

美国国家气象中心
天气预报业务现状和进展

国家气象中心编译

气 象 出 版 社

美国国家气象中心
天气预报业务现状和进展

国家气象中心编译

气 象 出 版 社

**美国国家气象中心
天气预报业务现状和进展
国家气象中心编译**

气象出版社 出版
(北京西郊白石桥路 46 号)

开本: 787×1092 1/16 印张: 14.5 字数: 210 千
1991 年 3 月第一版 1991 年 3 月第一次印刷
印数: 1—400 定价: 20 元
ISBN7—5029—0546—4/P. 0312
(内部发行)

前 言

九十年代我国气象预报将出现重大的转折：中期数值预报业务系统的建成、气象卫星的发射与报收处理系统的完善，以及全国范围的气象通信能力的提高，传统的天气预报方法，会商制度，预报项目与内容都将发生变化；不久的将来，一个现代化方式做出的天气预报更加客观、定量、准确，服务更加周到、全面、细致的气象预报服务系统将会出现在我们的面前，发挥出更加重要的作用。为了科学规划国家气象中心的未来，现顺国家中心、区域中心和省地县各级台站的预报服务业务体系，有必要系统地学习考察和总结国内外气象业务现代化过程中的各个方面的经验，从而使我们的决策既符合气象现代化的客观规律，又能适合中国的实际国情。

本文集均选自 1989 年 9 月发表的美国《天气与预报》杂志(四卷三期)。

自此以后的一年多中，美国国家气象中心装备了 CRAY YMP8/832 巨型机，数值预报业务以及主要负责人等均有所调整。但文集中所介绍的情况仍反映了八十年代末至九十年代初美国国家气象中心的基本状况和进展设想，因此，出版本文集不仅适时而且必要。无论地理位置，国土幅员和气象预报的任务，在世界诸国中，美国的情况与我国最为接近；不仅如此，就气象预报的综合水准而言，美国也一直在世界上居于领先地位。他们在发展过程中有成功也有失败，但无论是教训还是经验都值得我们研究，或引以为戒，或学习借鉴。

本文集所收集的 12 篇文章比较集中地全面地反映了美国国家气象中心(NMC)的气象预报业务的现状与发展趋势。以数值预报在 NMC 的发展史为线索，有重点地介绍了客观分析与资料同化系统、数值预报业务系统和实时天气预报业务、各种不同时效的预报模式的发展和现状。介绍了中长期天气预报、海洋预报、以及对数值预报产品的统计学释用方法，当时美国 NMC 的主任 Bonner 教授撰文介绍了 NMC 的进展和今后发展计划，作为美国 NMC 本专题介绍文集的首篇。

本文集收集的这些文章从各个侧面反映了美国在业务预报方面的进展和今后的发展趋势。显而易见,能有这些不仅对今后国家气象中心的发展有很高的参考价值;对全国各级台站的气象工作者,以及从事气象科研、教学的广大科研工作者和师生来说,也会由此而增进对国外气象业务发展现状与趋势的了解。

为了尽快地介绍最新动态,文集出版的及时性往往会影响到翻译的准确性,加上译者的水平所限,谬误之处尚属难免,欢迎读者予以指正。期望本文集的出版能够有益于读者增加信息,开阔视野,掌握动态,结合我们的国情,洋为中用,因地制宜,以促进我国气象预报事业的现代化。

本文集的出版得到气象科学研究所和气象出版社的支持和帮助,编者在此表示感谢。

李泽椿 翻 宏 徐夏因

目 录

1. 美国国家气象中心的进展与发展计划	1
2. 美国国家气象中心数值天气预报历史	18
3. 美国国家气象中心客观分析方法的进展	33
4. 美国国家气象中心产品包概述	52
5. 美国国家气象中心区域分析和预报系统	65
6. 美国国家气象中心全球资料同化和预报系统	81
7. 美国国家气象中心气象业务处	93
8. 美国国家气象中心区域模式的性能	124
9. 美国国家气象中心中期模式的预报性能	155
10. 以美国国家气象中心数值天气预报为基础的统计预报	172
11. 美国国家气象中心中长期天气预报	189
12. 海洋产品中心业务	207

美国国家气象中心的进展与发展计划

William D. Bonner

提 要

本文介绍了美国国家气象中心(以下简称 NMC)的任务与组织,总结了自 1983 年引进 Cyber205 巨型计算机以来取得的进展,并概述了九十年代美国国家气象中心数值预报系统的发展计划。该计划包括了:在下一代计算机上引进新的中尺度“风暴”模式(storm);通过增加分辨率和物理过程将目前的每天发布的 5—7 天预报延伸,预报第二周的平均天气状况。

1. 引言

本文概述了国家气象中心(NMC)的总的任务和组织机构,介绍了近年来的进展和将来的发展方向。NMC 的任务与目前的组织状况在第二节中介绍。NMC 的任务是极为广泛的。本文集的文章,包括本文,集中介绍 NMC 的预报指导业务。在《天气和预报》杂志(Weather and Forecasting)上以后将准备陆续发表文章介绍 NMC 的其它部门的情况,如其它几个国家级中心:气候分析中心(CAC),国家强风暴预报中心(NSSFC)和国家飓风中心(NHC)等。本文的第三节介绍了 NMC 的数值预报指导系统在 Cyber 巨型机安装以前(1983 年)的状况和 83 年至今的主要变化,并给出了预报技巧评分改进的某些统计结果。第四节中介绍了国家气象中心为响应新观测系统和下一代计算机的更新以及国家气象局发展重点的转移而制定的相应的发展计划。这节中我们并不打算装出自己数值预报的科技发展已很有把握,但力图让读者了解目前我们对九十年代将要投入业务的系统的最佳预测。第五节提出了几点看法,如数值预报研究对 NMC 业务运行的重要性,建立科研成果向 NMC 业务移值的适当机制的必要性;以及人机对话型计算机系统近年来的进展所提供的显示和分析模式输出结果的新途径的可能性等。

2. 美国国家气象中心的任务与组织机构

作为国家气象局(NWS)以及它的主管部门国家海洋大气局(NOAA)的一个下属单位,国家气象中心担负着 NOAA 和 NWS 在环境信息、警报和预报服务方面的任务。建立国家气象中心的目的(详见本文集中 Shuman 的文章)就是为了在中央最有效地进行天气分析和预报。其主要任务是为各级气象预报台(WSFO)提供预报指导,帮助它们制作当地预报和发布天气警报。

国家气象局的信息系统的核心部分是国家级中心,如气象预报台(WSFO),气象服务台(WSO)和河流预报中心(RFC)。对于国家气象局以外的用户来说,主要情报来源是气象预报台,河流预报中心和气象服务台。国家预报中心(如国家气象中心(NMC),国家飓风中心(NHC)和国家强风暴预报中心(NSSFC))则提供上述各气象台所需要的全国范围的和大尺度的情报。它们也直接向用户提供超越当地气象台站级业务范围与能力的情报服务。

上面的说法过于简单。国家气象中心的用户不仅包括国家气象局的所属单位,也包括私人气象工作者、联邦飞行局(FAA)航空简令员、国防部预报员、以及大学的教授和学生。根据国际协议,NMC 还为其它国家的气象部门以及国内外的航班提供预报产品。

NMC 的内部机构组织如图一所示,七十年代的大部分时期,NMC 由预报处、自动化处和发展处组成。自此以来,我们已作了很多调整。在 1979 年 NOAA 从国家环境卫星数报和情报服务处(NESDIS),环境数据情报处以及 NMC 的发展处和预报处抽调有关科室成立了气候分析中心,并规定该新中心属 NMC 管理。

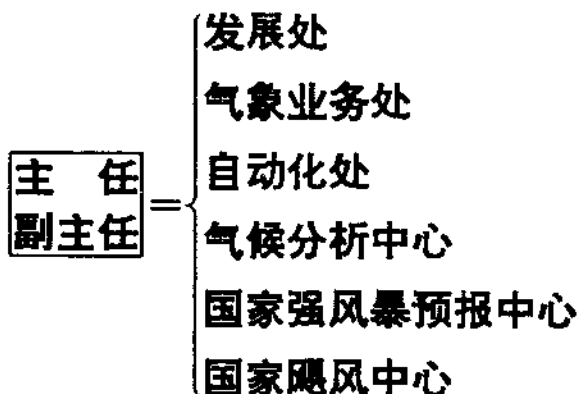


图 1 美国国家气象中心的机构组织

在 1984 年和 1985 年又先后规定了 NMC 对国家强风暴中心和国家飓风中心的行政管理责任。海洋产品中心(OPC)(详见本文集 Rao 的文章介绍)是由 NOAA 在 1985 年建立起来的,其目的在于促进海洋气象预报和海洋预报,并加强原先由 NOAA 的其它几个单位承担的工作。OPC 是 NOAA 的一个联合中心,由国家海洋处(NOS)经管,但附属在 NMC。

通过自动化处,NMC 运行并管理着 NOAA 的中央计算机设备(CCF),向 NMC、NESDIS、NOS 和国家气象局的 RFC 提供主要的计算机支持。除此之外,在美国宇航局(NASA)的约翰逊空间飞行中心和联邦航空管理局(FAA)的中央气流实验室(Central Flow Facility)的气象保障也是由 NMC 的气象业务处来管理的。

NMC 的任务包括应用研究和日常的业务工作。发展处和气候分析中心的科学家们与国内外的数值预报模式设计者和气候研究工作者广泛合作以交流科技新成就,改进象航预报质量。气象业务处(MOD),NHC 和 NSSFC 主要承担业务气象工作,但各单位都有一个小的发展组负责在新科技开发基础上的现行业务的改进。各处或中心的任务简要归纳如表一。

表 1 美国国家气象中心的下属单位及主要职责

中心或处	主 要 职 责
气象业务处 (MOD)	1. 解释数值模式预报和制作对计算机产品改进的人工分析和天气预报； 2. 制作国内和国际范围的航线和飞行安全气象预报； 3. 发布强降水预报和降水量预报； 4. 监控 NMC 的业务,发布业务报告； 5. 用人工资料质量控制对自动质量控制系统予以补充。
发展处 (DD)	1. 发展和试验新改进的大气和洋面预报的数值模式； 2. 进行模式预报误差的诊断分析以帮助解释 NMC 模式输出结果和消除误差来源； 3. 发展质量控制和资料同化的改进方法,向资料生成单位反馈资料质量和它们的资料在 NMC 应用情况的信息； 4. 通过数值天气预报关键性问题的研究,改进 NMC 的分析和预报系统； 5. 发展 NMC 模式输出结果的显示和释用的改进方法。
自动化处	1. 运行 NOAA 的中央计算机系统； 2. 实现发展处所发展和试验的新的分析和预报系统； 3. 维护业务作业流； 4. 提供观测资料处理、通信及显示 NMC 产品所需的计算机程序； 5. 设计并实现新的计算机系统以支持 NMC 的业务； 6. 确定与软硬件标准有关的 NMC 的规定。

中心或处	主 要 职 责
气候分析中心 (CAC)	1. 监测短期气候变化; 2. 发布 6 至 10 天预报,月和季节展望; 3. 分发美国和世界范围的天气和气候异常的情报; 4. 通过新技术开发和研究改进气候监测和预报系统。
测风中心 (NHC)	1. 对大西洋,加勒比海、墨西哥湾和东太平洋上的热带风暴和飓风进行定位和预报; 2. 发布飓风和热带风暴警报; 3. 作为世界气象组织全球天气警戒网(WMO/WWW)中的区域专业气象中心(RSMC)发布热带分析和预报; 4. 在飓风防范计划中与联邦、州和当地政府官员协作。
国家强风暴预报中心 (NSFFC)	1. 发布龙卷风和强雷暴警报; 2. 向美国本土地区提供中尺度预报方面的专家咨询; 3. 发布对流天气警报和中尺度对流预报; 4. 在出现危险对流天气时发布每小时的航空天气公报; 5. 向大众和商用飞机发布危险航线天气的短期预报; 6. 通过新闻媒介、城市组织、州及当地政府官员的相互联系,进行气象安全的宣传和危险天气和通告。

3. NMC 在数值天气预报方面的近期进展

最近的三十年中数值预报的改进与全球观测系值的改进,与数值预报研究的进展以及能供业务预报和研究值用的计算机速度和内存的迅速提高有关。

全球观测系统的改进主要发生在 70 年代的中后期,突出表现在根据极轨卫星资料引入了洋面的垂直温度廓线,以及根据地球静止卫星资料引入了云迹风。1979 年的全球的大气试验对于开展国际合作,共同发展同化系统以便在业务预报中利用这些新资料,起了适时必要的推动作用(Bengtsson,1984,Bonner,1986)。60 年代后期及 70 年代早期发表的数值预报研究成果表明,采用高分辨率的模式以及更精确的参数化方法来描述物理过程(如辐射、海气及地气相互作用等,详见 Miyakoda 等 1972 的文章),有可能进一步改进数值预报。值这在引进现代巨型机之前是不可能做到的。直至欧洲中期预报中心(ECMWF)在 1978 年引进 CRAY 1 机,美国气象局和美国国家气象中心分别在 1982 年和 1983 年引进 CYBER 205 机后,才有可能去探讨利用卫星观测系统和现代数值预报的成果,比较显著地提高业务数值预报的质量。

a. NMC 分析和预报系统的近期变化

自 1983 年底左右引进 CYBER205 机以来,NMC 的业务预报中已引进了一系列对分析和预报系统的改进。目前的 NMC 系统值况可参见本文集 Peterson 和 Stackpole 的文章。

在 1983 年,NMC 的数值预报系统仅限于以下几项:用于短期预报(12 小时至 48 小时)指导的有限区域细网格模式(LFM)(Gerrity 1977),用于航空风场预报和中期预报(2—5 天)指导的谱值式(Sela 1980),为有限区域模式(LFM)和谱模式运算提供初估场的全球资料同化系统(GDAS)(McPberson 等,1979),另外还有一个用于飓风路径预报的特殊的可移动细网格值式(MFM)。在 83—89 年间 NMC 的分析和预报系统的演变情况可总结如表 2。

表 2 NMC 数值预报系统主要变化年表

日期	变化
1983. 10	0000 和 1200UTC 谱值式的水平分辨率从菱形值断 30 个波(R30)增加到 40 个波(R40)。
1984. 8	0000 和 1200UTC 谱值式预报,用多元最优插值分析(Bergman 1979)取代 Hough 分析(Flattery, 1971)。

日期	变化
1985. 5	在 LFM 和谱模式运算之间引进新的有限区域分析预报系统 (RAFS) 使 LFM 预报提前正点 (0000 和 1200UTC) 后一小时半开始。
1985. 4	引进新的中期预报模式 (MRF) (菱形截断 40 个波, 18 层, GFDL 物理过程), 资料截断时间推迟到 6 小时, 每天在 0000UTC 运算一次。采用 R40, 12 层有限物理过程的模式 (AVN) 每天二次在正点后 3 小时 30 分钟作 72 小时预报以满足航空气象要求。
1985. 11	以 NMC 谱模式的风场预报为载入量, 引进动力学截式作全球洋面的海浪预报。
1986. 5	用 R40, 18 层及改进的物理过程参数化 (浅对截, 垂直扩散) 的中期模式替换 GDAS 中的 R24, 12 层谱模式。
1986. 7	在 RAFS 的嵌套细网格模式 (NGM) 中引进全新的物理过程参数化软件包 (辐射、地表过载和降水物理, Tuccillo, 1988)。
1986. 11	用 R40, 18 层及完整的物理过载的中期模式取代 AVN 运算中原来的 R40, 12 层及有限物理过程模式, 至此, 全部全球系统 (GDAS, MRF 和 AVN) 均建立在最先进的谱模式的基础上。
1987. 2	NGM 模式中高分辨率格点 (C 格点) 范围扩大, 修改地表应力公式以改进东太平洋和西大洋气旋旋生过程的预报。
1987. 8	把全球预报模式 (MRF, GDAS, AVN) 的水平分辨率从 R40 增加到 T80, 并进一步改进模式物理过程 (截射日变化, 改进的地表通量, 垂直扩散, 重力波阻尼力等) (Sela, 1988, Alpert 等 1988, Kalnay 和 Kanamitsu, 1988)。

日期	变化
1987. 8	改变 RAFS 系统中的初值化方法(减少初值化处理的垂直模数以改进模式中的垂直运动和降水的启动加速(Carr 等 1989)。
1988. 5	修改原先各自独立发展的区域的和全球分析中的最优插值程序,吸取各自的优点,作为统一程序的第一步,采取可变参数,以适应区域分析和全球分析的需要。
1988. 5	改进全球模式(AVN, GDAS, MRF)中地表蒸发公式。
1988. 6	用高分辨率准拉格朗日模式代替 MFM 模式作台风路径预报(Mathur 1983,)。
1988. 7	利用 NGM 边界层风的预报作为输入值,引进区域性海浪模式预报墨西哥湾的海浪。
1988. 11	根据模式预报的相对湿度和垂直运动计算诊断云,以此取代纬向平均的气候云,用于全球模式辐射通量计算。
1988. 11	作为高时间分辨率观测资料的区域同化的第一步,对 NGM 模式引入新的初值化方法(Parrish, 1989)。
1989. 元	把(AVN)运行的开始时间的(0330 和 1530UTC)提前到 0245 和 1445UTC,以改进航空风场预报的时间要求。

表 2 中所列出的变化主要指在 CYBER 205 机系统上的变化。只要计算机资源许可,我们将继续作一些局部的小改进。但目前注意力正在向如何在 90 年代下一代计算机上改进和发展 NMC 业务系统方面转移。在第四节中将概述关于这一新系统的初步设想。

b. 预报评分的近期改进

本文集数篇文章以及若干次会议的总结性报告(Bonner 1986, 1988, Bonner 等 1986), 都给出了有关个别气象要素和整个 NMC 预报系统技巧评分提高的统计结果,因此这里仅给出少量的表征中期预报(3—5 天)预报,短期象空风场预报和海平面气压场预报改进的统计结果。

1) 中期预报

图 2 比较了 NMC 中期数值预报模式目前的精度与 20 年前研究用的大气环流模式(Miyakoda 等, 1972)的精度。这个研究模式未能投入业务运算。如同 Miyakoda 所介绍的,

当时预报试验的目的只是用来试验大气可预报性的极限,以及估价在更强大的计算机上什么样的系统可能投入业务运行。值得注意的是,用于这些试验的模式是半球模式,格距为 270 公里,作一天预报,约需 12 小时的计算机时间。图上标着(Miyakoda 等,1972)的曲线,表示 1964—1969 年一月的 12 次试验预报的平均值。标有 NMC 的曲线则是对 NMC 中期预报在 1989 年元月的预报评分的平均。检验的要素是 500hPa 高度场相对于气候场的距平。统计值是对北半球赤道外地区求算的相关系数。注意到,NMC 在 1989 年元月的第六天业务预报比 20 年前用当时的资料、计算机及研究模式所能作的第四天的预报更准确。Bengtsson 曾对欧洲中期预报中心的业务预报做了类似的比较(Bengtsson 1984)。

图 3 是 NMC 的预报员用以制作第 3—5 天的海平面预报图的第 84,108 和 132 小时海平面气压场的技巧评分。评分值为 1970 年至 1988 年期间经“标准化”处理的距平相关系数,是根模北美大陆的 130 个格点海平面气压的预报值,观模值,以及气做值统计的。所谓“标准化”是指:观测的和预报的距平已模据各格点上的气候标准差作规一化处理。在做值上,这些评分值不能与图 2 的距平相关系数互比。从 1970 年至 1976 年,评分值相对少变。在 1979—80 年期间第 4—5 天的评分值的明显提高与当时业务上某些变更重合。当时把 84 小时至 132 小时简单正压模式的延伸预报改为用 NMC 七层原始方程模式预报。自 1976 年以来,预报评分的总趋势是在值高,但逐年有些变化。根据这些技巧评分曲线,可以看出 84 小时、108 小时和 132 小时预报准确率提高速率大致相同。自 1979 年以来第 132 小时预报的技巧评分提高了一倍以上,现在的预报差不多相当于四年前第 84 小时预报的精度。

2) 航空风场预报

图 4 是利用北半球 102 个探空站的资料对 1982—88 年的 NMC 的 250hPa24 小时预报检验求得的均方根误差。注意到平均均方根误差从 1982 年的 10 米/秒到 1988 年的 8.25 米/秒,总的趋势是下降的。250hPa 风场的初值误差(即分析场向探空资料的拟合误差)约为 5 米/秒。以此作为基准值,自 1982 年以来误差减少了 1/3,这相当于 24 小时预报评分提高了约 12 小时。由于曲线的总趋势是下降,另外模式的变更则造成了逐月的预报评分值的变化,因此很难说清楚,究竟哪些候式变更(见表二)对于减少误差来说是有效的。有二个主要变化看来是很重要的:

(1) 1986 年 5 月在全球同化分析系统 GDAS 中引进了经改进的全球预报系统(MRF);

(2) 1987 年 8 月增加了在全球同化分析系统(GDAS)和 AVN 系统(即为航空预报面报前运算的全球预报)中的水平分辨率。

3) 海平面气压场的短期预报

图 5 表示 NMC 全球谱模式的海平面气压场的 48 小时预报在 1981 年—88 年期间的年平均误差。该误差值是根据美国本土的 49 个格点计算的 S1 评分(Teweles 和 Wobus 1954)。为便于比较,图上还标出了有限区域模式(LFM)在同--时期的 S1 评分。LFM 模式及其分析系统自 1983 年起已固定不再变更,故其评分值在此阶段变化不大。误差的较不

明显的下降趋势,较有把握地说,是因为全球四维同化(GDAS,见表二)的改进使有限区域(LFM)分析的初估场也得到了改进。图6用另一种不同的方式对比了LFM模式和谱模式的评分值。图中给出了1986年元月至1988年12月逐月的两个模式的评分差值的月平均值(LFM-谱模式)。从图5上可以注意到,尽管在1981和82年(在图上未标出)LFM模式略占优势。但1983年后就不是如此了。1986年11月(见表二)在AVN预报中谱模式加入了全部物理过程,使S评分在1986至1987年之间有一明显的改进(见图5和图6)。

4. 今后发展计划

尽管NMC的CYBER-205计算机在80年代中后期对NMC的数值预报的进展做出了主要的贡献,但目前该机已几乎饱和了。我们几乎挖尽了该计算机在改进预报模式方面的潜力。今后的几年中虽然尚可作一些小的改进,但NMC的主要进展必须等待下一代计算机的到来。国家气象中心(NMC)认为,下一代计算机应具有10亿-100亿/秒的速度和比CYBER205机大得多的内存,约在1991年左右可供使用。

新的九十年代的观测系统也已规划。在卫星NOAA-K,-L,和-M上的改进的探测系统将提高卫星导出温度的精度,特别是改进在多云和有云区域中的探测将提供更高的垂直分辨率。90年代中数值预报有关的观测系统方面的革命性的变革,大约可数在美国本土范围设置的中尺度观测网。该观测系统包括多普勒雷达(NEXRAD)、风向量垂直廓线仪和飞机观模。70年代和80年代开始的在全球资料同化方面的努力仍将继续,但新的任务将着重于发展全球和区域性资料同化和预报系统中应用美国本土上的高时间分辨率观测资料的系统。对可用预报极限以内的中期预报的谱求,对国际飞行安排所谱的温度和风的短期全球预报,和局地预报和警报所谱的短期天气预报指导方面的需求仍将继续。因此,NMC将继续业务运行有关的预报系统,为不同的目的提供各种指导。在这方面,NMC的思路的变化在于,已认识到需要从过去独立发展模式的方式向程序模块化方向过渡,使各系统中的对应的子系统程序尽可能地相似和可交换,从而使在NMC所必须发展和维护的不同系统的数目有所限制。采取这种方式,各种物理过程(如辐射、对流、海气和陆气相互作用等)的参数化,将作为单独的软件包来发展,并很容易地在全球模式以及区域模式中进行试验。这种结构既利于维护节省开谱而且将大大简化新想法的试验。

目前的预报系统的另一个重要问题是模式输出统计所要求的模式相对稳定与尽量利用新想法经试验后不断改进模式这两者之间的矛盾。我们把模模NMC模式所作的统计模出看作是NMC的预报指导的一个重要组成部分。但是我们期望90年代的新的统计系统将建立在经修改的“完全预报”技术上,这种方法可更快地适应于新引进的模式或现有模式的改进[详见本文集Carter等的文章(1989)]。

现在我们来展谱下一代计算机上的NMC的数值预报系统。

(1) 全球模式

引进更强大的计算机将允许我们把全球谱模式的水平分辨率由三角截断80个波(约相当于160公里格距)模高到160个波左右(约相当于80公里格距)。垂直层次将由现在的18层增加到30层。模式的三维分辨率每提高一倍,要求计算机能力提高16倍。因此实际业务能采用的模式分辨率,很大程度上决定于下一代计算机的能力。

模式物理过程的改进将继续进行,特别是与大气边界层与陆地之间的热,水汽和动量通量大小有关的生物-大气相互作用的参数化。

我们将为航空风场预报和自动资料更新每天提供四次 30 小时或 36 小时的谱模式全球预报。每天作一次 15 天的时间积分,提供日常的 7 天业务预报,第二周的延伸预报指导,以及根据同一天的顺序预报的一致性等因素所作的预报评分的预报(Kalnay 和 Daicher 1987)。

(2) 中尺度报式

在下一代计算机上,我们将为中尺度预报指导引进一个高分辨率模式,将根据需要,每天计算四次 18 小时或 24 小时预报。这个“风暴模式”的目的在于提供降水类型,低层风场,以及与强对流天气有关的物理参数如水汽辐合与稳定度等演变情况的细节的指导性预报。这个模式可用于多种目的,如用于预报侵袭美国沿海的飓风,预报强对流情发,预报大范围洪情以及强寒潮。在下一代计算机上,模式的分辨率可取 20 至 30 公里,垂直层次为 30 层或更多一些。即使在下一代计算机上模式的范围恐仍难覆盖整个美国本土。由 NMC 的谱模式提供的侧边界条件将控制 18 或 24 小时的上的大尺度气流的情。这是一个很有吸引力的设想,但我们大家还得同意,就业务运行的管理决策而言,我们还将考虑何时和在什么样的计算机上运行这个模式。

我们打算围绕这个模式来发展模式输出统计。预报信息将包含在详细的区域天气图,各地的时间剖面图以及用于构造时间剖面图和垂直剖面图的格点场资料中。我们预计今后的飓风模式和“风暴模式”实际是同一模式,但对飓风路径预报将要求采取特殊的分析和初值化方法。

(3) 区域性模式

对 NGM 模式的改进将持续到 1989 年。在 1990 年元月前,我们将计划停止对此模式的进一步发层。根据有限区域分析和预报系统(RAFS)而发展的模式输出统计(MOS)早已着手进行,预计在 1992 年情,我们将开发出类似于 LFM 目情已有的那样的,与 RAFS 系统配套的全套 MOS 预报产品(详见本大集 Carter 等的大章,1989)。在 CYBER 205 机上处理的 RAFS 系值,将成为下一代计算机上的 LFM,并将为向新计算机的过渡提供必须的连续性和稳定性。我们打算在 1992 年前后,即 LFM 提供 20 年左右持值不断的有用的预报之后,停止 LFM 模式的运行。

在 1995 年左右,可提不再需要单独的区域性模式。1-3 天的预提指导及统计模式的值入资料可由高分辨率全球模式或低分辨率版本的中尺度模式的业务情报据供。

(4) 全球资料同化(GDAS)

在下一代计算机上的全率资料同化将值立在上述的全球预报模式基础上。我们认为对于全率预报问题而言,采用同化属模 6 小时或 3 小时左右的采优插提分情及非线性正想模初值化方法进行全球资料同化(GDAS)是合采的。正在开层更复杂的技术的研究,如伴随法(adjoint 方提)等(Lorenc, 1988, Derber 1989),值由于这些方法所需要的计算时间甚多,因此它们右 NMC 的业务值采要模迟面 90 年代版期计算机的再次更新才有可情。现行的 GDAS 系值的改进主情将集中在球情资料的值量报制,随好地利用卫星观插(包插水汽与降水的估计),以及用于给出随模的权重大小的料提和预值误差的确定上。

(5) 区域资料同化系统

在 90 年代中期,预期建立在最优插值法基础上的区域资料同化系统(RDAS)将有能力处理从美国中部地区的风向量垂直廓线仪示范网中所获取的风场观测资料。这个初级版本的 RDAS 将与目前的全球同化系统(GDAS)相似,但采用较短的同化周期(2—3 小时)。它从全球系统获取资料并为现在的区域性模式以及未来的风暴模式提供初始场。在 1993 年前,我们预期研究出更复杂的基于某种形式的连续资料同化的 RDAS 系统。为了充分利用在 90 年代可望交付使用的新观测系统以及为短期降水预报提供适当的模式加速处理(Spinup),发展这样的同化系统是非常关键的。

(6) 气候资料同化系统

由 NMC 的 GDAS 或 ECMWF 的类似系统所制作的全球分析对全球气候的监视来说变得越来越重要。但是,存在着一个问题,这就是为业务预报提供初估场的全球资料同化的目的与气候情报对资料同化的要求往往是矛盾的。全球资料同化系统必须在较早的时刻运算以确保在作预报的规定时刻前提供初估场。因此这时分析所用的资料往往收集得不全。其次,为了对预报精度有所改进(哪怕是微小的改进),GDAS 系统经常有所改进。但是分析方法的变更会导致气候统计结果的变化,这种变化并不表示真实大气的气候变化,而只是反映了分析方案改变所带来的影响。约在 1993 年前,NMC 计划为气候分析运行专门的资料同化系统。这个系统的运行将不受实时业务的资料截断时间的限制,为了收集额外的资料,该系统的运行可比真实大气迟一周或一月,在对分析方案的更改是否影响重要气候统计量作出试验之前,该系统将保持不变。这项工作 NMC 的新任务,是受 NOAA 的气候和全球变化计划支持并与 NMC 的气候分析中心的任务相一致的。

(7) 海浪模式

由海洋产品中心(OPC)联合发展并由 NMC 运算的海浪模式将在下一代计算机上进一步改进。更准确的天气预报模式将提供形成海浪的洋面摩擦应力的精确估计值。卫星遥感的洋面风和浪高的观测将改善海浪模式的初值并可对预报进行更有代表性的检验。目前 OPC 正在致力发展和试验所谓第三代海洋模式并用于全球和区域的海浪预报。

(8) 延伸预报

大量的试验表明大气环流模式有能力预报超过逐日天气的可预报性时效范围的大气运动的时间平均特征(Shukla 1981; Miyakoda 等 1986)。在某些特定的形势下十天以上的预报仍有较高的预报技巧评分(Tracton 等 1989)。这种情况下,问题不在于简单地做出预报,而在于对这样的预报给出其预报评分的可能范围。国家气象中心最近每周二次把 10 天预报延伸到 15 天,以此来试验 30 天预报的可能性。在 1992 年之前预期 30 天预报的主要组成部分将是动力学模式的延伸预报。至于季节预报或更长时效的预报,最有希望的方法看来还是采用洋—气耦合模式,这种模式中洋面条件的作用已不仅仅只是驱动大气,而且还受到大气的影响。我们期望在 90 年代中期用洋—气耦合模式的输出结果作季节预报试验。这无疑将是在下一代计算机上的重要研究课题。在业务上应用洋—气耦合模式开展延伸预报与否?将取决于这项研究的结果以及计算机资源。我预计 90 年后在再下一代巨型计算机(目前尚待研制)上有可能进行这样的季节或更长时效的业务的动力学预报。