

# 天气概率预报的科学性 及其应用前景

陆如华 袁国庆

(国家气象中心,北京 100081)

## 提 要

介绍了天气概率预报的科学性、对象、方法及应用前景,指出天气概率预报是我国天气预报技术的发展,它是适应社会需求,提高天气预报效益的重要手段。

**关键词:** 天气概率预报 科学性 应用前景

## 引 言

天气概率预报是对未来某天气事件出现的可能性用百分率来定量表述的一种天气预报方法。早在70年代初,美国国家气象中心首先建立了降水概率预报业务,随着天气预报技术的发展,又增加了降水等级、降水类型、雷暴、云量、云高、能见度等要素的概率预报;随后,加拿大、日本、澳大利亚以及欧洲、东亚的一些国家也相继开展了概率预报业务;我国国家气象中心于80年代初用MOS方法制作并发布了中雨以上的降水概率预报;最近,上海和北京市气象台分别从1995年6月15日和1995年8月1日起,通过电视和广播向公众发布降水概率预报,开始改变了沿用几十年有无降水的定性预报方法。

用概率预报定量描述天气事件发生的不确定性,使广大用户全面了解未来天气可能变化的大小程度,以便合理使用预报信息,提高利用天气预报的经济价值。因此,概率预报是更好地适应社会需求,直接为社会服务的新的预报形式,表明了天气预报的科学性和进步性。因此,发展概率预报方法及其应用具有重要意义。

## 1 天气概率预报的科学性

天气预报是一门预测未来天气状态的科学,要正确地预报未来天气及其变化,主要依

赖于对当前大气状态特征及对未来天气变化特征的正确认识,因此需要:

①建立完善的观测系统。尽管观测系统已有了很大改善,但远没有达到理想的境地。需要按照天气预报的要求设计及布局一个包括各种观测类型、不同的分布密度、不同的观测频率和观测精度的综合观测系统,能精确描述不同时空尺度的实际大气状态。目前的观测系统与这种理想的观测系统相差很远,要达到这种理想境地是极其困难的;

②建立精确描述大气未来变化的完善的数值模式。尽管数值预报取得十分可喜的进展,已成为天气预报的不可缺少的重要基础,无论数值模式的分辨率多么高,由于大气运动的复杂性,数值模式在处理物理和动力过程中不得不作各种假设,模式预报过程也包括各种简化和近似,况且我们对大气变化规律还有许多认识不足,因此得到的数值预报必然存在着固有的不确定性。这种不确定性反映了数值预报系统对未来天气的真正“认识状态”。

采取概率预报方法不仅反映了基于不完善的观测系统及不十分精确的数值模式基础上的天气预报本质,而且是大气运动本质特性所决定的。因为大气运动本身是极其复杂的,维纳在其著名的《控制论》中曾明确指出:

“云”、“温度”等名词都不是单一物理状态的名词,而是许多可能状态的一种分布。他认为,利用牛顿定律或其它因果律,人们能预告未来时刻的一切都是概率分布的。他还精辟地论述了天气现象和过程具有随机性,为气象专家从概率论和统计学着手解决天气预报问题奠定了基础。因此,开展天气概率预报是具有重要科学意义的,其主要优点是:

①概率预报客观地反映了天气预报本身的不确定性及其某些天气事件发生的随机性特征。传统的天气预报一般是预报员凭借个人的经验,人为地把可能发生或不发生的天气事件归结为“有”或“无”的确定性预报。虽然预报直观明确,但不能正确反映此类天气事件除了能被人们所认识的有规律的变化特征之外,还有未被人们所认识的随机性变化特征。例如,常出现预报有雨却无雨,预报无雨却有雨的预报不准的情况,人为地增加了预报误差。而概率预报克服了上述缺点,能够定量地描述此类天气事件发生的各种可能性,也符合目前天气预报技术所能达到的程度。

②概率预报增加了预报的透明度及可用性。概率天气预报用0%至100%之间的数值表征预测的未来天气变化的可能性大小,同时也反映了预报的把握程度,比“有”或“无”的定性预报的透明度大。因此提高了用户对预报的可信度,在使用天气预报信息时有更大的主动性。

综上所述,开展概率预报是天气预报从定性经验预报方式向客观定量方向发展的重要方面,真实地反映了预测的未来天气可能变化的程度,因此概率预报是科学的预报方式。

## 2 天气概率预报对象

按天气预报对象本身特征大体上分为两类预报量:

①连续性预报量,例如最高、最低温度、露点温度、平均温度、温度与露点差、风向、风速等。如为了某种需要,可将连续性预报量处理成离散性预报量,如风速达8级以上的大风预报、温度下降幅度在24小时之内达8℃以上的强寒潮预报等;

②离散性预报量,例如降水有无、降水量等级、降水类型(液态、固态)、雷暴、云及特殊天气现象(大雾、龙卷风、沙尘暴等)是否发生的类别预报。

上述两类预报量具有不同的特征,应采用不同的预报方法。对于连续性预报量,它只有一种可能的状态,即任何时刻都出现的状态,可用有序的数值大小来定量描述其未来状态变化特征,这是非概率预报,如每天向公众发布的最高、最低气温和风向、风速预报。对于类别预报这种离散性预报量,它有两种实际可能状态,即出现(用1表示)或不出现(用0表示),只有用概率才能表述其预报状态的不确定性。即用1至0之间的百分率来表示预报其出现的可能性大小程度。

在实际业务预报工作中,概率预报对象个数可有一个也可多个。

对于只有一个离散性变量的概率预报又可分为两种不同情况:①一种天气事件的出现概率,如降水出现的概率预报,只关心降水的出现,而不要求预报降水的大小;②一种天气事件分不同级别的概率预报,如降水出现条件下,按降水量大小分为4个不同等级的小雨、中雨、大雨、暴雨)概率预报。

对于多个不同离散性变量的概率预报的情况比较复杂,要根据用户的要求确定离散性变量个数及内容。例如,飞行训练对天气条件的要求为:云量<7成;云高>1000m;能见度>4km;风速<10m·s<sup>-1</sup>。这4个天气条件同时能出现的概率预报是多个要素的联合概率预报问题。

## 3 天气概率预报方法

概率是概率论的重要概念,已广泛应用到许多领域,天气预报是其重要应用领域之一。在天气预报领域中应用“概率”的概念制作天气预报时不拟力求解释概率预报的严格定义,而是致力于用概率预报表征未来天气事件发生的特征,以此更明确地表达未来天气预报的含义。

通常将概率预报分为3种,即气候概率预报、主观概率预报、客观概率预报。气候概率预报是常用的一种方法,是以长期的相对

频率为基础的。例如要表征北京夏季(6—8月)日降水量在20mm以上的天气事件,可用北京历年6—8月的较长历史的大样本资料,统计得出这一事件出现的相对频率来表征,以这种长期的相对频率作为概率预报的估值,这是气候概率预报方法,是预报员制作概率预报的重要参考。虽然用气候概率预报很有道理,但在天气预报应用中不是都能实现,因为长期观测资料有时难以得到,况且气候概率预报难以反映天气变化的复杂性,预报精度低,不能满足预报要求。为此,将概率预报方法加以扩展。在实际天气预报工作中,概率预报表征了个人对某天气事件发生的把握程度,反映了个人的判断能力,而这种判断因个人的经验和知识水平而不同。因此,这种概率预报解释成评估个人制作概率预报的技术水平,这称为主观概率预报。主观概率预报扩大了概率预报的概念在天气预报领域中的应用;在应用中不需要长期的历史资料的积累,虽简单易行,但经验少的预报员都会感到困难,希望预报的概率值不随预报员而异,这就是客观概率预报。随着数值预报的发展,为制作客观概率预报提供了许多较好的预报因子,使客观概率预报方法得到发展,现已广泛应用MOS方法来估算天气事件的概率。

当然,预报员在制作未来天气事件的概率预报时,需综合应用以上讨论的3种概率预报方法,在气候概率预报、客观概率预报基础上,发挥预报员的作用,主观作出最终概率预报。

#### 4 天气概率预报的应用前景

天气概率预报对象是要么发生要么不发生的天气事件,其中大暴雨、沙尘暴、龙卷风等灾害天气对社会经济及人民生命财产危害更大,而这些天气发生的因素十分复杂,人们尚不能完全认识和掌握其变化规律。至今,预报难度很大,因此开展天气概率预报方法及其应用研究更为必要。天气预报的经济效益不仅与预报水平有关,而且与用户合理使用预报及防范措施的有效性有关。天气概率预报使用户在不确定的概率预报中能根据自己的需求及条件作出最佳决策。从以往的使用

预报的被动和盲目性而变成主动和有针对性,因此合理应用天气概率预报是提高其效益的一个重要方面。

##### 4.1 在决策部门及公众服务中的应用

从预报服务角度说,天气概率预报使决策部门及广大用户有更多的主动性。各级防灾减灾、经济和生产管理决策部门可根据某种天气出现的不同可能性作计划、订方案、作决策,采取不同的措施,合理利用天气预报信息,减少投资,提高经济效益。例如,我国南方春播期间连续数天低温阴雨天气会造成烂秧,如按传统方式预报“有低温阴雨”的话,农民要采取一系列措施,耗费大量人力财力,但客观上这种预报不一定正确,可能造成防御了却没有出现的情况,损耗了防御费用;不防御却又出现了低温阴雨天气,会造成烂秧,耽误了农时。如果用概率预报的话,农业管理部门可根据概率的大小主动决定是否防御以及防御的等级,从而获得最大经济效益。

##### 4.2 在专业气象服务中的应用

专业气象服务是针对各行各业对天气的特殊要求而进行的专项天气预报服务,军事行动与天气密切相关,军事气象保障是专业气象服务的主要内容之一,现介绍天气概率预报在现代军事气象保障中的应用。

在现代战争中,战场信息量很大,气象信息是重要战场环境信息之一。以往,让指挥员面对天气图表和听取天气预报来考虑天气对军事行动影响的这种传统的气象保障方法已不适应现代战争需要了。况且天气也不是唯一决定军事行动的因素,必须综合考虑气象和非气象因素对军事行动的影响,要求气象部门提供的天气预报要给指挥员留有选择的主动权,为此,提出任务成功指数作为定量指标。

“任务成功指数”是美国空军气象局(AWS)于1976年在一次军事演习中采用的客观指标。表示执行某军事行动能获取成功的概率,是天气影响指数和任务权重系数的乘积。

天气影响指数是指出现在利于执行某军事任务的天气事件的概率。制作符合军事行

动要求的天气事件的概率预报,这是军事气象专业服务的任务。以上讨论过的3种概率天气预报方法都可用于确定天气影响指数;任务权重系数是指执行某军事任务所需的天气条件完全满足的条件下任务能成功的概率,属于非气象因素,是军事部门的任务,在此不作讨论。

“任务成功指数”方法是军事气象专业服务的客观方法,是研究各种军事行动所需要的一种天气条件或天气条件同时出现的概率预报方法,这种新的气象保障思想已被美国和不少西方国家的军队决策者所接受,我国赵颂华教授<sup>[1]</sup>首先引入任务成功指数概念,并开展了对任务成功指数及其在军事气象保障中的应用研究。在其它专业预报服务中也可参考这种方法,建立各类专业预报服务的定量指标。

#### 4.3 在制作逐级指导产品中的应用

我国气象业务体制是五级台站逐级指导制,国家气象中心是逐级指导的核心,上级气象部门对下级气象部门进行业务指导是其重要职责之一,而实现业务指导的主要方式是提供天气预报指导产品,为此,上级气象部门为提供符合下级气象部门要求的指导产品方面作了长期不懈的努力。1991年国家气象中心建立了中期数值预报业务系统,种类繁多的1—5天的数值预报产品已成为各级气象部门制作天气预报的重要指导产品。由于数值预报的局限性,数值预报还不能直接制作

各种地面天气要素预报,而这恰恰是各级气象部门十分关心的指导产品。因此,上级气象部门在数值预报产品基础上,进一步制作具体天气要素指导预报,是十分必要的。

上级气象部门向下提供具体天气要素指导产品,不仅要有别于下级气象台制作的天气预报产品,而且应起到上级对下级的有效的业务指导。概率天气要素预报作为指导产品反映了预报天气事件出现的似然估计值,下级气象部门的预报员在上级气象部门的概率天气预报指导下,充分发挥自己的聪明才智,根据局地的天气气候特征及最新资料作补充和订正预报,这是上下结合提高天气预报整体水平的重要方法之一。

#### 5 结语

天气概率预报是传统的天气事件出现与否的定性预报的重大发展,它不仅是在数值天气预报不可能十分准确的条件下天气预报方法的一种补充,而且在本质上它可能更能反映大气运动的随机性。天气概率预报可以为公众预报和专业服务提供更合理更科学的未来天气变化的信息,提高天气预报的使用价值。但是天气概率预报在我国起步较晚,概率预报制作技术及应用技术还需要广大气象工作者不断进行研究。

#### 参考文献

- 1 赵颂华等.任务成功指数及其在军事气象保障中的应用.军事气象,1991(2).

## The Scientific Characters of the Weather Probability Prediction and Its Applied Prospect

Lu Ruhua Qiu Guoqing

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

#### Abstract

The scientific characters, the objects, the methods and the applied prospect of the Weather Probability Prediction are introduced. It also indicated that the Weather Probability Prediction is not only the development of the weather prediction technology in China but also an important method adapting to social requirements and to the improvement of the economic benefit.

**Key Words:** weather probability prediction scientific characters applied prospect