

# 银川市气候变化趋势及其与城市发展的关系

刘钰<sup>1</sup>, 谭军利<sup>1</sup>, 李王成<sup>1</sup>, 刘海军<sup>2</sup>

(1. 宁夏大学 土木与水利工程学院, 银川 750021; 2. 北京师范大学 水科学研究院, 北京 100875)

**摘要:** 基于宁夏银川气象站的气象数据(1951年-2013年), 运用滑动平均、Mann-Kendall方法研究银川市的气候变化趋势; 采用滑动平均和Spearman相关系数, 分析了近20a各气候要素变化和城市发展的关系。结果表明: 总体上1990年前的气候要素变化比较平缓, 但是之后各气候要素变化趋势比较明显, 风速明显降低, 平均、最高和最低气温显著上升, 而相对湿度和日照时数呈显著下降趋势。综合分析了城市发展与气温、相对湿度以及日照时数变化的关系, 发现城市工业总产值增加和建筑面积增加与温度升高有明显的正相关关系, 而与相对湿度和日照时数表现为负相关关系。

**关键词:** 宁夏银川; MK检验; Spearman相关系数; 气候变化; 趋势分析; 城市发展

**中图分类号:** P461.8    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1672-1683(2015)05-0837-05

## Relationship between climate change and urban development in Yinchuan City

LIU Yu<sup>1</sup>, TAN Junli<sup>1</sup>, LI Wangcheng<sup>1</sup>, LIU Haijun<sup>2</sup>

(1. School of Civil and Hydraulic Engineering, Ningxia University, Yinchuan 750021, China;

2. College of Water Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

**Abstract:** Based on the meteorological data from 1951 to 2013 at Yinchuan station of Ningxia Hui Autonomous District, the moving average and Mann-Kendall test methods were used to investigate the climate change trend in Yinchuan, and the relationship between urban development and climatic factors in recent 20 years was analyzed using the moving average and Spearman's Rho test method. The results showed that most climatic factors varied slightly before 1990, but changed significantly since then, and the mean, maximum, and minimum temperatures increased significantly while wind speed, mean relative humidity, and sunshine hours decreased significantly. Comprehensive analysis of the relationship between the urban development and climatic factors showed that increasing of total industrial output value and building area in the city has a positive correlation with the increasing of temperature while a negative correlation with the increasing of relative humidity and sunshine hours.

**Key words:** Yinchuan of Ningxia; MK test; Spearman correlation coefficient; climate change; trend analysis; urban development

经济发展促使城市化进程, 而城市化进程进而影响城市气候变化。快速发展的城市化进程对气候变化的影响, 自20世纪60年代就被国内外学者广泛关注。Alexander等<sup>[1]</sup>发现San Juan城郊温差十分明显, 城市热岛强度在过去40a以0.06℃/a的速度发展, 并预测2050年热岛强度将达到8℃。赵娜等<sup>[2]</sup>利用1961年-2008年北京12个台站的气候观测资料研究分析了北京城区和郊区各气候要素, 发现气温增加有加快的趋势, 尤其是城市地区, 这与城市化的快速发展有密切的关系; 孟丹等<sup>[3]</sup>根据天津地区气象站近50a的气象数据, 研究发现城市化进程指标分别与天津地区气温、日照时数有极显著的正相关、负相关性。朱焱等<sup>[4]</sup>研究发现苏州城市化对城市气候影响明显, 尤其对于气温、相对湿度、

降雨以及日照时数的影响, 同时发现苏州城市热岛效应显现、城市霾出现、极端气候事件增多, 也与快速的城市化进程有一定关系。

2000年以来, 银川的国民经济快速发展, 城市建设的规模不断扩大。众多学者对于银川气候的研究主要集中在对温度、降水、日照等气候要素的研究上面, 而对于结合经济发展、城市化发展的研究鲜有报道。本文基于历史气象数据, 利用统计分析方法, 采用滑动平均法和MK检验, 试图研究银川市不同气候要素的变化趋势, 并进一步采用Spearman相关系数将气温、相对湿度以及日照时数这3个气候要素与城市发展数据进行相关性分析, 解析银川市经济发展对城市气候变化的带来的影响。

收稿日期: 2014-12-19    修回日期: 2015-01-16    网络出版时间: 2015-09-08

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20150908.0836.004.html>

基金项目: 国家自然科学基金(51179005; 51479004); 宁夏自然科学基金(NZ1037)

作者简介: 刘钰(1991-), 女, 陕西富平人, 主要从事农业水资源高效利用方面研究。E-mail: liuyu098@163.com

通讯作者: 谭军利(1979-), 男, 湖南茶陵人, 副教授, 博士, 主要从事农业水资源高效利用研究。E-mail: tanjl@nxu.edu.cn

## 1 资料和方法

### 1.1 资料

本文选取银川气象站(国家气象台站编号 53614)的气象数据及银川统计年鉴获取的城市发展数据进行分析,气象数据包括 1951 年-2013 年共计 63 a 的气候要素,主要包括降水、风速、平均气温、相对湿度、日照、日最低和最高气温等,城市发展统计数据包括 1990 年-2011 年共计 22 a 的数据资料,包括工业总产值和城市建设面积。将银川市气候要素结合城市发展数据进行分析。

### 1.2 方法

本文先用滑动平均法对不同气候要素的时间变化趋势进行初步判断,对于变化趋势比较明显的气候要素,再利用 Mann-Kendall 方法(MK 检验)<sup>[5-12]</sup>进行趋势检验。选用的

MK 软件为 MAKESENS Ver. 1.0<sup>[13-16]</sup>,显著性水平选择 0.05, 0.01 和 0.001。之后采用 Spearman 相关系数进一步对气候要素与城市发展关系进行分析,选用分析软件为 SPSS 17.0。本研究以年为单位,文中图内的单个数据均为年平均值或者年累积值,如温度、风速和相对湿度为年平均值,降水量和年日照时数为年累积总量。

## 2 气候要素变化趋势分析

为了描述各气候要素的变化趋势,应用 10 a 滑动平均趋势线分别作出 1951 年-2013 年的降水、风速、湿度、温度以及日照时数气候要素变化趋势图(图 1-图 5)。研究发现 1990 年是大部分气象要素变化的转折点,因此以 1990 年为分界点,应用 MK 方法分别对 1951 年-1989 年和 1990 年-2013 年各气候要素的变化趋势进行了检验,检验结果见表 1。

表 1 不同时间段内各气候要素变化趋势的 MK 检验结果及估算的 Sen 变化斜率

Tab. 1 Results of MK test for each climatic change trend in periods of 1951-1989, 1990-2013 and 1951-2013

气候要素	1951 年-1989 年		1990 年-2013 年		1951 年-2013 年	
	显著性	变化斜率	显著性	变化斜率	显著性	变化斜率
年降水量/(mm·a <sup>-1</sup> )		-1.190		-0.070		-0.283
年平均风速/(m·s <sup>-1</sup> ·a <sup>-1</sup> )		-0.004	***	-0.037		0.005
年平均温度/(℃·a <sup>-1</sup> )	**	0.021	**	0.052	***	0.039
年最低温度/(℃·a <sup>-1</sup> )	***	0.029	***	0.082	***	0.045
年最高温度/(℃·a <sup>-1</sup> )		-0.010	*	0.041	***	0.024
年平均相对湿度(%·a <sup>-1</sup> )	**	-0.151	***	-0.550	***	-0.174
年日照时数/(h·a <sup>-1</sup> )		1.567	**	-7.358	***	-6.538

说明:\*\*\* 表示在 0.001 水平显著;\*\* 表示在 0.01 水平显著;\* 表示在 0.05 水平显著。

### 2.1 年降水量变化分析

图 1 描述了银川降水量逐年变化图。从图中可以看出,银川年降水量波动较大,最大值为 355 mm,出现在 1961 年,最小值为 2005 年的 74.90 mm,多年平均值为 191.98 mm。10 a 滑动平均值变化趋势显示,降水量虽然呈现稍微的下降,但无明显变化趋势。表 1 中的检验结果也显示,年降水量没有显著的变化趋势。

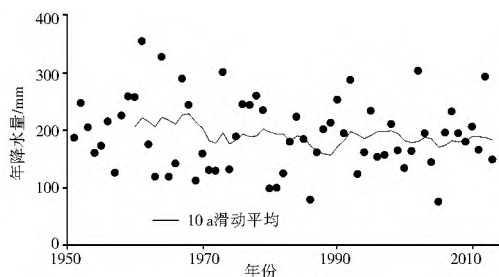


图 1 银川年降水量变化及其 10 a 滑动平均曲线

Fig. 1 Variations of annual precipitation and 10 year running line from 1951 to 2013 in Yinchuan

### 2.2 风速变化分析

统计分析表明,1951 年-2013 年,银川市全年平均风速为 2.01 m/s,最大风速为 2.68 m/s(1996 年),最小为 1.32 m/s(1967 年),极差为 1.36 m/s。

表 1 的趋势检验结果显示,风速在 1951 年-1989 年

之间没有显著的变化趋势,但是在 1990 年-2013 年,风速呈现了显著性下降的变化趋势,其变化速率为  $-0.37 (m \cdot s^{-1}) / (10a)$ 。

由图 2 也可以看出,风速有明显的阶段变化,在 1990 年之前,变化趋势较平缓,呈微弱减少趋势,气候倾向率为  $-0.04 (m \cdot s^{-1}) / (10a)$ ,1990 年之后,风速变化显著,气候倾向率为  $-0.30 (m \cdot s^{-1}) / (10a)$ 。1990 年-2013 年比 1951 年-1990 年平均风速增加了 0.4 m/s,增加幅度较大。

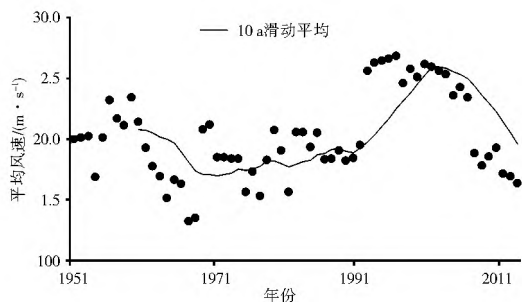


图 2 银川市 1951 年-2013 多年平均风速变化及其 10 a 滑动平均曲线

Fig. 2 Variation of annual average wind speed and 10 year running line from 1951 to 2013 in Yinchuan

### 2.3 平均相对湿度变化分析

相对湿度是指同温条件下,空气中水蒸汽质量(水分压,绝对湿度)与同条件下饱和水蒸汽质量(饱和水分压,饱和湿

度)的比。平均相对湿度的变化是气候变化的一个重要的指标。由图3可以看出,在1951年-2013年之间,平均相对湿度总体趋势是下降的,但不同阶段下降的程度不同,1990前的下降趋势要小于之后的下降趋势。对1990年前后的两个时间段分别作MK趋势检验,结果列于表1。从表1中的结果可以看出,1990年前后两个时段内的下降趋势分别在0.01和0.001水平上达到了显著水平,下降的斜率分别为 $-1.5\%/ (10a)$ 和 $-5.5\%/ (10a)$ ,统计结果也说明了近20a的下降趋势明显增加。

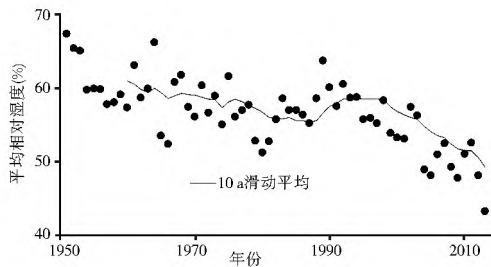


图3 银川市1951年-2013年平均相对湿度变化及其10a滑动平均曲线

Fig. 3 Variation of annual average relative humidity and 10 year running line from 1951 to 2013 in Yinchuan

## 2.4 日照时数变化分析

作为重要的气候要素,日照时数指一天内太阳光线实际照射地面的时间,反映了当地的总体辐射收支情况。计算得出1951年-2013年银川市的多年平均日照时数为2 903 h,最高为3 321 h(1965年),最低为2 530 h(2007年)。

图4显示了年日照时数总体的变化过程,10a滑动平均值趋势显示,日照时数在1980年以前变化较小,但是随后出现了逐渐下降的趋势。对1990年前后的两个时段分别进行了MK检验,结果见表1。可以看出,在1951年-1989年之间,年日照时数虽有一定的增加趋势,但是该变化趋势较小,没有达到显著水平( $P > 0.05$ )。而在1990年-2013年时间段内,日照时数表现出了显著的下降趋势,其下降斜率为 $74 h / (10a)$ 。研究时段内的总体检验也显示,日照时数出现了显著的下降。

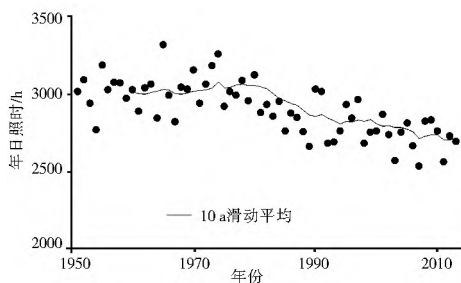


图4 1951年-2013年日照时数变化及其10a滑动平均曲线

Fig. 4 Variation of annual total sunshine hours and 10 year running line from 1951 to 2013 in Yinchuan

## 2.5 日最低、最高和平均气温变化分析

图5表示了银川市日最低、最高以及平均气温变化趋势。可以看出银川市的日最低、最高以及平均气温都呈上升趋势。进一步分析显示,在1990年之前,平均、最低和最高温度的变化相对比较平缓,而此之后变化趋势相对比较明

显。为了判断具体的变化趋势,分别对1951年-1989年和1990年-2013年两个时间段的变化趋势用MK进行了检验,结果列于表1。可以看出,最高温度在1990年之前有稍微的下降趋势,但是变化不显著,而最低温度和平均温度均出现显著的增加趋势,增加速率分别为 $0.29$ 和 $0.21\text{ }^{\circ}\text{C} / (10a)$ 。在1990年-2013年期间,最低、最高和平均温度均出现显著的上升趋势,其变化速率分别为 $0.82$ 、 $0.41$ 和 $0.52\text{ }^{\circ}\text{C} / (10a)$ 。对比最高温度和最低温度的变化,可以得出最低温度变化是引起平均温度变化的主要原因。

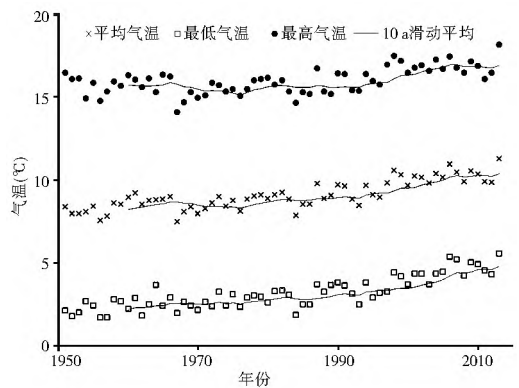


图5 1951年-2013年日最低、最高以及平均气温变化图及其10a滑动平均曲线

Fig. 5 Variations of Daily minimum, maximum and average temperature and 10 year running line from 1951 to 2013 in Yinchuan

## 3 银川气候要素变化与城市发展的关系

### 3.1 城市发展对气温的影响

从图6可以看出,2000年以前,工业发展速度缓慢,而2000年以后,当地的经济得到了快速发展,工业产值迅速增加,这时温度也有一定的增加趋势,但是不明显。进一步应用Spearman相关系数在置信度为0.01时检测表明,城市工业发展速度与气温增温趋势呈正相关,相关系数为 $0.804^{**}$ 。图7中,城市建设用地面积的变化与工业产值变化趋势基本一致,在2000年前处于缓慢增加的趋势,而2000年后发展较快。Kuang等<sup>[17]</sup>测量得出,城市不透水地面的温度比城市绿地高 $6\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,城市建筑表面温度比农田温度高 $3\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。银川市城市建设面积及密度的增加,使得感热的比例增加,最终导致城市内特别是中心城区气温增高<sup>[18]</sup>。本研究区域也得出,当建筑面积急剧增加后,空气温度一直处于较高的水平。同样通过Spearman相关性系数可以得出城市建设用地面积的变化与温度增温趋势呈正相关。高红燕等<sup>[19]</sup>在西安市研究发现,城区平均气温在1981年-2006年时段,增温率达到 $0.93\text{ }^{\circ}\text{C} / (10a)$ ,其增温率远大于周围地区,并指出这些变化主要是由于城市扩展引起的。

### 3.2 城市发展对相对湿度的影响

从图8可以看出,1990年以前,城市建设面积较小,相对湿度也变化较小,但是1990年后随着城市建设面积的迅速增长,相对湿度有明显的下降趋势。应用Spearman相关系数,银川市城市建设用地面积和平均相对湿度的双侧显著性值为 $0.004$ ,相关系数为 $-0.657^{**}$ ,表明城市建设用地面积

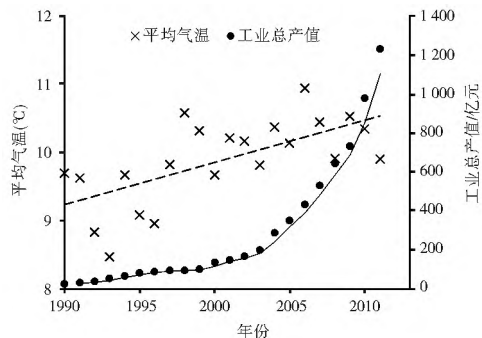


图 6 工业总产值和年平均气温的变化关系

Fig. 6 The relationship between industrial output and annual mean temperature

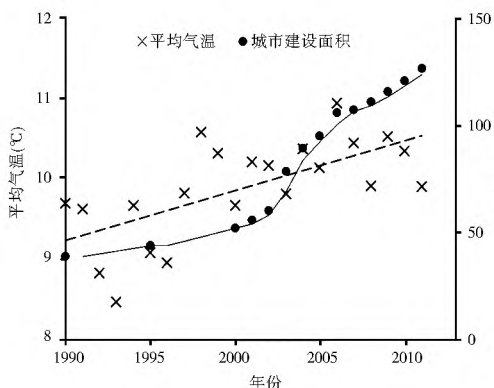


图 7 1990 年- 2011 年城市建设面积与多年平均气温变化关系

Fig. 7 The relationship between urban construction area and annual average temperature in 1990- 2011

增长与相对湿度呈负相关。这可能是由于随着建设面积的逐渐增加,用于水分蒸发的面积逐渐减少,这导致城市的水汽供应量减少,造成空气中的水分含量减少和相对湿度降低。

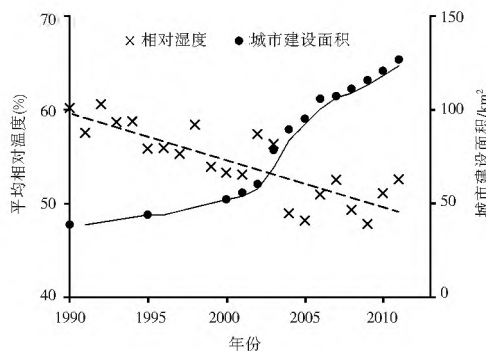


图 8 平均相对湿度和城市建设面积的变化关系

Fig. 8 The relationship between mean relative humidity and urban construction area

### 3.3 城市发展对日照时数的影响

从图 9 可以看出,1990 年后随着城市建设面积的迅速增长,日照时数呈明显下降趋势。应用 Spearman 相关系数检验城市建设面积与日照时数关系,相关系数为  $-0.608^{**}$ ,显著性  $< 0.01$ ,表明城市建设用地面积增长与日照时数呈负相关。

城市日照时间除受纬度、高度和太阳赤纬等因素外,还受大气透明度的影响。在城市地区,由于工业发展和城市建

设,引起排放到空气中的粉尘、 $CO_2$  和其他物理化学尘埃显著增加,这些物质通过自身对辐射的吸收和散射,使得到达地面的辐射量降低,进而观测到的日照时数也减少<sup>[20]</sup>。城市日照时数减少的现象已经在我国的陕西<sup>[21-22]</sup>等城市观测到。过去十几年来,学术界对日照时数减少的程度、特点及其原因有较多的研究,但公开的文献主要集中于气象学科,以描述监测数据居多。

一些研究提出,城市中的日照受建筑物的影响,尤其是在狭窄的街道上,两旁矗立的高耸建筑物会严重遮挡日光照,使得建筑物底层的日照被严重削弱<sup>[23]</sup>。但本研究所使用的日照时数是在标准气象站观测得到,其观测不受城市建筑物的影响。

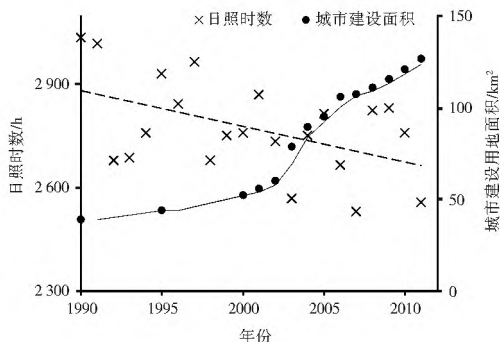


图 9 城市建设面积和日照时数的变化关系

Fig. 9 The relationship between urban construction area and sunshine hours

近 60 年来,银川市在社会经济方面取得了极大的发展,城市规模不断扩大,城市人口不断增加,城市工业等也发展迅速。在此背景下,排放到空气中的污染物质增多,同时大量的现代化建筑建设和城市道路建设,改变了城市下垫面条件,这些变化综合的影响了城市的水热气平衡,进而影响了城市小气候的变化。

## 4 结论

(1) 在 1951 年- 2013 年间,银川平均气温、日最低和最高气温均呈上升趋势,最低气温变化是引起平均气温增加的主要原因。

(2) 银川多年风速、日照时数和相对湿度有显著下降趋势,年降水量变化趋势不明显。

(3) 城市建设用地面积的增加和城市经济发展(以工业 GDP 表示)与城市温度显著正相关,与日照时数和相对湿度显著负相关,即气温、日照时数和相对湿度对城市发展很敏感。

### 参考文献(References):

[1] Alexander V L, Jorge E G, Amos W. Urban heat Island Effect Analysis for San Juan, Puerto Rico[J]. Atmospheric Environment, 2006, 40(9): 1731-1741.  
 [2] 赵娜,刘树华,虞海燕.近 48 年城市化发展对北京区域气候的影响分析[J]. 大气科学, 2011, 35(2): 373-385. (ZHAO Na, LIU Shu hua, YU Hai yan. Urbanization effects on local climate in Beijing in recent 48 years[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences 2011, 35(2): 373-385. (in Chinese))  
 [3] 孟丹,王连喜,李琪,等.天津市气候变化及其与城市化发展的

- 关系[J]. 南京信息工程大学学报: 自然科学版, 2013, 5(5): 455-461. (MENG Dan, WANG Liar xi, LI Qi, et al. Climate change characteristics of Tianjin and its relationship to urbanization[J]. Journal of Nanjing University of Information Science and Technology: Natural Science Edition, 2013, 5(5): 455-461. (in Chinese))
- [4] 朱焱, 杨金彪, 朱莲芳, 等. 苏州城市化进程与城市气候变化关系研究[J]. 气象科学 2012, 32(3): 317-324. (ZHU Yan, YANG Jirbiao, ZHU Liarfang, et al. The investigation of the relationship between urbanization process and climate change in Suzhou[J]. Journal of the Meteorological Sciences, 2012, 32(3): 317-324. (in Chinese))
- [5] 朱景. 温州地区近40年暴雨气候变化特征分析[Z]. 2014. (ZHU Jing, Analyses on climate characteristic and variation rule of rain storm in WenZhou in Recent 39 Years[Z]. 2014. (in Chinese))
- [6] 陈莹, 尹义星, 陈兴伟. 19世纪末以来中国洪涝灾害变化及影响因素研究[J]. 自然资源学报, 2011, 26(12): 2111-2120. (CHEN Ying, YIN Yixing, CHEN Xingwei. Change of flood disasters in China since the 1880s and some possible causes[J]. Journal of Natural Resources, 2011, 26(12): 2111-2120. (in Chinese))
- [7] 章诞武, 丛振涛, 倪广恒. 基于中国气象资料的趋势检验方法对比分析[J]. 水科学进展, 2013, 24(4): 491-496. (ZHANG Danwu, CONG Zhe tao, NI Guangheng. Comparison of three mann-kendall methods based on the China's meteorological data[J]. Advances in Water Science, 2013, 24(4): 491-496. (in Chinese))
- [8] 王卫光, 邢万秋, 彭世彰. 海河流域50年来参考蒸发量的时空变化规律及其影响原因[J]. 应用基础与工程科学学报, 2012, 20(2): 238-252. (WANG Weiguang, XING Wanqiu, PENG Shizhang. Spatial and temporal patterns of reference evapotranspiration changes and their causes in the Haihe river basin during the past 50 years, China[J]. Journal of Basic Science and Engineering, 2012, 20(2): 238-252. (in Chinese))
- [9] 魏光辉, 邓丽娟. 基于MK与SR非参数检验方法的干旱区降水趋势分析[J]. 西北水电, 2014, (4): 1-4. (WEI Guanghui, DENG Lijuan. Analysis on precipitation trend in arid regions based on non parametric verification methods of mann-kendall and spearman's rho[J]. Northwest Water Power, 2014, (4): 1-4. (in Chinese))
- [10] 孙永亮, 李小雁, 汤佳, 等. 青海湖流域气候变化及其水文效应[J]. 资源科学, 2008, 30(3): 355-361. (SU N Yongliang, LI Xiaoyan, TANG Jia, et al. Climate change and hydrological response in the watershed of Qinghai Lake[J]. Resources Science, 2008, 30(3): 355-361. (in Chinese))
- [11] 何锡玉, 蔡夕方, 景嘉洲. 小波变换分析降水时间序列的多分辨率特性研究[J]. 计算机应用, 2013, 33(S1): 331-334. (HE Xiyu, CAI Xifang, JING Jiashou. Research of multiresolution wavelet transform to rainfall time series[J]. Journal of Computer Applications, 2013, 33(S1): 331-334. (in Chinese))
- [12] 刘启, 尤莉, 陈勇梅, 等. 1953-2009年林西站气候要素变化分析[J]. 北方环境, 2011, 23(6): 36-38. (LIU Qi, YOU Li, CHEN Yongmei, et al. Variation analysis of the meteorological elements of Linxi During 1953-2009[J]. North Environment, 2011, 23(6): 36-38. (in Chinese))
- [13] Salmi T, Miettinen A, Anttila P. Detecting Trends of Annual Values of Atmospheric Pollutants by the Mann-Kendall Test and Sen's slope Estimates—the Excel Template Application M AKESENS[M]. Finnish Meteorological Institute, Helsinki, Finland, 2002.
- [14] 贾海波, 邵君薄, 曹柳燕. 杭州湾海域生态环境的变化及其发展趋势分析[J]. 环境污染与防治, 2014, 36(3): 14-25. (JIA Haibo, SHAO Junbo, CAO Liuyan. Analysis of the changes and development trend of ecological environment in Hangzhou Bay[J]. Environment Pollution and Control, 2014, 36(3): 14-25. (in Chinese))
- [15] 贾海波, 邵君波, 胡颖琰, 等. 三峡水库蓄水前后长江口及其邻近海域浮游植物群落结构的变化及原因分析[J]. 海洋通报, 2014, 33(3): 306-314. (JIA Haibo, SHAO Junbo, HU Haoyan, et al. Changes and reason analysis of phytoplankton community structure in the Yangtze estuary and adjacent sea before and after the impoundment of the Three Gorges Dam[J]. Marine Science Bulletin, 2014, 33(3): 306-314. (in Chinese))
- [16] 范晓辉, 郝智文, 王孟本, 等. 山西省近50年日照时数时空变化特征研究[J]. 生态环境学报, 2010, 19(3): 605-609. (FAN Xiaohui, HAO Zhiwen, WANG Mengben, et al. Temporal and spatial variations in sunshine duration during 1959-2008 over Shanxi, China[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2010, 19(3): 605-609. (in Chinese))
- [17] Wenhui Kuang, Yue Liu, Yinyin Dou, et al. What are hot and what are not in an urban landscape: quantifying and explaining the land surface temperature pattern in Beijing, China[J]. Landscape Ecology, 2014, 06.
- [18] 周雪帆. 城市空间形态对主城区气候影响研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2013. (ZHOU Xuefan, Research on the impact of urban morphology on urban climate in the built up zone[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2013. (in Chinese))
- [19] 高红燕, 蔡新玲, 贺皓, 等. 西安城市化对气温变化趋势的影响[J]. 地理学报, 2009, 64(9): 1093-1102. (GAO Hongyan, CAI Xinling, HE Hao, et al. The impact of urbanization on the surface temperature in Xi'an[J]. Acta Geographica Sinica, 2009, 64(9): 1093-1102. (in Chinese))
- [20] 程胜龙, 王乃昂. 近60年兰州城市发展对城市气候环境的影响[J]. 兰州大学学报, 2006, 42(3): 41-42. (CHENG Shenglong, WANG Naiang. The influence of urban development on urban climate environment in recent 60 years[J]. Lanzhou University, 2006, 42(3): 41-42. (Natural Sciences) (in Chinese))
- [21] 李琦, 宋令勇, 张文静, 等. 陕西省气温及日照时间变化特征分析[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2010, 46(3): 398-399. (LI Qi, SONG Lingyong, ZHANG Wenjing, et al. Tendency of air temperature and sunshine duration in Shaanxi Province[J]. Beijing Normal University: Natural Science, 2010, 46(3): 398-399. (in Chinese))
- [22] 陈志军, 查书平, 高阳华, 等. 重庆市日照时间变化规律和特征分析[J]. 南通大学学报: 自然科学版, 2008, 7(2): 56-59. (CHEN Zhijun, CHA Shuping, GAO Yanghua, et al. Characters and rules of the variation of sunlight radiation duration in Chongqing[J]. Nantong University: Natural Science, 2008, 7(2): 56-59. (in Chinese))
- [23] 任春艳. 西北地区城市化对城市气候环境的影响[J]. 地理研究, 2006, 25(2): 236-237. (REN Chunyan. The influence of urbanization on the urban climate environment in Northwest China[J]. Geographical Research, 2006, 25(2): 236-237. (in Chinese))