

数值预报产品动力-统计释用方法与寒潮预报

陈 静 桑志勤

(成都中心气象台, 610072)

提 要

从气温变化的物理过程出发,设计了一种数值预报产品的动力-统计释用方法,开发了一套四川盆地寒潮入侵时间和降温幅度的释用方案,并利用 ECMWF 产品建立四川盆地寒潮自动预报系统,滚动预报未来 1~6 日内的寒潮过程。1995~1997 年投入中短期业务运行,取得了显著效果。

关键词: 数值预报产品 动力-统计释用 寒潮预报系统

引 言

四川是农业大省,四川盆地的寒潮,特别是发生在 3~4 月和 10~11 月的寒潮低温过程常常给农业带来极为不利的影响,受秦岭和大巴山的阻挡,四川盆地的寒潮较我国北方和东部地区明显偏少,经统计 1955~1994 年共 193 次全国性寒潮,而涉及四川盆地的只有 93 次,约占 48.2%,即有半数多的寒潮不会入侵四川盆地,但由于盆地的地形特点,入侵冷空气容易堆积,降温幅度并不比北方和长江中下游地区小,有时甚至更大,持续时间更长。因此四川盆地寒潮预报一直是预报业务中的重点和难点。

本文利用 500hPa 高度场和 850hPa 温度场资料,研究了一种数值预报产品的动力-统计释用方法,即将寒潮过程中的地面气温预报转化为地面变温预报,并开发出四川盆地寒潮自动预报系统,自 1994 年年底投入业务运行以来,成为四川盆地寒潮预报的一个主要工具。

1 方法介绍

1.1 动力-统计释用的理论基础

某一测站的温度变化可以用热流量方程

表示

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\mathbf{V} \cdot \nabla T - w(\gamma_d - \gamma) + \frac{\gamma_d}{\rho_g} \left(\frac{\partial P}{\partial t} + \mathbf{V} \cdot \nabla P \right) + \frac{1}{C_p} \frac{d\bar{Q}}{dt} \quad (1)$$

上式中 $-\mathbf{V} \cdot \nabla T$ 代表温度平流对气温局地变化的影响, $-w(\gamma_d - \gamma)$ 是垂直运动对局地气温变化的影响, $\gamma_d / \rho_g (\partial P / \partial t + \mathbf{V} \cdot \nabla P)$ 是因变压和气压平流引起的温度局地变化, $1 / C_p \cdot d\bar{Q} / dt$ 是非绝热因子对局地气温变化的影响。这 4 个因子在不同情况下作用是不同的,在近地面层中温度变化主要以地面平流变温和非绝热变温为主,这与天气学经验一致。式(1)可简化为:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\mathbf{V} \cdot \nabla T + \frac{1}{C_p} \frac{d\bar{Q}}{dt} \quad (2)$$

日平均气温变化是四川盆地寒潮预报的核心所在。由式(2)可得日平均气温变化为

$$\frac{\partial \bar{T}}{\partial t} = -\mathbf{V} \cdot \nabla \bar{T} + \frac{1}{C_p} \frac{d\bar{Q}}{dt} \quad (3)$$

预报对象是某日的日平均气温变化,预报因子是地面温度平流的日变化和非绝热项

所致的日平均气温变化。

1.2 预报对象的处理

寒潮是大规模冷空气活动所致,单站气温变化难以描述一次区域性寒潮过程,且数值预报产品均为格点值,对某一区域性的代表性要优于一个单独的测站,因此,以成都、重庆、宜宾、达县4站日平均气温代表四川盆地地面平均温度。预报对象转变为四川盆地地面日平均气温变化。

1.3 地面温度平流的表示方法

实际业务中一般采用24小时变温作为判断冷平流强度的依据。但数值预报产品仅提供了每日20时的预报资料,24小时变温为负时,并不表明一定有冷平流入侵。因此,为滤掉短时间内温度的脉动,不仅选用了24小时变温,还选用了48、72小时变温来共同判断有无冷平流入侵。为了更充分地利用数值预报产品的120~144预报时次的资料,24、48、72小时变温的定义为某日气温与前24、前48、前72小时温度之差。

1.4 资料格点的选取

因ECMWF预报产品的分辨率较低($5^\circ \times 5^\circ$),一个省区范围内一般只有一个格点,因此首先研究可代表本地区冷暖平流变化的格点资料,我们发现最能代表四川盆地冷暖平流变化的格点是 30°N 、 105°E 的温度预报值。

检验认为ECMWF的850hPa温度预报对判断地面冷暖平流的变化具有很好的参考价值^[1]。我们建立了地面日平均24、48、72小时变温与850hPa的20时温度预报值的回归方程,效果较理想:

1.5 非绝热变温由500hPa的环流演变确定

天气学经验表明,500hPa上环流形势和影响天气系统的演变对非绝热因子云量和降水起着关键的作用。因此,在实际预报中,对

云量、降水等非绝热因子所引起的降温预报可转化为对500hPa环流形势和影响系统演变的预报。据文献[2]对甘肃省张掖地区降温过程的分析显示,当有天气过程时,云量和降水引起的降温幅度在 $1.5 \sim 3.5^\circ\text{C}$ 。对四川盆地的分析表明,天气过程明显时,云量与降水引起的降温幅度与该降温幅度相差不大,因此当有天气过程时,非绝热变温值取为 $-1.5 \sim -3.5^\circ\text{C}$ 。

2 四川盆地寒潮预报释用方案

基于上述释用原理,分析了1986~1990年冬半年四川盆地寒潮、强冷空气过程特点,在四川盆地中期寒潮预报中我们采用了以下的释用方案。

2.1 地面变温与850hPa变温回归方程的建立

计算1987~1990年地面24、48、72小时逐日变温与850hPa上 $25 \sim 60^\circ\text{N}$ 、 $40 \sim 120^\circ\text{E}$ 区域共136个格点相应时次变温的相关系数,4年年平均相关系数表明,盆地地面变温与 30°N 、 105°E 格点的变温相关系数最大,24、48、72小时变温相关系数分别为0.6332,0.7346,0.8037。因此可用 30°N 、 105°E 格点上的变温值代表盆地上空850hPa上的温度变化。

春秋季节地面24、48、72小时变温回归方程为:

$$\begin{aligned} \Delta T_{24}^{\text{地面}} &= -0.0011 + 0.4529 \cdot \Delta T_{24}^{850} \\ \Delta T_{48}^{\text{地面}} &= 0.0047 + 0.5228 \cdot \Delta T_{48}^{850} \\ \Delta T_{72}^{\text{地面}} &= 0.0131 + 0.5447 \cdot \Delta T_{72}^{850} \end{aligned} \quad (4)$$

冬季月份地面24、48、72小时变温回归方程为:

$$\begin{aligned} \Delta T_{24}^{\text{地面}} &= 0.0080 + 0.3629 \cdot \Delta T_{24}^{850} \\ \Delta T_{48}^{\text{地面}} &= 0.0081 + 0.4508 \cdot \Delta T_{48}^{850} \\ \Delta T_{72}^{\text{地面}} &= 0.0092 + 0.4945 \cdot \Delta T_{72}^{850} \end{aligned} \quad (5)$$

2.2 冷空气入侵时间预报的释用方案

由于四川盆地的特殊地形,在寒潮预报释用技术研究中,最重要的一点是判断北方冷空气能否侵入四川盆地,经分析1986~1990年逐日盆地24、48、72小时变温特点,发现如果某日无寒潮或强冷空气活动时,该日地面24、48、72小时变温或正或负,无明显规律。一旦有寒潮或强冷空气爆发时,则该日及其后1~2天,地面和850hPa上的24、48、72小时3个时次的变温均同时为负变温。1986~1990年间20次冷空气活动期间无一例外。

因此,由式(4)或(5)计算后,当某预报日的地面24、48、72小时变温为负值时,表明有明显冷平流影响盆地,预报该日可作为明显冷平流入侵盆地的开始日。

2.3 降温幅度预报的释用方案

2.3.1 冷平流降温幅度

冷空气入侵时,公式(3)中平流变温为负值,冷平流影响的最大降温值近似取为:

$$-V \cdot \nabla T = \min \{ \Delta T_{24}^{\text{地面}}, \Delta T_{48}^{\text{地面}}, \Delta T_{72}^{\text{地面}} \} \quad (6)$$

2.3.2 非绝热项引起的变温值

实际预报中,云量、降水等非绝热因子所引起的降温预报可转化为500hPa环流演变预报。

利用ECMWF1986~1990年500hPa20~65°N、60~130°E区域逐日5°×5°高度场格点资料,分析寒潮爆发日及其后一日的环流形势及影响系统的演变,发现寒潮爆发日及后一日的环流形势和影响系统的演变可分成3类:①长波低槽东移类,②贝加尔湖低槽类,③东亚横槽转竖类。四川盆地爆发寒潮或强冷空气时,500hPa上环流形势将出现上述三类演变之一,这是必要的环流条件。

当500hPa上环流形势出现上述三类形势演变之一时,盆地天气将发生明显的变化,非绝热项的变温为-1.5℃~3.5℃,否则取

为0.0。

2.3.3 冷空气影响时降温幅度

由上可知,冷空气的降温幅度由以上两项决定,如要达到寒潮标准,式(3)中冷平流引起的降温值要大。当冷平流降温和非绝热降温值确定后,由公式(3)可得出四川盆地寒潮过程降温幅度。

3 用ECMWF产品制作四川盆地寒潮预报的综合模型

综合以上分析,利用ECMWF的500hPa高度场和850hPa温度场预报资料,建立四川盆地寒潮开始时间及降温幅度预报综合模型如附图。

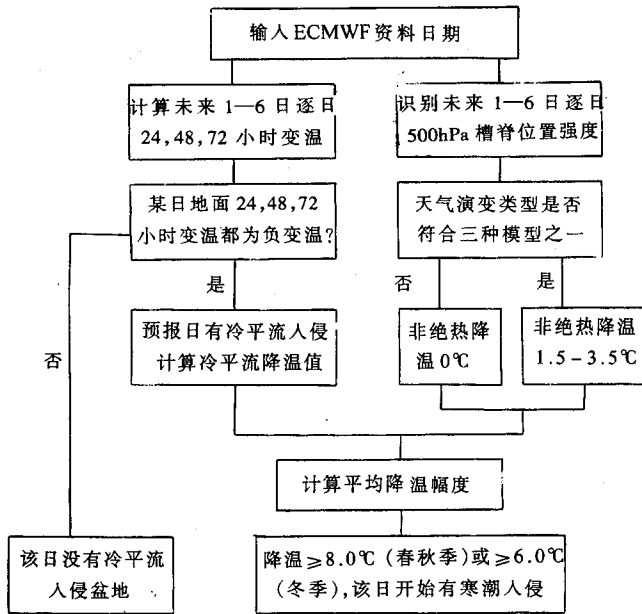
4 1995~1997年寒潮自动预报系统应用结果

1995~1997年冬半年,本预报系统在业务值班中进行了逐日滚动运行,取得了良好的业务应用效果。附表给出中期时效内的检验结果。中期时效内(4天左右)共预报寒潮及强冷空气过程13次,降温时间预报正确10次,准确率77%,降温幅度预报正确8次(预报降温幅度与实际降温幅度相差<2℃),5次降温幅度偏小些,准确率62%,无漏报。

5 小结与讨论

5.1 从热流量方程出发,研究了一种适用于省级台站的数值预报产品动力-统计释用方法并应用到寒潮预报中。利用ECMWF产品,研制了四川盆地冷空气入侵时间和降温幅度的释用方案,建立了四川盆地寒潮自动预报系统,滚动预报未来1~6日内的冷空气入侵时间和降温幅度。

5.2 1995~1997年预报结果表明,该系统在中短期寒潮过程预报中效果显著,冷空气入侵时间和降温幅度预报的准确率都较高。



附图 寒潮预报综合模型图

附表 1995~1997年四川盆地寒潮中期预报及实况比较

EC 资料 释用日期	预 报		实 况	
	过程时段	降温幅度/℃	过程时段	降温幅度/℃
95.3.13	3.17~17	7~9	3.17~19	6~8
95.4.18	4.22~24	7~9	4.22~24	4~6
96.1.3	1.7~9	5~7	1.8~10	3~5
96.2.12	2.16~18	8~10	2.16~18	8~10
96.3.3	3.7~9	10~12	3.8~10	11~13
96.3.28	4.1~3	8~10	3.31~4.1	4~6
96.4.5	4.9~11	7~9	4.9~11	2~4
96.4.15	4.19~21	7~9	4.19~21	8~10
96.10.1	10.5~7	7~9	10.5~7	6~8
96.12.30	97.1.3~5	5~7	1.5~7	1~3
97.2.24	2.28~3.2	5~7	2.28~3.2	1~3
97.3.10	3.14~16	8~10	3.14~16	7~9
97.10.22	10.25~27	8~10	10.25~27	8~10

5.3 降温幅度预报准确率较冷空气入侵时间准确率低,特别是春秋季节预报的降温幅度常较实况降温强,估计主要有以下几方面的原因:(1)最大降温幅度的计算公式及其中各项的取值需要进行更多的试验才能更精确的确定;(2)春秋季节天气系统演变较快,需要对其做大量的实际预报检验;(3)1995~1997年预报实验表明,预报时效越长,预报的降温幅度越大,需加入误差订正。

参考文献

- 1 陈静. 一次典型灾害性天气过程的 ECMWF 预报检验. 四川气象,1996,3.
- 2 毛连海. 大风和寒潮物理成因及短期预报方法的一些探索. 气象,1992,18(3).

A Technique of Dynamic-Statistics Interpretation of NWP and Cold Wave Prediction

Chen Jing Sang Zhiqin

(Chengdu Meteorological Center Observatory, Sichuan Province 610072)

Abstract

Based on the physical process of temperature variation, a technique of dynamic-statistics interpretation of NWP products was suggested. The interpretation scheme about the invading time and descending temperature of cold wave over Sichuan basin was developed. By use of ECMWF products, the automatic forecasting system of cold wave was built and it can be ruled to forecast the cold air in the coming one to six days. The operational forecast was conducted in 1995 and the effective result was obtained.

Key Words: NWP products dynamic-statistics interpretation cold wave automatic forecasting system