

数值天气预报产品应用基础

广东省地方模式输出统计预报课题组编

广东省气象局

1984年

Z10-529
5727

110 井

数值天气预报产品应用基础

广东省地方模式输出统计预报课题组编

广东省气象局

1984

前 言

随着电子计算机和计算数学的快速发展,五十年代以来,数值天气预报也有了长足的进步,数值模式所能考虑的大气物理过程越来越细,模式的垂直分辨率及水平分辨率也越来越高,其结果是其可用的时效越来越长,人们已经确信发展数值天气预报是稳定提高预报准确率的大道

1982年全国灾害性天气预报服务工作会议提出了我国在预报技术发展中重点发展数值预报的指导思想,并具体体现在我国气象现代化建设的长期发展纲要之中,作为现代化的预报体系的中心环节,我国数值天气预报离实际业务的需要还存在很大的差距,但可以预见,在不久的将来将有较快的和新的发展。

对广大的台站来说,他们不需要像气象中心那样发展自己的数值预报,而是着力去研究如何应用数值预报产品,如何释用数值预报,使当地的天气预报能在数值预报的指导下稳定地提高准确率,逐步实现天气预报的客观化和定量化。

要使用数值预报就得先了解所应用的数值预报模式及其产品,知道如何获得这些产品,知道最基本的统计学知识。从我们所接触到的各地台站预报人员,甚至某些工作开展较早的台站同志和业务指导人员,都有这种要求,因为完整的和系统的适合台站应用的参考资料很缺乏。特别是有关模式的说明,无法跟上新模式不断投入业务的形势,人们往往不是在对新模式一无所知的情况下应用其产品,就是对一大堆数学物理方程和差分方程感到厌烦。这种情况看来是有意无意地被忽略了,我们觉得应该做一点补救的工作,但考虑我们并不很内行也许实际裨益不大。抛砖引玉,未为不可。

本书是由三部分的材料组成。

第一部分是关于常用数值预报模式及其产品的说明,主要介绍我省台站日常用的国家气象中心的B方案、日本现用业务模式和欧洲中期天气预报中心谱模式,考虑到华南二级传真广播将要建立,为此准备的预报模式——广东省热带海洋气象研究所的热带有限区正压原始方程模式和四层斜压模式,也作简介。

第二部分是关于我省台站常用的或可能用的传真广播情况和传真图种类及其说明。这些资料虽然较杂,但很有用,是带有手册性质的材料,是值得保存的。

第三部分是统计学基础,编写时着重介绍适用的统计方法原理、应用方法。由于考虑到广大台站已配有或即将配备袖珍计算机或微机,和一般常用的统计程序库,为节省篇幅,故某些简略的统计方法和程序均不列入介绍。

本书虽说是数值预报品应用基础,但没有讨论流行的模式输出统计预报和完全预报。我们认为近年来这类材料已很多了,不必重复,以节省篇幅,另外,还打算编另一个文集,收入我省台站已做出的实例。这样,恐怕更有参考价值。

不过,从根本上看,数值预报产品的应用,决不限于已知的方法,而且所谓优劣,还要

1034
107

视具体条件而定。原则上，应该很好发掘我们已有的经验和方法，赋予数值预报输出的因子，做出新的成绩来。

本书的第一部分由李真光编，第二、三部分由谢炯光编。不足之处，敬望批评指正。

编者

1984年10月

第一部分 常用数值预报模式及其产品

国家气象中心业务数值预报模式及其产品的说明

国家气象中心的现用业务数值预报模式，简称为B方案。为了便于台站应用，现根据多种单独的印件综合写成，可能不够准确和恰当，只供参考。

一、资料处理分析系统

(一) 收集和贮存

70年代后期，我国国家气象中心引进HITAC M—160和M—170电子计算机，完成了气象通讯业务和天气图填图的业务自动化，国家气象中心的原来的数值预报业务方案（即A方案）使用的气象资料，取自自动化填图所用的资料，仅包括常规气象观测资料，而且有些经过选站，数量较少，1982年2月，北京气象中心新数值预报业务方案（即B方案）已替换旧方案，新方案处理的气象资料，包括常规的和非常规的观测资料，这些资料由BQS系统在M—160机上编集，通过专门线路，直接送到M—170机上的磁盘中读取资料，然后加工处理。

(二) 加工处理的资料

加工处理的资料包括陆地测站和海洋测站的地面观测报告，高空压、温、湿和风的报告，气球或飞机获得的高层压、温、湿和风的报告，飞机高空报告，卫星观测推导风、地面温度、云、湿度和辐射报告，卫星遥感高空压、温、湿探测报告，卫星晴空辐射率观测报告，浮标观测报告，定高气球高空报告等。这些资料的处理，须经给定索取时间（B方案定为00和12GMT）、读入测站字典表、气象资料读入、分割气象报告和识别气象报告种类、气象报告报文整理、气象要素的提取、飞机高空报告处理和资料输出等程序，最后按规定格式传递到数值预报专用磁盘中，供客观分析使用。

此外，对计算机故障或通信故障，气象原始资料大量迟到、有些特殊情况需用人造站资料等，均有对策，以保证数值预报的需要。

(三) 客观分析

B方案采用逐步订正法作为业务客观分析方案。北半球分析(N—ANL)范围是北半球，格点数为 51×51 ，格距381公里，在收集资料时每边扩大4.5格，故此时有 59×59 格点。细网格分析(F—ANL)的范围是以 100°E 为中线的亚洲图，格点数为 35×27 ，格距为190.5公里，为了收集尽可能多的资料而又能及时提供预报产品，目前12Z业务客观分析是在18:45Z开始进行的。

分析的层次为7层，即地面、850、700、500、300、200、100毫巴，分析的要素在地面是气压、气温、温度露点差及风(x、y分量)，高空的温度分析尚

未正式使用, 850到500毫巴只有高度、温度露点差及风, 300毫巴以上只是高度和风, 分析时经以下程序:

1. 将资料分为地面、高空两大类, 地面又分陆地、海洋和人造三小类, 高空分探空、测风、飞机报告、卫星推导风、移动站及人造站等六小类, 并将资料规格化(如地面资料一律8组)。

2. 删去重复报, 规定距离小于0.15格距的视为重复报, 接删去原则处理。

3. 非常规报在分析图次的前后三小时以内的被采用, 飞机高度33000呎至42000呎归200毫巴, 28000呎至33000呎以下归300毫巴, 卫星推导风只用850毫巴层的

4. 将合用的资料按格点先上后下, 先左后右的次序排队。

5. 误差审查, 首先逐站进行垂直审查, 包括极值、仪器结冰、静力学关系、静力稳定度的审查, 并作缺测资料的补缺工作。其次进行水平审查, 包括由网格点估值检查观测值、与周围资料比较, 均订有允许误差作为取舍的标准。

6. 逐步订正分析, 顺序由地面向上到100毫巴, 逐层逐一要素循环四次半径由小至大的逐步订正, 扫描半径分别为1.5, 2.5, 3.5, 4.5格距, 扫描半径范围内的资料对该格点进行加权订正, 各层各要素的权重按距格点的远近给出权重系数(略)。

7. 气压、高度再分析, 即将其转化为地转风关系, 与分析得到的风比较, 对资料较少, 分析精度低的地方, 有一定的改进。

二、业务模式

国家气象中心现用业务数值预报模式有二个, 一个是修正的色玛坐标五层北半球初始方程斜压模式, 一个是细网格有限区五层原始方程模式, 前者主要用于大范围形势预报, 后者主要用于我国降水预报。

(一) 北半球五层模式

定义的修正 σ 坐标中, 首先按照地形高度选择一个适当的等压面 P_m , 使它的上层大气保持 P 坐标性质, 而它的下层大气具有 σ 坐标特点, 在本模式中取 $\sigma_m = 0.6$ 、 $P_m = 600$ 毫巴, 故模式的分层自上而下依次为100毫巴($U, V, T, \emptyset$), 300毫巴($U, V, T, \emptyset$), 500毫巴($U, V, T, \emptyset, q$)、第4色玛层($U, V, T, \emptyset, q$)、第5色玛层($U, V, T, \emptyset, q$), 括号内的符号代表预报的气象要素。

模式的水平分辨率为381公里, 侧边界取为刚体边界, 即在最外两圈格点之的法向风速为零, 并假定边界上没有热量交换。模式计算的范围是极射投影的一个正方形区域, 共有点 51×51 个。

空间差分平流项的方程采Lilly格式, 气压梯度力用类似Corby格式。

时间差分使用中央差, 起步时采用前差, 但运动方程中气压梯度力项用shuman经济格式。

时间步长为12分钟, 在M-170机上作24小时预报的计算时间为33分钟。

初值形成是先输入850、700、500、300及100毫巴的客观分析高度场,

海平面气压场以及850、500毫巴的温度露点差,100、300、500毫巴高度场直接引用,场面气压是由海平面气压场和贴近地面最下面两个标准层的高度场采用气压对数插值公式计算的。模式大气的最下两层色玛面,是采用500、700、850毫巴和海平面气压层的高度场用4点插值求解。初始温度场是由色玛面高度按静力关系求得,初始风场是解非线性平衡方程求得,湿度场是先求出等压面上的比湿,然后按指数递减插值公式,求出模式层上的值。

模式包括各种非绝热加热过程和大地形作用,对辐射作用、感热交换和蒸发、水汽凝结、大地形作用、水平扩散和摩擦等物理过程,都作了适当的处理。

本模式自1982年2月起每天作12Z的36小时和48小时业务预报。

(二) 五层细网格有限区模式 (FLM)

本模式于1982年4月投入准业务使用,在中央气象台试作24小时国内降水预报,经过改进,修正了过多地重视模式的计算稳定性,对降水强度预报不够,没有明显的降水中心和预报时效只有24小时等缺点,结果时效提高到36小时,预报结果有了明显的提高,1983年8月1日起每天正式作00Z国内36小时降水业务预报,提供国内广播。

模式采用色玛坐标分层,自下而上为 $\sigma=0.91(U, \varnothing, T, q)$ 、 $\sigma=0.73(U, T, \varnothing, q)$ 、 $\sigma=(U, \varnothing, T, q)$ 、 $\sigma=0.37(U, \varnothing, T, q)$ 、 $\sigma=0.19(U, \varnothing, T, q)$ 、括号内为预报的气象变量,只在下三层考虑水汽作用。

水平方向采用极地投影取规则的正方形网格为 37×45 格点,输出范围为 27×35 格点。

差分格式是按照质量守恒、动量守恒和能量守恒的原则设计,其中非线性通量项采用Lilly格式,气压梯度力项和Corrby格式相近。

时间积分采用欧拉后差和中心差交替使用格式,即每6小时(80步)内先做5步欧拉后差,其余均为中心差,并采用时间过滤技术。时间步长4.5分钟。

模式采用常定边界条件,边界附近产生二倍格距波并向预报区内传播,最终会破坏整个预报场,此在低纬更为明显。经采用Davies处理方法,效果较好。

模式中包括与降水相联系的主要物理过程,大尺度凝结作用是在简化条件下进行的,即假定相对湿度达到80%时,就产生凝结,凝结出来的液体水完全降落,不考虑途中水滴的蒸发,故各层凝结量之和即为地面的降水量。次网格尺度对流参数化采用郭晓岚方案(1974),设对流云产生在条件性不稳定层结下低空强水汽辐合区,低层大尺度辐合提供了积云对流所需的水汽,而凝结又提供了大尺度扰动发展所需的能量,这种相互作用,是产生暴雨的主要原因,模式假定以下两个条件同时成立时有积云对流发生:①在模式的最低三层必须同时保持条件性不稳定层结;②最低三层的水汽辐合量大于经验常数 R 。此处取 $R = 2 \times 10^{-7}$ 毫巴/秒。模式中对流降水和大尺度凝结同时进行,二者均取同时刻的量进行计算,使得对流降水在个别点上较大,有达到24小时20—30毫米之多。此外,在行星边界层垂直动量输送,水平扩散作用,地形处理等都有特别的处理,如假定最高地形为1000米,这是不够理想的。

为了与业务客观分析(逐步订正法)相配合,本模式采用以高度场为主的静力初值化方法。由标准等压面的高度和温度露点差,插出等色玛面的高度及温度露点差。温度场由静力方程计算。直接求解等色玛面上的平衡方程得到初始风场,初始时刻模式中的质量散度为0。

三、传真图物理量计算说明

国家气象中心业务数值预报模式输出的物理量场,自1983年5月进行传真广播以来,成为台站用于天气预报诊断与统计的重要数据,但多数还不了解其计算方法,故需专门作些说明。

(一) 涡度 (ζ)

计算公式: $\zeta = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}$

其差分形式为 $\zeta_{ij} = \frac{m_{ij}}{2\Delta x} (V_{i+1,j} - V_{i-1,j} - U_{i,j+1} - U_{i,j-1})$

式中 m_{ij} 为格点地图放大系数,

$$m = 1.966 / (1 + \sin \varphi)$$

图上单位: 1单位 $\times 10^{-6}$ /秒

等值线间隔: 10单位/条

中心标注: 用“+”或“-”中心数值表示

(二) 散度 (D)

计算公式: $D = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}$

其差分式为 $D_{ij} = \frac{m_{ij}}{2\Delta x} (U_{i+1,j} - U_{i-1,j} + V_{i,j+1} - V_{i,j-1})$

U、V分别为模式所给风场的风分量,当计算实况涡度、散度时,采用模式动态化的平衡风。

图上单位: 1单位 $\times 10^{-6}$ /秒

等值线间隔: 100以下25单位/条

100以上100单位/条

中心标注: 用“+”或“-”中心数值表示

(三) 垂直速度 (ω)

计算公式: 直接利用客观分析或模式预报位势高度场资料,求解准地转 ω 方程

$$\left(\nabla^2 + \frac{f^2}{\sigma} \frac{\partial^2}{\partial p^2} \right) \omega = \frac{f}{\sigma} \frac{\partial}{\partial p} \left[\vec{V}_g \cdot \nabla (\zeta_g + f) \right] + \frac{1}{\sigma} \nabla^2 \left[\vec{V}_g \cdot \nabla \left(-\frac{\partial \phi}{\partial p} \right) \right]$$

右边一项为涡度平流随高度的变化,当涡度平流随高度增加时,有上升运动 ($\omega < 0$),反之下沉运动。

右边第二项为厚度平流(温度平流)的拉普拉斯,所以暖平流区为上升运动,冷平流区下沉运动。

当大气层结稳定时, $\sigma > 0$, ω 方程属于椭圆偏微分方程,只要给定边界条件,方程可以求得一个确定的解,边界条件为:

$$P = P_u \quad \text{大气上界, } \omega = 0$$

$$P = P_L \quad P_L = 1000 \text{ 毫巴, } \omega = 0, \text{ 不考虑地形和摩擦作用,区域侧边界取 } \omega = 0$$

方程的差分形式很复杂从略,

图上单位: 1单位 $\times 10^{-6}$ 毫巴/秒

等直线间隔: 100以下, 25单位/条

100以上, 100单位/条

中心标注: 用“+”或“-”中心数值表示

(四) 温度露点差 ($T - T_d$)

先由已知的比湿 (q) 按下式求出露点 (T_d)

$T_d = [b \cdot \ln(pq/3.8002) - aT] / [\ln(pq/3.8004) - a]$ 式中 a, b 为常数, 当 $q_{100} < 7.6008 \times 10^{-3}$ 或 $q_{700} < 5.029142 \times 10^{-3}$ 或 $q_{1000} < 4.471058 \times 10^{-3}$ 时, $a = 21.874$, $b = 7.66$, 反之则取 $a = 17.269$, $b = 35.86$

由已知温度 T 减去露点温度 T_d 使得 $T - T_d$

图上单位: 1°C

等值线间隔: $4^\circ\text{C}/\text{条}$

中心标注: 以汉字“大”或“小”的汉语拼音字母的字首“D”或“X”和中心数值表示。

(五) 假相当位温 (θ_{se})

计算按下列进行:

$$\theta_{se} = \exp \left\{ \frac{R_d}{C_{pd}} \cdot \ln \frac{1000}{P - E} + \frac{L_o + C_o(T_o - T_k)}{C_{pd} \cdot T_k} \cdot \frac{2622 \cdot E}{P - E} \right\}$$

式中 E 为实际水汽压, T_k 为凝结温度

$R_d = 6.86 \times 10^{-2}$ 卡/克·度, 为干空气的比气体常数

$C_{pd} = 0.24$ 卡/克·度, 为干空气的定压比热

$L_o = 597.4$ 卡/瓦, 为 0°C 时水汽的凝结潜热

$C_o = 0.57$ 卡/克·度, 变为水的凝结潜热随温度的变化率

$T_o = -273.16^\circ\text{K}$, 为绝对温度值

图上单位: 1°K

等值线间隔: $8^\circ\text{K}/\text{条}$

中心标注: 以汉字“大”或“小”的汉语拼音字母的字首“D”或“X”和中心数值表示。

(六) 饱和假相当位温 (θ_{se}^*)

这是当 $T = T_d$ 时的饱和假相当位温, 实际计算同 θ_{se} , 只用 T 代替 T_d 。

这些计算均是在等压面上进行的, 由于B模式下层用色玛坐标, 需把其中的温度 T_0 和比湿 q_0 分别插值到等压面, 再用 T_p 和 q_p 计算。

图上单位: 1°K

等值线间隔: $10^\circ\text{K}/\text{条}$

中心标注: 同 θ_{se}

(七) 水汽通量

$$\text{计算公式: } \frac{1}{g} \left| \vec{V} \right| q$$

式中 g 为重力加速度, $\vec{V}$ 为风速, q 为比湿, 取底边1厘米, 高为1毫巴, 计算单位水

汽通量，风速取绝对值。

图上单位：克/秒·毫巴·厘米

等值线间隔：20单位/条，>100不分析，

中心标注：与 θ_{se} 同

通量方向可取等压面上该点的风向

(八) 全风速

求平衡方程较为复杂，从略。

计算得风速分量 u 和 v ，全风速 $V = \sqrt{u^2 + v^2}$ ，此风速为色玛面的风速，用线性插值求得等压面的风速，但高原地区风速过大，仅作参考。风向从等压（等高）线走向求得。

图上单位：米/秒。

等值线间隔2米/秒

中心标注：与 θ_{se} 同

(九) 厚度 (DETH)

计算方法：用36小时预报的500毫巴等压面位势高度减去1000毫巴等压面位势高度即得。

图上单位：位势米

等值线间隔：80位势米/条

中心标准：以汉字“冷”或“暖”的汉语拼音第一个字母“L”或“N”和中心数值表示。

(十) 变高

计算方法用36小时500毫巴等压面位势高度减去12小时500毫巴等压面位势高度即得：

图上单位：位势什米

等值线间隔：4位势什米/条

中心标注：用“+”或“-”中心数值表示

李真光据国家气象中心及国家气象局业务司的有关资料编写

日本业务数值预报模式及其应用

日本气象厅电算中心

一、计算机系统

日本气象厅电算中心成立于1959年，此后计算机技术取得长足的进步。计算机系统除输出数值预报产品外，还作多种研究工作和服务工作。计算机的更新，使现在的计算能力

为1959年的1000倍。逐年机型的变化是：IBM704(1959)，HITAC5020F(1967)，HITAC8800(1973)，HITAC M-200H(1982)。现用计算机的主要参数：浮点运算时间，加法0.084微秒($\mu s=10^{-6}s$)，乘法0.126微秒，除法0.588微秒；缓冲存储器64KB，存取时间7.0纳秒($ns=10^{-9}s$)，周期21.0纳秒；主储存16MB，存取时间0.1微秒，周期0.252微秒/8B(1B=8位)；辅助储存磁盘195.5MB，转移率1.2 MB/s，存取时间26.4毫秒($ms=10^{-3}s$)。计算机系统包括前置处理系统、M-200H系统、集成矩阵处理机、绘图设备、开放式输入/输出室、时间共享系统，总磁盘空间为7250MB。

二、分析系统

资料经过收集、解码、分幕等自动化处理，加手工分析的人造站资料后，进行预分析，用于预分析的资料，先经垂直一致性检查，再重新排入每个格点方框，再作水平检查。每日二次分析用于细网有限区模式的C-ANAL和用于的北半球谱模式的N-ANAL。两种分析均以半球谱模式的12小时预告场作为第一估值。不用的资料的情况和分析统计情况，均存储备查。

分析的规格如下表(表1)：

表1. 业务客观分析的规格

分析类别	C-ANAL	N-ANAL
区 域	亚洲和太平洋	北 半 球
格点系统	60°立体投影	纬度—经度
格 距	60°N处254公里	2.5°
格 点 数	56×48 极点=(35, 0)	144×37 (0°E, 90°N)=(1, 1)
分析时间	00和12时(世界时)	00和12时(世界时)
截止时间	观测时间后3.5小时	观测时间后6小时
层次和要素	地面、850、700、500、400毫巴的高度、风、温度、温度露点差。 300、250、200、150、100毫巴的高度、风、温度。	地面、850、700、500、400、毫巴的高度、风、温度、温度露点差。 300、250、200、150、100毫巴的高度、风、温度、70、50、30、20、10毫巴的高度、(风)、温度。

业务用资料有：

地面(SYNOP)和船舶(SHIP)报的地面气压、温度、风、温度露点差。
探空(TEMP)和测风(PILOT)报的高度、温度、风、温度露点差(规定层和特性

层)。

飞机报告(AIREP)的风、温度。

卫星(SATEM)报的厚度和可降水量。

卫星(SATOB)报的风和海面温度。

人造站(JMA BOGUS和澳大利亚PAOBS)报的地面气压、风、高度和风。

漂浮站(DRIBU)报的海面气压、温度和露点温度。

火箭(ROCOB)报的风、高度、温度。

机场(METAR)报的机场地面资料。

同步卫星(GMS)的数字化资料。

日本自动资料收集系统(AMEDAS)每小时的地面资料。

以上资料均经编辑并最后化为 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 经纬格点资料。

客观分析须先经对规定层的资料处理,进行层次订正、位置选择。过时报或提前报的选用、据经验公式计算人造站资料等。其次,通过质量控制程序,进行垂直检查和水平检查。最后进行客观分析,在对流层(100毫巴以下)采两维多变量最优插值法分析高层位势高度和风,其他要素采两维统一变量最优插值法分析。在平流层,考虑到其预告不如对流层好,不宜使用预告值作为初始估值,故使用最小二乘最佳适值法,在资料稀疏的地区使用前次分析插值以保证分析稳定。在热带地区(30°N 以南)用同样方法得到流函数第一估值。风的计算是混合应用 30°N 分析高度场的地转风算出的。

三、业务模式(NWP)

日本气象厅业务模式每日输出的预告图有:

(a)12层北半球谱模式(12L-HSM),1983年3月1日启用。

(b)12层细网格有限区(亚州)模式(12L-FLM),1982年3月1日启用,1983年3月1日起由10层增至12层。

(c)11层基细网格有限区(日本)模式(VFM65)。

所有模式均每天用00和12GMT时间观测资料运算二次,积分时间为:

12L-HSM 从00和12GMT起72小时。

12L-FLM 从00和12GMT起36小时。

VFM65 从00和12GMT起24小时。

12L-HSM还作延伸预报,逢星期日和星期三用12GMT观测资料作192小时预报。

(d)移动套网格台风预报模式(MNG),1982年启用,1983年起扩大了预报范围,MNG与NWP系统配套作72小时台风移动预告。

对各模式的细节有兴趣者请阅日本气象厅的材料,这里仅摘译介绍其简单情况,供应用其产品时作为参考。

1. 12层北半球谱模式(12L-HSM)

本模式的主要作用是作3—8天大尺度流场预报和为细网格有限区模式提供随时间变化的边界条件。其主要特点是应用谱方法于变量的水平情况和给出适于中期预报的物理过程的

完全数据。模式是以Bourke(1974)和Hoskins及Simono(1975)的工作作为基本框架的。

模式的垂直分辨率是以色玛座标分层的, 变量为流函数、势函数、温度、高度和比湿在规定的色玛层定出, 个别变化和垂直通量则由层与层之间定出, 边界条件为 $\sigma = 1$ 和 0 。

分层情况如下表:

表2、模式的色玛层和大致的层厚度

色 玛 值	层 次	层 距 (毫巴)	色 玛 值	层 次	层 距 (毫巴)
0.025	12	50	0.690	6	120
0.075	11	50	0.800	5	100
0.160	10	120	0.890	4	80
0.290	9	140	0.950	3	40
0.430	8	140	0.980	2	20
0.565	7	130	0.995	1	10

模式的水平分辨率是使用截断误差于42波的三角波数球面调和分析的项的展开而定的。物理过程和非线性项的计算, 使用 128×32 高斯格点。

2、12层细网格有限区(亚洲)模式(12L-FLM)

12L-FLM不仅是为预告天气尺度扰动的随时间演变而设计的, 而且也预告水平尺度约1000公里, 生命周期约一天的扰动。

12L-FLM复盖亚洲的东北部, 其水平网格在 60°N 为127公里, 分辨率高于12L-HSM。本模式套于12L-HSM并单道相互作用。模式每天二次输出36小时预报。

本模式也用色玛座标作垂直分层(表3)。

表 3 12L-FLM的色玛层及层厚

色玛层 (σ)	u、v、 θ 、q等层次	厚 度
0 毫 巴		
50	25毫巴	50 毫 巴
100	75	50
200	150	100
300	250	100
400	350	100
500	450	100
600	550	100
700	650	100
800	750	100
900	850	100
960	930	60
1000	980	40

模式的物理过程，分别作了特别的处理。包括水平扩散、垂直扩散、对流调整、地形效应和辐射过程等方面。

模式的初值化使用了下列经过业务客观分析的资料 ($d=254$ 公里)：

100毫巴以下各标准层的位势高度；风；海平面气压；表面温度；400毫巴以下各标准层的温度露点差。

等压面资料均由色玛面的水平和垂直内插求得，没有使用特别的初值化方案。

比湿是由温度露点差和温度据流体静力关系得到的，并在初始状态作湿对流调整时修正为无过饱和及无不稳定态。400毫巴以上的比湿，假定等于400毫巴面上的值。

100毫巴以上的初值场是由12L-FLM的初始时间前12小时的12L-HSM的12小时预报构成的，因此业务分析 ($d=254$ 公里) 不能对100毫巴层以上作实况分析。

3、甚细网格有限区模式 (VFM65)

VFM65是为模拟大气运动的小尺度特征而设计的，这些特征是由地形和海陆差异等地表状况引起的。模式在对流层下部具有高的垂直分辨率以准确地描述边界层的垂直湍流过程。VFM65是套于12L-FLM上与之单道相互作用。模式每日作两次24小时预报。

模式在垂直方向采用色玛系统，分为11层 (表 4)：

表4 色玛层及每层大致的厚度

层 次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
色 玛 值	0.995	0.978	0.95	0.911	0.861	0.800	0.728	0.639	0.517	0.333	0.111
厚度(毫巴)	10	20	30	40	50	60	70	90	130	200	200

模式计算范围包括华东沿海、华北沿海、我国东北、苏联东海滨省、朝鲜半岛、日本列岛及邻近海域，共 55×55 个格点 60°N 处的格距为63.5公里。

在水平方向上，所有变量均在相同的格点定出。

VFM65使用与12L-FLM相同侧边界条件的规格的算法，除非侧边界值取自12-FLM。

模式的物理过程的处理为每一较长时间步长之末的面通量、垂直扩散、大尺度凝结、对流参数化和水平扩散，均有特点。

日本气象厅业务客观分析方案(C-ANAL)提供100毫巴以下的海平面气压、风、温度、高度和850、700、500、400毫巴的温度露点差。C-ANAL的格距为254公里。

分析的高度、温度露点差和风均为水平及垂直内插的。色玛面的温度是据高度场用流体静力关系求得。比湿得自温度露点差和温度，并在初始状态作湿对流调整时修正为无过饱和及无不稳定态。内插的风和高度当作初始状态值不需任何初值化程序而使用。

模式VFM65应用与12L-FLM相应时间的前进程序的相同算法。

4、移动套网格台风预告模式(MNG)

自1982年夏起，可移动多重套网格系统的三维模式(MNG)已用于预告台风移动。当台风在日本列岛以以南时每天作二次72小时预告。

模式的垂直结构见表5。

模式的水平范围和格距分为三种情况，最内二种范围，随台风移动，通常将台风置于最细网格范围的中央。 31×31 格点的格距在 60°N 分别为381.0公里、190.5公里、95.25公里。

表5、 MNG模式的垂直结构

层 次	变 量	色玛值	标准大气(毫巴)	高度(米)
0	$\sigma=0$	0	100	16180
1	σ, T	1/12	176	
2	V, Φ	2/12	252	10260
3	σ, T	4/12	403	7180
4	V, Φ	6/12	556	4800
5	σ, T	8/12	708	2930
6	V, Φ	10/12	860	1330
7	σ, T	11/12	936	
8	$\sigma=0$	1	1013	0

套网格的界面边界条件为双道相互作用,即是界面边界上的气象变量是由相邻的粗细网格上的值,在同一时间层次,用线性内插算得的。另一方面,最外的侧边界假定为开放的边界条件。即是所有边界上的动量的正常分量、动量的切向分量和温度,在整个时间积分中,流入边界均为常数,而切向分量和温度流出边界则由内侧数值线性外推,所有边界的气压是由边界内的格点决定的。

由于台风是对称性的涡旋,嵌套台风时对地面气压、温度、风等作了处理,特别对风场初值据经验方法作了调整,其调整程序是:

(1)做出6小时预报并计算预报路径与实况路径的向量误差,在预报模式中,台风中心是由估计的低位面的地面气压所决定的。

(2)当质量场不变时台风中心附近的初值风场使用偏斜校正器进行调整。现用于业务的风误差分量的偏斜系数对 Δu 和 Δv 分别为2.5和1.5。

(3)订正过的新初值场重新开始预报。模式大气的质量场与风场之间的调整在数值时间积分过程中有效地进行并提高对高频波的削弱效果。

经业务实践的验证,MNG模式有如下的特性需要说明:

(1)模式不能完全模拟那些在西风带迅速加速的或转向后的台风。

(2)转向的模拟是完全可以接受的,但预报路径的转向度常比实际略小。

(3)在低纬度有时报出错误的路径,估计是没有充分弄清季节、资料短缺和侧边界的影响造成的。

四、验证系统

业务数值天气预报模式的验证每天二次日验证,每月一次月验证。每日验证细网格有限区模式(FLM)和北半球谱模式(HSM)的短期预报,每月验证FLM和HSM的短期预报及HSM的8天预报。

每日对地面气压和500毫巴高度的FLM12、24、36小时预报和HSM24、48、72小时预报验证、计算亚洲区的倾向相关、均方根误差和SI得分。

短期预报的每月验证是对FLM的30个气象要素的初值、12、24、36小时预报,HSM的38个气象要素的初值、24、48、72小时预报进行的。验证计算:

(1)FLM及HSM全部区域的月平均及其标准差,月平均误差及其标准差。

(2)FLM亚洲和日本周围,HSM亚洲和 20° — 90° N之间的错向相关、均方根误差、SI得分及其他得分。

(3)对照地面站和高空站的实测资料求月平均误差及其标准差。

对8天预报亦进行月验证,计算:

(1)HSM亚洲和 20° — 90° N的38个气象要素的每一24小时预报的倾向相关、SI得分、月平均误差及其标准差。

(2)38个气象要素的每一24小时预报的谐波验证。

五、数值天气预报产品在天气服务上的应用

1. 概述

尝试应用数值天气预报作为指导天气预报和为局地预报目的而解释大尺度数值天气预报产品, 是许多气象中心的新近的热门。

在日本气象厅, 以下的产品已加入一般初始的预报的天气图之列发布,

a、为航空服务的天气图

(1) 重要天气图 (SIG图)

(2) 对流层顶图

(3) 国内重要天气指导图

(4) 国内风温图 (WITEM)

(5) 沿国内航线的剖面图 (仅为初始情况)

(6) 20站埃玛图 (译注: 即T-InP图解) 的T、 T_d 和V的垂直剖面

b、模式输出统计预报 (MOS)

c、海浪图

本章内, 将首先叙述传真传输的产品种类, 然后详细解释为天气预报和服务而给出的预告图的应用。

2. 传真传输产品的种类

有两类传真传输, 一是经陆地线路, 一是由无线传输。日本气象厅所属台站现均接收陆地线路传真。

根据输出的区域, 传真图分为六类:

(1) 北半球图 (D区, 包括欧洲、北美、南亚、菲律宾等在内)

(2) 北半球的东半部图 (O区, 地中海以东, 海南岛以北)

(3) 亚洲区域图 (C区, 伊朗, 白令海峡, 太平洋中部, 马六甲海峡在内)

(4) 太平洋区域图 (B区, 珠江口—菲律宾北部以东)

(5) 日本列岛及其邻近区域图 (A'区, 中印半岛以东部, 10°N 以北)

(6) 日本列岛图 (A区, 台湾以东, 以北)

D、O、C、B区的预告图均根据12层北半球谱模式 (12L—HSM), 而A和A'区的预告图则得自12层细网格有限区域模式 (12L—FLM), 初始场是由最优插值法客观分析方案提供的。

所有的D、B、A区和部分C区的预告图均可用于国际和国内航空服务, 另一方面, C区其余部分的预告图及O区和A'区的所有预告图是用于短期预报和延伸预报的。

由传真传输的预告图目录, 表列如下, 括号内的字母表示输出的区域。

a、12小时预告图

(1) 重要天气指导图 (A)

(2) 风温图 (A)

b、18小时预告图