

doi: 10.3724/SP.J.1201.2013.03021

# 新密市气候变化特征及人为驱动力分析

毛翠翠, 左其亭

(郑州大学 水科学研究中心, 郑州 450001)

**摘要:** 根据新密市 1971 年-2010 年气象统计资料, 采用 Mann-Kendall 检验方法对年平均气温及降水量进行趋势变化及突变分析。结合 1981 年-2008 年社会经济资料, 确定影响新密市气温、降水量变化的人为驱动力因子指标, 并运用灰色关联度分析法, 综合判断人为作用影响强度的年际变化, 及气温突变前后主要人为驱动力因子的时序变化情况, 以对新密市气候变化人为驱动力因子进行分析、气温突变前后人为驱动力因子进行识别。分析发现新密市气候变化特征表现为年、季平均气温持续上升, 年平均降水量并没有明显的增加或减少趋势, 1993 年发生气温上升突变; 人口密度快速增长是新密市气温变化的主要动力, 其次是农业发展和能源消耗。

**关键词:** 人为驱动力; 气温; 降水; 气候变化特征; 新密市

中图分类号: P467 文献标识码: A 文章编号: 1672-1683(2013)03-0021-06

## Climate Change Characteristics and Analysis of Anthropogenic Driving Forces in Xinmi

MAO Cuicui, ZUO Qiting

(Center for Water Science Research, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

**Abstract:** The Mann-Kendall method was used to analyze the trend variations and mutations of annual average temperature and precipitation based on the meteorological data of Xinmi City from 1971 to 2000. The anthropogenic driving forces affecting the variations of temperature and precipitation were determined by the socioeconomic data collected from 1981 to 2008. The gray relational analysis was used to characterize the interannual variability of impact strength of human activities and the temporal variations of anthropogenic driving factors before and after the temperature mutation, and therefore the anthropogenic driving factors affecting the climate change can be analyzed and identified. The results indicated that the annual and seasonal atmospheric temperatures increase with a temperature mutation in 1993 while the annual precipitation has significant increasing or decreasing trends. The rapid growth of population density is the primary driving force of the temperature change in Xinmi, and followed by the agricultural development and energy consumption.

**Key words:** anthropogenic driving force; temperature; precipitation; characteristics of climate change; Xinmi

由人类活动引起的气候变化已经逐步成为深刻影响 21 世纪全球可持续发展的重大问题。政府间气候变化专门委员会(IPCC)第四次评估报告中明确指出,近 100 年来(1906 年-2005 年)全球气温线性增加趋势为  $0.74\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,这一趋势大于第三次评估报告给出的  $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  的相应趋势,且目前陆地区的变暖速率要快于海洋<sup>[1]</sup>。地球人口的爆炸,尤其是在 20 世纪内世界城市人口增加了近 10 倍之多,土地的开发垦殖使得接近一半的陆地已被人类改变和利用<sup>[2]</sup>。大气中温室气体的浓度明显受到人类的影响,气候分布状况随之改变,而气候变化又作用于人类生存环境,影响经济的发展与社会的进步。所以,近年来地球气候系统变化及其影响已经成为

国际社会密切关注的对象。

与发达国家相较,发展中国家基础设施相对落后,在气候变化过程中抵御自然灾害和适应气候变化的能力较低。中国作为典型的发展中国家,气候的区域差异性强,由于自然变化和人类活动带来的气候变化所造成的影响不可忽视<sup>[3-4]</sup>,深入研究其气候变化特征具有重要科学意义。

气候变化特征研究的重要内容之一是探讨气候变化的原因,即驱动力因素作用。已有大量研究探讨过某些区域的气候变化特征及其人为驱动力<sup>[5-7]</sup>。本文根据河南省新密市气象统计资料和社会经济资料,运用数学分析方法,定量判断影响该地区气候变化的主要人为驱动力,总结对比主要影

收稿日期: 2012-12-19 修回日期: 2013-05-06 网络出版时间: 2013-05-18

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20130518.1744.031.html>

基金项目: 国家自然科学基金(51279183; 51079132); 河南省高校科技创新团队支持计划(2013)

作者简介: 毛翠翠(1988),女,河南登封人,硕士研究生,现从事水文学及水资源研究。E-mail: maocui1988@163.com

通讯作者: 左其亭(1967),男,河南固始人,博士,教授,博士生导师,从事水文学及水资源研究。E-mail: zuoqt@zzu.edu.cn

响因子,综合判断气候变化特征突变前后人为驱动力因子的时空变化特点,为该区域的健康和谐发展提供科学依据。

## 1 资料来源及研究方法

本文利用的 1971 年-2010 年气温及降水量数据来源于新密市气象局;1981 年-2008 年社会经济资料数据均来自新密市统计局《新密市统计年鉴》及新密市水务局。研究采用的方法主要为 Mann Kendall 突变检验法及灰色关联分析法。

在时间序列分析中, Mann Kendall 检验是一种常用的突变检测方法,能够从定量的角度分析序列在某段时间内的上升或下降趋势,且明确突变的开始时间及区域,是一种适用于水文、气象等非正态分布数据的非参数检验方法<sup>[8-10]</sup>。主要计算公式介绍如下:

对于具有  $n$  个样本量的时间序列  $x$ , 构造一秩序列:

$$S_k = \sum_{i=1}^k r_i \quad (k = 2, 3, \dots, n) \quad (1)$$

$$\text{其中, } r_i = \begin{cases} +1, & \text{当 } x_i > x_j \quad (j = 1, 2, \dots, i) \\ 0, & \text{当 } x_i \leq x_j \end{cases} \quad (2)$$

在时间序列随机独立的假定下,定义统计量:

$$UF_k = \frac{[S_k - E(S_k)]}{\sqrt{\text{var}(S_k)}} \quad (k = 2, 3, \dots, n) \quad (3)$$

式中:  $UF_1 = 0$ ,  $E(S_i)$ ,  $\text{var}(S_i)$  是累计年数  $S_k$  的均值和方差。 $UF_k$  为标准正态分布,是按时间序列  $x$  顺序计算出来的,给定显著性水平  $\alpha$ ,若  $|UF_k| > U_\alpha$ ,则表示序列存在明显的趋势变化。同理,可按时间序列  $x$  逆序计算出  $UB_k$ ,且使  $UB_k = -UF_k$ 。

灰色关联度分析是对于一个系统发展变化态势的定量描述和比较。关联度是对两个系统或因素间关联性大小的度量,它描述系统发展过程中因素间相对变化的情况。对一个灰色系统进行分析研究时,要先解决如何从随机的时间序列中找到关联性、计算关联度,以便为因素判别、优势分析、决策提供依据。主要计算步骤包括原始数据变换、关联系数计算、求关联度、排关联序<sup>[11]</sup>。

数据变换方法采用均值化变换,经变换的母序列  $\{x_0(k)\}$  与子序列  $\{x_i(k)\}$  关联系数  $L_{0i}(k)$  由下式求出:

$$L_{0i}(k) = \frac{\Delta_{\min} + \rho \Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(k) + \rho \Delta_{\max}} \quad (4)$$

其中:  $\Delta_{0i}(k)$  为两个比较序列的绝对差值,即  $\Delta_{0i}(k) = |x_0(k) - x_i(k)|$  ( $1 \leq i \leq m$ );  $\Delta_{\max}$  和  $\Delta_{\min}$  分别表示所有比较序列各时刻绝对差值中的最大值与最小值。一般取  $\Delta_{\min} = 0$ ,  $\rho$  为分辨系数,本文取为 0.1。

两序列关联度用两个比较序列各时刻的关联系数平均值计算,即:

$$r_{0i} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N L_{0i}(k) \quad (5)$$

式中:  $r_{0i}$  为子序列  $i$  与母序列 0 的关联度,  $N$  为比较序列的长度。

最后将  $m$  个子序列对同一母序列的关联度按大小顺序排列,组成关联序,记为  $\{x\}$ ,反映各子序列对母序列的优劣关系。

## 2 新密市气候变化特征

新密市隶属河南省省会郑州,多年平均气温 14.7℃,多

年平均降水量约为 663 mm,历史最大、最小年降水相差 784 mm,年际变化量较大,属典型的半湿润半干旱气候区。由于受季风气候的影响,降水量时空分布不均:时间上表现为夏季集中、春秋不足、冬季偏少,空间上表现为米村-岳村以北及王村-大隗以南山区降水较多,大于 675 mm,中部与东部河谷平原较少<sup>[12]</sup>。

### 2.1 气温变化特征分析

#### 2.1.1 年代际变化

由表 1 中新密市不同年代四季平均气温可以看出,无论是年代平均气温还是各季平均气温在 20 世纪 70 年代与 80 年代都相差不大,80 年代以后逐渐上升。21 世纪初较 20 世纪 80 年代,年代平均气温上升近 1.2℃,春、夏、秋、冬季平均气温分别上升近 1.9℃、0.9℃、0.8℃、1.3℃,其中 80 年代到 90 年代各平均气温增幅异常明显。

表 1 新密市各年代年和各季平均气温

Table 1 The annual and seasonal atmospheric temperatures of last several decades in Xinmi

年代	年代平均气温	春季平均气温	夏季平均气温	秋季平均气温	冬季平均气温
20 世纪 70 年代	14.3	14.6	25.8	14.9	1.8
20 世纪 80 年代	14.2	14.7	25.3	14.9	1.8
20 世纪 90 年代	15.1	15.2	26.1	15.6	3.4
21 世纪初	15.4	16.6	26.2	15.7	3.1

#### 2.1.2 趋势及突变分析

对新密市年平均气温进行 Mann Kendall 突变检验后,结果见图 1。分析可知,近 40 年新密市年平均气温总体呈上升趋势,1993 年是年平均气温突变开始的年份。1993 年之后,新密市年平均气温呈现逐渐上升趋势,并且上升趋势显著<sup>[13]</sup>。

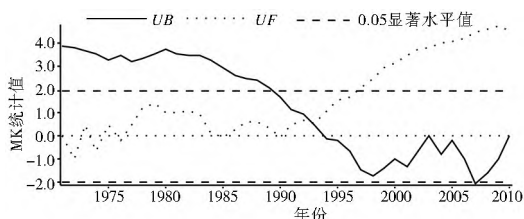


图 1 新密市年平均气温 Mann Kendall 突变检验<sup>[13]</sup>

Fig. 1 The Mann Kendall mutation test of annual average atmospheric temperature in Xinmi

### 2.2 降水变化特征分析

#### 2.2.1 年代际变化

表 2 显示了新密市 20 世纪各年代四季平均降水量。可以看出,新密市年平均降水量从 20 世纪 70 年代至 80 年代有所增加,而后至世纪末逐渐减少,21 世纪初又逐渐增加,较 20 世纪 90 年代增加近 92 mm。春季平均降水量从 70 年代至 90 年代逐渐增加,在 90 年代最大,而后至 21 世纪初呈减少趋势,减少近 24 mm。夏季平均降水量各年代变化趋势与年代平均降水量变化一致,21 世纪初较 20 世纪 90 年代增幅明显,平均降水量增加近 116 mm。秋季平均降水量各年代

之间整体呈减少趋势,但变化不是很明显。冬季平均降水量整体变化幅度不大。

表 2 新密市各年代年和各季平均降水量

Table 2 The annual and seasonal precipitations of last several decades in Xinmi

年代	mm				
	年代平均 降水量	春季平均 降水量	夏季平均 降水量	秋季平均 降水量	冬季平均 降水量
20 世纪 70 年代	642	121	342	149	30
20 世纪 80 年代	689	129	385	140	36
20 世纪 90 年代	614	132	326	135	21
21 世纪初	706	103	430	136	37

### 2.2.2 趋势及突变分析

新密市年降水量的突变检验和分析结果见图 2。20 世纪 80 年代中期至 90 年代中期,年降水量呈增加趋势,此后 21 世纪初以来呈现出较弱的上升趋势,其余时段并没有表现出明显的增减趋势。1982 年和 1999 年,新密市年降水量出现较为明显的增加突变,但未出现突变的时间区域<sup>[3]</sup>。

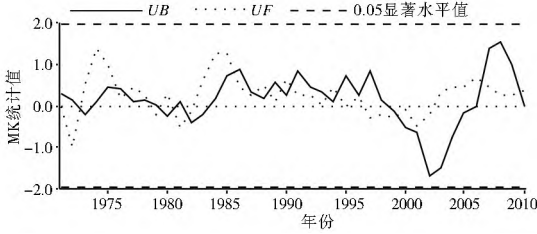


图 2 新密市年降水量 Mann Kendall 突变检验<sup>[3]</sup>

Fig. 2 The Mann-Kendall mutation test of annual precipitation in Xinmi

## 3 新密市气候变化人为驱动力因子分析

### 3.1 人为驱动力因子指标体系

本文结合新密市气候变化的人为驱动力指标,并考虑数据资料搜集的限制性,构建了生产过程、消费过程和生活过程三个一级指标,见表 3、表 4。一级指标是影响新密市气候变化的人为驱动力的总类;在一级指标下的二级指标中细化了不同总类下的人为驱动力指标。其中影响气温的二级指标有 14 个,影响降水的二级指标有 10 个。这些指标间存在一定关联性,且较全面地阐释了新密市气温变化及降水量变化的主要人为驱动力影响因子。

### 3.2 人为驱动力因子识别

根据文中新密市气候变化人为驱动力指标体系内容,结合灰色关联分析方法及原理过程,运用 DPS 软件对指标进行处理,从气温变化和降水量变化两方面分析其人为驱动力因子。人为驱动力因素对 1971 年-2008 年新密市气温变化及 2000 年-2008 年降水量变化的灰色关联度计算结果见表 5、表 6。

从表 5 中可以看出,人为驱动力因子与气温变化的关联度排序为:人口密度>总人口数>粮食作物播种面积>年末耕地面积>大牲畜存栏头数>工业用电量>第一产业总产

表 3 影响气温变化的人为驱动力因子指标体系

Table 3 The factor index system of anthropogenic driving forces affecting temperature change

一级指标	二级指标	单位
生产过程	第一产业总产值( $X_1$ )	万元
	工业总产值( $X_2$ )	万元
	人均生产总值( $X_3$ )	元
	年末耕地面积( $X_4$ )	hm <sup>2</sup>
	粮食作物播种面积( $X_5$ )	hm <sup>2</sup>
	大牲畜存栏头数( $X_6$ )	万头
消费过程	工业用电量( $X_7$ )	万 kw·h
	农村用电量( $X_8$ )	万 kw·h
	民用汽车拥有量( $X_9$ )	辆
生活过程	总人口数( $X_{10}$ )	人
	人口密度( $X_{11}$ )	人/km <sup>2</sup>
	全社会固定资产投资( $X_{12}$ )	万元
	在岗职工年平均工资( $X_{13}$ )	元
	农村人均纯收入( $X_{14}$ )	元

表 4 影响降水量变化的人为驱动力因子指标体系

Table 4 The factor index system of anthropogenic driving forces affecting precipitation change

一级指标	二级指标	单位
生产过程	年末耕地面积( $Y_1$ )	hm <sup>2</sup>
	有效灌溉面积( $Y_2$ )	hm <sup>2</sup>
消费过程	农业用水量( $Y_3$ )	万 m <sup>3</sup>
	工业用水量( $Y_4$ )	万 m <sup>3</sup>
	生活用水量( $Y_5$ )	万 m <sup>3</sup>
生活过程	总人口数( $Y_6$ )	人
	城市化率( $Y_7$ )	(%)
	建城区面积( $Y_8$ )	km <sup>2</sup>
	道路铺装面积( $Y_9$ )	万 m <sup>2</sup>
	人均公共绿地面积( $Y_{10}$ )	m <sup>2</sup>

表 5 新密市人为驱动力因素对气温变化的灰色关联度

Table 5 The gray relational grade of anthropogenic driving forces to temperature change in Xinmi

序号	因子	关联系数
$X_{11}$	人口密度	0.973 3
$X_{10}$	总人口数	0.956 5
$X_5$	粮食作物播种面积	0.899 1
$X_4$	年末耕地面积	0.879 5
$X_6$	大牲畜存栏头数	0.726 6
$X_7$	工业用电量	0.594 8
$X_1$	第一产业总产值	0.577 9
$X_8$	农村用电量	0.541 5
$X_{13}$	在岗职工年平均工资	0.530 5
$X_{14}$	农民人均纯收入	0.519 8
$X_3$	人均生产总值	0.510 4
$X_2$	工业总产值	0.494 3
$X_{12}$	全社会固定资产投资	0.477 0
$X_9$	民用汽车拥有量	0.439 4

值>农村用电量>在岗职工年平均工资>农民人均纯收

入> 人均生产总值> 工业总产值> 全社会固定资产投资> 民用汽车拥有量。对新密市气温变化影响最大的因素是人口密度, 关联系数达到 0.973 3, 粮食作物播种面积、年末耕地面积、大牲畜存栏头数与其关联系数也都在 0.7 以上, 工业用电量、第一产业总产值、农村用电量、在岗职工年平均工资、农民人均纯收入、人均生产总值与其关联系数在 0.5 以上。可见, 人口密度快速增长是新密市气温变化的主要动力, 其次是农业发展, 能源消耗也对气温变化有较大的贡献。

表 6 新密市人为驱动力因素对降水量变化的灰色关联度

Table 6 The gray relational grade of anthropogenic driving forces to precipitation change in Xinmi

序号	因子	关联系数
$Y_6$	总人口数	0.510 6
$Y_1$	年末耕地面积	0.438 4
$Y_3$	农业用水量	0.390 5
$Y_8$	建成区面积	0.385 8
$Y_4$	工业用水量	0.338 5
$Y_5$	生活用水量	0.333 5
$Y_7$	城市化率	0.306 5
$Y_{10}$	人均公共绿地面积	0.277 5
$Y_2$	有效灌溉面积	0.238 8
$Y_9$	道路铺装面积	0.210 7

表 6 显示, 人为驱动力因子与降水量变化的关联度排序

为: 总人口数> 年末耕地面积> 农业用水量> 建成区面积> 工业用水量> 生活用水量> 城镇化率> 人均公共绿地面积> 有效灌溉面积> 道路铺装面积。对新密市降水量变化影响最大的因素是总人口数, 关联系数达到 0.510 6, 年末耕地面积、农业用水量及建成区面积与其关联系数也都在 0.4 左右, 人均公共绿地面积、道路铺装面积等与降水量变化的关联系数较低。综上所述, 人口及社会工农业发展状况是新密市降水量变化的主要动力, 下垫面性质对其影响较小。

#### 4 气温突变前后人为驱动力因子变化分析

如前文所述, 1971 年-2010 年新密市年降水量未出现突变的时间区域, 因此本文只对气温突变前后人为驱动力因子进行了比较分析。

##### 4.1 气温突变前人为驱动力因子识别比较

对数据均值化处理, 计算在  $\rho=0$  时, 新密市各人为驱动力因子与气温变化的绝对差值, 得到表 7, 其中所有子序列和母序列各时刻绝对差值最大值  $\Delta_{\max}$  为 2.328 5, 是 1993 年气温和全社会固定资产投资的绝对差值。由此可知, 气温和 14 个驱动力因子间的绝对差值中有 8 个因子序列的最大值都出现在 1993 年, 如: 工业总产值、工业用电量、农村用电量、农民人均纯收入等, 说明在 1993 年气温变化和各驱动力因子变化差异达到突变前的最大值。

表 7 新密市气温与人为驱动力因子绝对差值表

Table 7 Absolute difference values between the temperature and anthropogenic driving forces in Xinmi

年份	气温	第一产业总产值	工业总产值	人均生产总值	年末耕地面积	粮食作物播种面积	大牲畜存栏头数	工业用电量
1981	0.6228	0.9008	0.8087	0.0311	0.0310	0.0588	0.7038	0.6228
1982	0.5521	0.9252	0.8092	0.0714	0.0001	0.1029	0.5516	0.5521
1983	0.4216	0.8179	0.6814	0.0905	0.1211	0.0369	0.4860	0.4216
1984	0.3479	0.7263	0.5884	0.0281	0.0056	0.0362	0.3816	0.3479
1985	0.2619	0.6645	0.5363	0.1368	0.0348	0.0379	0.2886	0.2619
1986	0.4884	0.6462	0.5631	0.0562	0.1232	0.1280	0.2739	0.4884
1987	0.3626	0.2977	0.3230	0.0599	0.0029	0.0854	0.1921	0.3626
1988	0.0218	0.0464	0.0221	0.0297	0.0237	0.0163	0.1097	0.0218
1989	0.2209	0.3153	0.2786	0.0078	0.0241	0.0206	0.3979	0.2209
1990	0.3643	0.3920	0.4680	0.0632	0.0296	0.0168	0.3071	0.3643
1991	0.4869	1.2003	0.9015	0.0335	0.0188	0.0564	0.4321	0.4869
1992	0.6968	1.3210	1.1094	0.0523	0.0760	0.0774	0.6911	0.6968
1993	1.2209	1.8243	1.6342	0.0557	0.0180	0.0188	0.9382	1.2209

年份	农村用电量	民用汽车拥有量	总人口数	人口密度	全社会固定资产投资	在岗职工年平均工资	农民人均纯收入
1981	0.8973	0.6814	0.1285	0.1149	0.8876	0.4685	0.8402
1982	0.8286	0.6317	0.1019	0.0873	0.8093	0.4676	0.7901
1983	0.6728	0.5361	0.0114	0.0453	0.6771	0.3624	0.2586
1984	0.4553	0.2544	0.0147	0.0236	0.5611	0.3060	0.2751
1985	0.4193	0.0050	0.0070	0.0149	0.4517	0.1957	0.2294
1986	0.1673	0.2611	0.0787	0.0599	0.3631	0.1960	0.3553
1987	0.1101	0.1766	0.0523	0.0467	0.1825	0.0916	0.1110
1988	0.2440	0.0613	0.0092	0.0009	0.7840	0.0506	0.0329
1989	0.4601	0.4306	0.0495	0.0400	0.3964	0.1694	0.2648
1990	0.5202	0.4338	0.0517	0.0656	0.0016	0.2464	0.3118
1991	0.5938	0.5275	0.0897	0.0708	0.0591	0.3774	0.6488
1992	0.7670	0.5528	0.0707	0.0483	0.0374	0.4672	0.6873
1993	0.9556	0.5697	0.0857	0.0967	2.3285	0.8962	0.8964

通过求算各人为驱动力因子序列对母序列气温变化的关联度(见表8),发现新密市气温突变前粮食作物播种面积与气温变化的关联系数最大,达到0.9294。大牲畜存栏头数、人口密度、年末耕地面积分别位居第二、第三、第四位,关联度均在0.8以上。此外,总人口数、在岗职工年平均工资、民用汽车拥有量、全社会固定资产投资等也具有较高关联度。1980年以来,新密市的主要经济社会指标均取得显著变化,国内生产总值(GDP)保持年均21.25%的增长速度,但发展不平稳,1990年以前发展比较缓慢,以后增长速度加快。20世纪90年代初期,新密市全市的农业产值保持年均10.74%的增长速度,这些发展过程中的人为力量给城市气候带来了影响。

表8 新密市人为驱动力因素对气温变化的灰色关联度

Table 8 The gray relational grade of anthropogenic driving forces to temperature change in Xinmi

序号	因子	关联系数
X <sub>5</sub>	粮食作物播种面积	0.929 4
X <sub>6</sub>	大牲畜存栏头数	0.840 6
X <sub>11</sub>	人口密度	0.833 1
X <sub>4</sub>	年末耕地面积	0.830 6
X <sub>10</sub>	总人口数	0.825 7
X <sub>13</sub>	在岗职工年平均工资	0.499 2
X <sub>9</sub>	民用汽车拥有量	0.460 8
X <sub>12</sub>	全社会固定资产投资	0.452 4
X <sub>14</sub>	农民人均纯收入	0.448 7
X <sub>1</sub>	第一产业总产值	0.414 0
X <sub>7</sub>	工业用电量	0.403 4
X <sub>8</sub>	农村用电量	0.367 4
X <sub>3</sub>	人均生产总值	0.340 8
X <sub>2</sub>	工业总产值	0.313 0

综上所述,新密市气温在突变前和农业发展、经济社会发展具有较高关联度,即上述驱动力因子在气温发生突变前对气温变化作用明显,贡献较大,为主要影响因素。

#### 4.2 气温突变后人为驱动力因子识别比较

和前述内容一样,首先对新密市气温突变后的各指标因子进行均值化处理。鉴于篇幅限制,对均值化处理结果及气温与人为驱动力因子绝对差值统计表在此不再展现,其中最大差值 $\Delta_{max}=2.7806$ 。当分辨系数 $\rho=0.1$ 时,得到新密市各人为驱动力因子与气温变化的关联度,见表9,从中发现人口密度与气温变化关联度最高,关联系数达0.9187。总人口数、年末耕地面积、粮食作物耕地面积、农村用电量的关联度紧随其后,即在关联度最高的前五位驱动力因子中,在农业发展、能源消耗等方面对气温变化的影响最明显。

与突变前相比较,发现人口密度和农村用电量的增加与气温变化的关联度显著提升,分别由突变前的第三位(0.8331)、第十二位(0.3674)提高到突变后的第一位(0.9265)、第五位(0.7816),同时粮食作物播种面积和大牲畜存栏头数的关联度值由突变前的第一、二位下降到突变后的第四、六位。可以看出目前新密市的农业及畜牧业发展不容乐观。另外,民用汽车拥有量、全社会固定资产投资的关

联度值也有显著下降。

表9 新密市人为驱动力因素对气温变化的灰色关联度

Table 9 The gray relational grade of anthropogenic driving forces to temperature change in Xinmi

序号	因子	关联系数
X <sub>11</sub>	人口密度	0.926 5
X <sub>10</sub>	总人口数	0.918 7
X <sub>4</sub>	年末耕地面积	0.852 6
X <sub>5</sub>	粮食作物播种面积	0.789 5
X <sub>8</sub>	农村用电量	0.781 6
X <sub>6</sub>	大牲畜存栏头数	0.650 7
X <sub>1</sub>	第一产业总产值	0.605 4
X <sub>7</sub>	工业用电量	0.484 3
X <sub>14</sub>	农民人均纯收入	0.483 2
X <sub>13</sub>	在岗职工年平均工资	0.438 5
X <sub>3</sub>	人均生产总值	0.395 5
X <sub>2</sub>	工业总产值	0.345 9
X <sub>12</sub>	全社会固定资产投资	0.328 7
X <sub>9</sub>	民用汽车拥有量	0.298 3

## 5 结论

本文利用新密市1971年-2010年的气温、降水资料及1981年-2008年社会经济资料,运用Mann-Kendall突变检验和灰色关联分析法对新密市气候变化特征进行了趋势及突变分析,对其人为驱动力因子进行了识别,主要得出以下结论。

(1)近40年来新密市气候变化特征表现为年、季平均气温持续上升,年平均降水量并没有明显的增加或减少趋势。突变检测结果显示,1993年发生气温上升突变,1993年以后为突变的时间区域;1982年和1999年降水量出现增加突变,但并未出现突变的时间区域。

(2)人口密度快速增长是新密市气温变化的主要动力,其次是农业发展,能源消耗也对气温变化有较大的贡献;人口及社会工农业发展状况是新密市降水量变化的主要动力,下垫面性质对其影响较小。

(3)新密市气温在突变前,农业发展、经济社会发展对气温变化作用明显,贡献较大,为主要影响因素。气温突变后,农业发展仍然对气温变化的影响最明显,其次能源消耗等方面对气温变化的影响程度有所提升。

#### 参考文献(References):

- [1] IPCC, Summary for Policymakers of Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [2] 丁一汇,任国玉.中国气候变化科学概论[M].北京:气象出版社,2008:1-9.(DING Yi hui, REN Guo yu. Science Overview of Climate Change in China[M]. Beijing: China Meteorological Press, 2008: 1-9. (in Chinese))
- [3] McCarthy J J, Canziani O F, Leary N A, et al. Climate Change

- 2001 Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Groups 0 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001.
- [4] 夏军, 左其亭. 国际水文科学研究的新进展[J]. 地球科学进展, 2006, 21(3): 256-261. (XIA Jun, ZUO Qi ting. Advances in International Hydrological Science Research [J]. Advances in Earth Science, 2006, 21(3): 256-261. (in Chinese))
- [5] 王宁练. 冰川平衡线变化的主导气候因子灰色关联分析[J]. 冰川冻土, 1995, 17(1): 8-15. (WANG Ning-lian. Grey Relational Analysis of the Leading Climatic Factor Influencing the Changes of the Equilibrium Line[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1995, 17(1): 8-15. (in Chinese))
- [6] 白晶. 秦岭南北气候变化特征及人为驱动力差异分析[D]. 陕西师范大学, 2011. [BAI Jing. Analysis on the Climate Change Status and the Human Driving Force in Guan Zhong and Shaannan Region [D]. Shaanxi Normal University, 2011. (in Chinese)]
- [7] 许云锋, 左其亭. 塔里木河流域气候变化与径流变化特征分析[J]. 水电能源科学, 2011, 29(12): 1-4. (XU Yun feng, ZUO Qi ting. Analysis of Characteristics of Climate Change and Runoff Variation in Tarim River Basin[J]. Water Resources and Power, 2011, 29(12): 1-4. (in Chinese))
- [8] 陈燕飞, 张翔. 应用推理公式推求不同形状小流域设计流量[J]. 水电能源科学, 2012, 30(6): 6-8. (CHEN Yan fei, ZHANG Xiang. Long term Variation Trend and Sustainability Analysis of Precipitation, Evaporation and Runoff in Hanjiang Basin[J]. Water Resources and Power, 2012, 30(6): 6-8. (in Chinese))
- [9] Jiang Yan, Zhou Cheng hu, Cheng Weiming. Streamflow Trends and Hydrological Response to Climatic Change in Tarim Headwater Basin[J]. Journal of Geographical Sciences, 2007, 17(1): 51-61.
- [10] 赵锐锋, 陈亚宁, 李卫红, 等. 1957 年至 2005 年塔里木河干流径流变化趋势分析[J]. 资源科学, 2010, 32(6): 1196-1230. (ZHAO Rui feng, CHEN Ya ning, LI Wei hong, et al. Trends in Runoff Variations of the Mains Tream of the Tarim River during the Last 50 Years[J]. Resources Science, 2010, 32(6): 1196-1230. (in Chinese))
- [11] 陈林, 王磊, 张庆霞, 等. 风沙区不同土地利用类型的土壤水分灰色关联分析[J]. 干旱区研究, 2009, 26(6): 840-845. (CHEN Lin, WANG Lei, ZHANG Qing xia, et al. Analysis on Grey Correlation Degree of Soil Moisture Content under Different Land Use Types in Wind-Blown Sand Area[J]. Arid Zone Research, 2009, 26(6): 840-845. (in Chinese))
- [12] 郭丽君, 孙彩云, 陈书勤, 等. 新密市城区供水安全保障体系研究[J]. 水资源与水工程学报, 2010, 21(3): 5-9. (GUO Li jun, SUN Cai yun, CHEN Shu qin, et al. Study on Guarantee System of Water Supply Safety in Xinmi Urban Area[J]. Journal of Water Resources and Water Engineering, 2010, 21(3): 5-9. (in Chinese))
- [13] 毛翠翠, 平建华, 左其亭. 中国中部典型半湿润半干旱区近 40 年来气候变化特征[J]. 水资源与水工程学报, 2012, 23(3): 34-40. (MAO Cui cui, PING Jian hua, ZUO Qi ting. Climate Changes in Typical Semihumid semiarid area of Central China in the recent 40 years[J]. Journal of Water Resources and Water Engineering, 2012, 23(3): 34-40. (in Chinese))

## · 声明 ·

### 版权转让声明

本刊已加入万方数据数字化期刊群(www.wanfangdata.com.cn)、中国知网(www.cnki.net)、维普资讯网(dx1.cqvip.com)和龙源期刊网(www.qikan.com)等网站,并被中国核心期刊(遴选)数据库、中国期刊全文数据库、美国《化学文摘》(CA)等数据库收录。凡本刊录用的稿件将通过因特网进行网络出版或提供信息服务,稿件一经录用,将一次性支付作者著作权使用报酬(即包括印刷版、光盘版和网络版各种使用方式的报酬),作者将该论文的复制权、发行权、信息网络传播权、汇编权等在全世界范围内转让给本刊,不再另行签署《论文著作权转让书》。若有异议,请在投稿时作文字说明,编辑部将酌情处理。

特此声明!

《南水北调与水利科技》编辑部