

冬半年我国旬平均温度距平客观预报

李月安 金荣花 林玉成

(国家气象中心, 北京 100081)

提 要

将 500hPa 候平均高度、850hPa 候平均气温和海平面气压 3 个常规气象场进行车贝雪夫展开, 以更好地表征各场的主要特征, 并浓缩了资料量。以车贝雪夫展开系数和前期基础温度作为预报因子, 建立了冬半年全国 40 个站点的旬平均气温距平的客观预报方程。结果表明, 这种预报方法在冬半年的温度业务预报中有较好的参考价值, 并讨论了各层要素与冬半年温度的相关性。

关键词: 车贝雪夫展开 旬温度距平 客观预报

1 车贝雪夫多项式展开

车贝雪夫多项式是一种建立在场的资料基础上的数学方法^[1], 它能够提取整个场上资料的主要信息, 并有较好的稳定性和代表性, 因此在气象中有广泛的应用, 其数学方法为:

在 X 轴的某区间上给定如下离散点: $x_1, x_2, x_3, \dots, x_{i_0}$, 其中 i_0 表示格点总数。

在此区间上定义函数 $Z(x)$, 令函数在格点 x_i 上的值为 $Z(x_i)$ 。我们可以用车贝雪夫多项式将其展开, 表达式为

$$\hat{Z}_{k_0}(x_i) = \sum_{k=0}^{k_0} A_k \varphi_k(x_i)$$

其中, $\hat{Z}_{k_0}(x_i)$ 为格点 x_i 处 $Z(x_i)$ 的拟合值, k_0 为上式的截止阶数, A_k 为 k 阶车贝雪夫多项式 $\varphi_k(x_i)$ 前的系数, 称为车贝雪夫系数。这表明, $Z(x_i)$ 可以表示为车贝雪夫多项式的线性组合, 其 k 阶多项式的权重为车贝雪夫系数 A_k 。可以求出车贝雪夫系数的计算公式为

$$A_k = \sum_{i=1}^{i_0} Z(x_i) \varphi_k(x_i) / M_k^2$$

其中

$$M_k^2 = \sum_{i=1}^{i_0} \varphi_k^2(x_i)$$

由于 $\varphi_0(x_i) \equiv 1$, 因此可以求出 A_0 即 $Z(x)$ 在 i_0 个格点上的平均值。

同样, 我们也可以推导出二维车贝雪夫展开系数的计算公式, 事实上, 高维车贝雪夫多项式就是若干个一维多项式的连乘, 二维展开可以通过两次一维展开来实现。

一维和二维车贝雪夫展开系数可以表示气象场的特征, 有明确的天气学意义。

2 预报因子的选取

高空 500hPa 大尺度环流形势的特征表示了天气的重要变化, 低层气象要素场对地面温度影响更为明显, 所以我们取 1986~1993 年 10 月~4 月欧洲中心的北半球 500hPa 高度、850hPa 温度和海平面气压场 3 层的候平均资料作为基本资料, 利用这些资料进行车贝雪夫展开, 其部分系数为旬平均温度距平预报提供因子。共有如下 3 类预报因子。

2.1 一维车贝雪夫系数

在 25~65°N、45~130°E 范围内把 5×5 经纬度网格的 500hPa、850hPa 和海平面 3

层要素的候平均资料,作一维车贝雪夫多项式展开,每行取前5个系数作为因子,9行(25、30、35、40、45、50、55、60、65°N)有45个因子,3层共135个因子。这些因子有明确的物理和天气学意义,以500hPa为例,每行第一个因子表示该纬圈选定范围内高度平均值,第二个因子表示自西向东高度增加的权重,而第三个因子表示纬圈上高度呈抛物线变化的权重,当其值大于0时,区间中间点高度低于两侧,反之,则区间中间点高度高于两侧。后面的因子表示高次变化的权重。其它两层的车贝雪夫系数同样也有明确的天气学意义。

2.2 二维车贝雪夫展开系数

将一维展开系数再作一次展开,即可得到二维展开系数,取系数矩阵左上角的15个系数作为因子,三层共45个因子。二维展开系数也有明显的天气学意义,仍以500hPa高度场为例说明如下,如果取x方向向东,y方向向南,则:

A_{00} :全场平均高度,代表系统强度;

A_{01} :高度场自北向南线性变化的权重,在地转假定下是均匀西风的权重;

A_{02} :当 $A_{02} > 0$ 时为纬向槽形气压场的权重,当 $A_{02} < 0$ 时为纬向脊形气压场的权重;

A_{10} :高度场自西向东线性变化的权重,即均匀南风或北风的权重;

A_{20} :当 $A_{20} > 0$ 时为经向槽形气压场的权重,当 $A_{20} < 0$ 时为经向脊形气压场的权重,故可称为槽脊强度。

A_{11} :鞍形气压场的权重。

2.3 基础温度因子

考虑到一般情况下,前期基础温度对下一句的平均温度也会有所影响,同时也考虑到实时业务的可行性,我们取制作中期预报

前一候的头三天的平均温度作为基础温度因子。

由以上分析可见,选取三层180个一维和二维车贝雪夫系数作为因子,比直接使用这个范围内三层 5×5 经纬度网格的格点值(486)减少306个因子,且其天气学意义明确,预报因子凝聚了更多的气象信息,有利于建立较好的预报方程。

3 方法与步骤

3.1 预报方程的建立

在建立旬平均温度距平客观预报方程时,我们能够使用的历史样本只有8年,考虑到不同季节对温度影响因子的不同,每个月建立一套旬平均预报方程是比较合适的。这样,可用样本只有24个,这对要建立稳定的客观预报方程是不够的。我们尝试用上月的最后一旬和下月的第一旬作为本月的样本,这样就将样本长度提高到40个,我们把使用24个样本和使用40个样本建立的预报方程对1994和1995两年的部分月份进行试报,发现只用24个样本的结果很不稳定,将样本延长后预报结果有明显的提高,在建立最终预报方程时,均使用40个样本。

由于通常温度的地理分布较为连续,也考虑到中期业务预报中的实际应用情况,在全国范围内取较为均匀分布的40个代表站,使用下一旬第一候的一维和二维车贝雪夫展开系数和前期基础温度共181个预报因子,以下一句的平均温度为预报量,用逐步回归方法建立完全预报方程,每月每站建立一个方程,10月到4月共有280个方程。

用逐步回归方法建立预报方程时,一般 F 值取1.0以上,大部分方程的 F 值在3.0~5.0之间,为了达到较好的预报效果,一般按照每个方程选择4~7个因子,而 F 值又尽可能大的原则建立方程。

3.2 预报步骤

图1给出了利用车贝雪夫展开系数制作旬平均温度距平的流程。

实时业务预报时,使用EC 48~144小时的北半球500hPa高度、850hPa温度和海平面气压平均场作为第一候的资料进行车贝雪夫展开,取其系数作为预报因子,另外,计算上一候前3天(即制作旬预报日期的前3天)平均温度作为基础温度因子,代入预报方程,制作旬温度距平客观预报,在全国40个代表站旬平均气温距平预报图上,填绘各站的气温距平值,并以2℃为间隔进行分析,最后输出旬平均气温距平预报图。

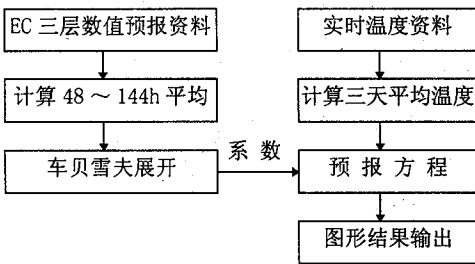


图1 预报流程图

4 试报结果与讨论

4.1 1994和1995两年试报情况

我们利用以上方法建立的预报方程对1994年和1995年两年冬半年的旬温度距平进行了试报,按照中央气象台中期科评分标准进行评定。预报结果检验如下:

表1 客观预报与多年平均预报评分比较(%)

	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月
试报	81.1	81.2	73.6	77.5	81.1	73.7	79.8
业务	81.8	84.6	82.7	83.8	80.6	81.5	79.8
多年平均	76.7	78.7	80.3	76.3	77.7	78.7	75.0

在42次试报中,有一次预报评分为57.5,低于60分,其余评分都在60分以上,

最高达95.5(1994年11月下旬),有27次超过了多年平均主观预报评分,约占2/3。从表1可以看出,每月平均都在70分以上,与多年预报平均评分相比,有5个月超过了多年平均,只有12月和3月份低于多年平均。另外,在对两年的试报中,我们还发现,对南方的预报可信程度更大,即使在评分较低时,预报误差也主要出现在东北和华北北部,在应用中预报员可以根据预报区域参考客观预报结果。

从各次预报评分可以看出,利用车贝雪夫展开来制作的旬平均温度预报较为稳定,一般不出现大起大落的情况,提高了预报的可信程度。

4.2 近几年使用情况

在1996年和1997年两个冬半年及1998年10月至1999年1月各旬业务预报中,该方法的预报情况较好(见表1),平均预报评分,除4月份略低于80分外,均在80分以上。与试报情况相比,除2月份略有下降(评分降低0.5)、4月份持平外,其余5个月评分均有提高,其中12月、1月和3月提高明显。这可能是由于建立方程使用PP法,其效果和数值预报产品预报精度有关,由于数值预报精度的提高,其预报效果也随之提高。

4.3 转折性天气预报情况

在业务预报中,准确预报出转折性天气,对农业生产等有重要意义,该客观方法在试报和业务使用中能够较好地预报出温度转折变化的趋势,在多次出现转折性天气时,该系统基本上都作出了较好的相应预报,例如:1999年1月上旬全国偏暖,而中旬南方及西北部分地区出现温度偏低的现象,该方法较为准确的预报出了这种变化(图2),为值班预报员提供了较好的参考。

1996年3月上旬全国以偏暖为主,中旬开始变冷,下旬温度距平更低,江南和华南多数站旬平均温度较常年同期偏低4~5℃,该年3月中旬至4月中旬,我国南方持续偏冷,对华南、江南早稻的播种育秧有很大影响。在试报中,该方法客观的预报出了这一温度距平分布情况(图略)。

1995年10月上旬,全国以偏冷为主,江南南部、华南北部较常年同期偏低2℃左右,出现了寒露风天气。试报中对此作出较好的预报(图略)。10月中旬,南方天气回暖,该方法也较准确的预报出了这种趋势。

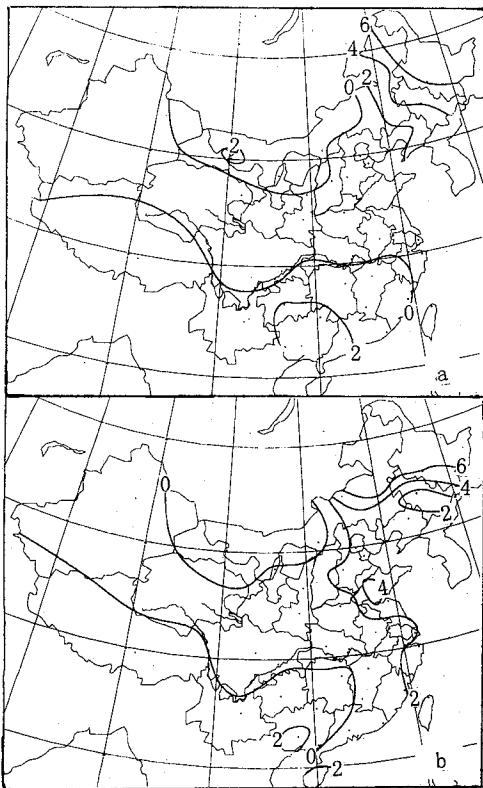


图2 1999年1月中旬,我国旬平均温度距平(a)和客观预报(b)

4.5 方程选中因子的分布情况

方程选中因子分布可以说明不同因子在温度预报中的作用,在业务主观综合预报时应对选中频率高的因子予以重视。统计表明,在280个方程中,共选取了1740个次因子,平均每个方程6.21个因子。10月~4月分别选中243、259、255、297、240、238、208个次因子,月份间差别不大。选中因子较多的12月,预报效果是最差的,是否可以通过控制因子选中个数,进一步提高预报效果,需进一步进行验证。

表2给出了各层一、二维因子及基础温度因子选中的次数。从中可以看出:一维因子中地面因子占较大比重。一维因子表示的是一个纬圈上的信息,代表的范围较小,海平面气压场对气温影响最直接,因此因子选中较多。二维因子则以500hPa因子选中最多。二维因子则表示全场的信息,愈高的层次,愈能表示出大尺度环流的特征,对温度也更有指导意义,所以二维因子中高层因子选中的较多。由于一维因子总数是二维因子总数的3倍,所以选中的一维因子较多,但相对选中比例却是二维因子较高。

表2 三层因子及基础温度因子选中次数

	500	850	PSL	基础温度
一维	394	310	445	86
二维	177	165	163	

图3表示各个因子选中的次数。图中因子按照二维500hPa、850hPa和PSL因子、一维500hPa、850hPa和PSL因子的顺序排列,每层一维45个因子,二维15个因子,三层共180个因子,最后一个因子为基础温度,共181个因子。可以看出,第181个因子,即基础温度因子,选中的次数最多,为88次,约有31%的方程选中了这个因子。它表示前三天的平均温度。这表明,对许多站来说,前期温度对其后一个旬的平均温度有较大影

响。其次是第71个因子,它表示的是500hPa 40°N的平均高度。这正好是锋区的位置,表示了锋区的强度,被选中87次。选中次数列第3位的是第1个因子,表示500hPa的平均高度场,被选中了60次。第4位为第31个因子,为海平面气压场的平均值;第5位为第17个因子,它表示850hPa温度自北向南变化的权重;第6位为第156个因子,表示45°N海平面气压的平均值。

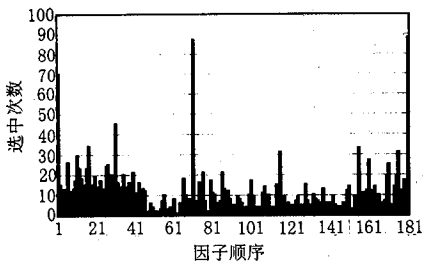


图3 10月~4月280个方程选中因子分布

5 小结与讨论

(1) 利用车贝雪夫展开系数,可以浓缩

气象要素场主要信息,制作旬平均温度预报,在中期业务预报中有一定的参考价值。

(2) 通过总结选中因子分布的情况,发现在制作温度预报中500hPa高度场和海平面气压比850hPa温度更有参考价值。

(3) 由于各站预报方程是分别建立的,不同测站预报方程的效果不同,由于温度分布较为连续,在使用预报结果时,应对与周围各站明显有较大差异的站点进行订正,进而作出较好的预报。

(4) 本文采用了一种扩充样本的方法,在用逐步回归方法建立预报方程而样本较短时可以提高预报效果。

鸣谢:在本文写作过程中,得到了中央气象台晁淑懿的许多帮助,在此表示感谢!

参考文献

- 1 周家斌.车贝雪夫多项式及其在气象中的应用.北京:气象出版社,1990:15~24.

The Forecast of Dekad Temperature Abnormal of China in Winter

Li Yuan Jin Ronghua Lin Yucheng

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

The routine meteorological fields were expanded by use Chebyshev Polynomials. The coefficients of them could represent the main characteristics of meteorological fields. Using them as factors, the forecast equations for dekad temperature abnormal of China in winter were established. The result indicated that this method was useful to the forecast of temperature abnormal. On the other hand, the relativity between each level data and temperature was discussed.

Keywords: Chebyshev Expansion temperature abnormal of dekad objective forecast