

邓艳君,郑治斌,张伦瑾,等. 近 59 年江汉平原降水气候变化特征分析[J]. 江苏农业科学,2020,48(16):268-277.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.16.051

# 近 59 年江汉平原降水气候变化特征分析

邓艳君<sup>1</sup>, 郑治斌<sup>2</sup>, 张伦瑾<sup>1</sup>, 刘凯文<sup>1</sup>, 黄永平<sup>1</sup>

(1. 湖北省荆州市气象局,湖北荆州 434020; 2. 湖北省气象学会,湖北武汉 430074)

**摘要:**基于 1960—2018 年江汉平原 12 个气象观测站逐日降水资料,计算降水量、降水日数、降水强度以及极端降水量,采用线性拟合、趋势分析以及 Mann-Kendall 突变检验等方法,分析江汉平原降水的气候变化特征。结果表明,江汉平原降水量春夏多、秋冬少,空间分布由南向北递减。年降水量总体呈缓慢增长趋势,递增速率 24.63 mm/10 年,但季节分配不均匀。Mann-Kendall 突变检验结果显示,1978 年为年降水量的突变年份。年均降水日数总体呈明显减少趋势,1983 年为降水日数的突变年份,从 1996 年开始降水日数递减速率急剧增大。降水强度四季变化趋势与年变化趋势一致,均总体呈增强趋势,其中春、夏季递增速率高于年递增速率,秋、冬呈微弱增长趋势,降水强度的突变年份为 1979 年。极端降水量指标均总体呈缓慢增加趋势。江汉平原降水在时间上分布较为集中,强降水发生概率增大。20 世纪 60—70 年代属少雨期,极端旱年多发生于此时段;20 世纪 80 年代初、90 年代中后期年降水量及极端降水量明显偏多,降水强度偏强,极端涝年集中出现在此时段。

**关键词:**江汉平原;降水量;降水日数;降水强度;极端降水

**中图分类号:** P467;S161.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)16-0268-10

江汉平原位于“千湖之省”湖北省中南部,由长江与汉江冲积而得名,主要包括荆州市、荆门市及仙桃、潜江、天门 3 个省直管市。江汉平原雨热同季,湖泊湿地众多,素有“鱼米之乡”的美誉。江汉

平原是重要的农业生产区,也是著名的水产养殖区,在湖北省经济发展中占有重要地位。研究该地区的降水气候特征,防止旱涝变化对江汉平原农业生产、湿地保护、生态安全造成不良影响具有十分重要的意义<sup>[1]</sup>。

在全球变暖的气候背景下,我国不同区域的降水气候特征出现了明显变化,旱涝发生频率呈增加趋势,气象学者对气候变化作了大量研究<sup>[2-5]</sup>。研究表明,从 20 世纪 50 年代中期开始,全球年降水量呈下降趋势<sup>[6-7]</sup>。林学椿等分析了 1955—1989 年我国 160 个气象站的降水资料,发现我国年降水量

收稿日期:2019-10-09

基金项目:湖北省科学技术协会 2019 年度“科技创新源泉工程”;湖北省荆州市气象局科技基金(编号:JZ201909)。

作者简介:邓艳君(1988—),女,湖北荆州人,硕士,工程师,主要从事 3S 技术与气象应用研究。E-mail:570517642@qq.com。

通信作者:黄永平,高级工程师,主要从事农业气象研究。E-mail:339081184@qq.com。

[D]. 南京:南京大学,2015.

[8] Myneni R B, Tucker C J, Asrar G, et al. Interannual variations in satellite-sensed vegetation index data from 1981 to 1991 [J]. Journal of Geophysical Research Atmospheres, 1998, 103 (D6): 6145-6160.

[9] Nemani R R, Keeling C D, Hashimoto H, et al. Climate-driven increases in global terrestrial net primary production from 1982 to 1999 [J]. Science, 2003, 300(5625): 1560-1563.

[10] 朴世龙,方精云. 1982—1999 年我国陆地植被活动对气候变化响应的季节差异[J]. 地理学报,2003,58(1):119-125.

[11] 朴世龙,方精云. 最近 18 年来中国植被覆盖的动态变化[J]. 第四纪研究,2001,21(4):294-302.

[12] 方精云,朴世龙,贺金生,等. 近 20 年来中国植被活动在增强[J]. 中国科学(C 辑),2003,33(6):554-565,578-579.

[13] 刘爽,宫鹏. 2000—2010 年中国地表植被绿度变化[J]. 科学通报,2012,57(16):1423-1434.

[14] 常纯,王心源,杨瑞霞,等. 基于 DEM-NDVI 的高山植被带定量刻画[J]. 地理研究,2015,34(11):2113-2123.

[15] 李薇,谈明洪. 太行山区不同坡度 NDVI 变化趋势差异分析[J]. 中国生态农业学报,2017,25(4):509-519.

[16] 李晓光. 基于 MODIS-NDVI 的内蒙古植被覆盖变化及其驱动因子分析[D]. 呼和浩特:内蒙古大学,2014.

[17] 刘宪锋,任志远,林志慧,等. 2000—2011 年三江源区植被覆盖时空变化特征[J]. 地理学报,2013,68(7):897-908.

[18] 牟乃夏,刘文宝,王海银,等. ArcGIS 10 地理信息系统教程——从初学到精通[M]. 北京:测绘出版社,2012(12):43-43.

[19] 王丽霞,余东洋. 渭河流域 NDVI 与气候因子时空变化及相关性研究[J]. 水土保持研究,2019,26(2):249-254.

也呈减少趋势<sup>[8]</sup>。一些学者对湖北省、江汉平原的降水气候特征进行了分析,结果发现,湖北年降水量呈增加趋势,且江汉平原年降水量递增速率高于其他地区<sup>[9-13]</sup>。学者们主要通过分析降水量、雨日、不同等级降水事件等指标的时空演变规律和突变时间,来研究降水的气候变化特征<sup>[14-18]</sup>。本研究在前人研究(资料更新到 2018 年)的基础上,选取降水量、降水日数、大雨日数、暴雨日数、降水强度、极端降水量等指标,利用趋势分析和 Mann-Kendall (M-K) 突变检验<sup>[19]</sup>等方法,分析江汉平原近 59 年降水的气候变化特征,以期对农业生产、生态安全、防灾减灾提供参考依据。

## 1 资料与方法

选取江汉平原 12 个气象站 1960—2018 年的逐日降水资料,计算降水量、降水日数、大雨日数、暴雨日数、降水强度、最大旬降水量、最大 5 日降水量以及最大 3 日降水量等指标,采用线性拟合和趋势分析方法计算相应的气候倾向率,同时采用 Mann-Kendall (M-K) 突变检验法对年降水量、年降水日数、年降水强度进行突变检验,判断突变时间。本研究采用的季节划分为:春季 3—5 月、夏季 6—8 月、秋季 9—11 月、冬季 12 月至次年 2 月。评价指

标的定义如表 1 所示,江汉平原评价指标的计算采用 12 个气象站的平均值。

表 1 评价指标的定义

评价指标	定义
降水量(mm)	降水量 $\geq 0.1$ mm 的日累积量
降水日数(d)	降水量 $\geq 0.1$ mm 的天数
大雨日数(d)	降水量 $\geq 25$ mm 的天数
暴雨日数(d)	降水量 $\geq 50$ mm 的天数
降水强度(mm/d)	降水量/降水日数
最大旬降水量(mm)	1 年中各旬降水量的最大值
最大 5 日降水量(mm)	1 年中连续 5 日降水量的最大值
最大 3 日降水量(mm)	1 年中连续 3 日降水量的最大值

## 2 结果与分析

### 2.1 降水量变化特征

2.1.1 降水量月变化 如图 1 所示,江汉平原降水量表现为春夏多、秋冬少。12 月降水量最少,月平均降水量为 28.4 mm,受 3—4 月春季连阴雨及 5—6 月梅雨天气的影响,降水量增加,6 月份达到最大值,为 184.2 mm,之后受 7—8 月伏旱天气影响,降水量迅速下降,7—9 月平均每 10 d 下降 14.9 mm。9—10 月受秋季阴雨天气影响,降水量下降缓慢,进入冬季后又明显下降。

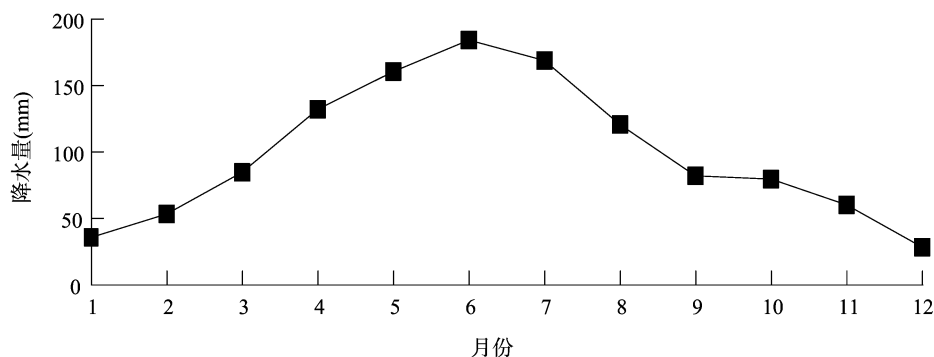


图1 江汉平原逐月降水量变化

2.1.2 降水量年变化 根据年降水量变化趋势(图 2)可知,1960—2018 年江汉平原年降水量平均值为 1 257.9 mm,降水量最多的年份出现在 1983 年(1 694.5 mm),最少的年份出现在 1966 年(892.0 mm),年降水量总体呈缓慢增加趋势,递增速率为 24.63 mm/10 年。20 世纪 60 年代到 20 世纪 80 年代初期、21 世纪 00 年代后期到 21 世纪 10 年代为降水量偏少的时段,20 世纪 80 年代初期到 21 世纪 00 年代中期为降水量偏多的时段。由 M-K 突变检验结果可知,UF(样本数据序列的标

准化)基本维持在 0 线以上,表明年降水量呈增多趋势,但 20 世纪 60—70 年代,UF 波动较大,20 世纪 80 年代中期到 21 世纪初期,UF 总体呈上升趋势,21 世纪 00 年代中期到 21 世纪 10 年代中期,UF 呈下降趋势,且 UF 仅有 1 年超过信度的上限,说明年降水量总体增多趋势不显著。20 世纪 60—70 年代,在置信区间内 UF 和 UB(逆序样本数据的标准化)曲线有多次相交,从 1978 年相交开始,UF 出现上升趋势,到 2004 年达到显著性水平,之后总体表现为缓慢下降趋势,因此 1978 年为降水量的突变年份。

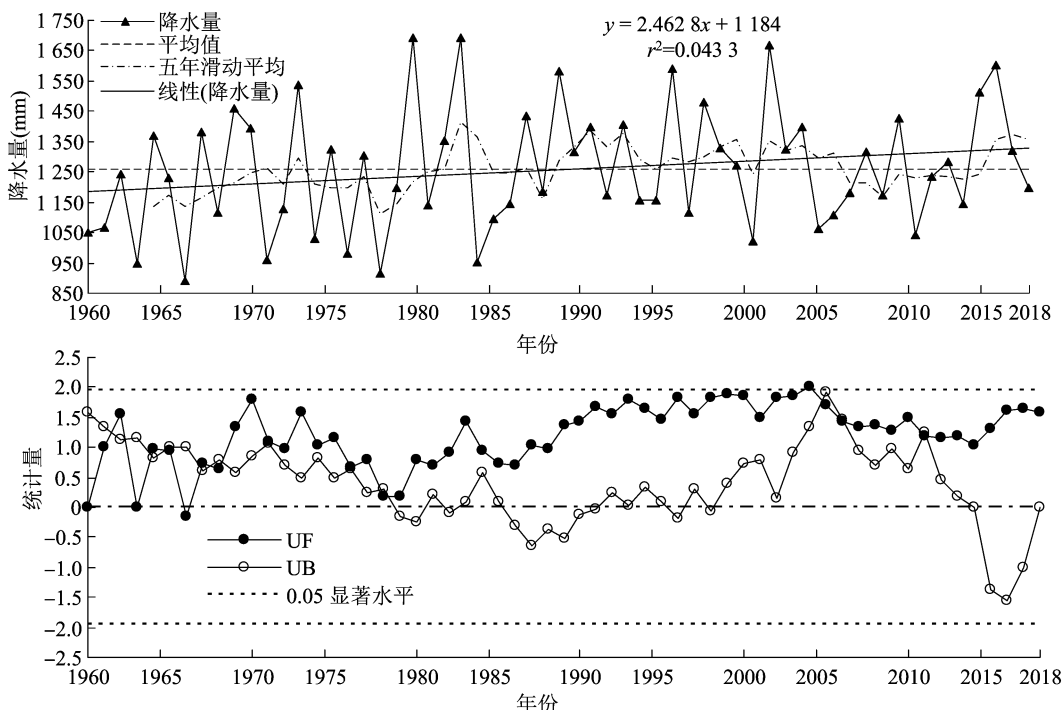


图2 1960—2018年江汉平原年降水量变化及M-K突变检验

**2.1.3 降水量季节变化** 如图3所示,江汉平原1960—2018年春季平均降水量为396.2 mm,其中最大值为720.2 mm,出现在2002年,最小值为200.6 mm,出现在2011年,近59年在波动中呈缓慢增加趋势,递增速率为2.96 mm/10年。江汉平原1960—2018年夏季平均降水量为503.6 mm,其中最大值为985.8 mm,出现在1980年,最小值为158.1 mm,出现在1972年,近59年在波动中呈增加趋势,递增速率为18.1 mm/10年。江汉平原1960—2018年秋季平均降水量为235.6 mm,其中最大值为479.4 mm,出现在1983年,最小值为60.1 mm,出现在1991年,近59年在波动中呈减少趋势,递减速率为2.53 mm/10年。江汉平原1960—2018年冬季平均降水量为123.1 mm,其中最大值为235.7 mm,出现在1989年,最小值为49.3 mm,出现在1998年。近59年在波动中呈增加趋势,递增速率为5.43 mm/10年。

**2.1.4 降水量年际变化** 分析江汉平原不同年代平均年降水量的空间分布,从图4可以看出,在时间上,平均年降水量总体呈现增多的趋势(21世纪00年代略有下降),在空间上总体呈南多北少趋势。20世纪60年代,平均年降水量江汉平原北部为943.7~1100.0 mm,南部为1100.0~1270.8 mm,由北向南增多;20世纪70年代,平均年降水量江汉平原西北部和中南部为901.8~1100.0 mm,江汉平

原东南部 and 松滋市局部平均年降水量为1100.1~1321.4 mm,由西北向东南增多;20世纪80年代,平均年降水量江汉平原西北部为983.8~1100.0 mm,东南部和西南部为1200.0~1433.8 mm,其他地区为1100.1~1200.0 mm,由西北向东南增多;20世纪90年代,平均年降水量江汉平原西北部为966.2~1200.0 mm,东南部为1200.1~1495.1 mm,由西北向东南增多;21世纪00年代,平均年降水量江汉平原北部为961.7~1100.0 mm,南部为1100.1~1311.2 mm,由北向南增多;21世纪10年代,平均年降水量江汉平原北部为924.2~1200.0 mm,南部为1200.1~1450.7 mm,由北向南增多。20世纪80~90年代是近59年平均年降水量最多的时段,20世纪60年代是近59年平均年降水量最少的时段。

## 2.2 降水日数变化

**2.2.1 降水日数变化** 根据年均降水日数变化趋势(图5)可知,江汉平原1960—2018年平均年降水日数为139.6 d,年降水日数最大值出现在1973年(168.7 d),最小值出现在2011年(107.5 d),近59年年降水日数总体呈明显减少趋势(通过0.5信度的显著性检验),递减速率为3.9 d/10年;四季中春、秋季呈显著减少趋势(通过0.01信度的显著性检验),夏、冬季呈增加趋势(图略)。年降水日数20世纪60年代至70年代中期偏多,20世纪70年代

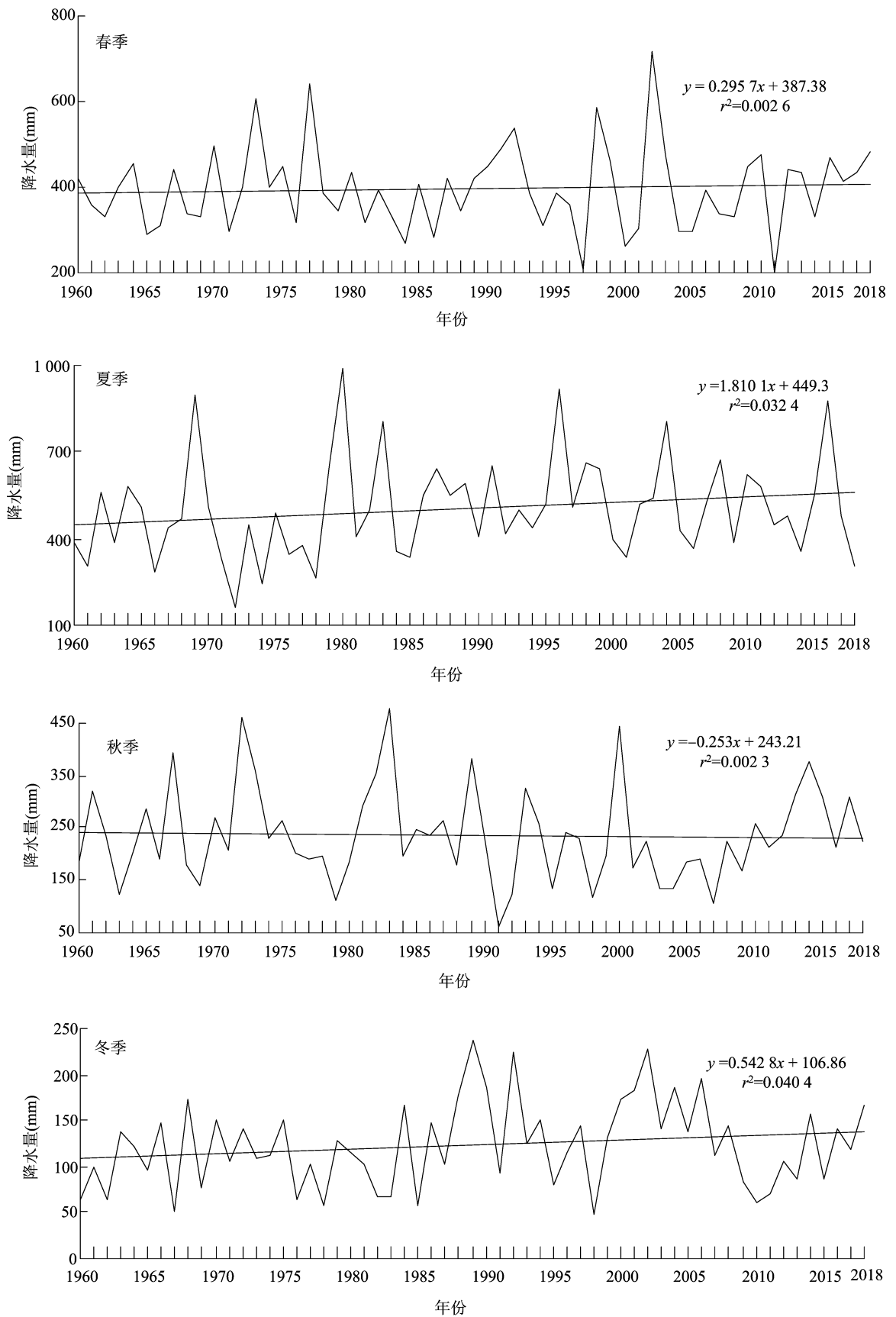
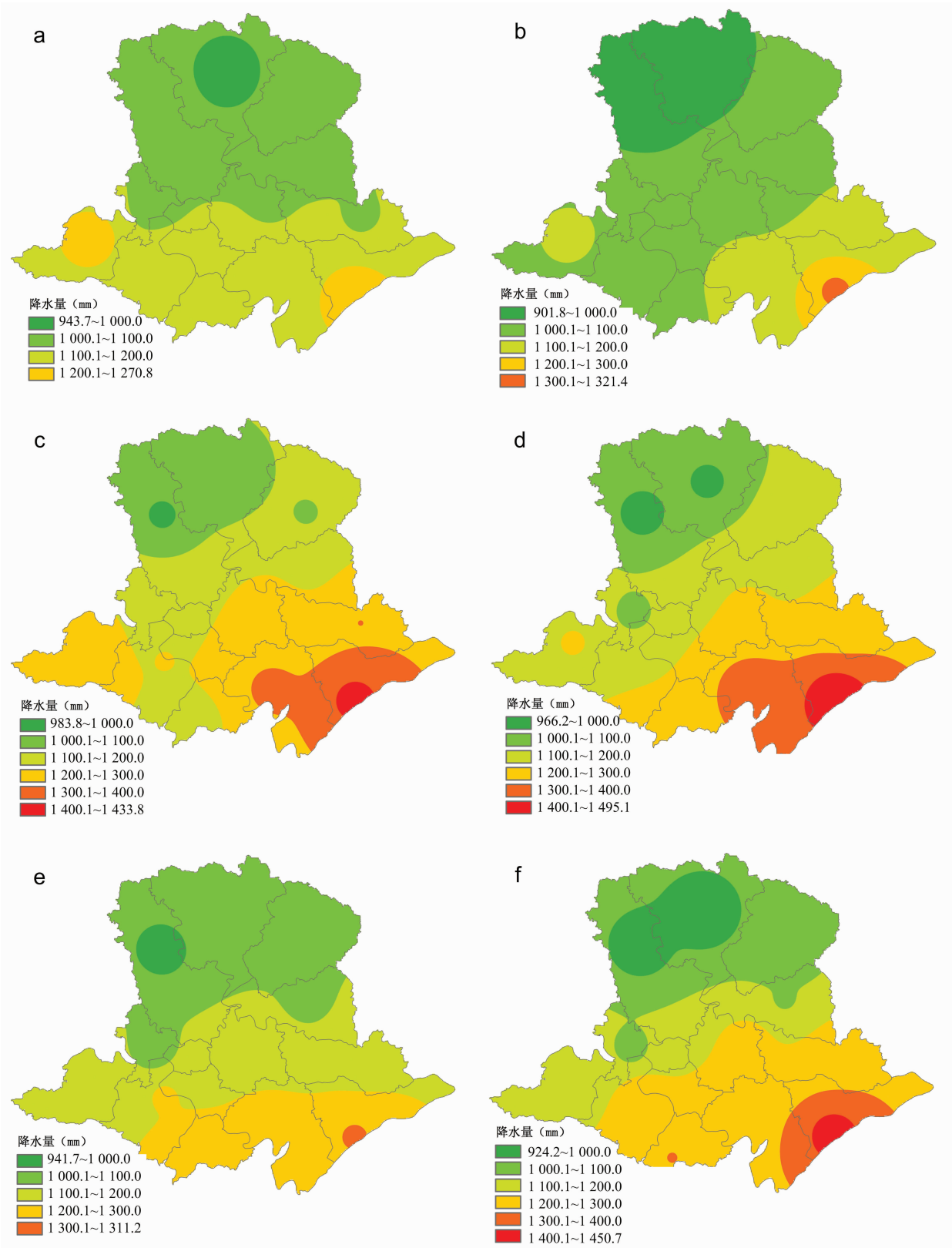


图3 1960—2018 年江汉平原季节降水量变化



a、b、c、d、e、f 分别代表 20 世纪 60 年代(1960—1969 年)、20 世纪 70 年代(1970—1979 年)、20 世纪 80 年代(1980—1989 年)、20 世纪 90 年代(1990—1999 年)、21 世纪 00 年代(2000—2009 年)、21 世纪 10 年代(2010—2018 年)

图4 1960—2018 年江汉平原降水量年际变化

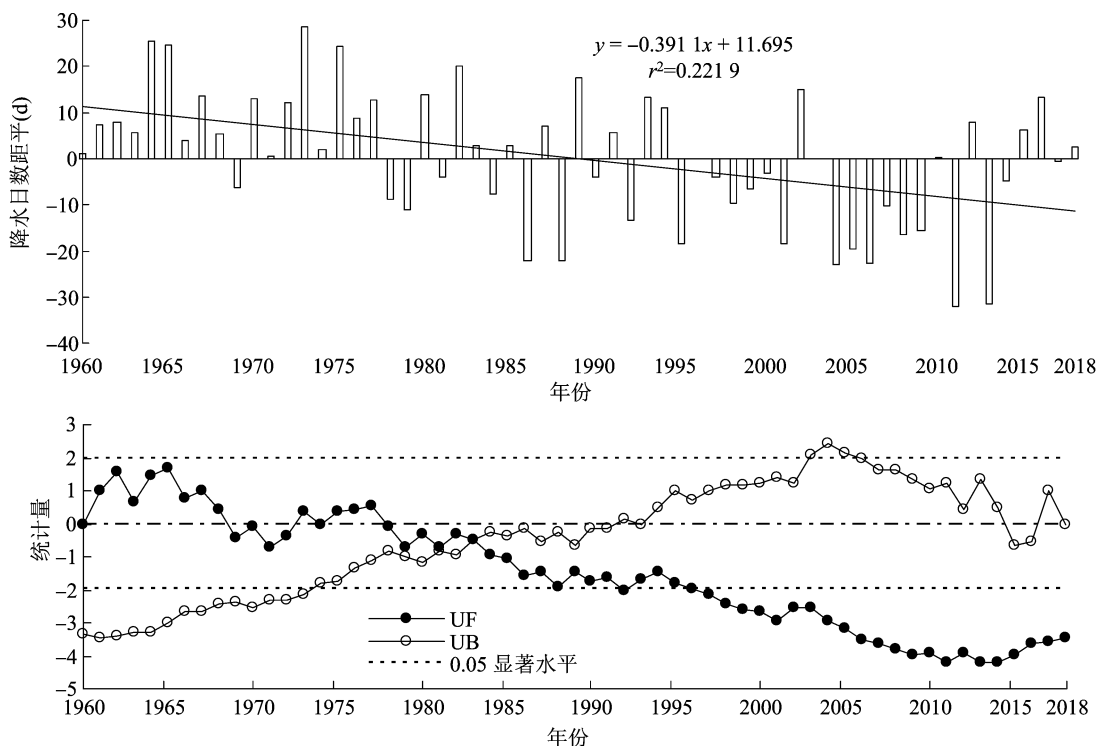


图5 江汉平原 1960—2018 年平均年降水日数距平变化及 M-K 突变检验

末至 90 年代中期持平,20 世纪 90 年代末以来偏少,特别是进入 21 世纪以来,降水日数明显偏少。从 M-K 突变检验结果可知,1983 年为降水日数的突变年份,之后  $UF < 0$ ,且呈下降趋势,从 1996 年开始 UF 超过信度的下限,降水日数下降趋势显著。

2.2.2 大雨日数变化 根据大雨日数距平变化趋势(图 6)可知,江汉平原 1960—2018 年平均大雨日

数为 13.8 d,近 59 年年大雨日数最大值出现在 1983 年(22.6 d),最小值出现在 1966 年(7.7 d),大雨日数总体呈缓慢增加趋势,递增速率为 0.54 d/10 年;20 世纪 60 年代至 80 年代初总体呈明显增加趋势,20 世纪 80 年代初至 90 年代初呈波动变化趋势,20 世纪 90 年代中后期以来总体呈减少趋势。

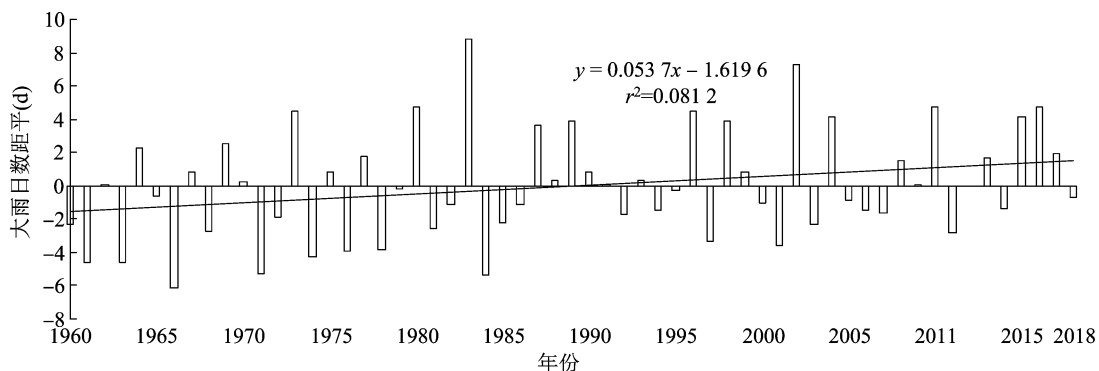


图6 江汉平原 1960—2018 年平均年大雨日数距平变化

2.2.3 暴雨日数变化 江汉平原 1960—2018 年暴雨日数变化趋势不明显,且存在明显的年代际变化。根据暴雨日数距平变化趋势(图 7)可知,江汉平原 1960—2018 年平均暴雨日数为 4.1 d,年平均暴雨日数最大值出现在 1980 年(8.1 d),最小值出现在 1984 年(0.9 d),近 59 年暴雨日数总体呈缓慢增加趋势,递增速率为 0.24 d/10 年;20 世纪 60—

70 年代,暴雨日数以偏少为主,20 世纪 70 年代末、20 世纪 90 年代中后期暴雨日数发生由少向多急剧转变趋势。

## 2.3 降水强度变化

2.3.1 年降水强度变化 根据降水强度距平变化趋势(图 8)可知,江汉平原 1960—2018 年平均降水强度为 9.1 mm/d,年平均降水强度最大的年份出

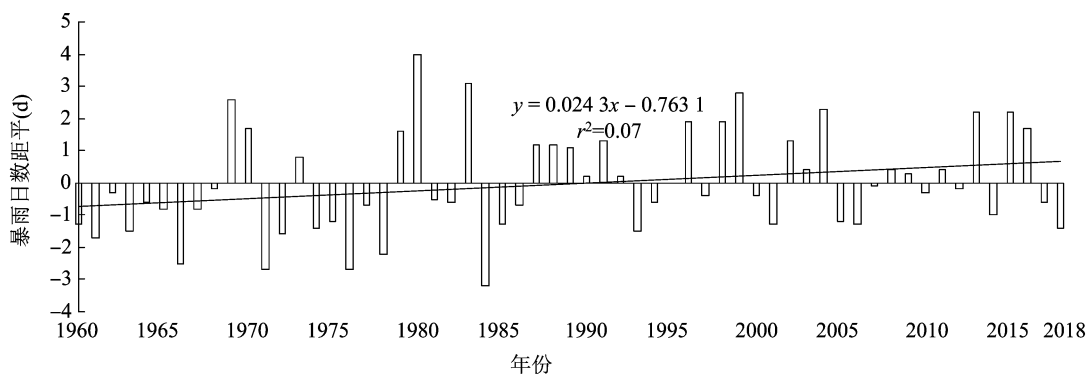


图7 江汉平原 1960—2018 年平均年暴雨日数距平变化

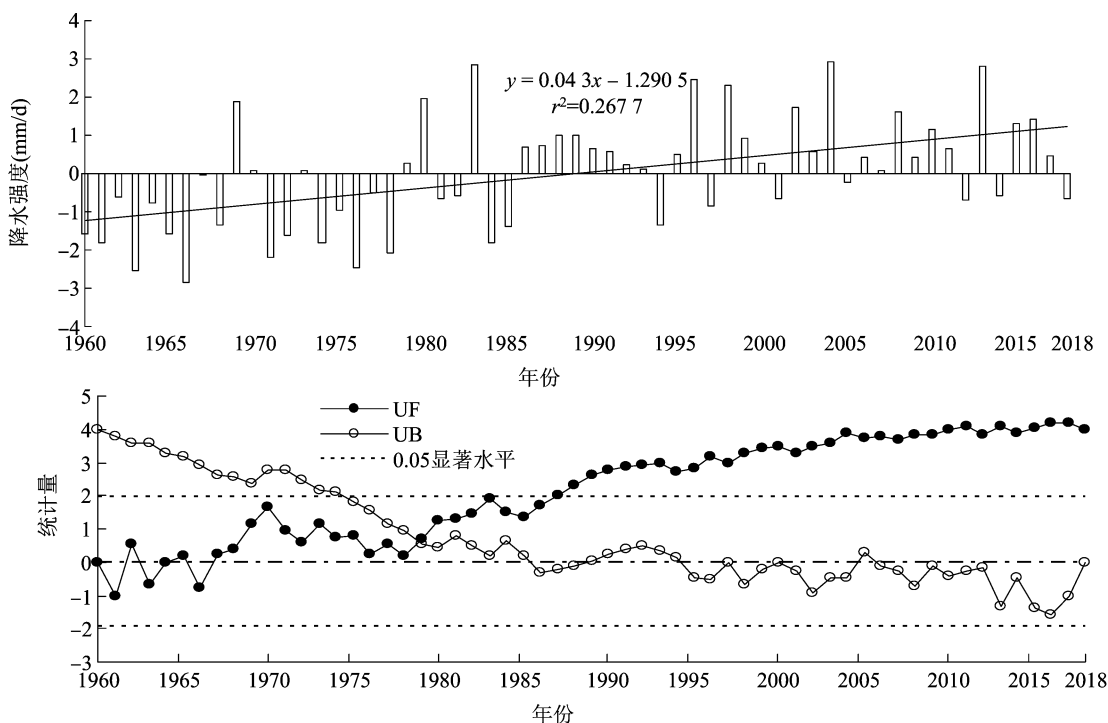


图8 江汉平原 1960—2018 年降水强度距平年变化及 M-K 突变检验

现在 2004 年(12.0 mm/d),最小年份出现在 1966 年(6.2 mm/d),年平均降水强度总体呈明显增强趋势(通过 0.5 信度的显著性检验),递增速率为 0.43 mm/(d·10 年)。从 M-K 突变检验结果可以看出,年平均降水强度的突变年份为 1979 年,从 1967 年开始,UF>0,年平均降水强度增大,从 1979 年开始 UF 呈明显上升趋势,从 1987 年开始 UF 超过信度的上限,年平均降水强度增加趋势显著。

2.3.2 四季降水强度变化 由图 9 可知,江汉平原 1960—2018 年春季平均降水强度为 9.1 mm/d,最大值为 13.7 mm/d,出现在 1998 年,最小值为 4.9 mm/d,出现在 1997 年,春季降水强度总体呈增强趋势,递增速率为 0.44 mm/(d·10 年)。江汉平原 1960—2018 年夏季平均降水强度为 14.4 mm/d,

最大值为 21.4 mm/d,出现在 2004 年,最小值为 7.0 mm/d,出现在 1972 年,近 59 年总体呈增强趋势,递增速率为 0.50 mm/(d·10 年)。江汉平原 1960—2018 年秋季平均降水强度为 7.3 mm/d,最大值为 14.2 mm/d,出现在 1983 年,最小值为 2.5 mm/d,出现在 1991 年,近 59 年总体呈微弱的增强趋势,递增速率为 0.2 mm/(d·10 年)。江汉平原 1960—2018 年冬季平均降水强度为 4.1 mm/d,最大值为 6.8 mm/d,出现在 1993 年,最小值为 1.6 mm/d,出现在 1963 年,近 59 年总体呈增强趋势,递增速率为 0.3 mm/(d·10 年),进入 21 世纪以来,强度明显增强。

江汉平原 1960—2018 年降水强度变化趋势明显,四季与年均降水强度均总体呈增强趋势,其中

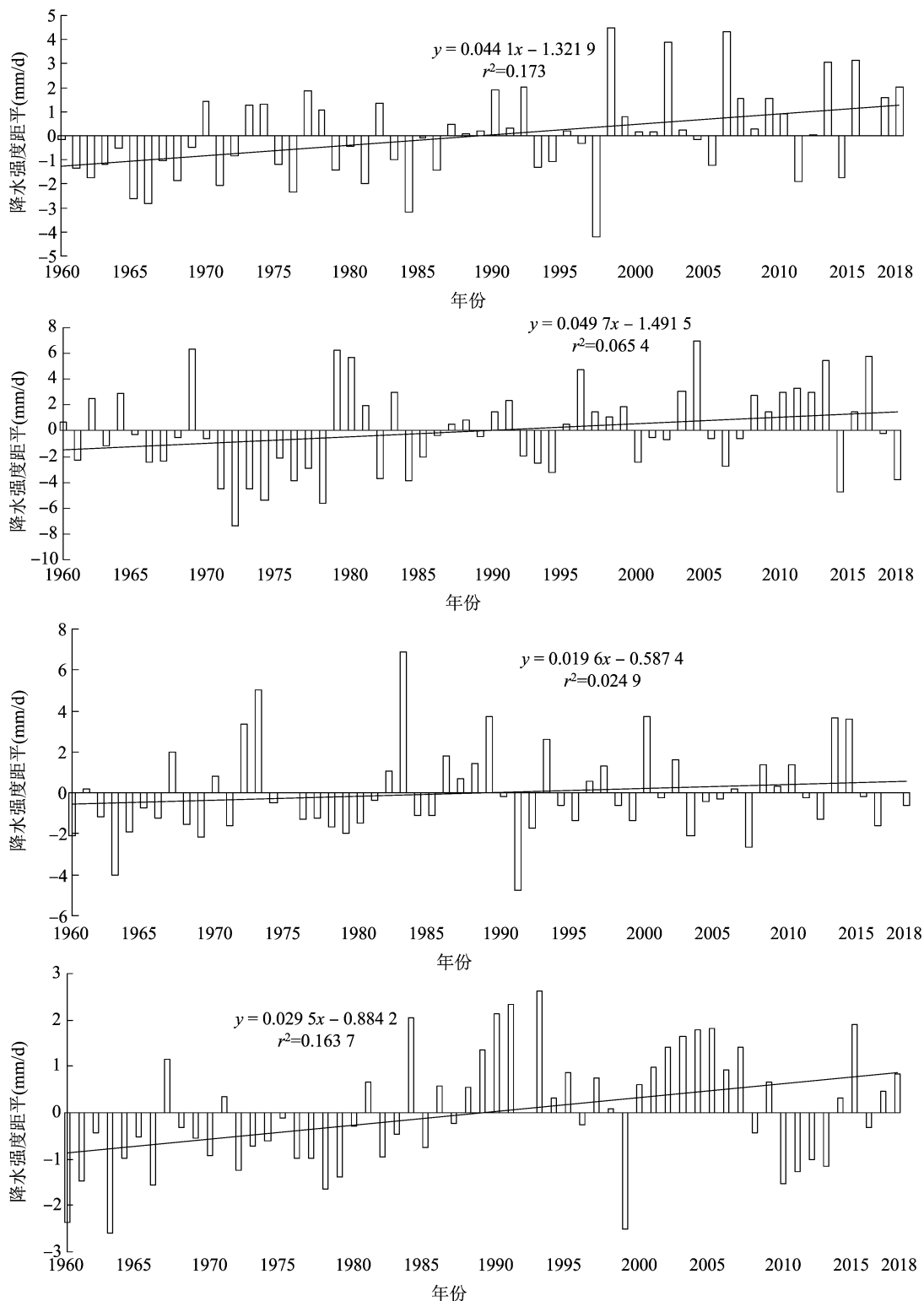


图9 江汉平原 1960—2018 年四季降水强度距平年变化

春、夏季递增速率高于年递增速率。年均及四季降水强度年代际变化均是明显的,年均、秋季及冬季降水强度在 20 世纪 60—70 年代明显偏弱,20 世纪 90 年代末以来明显偏强。

## 2.4 极端降水特征

### 2.4.1 最大旬降水量

分析最大旬降水量距平变化趋势,由图 10 可知,江汉平原 1960—2018 年平均最大旬降水量为 176.7 mm,年最大旬降水量最大值



出现在 1991 年(396.2 mm),最小值出现在 1978 年(101.4 mm),近 59 年年最大旬降水量总体呈缓慢增加趋势,递增速率为 3.03 mm/10 年。

**2.4.2 最大 5 日降水量变化** 根据最大 5 日降水量距平变化趋势(图 11)可知,江汉平原 1960—2018 年平均最大 5 日降水量为 161.2 mm,近 59 年年最大 5 日降水量最大值出现在 1991 年(253.1 mm),最小值出现在 1978 年(100.7 mm),近 59 年年最大 5 日降水量总体呈缓慢增加趋势,递增速率为 2.93 mm/10 年。

**2.4.3 最大 3 日降水量变化** 根据最大 3 日降水量距平变化趋势(图 12)可知,江汉平原 1960—2018

年平均最大 3 日降水量为 141.3 mm,近 59 年年最大 3 日降水量最大值出现在 1991 年、2003 年(213.9 mm),最小值出现在 1978 年(87.0 mm),近 59 年年最大 3 日降水量总体呈微弱增加趋势,递增速率为 1.83 mm/10 年。

根据江汉平原多年水情变化、降水量/降水强度年、季节变化以及极端降水特征分析结果,并结合江汉平原近 60 年旱涝灾情得出,江汉平原极端旱涝年份如下:极端旱年共 8 年,为 1966、1968、1971、1972、1976、1978、1985、2000、2011 年;极端涝年共 10 年,为 1969、1980、1983、1991、1996、1998、1999、2004、2010、2016 年。

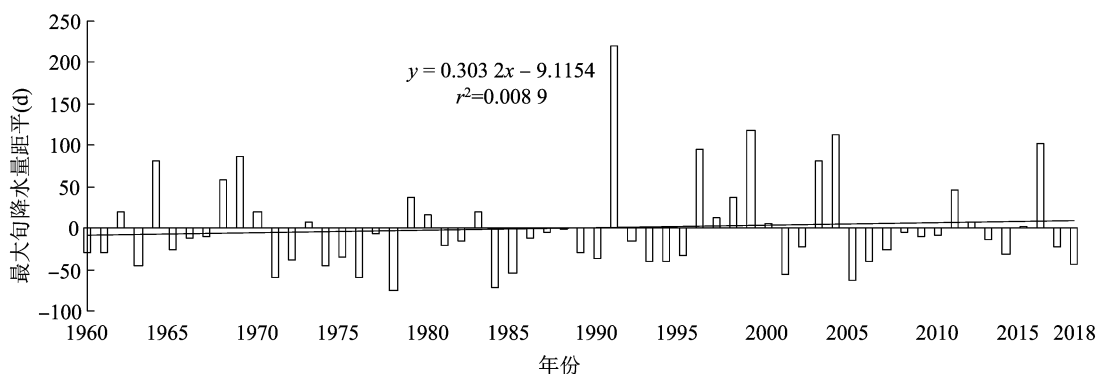


图10 江汉平原 1960—2018 年平均年最大旬降水量距平变化

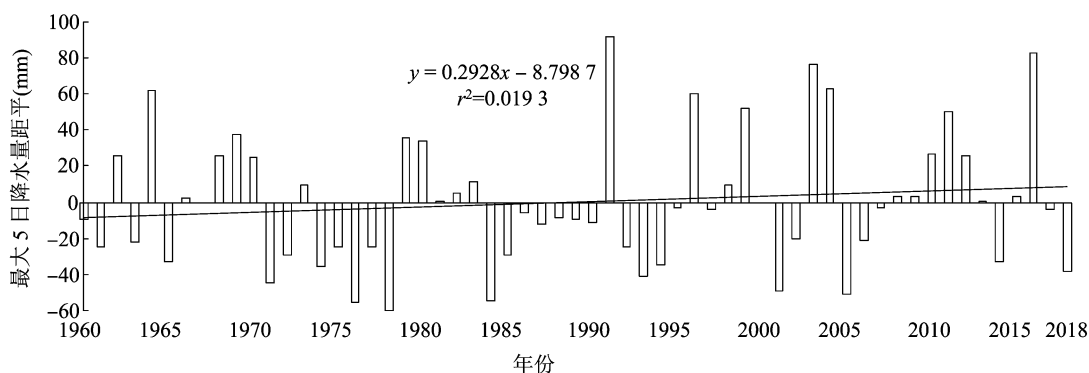


图11 江汉平原 1960—2018 年最大 5 日降水量距平变化

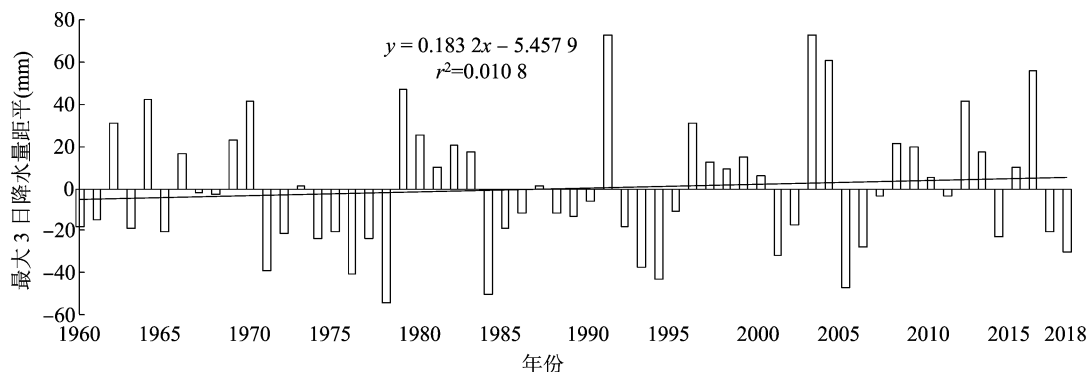


图12 江汉平原 1960—2018 年最大 3 日降水量距平变化

### 3 结论与讨论

通过对江汉平原 12 个气象观测站 1960—2018 年降水量、降水日数、降水强度以及极端降水特征的分析,得出以下结论:(1)江汉平原降水量春夏多、秋冬少。年降水量总体呈缓慢增长趋势,递增速率 24.63 mm/10 年,但季节分配不均匀,秋季降水减少,春、夏、冬季降水量增加,其中夏季递增速率为 18.1 mm/10 年,增长最快。不同年代平均年降水量在时间上总体呈增多趋势,在空间上由北向南递增,20 世纪 80—90 年代是近 59 年平均年降水量最多的时段,60 年代是近 59 年平均降水量最少的时段。M-K 突变检验结果显示,1978 年为降水量的突变年份,在所研究的时间段内 UF 基本维持在 0 线以上,表明年降水量呈增多趋势,仅 1 年超过信度的上限,说明年降水量总体增多趋势不显著。(2)年均降水日数总体减少,其中春、秋季呈显著减少趋势,夏、冬季呈增加趋势。M-K 突变检验结果显示,1983 年为降水日数的突变年份,之后  $UF < 0$ ,且呈下降趋势,从 1996 年开始 UF 超过信度的下限,降水日数下降趋势显著,降水日数递减速率急剧增大。大雨和暴雨日数有所增加,反映了江汉平原降水在时间上分布较为集中,强降水发生几率增大。(3)年平均降水强度呈明显增强趋势,递增速率为 0.43 mm/(d·10 年)。从 M-K 突变检验结果可以看出,降水强度的突变年份为 1979 年,从 1967 年开始,  $UF > 0$ ,年平均降水强度增大,从 1979 年开始 UF 呈明显上升趋势,从 1987 年开始 UF 超过信度的上限,降水强度增加趋势显著。四季降水强度变化趋势与年均降水强度变化趋势一致,均呈增强趋势,其中春、夏季递增速率高于年递增速率,秋、冬季呈微弱增长趋势。(4)年最大旬降水量、年最大 5 日降水量、年最大 3 日降水量均呈缓慢增加趋势。(5)总体上,年均降水量增多、降水日数减少、大雨日数和暴雨日数增多、降水强度增强、极端降水呈缓慢增加趋势。春、夏季降水量和降水强度增多、增强,反映了江汉平原降水在时间上分布较集中,强降水发生概率增大。(6)20 世纪 60—70 年代属少雨期,期间年降水量及极端降水量明显偏少,降水日数偏多,降水强度明显偏弱,极端旱年多

发生于此时段;20 世纪 80 年代初、90 年代中后期年降水量及极端降水量明显偏多,大雨和暴雨日数、降水强度偏多、偏强并达到历史极值,极端涝年集中出现在此时段。

### 参考文献:

- [1] 刘志澄. 湖北省气候变化、生态灾害与应变对策[C]//中国气象学会. 气候变化与生态环境研讨会论文集,2013:492-501.
- [2] 丁一汇. 中国气候变化:科学、影响适应及对策研究[M]. 北京:中国环境科学出版社,2009:10-12.
- [3] 吴翠红,王晓玲,龙利民,等. 近 10 年湖北省强降水时空分布特征与主要天气概念模型[J]. 暴雨灾害,2013,32(2):113-119.
- [4] 王国荣,王 令. 北京地区夏季短时强降水时空分布特征[J]. 暴雨灾害,2013,32(3):276-279.
- [5] 郭圳勉,黄先伦,陈洁雯,等. 广东阳江一次强降水过程的成因分析[J]. 暴雨灾害,2012,31(3):272-279.
- [6] Eischeidm J K, Diaz H F, Bradley R S, et al. A comprehensive precipitation data set for global land areas[R]. United States: N. p., 1991. Web. doi:10.3334/CDIAC/CLI.TR051.
- [7] 施 能,陈绿文. 全球陆地年降水场的长期变化(1948—2000 年)[J]. 科学通报,2002,47(21):1671-1674.
- [8] 林学椿,于淑秋. 近 40 年我国气候趋势[J]. 气象,1990,16(10):16-21.
- [9] 覃 军,王海军. 湖北省 1961 年以来气温和降水变化趋势及分布[J]. 华中农业大学学报,1997,16(4):405-410.
- [10] 王慧亮,王学雷,厉恩华,等. 江汉平原主要气候变化特征[J]. 世界科技研究与发展,2009,31(6):1130-1133.
- [11] 吴燕辉,周 勇. 1958—2004 年江汉平原气温变化特征分析[J]. 气象与环境学报,2007,23(3):5-9.
- [12] 许 素,吴宜进,周 勇. 江汉平原降水变化趋势的气候分析[J]. 华中师范大学学报(自然科学版),2007,41(3):480-483.
- [13] 纪道柱. 江汉平原气候变化及其对农业影响的研究[D]. 临汾:山西师范大学,2010.
- [14] 顾俊强,施 能,薛根元,等. 近 40 年浙江省降水量、雨日的气候变化[J]. 应用气象学报,2002,13(3):322-329.
- [15] 符传博,吴 洞,丹 利. 近 50 年云南省雨日及降水量的气候变化[J]. 高原气象,2011,30(4):1027-1033.
- [16] 罗 辉,符传博,欧阳海霞. 西沙永兴岛降水量和雨日的气候特征分析[J]. 暴雨灾害,2018,37(1):90-96.
- [17] 卢 珊,张宏芳,屈 直,等. 1961—2015 年陕西省不同等级降水事件变化特征[J]. 气象与环境科学,2018,41(1):77-85.
- [18] 余祝媛,贺中华,梁 虹,等. 贵州省近 55 年降水量时空变化分析[J]. 江苏农业科学,2019,47(6):208-215.
- [19] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社,1999.