形	真实地形
	物理过程	大尺度凝结积云对流参数化(KUO(74))垂直动量输送	修正的大尺度凝结积云对流参数化(KUO(74))垂直动量输送降水的再蒸发	修正的大尺度凝结方案 积云对流参数(质量通量)降水过程的再蒸发 辐射 垂直扩散 地面过程	修正的大尺度凝结积云对流参数化(KUO(74))垂直动量输送降水的再蒸发
	主要产品	24小时降水量(0-24, 12-36) $\omega, \zeta, D, T,  v , q,  v q, \nabla \cdot \tau, \theta_{se}$	24小时降水量(0-24, 12-36, 24-48) $P_e, H, u, v, \omega, \zeta, D, T, RH, q$ (12层等压面)	24小时降水量(0-24, 12-36, 24-48, 48-72) $P_e, H, \omega, \zeta, D, T, u, v, RH, q$ (12层等压面)	18小时台风路径预报 海平面气压场 预报 850hPa 高度场、风场预报

这几年由于国家气象中心计算机能力提高很快,数值预报业务也在不断更新,预计未来2—3年内, $T_{100}$ 、50km分辨率的暴雨预报模式和台风预报模式都将投入业务使用,我国业务数值预报将提高到一个新水平。根据这些预报模式的业务运行结果的评价,结合我国地形、天气气候特点,不断改进这些模式将是我国数值预报工作者面前更为艰难的任务。

### 3 观测资料同化系统

观测资料的同化系统是数值预报业务系统成败的关键。作为一个业务系统,它的分析结果不仅为预报模式提供初值,而且分析产品直接为预报员和研究人员使用。在国家气象中心,候、旬、月平均高空图是由客观分析结果加工而成的,高空历史天气图也是由客观分析经预报员修改后出版的。如果将预报误差分解为由于分析误差和模式误差两部分造成的话,那末研究表明,36小时前的预报误差有很大一部分是由于分析误差造成的。由于模式误差随时间呈线性增加,而分析误差呈指数增加,因此,如有较大的分析误差的话,4—5天以上的预报精度就会很快下降而失去预报使用价值。另外,目前的观测系统正在向综合性方向发展,常规观测资料在逐渐减少,而飞机、卫星等非常规资料在明显地增多。特别是运行全球模式制作中期预报,在海洋、高原等人烟稀少地区,非常规资料尤其重要。同样对于高分辨的有限区模式,要分析较小尺度的天气系统,非常规资料的使用也十分重要。

表3给出了国家气象中心业务客观分析和资料同化系统技术概况,技术进步是十分明显的。所用的观测资料从仅用探空、测风、

发展为同时使用地面、船舶、飞机、卫星、漂浮站、高空人造站,并且还利用了特性层的资料。资料质量检查,既要删除错误资料,以保证分析质量,又要尽可能多地保留有不同误差,反映不同尺度天气系统的观测资料。在A模式中只采用了简单的静力学检查、极值和水平一致性检查,而在B模式中增加了较强的错误检查功能。在中期数值预报系统中在垂直方向采取了更多的检查手段,如温度垂直递减检查、内插检查、风切变检查等。并注意到资料分布的均匀性,删除了多余的资料。分析范围从亚欧扩大到全球,从对流层扩展到平流层,从P面分析发展为模式n面分析,分析要素也从只分析高度场增加到高度、风、湿度等大气基本要素场的分析。分析方法从一维单要素逐步订正法,发展为多要素的最优插值法。在 $T_{50}$ 的“盒式”最优插值法中,对于高度和风是三维多变量分析,对湿度是二维单变量分析。从而满足气象学上的协调关系,如高度和风场的准地转平衡、高度的静力平衡,温带地区的风场增量满足无辐散约束等。同时采用了增量插值和分析以及在模式面上进行,从而减少了插值特别是垂直插值误差。以6小时为间隔的资料四维同化和区域同化技术的采用也表示了国家气象中心业务应用资料同化技术已达到了世界先进水平。

采用结构函数更符合实际的变分法,以便更有效地利用非常规资料,提高湿度场分析质量,改进边界层和平流层的分析效果,更充分地利用观测资料的质量检查方案以及时间上连续的四维同化技术,是进一步提高客观分析质量的重要途径和今后发展的方向。

表3 国家气象中心业务客观分析方法

	A 系统	B 系统	T <sub>42</sub>	T <sub>63</sub>
每天作业数	1 次:12Z	2 次:00Z、12Z	4 次:00Z、06Z、12Z、18Z	4 次:00Z、06Z、12Z、18Z
分析范围	亚欧	半球	全球	全球
水平分辨率	300km	381km	约 300km	约 200km
垂直分层	6 层: 850、700、500、300、200、100hPa	7 层: 地面、850、700、500、300、200、100hPa	12 层: 1000、850、700、500、400、300、250、200、150、100、70、50hPa	7 坐标 16 层
所用观测资料	探空、测风	标准层探空和测风 地面/船舶、飞机 低层卫星测风	标准层探空和测风 地面/船舶、飞机 高低层卫星测风、卫星测厚 漂浮站、高空人造站	标准层探空和测风、特性层资料 地面/船舶、飞机 高低层卫星测风、卫星测厚 漂浮站、高空人造站
初估场构成	多项式插值、气候值	24 小时预报值 气候值、持续值	6 小时预报值	6 小时预报值
分析方法	逐步订正法	逐步订正法	“点式”最优插值法	“盒式”最优插值法
分析输出的要素场	高度	地面气压、高度 温度露点差	高度 u、v 风分量、相对湿度	高度 u、v 风分量、相对湿度
每次计算时间 CPU	3 分钟 (M-170)	18 分钟 (M-170)	10 分钟 (Cyber 992)	30 分钟(YH-2)
模式简况	亚欧三层原始方程 简单物理过程	半球五层原始方程 一般物理过程	全球 T <sub>42</sub> L <sub>9</sub> 原始方程谱 预报模式 较复杂的物理过程	全球 T <sub>63</sub> L <sub>16</sub> 原始方程谱 模式 较复杂的物理过程
业务运行日期	1979.11—1982.2.15	1982.2.16—现在	1989.9.16 开始试运行 1991.6.15—现在	1994.6.1—现在
图形输出方式	宽行打印	X-Y 绘图仪	快速激光打印, 工作站显示	快速激光打印, 工作站显示
产品	图形输出	高度、风、物理量场 传真、格点报 发布 候、旬、月平均图制作	高度、风、物理量场 GRID 码发布、GRIB 码 调用 候、旬、月平均图 制作 高空历史天气图 制作	高度、风、物理量场 GRID 码发布、GRIB 码 调用 候、旬、月平均图 制作 高空历史天气图 制作

#### 4 数值预报业务系统

作为一个业务系统,要求每日都能稳定运行,同时要以预报员便于使用的形式提供产品。因此建立一个现代化的完整的业务系统是至关重要的。除资料四维同化和模式两个核心部分外,业务系统还包括资料库(要素库、场库、产品库)、产品生成、图形制作、格点报编制、存档、检验,作业运行和监控、备份系统、并行试验系统等。同时还要考虑,计算机

系统中的作业分配、合理的资料流程和实用的业务流程。作为一个例子,图3给出 T<sub>42</sub> 中期数值预报业务系统的结构和流程。

B 系统已初步形成了数值预报业务系统的雏形。在中期数值预报系统中采用一系列先进技术,如适用于 WMO 推荐的 BUFR 和 GRID 码的资料库,包括 MWO 规定的标准评分的检验子系统,工作站图形显示和激光图形输出,每天 500 多兆字节并采用压缩技术的存档子系统,每天 200 多个作业自动化

调度、运行和监控,菜单式格点报生成和发送等。使数值预报业务系统更趋完善,保证了数

值天气预报的日常运行和不断地改进和更新换代。

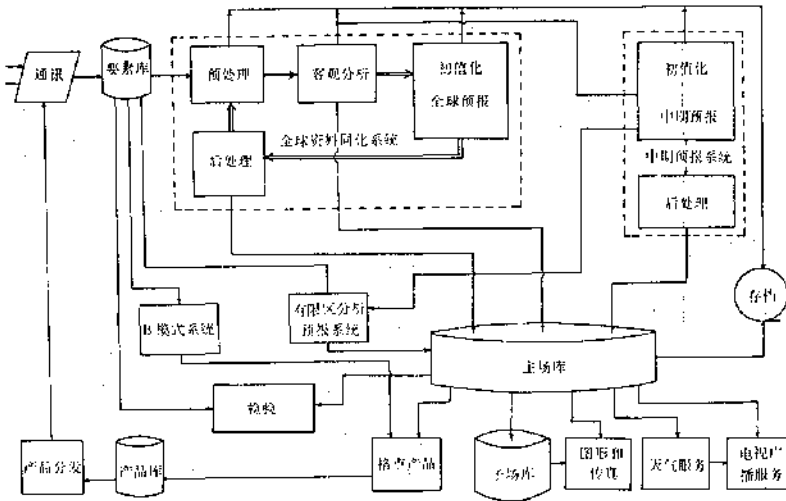


图3 国家气象中心数值预报实时业务系统流程图

计算机系统是数值预报业务系统至关重要的基本条件。十多年来数值预报业务快速发展是基于计算机系统的更新。表4列出了国家气象中心用于数值天气预报计算机的主要技术指标。国家气象中心在六五初开始在业务中使用计算机M-170,运算速度只有每秒运行100万次,内存只有4兆字节。在六五期间只安装一台M-360,计算能力增加半个数量级。在七五期间安装了Cyber计算机系统,计算机能力增加了一个数量级。而八五期间一年内先后安装了银河II巨型计算机、Cyber和Craymp巨型计算机,计算速度达到每秒30多亿个浮点运算,内存2000多兆字节,磁盘8万多兆字节,计算能力又提高2个数量级。随着巨型计算机投入业务使用,国家气象中心正在重新设计基于巨型计算机的业务系统,该系统将有更合理、更科学的资料流程、业务流程和作业分配与调度,更符合预报业务需求的数值预报系统设置以及新的产

品目录,发送时刻表和发送方式,有更强的作业和资料流程的监控能力和更容易操作的备份系统,以保证日常稳定运行和提供更多产品。为预报员制作以数值预报特别是我国数值预报产品为基础的综合预报,提供必要的条件。

表4 国家气象中心用于数值天气预报计算机系统的主要技术性能指标

机器型号	台数	CPU个数	运算速度(峰值)	内存容量(MB)	磁盘容量(GB)	装机时间
M-170	1	1	1MIPS	4	2	1978.02
M-360AP	1	2	7MIPS	16	10	1985.02
VAX6320	1	2	7.5MIPS	64	20.64	1989.12
VAX6410	1	1	7MIPS	64	(共享)	1994.07
Cyber962	1	1	14.8MIPS	64	27.6	1990.03
Cyber992	1	1	34.6MIPS	64	36.8	1991.07
YH-2	1	4	400MFLOPS	256	32	1993.03
Cray EL98	1	4	533MFLOPS	1000	10	1994.07
Cray M92	1	2	667MFLOPS	1000	40	1994.07
Cray C92	1	2	2000MFLOPS	1000		1994.09

## 5 数值预报产品的应用

数值预报产品的应用有很多种途径,但目前用得最多、最有效的主要是两项。第一项是在微机或工作站上接收网格点资料,用图象显示作为天气图或形势预报指导图使用,进而可以与卫星、雷达图象叠加,或互相比,使预报员对天气形势和天气系统的演变有所了解,然后根据预报员的经验作出天气预报。另一种是根据数值预报的网格点资料利用统计方法,如 MOS、PP 或专家系统,作出要素或具体天气预报。另外,最近几年有些区域中心或省研制的降水或中尺度预报模式利用了国家气象中心数值预报结果进行嵌套实现实时业务运行。其它一些应用的方法,如模式直接输出(MDO),增强预报,新的物理诊断量,动画技术的应用,天气形势或天气系统的立体结构显示,重要天气过程物理模型的诊断等也正在发展中。

由于通讯条件的限制,地区以下台站还不能接收到大量的数值天气预报产品,另外,前几年我国业务数值预报水平与国际最先进

的水平尚有一定差异,国外数值预报产品数量和种类都有限等多种原因,因此在数值预报产品的应用上受到一定的影响,但是数值预报对业务天气预报的促进作用是明显的,数值预报产品已成为业务天气预报不可缺少的工具。随着巨型计算机的安装,我国数值预报的质量会有明显提高,产品数量也会有明显增加。未来 2—3 年内  $T_{106}$  全球谱模式,50km 分辨率的降水预报模式和台风预报模式都将投入业务使用。随着 9210 工程建设的进展,大量的数值预报产品有可能发送到各级气象台。正如前述这几年业务数值预报水平提高较快,未来 2—3 年还将有明显提高, $T_{83}$  的 96 小时预报水平已优于 5 年前 48 小时业务数值预报结果。而业务天气预报水平在这几年中虽也有明显提高,但与数值预报的进展相比尚有很大的差距,也就是说存在有很大的“势能”。只要我们在数值天气预报应用上下功夫,促使这个“势能”进行转化,那末未来几年我国的业务天气预报水平将会有明显的提高。

## The Advance of Operational Numerical Weather Prediction in National Meteorological Center

Qiu Guoqing

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

### Abstract

Obvious progress has been made in the NWP of the National Meteorological Center in recent 15 years.

The numerical prediction models were developed from a Northern hemisphere model to global spectrum model with a data assimilation system and a limited area model for precipitation forecasting. The prediction models for heavy rain and typhoon track are under development. At present, the valid time of the operational NWP has extended up to 7 days. The skill of present model  $T_{83}$ 's 96 hours prediction is better than that of the 48 hours prediction five years ago. The applied technology of NWP has been developing continuously.

**Key Words:** numerical weather prediction model data assimilation operational system application of products