王新伟,杜明哲,肖 瑶. 河南省汛期降水的日变化特征[J]. 干旱气象,2018,36(3):383-389, [WANG Xinwei, DU Mingzhe, XIAO Yao. Diurnal Variations of Precipitation in Flood Season of He'nan Province[J]. Journal of Arid Meteorology, 2018, 36(3):383-389], DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2018)-03-0383

河南省汛期降水的日变化特征

王新伟[1,2],杜明哲[1,2],肖 瑶[1,2]

(1. 中国气象局(河南)农业气象保障与应用技术重点实验室,河南 郑州 450003;
2. 河南省气象服务中心,河南 郑州 450003)

摘 要:利用1971—2010年汛期河南省111个观测站的逐小时降水资料,分析了河南省汛期降水的日变化特征。结果表明:河南省汛期降水量和降水频率日峰值均从南向北递减;黄河流域降水量日峰值明显小于淮河流域,南阳盆地的降水量日峰值大多出现在凌晨,豫西山地大多出现在傍晚,豫南大部分地区则出现在下午;豫南地区的降水频率日峰值最大,南阳盆地和豫西山地次之,全省大部分地区降水频率日峰值出现时间集中在上午;降水量、降水频率和降水强度的日变化呈双峰值特征,均在凌晨和傍晚出现峰值,凌晨的峰值最大;长持续性降水对河南省汛期降水量的贡献大于短时降水。

关键词:降水;日变化;河南;持续性降水
文章编号:1006-7639(2018)03-0383-07 DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2018)-03-0383
中图分类号:P426.6 **文献标志码**:A

引 言

在全球气候变暖的背景下,很多地区降水特征发生了明显变化,局部地区降水异常,旱涝发生频率呈增加趋势。GOSWAMI等[1]指出,随着全球变暖的加剧,极端降水普遍呈增加的趋势。ALEXANDER等[2]指出20世纪全球年降水量和极端降水有增加趋势,尤其在北半球中高纬度区域,极端降水的频率和强度显著增加。研究表明[3],随着大气中温室气体浓度的升高,全球气候变暖,极端降水事件出现的频率和强度发生了显著的变化,区域性的极端降水和干旱事件将可能出现较大的上升趋势。在我国,不同区域内的降水特征也正发生着变化[4-14]:施雅风[15]研究发现,随着气候进一步变暖,我国北方降水少量增加不抵蒸发量的上扬,旱灾仍将继续发展,而我国南方雨量增加特别是暴雨和台风的增加,会使洪涝灾害扩大加剧。姜彤等[16]分析表明在长江流域中下游地区降水量增加明显,增加值为5%~20%。

降水日变化特征作为当前气候研究领域的一个热点议题,在深入认识理解降水形成机理、评估区域气候特征以及改进气候模式模拟性能等方面都有重要作用[17-18]。关于不同区域或局地的降水日变化特征,国内外学者已经开展了大量的研究工作[19-25]。YU等[26-27]研究发现我国汛期降水的日变化具有显著的区域性差异特征。李健等[17]研究发现北京市汛期降水发生了结构性调整,短持续性降水的降水总量逐步增多,而长持续性降水事件的降水总量却大幅减少。杨森等[18]利用逐小时降水资料研究发现,降水日变化有明显的地区性特征,沿海与内陆地区存在明显差异。唐红玉等[28]研究发现汛期降水的日变化特征与其他季节有显著差异。韩函等[29]利用降水融合产品研究华北地区的降水日变化特征,发现降水量和降水频率的分布存在明显的区域性差异。目前,国内外对区域降水时空分布和演变规律的研究多集中于降水平均态的分析,主要是利用能反映极端降水过程的逐时降水资料进行研究,根据地形和气候进行针对性分区的研究较少,很难准确反映出降水日变化在不同地形和气候背景下的时空分布及演变特征。

河南省地处我国湿润地区向干旱地区的过渡地带,既受季风活动的影响,同时也是我国北方冷空气

收稿日期:2017-12-20;**改回日期**:2018-01-10
基金项目:国家重点基础研究发展规划项目(973计划)(2013CB430105)、河南省科技攻关项目(172102310071)和河南省气象科技研究项目(KQ201736)共同资助
作者简介:王新伟(1986—),男,工程师,主要从事专业气象预报及气象灾害研究. E-mail:xavier1001@126.com。

影响的活跃区域,其降水的时空分布及演变有鲜明的区域特征。境内有山地、平原、盆地等地貌,地形十分复杂,是典型的气候多变区,其降水的空间和时间分布很不均匀,汛期降水量约占全年降水量的50% ~60%,由于降水异常致使旱涝灾害频发[30-32]。了解河南省汛期降水的日变化特征,对于河南省旱涝预测、防灾减灾具有重要意义。徐文明等[32]利用1956—2005 年 16 个气象站的逐小时降水资料对河南省的降水日变化特征进行分析,发现河南省长持续性降水多出现于凌晨和上午,短时降水多出现于凌晨和傍晚,但其缺乏对降水频率、降水强度等因子分区域的针对性研究。因此,本文利用 1971—2010 年汛期(6—8 月)河南省 111 个观测站的逐小时降水资料,根据地形和气候对降水量、降水频率和降水强度进行分区域针对性研究。

1 数据与方法

利用国家气象信息中心提供的河南省 111 个观测站点 1971—2010 年 6—8 月逐小时降水数据,该数据质量控制方法集成了降水实时质量控制技术、人工降水质量控制等方法,优化了质量控制流程和质量控制参数,控制后的降水数据集适用于日降水过程的分析和应用[33]。

为整体把握河南省 1971—2010 年汛期降水变化趋势特征,首先对河南省 111 个观测站的日降水量平均值进行统计,其中雨日定义为日降水量≥0.1 mm 的日数,雨强定义为降水总量与降水日数之比。趋势系数采用一元线性回归模型描述,为了解各站点汛期降水变化是否显著,分别计算各站点汛期降水量趋势系数的显著性检验统计值。然后利用逐小时降水数据,从降水量、降水频率和降水强度 3 个方面对降水日变化特征进行分析。结合地形和气候特点将河南省 111 个观测站划分为中东部平原、南阳盆地、豫南地区、豫北地区、豫西山地共 5 个区域(图 1),进而讨论降水日变化的区域差异。为研究降水的持续性,如果小时降水量 >0.1 mm,则认定为一次降水发生。当某一降水时次之后连续 2 h 没有降水发生时,判定一次降水过程结束。将一次降水事件开始至结束的小时数定义为降水事件持续时间,根据降水的持续时间进行分类,以 1 h 为间隔,对持续的降水事件分别进行统计。

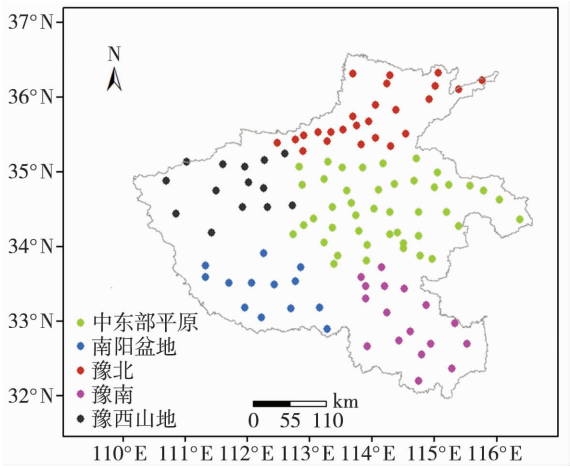


图 1 河南省 111 个观测站点分布

Fig. 1 The distribution of 111 meteorological stations in He'nan Province

2 结果与分析

2.1 降水整体变化趋势

图2为河南省1971—2010年汛期降水量、雨日数和降水强度的年际变化,表 1 是 1971—2010 年河南省 111 个站点汛期降水要素趋势统计。可以看出,近 40 a 来,河南省汛期降水量整体变化不大,呈弱增加趋势,趋势系数为 1.356 4。汛期降水量增加的站点数为 85 个,降水量减少的站点数为 26 个。近 40 a 汛期雨日变化呈减少趋势,趋势系数为 -0.026 6,其中 61.2% 的站点雨日为负趋势。河南省汛期降水强度近 40 a 来呈增强趋势,但波动较大,其中降水强度呈正趋势变化的站点数为 93 个。综上所述,1971—2010 年河南省汛期大部分站点在降雨量增加的同时,降雨日数却在减少,降水有明显向极端化发展的趋势。

2.2 降水日变化特征

2.2.1 降水日峰值及其出现时间的空间分布

图 3 是 1971—2010 年河南省汛期降水量和降水频率日峰值及其出现时间的空间分布。可以看出,河南省汛期降水量日峰值从南向北递减,黄河流域降水量日峰值明显小于淮河流域。南阳盆地的降水量日峰值大多出现在凌晨,豫西山地大多出现在 18:00 左右(北京时,下同),豫南大部分地区出现在下午,这与宇如聪等[25]研究结论一致。全省降水频率日峰值分布和降水量日峰值大致相同,即从南向北呈递减趋势,豫南地区的降水频率日峰值较大,南阳盆地和豫西山地次之,且大部分地区日峰值出现时间集中在上午。

2.2.2 降水日变化特征

图 4 是 1971—2010 年河南省汛期降水量、降水频率和降水强度的日变化。可以看出,1971 年以来,河南省汛期区域平均降水量和降水频率均在早晨和傍晚出现峰值,早晨的日峰值更大。其中降水

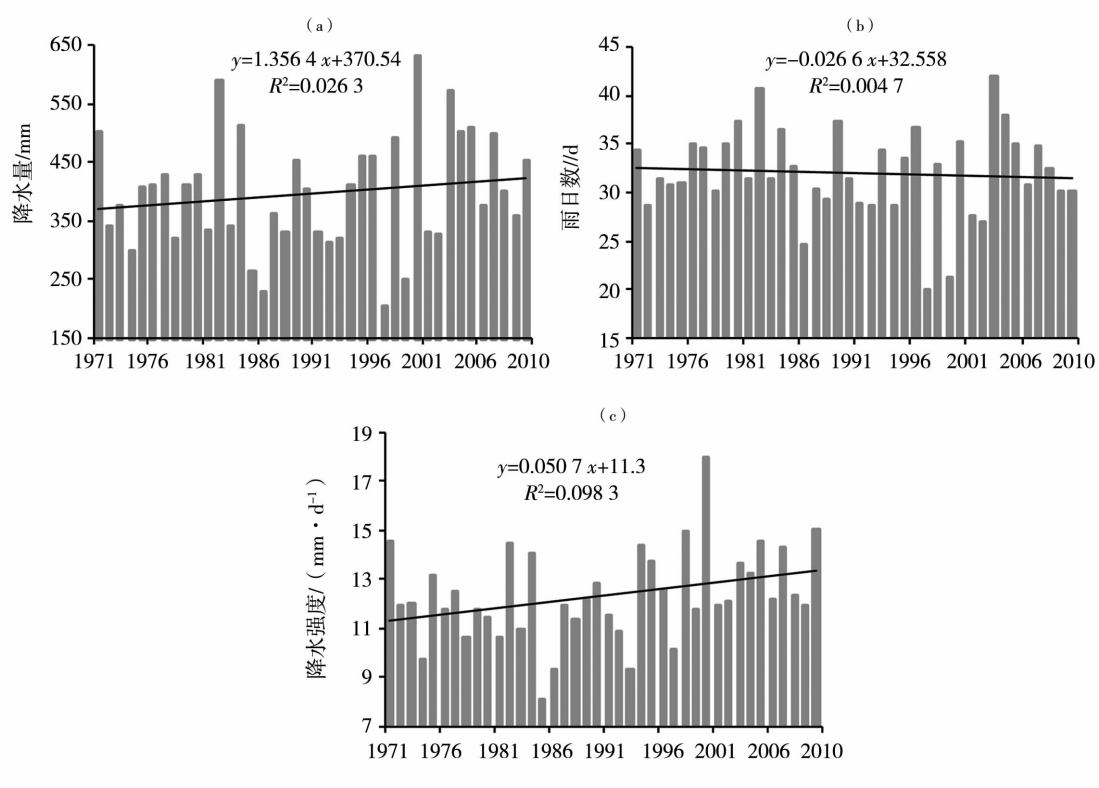


图 2　1971—2010 年河南省汛期降水量(a)、雨日数(b)、雨强(c)的年际变化

Fig. 2　The annual variation of precipitation (a), rain days (b) and rain intensity (c) in flood season of He'nan Province during 1971 – 2010

表 1　1971—2010 年河南省 111 个站点汛期降水要素趋势统计

Tab. 1　Trend statistics of precipitation elements for 111 meteorological stations in flood season of He'nan Province during 1971 – 2010

降水要素	正趋势			负趋势		
	不显著站点数	显著站点数	总站数	不显著站点数	显著站点数	总站数
降雨量	80	5	85	26	0	26
雨日	43	0	43	65	3	68
雨强	79	14	93	17	1	18

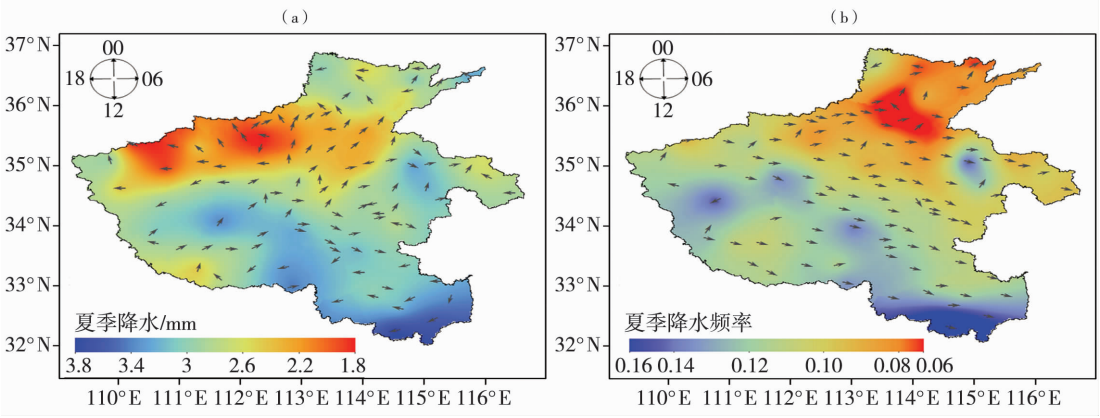


图 3　1971—2010 年河南省汛期降水量(a)和降水频率(b)日峰值(阴影)及其出现时间(箭头)的空间分布

Fig. 3　Spatial distribution of daily peak (the shaded) and its occurrence time (arrows) of precipitation (a) and precipitation frequency (b) in flood season of He'nan Province during 1971 – 2010

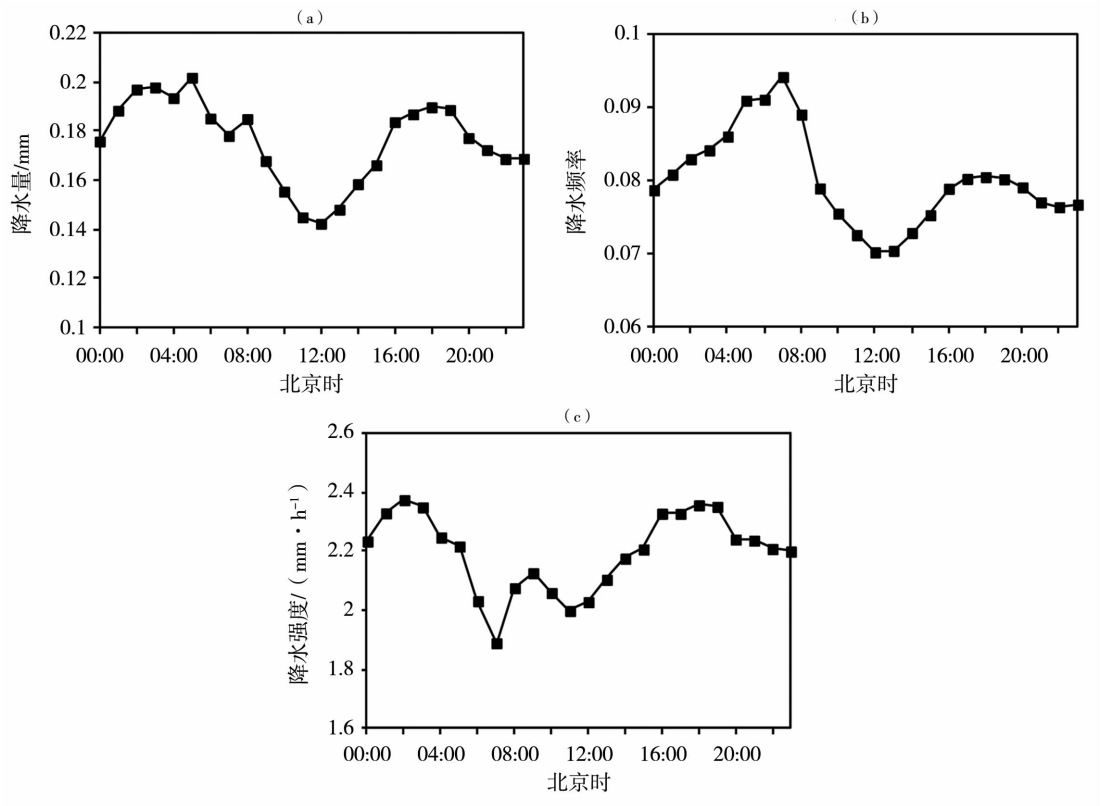


图 4 1971—2010 年河南省汛期降水量(a)、降水频率(b)和降水强度(c)的日变化

Fig. 4 Diurnal variations of precipitation (a), precipitation frequency (b), and precipitation intensity (c) in flood season of He'nan Province during 1971 – 2010

量的 2 个峰值大小接近,而降水频率的 2 个日峰数值差异比较明显。降水强度的日峰值则出现在 02:00 和 18:00 左右,分别为 2.38 mm·h^{-1}和 2.36 mm·h^{-1}。

图 5 是 1971—2010 年河南不同区域汛期降水量、降水频率和降水强度的日变化。可以看出,5 个区域的降水量日变化具有明显的双峰特征[图 5(a)],分别出现在凌晨和晚上,其中豫南地区降水量最大,南阳盆地次之,豫北地区最小;5 个区域汛期降水频率也呈现"双峰"结构[图 5(b)],但是凌晨的峰值明显较傍晚的峰值高,且豫南地区的降水频率仍为最高,豫北最低;5 个区域的降水强度日最低值均出现在中午 12:00 前后,且各区域降水强度呈现出南多北少的空间分布(图略)。

图 6 是河南省 1971—2010 年汛期平均降水量、降水频率、降水强度随时间的变化。可以看出,河南省汛期降水的日变化特征较为明显[图 6(a)],呈现典型的"双峰"结构和半日循环特征,其中降水量峰值出现在 06:00 和 18:00,凌晨时段降水量级较大;低值出现在中午和 00:00 左右。降水频率的日变化特征也呈现"双峰"结构[图 6(b)],峰值出现在 04:00 和 17:00 左右。2 个峰值出现的时间与降水量的峰值时间非常接近,但是 2 个峰值的量级有所差别,发生在傍晚的降水频率明显小于早晨。凌晨的降水强度大于清晨[图 6(c)],这和降水量和降水频率的分布具有一致性。综上所述,从各时次降水量、降水频率和降水强度的逐年分布可以看出:1991 年以来,河南省发生在凌晨的降水量、降水频率和降水强度有明显的年际增强趋势。

2.2.3 不同持续性降水的日变化特征

对 5 个区域的降水事件进行分类,持续时间不超过 6 h 的降水记为短持续性降水,持续时间超过 6 h 的降水记为长持续性降水[17]。图 7 为不同持续时间的降水量占总降水量的百分比。可以看出:在豫北、豫西山地以及南阳盆地,持续时间 4 ~ 6 h 的降水占比最小,持续时间 1 ~ 3 h 降水占比次之,持续时间超过 12 h 的降水占比最大。而在豫南以及中东部平原,持续时间 1 ~ 3 h 的降水占比最小,持续时间 >12 h 的降水占比最大。其中中东部平原,持续时间 1 ~ 3 h 的降水不足 5%,而持续时间 >12 h 的降水占比超过 50%。整体上,长持续性降水对汛期降水的贡献明显大于短持续性降水,这和中国地区降水持续性特征的分析结果一致[25]。

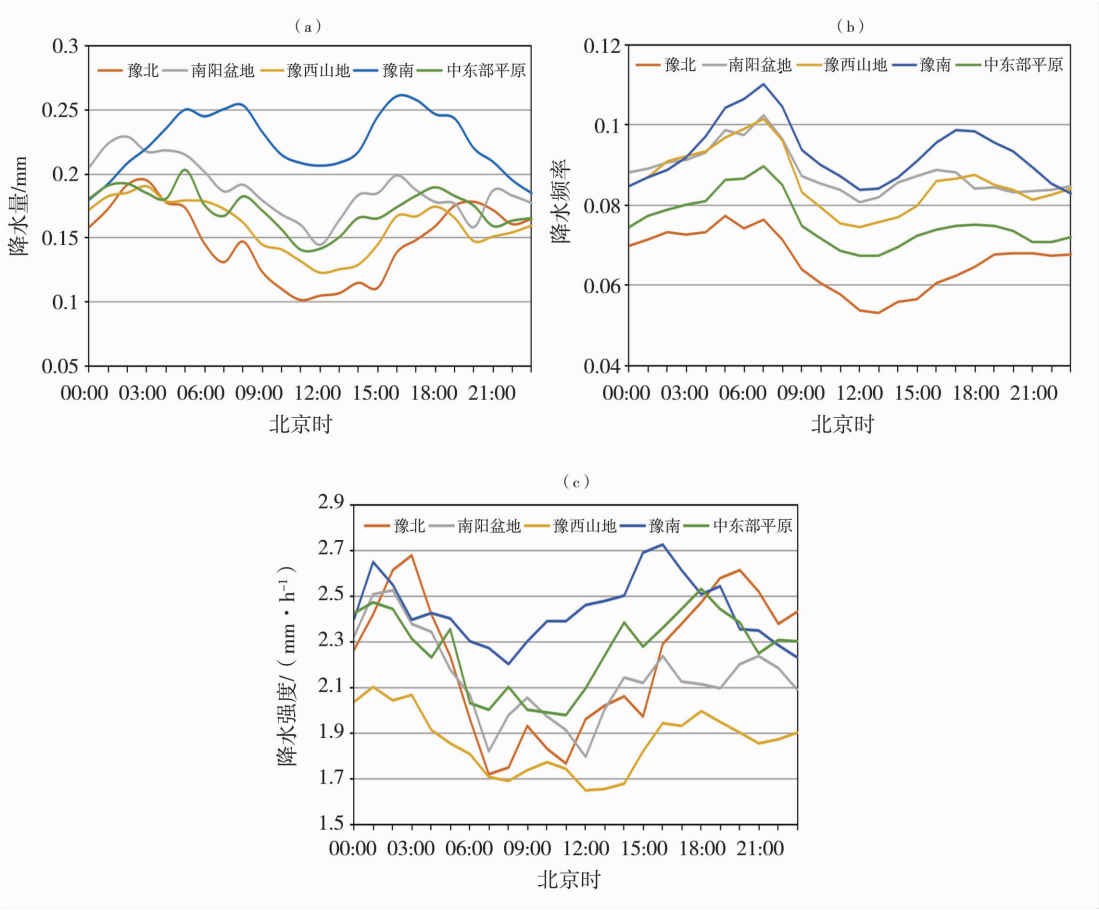


图 5　1971—2010 年河南不同区域汛期降水量(a)、降水频率(b)和降水强度(c)的日变化

Fig. 5　Diurnal variations of precipitation (a), precipitation frequency (b), and precipitation intensity (c) in flood season in different regions of He'nan Province during 1971 – 2010

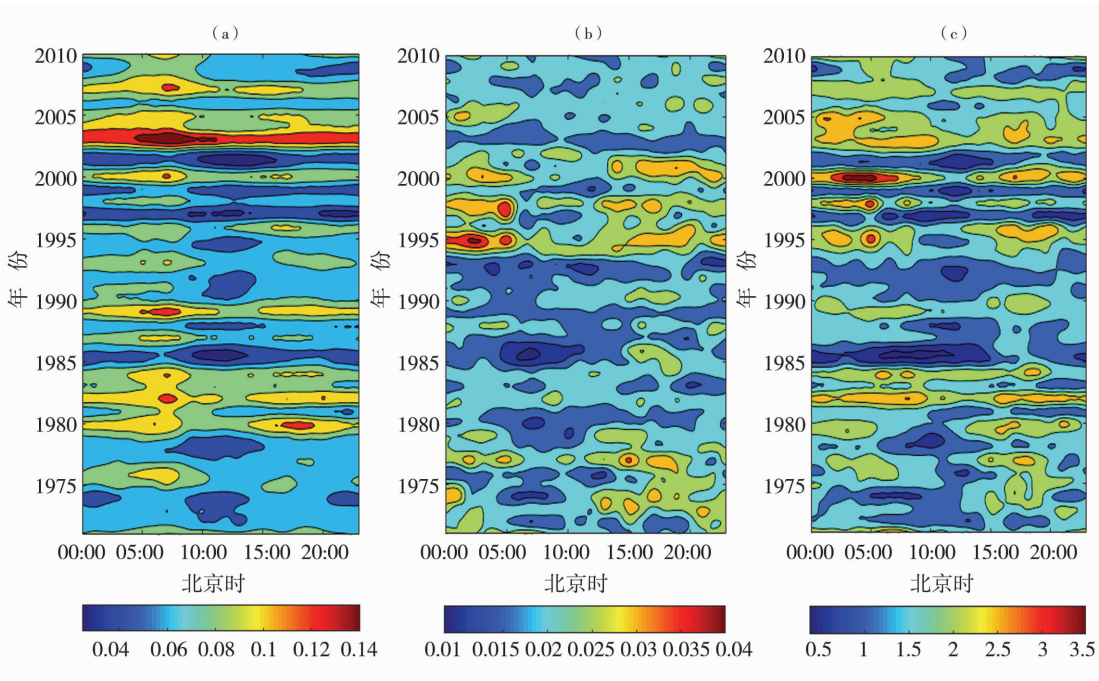


图 6　1971—2010 年河南省逐年汛期区域平均降水量(a,单位:mm)、降水频率(b)、降水强度(c,单位:mm·h⁻¹)的逐时变化

Fig. 6　The hourly variation of regional mean precipitation (a, Unit:mm), precipitation frequency (b), and precipitation intensity (c, Unit:mm·h^{-1}) year by year in flood season of He'nan Province during 1971 – 2010

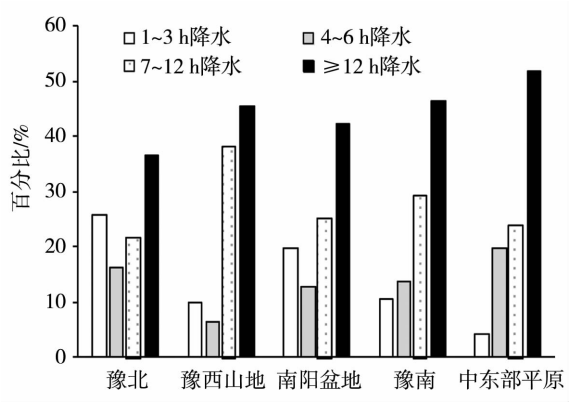


图7 1971—2010年河南省汛期不同区域不同持续时间降水占总降水的百分比

Fig. 7 The percentage of the precipitation with different persistent time in flood season in different regions of He'nan Province during 1971 – 2010

3 结 论

(1) 河南省汛期降水量日峰值从南向北递减,黄河流域降水量日峰值明显小于淮河流域。南阳盆地的降水量日峰值大多出现在凌晨,豫西山地大多出现在傍晚,豫南大部分地区出现在下午。全省汛期降水频率日峰值从南向北递减,且大部分地区降水频率日峰值出现时间集中在上午。

(2)降水量、降水频率和降水强度的日变化呈"双峰"特征,均在凌晨和傍晚出现峰值,凌晨的日峰值更大。1991年以来,河南省发生在凌晨的降水量、降水频率和降水强度有明显的年际增强趋势。

(3)长持续性降水对河南省汛期降水量的贡献大于短持续性降水。

参考文献:

[1] GOSWAMI B N, VENUGOPAL V, SENGUPTA D, et al. Increasing trend of extreme rain events over India in a warming environment [J]. Science, 2006,314(5804):1442 – 1445.

[2] Alexander L V, Zhang X, Peterson T C, et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation [J]. Journal of Geophysical Research, 2006,111(D5), DOI:10.1029/2005JD006290.

[3] IPCC. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [M]. Cambridge, UK:Cambridge University Press, 2007.

[4] 王红雷,陈瑶,梁艳,等. 华东地区降水时频变化特征与ENSO关系[J]. 沙漠与绿洲气象,2012,6(1):36 – 40.

[5] 白松竹,李博渊,黄晓华. 阿勒泰地区暖季昼夜降水气候特征[J]. 沙漠与绿洲气象,2015,9(1):45 – 51.

[6] 常煜. 呼伦贝尔市汛期短时强降水特征[J]. 沙漠与绿洲气象,2015,9(2):24 – 30.

[7] 李月英,范俊红,于海磊,等. 石家庄降水量和气温变化特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2009,3(2):31 – 34.

[8] 岳江,胡良温,王小兰,等. 大同地区降水变化特征及趋势分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2013,7(3):26 – 31.

[9] 王友贺,申双和,谷秀杰. 1965—2009年河南省降水量的时空演变特征[J]. 气象与环境科学,2011,34(3):56 – 60.

[10] 尤焕苓,任国玉,刘伟东. 1961—2010年北京地区降水变化特征[J]. 沙漠与绿洲气象,2012,6(4):13 – 20.

[11] 王展,申双和,刘荣花. 近40 a中国不同量级降水对年降水量变化的影响性分析[J]. 气象与环境科学,2011,34(4):7 – 13.

[12] 黄秋霞,赵勇,何清. 阿拉木图与乌鲁木齐夏季降水变化趋势分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2013,7(2):34 – 38.

[13] 朱丽,刘蓉,文军,等. 近50 a来洮河流域气候变化和干旱演变过程[J]. 干旱气象,2018,36(2):234 – 242.

[14] 唐冶,陈春艳,赵克明. 伊宁市1991—2011年降雨特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2014,8(6):41 – 46.

[15] 施雅风. 全球变暖影响下中国自然灾害的发展趋势[J]. 自然灾害学报,1996,5(2):102 – 116.

[16] 姜彤,施雅风. 全球变暖、长江水灾与可能损失[J]. 地球科学进展,2003,18(2):77 – 284.

[17] 李建,宇如聪,王建捷. 北京市夏季降水的日变化特征[J]. 科学通报,2008,53(7):829 – 832.

[18] 杨森,周晓珊,高杰. 辽宁省汛期降水的日变化特征[J]. 气象,2011,37(8):943 – 949.

[19] 李博渊,马宏君,庄晓翠,等. 2010—2016年新疆阿勒泰地区暖季降水日变化特征[J]. 干旱气象,2017,35(5):797 – 805.

[20] 原韦华,宇如聪,傅云飞. 中国东部汛期持续性降水日变化在淮河南北的差异分析[J]. 地球物理学报,2014,57(3):752 – 759.

[21] 计晓龙,吴昊旻,黄安宁,等. 青藏高原夏季降水日变化特征分析[J]. 高原气象,2017,36(5):1188 – 1200.

[22] 陈春艳,王建捷,唐冶,等. 新疆夏季降水日变化特征[J]. 应用气象学报,2017,28(1):72 – 85.

[23] 顾朝军,穆兴民,高鹏,等. 1961—2014年黄土高原地区降水和气温时间变化特征研究[J]. 干旱区资源与环境,2017,31(3):136 – 143.

[24] 林春泽,刘琳,林文才,等. 湖北省汛期降水日变化特征田[J]. 大气科学学报,2016,39(4):490 – 500.

[25] 宇如聪,李建,陈昊明,等. 中国大陆降水日变化研究进展[J]. 气象学报,2014,72(5):948 – 968.

[26] YU R C, Zhou T J, Xiong A Y, et al. Diurnal variations of flood season precipitation over contiguous China [J]. Geophysical Research Letters, 2007,34(1):223 – 234.

[27] YU R C, Li J. Hourly rainfall changes in response to surface air temperature over eastern contiguous China[J]. Journal of Climate, 2012,25(19):6851 – 6861.

[28] 唐红玉,顾建峰,张焕,等. 西南地区降水日变化特征分析[J]. 高原气象,2011,30(2):376 – 384.

[29] 韩函,吴昊旻,黄安宁. 华北地区夏季降水日变化的时空分布特征[J]. 大气科学,2017,41(2):263 – 274.

[30] 焦建丽,康雯瑛. 河南省年降水的区域特征分析[J]. 华北水利水电学院学报,2007,28(4):7 – 10.

[31] 李蔼恂,肖辉,周筠珺,等. 河南省春季和秋季降水时空变化的

特征研究[J]. 气候与环境研究,2012,17(6):884 - 896.
[32] 徐文明,孔海江. 河南省降水日变化特征分析:第 26 届中国气象学会年会灾害天气事件的预警、预报及防灾减灾分会场论文集[C]. 北京:中国气象学会,2009:1026 - 1034.
[33] 陈艳,郭世昌,刘瑜,等. 云南雨季开始期时空变化特征及其与 ENSO 的关系[J]. 干旱气象,2017,35(4):545 - 551.

Diurnal Variations of Precipitation in Flood Season of He'nan Province

WANG Xinwei[1,2], DU Mingzhe[1,2], XIAO Yao[1,2]

(1. *He'nan Key laboratory of Agrometeorological Support and Application Technique, CMA, Zhengzhou* 450003, *China*;
2. *He'nan Provincial Meteorological Service Center, Zhengzhou* 450003, *China*)

Abstract: The diurnal variations of precipitation in flood seasons in He'nan Province were analyzed using the hourly rainfall data of 111 meteorological stations during 1971 - 2010. The results show that the daily peaks of precipitation and precipitation frequency decreased from south to north. In terms of the rainfall amount, the daily peak value in the Yellow River basin was obviously smaller than that in the Huaihe basin. Besides, the daily peak values in Nanyang basin, mountain regions in western He'nan and most parts of southern He'nan always occurred in the wee hours, at dusk and in the afternoon, respectively. For precipitation frequency, the daily peak in southern He'nan was the largest, followed by the Nanyang basin and the mountain areas of western He'nan. In most regions, the daily peak occurred in the morning. Two maximum values appeared in precipitation, precipitation frequency and precipitation intensity within one day, which peaked in the early morning and at dusk. Further analysis of the rainfall amounts indicated that the long - term precipitation contributed more significantly to precipitation in flood season in He'nan than that of short - term precipitation.

Key words: precipitation; diurnal variation; He'nan; persistent precipitation