

2000—2019 年北京市降水量时空分布特征研究

王鑫¹ 时晓宁² 任修琳¹

(1. 北京市密云水库管理处, 北京 101512;
2. 北京市水务工程建设与管理事务中心, 北京 100036)

【摘要】 本文基于北京市 111 个雨量站 2000—2019 年降水资料, 利用线性回归法、累积距平法、Mann-Kendall 趋势检验法和 ArcGIS 插值方法, 分析了北京市近 20 年降水量的变化趋势和时空分布及变化特征。结果表明: 北京市多年平均降水量为 532mm, 年降水量波动范围为 410~711mm, 降水量主要集中在北部迎风带、平谷东部, 这些地区多年平均降水量均大于 600mm; 时间分布上, 北京市的降水量总体上呈增加的趋势; 空间分布上, 北京市年降水量空间分布差异明显。研究成果可为北京市水资源的开发利用提供参考。

【关键词】 降水量; 时空分布; Mann-Kendall 趋势检验; 北京市

中图分类号: TV125

文献标志码: B

文章编号: 2096-0131(2023)01-023-05

Study on Spatial and Temporal Distribution Characteristics of Precipitation in Beijing from 2000 to 2019

WANG Xin¹, SHI Xiaoning², REN Xiulin¹

(1. Beijing Miyun Reservoir Management Office, Beijing 101512, China;
2. Beijing Water Engineering Construction and Management Affairs Center, Beijing 100036, China)

Abstract: Based on the precipitation data of 111 precipitation stations in Beijing from 2000 to 2019, this paper analyzes the variation trend, spatial-temporal distribution and variation characteristics of precipitation in Beijing in recent 20 years by using linear regression, cumulative anomaly, Mann-Kendall trend test and ArcGIS interpolation method. The results show that the annual average precipitation in Beijing is 532mm, and the annual precipitation fluctuates from 410 to 711mm. Precipitation is mainly concentrated in the northern windward belt and the eastern Pinggu, and the annual average precipitation is more than 600mm. In terms of time distribution, precipitation in Beijing shows an increasing trend on the whole. In terms of spatial distribution, the spatial distribution of annual precipitation in Beijing is obviously different. The research results can provide reference for the development and utilization of water resources in Beijing.

Key words: precipitation; spatial and temporal distribution; Mann-Kendall trend test; Beijing

收稿日期: 2022-08-30

作者简介: 王鑫(1986—), 男, 高级工程师, 学士, 主要从事水资源保护、水环境监测和分析工作。

通信作者: 时晓宁(1982—), 女, 高级工程师, 主要从事河道综合治理和污水处理工作。E-mail: 71658480@qq.com

2.2 研究方法

2.2.1 线性回归法

线性回归法是利用数理统计中的回归分析确定两种或两种以上变量间相互关系的一种常见的统计分析方法。

2.2.2 累积距平法

累积距平法常用来判断变化趋势,利用各个时间节点的累积距平值绘制累积距平曲线,根据累积距平曲线的起伏可以直观判断长期的演变趋势和持续性变化情况,并可以初步判断发生突变的节点。

2.2.3 Mann-Kendall 趋势检验法

Mann-Kendall 趋势检验法是提取趋势变化的有效方法,不需要样本遵从一定的分布,也不受少数异常数值的干扰,被广泛应用在水文、气象等非正态分布数据的趋势检验中^[9]。

2.2.4 ArcGIS 插值法

ArcGIS 插值法被广泛应用于空间统计分析中,利用已知降水量数据的空间分布结构,进行空间插值分析,能够预测某一区域内样本数据以外的降水量值。

研究采用线性回归法、累积距平法分析北京市降水量的时间变化趋势,运用 Mann-Kendall 趋势检验法确定年降水量的突变特征,利用 ArcGIS 插值法分析北京市降水量的空间分布及变化特征。

3 结果与分析

3.1 降水量时间分布规律

2000—2019年北京市年、汛期、非汛期降水量见表1。由表1可知,2000—2019年北京多年平均降水量为532mm,年最大降水量为711mm(2012年),年最小降水量为410mm(2002年);汛期(5—10月)多年平均降水量为482mm,汛期最大降水量为636mm(2016年),最小降水量为365mm(2002年);非汛期多年平均降水量为51mm,非汛期降水量最大值为122mm(2012年),最小值为14mm(2006年)。

将2000—2019年降水量、汛期降水量、非汛期降水量,通过3年滑动平均和趋势线表示出来(见图2)。

表1 2000—2019年北京市年、汛期、非汛期降水量

年份	年降水量/mm	汛期降水量/mm	非汛期降水量/mm
2000	440	406	34
2001	468	425	43
2002	410	365	45
2003	460	395	65
2004	569	518	51
2005	509	476	33
2006	451	437	14
2007	520	460	60
2008	649	583	66
2009	449	388	61
2010	526	462	64
2011	553	518	35
2012	711	589	122
2013	521	491	30
2014	447	425	22
2015	587	495	92
2016	667	636	31
2017	597	573	24
2018	601	549	52
2019	511	442	69
平均	532	482	51

从图2可以看出,2000—2019年北京市的降水量总体呈增加的趋势。2008年以前3年滑动平均降水曲线基本处于多年平均线以下,说明2008年以前北京市降水量较少;2008年以后,3年滑动平均降水量曲线基本处于多年平均以上,说明2008年以后北京市降水量增多。

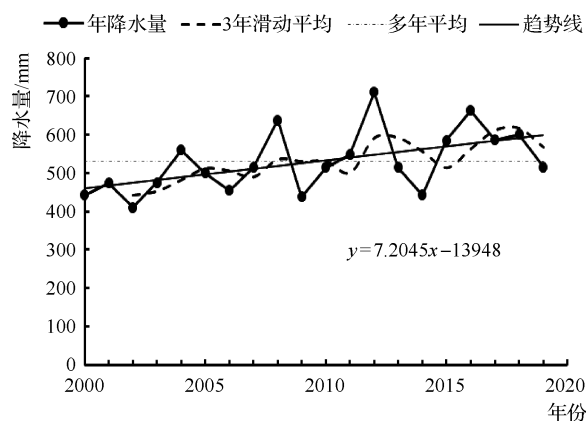


图2 北京市2000—2019年年降水量

汛期降水量趋势与年降水量基本一致(见图3),2008年汛期降水量583mm,超过了20年平均汛期降水量482mm,3年滑动平均降水曲线明显升高;而非汛期的降水量、3年滑动平均降水曲线波动较大(见图4),非汛期降水量总体偏少,只有2012年达到122mm,其余年份均小于100mm,这也与北京市冬、春季干旱少雨的气候特征一致。

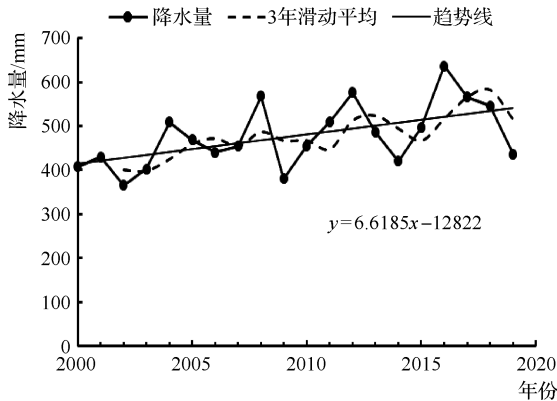


图3 北京市2000—2019年汛期降水量

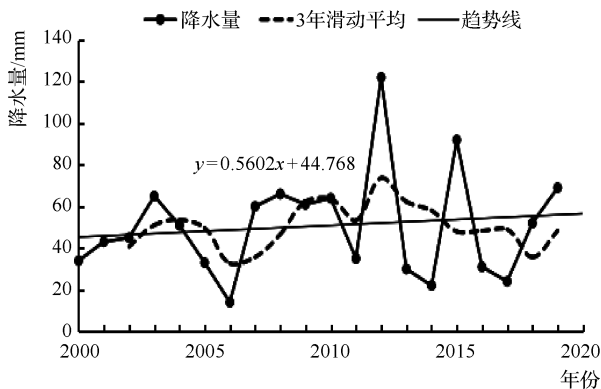


图4 北京市2000—2019年非汛期降水量

北京市2000—2019年降水距平值和累积距平值见图5。从图5可以看出,2002—2008年降水距平值以负值为主,是累积距平曲线的下降段,表明北京市年降水量在这一时期处于减少的状态;2008—2019年降水距平值以正值为主,累积平均值呈现明显的上升趋势,表明北京市年降水量在这一时期明显增加。

采用Mann-Kendall趋势检验法对北京市2000—2019年年降水量数据的检验结果见图6。所有 UF_k 组成一条曲线 UF ,反序列得到另一条曲线 UB ,选取显著

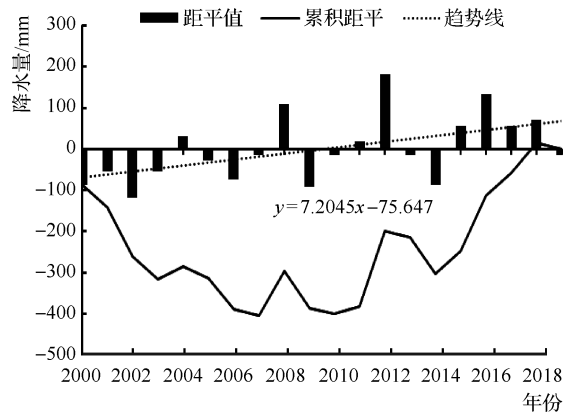


图5 北京市2000—2019年降水距平值和累积距平值

性水平为95%的置信度($\alpha = 0.05$)对其进行评价,即 $U_{0.05/2} = \pm 1.96$,将统计量曲线 UF 、 UB 和 ± 1.96 两条直线均绘在同一张图上。如果 UF 的值大于0,则表明降水数列呈上升趋势,小于0则表明降水量呈下降趋势。将 UF 超过临界线的范围确定为出现突变的时间区域,如果 UF 和 UB 两条曲线出现交点,且交点在临界线之间,那么交点对应的时刻便是突变开始的时间^[10]。

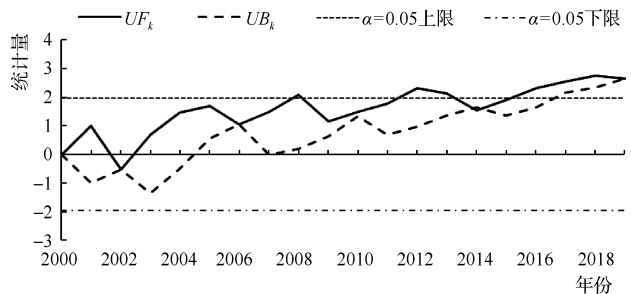


图6 降水量的Mann-Kendall突变分析

从图中可以看出:

a. 按时间顺序升序排列计算的统计量 UF 大多数为正值,且其值随时间逐渐变大,可知年降水量在2000—2019年呈上升趋势,这与线性分析、累积距平分析的结果相符。

b. 2011—2013年、2015—2019年这两个时间段的 UF 曲线超过临界线,说明此两段时间内的降雨为突变状态。

c. 在2002年、2006年和2014年曲线 UF 与 UB 出现相交点,表示降水趋势发生改变,这与年降水量变化相符合,这三年为降水量从下降趋势变为上升

趋势的拐点。

3.2 降水量空间分布特征

依据现有雨量站的降水数据绘制北京市多年平均降水量的等值线图(见图7)。从图7中可以看出,北京市年降水量空间分布并不均匀,降水量较大区域(深灰色)集中在北部迎风带(密云西部、怀柔东部)、平谷东部,多年平均降水量均大于600mm;而延庆西部、大兴、通州南部相对较少,这可能与夏季主要影响北京降水的气团方位和运动途径有关。从图7还可以看出,北京市降水量基本在400mm以上,这与北京市属于半湿润地区的情况相符合。

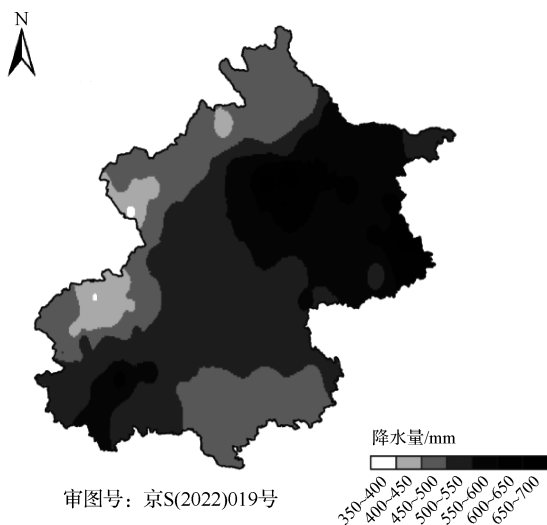


图7 2000—2019年北京市年降水量时空变化情况

2000—2019年北京市汛期降水量时空变化情况见图8。汛期降水空间形态与年降水量相似度较高,空间特征基本吻合,汛期降水量大,对北京市降水量的贡献率均超过80%,从图8中可以看出,大部分地区的降水量均高于400mm。同样,在北部迎风带、平谷东部汛期降水量较大,多达500mm以上。在门头沟北部、延庆西南部汛期降水量最少,均在400mm以下。

4 结语

本文基于北京市111个雨量站降水量数据,分析了2000—2019年北京市降水量时空分布特征,得出如下结论:

a. 时间分布上,2000—2019年北京市的降水量总

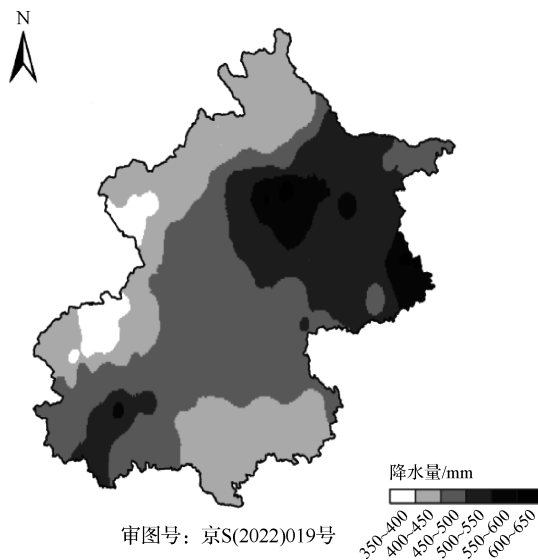


图8 2000—2019年北京市汛期降水量时空变化情况

体上呈增加的趋势。多年平均降水量为532mm,年降水量波动范围为410~711mm。峰值出现在2012年,年降水量为711mm;2002年降水量最低,仅为410mm。汛期(5—10月)多年平均降水量为482mm,非汛期多年平均降水量为51mm。

b. 空间分布上,北京市年降水量空间分布差异明显,东北部与西南部较高,西北部与东南部较低,降水量主要集中在北部迎风带(密云西部、怀柔东部)、平谷东部,多年平均降水量均大于600mm;而延庆西部、大兴、通州南部相对较少。

c. 通过Mann-Kendall趋势检验,北京市的降水量总体上呈增加趋势,与线性分析、累积距平分析的结果相符。突变点在2002年、2006年和2014年,与年降水量趋势变化相符。

通过对北京市降水量时空分布特征的研究,可以清楚地了解北京市近20年降水量的变化特征,为北京市的水资源开发利用提供参考依据。为适应北京市水资源精细化管理要求,下一步应结合气象、防洪排涝等因素,加强对于局地降水量以及降水过程的分析研究工作。◆

参考文献

- [1] 王宁,张立凤,彭军,等.局部地形对北京“7·21”特大暴雨影响的数值研究[J].暴雨灾害,2014,33(1):10-18.

(下转第22页)