

美国国家气象中心数值指导的应用

一、概述

数值天气预报在美国国家气象中心应用于日常业务预报，是从1958年开始的。1972年该中心的预报工作中曾对14年来的应用情况做过总结，并提出一种人一机结合的业务预报方法，认为计算机算出的数值预报结果，经过预报值班人工修改以后，可以显著提高预报准确率。

最初，美国国家气象中心使用的是北半球正压模式，后来经过不断革新，目前主要使用初始方程(PE)模式和有限区域小网格模式(LFM)来制作地面和500毫巴形势预报以及降水预报。

在应用数值指导的1958年到1971年间，地面形势预报水平提高了28%，500毫巴形势预报提高了22%，其中，地面预报是针对人工修改后的预报水平来统计的。1971年它比初始方程模式的预报改进了10%。而1971年500毫巴预报是直接用的初始方程模式。500毫巴预报的人工修改在1964年便中止了，因为发现修改后的500毫巴预报仅比数值预报提高4%，降水预报水平提高较慢。从1960年到1971年，按照趋势评分法(threat score)约提高了13%，大致相当于地面和500毫巴形势预报平均百分率的一半(见图1)。

据认为美国国家气象中心在制作形势和降水预报方面水平的提高，在很大程度上是由于细心地、

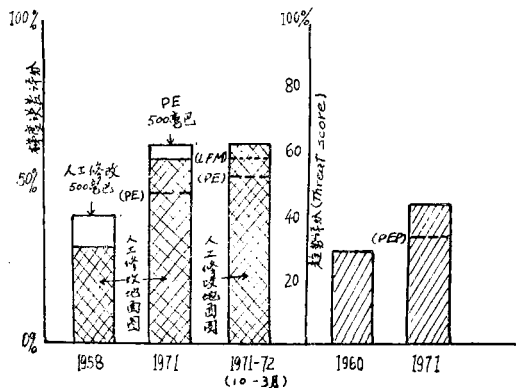


图 1

系统地应用了数值指导的结果。预报员从计算机的结果出发，去掉熟知的、系统性的误差，就可以(平均而言)改进计算机的预报效果，得出更高水平的预报。相反，如果预报员不顾数值预报，而独立地去制作预报，效果就要差些。

他们认为，降水预报方面进步较慢，主要是因为数值降水预报的水平不如气压场数值预报提高得快。美国在1960年还未采用降水数值预报。自1964年秋，降水数值预报日常业务开展以来，其趋势评分实际上维持在30%的低水平(见图1右半)，这是由于初始方程模式未能抓住那些中小天气系统的缘故。尽管如此，经过预报员的人工修改，在1971年仍使初始方程降水预报评分提高了大约10%。

随着数值预报模式的改进，人工修改后预报水平提高的幅度就相对变小了。例如1971年9月新补充了有限区域小网格模式后，经过修改的地面24小时形势预报，在1971—1972年这个冬季，仅比未经修改的模式预报提高了4—5%。

二、人一机结合法的应用

通过美国国家传真线路上传送的短期地面预报，实际上是个连续过程。国家气象中心的预报员不断地修改着他们的预报，并通过传真线路及时发布出去。这些预报既是对最近的资料作主观分析，也是对最近的有效数值预报进行订正的结果。预报员在制作地面预报图时，首先是考察最近的地面和高空分析图及天气型。在此过程中，他对当时的地面和高空环流型间的关系比对天气系统的历史演变更为注意。为了估价模式的性能，预报员必须判断大气的三维结构，以及数值预报模式逼近它的程度如何。并且，探讨各种模式之间的差异及任一模式所具有的倾向，预报员从已验证过的预报图中求出最新的误差，从中分离出系统误差，并把它应用于订正有效的预报图上。在国家气象中心使用的初始方程模式中，系统误差主要分为两类：一类与模式中的截断误差有关，使系统移动变慢；另一类是由于不能有效地预报发展很强的或快速斜压系统而产

生的误差。后一类误差表现在不能报出迅速发展的风暴的填塞,同时预报高空槽脊的发展不够充分。为说明起见,现以1972年1月25日00Z的24小时预报图为例,它描述了在美国北中部诸州风暴的发展。此例可简单直接地说明人一机结合法的应用。预报员首先复查同一预报时刻的前36小时大网格初始方程500毫巴预报(见图2a)。在图2a上算出初始时刻,12、24小时短波槽的位置(图中粗断线)预报

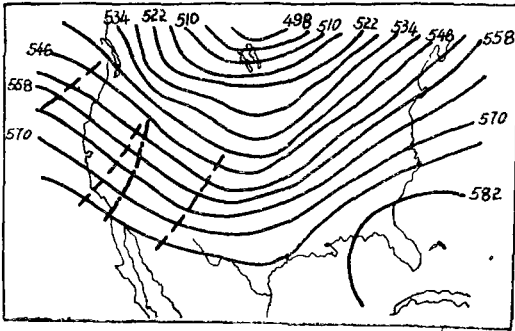


图 2a

槽在大平原加深,然后在24—36小时内减弱,初始方程模式很好地报出了槽向南发展。这种模式通常的系统误差表现为短波系统的偏慢,预报员开始做预报时,用初始方程所做的36小时预报的头12小时已经根据出现的实况进行验证,发现西风槽比实况(图中粗点划线)慢2个纬距,而且槽的深度报得也不够。于是,预报员用这一验证的结果,来订正初始方程所作36小时预报槽的位置。加快500毫巴上槽的移动,使它与初始方程预报的伊利诺斯地面低压(见图2b断线为等厚度线)更接近,从而订正了高低空系统之间配合上的过度倾斜。预报员还认为槽要比预报图上的深,因此把低中心订正到密执安的西南端。根据经验,一般要将地面低压中心

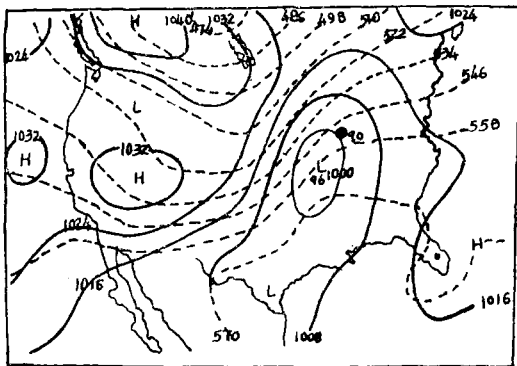


图 2b

气压值订正(加深)6毫巴左右(即有一个990毫巴的低压,如图2b中小黑点)。预报员在研究了初始方程模式的36小时预报图之后,就准备使用计算机最新算出的有限区域小网格模式的24小时预报结果(图2c、2d)。这模式改进了以上的预报,槽报得更深了,并且北部报得更偏东了。在密执安南端有一个中心为991毫巴的低压。预报员用小网格模式预报低压,只需作小小的修改就行了。

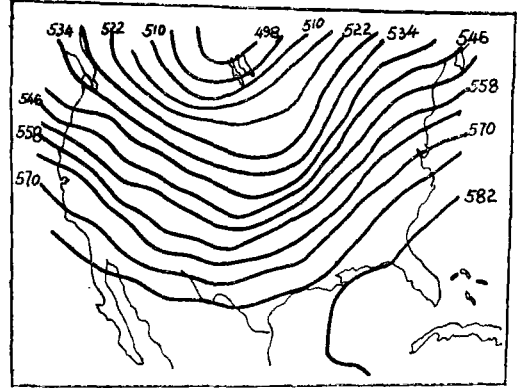


图 2c

预报员还根据有限区域小网格模式的系统误差作了订正。该模式在预报冷锋移动时有偏慢的倾向,因此预报员预报密西西比河谷的冷锋比小网格预报的位置更偏东。该模式预报静止锋和暖锋时有过多地偏入极地气团的倾向,预报员则把冷脊位置报得更偏南了。此外该模式预报图上的等高线还杂有许多小波动,预报员也对它作了平滑。

经过以上修改后,除了俄勒冈州沿岸外,对48个州所作的人工订正的24小时预报结果(图2e)是很好的,与实况(图2f)相比实测的密执安低压的深度与预报值一致,但位置比预报的偏北2个纬距。在美国中部的冷锋位置也是相当正确的。大平原上的

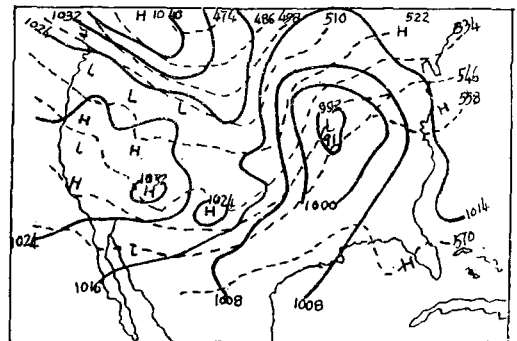


图 2d

(下转封四)

(上接第36页)

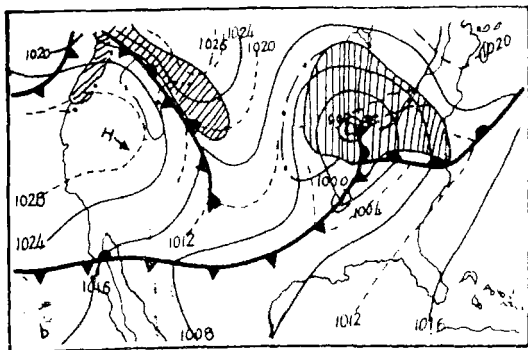


图 2e

脊和实况也相符。风暴很快接近西海岸了。

通过传真传送的24小时预报图作出后不久,同一预报时刻的新的初始方程24小时预报就可利用。预报员检查这种预报的系统误差,并与刚发出的预报相比较。然后预报员根据初始方程模式24小时预报来外推,作出36, 48小时的预报,它们是经过系统误差订正后得到的。

地面形势预报作出后,另一预报员接着作云和降水的预报,它是用订正过的500毫巴和地面预报来调整的。有限区域小网格和初始方程模式的平均层相对湿度预报中,相对湿度 $\geq 90\%$ 的区域是预报员用来做降水预报的起始依据,从而做出图2e中的降水预报。为了与修改后的地面预报中发展着的低压系统相适应,预报员将湿度数值预报作了修改。一般来说,降水区的移动比相对湿度预报所指示的要快些。同时预报的降水区(阴影区)要与大湖区一个发展着的风暴所具有的降水分布相适应。形势预报中540位势什米厚度线(1000—500毫巴)作为雨、雪区的分界线(降水区中粗断线)。由于初始方

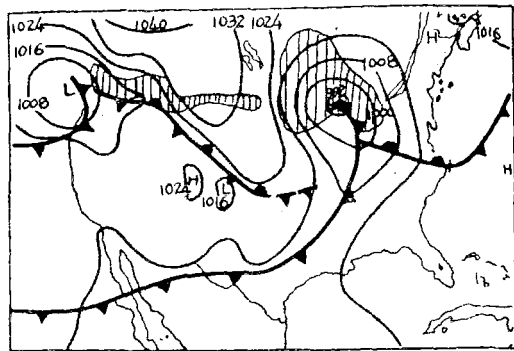


图 2f

程模式和有限区域小网格模式作湿度预报,不易报出某些有阵雨活动的冷锋区,所以尽管模式预报的相对湿度是低于90%,预报员还是作了修改,在某些山区、河谷的冷锋附近报为阵雨区(阴影旁点划线包围区)。

三、结论

美国国家气象中心自1958年以来,14年的经验表明:

1. 如果预报员能细心地、系统地应用数值指导就可以使经过人工修改后的地面形势和降水预报保持比相应的计算机的预报为高的水平。
2. 预报员平均预报水平的改进,直接同他所使用的数值预报本身的改进成正比。
3. 随着数值预报本身水平的提高,则要想进一步人为地提高预报准确率,就越显得困难。

(閻石城、李曾中等编译自美国

《应用气象杂志》1972年12月)