

# 新疆克州地区气温年代际变化及 均生函数预报模型的应用

阿布力米提·司马义

何 敏

(新疆克孜勒苏柯尔克孜自治州气象局,阿图什 845350) (国家气候中心)

## 提 要

讨论了克州地区气温突变及年代际变化特征,并利用均生函数预测模型对克州地区气温进行预测试验。1995~2001年预测试验表明,均生函数预测模型可以较好地拟合出气温的气候变化趋势,对年、季气温有较好的预测能力。

**关键词:** 气温变化 均生函数 预测

## 引 言

克孜勒苏柯尔克孜自治州(简称克州)地处天山南脉、帕米尔高原东侧及昆仑山西段北坡的群山环绕之中,山地约占全州87%,地势西北高东南低,海拔高度在1197~7719m之间。克州位于中纬度欧亚大陆腹地,大陆性气候显著,加之地形复杂各地气候差异也极大,大致可划分为两大气候类型,即平原暖温带大陆性干旱气候和山区中温带高原干旱气候。由于复杂的地形及气候特点给克州的短期气候预测带来较大的难度,虽然近年来克州气象台在短期气候预测方面有了较大的进展,但缺乏有效的预报方法,为此我们在克州短期气候预测业务中引进均生函数预报模型,以提高克州地区的短期气候预测能力。

利用克州阿图什市和阿克陶县(平原),乌恰县和阿合奇县(山区)等三县一市1960~2000年的年、季、月平均气温资料序列,讨论气温的突变及年代际变化特征。

在了解克州地区气温气候背景基础上,我们利用均生函数预报模型<sup>[1]</sup>,以均生函数累加延拓的时间序列作为预报因子,对克州地区三县一市,分别按年、季、月进行了短期气候预测试验和预测评估。研究表明,均生函数预测模型对克州地区气温有很好的拟合能力和较好的预测效果,是一种较好的气温

趋势预测方法。

## 1 克州地区气温的年代际气候变化

为了显示克州地区气温年代际变化趋势,我们分别计算了三县一市年和各季的气温累积距平,图1为克州三县一市年、季气温距平累积曲线,曲线上升表示平均气温有增高趋势,曲线下降表示气温有降低趋势。分析表明,虽然克州地形复杂,各地气候差异也较大,但在1960~2001年三县一市的气温均有较明显的年际和年代际变化,特别是90年代中后期开始气温呈明显的增暖趋势。这说明克州地区的气温变化趋势与全球气候变暖相一致。由于平原和山区不同季节的年代际变化有所差异。我们分别讨论克州三县一市年、季平均气温的年代际变化。

### 1.1 年平均气温

从60年代至90年代中期,阿图什和阿合奇的气温距平累积曲线变化较平稳,但90年代中期转为上升,其中阿合奇升温幅度显著,目前处在60年代以来的最高阶段。阿克陶和乌恰县的年代际气温变化趋势是相反的,乌恰县60年代初至70年代中期是曲线下降阶段,70年代后期至80年代是平稳的时期,进入90年代曲线上升,特别是90年代中后期曲线迅速猛升,至今处在偏暖阶段。阿克陶站从60年代至80年代初曲线缓慢上升,80年代前期至90年代中期是缓慢下降

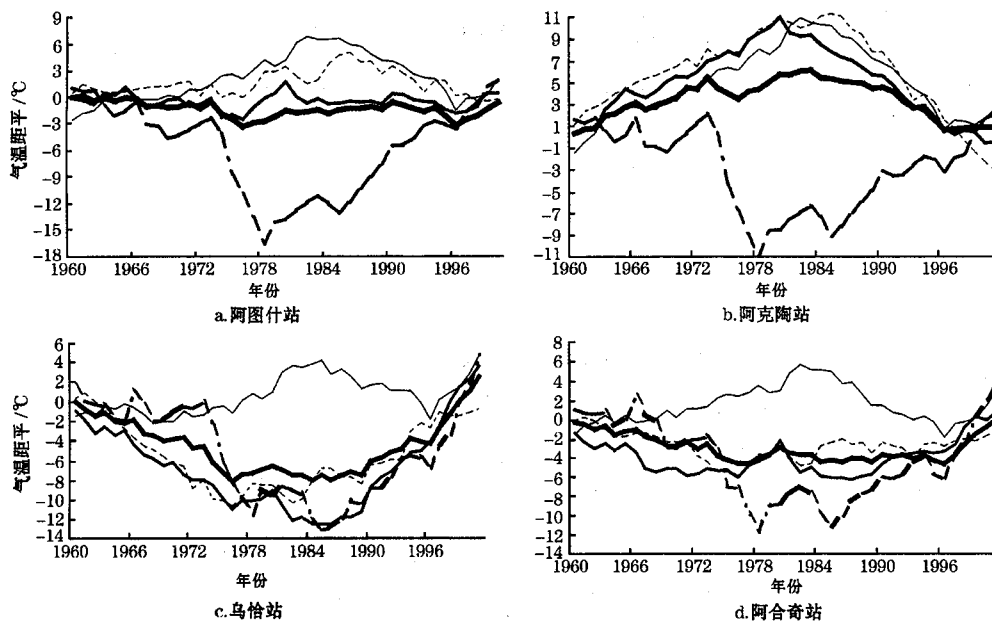


图1 克州三县一市年、季气温距平累积曲线

冬季:点划线,春季:细实线,夏季:点线,秋季:实线,年平均:粗实线

阶段,90年代中后期气温接近常年。

### 1.2 冬季平均气温

克州三县一市冬季气温距平累积曲线变化是基本一致的,从60年代至70年代初,三县一市冬季气温变化较平稳。70年代前期开始曲线下降,70年代后期各地的气温下降至1960年以来最低值。从80年代中期曲线开始上升,全州各地气温的累积距平曲线呈较明显的上升趋势,目前全州各地冬季气温均处在异常偏暖阶段。这与全球气候偏暖,尤其是我国由1986年以来持续暖冬的气候变化趋势相一致。

### 1.3 春季气温

三县一市春季气温存在与冬季气温相反的年代际变化趋势。70年代初至80年代初气温呈缓慢上升趋势,80年代前期累积曲线达峰值后开始下降,表示80年代中期到90年代中期春季气温有所下降,到了90年代中后期又开始上升,山区反映特别明显。

### 1.4 夏季气温

平原和山区夏季气温呈现了完全相反的年代际变化趋势。平原地区夏季与春季一样,从60年代至80年代中期是升温阶段,80

年代中后期气温下降,其中阿克陶气温下降幅度比阿图什显著,另外到了90年代平原地区夏季气温没有转折上升,这是与其他季节不同的特征。山区夏季气温从60年代至70年代中期是下降时期,到70年代中后期气温突变上升直到目前,其中乌恰县变化幅度比阿合奇显著。

### 1.5 秋季气温

秋季气温与夏季相似,在平原和山区也呈现了相反的年代际变化趋势。阿图什市气温变化幅度较为平稳。阿克陶从60年代初到80年代初为升温阶段,在80年代初发生转折,曲线急剧下降,直至目前仍处在降温阶段。乌恰县与阿克陶县的变化曲线完全相反,60年代到70年代中后期气温处在下降时期,70年代后期到80年代中期是平稳阶段,自80年代后期发生突变猛升,目前气温处于历史最高阶段。山区的阿合奇站从60年代至90年代中期年际变化趋势与乌恰站相似,但变化幅度较小。

综上所述三县一市的年、季气温大多在70年代后期至80年代初发生突变。平原夏、秋季温度年代际变化趋势与山区相反,平

原地区夏、秋季在70年代前期至80年代前期为增暖阶段,山区为降温阶段;80年代中期至90年代中期平原为降温阶段,山区为增温阶段。三县一市冬、春季气温年代际变化基本一致,但冬季与春季变化趋势相反,即在60~70年代春季为上升趋势,冬季为下降趋势;80年代以后春季为下降趋势,冬季为上升趋势。90年代中期至今,除阿克陶夏、秋温度略有下降外,克州地区年及各季温度均处在上升阶段,冬季增暖尤为显著。上述克州地区气温气候背景分析,为短期气候预测提供了依据。

## 2 均生函数预测模型在克州地区短期气候预测中的应用

### 2.1 均生函数预测模型基本原理和方法

魏凤英等人<sup>[1-4]</sup>依据气候时间序列蕴涵不同时间尺度振荡的特征拓展了数理统计中算术平均值的概念,定义了时间序列的均值生成函数,并设计了几种适合不同类型序列的建模方案。本文引进的均生函数预测模型能较准确地模拟气温上升或下降趋势,具有以下特点:(1)由于引进了均值生成函数(简称均生函数)的累加延拓序列作为预报因子,因此,可以较好的拟合气候变化的上升或下降趋势;(2)引进顾及与数值和趋势的双评分准则筛选预报因子,以建立拟合精度高、趋势亦准的预测模型;(3)构造均生函数延拓序列,使所建模型能够外推较多步数,适于制作长期和气候预测。现将建模步骤简述如下:

#### 2.1.1 构造均生函数及累加延拓序列

设有  $N$  个观测样本的气温序列

$$x^{(0)}(t) = \{x(1), x(2), \dots, x(N)\} \quad (1)$$

考虑差分是高通滤波中最简便的滤波方式,对式(1)作一、二阶差分运算,得到

$$\begin{cases} x^{(1)}(t) = \{\Delta x(1), \Delta x(2) \dots \Delta x(N-1)\} \\ x^{(2)}(t) = \{\Delta^2 x(1), \Delta^2 x(2) \dots \Delta^2 x(N-2)\} \end{cases} \quad (2)$$

式中  $\Delta x(t) = x(t) - x(t-1)$ ,  $\Delta^2 x(t) = \Delta x(t) - \Delta x(t-1)$ 。

对序列  $x^{(0)}(t)$ 、 $x^{(1)}(t)$  和  $x^{(2)}(t)$  分别计算均生函数,即

$$\bar{x}_l(i) = \frac{1}{n_l} \sum_{j=0}^{n_l-1} x(i+j_1) \quad (3)$$

其中,  $i = 1, \dots, l$   $l = 2, 3, \dots, M$

$n_l = \text{INT}(N/l)$ ,  $M = \text{INT}(N/2)$  或  $\text{INT}(N/3)$  这里 INT 表示取整,对得到的均生函数作周期性延拓,即

$$f_l(t) = \bar{x}_l \left[ t - l \text{INT} \left( \frac{t-1}{l} \right) \right]$$

于是,得到3组均生函数序列  $f_l^{(0)}$ ,  $f_l^{(1)}$ ,  $f_l^{(2)}$ ,  $l = 2, 3, \dots, M$ 。再构造一组累加延拓序列,

$$f_l^{(3)}(t) = x^{(0)}(1) + \sum_{i=1}^{t-1} f_l^{(1)}(i+1) \quad (4)$$

其中,  $t = 2, 3, \dots, N$   $l = 2, 3, \dots, M$ ;

其中,  $f_l^{(3)}(1) = X^{(0)}(1)$ , 至此,构造出  $q = 4 \times M$  个序列作为备选因子。

#### 2.1.2 粗选因子

用双评分准则<sup>[4]</sup>对  $q$  个预报因子逐一进行筛选。当双评分准则  $\text{CSC} > x_{\nu, \alpha}^2$  时,因子入选,否则剔除,这里  $\alpha$  取 0.01,  $\nu$  为自由度。

#### 2.1.3 建模

设粗选出  $P$  ( $P < q$ ) 个因子,按其 CSC 值由大到小排列,用前向筛选逐个引入方程。为避免回归系数的重复计算,对粗选出的  $P$  因子序列先进行 Gram-Schmidt 正交化。假设方程引进  $S$  个因子后, CSC 出现极大值,即确定预测模型由  $S$  个因子建立。

### 2.2 预报实例

根据文献[2]的研究,待报时段与建模资料处在同一气候阶段则效果理想,从较长的时间尺度(1910~1990年)来分析,中国气温序列的突变点在1949~1950年,70年代中后期的突变在百年的时间尺度中可以看作是较小的振动。因此我们仍把1960~2000年克州地区气温当作一个气候阶段,建立均生函数预报模型,用以制作1995~2001年逐年(共7年)预报。具体制作是以1960~1994年资料建立均生函数预测模型,作1995年预报,其中1960~1994年为拟合值,1995年为预报值。再加入1995年实况资料,以1960~1995年资料建立预报模型,作1996年预

报……,依次类推作出1995~2001年各年的预报,多年平均值的时段选用1960~1994年。均生函数模型中的 $n$ 表示为样本长度, $nn$ 表示为预报步长, $mm$ 表示为样本组数(如 $n = 35$ 年, $nn = 1$ 年, $mm = 17$ 组)。

图2是平均温度实况和拟合、预测曲线,由图可见均生函数预报模型的拟合值与实况值基本重合,并且极值的拟合值能较好地与实况值吻合,这是一些统计预报方法难以做到的。由图还可见7年的预报与实况的变化趋势也基本一致(图中黑点部分),阿图什市的年平均温度与预报值除了1995、1996年误差分别为 $1.7^{\circ}\text{C}$ 和 $1.0^{\circ}\text{C}$ 外,其余5年的预报值和实况差别在 $0.7^{\circ}\text{C}$ 以下且大多小于 $0.3^{\circ}\text{C}$ 。阿合奇县的夏季气温实况与预报值相比,1995、1996年的预报误差为 $1.0^{\circ}\text{C}$ 左右,其余5年的误差均小于 $0.3^{\circ}\text{C}$ 。对气温变化幅度较大的高山地区这样的结果已相当令人满意。

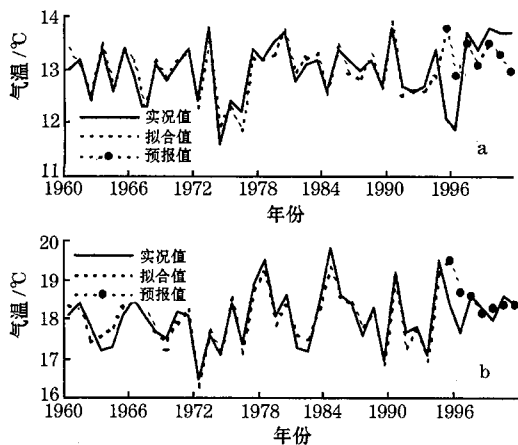


图2 平均气温实况与拟合、预测曲线  
a 阿图什市年平均气温 b 阿合奇县夏季平均气温

### 2.3 评估检验

#### 2.3.1 评分办法

克州气象台的短期气候预测评分办法是自治区气象局规定的统一评分办法,但区局对年、季趋势预测没有明确的定量评分规定。由于气候预测主要是旱涝、冷暖趋势预测,因此我们在气温预测评估中采用距平符号一致率作为评定标准(多年平均值为1960~1994年),实况与预报值里任意一个距平为零,算

半对。

#### 2.3.2 评估

为了适应年度、汛期和月预报的需要,按照上述方法分别对三县一市的年、季、月平均气温进行了预测试验和评估(1995~2001年),表1给出了克州地区三县一市的年、季预测的评估结果。由表1可见克州年平均气温平均预报准确率为70%,其中阿图什市的预报准确率最好达到了79%,乌恰县预报准确率最差达57%,其余两县预报准确率均达71%。克州4站季平均预报准确率为66%,比年平均温度预报稍差。各站不同季节的预报正确率相差很大,阿图什各季平均预报准确率64%,其中冬季预报准确率最好达86%,春季预报准确率最低。阿克陶除了春季预报准确率偏低(50%)外,其余夏、秋、冬三季的预报准确率均大于71%,夏季可达86%。乌恰县除了冬季预报准确率偏低(50%)外,其余春、夏、秋三季预报准确率较高,其中秋季预报准确率最好达100%。阿合奇县各季度平均预报准确率为57%,属全州最差,其中春夏预报准确率较好达75%左右,而秋冬预报准确率只达36%~43%。

从7年的预测评估来看,平原与山区站预测效果各季是不同的。平原站秋冬季较好、春季较差,这可能受季节转换影响较大。山区站春夏季预报准确率较高、冬季较差(尤其是阿合奇站),这可能与山区地形影响有关。

表1 年季气温预测评估(%)

	年	春	夏	秋	冬	季平均
阿图什	79	50	57	64	86	64
阿克陶	71	50	86	71	71	70
乌恰	57	71	71	100	50	73
阿合奇	71	71	79	36	43	57
平均	70	61	73	68	63	66

月平均气温的预测评估表明,各月的预测准确率有较大差异。平均而言,平原好于山区,夏秋季好于冬春季。其中阿克陶县最好,8~10月份的预报准确率均达100%,山区各月预测评估乌恰好于阿合奇,9~11月份预报均确率达到85%以上,而阿合奇县各

月预报准确率普遍偏低。

为了比较用均生函数预测模型对原序列拟合的精度,我们将三县一市年、季气温拟合序列的均方根误差与原序列的标准差进行了比较(表2),由表2可见,拟合序列的均方根误差小于原序列的标准差,可见均生函数模型拟合的精度是理想的。评估结果表明均生函数预报模型对于克州地区年、季气温有较好的预测能力,对月气温预测有一定的预报意义,可以作为三县一市年、季、月预测的一种方法。

表2 拟合序列的均方根误差和原序列的标准差

	年		夏季	
	标准差	均方根误差	标准差	均方根误差
阿图什市	0.5	0.14	0.92	0.32
阿克陶县	0.54	0.14	0.85	0.35
乌恰县	0.7	0.26	1.1	0.25
阿合奇县	0.48	0.17	0.77	0.25

我们也对克州三县一市的年、季降水量进行了预测试验,结果表明均生函数预报模型对克州三县一市降水趋势的拟合能力较差,降水量平均预报准确率为46%,与平均气温相反,阿合奇县预报准确率最好达到85%,其余三地预报准确率较低。这可能是由于克州地区复杂的地形和特定的气候条件所致。

### 3 结 语

(1)克州气温年代际变化和气候突变特征为:三县一市年、季气温大多在70年代后期至80年代初发生突变。平原夏、秋季温度

年代际变化趋势与山区相反,三县一市冬、春季气温变化趋势基本一致,但冬季与春季相反。90年代中期至今,除阿克陶夏、秋温度略有下降外,克州地区年及各季温度均处在上升阶段,冬季增暖尤为显著。

(2)1995~2001年预测试验表明,均生函数预报模型对克州地区年、季平均气温有较好的预报能力,对月平均气温预测有一定的参考价值,对降水预报能力较低,均生函数预报模型可以作为克州地区气温预测的一种方法。

(3)三县一市中,阿克陶和乌恰站气温预报准确率较高,阿合奇站较差。预测效果平原和山区各季有所差异,平原地区秋、冬季的预报准确率较高,夏季阿克陶站明显好于阿图什站,春季两站均较差。山区春夏季预报准确率较高,秋季乌恰站预测准确率较高,冬季两站均较差。

致谢:中国气象科学研究院魏凤英研究员为本文提供了计算程序及宝贵意见,特此致谢!

### 参考文献

- 1 魏凤英.现代气候统计诊断预测技术.北京:气象出版社,1999:214~243.
- 2 魏凤英,曹鸿兴.中国、北半球和全球的气温空变分析及其趋势预测研究.大气科学,1995,19(2):140~147.
- 3 魏凤英,曹鸿兴.模糊均生函数模型及其应用.气象,1993,19(2):7~11.
- 4 魏凤英,曹鸿兴.长期预测的数学模型及其应用.北京:气象出版社,1990:29~36,49~90.

## Decadal Temperature Variation and Application of Mean Generating Function Model to Short-term Climate Prediction in Kezhou District

Abulimiti Simayi

(Kezhou Meteorological Office Xinjiang, 845350)

He Min

(National Climate Center)

### Abstract

Temperature abrupt changes and its decadal variation characteristics in Kezhou district, Xinjiang are discussed. A mean generating function model is used in the experiment of short-term climate prediction. The results show that this model can correctly simulate the climate trend in the period of 1995—2000, and it also has a good ability in the predication of seasonal and annual temperature variation.

**Key Words:** temperature variation mean generating function prediction