

# 1960—2019 年河南省降水结构时空变化特征

张志高<sup>1</sup>, 张凯昭<sup>2</sup>, 蔡茂堂<sup>3</sup>, 尹纪媛<sup>1</sup>, 刘 晴<sup>1</sup>, 刘慧颖<sup>1</sup>

(1. 安阳师范学院 资源环境与旅游学院, 河南 安阳 455000;

2. 中国科学院 新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011; 3. 中国地质科学院 地质力学研究所, 北京 100081)

**摘 要:**为了研究河南省降水结构变化特征,基于 1960—2019 年河南省 17 个气象站点逐日降水数据,运用数理统计、GIS 及 Mann-Kendall 等方法对河南省不同降水历时和降水等级时空变化特征及其变化趋势进行了分析。结果表明:(1) 河南省降水发生率随降水历时的增加呈减少趋势,短历时(1~2 d)降水发生率达 74.03%,居主导地位。 $\geq 5$  d 降水贡献率最大(26.73%),其次为 2 d(26.20%),3 d(18.68%),4 d(14.43%)和 1 d(13.96%);降水发生率随降水等级增加而降低,各等级降水贡献率为 23.36%~28.20%,分布较为均衡;(2) 降水结构空间差异显著,短历时降水发生率和贡献率呈由南往北逐渐增加趋势,3 d 以上历时降水由南向北减少;小雨发生率和贡献率由东南向西北递增,暴雨发生率和贡献率由东南向西北递减;(3) Mann-Kendall 趋势分析表明,各历时降水发生率和贡献率变化趋势基本一致,表现为中短历时(1~3 d)降水上升,长历时降水下降;各等级降水变化趋势方面,小雨发生率、贡献率呈下降趋势,大雨、暴雨发生率和贡献率呈上升趋势。近 60 a 来河南省降水结构有向极端强降水转移的态势。

**关键词:**降水结构;降水历时;降水等级;河南省

中图分类号:P426

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2022)04-0159-08

## Spatiotemporal Variation Characteristics of Precipitation Structure in Henan Province During 1960—2019

ZHANG Zhigao<sup>1</sup>, ZHANG Kaizhao<sup>2</sup>, CAI Maotang<sup>3</sup>, YIN Jiyuan<sup>1</sup>, LIU Qing<sup>1</sup>, LIU Huiying<sup>1</sup>

(1. School of Resource Environment and Tourism, Anyang Normal University, Anyang, Henan 455000, China; 2. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 3. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** In order to explore the variation characteristics of precipitation structure in Henan Province, based on the daily precipitation data of 17 meteorological stations in Henan Province from 1960 to 2019, the spatial and temporal variation characteristics and its variation trends of different precipitation duration and precipitation grade in Henan were analyzed by using mathematical statistics, GIS and Mann-Kendall methods. The results show that: (1) the precipitation incidence rate decreased with the increase of precipitation duration, the occurrence rate of short precipitation duration (1~2 d) was 74.03%, which was dominant; the contribution rate of  $\geq 5$  d precipitation duration was the largest (26.73%), followed by 2 d (26.20%), 3 d (18.68%), 4 d (14.43%) and 1 d (13.96%); the precipitation incidence rate decreased with the increase of precipitation grade; the contribution rate of different precipitation grade was between 23.36% and 28.20%, showing a balanced distribution, and the contribution rate of precipitation grade was relatively balanced relative to the precipitation incidence rate; (2) the spatial difference of precipitation structure was significant; the incidence rate and contribution rate of short and medium precipitation duration (1~3 d) gradually increased from south to north, and the precipitation over 3 days decreased from south to north; the incidence rate and

收稿日期:2021-03-07

修回日期:2021-07-14

资助项目:河南省高等学校青年骨干教师项目(2020GGJS188);河南省科技攻关项目(222102320364);国家自然科学基金(41602366);2021年度河南省教育厅人文社会科学研究一般项目(2021-ZDJH-016);安阳师范学院大学生创新创业训练计划项目(2021110479132)

第一作者:张志高(1986—),男,河南许昌人,博士,副教授,主要从事气候变化研究。E-mail:Zhangzhg06@163.com

通信作者:蔡茂堂(1981—),男,山东淄博人,博士,助理研究员,主要从事气候变化研究。E-mail:Caimaotang@126.com

contribution rate of light rain increased from southeast to northwest, and the incidence rate and contribution rate of rainstorm decreased from southeast to northwest; (3) Mann Kendall trend analysis showed that the change trends were similar between incidence rate and contribution rate for precipitation durations, showing that the incidence rate of shorter precipitation duration increased, while the rate of longer precipitation duration decreased; in terms of the change trend of precipitation grade, the incidence rate and contribution rate of light rain showed a downward trend, while the incidence rate and contribution rate of heavy rain and rainstorm showed an upward trend. In recent 60 years, the precipitation structure of Henan had a trend of transferring to extreme heavy precipitation.

**Keywords:** precipitation structure; precipitation duration; precipitation grade; Henan Province

降水作为全球水循环的重要方面,直接关系到地表径流和干湿状况,是气候和水文气象最重要的变量之一<sup>[1-2]</sup>。20世纪以来,全球气候显著变暖,19世纪60年代以来,人为造成的全球变暖已经达到 $0.87^{\circ}\text{C}$ <sup>[3]</sup>,以增温为主要特征的全球气候变化正显著影响全球水文循环,改变降水的时空分布,导致洪涝、干旱、台风等极端事件频发,深刻影响人类社会经济发展和地球生态环境<sup>[4-6]</sup>。降水结构是水循环的重要指标,鉴于降水结构变化对水文过程的影响,降水结构分析已成为气候研究的热点。

目前已有的降水结构研究主要有两类,一类是基于逐小时降水资料,分析区域降水日变化特征,如张焕等<sup>[7]</sup>分析了西南地区不同季节降水时数、雨强以及极端强降水的变化特征;多典洛珠等<sup>[8]</sup>采用谐波等分析方法揭示了拉萨汛期小时降水的演变规律,并对比了不同历时和等级降水的频次和贡献;伍红雨等<sup>[9]</sup>分析了广东小时强降水在汛期前后的时空差异;宋晓猛等<sup>[10]</sup>探讨了北京地区不同历时和不同等级降水的时空演变规律,认为降水历时和等级的空间分布受地形特征影响。另一类则以日降水量数据为基础,探讨不同历时和等级降水的时空分布特征,如卢珊等<sup>[11]</sup>对陕西省不同等级降水研究发现,降水量与降水日数呈下降趋势,降水强度以 $0.15\text{ mm/a}$ 的趋势增加;刘占明等<sup>[12]</sup>对北江流域的汛期降水结构进行了分析,发现中短历时降水发生率下降,贡献率上升,长历时降水发生率、贡献率下降,小雨、中雨发生率、贡献率下降,大雨、暴雨发生率、贡献率上升;赵华荣等<sup>[13]</sup>对广西地区降水结构研究发现各历时降水发生率随着降水历时增加逐渐减少,3 d降水历时贡献率最大;起永东等<sup>[14]</sup>分析了汉江流域降水时空分布特征,并探讨了海温及大气环流对流域降水的影响;陈东辉等<sup>[15]</sup>分析了东北地区夏季不同等级降水的气候变化特征,认为气温增加和气溶胶浓度增加是导致小雨量减少的主要原因。

河南省地跨南北气候过渡带,受季风以及区域内

地形差异以及全球气候变化的影响,降水时空分布不均,夏季降水量占全年降水量的 $50\%\sim 60\%$ ,致使旱涝等气象灾害发生频繁,如河南“75·8特大暴雨”等<sup>[16]</sup>给当地农业生产和社会经济发展带来了诸多不利影响。以往关于河南省降水方面的研究主要集中于突发性强降水过程的诊断分析<sup>[17]</sup>、极端降水<sup>[18]</sup>或降水变化的平均态<sup>[19]</sup>等方面,而对河南省降水结构方面的研究还较少。因此,本文采用1960—2019年河南省17个气象站点逐日降水数据,从不同历时和等级降水时空演变规律及其发生率和贡献率方面探讨河南省近60 a来降水结构变化特征,以期为深入认识气候变化背景区域水循环对气候变化的响应以及防洪抗灾提供依据。

## 1 研究区概况

河南省位于 $31^{\circ}23'\sim 36^{\circ}22'\text{N}$ , $110^{\circ}21'\sim 116^{\circ}39'\text{E}$ 。全省地势西高东低,北、西、南三面太行山脉、伏牛山脉、桐柏山脉、大别山脉沿省界呈半环形分布,中、东部为华北平原,西南部为南阳盆地。河南省气候自南向北由亚热带向暖温带气候逐渐过渡,气候温和,四季分明,雨热同期,年平均气温在 $12\sim 16^{\circ}\text{C}$ ,年降水量为 $500\sim 1\,400\text{ mm}$ ,降水多集中于6—8月。

## 2 数据与方法

### 2.1 数据来源

河南省17个气象站点1960—2019年逐日降水气象资料来自中国气象科学数据共享服务网地面气象资料数据库中的中国地面气候资料日值数据集(<http://cdc.Cma.Gov.cn>),并通过初步质量控制。研究区域及站点分布见图1。

### 2.2 降水历时和降水等级划分

参考有关资料并根据气象部门规定,将降水量 $\geq 0.1\text{ mm}$ 的情况视为发生了有效降水<sup>[20]</sup>,以此将连续

有效降水日数定义为降水历时,结合河南省自身情况,将降水历时划分为 1 d,2 d,3 d,4 d 以及 $\geq 5$  d(连续降水日数达 5 日及以上)5 个等级。根据《降水量等级(GB/T 28592—2012)》,将河南省降水等级按照降水量大小的不同依次划分为 4 类:小雨(0.1~10 mm)、中雨(10~25 mm)、大雨(25~50 mm)和暴雨( $\geq 50$  mm)。

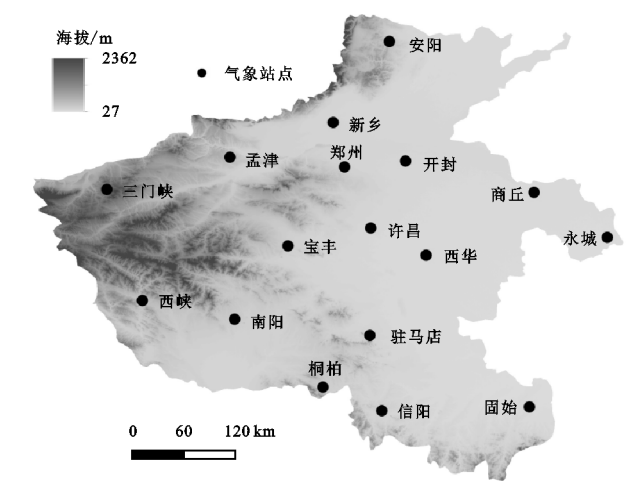


图 1 河南省气象站点分布

### 2.3 研究方法

采用 Mann-Kendall 非参数统计检验法对降水事件进行趋势检验<sup>[21]</sup>,并判断其显著性,统计量  $Z$  为正值表示序列呈增加趋势,负值表示呈减少趋势, $|Z| \geq 1.28, 1.64, 2.32$  时表示分别通过了信度 90%, 95%, 99% 显著性检验。

此外,采用一元线性回归法分析气象要素变化趋势,基于 ArcGIS 平台,运用克里金插值对河南省降水相关指标进行空间插值。

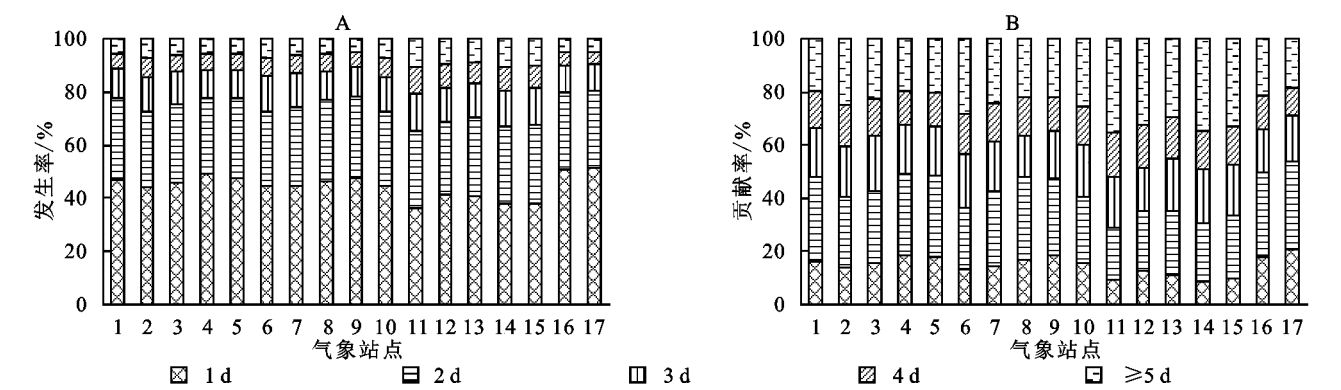
## 3 结果与分析

### 3.1 河南省各历时降水发生率和贡献率空间变化特征

河南省各站点降水历时发生率及其空间分布如图 2A、图 3 所示。由图 2A 可知,河南省降水发生率

整体随降水历时的增加而降低,各历时降水平均发生率表现为 1 d (44.66%) > 2 d (29.37%) > 3 d (12.30%) > 5 d 及以上 (6.87%) > 4 d (6.80%),短历时(1~2 d)降水发生率达 74.03%,占据主导地位。在空间分布上,各站 1 d 降水历时发生率为 36.31%~51.19%(图 3),大致呈由南向北逐渐增加趋势,东南部桐柏、信阳和固始 1 d 降水发生率较小,均在 37.90% 以下,北部安阳和新乡最高,在 50.79% 以上。2 d 历时降水发生率为 27.51%~30.70%,西南部西峡和南阳较低,在 27.98% 以下,郑州最高为 30.70%。3 d 历时降水发生率在 9.75%~14.44%,东南部桐柏和固始较高,在 14.34% 以上,北部安阳和新乡较低,在 9.87% 以下。4 d 历时降水发生率在 4.83%~9.80%,桐柏最高,新乡最低。 $\geq 5$  d 历时降水发生率在 4.80%~10.70%,信阳最高,安阳最低。整体上看,1 d, 2 d 历时降水发生率总体呈由南往北逐渐增加趋势,3 d 以上历时降水呈由南向北减少趋势。

由图 2B 可知,全省各历时降水平均贡献率表现为 $\geq 5$  d (26.73%) > 2 d (26.20%) > 3 d (18.68%) > 4 d (14.43%) > 1 d (13.96%)。在空间分布上(图 4),1 d 历时降水贡献率为 8.84%~20.92%,北部安阳和新乡等站较高,在 18.20% 以上,东南部桐柏、信阳和固始等站较小,在 9.84% 以下。2 d 历时降水贡献率为 19.92%~32.67%,中北部郑州、安阳和新乡等站较高,在 31.22% 以上,东南部桐柏和信阳等站较小,在 21.74% 以下。3 d 历时降水贡献率为 15.88%~20.70%,整体呈由东南向西北递减趋势。4 d 历时降水贡献率为 10.12%~16.86%,桐柏最高,新乡最低,整体呈由西南向东北递减趋势。 $\geq 5$  d 历时降水贡献率为 18.52%~35.33%,整体呈由南向北递减趋势。整体上看,短历时降水贡献率呈现由南向北增加的趋势,3 d 以上历时降水贡献率呈现由南向北减少的趋势。



注:1 郑州;2 宝丰;3 许昌;4 开封;5 商丘;6 永城;7 西华;8 孟津;9 三门峡;10 南阳;11 桐柏;12 西峡;13 驻马店;14 信阳;15 固始;16 安阳;17 新乡。下同。

图 2 河南省各站点历时降水发生率和贡献率

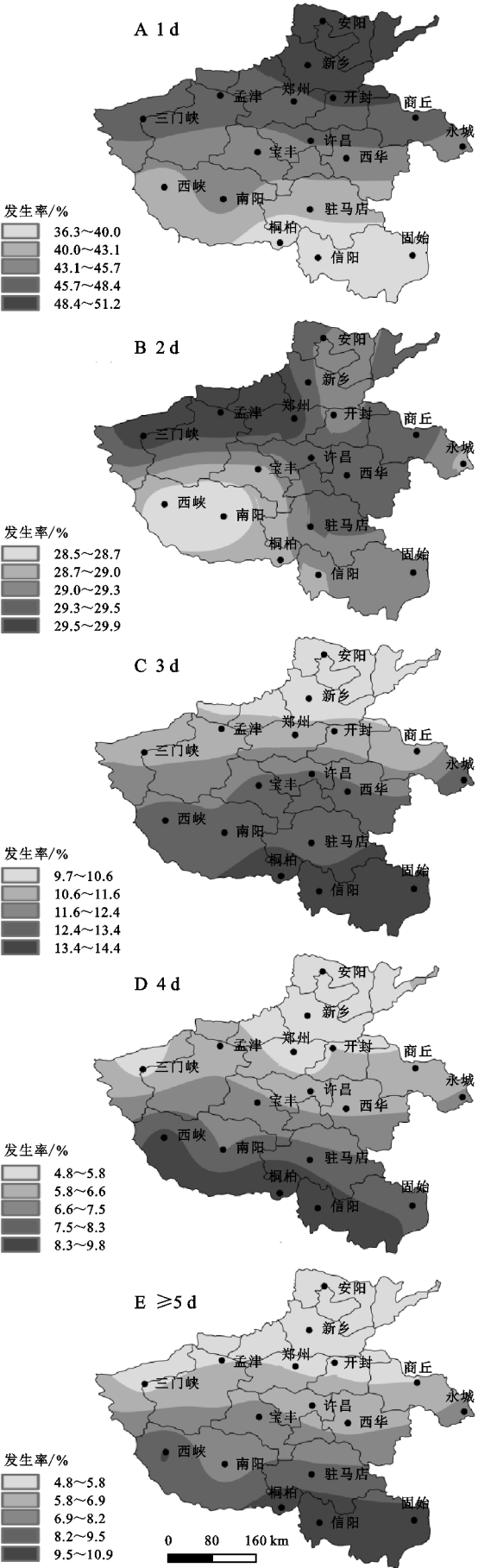


图 3 河南省各历时降水发生率空间分布

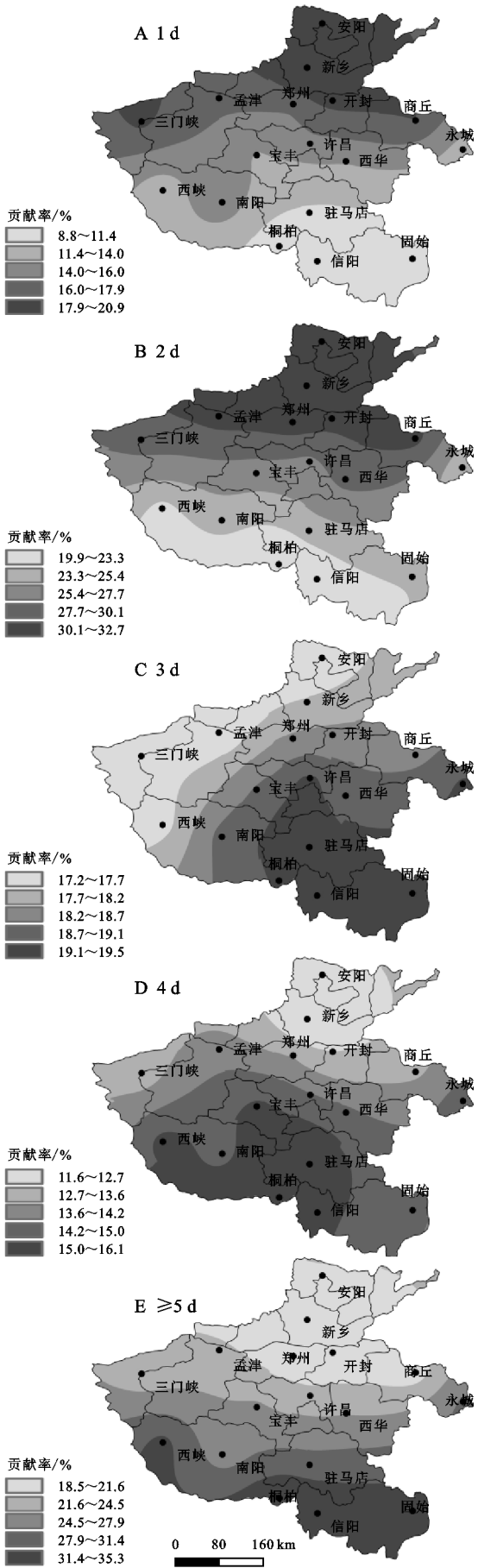


图 4 河南省各历时降水贡献率空间分布



3.2 河南省各等级降水发生率和贡献率空间变化特征

河南省各站点各等级降水发生率如图 5A、图 6 所示。由图 5A 可知,河南省各等级降水发生率随降水等级增加而降低,全省小雨发生率平均为 76.99%,暴雨发生率仅为 2.63%。在空间分布上(图 6),小雨发生率为 73.37%~80.28%,大致呈由东南向西北递增趋势,东南部桐柏和驻马店小雨发生率较小,在 73.93%以下,西北部三门峡和新乡最高,在 79.44%以上。中雨发生率为 13.10%~16.79%,新乡最小,永城最大。大雨发生率为 4.77%~6.80%,东南部桐柏和驻马店较高,在 6.56%以上,三门峡最小。暴雨发生率在 0.94%~3.68%,整体呈东南向西北减小趋势,驻马店最大,三门峡最小。整体上看,小雨发生率由东南向西北递增,中雨、大雨和暴雨发生率由东南

向西北递减。

河南省各站点各等级降水贡献率如图 5B、图 7 所示。小雨、中雨、大雨和暴雨平均贡献率分别为 23.36%, 28.20%, 24.59%, 23.86%,较为均衡。在空间分布上(图 7),小雨贡献率为 19.11%~30.84%,大致呈由东南向西北递增趋势,东南部桐柏和驻马店小雨贡献率较小,在 19.79%以下,西北部三门峡和孟津最高,在 26.59%以上。中雨贡献率为 25.88%~34.14%,商丘最小,三门峡最大。大雨贡献率为 22.49%~27.41%,南部桐柏和南阳较小,在 22.71%以下,孟津最大。暴雨贡献率为 9.87%~30.82%,整体呈东南向西北减小趋势,桐柏最大,三门峡最小。整体上看,小雨、中雨和大雨贡献率由东南向西北递增,暴雨贡献率由东南向西北递减。

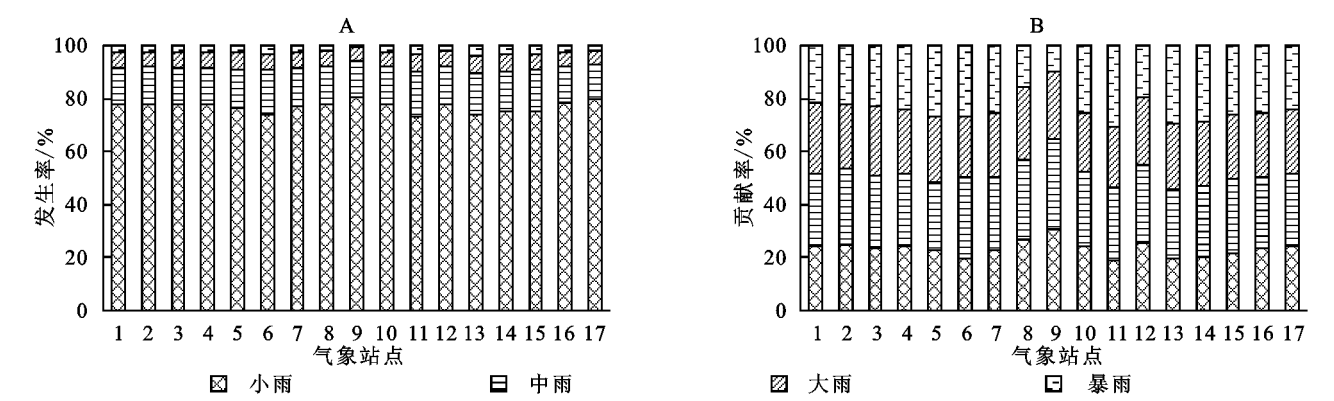


图 5 河南省各等级降水发生率和贡献率

3.3 河南省各历时降水变化趋势空间特征

河南省各历时降水发生率和贡献率变化趋势检验结果见图 8。由图 8A 可知,历时 1~3 d 的降水发生率呈上升趋势的居多,但较少站点能通过 90%的置信检验( $p<0.1$ ),说明这种变化不显著。4 d 和 $\geq 5$  d 降水发生率则大多呈下降趋势,且较多数据通过了 90%的置信检验( $p<0.1$ ),在 $\geq 5$  d 降水中,宝丰、许昌、商丘、永城、三门峡、南阳、固始甚至通过了 99%的置信检验( $p<0.01$ ),说明对于长历时(4 d 以上)降水来说,发生率整体呈现出比较明显的下降趋势。

个站点通过了 99%的置信检验( $p<0.01$ )。大部分站点中雨发生率呈增加趋势,郑州等 9 个站点通过了 90%的置信检验( $p<0.1$ )。大部分站点大雨和暴雨发生率呈增加趋势,但增加趋势不明显。

由图 9B 可知,小雨和中雨贡献率呈下降趋势的站点较多,大雨和暴雨贡献率呈增加趋势的站点较多,但整体上各等级降水贡献率无论是增加趋势还是下降趋势都不太显著。

4 讨论

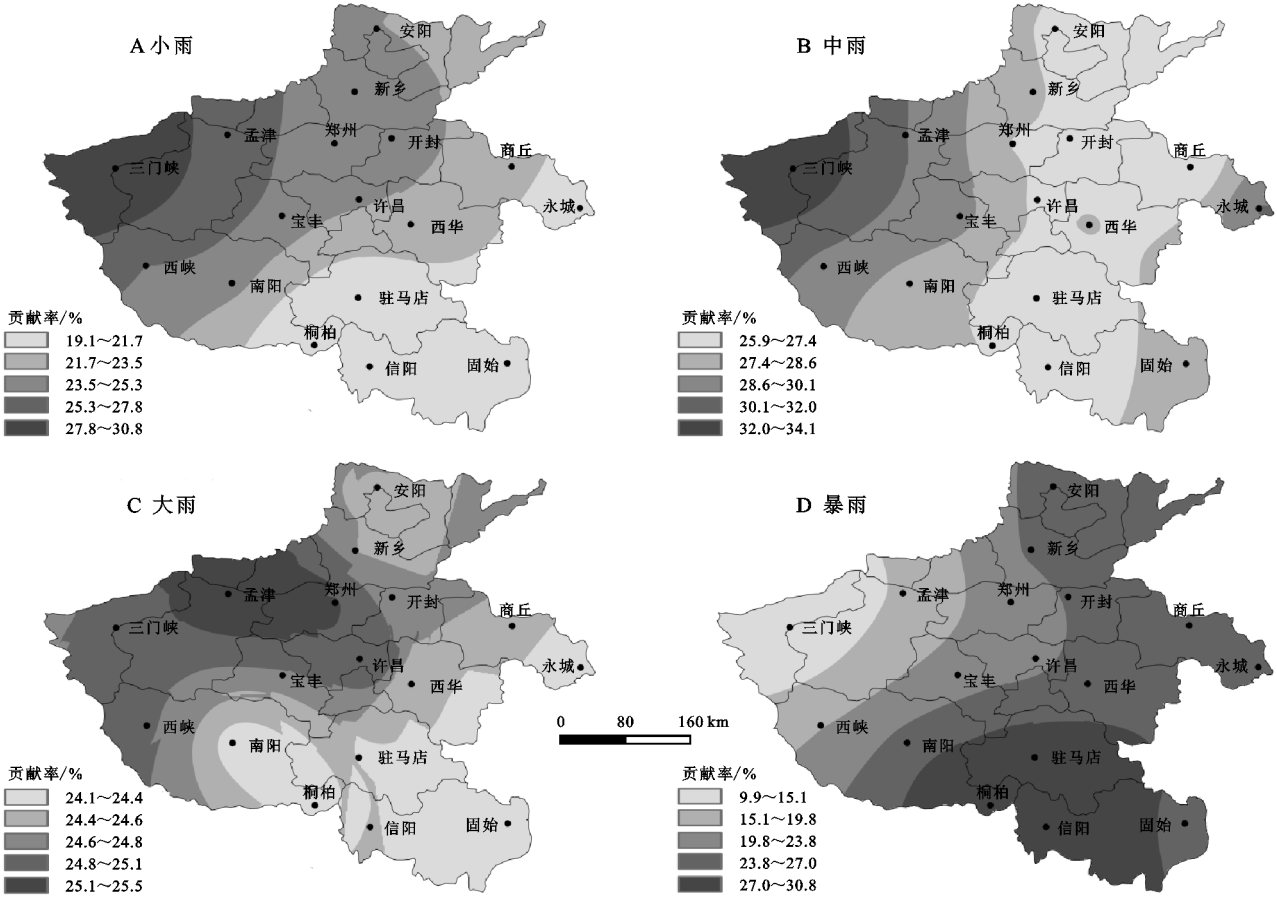
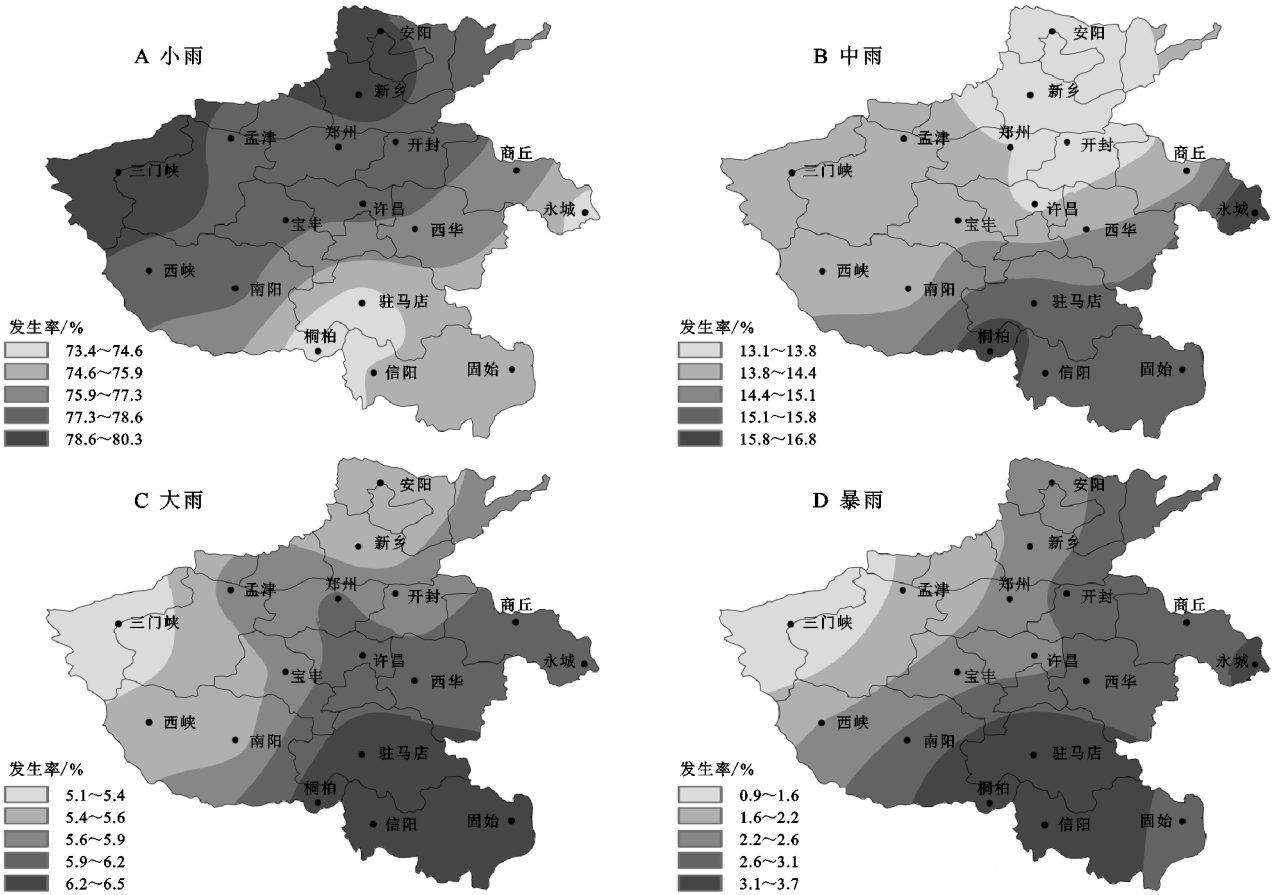
结果表明 1960—2019 年河南省降水发生率整体随降水历时和降水等级的增加而降低,短历时(1~2 d)降水发生率为 74.03%,占据主导地位,小雨发生率为 76.99%,占绝对优势,与前人研究<sup>[12-13,20]</sup>较为一致。

河南省各降水历时和降水等级发生率、贡献率的空间差异显著,这与全省地跨南北气候过渡带,深受季风气候影响有关。豫南固始、信阳等站点位于秦岭—淮河一线附近,属北亚热带季风气候区,降水丰富、雨季时间较长,暴雨、强降水发生率较高;豫西北地区暴雨发生率和贡献率较低,原因是大陆性气候较强、季风相对较难深入。

历时降水贡献率变化趋势(图 8B)与发生率较为相似,大部分站点 1~3 d 历时降水贡献率呈上升趋势,且有近半的站点通过了 90%的置信检验( $p<0.1$ )。4 d 和 $\geq 5$  d 的降水贡献率则大多呈下降趋势,表明长历时降水呈减少趋势,在 $\geq 5$  d 降水中,所有的站点 Z 值小于 0,且多数站点通过了 90%的置信检验( $p<0.1$ ),说明长历时降水的贡献率明显下降。

3.4 河南省各等级降水变化趋势空间特征

河南省各等级降水发生率和贡献率变化趋势检验结果见图 9。由图 9A 可知,小雨和中雨发生率变化趋势比较明显,除孟津外,16 个站点小雨发生率呈下降趋势,11 个站点通过了 90%的置信检验( $p<0.1$ ),5



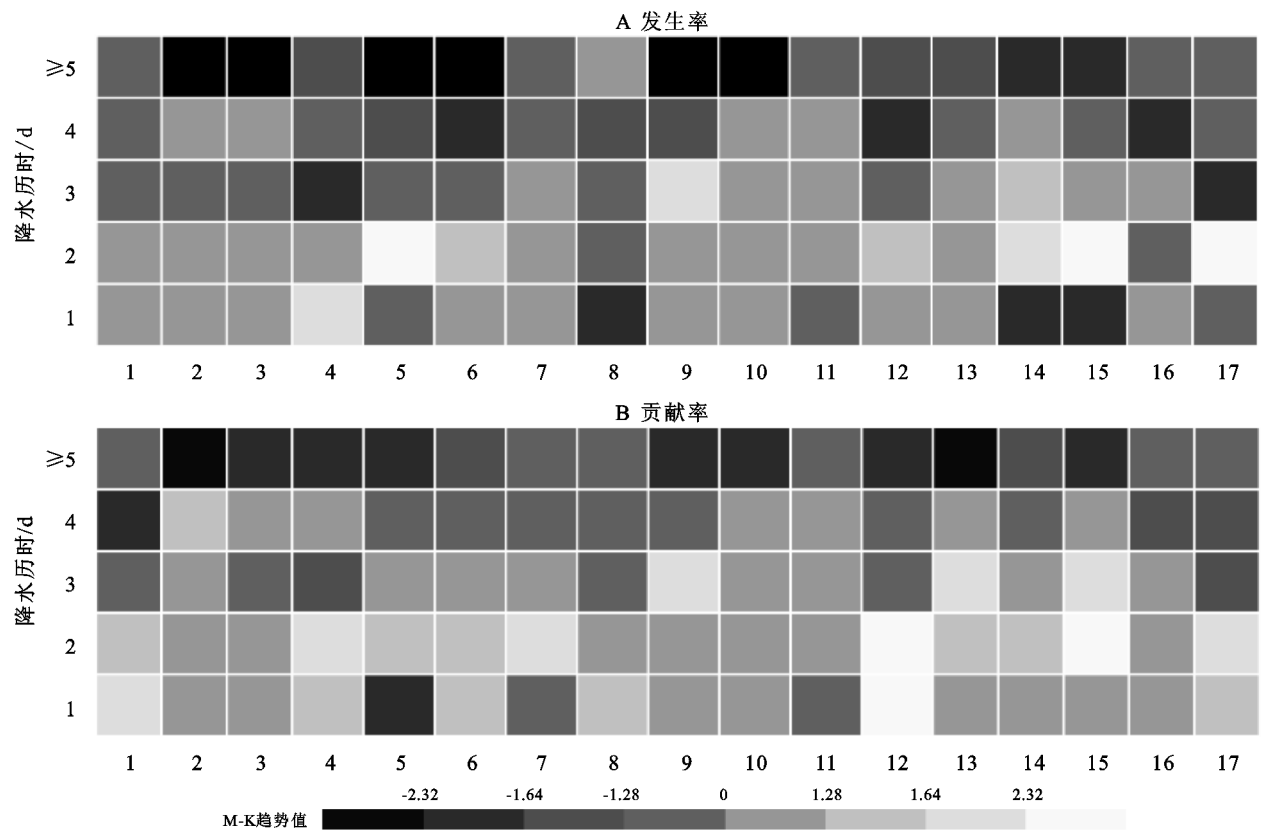


图 8 河南省各站点各历时降水发生率和贡献率变化趋势检验结果

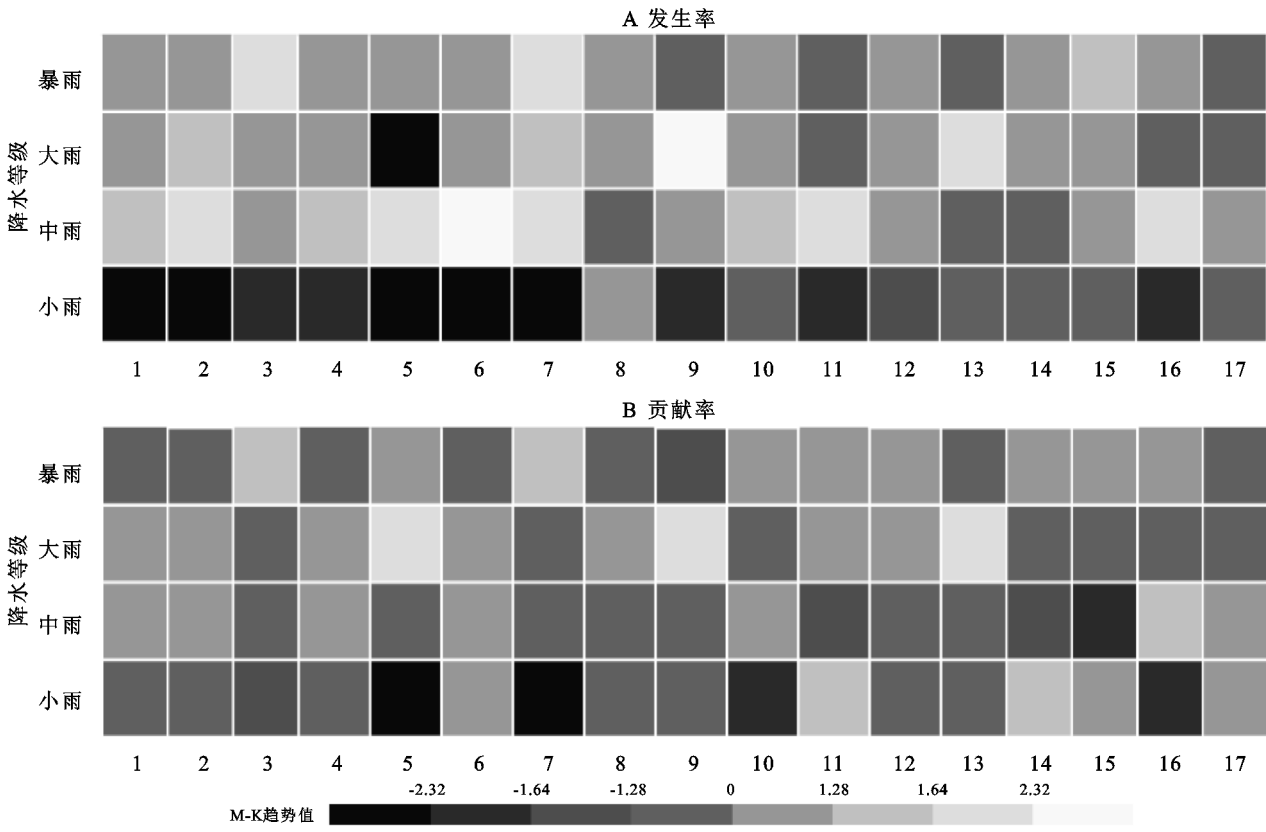


图 9 河南省各站点各等级降水发生率和贡献率变化趋势检验结果

河南省降水发生率和贡献率变化趋势与已有研究结果也较为一致。降水历时方面,全省中短历时(1~3 d)降水发生率和贡献率呈上升趋势,而长历时降水则显著下降,这与前人在广西<sup>[13]</sup>、长江上游地区等<sup>[20]</sup>地研究结果一致。降水等级方面,河南省小雨发生率、贡献率呈下降趋势,而暴雨发生率和贡献率

增加, Qian 等<sup>[22]</sup>研究发现近几十年来我国东部小雨减少, 卢珊等<sup>[11]</sup>研究发现陕西省小雨呈显著下降趋势, 暴雨呈上升趋势, 董旭光等<sup>[23]</sup>研究发现山东省近 50 a 来暴雨呈增加趋势。近 60 a 来河南省不同等级降水变化趋势表明全省降水结构有向极端强降水转移的发展态势。

本文从数理统计角度探讨了近 60 a 来河南省降水结构的时空变化, 但对于降水结构变化的驱动机制如大气环流、城市化过程的影响以及降水结构变化对区域农业生产等的影响仍需进一步研究。

## 5 结论

(1) 河南省降水发生率整体随降水历时的增加而降低, 其中 1 d 降水历时的发生率平均为 44.66%,  $\geq 5$  d 降水历时发生率平均为 6.87%, 短历时(1~2 d)降水发生率达 74.03%, 居主导地位。各历时降水平均贡献率表现为  $\geq 5$  d(26.73%)  $> 2$  d(26.20%)  $> 3$  d(18.68%)  $> 4$  d(14.43%)  $> 1$  d(13.96%); 降水发生率随降水等级增加而降低, 小雨发生率为 76.99%, 暴雨仅为 2.63%, 各等级降水贡献率为 23.36%~28.20%, 分布较为均衡。

(2) 短历时(1~2 d)降水发生率和贡献率呈由南往北逐渐增加趋势, 3 d 以上历时降水发生率和贡献率呈由南向北减少趋势。小雨发生率由东南向西北递增, 中雨、大雨和暴雨发生率由东南向西北递减。小雨、中雨和大雨贡献率由东南向西北递增, 暴雨贡献率由东南向西北递减。

(3) 中短历时(1~3 d)降水发生率呈不显著上升趋势, 4 d 以上历时降水发生率呈显著下降趋势; 中短历时降水贡献率呈显著上升趋势,  $\geq 5$  d 历时降水发生率显著下降; 各等级降水变化趋势方面, 小雨发生率呈显著下降趋势, 中雨发生率呈显著增加趋势, 小雨和中雨贡献率不显著下降; 大雨和暴雨发生率和贡献率不显著增加。

### 参考文献:

- [1] Xu J H, Chen Y N, Li W H, et al. Understanding temporal and spatial complexity of precipitation distribution in Xinjiang, China[J]. Theoretical and Applied Climatology, 2016, 123(1): 321-333.
- [2] 符静, 旷微, 邓运员, 等. 湖南省近 56 年降水变化趋势及空间特征[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2020, 43(2): 110-119.
- [3] IPCC. Special Report on Global Warming of 1.5°C[M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2018.
- [4] 叶正伟, 殷鹏. 淮河流域汛期尺度降水集中度与集中期的时序变化特征[J]. 水土保持研究, 2018, 25(5): 295-299.
- [5] Liu J, Wang B, Cane M, et al. Divergent global precipitation changes induced by natural versus anthropogenic forcing[J]. Nature, 2013, 493(7434): 656-659.
- [6] Murray V, Ebi K L. IPCC special report on managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation(srex)[J]. Journal of Epidemiology and Community Health, 2012, 66(9): 759-760.
- [7] 张焕, 翟盘茂, 唐红玉. 1961—2000 年西南地区小时降水变化特征[J]. 气候变化研究进展, 2011, 7(1): 8-13.
- [8] 多典洛珠, 周顺武, 郑丹, 等. 2005—2017 年拉萨小时降水变化特征[J]. 干旱区地理, 2020, 43(6): 1467-1476.
- [9] 伍红雨, 李春梅, 刘蔚琴. 1961—2014 年广东汛期小时强降水的日变化特征[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2018, 57(5): 10-17.
- [10] 宋晓猛, 张建云, 刘九夫, 等. 北京地区降水结构时空演变特征[J]. 水利学报, 2015, 46(5): 525-535.
- [11] 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.
- [12] 刘占明, 徐丹, 魏兴琥, 等. 北江流域汛期降水结构变化特征[J]. 热带地理, 2020, 40(1): 145-153.
- [13] 赵华荣, 姚越, 金鑫, 等. 广西地区 1960—2017 年降水结构变化特征[J]. 水电能源科学, 2018, 36(12): 1-4.
- [14] 起永东, 何明琼, 郑永宏, 等. 汉江流域降水结构时空特征及影响因素分析[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(12): 192-200.
- [15] 陈东辉, 佟晓辉, 郭刚, 等. 东北地区夏季不同等级降水变化特征及小雨雨量减少成因分析[J]. 气候与环境研究, 2020, 25(5): 531-542.
- [16] 丁一汇. 论河南“75·8”特大暴雨的研究: 回顾与评述[J]. 气象学报, 2015, 73(3): 411-424.
- [17] 程炳岩, 孙卫国. 利用奇异值分解法对河南降水与 El Niño 区域海温遥相关的分析[J]. 气象科学, 2001, 73(3): 343-347.
- [18] 高文华, 李开封, 靳豪豪. 1960—2014 年河南极端降水特征分析[J]. 河南大学学报: 自然科学版, 2020, 50(3): 4-12.
- [19] 韩艳, 赵国永, 江蕾蕾, 等. 1951—2013 年河南省降水量时空变化特征[J]. 中国农学通报, 2015, 31(25): 235-240.
- [20] 冶运涛, 梁犁丽, 龚家国, 等. 长江上游流域降水结构时空演变特性[J]. 水科学进展, 2014, 25(2): 164-171.
- [21] 王成翔, 苏志玲, 蒋永成, 等. 基于 Mann-Kendall 法在 Excel 中的三明市区灾害分析[J]. 青海气象, 2017(3): 80-83.
- [22] Qian D Y, Gong D, Leung R. Light rain events change over North America, Europe, and Asia for 1973—2009[J]. Atmospheric Science Letters, 2010, 11(4): 301-306.
- [23] 董旭光, 顾伟宗, 孟祥新, 等. 山东省近 50 年来降水事件变化特征[J]. 地理学报, 2014, 69(5): 661-671.