

华沙数值预报会议情况介绍

世界气象组织于 1976 年 10 月 11 日至 15 日在华沙举办了《大尺度数值预报结果在局地具体天气预报中的应用》的学术会议。我国也派代表出席了这次会议。参加会议的共有三十三个国家,正式代表约八十人,会上共提出四十多篇报告。

会议分三部分。第一部分用动力模式作局地天气预报,第二部分根据数值预报结果作统计天气预报,第三部分是人工修改数值预报结果。现依次介绍如下:

第一部分涉及的方面比较多,大致反映了数值预报从报大形势过渡到报具体天气的两条途径。

1. 使用细网格模式,将差分计算的水平格距缩小到百多公里、几十公里,所用模式则大抵和大尺度模式类同。不少国家已在业务中使用这类模式。这里首先是分析问题。会上英国 Duncan 推广正交多项式的办法,将某要素场分布用

$$T(x, y) = \sum_{i=1}^n a_i F_i(x, y)$$

来拟合,其中 $F_i(x, y)$ 是某类基底函数,报告用三角多项式、切比雪夫多项式等 9 种基底函数,以 10 公里的水平格距对地面温度场进行实例分析。为了比较,他将观测要素场 T 和相应的客观分析场 A 分别展成

$$T = \sum_{i=1}^m C_i N_i, \quad A_i = \sum_{i=1}^m C'_i N_i$$

其中 N_i 是“独立向量”,每一个 N_i 表示一个特征场。比较 C_i 和 C'_i , 可以了解不同分析方案对描述要素场各种特征的能力。报告认为这比用均方误差较好。

细网格模式一般使用于小区域,边界问题较大范围数值预报更为突出。德意志民主共和国的 Herzoy 及 Meyer 采用类似 Charney 的方法,分析特征线方向和解的依赖区,讨论了斜压情形下流入、流出区边值的给法。由于处理的复杂性,其结论并未实际使用。较自然的做法是采用不等距格网,在预报关心的地区加密格网,这在技术上也是有困难的。德意志联邦共和国的 Schmidt 给出一个有意思的办法。对于谱模式,例如球面座标,引进座标变换 $(\lambda', \phi') = \tau(\lambda, \phi)$, 使球面中心地区的经纬度格点收缩,而外围地区格点分布张开,成为自然的不等距网格。报告给出一个例子,取

$$\tau(\lambda, \phi) = \left(\lambda, \arcsin \frac{(1 - C^2) + (1 + C^2) \sin \phi}{(1 + C^2) + (1 - C^2) \sin \phi} \right)$$

计算了 $C = 0.5, 1, 2, 4$ 四种情况下的球面格点分布。当 $C > 1$ 时,就得到中心区收缩加密的格网。

2. 针对特定的预报对象,以大尺度模式预报的环流为背景,建立小尺度运动的模式。它不同于前述大小格网相套的办法,可称为模式配套的方法。会上我们报告的太行山背风波问题就是用这种方法。另外,瑞典的 Bodin 为机场需要,建立非常定边界层模式。如以上标“,”表示边界层内变量,以“-”表示大尺度环流预报量,对于 u' 有

$$\frac{\partial u'}{\partial z} = f v' + \frac{\partial}{\partial z} \left(\kappa \frac{\partial u}{\partial z} \right)$$

类似有 v', T', q', b 预报的方程,其中 $\kappa = l(0.2b)^{\frac{1}{2}}$, l 是混合长, $b = \frac{1}{2}(\overline{u'^2} + \overline{v'^2} + \overline{w'^2})$ 是湍流动能。方程组可在边界条件

$$z = 0, u' = -\bar{u}(0), v' = -\bar{v}(0), T' = T - \bar{T}(0), \frac{\partial b}{\partial z} = 0$$

及

$$z = H, u' = v' = T' = q' = \frac{\partial b}{\partial z} = 0$$

下求解,可以看出背景场的 $\bar{u}, \bar{v}, \bar{T}, \bar{q}$ 通过边界条件和 $\frac{\partial}{\partial z} \left(\kappa \frac{\partial u}{\partial z} \right) (u = \bar{u} + u')$ 等项影

响边界层内的小尺度运动;而这些量的本身也是随时间变化的,可用大尺度模式预报。报告认为,24 小时预报得到的边界层厚度、风场、温度场的日变化等结果,同实况是接近的。

意大利的 Finizio 也在会上提出了一个用地面气压场计算地面风场的方法,他使用的方程式不同于 Bodin,即在上述方程组的右端,没有考虑水平风速的铅直切变项,而是水平湍流交换项及水平摩擦项,计算得到亚得利亚海及沿岸地面风分布,报告认为比地转风近似效果好。

瑞士的 Kuhn 和 Quiby 给出一个业务预报使用的简便做法。他们利用别国的数值预报结果,用细网格(32.5 公里)解正压或斜压的 ω 方程,方程右端诸项由大尺度预报结果内插,通过下边界条件考虑地形和边界层影响,然后将计算的 ω 与实况降水进行回归统计,建立预报方程。这个方法注意考虑本地区特点而又简便易行。

在大尺度数值预报方案中,通常总是略去高频(即短波)部分,认为其作用可以忽略不计。这样,一个后果是有效位能向动能的转换考虑得不够,如 $\int T' \omega' ds$ (T' 和 ω' 为高频值)就被略去。对此,Юдин 提出一个补救的办法,即根据温度的实际观测资料及统计理论,存在关系式

$$\nabla T' = \beta \nabla T$$

β 约等于四分之一。于是从大尺度数值预报的温度场,就可以得到温度脉动场 T' ,沿铅直方向积分就得到 P' ,进一步可以算出由于 T' 的存在而引起的 ω' 以及 u', v' ,从而比较充分地考虑有效位能向动能的转换,使之更接近实况。

会议报告的第二部分,是利用数值预报结果,作统计天气预报,即所谓的 MOS,这是大尺度数值预报与具体局地天气预报联系的一个桥梁。这方面的工作,已从少数国家的试验,发展为较多国家的研究,并在业务中使用。

1. 多年来的实际预报经验证明, MOS 比“完全预报”方法来得有效。所谓“完全预报”是将局地天气要素与观测的环流参数,建立多元回归方程,并将数值预报的环流参数,当作观测值,以此去预报未来的天气。这种方法已基本上被 MOS 所代替。即现在主要是将

数值预报的输出结果,直接与观测到的天气实况,建立统计关系。

然而,目前还有一些国家,如瑞典、法国,仍利用“完全预报”方法,研究风、湿度和降水量的预报。

2. 随着 MOS 的普遍使用,预报对象已深入到各种天气要素,包括降水量和降水类型、最高最低温度、地面风、云量、雷暴、能见度、日照以及飞行高度等等,其中大部分已投入业务使用,受到值班预报员的欢迎和重视。

为提高具体天气的预报精确度,在 MOS 中已发展到同时使用几个不同的数值预报模式。例如,在美国气象中心,同时使用六层原始方程模式、轨迹模式、有限区域小网格模式。这样,就对降水概率预报、地面风速以及云量的预报,均有改进。

此外,瑞典、波兰等国已注意使用 MOS,作时效较长的预报,为发布中期天气预报时参考。

3. 在瑞典、波兰等国的工作中,反映出较重视将预报员的天气经验,纳入统计模式中,并取得了较好的效果。

为了使统计预报的因子,具有更多的动力及天气意义,不少国家对数值预报的输出结果进行了动力组合。更多地考虑动力因子,将有利于 MOS 的改善。

目前大部分数值预报模式,还只是提供天气尺度的环流。小尺度模式的成熟与投入业务使用,对预报局地天气是有利的,为此,美国气象中心的 MOS,寄希望于目前已投入试验的“非常小的网格模式”,其水平步长为 95 公里。

4. 在德意志民主共和国等国家的工作中,还根据数值预报结果,用相似法制作多种要素预报。例如,根据初始分析场及 24 小时数值预报场上 2×13 个参数,寻找历史(自 1957 年以来)相似,制作各种天气要素预报。由于考虑了连续两天的相似,所以这不只是考虑相似的天气情况,并且还考虑了相似的天气过程,这是值得注意的。

自 1973 年 10 月开始,日本气象厅每日二次传真发布未来 24 小时的“重大天气图”(简称 SW)。SW 的范围包括亚洲及太平洋部分地区。内容有:气压系统(包括中心值及移动情况), 0°C 的高度廓线、结冰、重大云区(包括云量、云状、Cb 云与非 Cb 云的分辨等)、冰雹、雷暴、明显的空气扰动、云顶和云底、热带风暴等等。SW 的发布,是基于对上述重大天气现象的一系列研究工作,用一些经验公式、统计公式、插值公式,以及数值预报的输出结果而得出的。

SW 能向预报员及早提供关于重大天气现象的警告,仅用人工,是难以在较短时间内作出这些定量估计的。

在波兰气象预报部门,还使用以大气稳定度为纵坐标,以温度露点差为横坐标的点聚图,制作冰雹预报。

在苏联的一些气象中心,作局地具体天气预报时,还使用经验正交函数,展开的对象,除大尺度参数外,还有反映局地天气的物理量,如轨线、垂直速度以及气团变性订正等。

会议第三部分,主要是指人工修改数值形势预报。会上有七个国家介绍了这方面的经验。归纳起来,修改预报图的依据和作法,大致有以下几点。

1. 检查客观分析结果。初始场是预报的出发点,发现明显错误,要加以修改,以免影响预报结果。

2. 根据经验和统计规律,修改预报图。

3. 考虑误差的持续性。例如,将已有的前 24 或 12 小时预报图同对应的实况比较,或将 6 小时地面预报图同实况比较,注意比较三小时变压,如此等等。这样,可以得到预报误差分布,作为修改未来预报图的依据。

显然,误差分布也是随时间变化的,南斯拉夫的 Gburick 根据经验,归纳出一些定准规则,主要是根据高空形势和气流,推断误差的移动和变化。

4. 根据修改后的数值形势预报图预报天气。由于修改只是在一、二层图上进行,为了得到修改后的垂直运动和其它物理量,就有一个再输入形势场,各层之间进行协调,然后重新计算的问题,这一点已在会上提出,但还没有实际工作。

(杜行远、徐一鸣、纪立人供稿)