

杜亮亮,周雪英,赵有谱,等. 河北邯郸地区极端降水指数气候特征及其与降水量、气温的关系[J]. 干旱气象, 2017, 35(6): 968-974. [DU Liangliang, ZHOU Xueying, ZHAO Youpu, et al. Variation Characteristics of Extreme Precipitation Indexes and Their Relationships with Precipitation and Temperature in Handan of Hebei Province from 1974 to 2015[J]. Journal of Arid Meteorology, 2017, 35(6): 968-974], DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-06-0968

河北邯郸地区极端降水指数 气候特征及其与降水量、气温的关系

杜亮亮¹, 周雪英², 赵有谱¹, 王式功³

(1. 河北省邯郸市气象局, 河北 邯郸 056001; 2. 新疆巴州气象局, 新疆 库尔勒 841001;
3. 成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都 610225)

摘要:利用1974—2015年河北邯郸地区16个观测站逐日降水与最高、最低气温资料,分析了邯郸地区极端降水指数的时空变化特征,探讨了极端降水对年降水量和气温的响应关系。结果表明:近42 a来,河北邯郸地区极端降水指数中除中雨日数呈轻微上升趋势、大雨日数及连续湿日整体无明显变化趋势外,其他指数均呈下降趋势,其中最大1 d降水量、最大5 d降水量、极强降水量下降趋势显著,且分别于2004、1992、2006年发生显著突变。各极端降水指数的变化幅度区域性差异明显,极值指数以邱县、曲周县减少最显著,绝对指数以峰峰矿区减少最显著,而相对指数则以曲周县减少最显著。除连续干旱日数呈微弱的负相关外,其他极端降水指数与年降水量呈显著正相关;除最低气温与中雨日数、连续湿日呈微弱正相关外,最高、最低气温与极端降水指数均呈负相关,极端降水对最高气温的响应比最低气温更敏感。

关键词:极端降水指数;变化趋势;相关分析;邯郸地区

文章编号:1006-7639(2017)06-0968-07 DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-06-0968

中图分类号:P426.6

文献标志码:A

引言

IPCC第五次评估报告指出,1880—2012年,全球海陆表面平均温度呈线性上升趋势,平均升高0.85℃,2003—2012年平均温度比1850—1900年间上升了0.78℃^[1]。在全球气候变暖的背景下,各种极端天气及灾害事件不断增加,尤其是旱涝灾害,给人类生活和社会经济都带来严重影响^[2-4]。

研究发现,旱涝灾害的发生不仅与降水量有一定关联,还与极端降水事件有着非常密切的关系^[5-6]。在全球气候变暖背景下,近50 a以来,中国大陆地区极端降水事件的频率和强度均明显发生变化,不同区域的极端降水事件变化存在明显差异^[7-8]。为此,众多学者开展了极端降水事件变化及其非均匀性特征研究^[8-12]。高涛等^[8]研究发现,长江中下游、东南地区和西部的部分区域极端降水有增加趋势,而华北、东北和西南的部分地区则

有减少趋势。王苗等^[9]研究发现,近50 a中国东部地区极端降水变化特征南北差异显著,北方尤其是华北东部,极端降水量及其所占降水量比例均有下降趋势,而南方尤其是长江中下游地区则呈增加趋势。曹祥会等^[10]对河北省主要极端气候指数的变化特征研究发现,河北省具有干暖化倾向。孙建奇等^[11]指出,中国区域冬季气温每增加1℃,降水和极端降水的增加百分率分别达9.7%和22.6%,增幅明显高于全球平均水平,说明中国区域冬季降水和极端降水对变暖的响应更加敏感。刘琳等^[12]研究指出,新疆极端降水事件集中度表现为减弱趋势,而集中期表现为增加趋势,表明极端降水越来越趋于分散。以上研究主要针对全国、地理分区、省区等大范围的极端降水事件,而小区域复杂地形环境下极端降水事件的变化规律研究相对较少。

邯郸地区位于河北省南部,总面积约1.2万km²,

收稿日期:2017-06-05;改回日期:2017-08-11

基金项目:国家公益性行业(气象)科研专项(GYHY201206004)资助

作者简介:杜亮亮(1986—),男,河北邯郸人,工程师,硕士,主要从事应用气象研究工作。E-mail: dll288@163.com。

通信作者:王式功(1955—),男,山东安丘人,教授,博士生导师。E-mail: wangsg@cuit.edu.cn。

西依太行山,北望京津直辖市,东跨华北平原,地处晋冀鲁豫四省区域中心和中原经济区,地势自西向东呈阶梯状下降,高差悬殊,地貌类型复杂多样。该区属于温带大陆性季风气候,东亚夏季风和西太平洋副热带高压位置的年代际变化,势必对整个研究区域气候产生显著影响^[13-14]。为了揭示复杂地形条件下邯郸地区极端降水气候变化特征及对气候变化的响应,利用河北邯郸地区近42 a降水量和气温逐日资料,在分析11个极端降水指数特征的基础上,研究极端降水指数对年降水量和气温变化的响应关系,以为当地工农业生产布局及结构调整和社会经济发展决策提供参考。

1 资料与方法

1.1 资料

选取1974—2015年河北省气象局整编的邯郸市16个气象站逐日最低气温、最高气温和降水量等观测资料,气象台站分布及海拔高度见图1。其中,西部山区主要包括涉县、武安、峰峰及磁县西部等地,其他地区定义为东部平原。

1.2 方法

根据世界气象组织气候学委员会推荐的11个极端降水指数(表1),基于RCLIMDEX软件^[15]计算河北邯郸地区16个气象站的极端降水指数,在此基础上利用线性趋势分析、相关分析和Mann-Kendall(简称M-K)检验等^[16]方法进行统计分析,并采用F和t分布函数分别对回归系数、相关系数进行检验。另外,采用普通克里金方法进行极端降水指数的空间插值,而针对极端降水指数的线性趋势空间分布,则采用反距离权重插值方法^[17-19]。

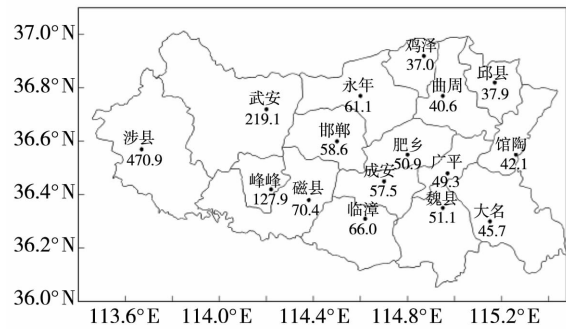


图1 河北邯郸地区气象站点分布及其海拔高度(数值,单位:m)

Fig. 1 Distribution of meteorological stations and its height (values, Unit: m) in Handan of Hebei Province

2 结果与分析

2.1 极端降水指数的年变化特征

利用M-K非参数检验法,结合趋势分析得到1974—2015年河北邯郸地区各极端降水指数的趋势变化及检验(表2)。可以看出,极端降水的极值指数中最大1 d降水量(RX1day)、最大5 d降水量(RX5day)均表现为显著下降趋势,通过0.05水平的显著性检验(Z统计量),变化率分别为-6.65、-11.08 mm·(10 a)⁻¹,分别于2004、1992年发生突变。

极端降水绝对指数中,反映平均降水情况的日降水强度(SDII)整体表现为轻微减弱趋势,变化率为-0.12 mm·d⁻¹·(10 a)⁻¹,最大值出现在2000年(17.25 mm·d⁻¹),最小值出现在1992年(7.86 mm·d⁻¹),最大值与最小值相差9.39 mm·d⁻¹,说明邯郸地区年有效降水事件的降水量波动较大;M-K检验显示,SDII未发生显著突变。连续干旱日

表1 极端降水指数定义

Tab. 1 The definitions of extreme precipitation indexes

类型	代码	名称	定义	单位
极值指数	RX1day	最大1 d降水量	每月最大1 d降水量	mm
	RX5day	最大5 d降水量	每月最大5 d降水量	mm
绝对指数	SDII	降水强度	日降水量 $R \geq 1.0$ mm 的累计降水量与降水日数的比值	mm·d ⁻¹
	R10	中雨日数	日降水量 $R \geq 10.0$ mm 的日数	d
	R20	大雨日数	日降水量 $R \geq 20.0$ mm 的日数	d
	R50	暴雨日数	日降水量 $R \geq 50.0$ mm 的日数	d
	CDD	连续干旱日数	日降水量 $R < 1.0$ mm 的最大连续日数	d
	CWD	连续湿日	日降水量 $R \geq 1.0$ mm 的最大连续日数	d
相对指数	R95P	强降水量	日降水量大于基准期内第95%分位值的降水量	mm
	R99P	极强降水量	日降水量大于基准期内第99%分位值的降水量	mm
	PRCPTOT	年降水量	日降水量之和	mm

数(CDD)整体呈下降趋势,变化率为 $-3.63 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,且年代际变化较大,1980 年代初最高为 136 d,随后有所减少,到 1990 年代达到最低 33 d,2000 年以后一直保持在平均值之下;M-K 检验发现,CDD 未发生显著突变。连续湿日(CWD)变化较稳定,未发生显著突变。另外,绝对指数中的中雨(R10)、大雨(R20)及暴雨(R50)日数年变化趋势差异较大,分别表现为上升、无明显变化、下降趋势,说明研究区域小雨日数逐年增加,而暴雨日数则逐年减少;M-K 检验发现,R10、R50 均未发生显著突变。

表 2 1974—2015 年河北邯郸地区极端降水指数的趋势分析和 M-K 检验统计量值

Tab.2 The trend analysis and Mann-Kendall test value of extreme precipitation indexes in Handan of Hebei Province from 1974 to 2015

极端降水指数	变化率	Z 统计量	突变年
RX1day	$-0.665 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$	-1.994 *	2004
RX5day	$-1.108 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$	-1.994 *	1992
SDII	$-0.012 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$	-0.769	—
R10	$0.014 \text{ d} \cdot \text{a}^{-1}$	-0.282	—
R20	$0.001 \text{ d} \cdot \text{a}^{-1}$	-0.098	—
R50	$-0.012 \text{ d} \cdot \text{a}^{-1}$	-1.431	—
CDD	$-0.363 \text{ d} \cdot \text{a}^{-1}$	-1.192	—
CWD	$-0.009 \text{ d} \cdot \text{a}^{-1}$	-0.303	—
R95P	$-1.229 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$	-1.539	—
R99P	$-0.992 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$	-2.406 *	2006
PRCPTOT	$-0.474 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$	-0.759	—

注: * 表示通过了 0.05 水平的显著性检验;—表示未发生显著突变。

极端降水相对指数中(表 2),强降水量(R95P)和极强降水量(R99P)近 42 a 整体均呈下降趋势,变化率分别为 -12.29 、 $-9.92 \text{ mm} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,且年代际差异显著,其中极强降水量通过 0.05 水平的显著性检验(Z 统计量),且于 2006 年发生显著突变。年降水量(PRCPTOT)整体呈减少趋势,变化率为 $-4.74 \text{ mm} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,但未发生显著突变。

综上所述,极端降水的极值指数和相对指数均呈较为明显的下降趋势,而绝对指数中除中雨日数呈微弱上升趋势、大雨日数及连续湿日整体无明显变化趋势外,降水强度、暴雨日数和连续干旱日数整体均呈下降趋势。其中,最大 1 d 降水量、最大 5 d 降水量、极强降水量下降趋势显著,且分别于 2004、1992、2006 年发生显著突变。

2.2 极端降水指数变化趋势的空间分布

图 2 为 1974—2015 年河北邯郸地区 16 站极端降水极值指数变化趋势的空间分布。可以看出,近 42 a 来邯郸地区除磁县最大 1 d 降水量的变化趋势微弱增加外,其余站点均呈减少趋势,下降幅度为 $0.21 \sim 15.06 \text{ mm} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,且呈东北大、西南小的空间分布特征,其中邱县减幅最大,曲周次之,且 2 站均通过 0.05 的信度检验,而武安、永年、鸡泽、大名 4 站 RX1day 的减少趋势仅通过了 0.10 的信度检验。邯郸地区各站最大 5 d 降水量均呈减少趋势,其空间分布与 RX1day 相似,也呈现东北大、西南小的特征,RX5day 的减少幅度为 $3.51 \sim 17.92 \text{ mm} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,普遍高于 RX1day,其中东北部的邱县、曲周、鸡泽 3 站通过了 0.05 的信度检验,且仍以邱县与曲周减幅最大。

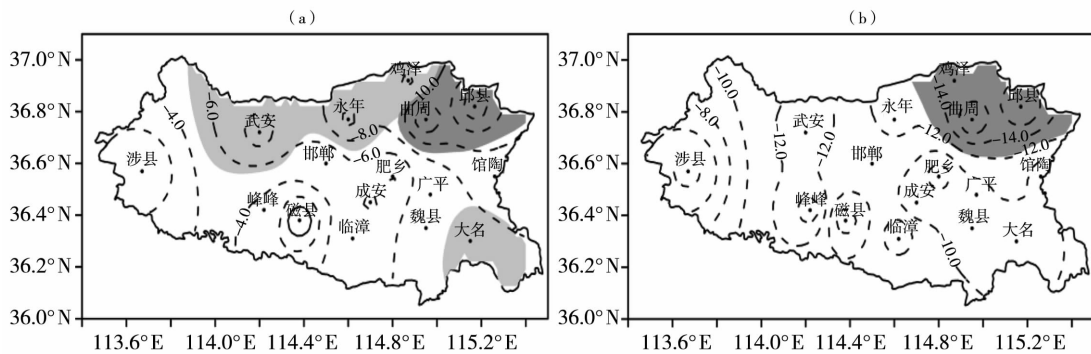


图 2 1974—2015 年河北邯郸地区极端降水极值指数 RX1day (a) 和 RX5day (b) 变化趋势的空间分布(单位: $\text{mm} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$) (浅灰色和深灰色区域分别通过 0.10、0.05 的信度检验,下同)

Fig.2 The spatial distributions of variation tendency of extreme precipitation indexes for RX1day (a) and RX5day (b) in Handan of Hebei Province from 1974 to 2015 (Unit: $\text{mm} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$)

(Light and dark grey shadows passed the significance test of 0.10, 0.05 levels, respectively, the same as below)

从邯郸地区 16 站极端降水绝对指数变化趋势的空间分布(图 3)看出,近 42 a 河北邯郸地区降水强度年变化增减幅度较小,69% (11 站)的站点呈减少趋势,主要分布在东部平原区,减幅为 $0.01 \sim 0.45 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,其中大名减幅最大,其次是曲周,仅曲周站通过 0.10 的信度检验;其余站点 SDII 年变化呈增加趋势,增幅为 $0.03 \sim 0.20 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,均未通过显著性检验。

邯郸地区绝对指数中的中雨、大雨和暴雨日数变化幅度不大,均在 $\pm 1.0 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 以内。其中,75% (12 站)的测站 R10 呈增加趋势,主要分布在西部山区和东部平原的南北两侧,增幅为 $0.01 \sim 0.40 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,而减少区域主要位于东部平原的邱县、曲周、肥乡、广平一带,减少幅度为 $0.01 \sim$

$0.14 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$;56% (9 站)的测站 R20 呈减少趋势,主要分布在中部区域,减少幅度为 $0.00 \sim 0.34 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,而增加区域主要位于东西两侧,增加幅度为 $0.04 \sim 0.40 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$;绝大多数站点(14 站) R50 呈减少趋势,变化率为 $-0.34 \sim -0.02 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,其中峰峰矿区减幅最大,且通过 0.05 的信度检验,而馆陶、魏县 2 站虽呈增加趋势,但增幅不明显。

近 42 a 来,邯郸地区 16 站的连续干旱日数均呈减少趋势,减幅为 $0.01 \sim 6.07 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,且呈现南大北小的空间分布,其中峰峰矿区、魏县、大名的减幅较大,均超过 $5 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,但仅大名通过了 0.10 的信度检验,而邱县减幅最小($0.01 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$)。连续湿日的增减幅度

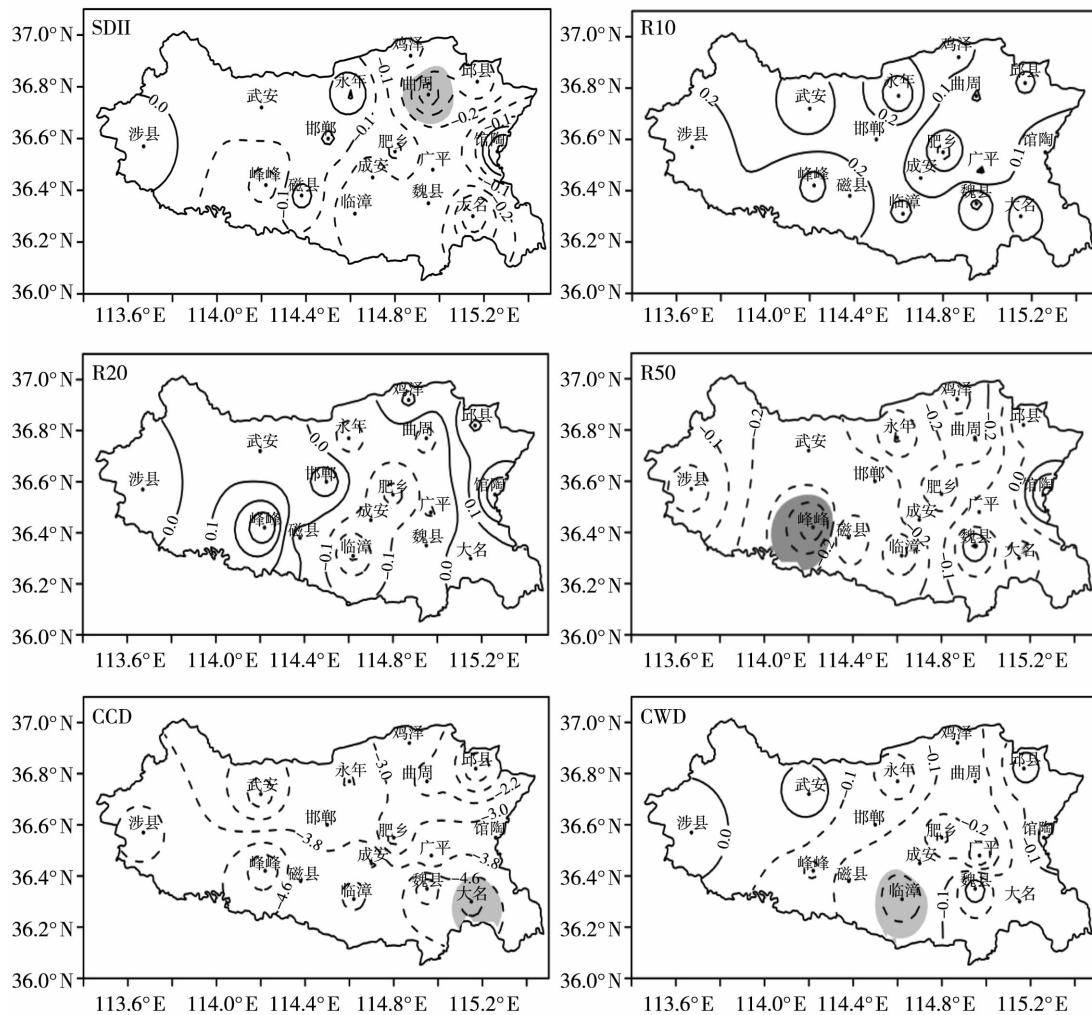


图 3 1974—2015 年河北邯郸地区极端降水绝对指数的变化趋势空间分布 (SDII 的单位为 $\text{mm} \cdot \text{d}^{-1} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,其他指数的单位均为 $\text{d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$)

Fig. 3 The spatial distributions of variation tendency of extreme precipitation absolute indexes in Handan of Hebei Province from 1974 to 2015

(The unit of SDII is $\text{mm} \cdot \text{d}^{-1} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$, while that of other indexes is $\text{d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$)

在 $\pm 1.0 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 以内,其中 69% (11 站) 的站点呈减少趋势,减幅为 $0.06 \sim 0.30 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,广平减幅最大,其次是肥乡、临漳,减幅分别为 0.26 、 $0.24 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,但仅临漳站通过了 0.10 的信度检验;其余 5 站呈不明显增加趋势,增幅均未超过 $0.10 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 。

图 4 是 1974—2015 年邯郸地区 16 站极端降水相对指数的变化趋势空间分布。可看出,近 42 a 邯郸地区强降水量除涉县、馆陶呈微弱增加趋势,其余 14 站均呈减少趋势,减少幅度为 $4.01 \sim 28.39 \text{ mm} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,其中曲周减幅最大,且通过了 0.05 的信度检验,其次为大名

($23.94 \text{ mm} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$),仅通过 0.10 的信度检验;极强降水量仅涉县呈微弱增加趋势,其余 15 站均呈减少趋势,减少幅度为 $2.06 \sim 26.46 \text{ mm} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,其中邱县、曲周减幅较大,均通过 0.05 的信度检验。

近 42 a 来,邯郸地区年降水量 11 站呈减少趋势(图略),减少幅度为 $0.77 \sim 18.58 \text{ mm} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,东部平原的南北两侧减幅均大于 $10.0 \text{ mm} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,其中曲周、邱县减幅较大;其余 5 站则呈增加趋势,主要分布在邯郸地区东西两侧及中部地区,增加幅度在 $0.81 \sim 10.89 \text{ mm} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 之间,其中馆陶增幅最大,其次为涉县($7.57 \text{ mm} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$),但所有测站变化趋势均未通过 0.05 的信度检验。

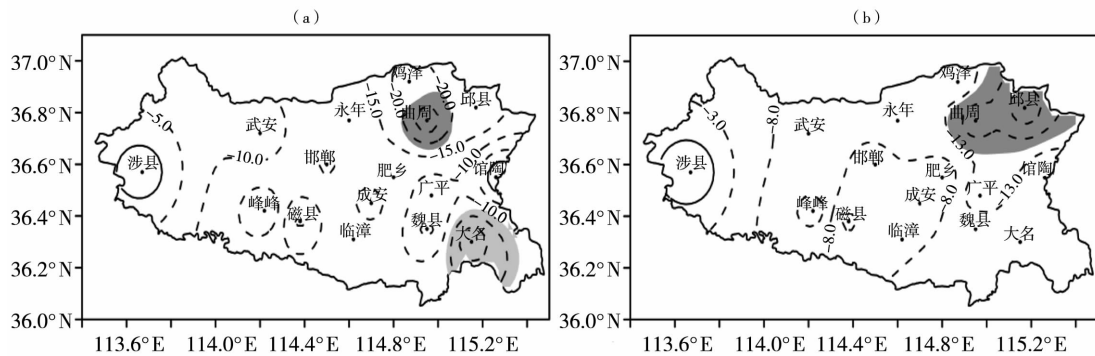


图 4 1974—2015 年河北邯郸地区极端降水相对指数 R95P (a) 和 R99P (b) 的变化趋势空间分布(单位: $\text{d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$)

Fig. 4 The spatial distributions of variation tendency of extreme precipitation indexes for R95P (a) and R99P (b) in Handan of Hebei Province from 1974 to 2015 (Unit: $\text{d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$)

2.3 极端降水指数与降水量和气温的关系

研究表明,地面温度的升高使得地表蒸发加剧,大气保持水分能力增强,势必将改变降水量和极端降水事件的频率和强度^[20]。由于极端降水变化与总降水量变化关系密切,有必要对极端降水指数与年降水量进行相关分析^[21]。从所有测站各类极端降水指数与 PRCPTOT 的平均相关系数(表 3)可知,邯郸地区除永年站的连续干旱日数与 PRCPTOT 呈微弱的正相关(相关系数为 0.001)外,其他 15 站均呈不显著的负相关,相关系数为 $0.001 \sim 0.233$,均未通过显著性检验,说明降水量的增加并没有缓解干旱持续的天数^[21-22];其他极端降水指数与 PRCPTOT 均呈明显正相关,说明年降水量越大,相应的 CWD、R10、R20、R50、R95P、R99P、RX1day、RX5day、SDII 极端降水指数越大,除 CWD 外其余极端降水指数中 87% (14 站) 及以上站点通过了 0.01 水平的显著性检验。此外还发现,各类极端降水指数与年降水量的平均相关系数中 R95P、R20 最高,分别

为 0.790 和 0.789,说明邯郸地区强降水与大雨日数的多寡,对年降水量的贡献最显著。

就各站的相关系数而言,邯郸地区各站最大 1 d 降水量与 PRCPTOT 的相关系数分别为 $0.328 \sim 0.645$,除馆陶、永年两站外其余站点的相关系数均达到 0.01 的显著性水平,其中东部平原的南(北)部相关系数较大(小);而各地最大 5 d 降水量与 PRCPTOT 的相关系数普遍在 0.50 以上,均达到 0.01 的显著性水平,其中峰峰矿区最大(0.773),馆陶最小(0.445)。各站降水强度与 PRCPTOT 之间存在显著正相关(均达到 0.01 的显著性水平),相关系数普遍在 0.70 以上,中部地区高达 0.80 以上。各地中雨、大雨和暴雨日数与 PRCPTOT 的相关系数均超过 0.50,且所有站点均达到 0.01 的显著性水平。其中,R10 相关系数除广平最小(0.642)外,其余站点均超过 0.70(魏县最大为 0.844);R20 相关系数为 $0.700 \sim 0.891$,魏县仍为最高,广平仍为最小;R50 相关系数为 $0.523 \sim 0.818$,东部平原地区较大在 0.70 以上,西部山区较小,低于 0.65。各站连续湿日与 PRCPTOT 的相关系数为

0.226~0.508,其中邯郸地区东西两侧的10个站点通过了0.05的信度检验。各地强降水量与PRCPTOT的相关系数为0.718~0.892,均通过了0.01的信度检验;而各地极强降水量与PRCPTOT的相关系数略低(0.364~0.664),除馆陶站外其余站点的相关系数均达到0.01的显著性水平,其中南部(西北部)各站的相关系数较大(小)。

对邯郸地区最高、最低气温进行趋势分析(图略)发现,近42 a邯郸地区最高、最低气温均呈现明显升温趋势,最高、最低气温的线性气候倾向率分别为 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{ a})^{-1}$ (通过0.10水平的显著性检验)和 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{ a})^{-1}$ (通过0.01水平的显著性检验)。在全球气候变暖背景下,邯郸地区极端降

水指数对气温变暖的响应如何?

从表4极端降水指数与最高(最低)气温的相关系数分析中发现,最高气温与极端降水指数均呈一致的负相关关系,其中与RX1day、RX5day、R10、R20、R50、R95P、PRCPTOT等指数的相关系数为 $-0.41\sim-0.57$,均通过了0.01水平的显著性检验,而与SDII、CDD、CWD、R99P指数的相关性较差($-0.03\sim-0.28$),未通过0.01水平的显著性检验。最低气温除与R10、CWD极端降水指数呈不显著正相关外,与其他指数均呈负相关,其中仅与RX1day的相关系数通过了0.01水平的显著性检验。可见,邯郸地区极端降水事件对最高气温的变化响应显著,而最低气温的变化对极端降水事件影响不明显。

表3 1974—2015年邯郸地区极端降水指数与年降水量的相关分析

Tab.3 Correlation analysis between annual total precipitation and extreme precipitation indexes in Handan of Hebei Province from 1974 to 2015

	RX1day	RX5day	SDII	R10	R20	R50	CDD	CWD	R95P	R99P
平均相关系数	0.551*	0.644*	0.763*	0.761*	0.789*	0.686*	-0.116	0.340*	0.790*	0.543*
SN1	14	16	16	16	16	16	0	4	16	15
SN2	16	16	16	16	16	16	0	10	16	16

注: *表示通过了0.01的信度检验,下同;SN1、SN2分别表示通过0.01、0.05信度检验的测站个数。

表4 1974—2015年邯郸地区极端降水指数与最高、最低气温的相关系数

Tab.4 Correlation coefficients between the maximum, minimum temperature and extreme precipitation indexes in Handan of Hebei Province from 1974 to 2015

气温	RX1day	RX5day	SDII	R10	R20	R50	CDD	CWD	R95P	R99P	PRCPTOT
最高气温	-0.43*	-0.46*	-0.22	-0.41*	-0.54*	-0.41*	-0.03	-0.16	-0.46*	-0.28	-0.57*
最低气温	-0.35*	-0.24	-0.03	0.10	-0.00	-0.19	-0.25	0.04	-0.18	-0.17	-0.03

3 讨论

在全球气候变暖和局地城市化进程的共同影响下,近42 a河北邯郸地区气温呈明显升温趋势,而降水强度及降水量整体在下降,但西部山区及邯郸市周边降水则表现出弱的增加趋势,且极端降水对最高气温的响应较最低气温敏感,这一现象与前人研究较为一致^[9-10],这将对旱涝灾害的发生产生重要影响。对于农业生产来说,降水强度及降水量的下降一定程度上使得水资源总量及地表径流有所下降,导致需灌溉的作物用水量增加,从而对农牧业发展和人民生活产生重要影响。此外,邯郸地区西部山区和东部平原的极端降水变化存在一定区域差异,这可能是气候、地形、城市化进程等多种因素共

同作用的结果。具体表现为:邯郸地区属于温带大陆性季风气候,东亚夏季风年代际变化和西太平洋副热带高压位置的年代际变化,必然对整个区域气候产生显著影响^[13-14];地形上,邯郸地区地处太行山东麓,地势自西向东呈阶梯状下降,高差悬殊,地貌类型复杂多样,复杂的地形对整个区域气候有显著影响;近年来,邯郸地区以邯郸市周边和西部山区涉县、武安为经济中心而发展的城市化进程,其城市化进程快于东部平原地区,但城市化发展而引起的区域局地气候的变化对降水的影响有限,远小于大尺度气温变化的影响。然而,本文的研究结果仅限于从气候统计的角度对邯郸地区极端降水指数特征进行分析与探讨,而对影响极端降水事件更深层次的环流背景及水汽输送等问题还未涉及,这将是未

来一段时间内研究的重点。

4 小结

(1) 近 42 a 来, 河北邯郸地区极端降水指数中除中雨日数呈轻微上升趋势、大雨日数及连续湿日整体无明显变化趋势外, 其他指数 (RX1day、RX5day、SDII、CDD、R50、R95P、R99P、PRCPTOT) 均呈下降趋势, 其中 RX1day、RX5day、R99P 下降趋势显著, 且分别于 2004、1992、2006 年发生显著突变。

(2) 近 42 a 来, 邯郸地区极端降水极值指数以邱县、曲周县为最大减幅区域, 绝对指数以峰峰矿区变化最为显著, 而相对指数则以曲周县变化最为显著。

(3) 邯郸地区年降水量与连续干旱日数呈微弱的负相关, 而与其他指数 (CWD、R10、R20、R50、R95P、R99P、RX1day、RX5day、SDII) 呈显著的正相关, 说明年降水量的增加并未缓解干旱持续的天数。

(4) 除最低气温与 R10、CWD 呈微弱的正相关外, 邯郸地区最高、最低气温与极端降水指数均呈负相关关系, 且与最高气温的相关性显著高于最低气温, 说明极端降水对最高气温的响应较最低气温更敏感。

参考文献:

- [1] IPCC. Climate change 2013: The physical science basis, Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [M]. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2013.
- [2] 王闪闪, 王素萍, 冯建英. 2015 年全国干旱状况及其影响与成因 [J]. 干旱气象, 2016, 34(2): 382 - 389.
- [3] 胡彩虹, 王纪军, 柴晓玲, 等. 气候变化对黄河流域径流变化及其可能影响研究进展 [J]. 气象与环境科学, 2013, 36(2): 57 - 65.
- [4] 许朗, 李梅艳, 刘爱军. 我国近年旱情演变及其对农业造成的影响 [J]. 干旱区资源与环境, 2012, 26(7): 53 - 56.
- [5] 谭云娟, 邱新法, 曾燕, 等. 近 50 a 来中国不同流域降水的变化趋势分析 [J]. 气象科学, 2016, 36(4): 494 - 501.
- [6] 胡娅敏, 翟盘茂, 陈阳. “75·8” 持续性强降水事件及其大尺度水汽输送特征 [J]. 气象与环境科学, 2015, 38(3): 13 - 18.
- [7] 任国玉, 封国林, 严中伟. 中国极端气候变化观测研究回顾与展望 [J]. 气候与环境研究, 2010, 15(4): 337 - 353.
- [8] 高涛, 谢立安. 近 50 年来中国极端降水趋势与物理成因研究综述 [J]. 地球科学进展, 2014, 29(5): 577 - 589.
- [9] 王苗, 郭品文, 邬昀. 中国东部极端降水变化特征及其与大气稳定度的关系 [J]. 大气科学学报, 2014, 37(1): 47 - 56.
- [10] 曹祥会, 龙怀玉, 张继宗, 等. 河北省主要极端气候指数的时空变化特征 [J]. 中国农业气象, 2015, 36(3): 245 - 253.
- [11] 孙建奇, 敖娟. 中国冬季降水和极端降水对变暖的响应 [J]. 科学通报, 2013, 58(8): 674 - 679.
- [12] 刘琳, 陈静. 新疆 1961—2011 年极端降水事件年内非均匀性特征 [J]. 沙漠与绿洲气象, 2013, 7(1): 53 - 59.
- [13] 吕心艳, 张秀芝, 陈锦年. 东亚夏季风南北进退的年代际变化对我国区域降水的影响 [J]. 热带气象学报, 2011, 27(6): 860 - 868.
- [14] 吕俊梅, 任菊章, 据建华. 东亚夏季风的年代际变化对中国降水的影响 [J]. 热带气象学报, 2004, 20(1): 73 - 80.
- [15] ZHANG X B, YANG F. RClimDex (1.0) user manual [M]. Canada: Climate Research Branch Environment Canada Downsview, 2004.
- [16] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术 [M]. 2 版. 北京: 气象出版社, 2007.
- [17] 蔡福, 于慧波, 矫玲玲, 等. 降水要素空间插值精度的比较: 以东北地区为例 [J]. 资源科学, 2006, 28(6): 73 - 79.
- [18] 孔云峰, 全文伟. 降雨量地面观测数据空间探索与插值方法探讨 [J]. 地理研究, 2008, 27(5): 1097 - 1108.
- [19] 曾红伟, 李丽娟, 张永萱, 等. 大样本降水空间插值研究: 以 2009 年中国年降水为例 [J]. 地理科学进展, 2011, 30(7): 811 - 818.
- [20] 翟盘茂, 王萃萃, 李威. 极端降水事件变化的观测研究 [J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(3): 144 - 148.
- [21] 杜军, 路红亚, 建军. 1961—2012 年西藏极端降水事件的变化 [J]. 自然资源学报, 2014, 29(6): 990 - 1002.
- [22] 汪宝龙, 张明军, 魏军林, 等. 西北地区近 50 a 气温和降水极端事件的变化特征 [J]. 自然资源学报, 2012, 27(10): 1720 - 1733.

(下转至 1003 页)