

# 潍坊市夏季降水量的时空变化特征分析

高学芹, 常成, 张珊, 徐凤霞, 单英超

寿光市气象局, 山东 寿光

Email: sdsqjxq@163.com, 2024144782@qq.com

收稿日期: 2020年12月18日; 录用日期: 2021年1月13日; 发布日期: 2021年1月20日

## 摘要

为了进一步掌握潍坊市降水的时空分布及变化特征, 合理利用降水资源, 更好地为潍坊市抗旱防汛和防灾减灾工作提供决策依据。本文利用1960~2019年潍坊市9个气象站的降水观测资料, 采用线性趋势分析和Mann-Kendall等气候学诊断方法, 对潍坊市近60年来夏季和各月降水量的时空变化特征及夏季降水量的气候突变特征进行了分析。结果表明: 潍坊市夏季降水总体呈减少的趋势, 各月降水距平波动幅度变化较大, 6月份波动幅度最大, 8月份最小。夏季及6、7月份平均降水距平和线性变化均呈不显著下降趋势, 8月份降水呈不显著上升趋势。潍坊市夏季平均降水自北向南依次减小, 各区域降水量皆呈线性减少趋势, 其中南部减少最多, 北部次之, 中西部最小。潍坊市夏季各月平均降水均未发生突变。

## 关键词

潍坊市, 夏季降水量, 变化特征, 气候突变

# Analysis of Space-Time Characteristics of the Summer Precipitation Changes in Weifang City

Xueqin Gao, Cheng Chang, Shan Zhang, Fengxia Xu, Yingchao Shan

Shouguang Meteorological Bureau, Shouguang Shandong

Email: sdsqjxq@163.com, 2024144782@qq.com

Received: Dec. 18<sup>th</sup>, 2020; accepted: Jan. 13<sup>th</sup>, 2021; published: Jan. 20<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

This paper aims to use rationally the precipitation resources and therefore better serve the decision making for drought and flood control and disaster prevention and mitigation work in Wei-

fang City by understanding the space-time distribution and the characteristics of the city's precipitation changes. Based on the observation data on the precipitation of 9 meteorological stations in Weifang City from 1960 to 2019, this paper analyzes the space-time characteristics on the summer and monthly precipitation changes and the abrupt change of climate of summer precipitation in Weifang City in recent 60 years by using linear trend analysis and Mann-Kendall climatological diagnosis method. The results show that: the summer precipitation in Weifang City presented a trend of decrease and the departure of the monthly precipitation fluctuates greatly, with the largest fluctuation in June and the smallest in August. The average departure of precipitation and linear change in summer, especially in June and July, presented the trend of no significant decrease, while the precipitation in August presented the trend of no significant increase. The average summer precipitation of Weifang City decreases from north to south, and the precipitation of each region presented a trend of linear decrease, in which the southern part decreases the most, followed by the northern part and the central and western part. There was no abrupt change in the average summer monthly precipitation in the city of Weifang.

## Keywords

Weifang City, Summer Precipitation, Characteristics on Changes, Abrupt Change of Climate

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

在全球气候变暖的大背景下,中国降水呈减少趋势,年平均降水量每10年减少2.9 mm [1]。其中黄荣辉等[2]研究表明,中国夏季的降水在1965年前后发生了一次气候跃变,淮河流域从20世纪80年代初起降水增加,洪灾明显增多;华南和华北80年代的降水明显少于70年代,干旱加重;从90年代中期开始,华北北部地区降水明显增加。党皓飞等[3]研究表明,中国夏季的降水在20世纪80年代初期至80年代末期呈显著的下降趋势,在20世纪80年代末期至21世纪10年代末期上升趋势显著,中国夏季降水存在明显的16年周期变化,并在20世纪90年代初期发生了显著的年代际突变。

山东省自1960年以来,年均降水量呈现减少趋势,降水倾向率为 $-3.05$  mm/a,平均降水量以东南沿海减少幅度最大[4]。鲁西南年平均降水资源减少,年降水季节和空间分布明显,气候有“干化”变化趋势[5]。位于山东半岛的烟台市年降水量以 $19.35$  mm/10a的速度递减[6];鲁西北的德州市年平均降水量每10年减少 $18.3$  mm [7];鲁中的淄博市年平均降水量下降 $0.9$  mm/a [8]。山东省夏季降水量占全年降水量的60%,年降水量的减少主要源于夏季降水量的减少所致[9]。山东省夏季降水大部分地区为减少趋势,夏季降水、暴雨日数强度和夏季旱涝具有年代际变化特征,分水岭为1970年代末[10]。

潍坊市位于山东半岛中部(地跨 $35^{\circ}41'N\sim 37^{\circ}26'N$ , $118^{\circ}10'E\sim 120^{\circ}01'E$ ,南北长188 km,东西宽164 km),属暖温带季风型半湿润性气候。该市从气候区划上大致分为3个区域,分别北部区域(寿光、寒亭、昌乐)、中西部区域(青州、临朐、昌乐)、东南部区域(高密、诸城、安丘) [11]。

近些年来,潍坊市的气候也发生了一系列变化[12] [13] [14] [15],但目前对于潍坊市夏季降水的研究相对较少。因此,本文运用现代气候学统计诊断方法,对潍坊市近60a来的夏季降水的时空变化特征进行系统分析,以期对山东省及潍坊市的夏季降水的监测、预报、预警提供参考,为当地水利、农业等部门应对气候变化提供科学依据。

## 2. 资料和方法

利用潍坊市 1960~2019 年 9 个气象站的降水观测资料,从时间和空间两个方面,采用距平百分率和采用线性趋势分析[16]等方法对潍坊市夏季各月(6~8 月)降水量的变化特征进行分析。其中取寿光、寒亭、昌乐 3 个气象站的平均降水量作为潍坊北部区域降水量,青州、临朐、昌乐 3 个气象站的平均降水量作为潍坊中西部区域降水量,高密、诸城、安丘 3 个气象站的平均降水量作为潍坊东南部区域降水量。

降水量的线性趋势采用每 10a 的气候倾向率来描述,并进行显著性检验;采用 Mann-Kendall 突变检验法[16]对潍坊市夏季及 6~8 月降水量进行变化趋势和突变检验。

## 3. 降水量变化特征

### 3.1. 降水量的距平变化特征

由图 1 潍坊市 1960~2019 年夏季降水量距平百分率变化趋势可以看出,潍坊市夏季降水距平波动幅度较大,总体呈缓慢下降趋势,其线性变化趋势为 $-2.75\%/10a$ (未通过 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验)。整个夏季降水量距平的波动幅度最大值为 147%,60a 中正距平 28a,负距平的 31a,2005 年降水量与常年持平。距平百分率在 50%以上的有 5a,分别为 1960 年、1964 年、1971 年、1974 年和 2018 年,其中 1964 年正距平值最大达 96%;距平百分率在 $-50\%$ 以下的仅 1a,出现在 2002 年,距平百分率为 $-51\%$ 。

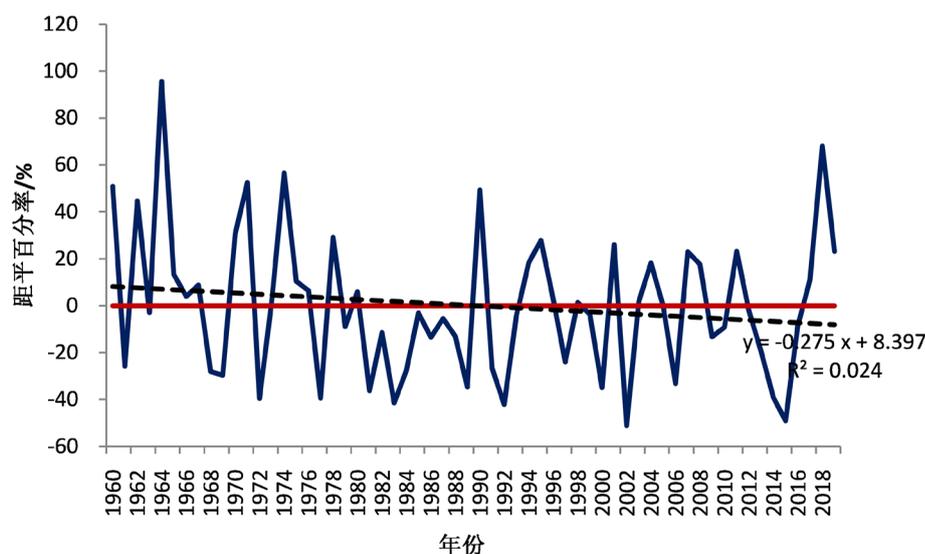
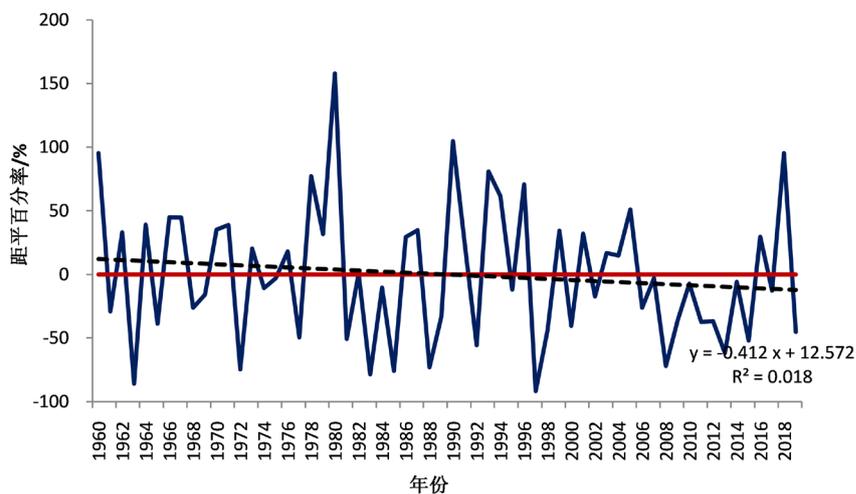


Figure 1. Precipitation anomaly percentage in summer from 1960 to 2019 of Weifang

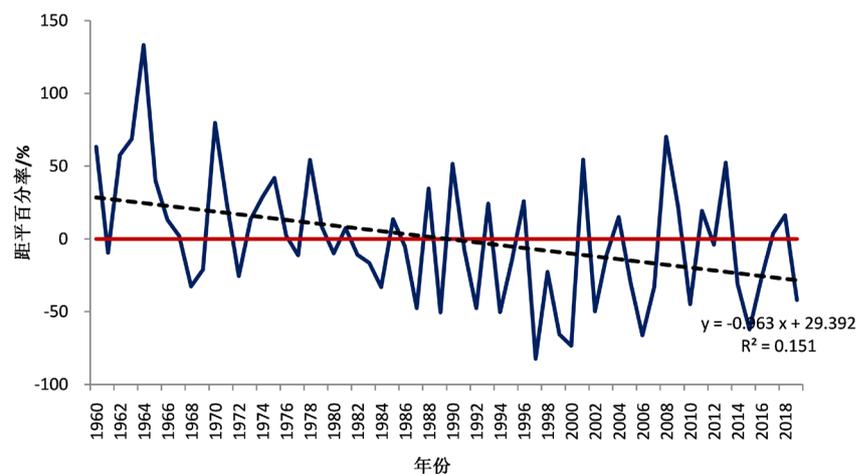
图 1. 潍坊市 1960~2019 年夏季降水量距平百分率

由图 2 可以看出,潍坊市 6 月份降水量距平亦呈缓慢下降趋势,其线性变化趋势为 $-4.12\%/10a$ (未通过 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验)。潍坊市 6 月份降水量距平的波动幅度最大值为 250%,其中正距平 27a,负距平 33a。6 月份降水量距平百分率在 50%以上的 9a,其中 1980 年、1990 年距平百分率均超过 100%,1980 年距平百分率高达 158%。距平百分率在 $-50\%$ 以下的年份 11a,其中 1997 年的距平百分率低至 $-92\%$ 。

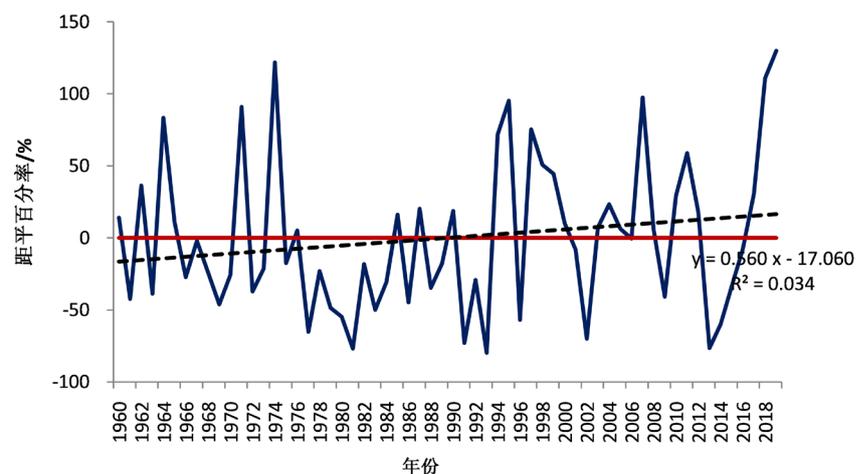
由图 3 可以看出,潍坊市 7 月份降水量距平呈显著下降趋势,线性变化趋势为 $-9.63\%/10a$ (通过 $\alpha = 0.01$ 的显著性检验)。7 月份降水距平的波动幅度最大值为 215%,正距平 29a,负距平 31a。距平百分率在 50%以上的有 10a,距平百分率超过 100%的仅 1a,出现在 1964 年,距平百分率高达 133%。距平百分率在 $-50\%$ 以下的年份 7a,其中 1997 年偏离距平最大为 $-92\%$ 。



**Figure 2.** Precipitation anomaly percentage in June from 1960 to 2019 of Weifang  
**图 2.** 潍坊市 1960~2019 年 6 月份降水量距平百分率



**Figure 3.** Precipitation anomaly percentage in July from 1960 to 2019 of Weifang  
**图 3.** 潍坊市 1960~2019 年 7 月份降水量距平百分率



**Figure 4.** Precipitation anomaly percentage in August from 1960 to 2019 of Weifang  
**图 4.** 潍坊市 1960~2019 年 8 月份降水量距平百分率

由图4可以看出,潍坊市8月份降水量距平呈不显著上升趋势,线性变化趋势为5.60%/10a(未通过 $\alpha=0.05$ 的显著性检验)。8月份降水距平的波动幅度最大值为210%,正距平27a,负距平33a。距平百分率在50%以上的年份有11a,距平百分率超过100%的3a,分别出现在1974年、2018年和2019年,2019年距平百分率高达130%。距平百分率在-50%以下的年份有9a,其中1990年偏离距平最大为-80%。

经以上分析可以看出,潍坊市整个夏季降水量距平波动幅度较大,其中6月份波动幅度最大,7月份次之,8月份最小。60a中负距平年份多于正距平年份,这与潍坊市夏季降水量总体呈减少的趋势是一致的。

### 3.2. 降水量的时空变化特征

由表1可以看出,潍坊市夏季平均降水量为401.8 mm,北部、中西部、东南部的平均降水量依次为:382.3 mm、405.0 mm、418.2 mm。其中东南部的诸城降水最多(451.7 mm),北部的昌邑降水最少(377.4 mm)。潍坊市9县市区夏季平均降水量均呈线性减少趋势,全市夏季平均降水量每10a减少11.0 mm,诸城为-22.9 mm/10a最大,青州-2.5 mm/10a最小。

**Table 1.** Linear trend in the summer months and the average precipitation in each district and county of Weifang  
**表 1.** 潍坊市各县市区夏季及每月平均降水量和线性趋势

序号	站名	夏季		6月		7月		8月	
		降水量	线性趋势	降水量	线性趋势	降水量	线性趋势	降水量	线性趋势
1	寒亭	385.8	-16.4	79.6	-3.9	166	-20.6**	140.2	8.1
2	青州	412.8	-2.5	82.1	-2.9	165.9	-15.0*	164.8	15.4
3	诸城	451.7	-22.9	87.2	-10.6*	177.6	-18.2**	186.8	6.0
4	寿光	383.7	-5.4	80	-2.5	151.0	-14.2*	152.7	11.3
5	昌邑	377.4	-19.1	71.9	-2.9	170.6	-18.8**	136.1	3.4
6	安丘	408.0	-7.9	77.7	-1.4	177.6	-16.3**	152.7	9.8
7	高密	395.0	-16.6	71.5	-2.2	170.2	-13.9*	153.3	0.4
8	昌乐	394.6	-3.4	75.5	-4.8	168.3	-14.8*	150.9	16.1*
9	临朐	407.6	-5.2	86.5	1.8	174.9	-14.8*	146.2	7.8
	全市平均	401.8	-11.0	79.0	-3.3	169.1	-16.3**	153.7	8.6

注: \*、\*\*分别表示通过 $\alpha=0.05$ 、 $\alpha=0.01$ 的显著性检验。下同。

潍坊市6月份平均降水量79.0 mm,其中诸城最多(87.2 mm),高密最少(71.5 mm)。潍坊市各县市区6月份平均降水量(除临朐外)总体呈线性减少趋势,全市6月份平均降水量每10a减少3.3 mm,诸城减少趋势最显著为-10.6 mm/10a,临朐呈微增加趋势,每10a增加1.8 mm。

潍坊市7月份平均降水量169.1 mm,其中诸城最多(177.6 mm),寿光最少(151.0 mm)。潍坊市9县市区7月份平均降水量均呈显著减少趋势,全市7月份平均降水量每10a减少16.3 mm,寒亭为-20.6 mm/10a最大,高密-13.9 mm/10a最小。

潍坊市8月份平均降水量153.7 mm,其中诸城最多(186.8 mm),昌邑最少(136.1 mm)。9县市区中8月份平均降水量均呈增加趋势,全市8月份平均降水量每10a增加8.6 mm,昌乐增加趋势最显著,每10a增加16.1 mm,高密最小,仅为0.4 mm/10a。

经以上分析可以看出,潍坊市夏季平均降水量自北向南逐渐减小,即南部降水量较多,中西部次之,北部较少。夏季、6月和7月的降水量均呈缓慢减少趋势,8月份降水量呈微增加趋势。从图5、图6、图7潍坊市降水量的区域线性变化趋势来看,潍坊市各区域降水量均呈线性减少趋势,其中南部区域减少最多(-15.8 mm/10a),北部区域次之(-13.6 mm/10a),中西部最小(-3.7 mm/10a)。

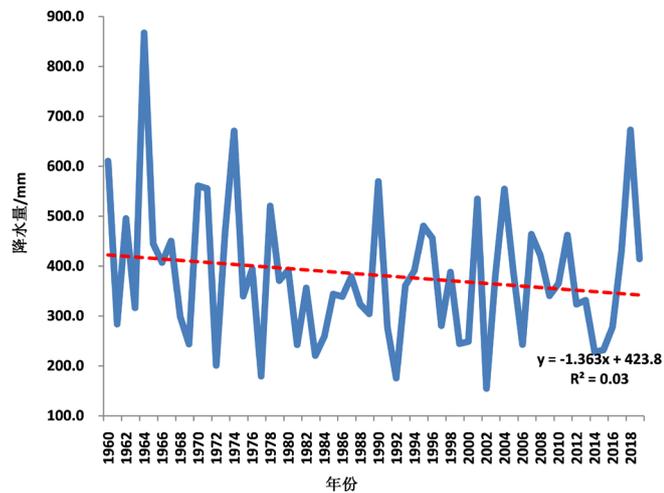


Figure 5. Trend variation of precipitation in Northern Weifang from 1960 to 2019  
图 5. 潍坊市 1960~2019 年北部降水量变化趋势

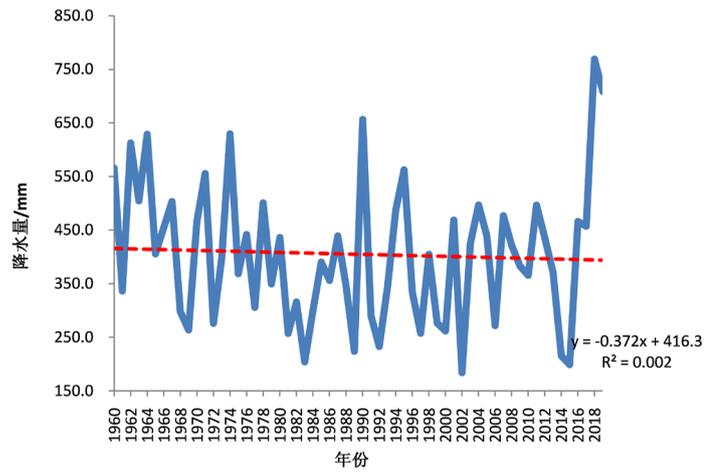


Figure 6. Trend variation of precipitation in Midwest Weifang from 1960 to 2019  
图 6. 潍坊市 1960~2019 年中西部降水量变化趋势

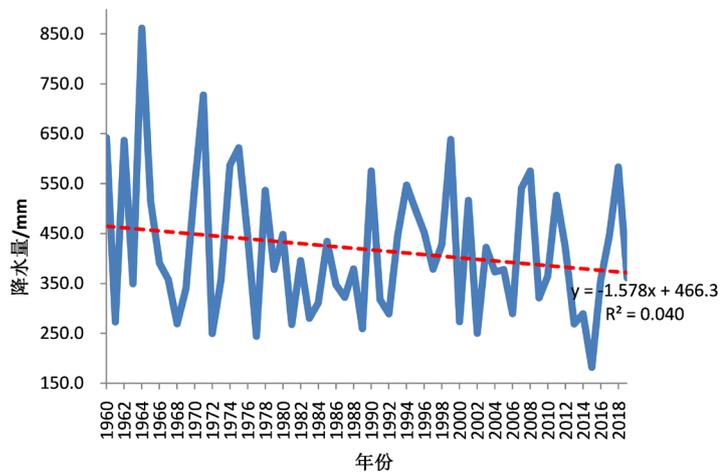


Figure 7. Trend variation of precipitation in Southeast Weifang from 1960 to 2019  
图 7. 潍坊市 1960~2019 年东南部降水量变化趋势

### 3.3. 降水量的突变分析

利用 M-K 方法对潍坊市夏季及 6~8 月的降水量进行变化趋势和突变检验。

由图 8 可知,潍坊市夏季降水量在 1964 年之后呈现减少趋势,其中 1983~1994 年减少趋势显著,但未发生突变现象;由图 9 可知,潍坊市 6 月份降水量总体呈现减少趋势,也未发生突变现象;由图 10 可

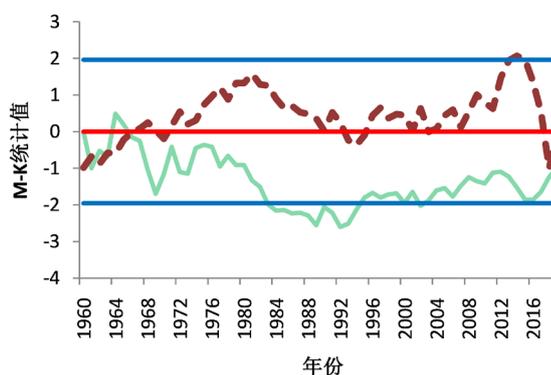


Figure 8. M-K statistics curve of summer average rainfall in Weifang from 1960 to 2019

图 8. 潍坊市 1960~2019 年夏季降水量 M-K 变化曲线

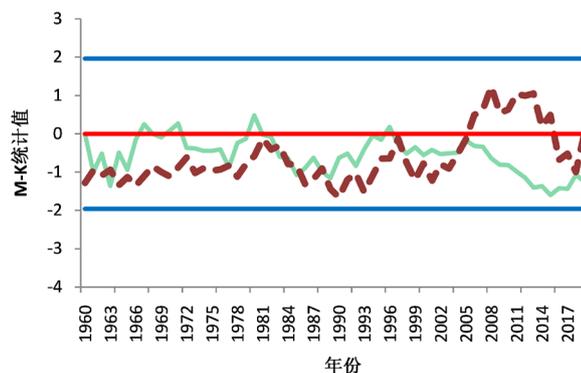


Figure 9. M-K statistics curve of June average rainfall in Weifang from 1960 to 2019

图 9. 潍坊市 1960~2019 年 6 月份降水量 M-K 变化曲线

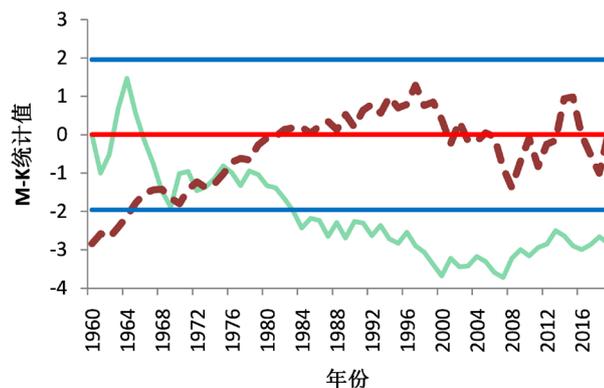


Figure 10. M-K statistics curve of July average rainfall in Weifang from 1960 to 2019

图 10. 1960~2019 年潍坊市 7 月份降水量 M-K 变化曲线

知,潍坊市7月份降水量在1966年之后呈现减少趋势,1983年之后减少趋势显著,也未发生突变现象;由图11可知,潍坊市8月份降水量变化趋势起伏较大,其中1962~1966年和1974~1976年呈现增多趋势,1977~1998年期间呈现减少趋势,2004年之后呈现增多趋势,但未发生突变。

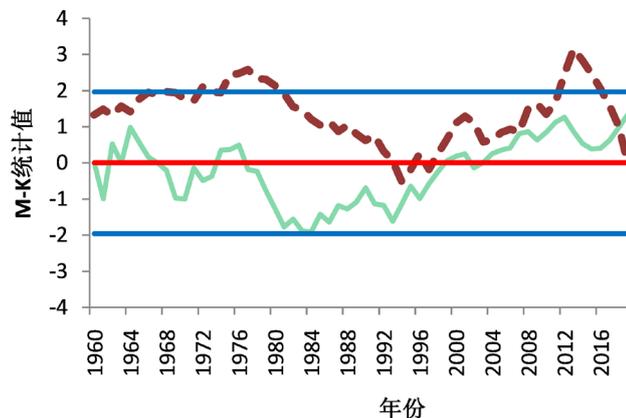


Figure 11. M-K statistics curve of August average rainfall in Weifang from 1960 to 2019

图 11. 潍坊市 1960~2019 年 8 月份降水量 M-K 变化曲线

#### 4. 结论

1) 潍坊市夏季降水量距平波动幅度变化较大,其中6月份最大,7月份次之,8月份最小。潍坊市夏季及6~7月份降水距平总体呈缓慢下降趋势,8月份降水量距平呈不显著上升趋势。60a中负距平年份多于正距平年份,表明潍坊市夏季降水量总体呈减少的趋势。

2) 潍坊市夏季平均降水量自北向南依次减小,且各区域降水量均呈线性减少趋势,其中南部减少最多,北部次之,中西部最小。6月和7月的降水量均呈缓慢减少趋势,8月份降水量呈微增加趋势,但潍坊市夏季降水量总体呈减少的趋势。

3) 潍坊市夏季平均降水量及6~8月份降水量均未发生突变,潍坊市8月份降水量在2004年之后呈现增多趋势。

#### 参考文献

- [1] 秦大河,丁一汇,张锦,等. 气候系统的演变及其预测[M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- [2] 黄荣辉,徐予红,周连童. 我国夏季降水的年代际变化及华北干旱化趋势[J]. 高原气象, 1999, 18(4): 445-476.
- [3] 党皓飞,赵琳娜,巩远发. 中国夏季降水的时空分布特征分析[J]. 成都信息工程学院学报, 2015, 36(3): 609-615.
- [4] 徐宗学,孟翠玲,赵芳芳. 山东省近40a来的气温和降水变化特征分析[J]. 气象科学, 2007, 27(4): 387-393.
- [5] 孙翠凤,窦坤,吴雷柱,等. 鲁西南近50年降水量和雨日雨强变化趋势[J]. 中国农业资源与区划, 2014, 35(2): 29-34.
- [6] 潘仕梅,史淑一,李琳,等. 山东省烟台市近年降水资源变化对农业的影响[J]. 中国农学通报, 2012, 28(26): 267-271.
- [7] 石慧兰,常平,陈成国,等. 德州市降水及早涝灾害变化趋势分析[J]. 中国农业资源与区划, 2012, 33(3): 23-27.
- [8] 姜冬梅,卢兆民. 淄博市近30年降水及气温分区县特征分析[J]. 山东气象, 2007, 27(2): 28-30.
- [9] 廉丽姝,李为华,朱平盛. 山东省近40年气候变化特征[J]. 气象科技, 2006, 34(1): 57-61.
- [10] 迟竹萍. 近45年山东夏季降水时空分布及变化趋势分析[J]. 高原气象, 2009, 28(1): 220-226.
- [11] 李树军,袁静,肖清华,等. 基于SPI的潍坊市近50年的干湿特征分析[J]. 中国农学通报, 2011, 27(26): 293-298.

- 
- [12] 张秀珍, 张文煜, 宋嘉尧, 等. 潍坊市近 45 年气候特征分析[J]. 山东气象, 2008, 28(1): 14-17.
- [13] 高学芹, 袁静. 1980-2014 年潍坊市深层地温对气候变化的响应[J]. 中国农学通报, 2015, 31(28): 201-206.
- [14] 高学芹. 潍坊市 1951-2014 年气温和高低温日数变化特征分析[J]. 中国农学通报, 2015, 31(32): 217-222.
- [15] 高学芹. 潍坊市 1955-2014 年气温和气温日较差变化特征及影响因子分析[J]. 中国农学通报, 2015, 31(35): 204-208.
- [16] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007.