

# 基于 DEM 的乌鲁木齐地区气温时空变化分析

谭秀兰<sup>1</sup>, 张山清<sup>2</sup>, 李翔娟<sup>1</sup>, 李悦<sup>3</sup>, 沙曼曼<sup>1</sup>, 黄海云<sup>4</sup>

(1. 新疆乌鲁木齐市气象局, 新疆 乌鲁木齐 830002; 2. 新疆农业气象台, 新疆 乌鲁木齐 830002;  
3. 乌鲁木齐气象卫星地面站, 新疆 乌鲁木齐 830009; 4. 新疆气象信息中心, 新疆 乌鲁木齐 830001)

**摘要:**利用乌鲁木齐地区和周边9个气象站1961~2010年的逐月平均气温资料,采用线性趋势分析和Mann-Kendall检测方法,结合GIS空间分析技术,对乌鲁木齐地区4季和年平均气温的变化趋势、突变特征以及突变前后气温变化量进行了分析。结果表明:(1)乌鲁木齐地区年平均气温的空间分布总体呈“平原和谷地高,山区低”的格局,4季中春、夏、秋季的平均气温空间分布与年气温空间分布基本一致,但冬季气温分布格局较为独特,表现为“天山山区中山带高,高山带和中北部平原低”的特点;(2)近50a乌鲁木齐地区4季和年平均气温呈显著的上升趋势;(3)突变监测表明,4季和年平均气温在不同年份发生了突变,突变前后变化量均为正值,呈上升趋势,但上升幅度具有明显的区域性差异。

**关键词:**乌鲁木齐地区;气温;DEM;时空变化

**中图分类号:**P463.21<sup>+</sup>1

**文献标识码:**A

## 引言

乌鲁木齐地处天山北麓中段,准噶尔盆地南缘,地理坐标86°48′~88°58′E,42°45′~45°00′N,总面积 $1.4216 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,是新疆维吾尔自治区的首府,全疆政治、经济和文化的中心,地形地貌复杂,地势起伏悬殊,山地面积约占总面积的40%左右。以气候变暖为主要特征的全球变化已成为不争的事实<sup>[1-2]</sup>,近年来,有关全球变化背景下乌鲁木齐地区气候变化的研究引起了一些学者的关注,研究结果表明,在过去的几十年里,乌鲁木齐地区的气温变化与全疆、全球和全国总体一致,也呈显著的上升趋势<sup>[3-7]</sup>。但前人的研究具有以下局限性,一是资料序列较短,研究时段大多截至到2000年,对最近10a气温变化的研究则很少涉及;二是大多没有考虑地理因素对气温时空变化的影响,精细化程度较低,这对地形地貌复杂、气候类型多样的乌鲁木齐地区来说,难以适应现代社会经济发展和生态环境保护对气温精细化时空变化信息的需求。因此,本文拟在前人研究工作的基础上,选用乌鲁木齐地区及其周边9个气象站点的气温资料,利用ArcGIS10.0的空间分析模

型,分析1961~2010年乌鲁木齐地区春、夏、秋、冬和年平均气温的精细化时空变化规律。为适应和应对气候变化,采取趋利避害的管理和技术措施,促进乌鲁木齐地区社会经济的持续稳定发展和生态环境保护提供参考依据<sup>[8-9]</sup>。

## 1 研究区域和方法

### 1.1 研究区域和资料来源

由于乌鲁木齐市气象站分布稀疏,为丰富气候资料的信息量和代表性,同时也为了分析时尽可能减少边界效应的影响,本文除了应用乌鲁木齐、达坂城、大西沟、小渠子和米泉5个台站的资料外,还将乌鲁木齐市近邻的昌吉、阜康、蔡家湖和天池4个站的资料也列入研究范围之内,研究区域和所选气象站点的分布情况见图1。上述9个地面气象观测站1961~2010年的逐月平均气温资料以及新疆地理信息数据由新疆气象信息中心提供。

### 1.2 研究方法

利用一元线性回归方程来描述气温的变化趋势<sup>[10]</sup>。

采用Mann-Kendall法对乌鲁木齐地区1961~

收稿日期:2012-04-09;改回日期:2012-06-05

基金项目:新疆气象局科研项目(201127)资助

作者简介:谭秀兰(1962-),女,助理工程师,主要从事气象服务和地面测报. E-mail:tanxiulan\_2012@163.com

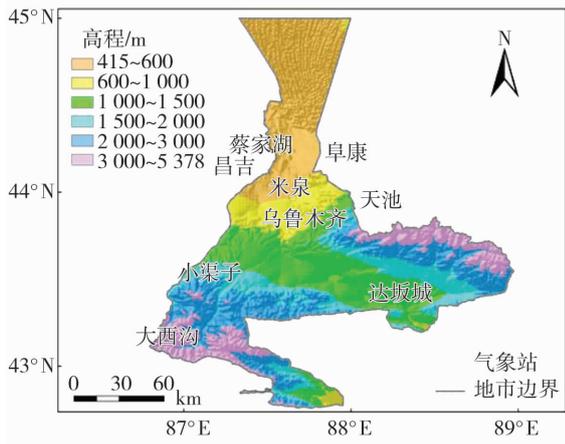


图1 乌鲁木齐地区高程和气象站点分布

Fig. 1 Spatial distribution of altitude and meteorological stations in Urumqi area

2010年月平均气温的突变特征进行检测分析<sup>[11]</sup>。

大量研究表明,气温的空间分布主要受经度、纬度、海拔高度等宏观地理因子的影响<sup>[12-14]</sup>,但坡度、坡向、下垫面状况和“城市热岛效应”等局部小地形因子和社会经济因素对气温空间分布也有一定影响<sup>[15-16]</sup>。为提高气温要素空间分布式模拟的精度,本文采用GIS空间分析(即三维二次趋势面模拟+残差订正内插)技术,对乌鲁木齐地区4季和年平均气温进行空间插值模拟<sup>[17-20]</sup>。即:

$$w = w(\lambda, \varphi, h) + \varepsilon \\ = (b_0 + b_1\lambda + b_2\varphi + b_3h + b_4\lambda\varphi + b_5\varphi h \\ + b_6\lambda h + b_7\lambda^2 + b_8\varphi^2 + b_9h^2) + \varepsilon \quad (1)$$

式中, $w$ 为各气温要素的栅格点模拟值( $^{\circ}\text{C}$ ); $w(\lambda, \varphi, h)$ 为宏观地理因子影响的各气温要素的栅格点模拟值( $^{\circ}\text{C}$ ); $\varepsilon$ 为局部小地形因子和随机因素对各气温要素的影响,即残差项( $^{\circ}\text{C}$ ); $\lambda$ 为栅格点的平均经度( $^{\circ}$ ); $\varphi$ 为栅格点的平均纬度( $^{\circ}$ ); $h$ 为栅格点的平均海拔高度(100 m); $b_0 \sim b_9$ 为待定系数。残差项的插值运算较多,经对比试验,反距离加权法对乌鲁木齐地区气温要素残差项的栅格点插值模拟效果较好。具体的插值计算式为<sup>[12-13]</sup>:

$$\varepsilon = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\varepsilon_i}{d_i^k}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^k}} \quad (2)$$

式中, $\varepsilon$ 为气温要素残差项的栅格点模拟值; $n$ 为用于插值的气象观测站点的数目; $\varepsilon_i$ 为第*i*个气象站点气温要素的实际残差值; $d_i$ 为插值的栅格点与第*i*个气象站点之间的欧氏距离, $k$ 为距离的幂,其选

择标准是平均绝对误差最小<sup>[14]</sup>,本研究取 $k=3$ 。

采用以上方法,在ArcGis10.0平台上,统计分析模型分辨率 $100\text{ m} \times 100\text{ m}$ ,完成乌鲁木齐地区1961~2010年春、夏、秋、冬和年平均气温的精细化分布式模拟。采用同样方法,对各气温要素突变前和突变后多年平均值建立精细化分布式模拟图层,对突变后的要素图层与突变前的图层进行栅格计算,便可获得突变前后各气温要素变化量的空间分布图层<sup>[15-16]</sup>。

## 2 4季和年平均气温空间分布

### 2.1 春季平均气温

由图2中春季平均气温可见,乌鲁木齐地区9个气象站1961~2010年的春季平均气温为 $6.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (9个气象站1961~2010年的平均值,下同),但空间差异明显。总体呈现“平原和谷地高,山区低”的特点。乌鲁木齐市及其以北的中、北部平原以及柴窝堡至达坂城的山间峡谷地带,春季平均气温较高,一般为 $8.1 \sim 13.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,海拔 $1\ 100 \sim 1\ 500\text{ m}$ 的山前倾斜平原和丘陵地带为 $5.1 \sim 8.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $1\ 500 \sim 3\ 500\text{ m}$ 的中、高山带为 $-4.9 \sim 5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $3\ 500\text{ m}$ 以上的高寒地带春季平均气温低于 $-5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

### 2.2 夏季平均气温

夏季是乌鲁木齐地区气温最高的季节,全地区平均气温为 $19.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,其空间分布总体呈现“平原和谷地高,山区低”的格局。海拔 $1\ 100\text{ m}$ 以下的中、北部平原以及柴窝堡至达坂城的山间峡谷地带夏季平均气温较高,为 $20.1 \sim 25.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;海拔 $1\ 100 \sim 1\ 900\text{ m}$ 的山前倾斜平原和中、低山带为 $15.1 \sim 20.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $1\ 900 \sim 2\ 600\text{ m}$ 的中山带为 $10.1 \sim 15.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $2\ 600\text{ m}$ 以上的高山带,夏季平均气温低于 $10.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $4\ 000\text{ m}$ 以上甚至低于 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

### 2.3 秋季平均气温

秋季平均气温为 $5.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,其空间分布与春、夏季相似,也总体呈现“平原和谷地高,山区低”的格局。海拔 $1\ 100\text{ m}$ 以下的中、北部平原以及柴窝堡至达坂城的山间峡谷地带秋季平均气温较高,为 $6.6 \sim 9.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,海拔 $1\ 100 \sim 1\ 800\text{ m}$ 的山前倾斜平原至中、低山带为 $3.1 \sim 6.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $1\ 800 \sim 2\ 600\text{ m}$ 的中山带为 $0.1 \sim 3.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $2\ 600\text{ m}$ 以上的高山带秋季平均气温低于 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

### 2.4 冬季平均气温

冬季是乌鲁木齐地区气温最低且分布格局较为

独特的季节,全地区平均气温  $-12.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,其空间分布总体呈现“天山山区中山带高,中北部平原和高山带低”的格局。冬季,由于准噶尔盆地积雪的强烈辐射冷却作用和山区冷空气向盆地下沉堆积,使乌鲁木齐地区北部的准噶尔盆地成为一个“冷湖”,而山坡则形成了相对的暖层,即从盆地到山区中山带表现出较明显的“逆温”现象<sup>[5-6]</sup>。因此,北部平原冬季平均气温较低,一般在  $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$  以下。向南随着海拔高度的上升气温逐渐升高,至海拔  $2\ 100\text{ m}$  左右的逆温层顶附近气温达到最高,为  $-9.9\sim -7.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。之后,随着海拔高度的继续上升,冬季平均气

温又逐渐降低,海拔  $3\ 500\text{ m}$  以上可降至  $-15.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  以下。

### 2.5 年平均气温

乌鲁木齐地区年平均气温为  $4.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,其空间分布主要受海拔高度的影响,总体呈现“平原和谷地高,山区低”的分布格局。海拔高度  $700\text{ m}$  以下的北部平原年平均气温一般在  $8.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  以上,海拔高度  $700\sim 1\ 200\text{ m}$  的中部平原年平均气温为  $5.1\sim 8.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;海拔高度  $1\ 200\sim 2\ 500\text{ m}$  的山前丘陵和中、低山一带年平均气温为  $0.1\sim 5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,海拔  $2\ 500\text{ m}$  以上的高山带,年平均气温在  $0.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  以下。

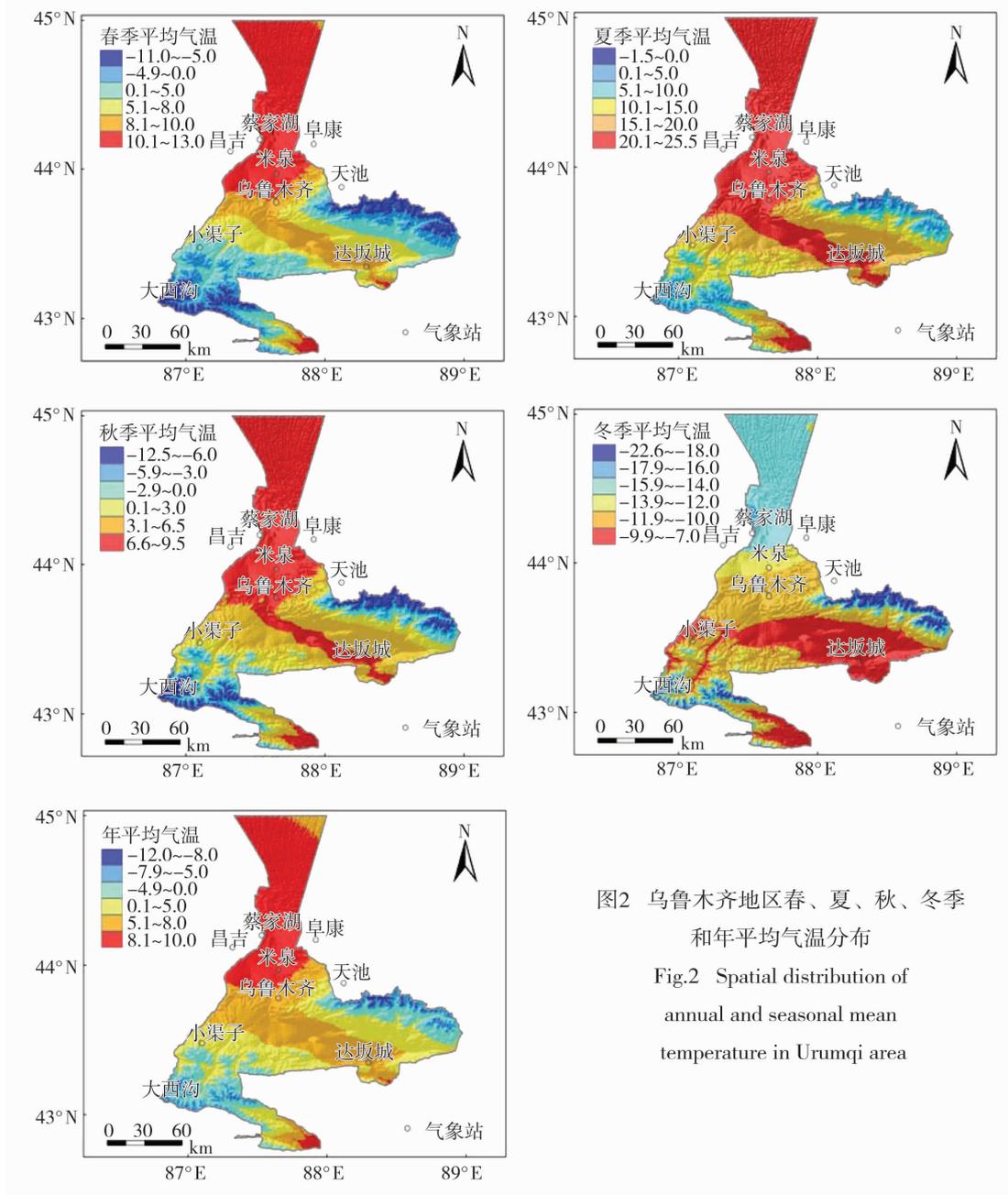


图2 乌鲁木齐地区春、夏、秋、冬季和年平均气温分布

Fig.2 Spatial distribution of annual and seasonal mean temperature in Urumqi area

### 3 4季和年平均气温时间变化

#### 3.1 春季平均气温

线性趋势分析表明,1961~2010年,乌鲁木齐地区春季平均气温总体以 $0.258\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 的倾向率呈显著的上升趋势,50 a来已升高了 $1.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。由图3a的M-K检验可以看出:其正序特征曲线 $UF$ 在2000年以前均为负值,但进入2001年以来迅速转为正值,这说明2000年以前乌鲁木齐地区春季平均气温总体较低,并多处于负距平状态,进入2001年后气温明显上升。 $UF$ 和 $UB$ 曲线在2001/2002年有一个明显的交点,之后, $UF$ 曲线于2009年突破了 $\alpha=0.05$ 的临界线 $1.96$ ,说明近50 a乌鲁木齐地区春季平均气温在2002年发生了突变。突变后(2002~2010年)较突变前(1961~2001年)春季平均气温升高了 $1.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (表1),但突变年前后,各地春季平均气温的上升幅度具有明显的区域性差异,上升幅

度总体呈现“平原大,山区小”的格局,中、北部平原地带上升幅度较大,为 $1.6\sim 1.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;山前倾斜平原至中山带上升 $1.4\sim 1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;高山带上升幅度相对较小,为 $0.8\sim 1.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

#### 3.2 夏季平均气温

1961~2010年,乌鲁木齐地区夏季平均气温以 $0.201\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 的倾向率呈极显著( $\alpha=0.001$ )的上升趋势,50 a来升高了 $1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。由近50 a夏季平均气温序列的M-K检验可以看出(图3b),其正序特征曲线 $UF$ 在20世纪60年代至90年代中期变化趋势不明显,90年代后期以来表现为持续快速上升的趋势,并于1996/1997年与逆序特征曲线 $UB$ 有一个明显的交点,之后, $UF$ 曲线于2005年突破了 $\alpha=0.01$ 的临界线 $2.58$ 。这说明20世纪90年代后期以来,夏季气温上升迅速,并于1997年发生了突变性的升高。突变后(1997~2010年)较突变前(1961~1996年)全地区平均夏季气温升高了 $0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

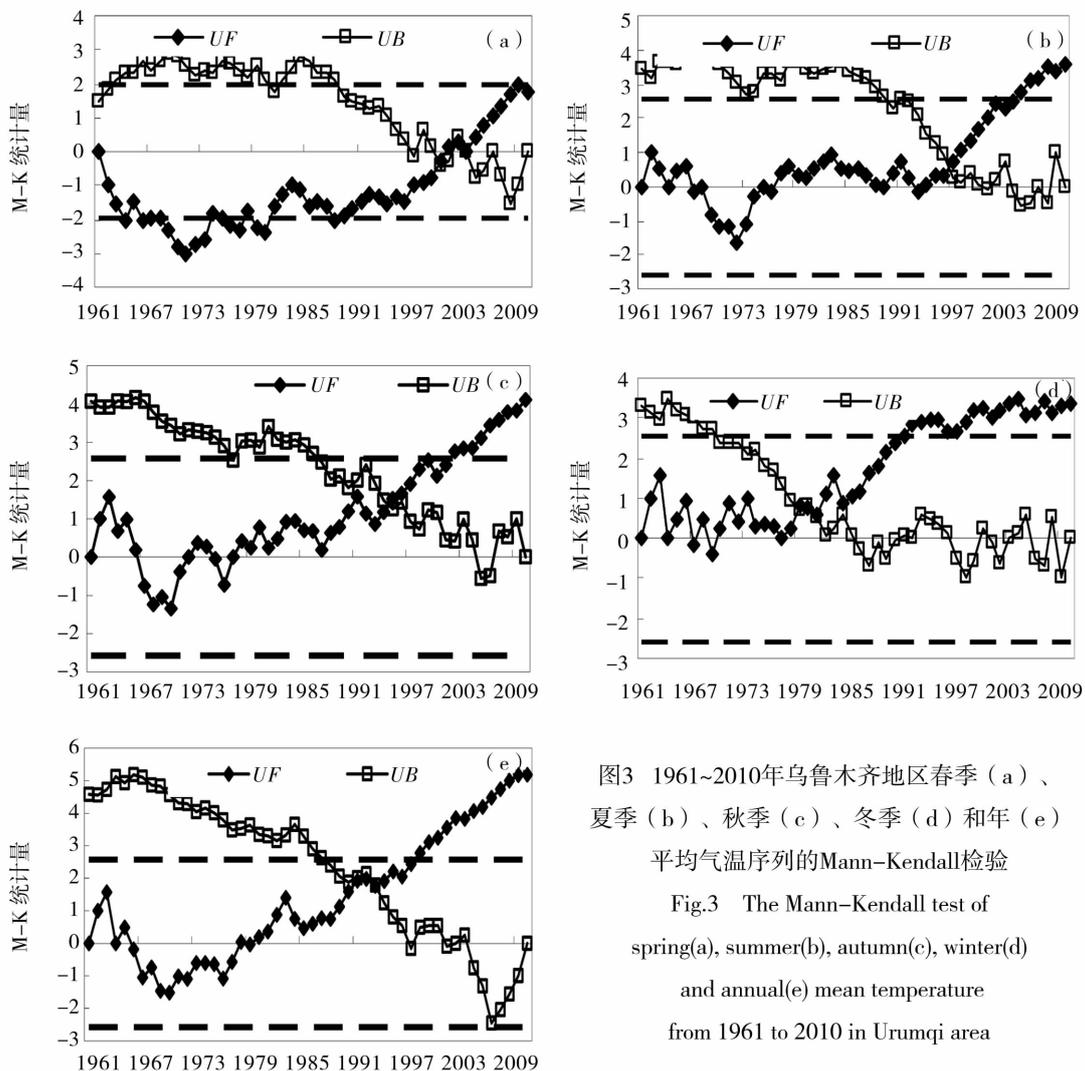


图3 1961~2010年乌鲁木齐地区春季(a)、夏季(b)、秋季(c)、冬季(d)和年(e)平均气温序列的Mann-Kendall检验

Fig.3 The Mann-Kendall test of spring(a), summer(b), autumn(c), winter(d) and annual(e) mean temperature from 1961 to 2010 in Urumqi area

表1 1961~2010年乌鲁木齐地区4季和年平均气温  
突变前、后多年平均值及其变化量

Tab.1 The average value and change range of seasonal and annual mean temperature  
before and after the abrupt change in recent 50 years in Urumqi area

	突变发生时间	突变前平均值/°C	突变后平均值/°C	突变前后变化量/°C
春季平均气温/°C	2002年	6.0	7.2	1.2
夏季平均气温/°C	1997年	19.0	19.8	0.8
秋季平均气温/°C	1995年	4.6	6.1	1.5
冬季平均气温/°C	1981年	-12.9	-11.5	1.4
年平均气温/°C	1994年	4.2	5.3	1.1

但突变年前后,各地夏季平均气温的变化具有明显的区域性差异,上升幅度总体“平原小,山区大”(图4)。天山山区中山带和柴窝堡至达坂城山间峡谷地带上升幅度较大,为1.6~2.1°C;低山带、山前丘陵地带和高山带上升1.1~1.5°C;中、北部平原地带上升幅度较小,为0.0~1.0°C,其中,乌鲁木齐市区上升幅度不足0.6°C。

### 3.3 秋季平均气温

1961~2010年,乌鲁木齐地区秋季平均气温以0.491°C/10a的倾向率呈极显著( $\alpha=0.001$ )的上升趋势,50a来已升高了2.4°C。M-K检测表明(图3c),秋季平均气温序列的UF曲线在20世纪60和70年代波动较大,且正负值交替出现,80年代开始上升,尤其90年代中期以来UF表现为持续快速上升的趋势,并于1994/1995年与UB曲线有一个明显的交点,之后于1999年突破了 $\alpha=0.01$ 的临界线2.58。说明20世纪60和70年代乌鲁木齐地区秋季平均气温总体偏低且变化不稳定,80年代开始有所上升,90年代中期以来上升迅速,并且于1995年发生了突变性的升高。突变后(1995~2010年)较突变前(1961~1994年)全地区平均秋季气温升高了1.5°C,但突变年前后,各地秋季平均气温的变化具有明显的区域性差异,上升幅度总体呈现“平原小,山区大”的格局(图4)。中、北部平原地带上升幅度较小,为1.5~1.8°C;山前倾斜平原和低山带上升1.9~2.4°C;中、高山带上升幅度较大,为2.5~2.8°C。

### 3.4 冬季平均气温

1961~2010年,乌鲁木齐地区冬季平均气温以0.490°C/10a的倾向率呈显著( $\alpha=0.01$ )上升趋势,50a来已升高了2.4°C。M-K检测表明(图3d),UF曲线在20世纪60和70年代波动较大且正负值交替出现,80年代开始持续快速上升,并于

1980/1981年与UB曲线有一个明显的交点,之后于1992年突破了 $\alpha=0.01$ 的临界线2.58。说明20世纪60和70年代乌鲁木齐地区冬季平均气温总体偏低,80年代迅速上升,1981年发生了突变性的升高。突变后(1981~2010年)较突变前(1961~1980年)全地区平均冬季气温升高了1.4°C。但突变年前后,各地冬季平均气温的变化具有明显的区域性差异,上升幅度总体呈现“市区大,郊区小”的空间分布格局(图4)。受气候变暖和城市“热岛效应”<sup>[18]</sup>的综合影响,乌鲁木齐市区成为全地区冬季气温上升最明显的区域,上升2.1~3.3°C;近郊上升1.6~2.0°C;远郊的中、北部平原地带大部上升1.1~1.5°C;天山山区上升幅度较小,只有0.2~1.0°C。

### 3.5 年平均气温

受4季平均气温变化的共同影响,1961~2010年,乌鲁木齐地区年平均气温以0.362°C/10a<sup>-1</sup>的倾向率呈极显著( $\alpha=0.001$ )的上升趋势,50a来升高了1.8°C。M-K检测表明(图3e),UF曲线在20世纪60~80年代中期波动较大,且正负值交替出现,80年代后期开始UF表现为持续快速上升趋势,并于1993/1994年与UB曲线有一个明显的交点,之后,UF曲线于1998年突破了 $\alpha=0.01$ 的临界线2.58。这说明,20世纪60~80年代中期乌鲁木齐地区年平均气温总体偏低且变化不稳定,80年代后期开始,尤其90年代中期以来,年平均气温上升迅速,并且于1994年发生了突变性的升高。突变后(1994~2010年)较突变前(1961~1993年)全地区平均年均温升高了1.1°C,但突变年前后,各地年平均气温的变化具有明显的区域性差异,上升幅度总体呈现“平原大,山区小”的格局,北部平原上升幅度较大,为1.0~1.3°C;山前倾斜平原至中山带上升0.8~0.9°C;高山带上升幅度相对较小,为0.6~0.7°C。

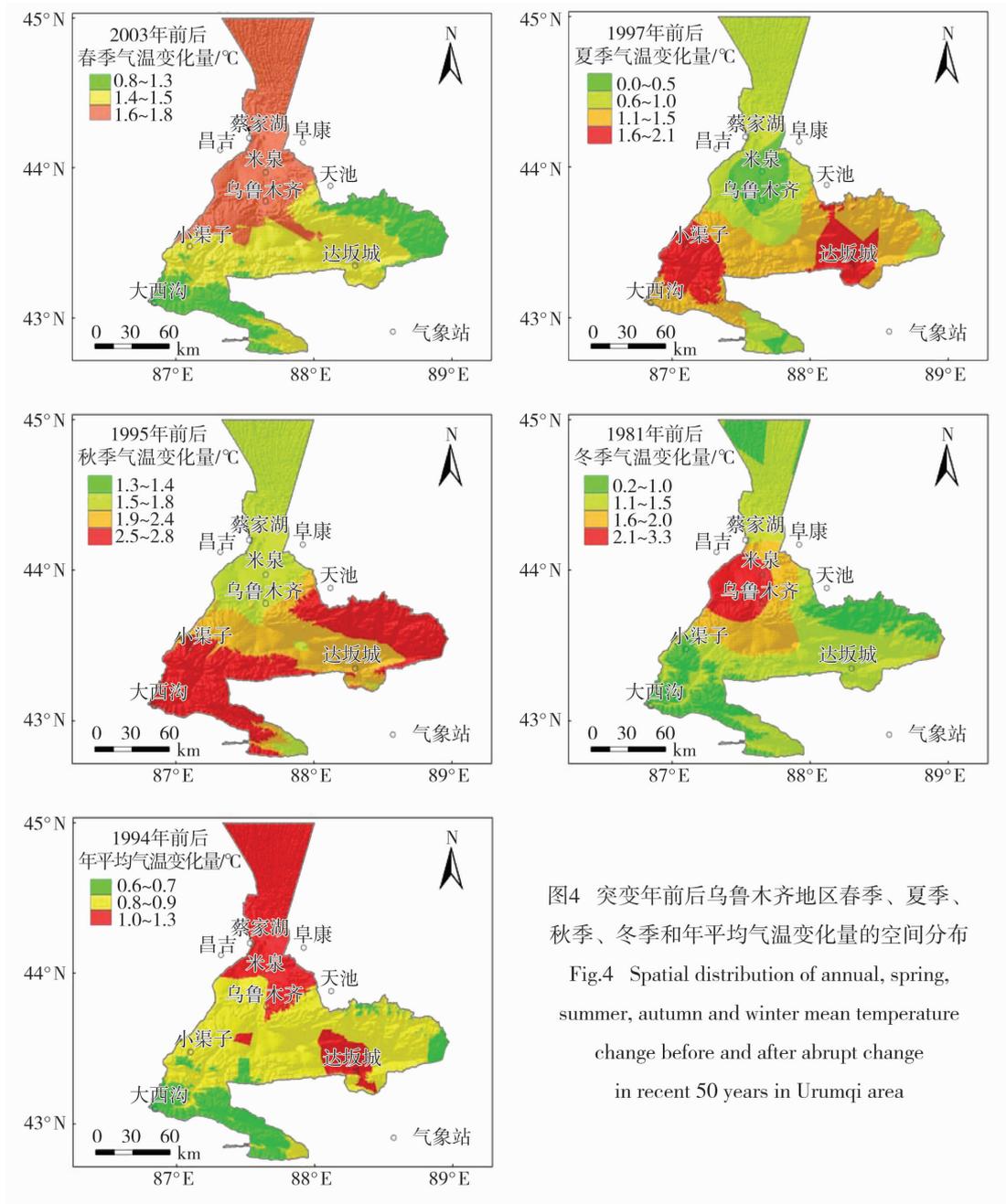


图4 突变年前后乌鲁木齐地区春季、夏季、秋季、冬季和年平均气温变化量的空间分布  
Fig.4 Spatial distribution of annual, spring, summer, autumn and winter mean temperature change before and after abrupt change in recent 50 years in Urumqi area

## 4 结论

(1) 乌鲁木齐地区年平均气温的空间分布总体呈现“平原和谷地高,山区低”的格局,春、夏、秋季气温的空间分布与年平均气温分布基本一致,但冬季平均气温的空间分布则表现为“中山带高,高山带和平原低”的特点,这与乌鲁木齐的地形地貌有关,尤其中山带冬季存在稳定的逆温带。

(2) 1961~2010年乌鲁木齐地区的年平均气温以 $0.362\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 的倾向率上升,50 a来升高了 $1.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;春、夏、秋、冬也分别以 $0.258\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 、 $0.201\text{ }^{\circ}\text{C}/$

$10\text{ a}$ 、 $0.491\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 和 $0.490\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 的倾向率上升,其中秋、冬季上升趋势十分明显。

(3) 乌鲁木齐地区年平均气温,在1990年代中期以来上升迅速,并且于1994年发生了突变性的升高,突变后较突变前气温升高了 $1.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。春、夏、秋、冬季也分别于2002年、1997年、1995年和1981年发生了突变,突变后较突变前分别升高了 $1.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $1.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,但4季和年平均气温上升幅度具有明显的区域性差异,春季和年平均气温的上升幅度总体呈现“平原大,山区小”空间分布的格局,夏、秋季则表现为“平原小,山区大”的空间分布

特点,冬季上升幅度总体呈现“市区大,郊区小”的空间分布格局,这种区域性差异,不仅与当地地理因子有关,而且与人口密度、大气成分以及城市发展规模等有关。

(4)本文基于GIS的空间分析技术对乌鲁木齐地区春、夏、秋、冬4季和年平均气温突变前后变化量的空间分布进行精细化模拟,建立的各气温要素与经度、纬度和海拔高度等宏观地理因子的三维二次趋势面模拟模型的复相关系数均在0.900以上,均通过了 $F_{0.001}$ 的极显著性检验,说明宏观地理因子是影响乌鲁木齐地区气温空间分布的最主要的因素<sup>[19-20]</sup>。由于坡度、坡向、下垫面状况等局部小地形因子对气温影响的机理十分复杂<sup>[21-22]</sup>,加之在1:5万的地理信息数据中难以获取较精确的小地形因子信息<sup>[23]</sup>,另外,“城市热岛效应”的强度和影响范围目前还难以用地理因子加以定量描述<sup>[24-26]</sup>,因此,本文只能将这些由局部小地形因子和社会经济因素对气温空间分布的影响简单地归结为“残差”,采用反距离加权法对其进行栅格化插值模拟。因此,随着地理信息技术的不断提高和完善以及气象观测站点的逐步加密,有关乌鲁木齐地区气温精细化时空变化的研究还有待深入研究。

#### 参考文献:

- [1] IPCC. Summary for Policymakers of Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [2] 赵宗慈,王绍武,徐影,等. 近百年我国地表气温趋势变化的可能原因[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 808-817.
- [3] 普宗朝,张山清,纪冬梅,等. 近30年乌鲁木齐地区的气候变化[J]. 新疆气象, 2005, 28(4): 14-16.
- [4] 普宗朝,张山清,李景林,等. 近48年新疆乌鲁木齐地区气候变化[J]. 干旱区研究, 2010, 27(3): 422-432.
- [5] 普宗朝,张山清. 近49年乌鲁木齐地区农业热量资源时空变化[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(2): 243-252.
- [6] 普宗朝,张山清,宾建华,等. 新疆乌鲁木齐地区热量资源精细化时空变化分析[J]. 中国农业气象, 2011, 32(4): 598-606.
- [7] 左敏,陈洪武,江远安,等. 新疆近50a气温变化趋势和演变特征[J]. 干旱气象, 2010, 28(2): 160-167.
- [8] 张山清,普宗朝,伏晓慧,等. 气候变化对新疆自然植被净第一性生产力的影响[J]. 干旱区研究, 2010, 27(6): 905-914.
- [9] 张家宝,陈洪武,毛炜峰,等. 新疆气候变化与生态环境的初步评估[J]. 沙漠与绿洲气象, 2008, 2(4): 1-11.
- [10] 林学椿,于淑秋. 近40年我国气候趋势[J]. 气象, 1990, 16(10): 16-22.
- [11] 符淙斌,王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学, 1992, 16(6): 482-493.
- [12] 纪瑞鹏,张玉书,冯锐,等. 辽宁省负积温地理分布特征与模拟[J]. 气象科技, 2005, 33(4): 360-362.
- [13] 金莉莉,何清,李振杰,等. 塔克拉玛干沙漠腹地沙丘温度特征浅析[J]. 干旱气象, 2010, 28(2): 134-142.
- [14] 蒲云锦,赵桢柳,韩光春. 新疆石河子近40年的气候变化特征[J]. 干旱气象, 2008, 26(4): 56-60.
- [15] 翁笃鸣,陈万隆,沈觉成,等. 小气候和农田小气候[M]. 北京: 农业出版社, 1981.
- [16] 傅抱璞,虞静明,卢其尧. 山地气候资源与开发利用[M]. 南京: 南京大学出版社, 1996.
- [17] 胡文峰,何清,金莉莉,等. 若羌绿洲近55a气候变化基本特征[J]. 干旱气象, 2011, 29(3): 297-302.
- [18] 李景林,郑玉萍,李悦,等. 乌鲁木齐-昌吉地区城市化对温度的影响及热岛效应分析[J]. 高原气象, 2010, 29(6): 1609-1618.
- [19] 张山清,普宗朝. 新疆参考作物蒸散量时空变化分析[J]. 农业工程学报, 2011, 27(5): 73-79.
- [20] 张山清,普宗朝. 基于DEM的乌鲁木齐河流域降水量时空变化分析[J]. 中国农业气象, 2011, 32(3): 437-443.
- [21] 普宗朝,张山清,宾建华,等. 新疆乌鲁木齐地区干湿气候要素时空变化分析[J]. 资源科学, 2011, 33(12): 2314-2322.
- [22] 谢云峰,张树文. 基于数字高程模型的复杂地形下的黑龙江平均气温空间插值[J]. 中国农业气象, 2007, 28(2): 205-211.
- [23] 陆忠艳,袁子鹏,蔡福,等. 基于GIS的气温和降水推算方法研究[J]. 气象科技, 2008, 36(4): 389-395.
- [24] 李军,杨青,史玉光. 基于DEM的新疆降水量空间分布[J]. 干旱区地理, 2010, 32(6): 868-873.
- [25] 卞韬,连志鸾. 石家庄地区近46a温度变化特征[J]. 干旱气象, 2008, 26(2): 57-62.
- [26] 宁向玲,董婕,延军平. 陕西省近60a气温时空变化特征[J]. 干旱气象, 2011, 29(4): 455-461.

(下转第622页)

2008,34(4):71-78.

[13] 施望芝,毛以伟,等. 台风“云娜”降水云区中单站大暴雨诊断分析和预报[J]. 暴雨灾害,2007,26(1):46-51.

[14] 樊明,周军,冯军. 集中物理量在陇南暴雨预报中的初步应用[J]. 干旱气象,2006,24(4):31-34.

[15] 杨静,杜小玲,陈涛. 贵州一次大暴雨过程中 MCS 的结构特征分析[J]. 贵州气象,2006,4:13-16.

[16] 王丽荣,刘黎平,王立荣,等. 一次局地短时大暴雨中- $\gamma$ 尺度分析[J]. 高原气象,2011,30(1):217-225.

[17] 张润琼,刘燕雯,沈桐立. 贵州大暴雨的湿位涡诊断分析[J]. 灾害学,2007,12(4):6-10.

[18] 费建芳,伍荣生,宋金杰. 对称不稳定理论的天气分析与预报应用研究进展[J]. 南京大学学报(自然科学),2009,45(3):323-333.

### Features of a Regional Rainstorm in Midsummer of 2010 in Western Xinjiang

HUANG Yan<sup>1</sup>, LIU Tao<sup>1</sup>, ZHANG Yunhui<sup>2</sup>

(1. Kashi Meteorological Observatory of Xinjiang, Kashi 844000, China;  
2. Xinjiang Meteorological Observatory, Urumqi 830002, China)

**Abstract:** Based on NECP reanalysis data of  $1^\circ \times 1^\circ$  with 6 hours interval, precipitation observations from automatic meteorological stations and doppler radar data, the circulation background, the status of stratified atmosphere, feature of radar echo and vapor of a strongest rainstorm event occurred on 31 July 2010 in western Xinjiang were analyzed. The results show that the longitudinal excursion of South Asia High, the westward extending of the Western Pacific Subtropical High, maintenance and deepening of Central-Asia vortex, development of southwest air from high level and eastern lower troposphere jet were in favor of the rainstorm occurrence. Central-Asia vortex carrying water vapor in the western went to southeast, the bay of Bengal region and Arabian Sea water vapor moved northwest and eastward water vapor of the Baikal lake climbed up the cool pool and moved to west, which resulted in vapor flux convergence in western Xinjiang, and the quantity of vapor transportation in west and south boundary reached  $401 \times 10^8$  t, which was 98% of the total transportation. The symmetry instability and convection instability simultaneously occurred in lower level was in favor of the extensive range strong precipitation occurrence and development. Features of main precipitation echo were development and propagation of linear multi-cell storm and newborn cell growing of meso- $\gamma$ -scale convective monomer.

**Key words:** rainstorm; central-Asia vortex; water vapour transportation; symmetric instability

\*\*\*\*\*

(上接第 599 页)

### Spatial-temporal Variation of Seasonal and Annual Temperature During 1961-2010 in Urumqi Area Based on DEM

TAN Xiulan<sup>1</sup>, ZHANG Shanqing<sup>2</sup>, LI Xiangjuan<sup>1</sup>, LI Yue<sup>3</sup>, SHA Manman<sup>1</sup>, HUANG Haiyun<sup>4</sup>

(1. Urumqi Meteorological Bureau of Xinjiang, Urumqi 830002, China; 2. Agro-meteorological Observatory of Xinjiang, Urumqi 830002, China; 3. Urumqi Meteorological Satellite Ground Station, Urumqi 830009, China; 4. Meteorological Information Center of Xinjiang, Urumqi 830001, China)

**Abstract:** Based on the monthly mean temperature data during 1961-2010 from 9 meteorological stations in Urumqi area of Xinjiang, the spatial-temporal change of seasonal and annual mean temperature and their abrupt change were analyzed by using the methods of linear regression, Mann-Kendall test and three-dimensional analysis based on GIS. The main results are as follows: (1) The spatial distribution of annual mean temperature in Urumqi presented higher in plain area than that in mountain areas, the spatial change of the mean temperature in spring, summer and autumn was consistent with annual mean temperature, but mean temperature in winter was higher on the level ranged from 1 500 m to 2 600 m of Tianshan Mountain than that in plain and high elevation of mountain areas; (2) The annual and seasonal mean temperature showed a significant increasing trend in recent 50 years in Urumqi area; (3) There were abrupt change for annual and seasonal mean temperature in different years, though the temperature trend was increasing, they were obviously different in different regions, generally, the increasing range of spring and annual mean temperature were higher in plain than that in mountain areas, but the increasing range of summer and autumn mean temperature was on the contrary, they were higher in mountain areas than that in plain, and increasing range of winter mean temperature was higher in urban than that in suburban areas.

**Key words:** Urumqi area; temperature; DEM; spatial-temporal change