

环海军,刘岩,孟伟,等.鲁中地区不同持续时间年最大降水特征[J].干旱气象,2017,35(5):815-821, [HUAN Haijun, LIU Yan, MENG Wei, et al. Characteristics of Annual Maximum Precipitation with Different Durations in the Middle Area of Shandong Province[J]. Journal of Arid Meteorology, 2017, 35(5):815-821], DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-05-0815

鲁中地区不同持续时间年最大降水特征

环海军,刘岩,孟伟,夏福华

(山东省淄博市气象局,山东 淄博 255048)

摘要:基于鲁中地区8个气象站1999—2015年逐分钟降水数据,分析15个历年最大降水变化特征。结果表明:鲁中地区年最大降水强度由短历时向长历时递减,短历时和长历年最大降水量分别达特大暴雨和暴雨级别的年份最多;南部山区沂源和北部高青平原多数历年最大降水强度随时间呈减少趋势,其他地区5~15 min历时随时间呈增加趋势,其他历时多数呈减少趋势;各历时多年平均最大降水强度大值均在西南部山区,山区各历时降水强度高于其他地区,年最大降水强度空间差异由短历时向长历时缩小;多数地区各历年最大降水最早出现在5、6月,最晚出现在8、9月,最多出现在7、8月,南部山区沂源和北部高青平原各历年最大降水出现日期随时间呈提前趋势,其他地区变化趋势不显著;短历年最大降水最易从傍晚开始,随着历时的增加,开始时间由傍晚向上半夜推迟,南部山区沂源各历年最大降水最多开始于凌晨和上午,而北部高青平原最多开始于下半夜和凌晨,其他地区短历年最大降水最多开始于下午和傍晚,长历时最多开始于夜间和凌晨。

关键词:短历时;长历时;年最大降水;变化特征

文章编号:1006-7639(2017)05-0815-07 DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-05-0815

中图分类号:P468.0⁺24

文献标志码:A

引言

在全球气候变暖背景下,极端天气事件发生频率和强度均有所增加,掌握区域性极端降水事件的时空变化规律,对及时、准确地开展预报预警服务,制定科学的防灾减灾措施有重要意义^[1-2]。随着逐分钟降水观测资料的运用,国内外不少学者开始对不同历时降水进行研究。吴滨等^[3]研究表明,福建省不同历时暴雨频次的空间分布特点基本相同,1 h、3 h、6 h短历时暴雨频次年变化趋势不显著,部分台站呈现弱增加趋势,24 h长历年暴雨频次增加趋势强于短历时;沈澄等^[4]研究表明,南京雨强大于50 mm·h⁻¹的致灾性短时强降水过程发生次数呈显著增加趋势,不同月份短时强降水出现时间不同。

对极端降水事件及不同历时雨量分布变化也有很多研究,如魏军等^[5]研究表明,近43 a石家庄市极端降水事件发生频率总体变化趋势平缓,但年际波动较大。成丹等^[6-7]研究表明,宜昌市短历时暴雨

的峰值趋于增大,持续时间趋于增加;中长历时暴雨的小时雨量无显著变化,但雨量分布、雨峰趋于后移,持续时间趋于增加。李悦等^[8]研究表明,甘肃天水地区最大日降水量年际变幅较大,主要集中在6—8月。

对山东地区不同历时降水特征的分析较少,主要集中在对日降水事件及降水量和降水环流背景的研究,如董旭光等^[9]研究发现,近50 a山东省年降水日数总体呈极显著减少趋势,暴雨强度增加趋势明显;腾华超^[10]研究表明,S(南地转风)、SE(偏东南地转风)、SW(偏西南地转风)、C(低压气旋控制)型是山东省夏季主要降水环流型;王成都等^[11]分析指出山东极端降水量由东南向西北减小,21世纪前10 a部分地区极端最大过程降水量较20世纪70—90年代大;于婷婷等^[12]研究表明,夏季降水在山东省区域内以一致性为主,在该趋势下又有明显的南部和北部以及东部和西部差异。在不同历时降水研究方面,尹承美等^[13]研究表明,济南市小时降水量大于15 mm强降水主要出现在07:00、19:00和

收稿日期:2017-03-27;改回日期:2017-06-15

基金项目:山东省气象局气象科学技术研究项目“鲁中地区极端降水事件时空变化特征及暴雨强度公式分区研究”(2016sdqxm13)资助

作者简介:环海军(1987—),男,汉族,江苏南通人,研究生,工程师,主要从事应用气象研究。E-mail:324380521@qq.com。

23:00 前后;环海军等^[14]研究指出淄博市城区暴雨强度呈上升趋势,上升幅度由短历时向长历时递减。综上可知,不同地区不同历时降水分布特征和变化规律不同,应结合当地不同历时降水资料进行分析。

鲁中地区地处暖温带大陆性季风气候区,多数地区处在亚湿润气候大区的指标范围,地形主要包括平原和山区,受季风影响,气候特征具有明显的季节性,主要种植冬小麦和夏玉米等作物和苹果、猕猴桃等果树。目前针对该地区不同历时尤其是短历时降水特征的研究较少,本文基于鲁中地区 8 个气象站近 17 a 逐分钟降水数据,分析 15 个历年最大降水变化特征,以期深入了解当地不同历时的降水规律,为极端强降水事件的预测预警提供参考依据,更好地服务当地社会经济的发展。

1 资料和方法

1.1 资料

气象资料来源于鲁中地区 8 个气象站(图 1) 1999—2015 年的雨量观测原始数据。降雨历时选取 5 min、10 min、15 min、20 min、30 min、45 min、60 min、90 min、120 min、180 min、240 min、360 min、540 min、720 min 和 1 440 min 15 个历时。由于 1990—1998 年部分台站无降水自记纸资料,因此选取 1999—2015 年分钟降水观测资料。

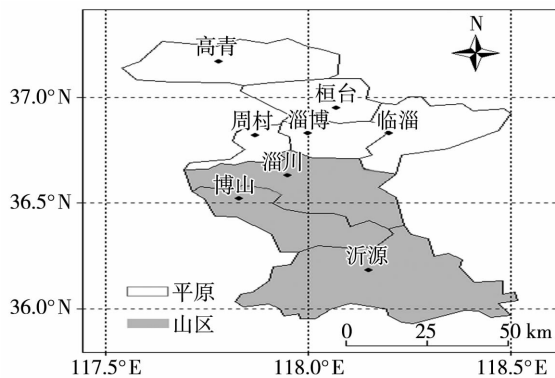


图 1 观测站点分布

Fig. 1 The distribution of observation stations

1.2 计算方法

24 h 暴雨标准值采用气象部门规定,24 h 降水量大于等于 50 mm 为暴雨,大于等于 100 mm 为大暴雨,大于等于 250 mm 为特大暴雨。对于短历时 6 h 或更短历时的暴雨标准,采用 G·Wussow^[15]提出的各历时暴雨临界值 $r(t)$ 来定义,公式如下:

$$r(t) = \begin{cases} \sqrt{5t} & t < 120 \text{ min} \\ \sqrt{5t - \left(\frac{t}{24}\right)^2} & t \geq 120 \text{ min} \end{cases} \quad (1)$$

式中: t (min)为降水历时;当 t 内的降水量 $R > r(t)$ 时称为暴雨;若 $R > 1.5 r(t)$ 时为大暴雨;若 $R > 2 r(t)$ 时为特大暴雨,不同历时不同暴雨等级标准值见表 1。

表 1 不同历时不同暴雨等级标准值

Tab. 1 The standard values of different rainstorm grades for different durations

历时/min	暴雨/mm	大暴雨/mm	特大暴雨/mm
5	5.0	7.5	10.0
10	7.1	10.7	14.2
15	8.7	13.1	17.4
20	10.0	15.0	20.0
30	12.2	18.3	24.4
45	15.0	22.5	30.0
60	17.3	26.0	34.6
90	21.2	31.8	42.4
120	24.0	36.0	48.0
180	29.0	43.5	58.0
240	33.2	49.8	66.4
360	39.7	59.6	79.4
1 440	50.0	100.0	250.0

从全年的降水自记纸或每分钟降水量数据文件中,挑取本年内 15 个历时最大降水量及相应开始时间,各历时最大降水量从分钟降水量数据滑动挑取,且不受日、月界的限制(但不跨年挑取),将获得的各历时年最大降水量除以降水历时得到各历时的年最大降水强度,并将其按照降序排列,得到不同历时年最大降水强度序列,运用气候倾向率、相关系数等统计方法分析不同历时年最大降水的时空变化特征及出现时间规律。

2 结果与分析

2.1 不同历时年最大降水暴雨等级

对不同历时年最大降水进行暴雨等级研究,其中短历时 5 min 和长历时 1 440 min 不同等级暴雨发生年数见图 2,其他历时图略。可以看出,短历时年最大降水量除平原地区少数年份外均达暴雨级别,多数地区达特大暴雨等级年数最多,各短历时最大降水达各暴雨等级的年数分布相近。长历时各地达暴雨等级的年数最多,平原较山区略偏多,各长历时达各暴雨等级年数分布相近。鲁中地区短历时年最大降水强度较长历时大,达特大暴雨等级年数多,产生的灾害大,需对其发生规律和特征进行深入研究。

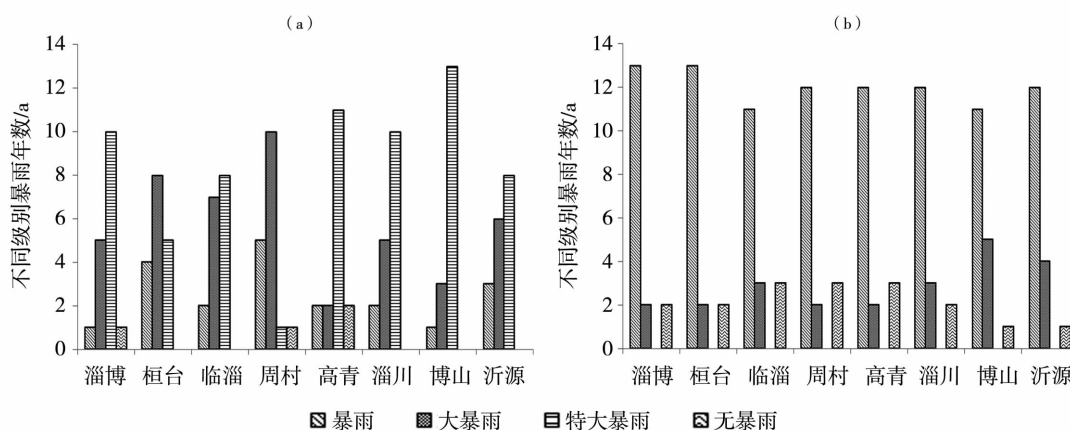


图 2 5 min(a)和 1440 min(b)年最大降水不同等级发生年数

Fig.2 The occurring years of different grades rainstorm for annual maximum precipitation amount with durations of 5 (a) and 1440 minutes (b) in the middle of Shandong Province

2.2 不同历时年最大降水强度特征

2.2.1 不同历时年最大降水强度时间变化

不同历时平均年最大降水强度分布见图 3,可以看出鲁中地区多年平均年最大降水强度由短历时向长历时递减。不同历时年最大降水强度气候倾向率见表 2,南部山区沂源不同历时年最大降水强度随时间均呈减小趋势,其中 90 min 年最大降水强度显著减小;北部高青平原除 20~90 min 外,其他历时年最大降水强度随时间均呈减小趋势,其中 5 min 历时减小幅度最大;其他地区 5~15 min 历时年最大降水强度随时间呈增加趋势,最大增加幅度在中部平原地区,东部平原 45~1440 min 各历时年最大降水强度呈较弱的减小趋势,中部山区 180~1440 min 各历时年最大降水强度呈显著减小趋势,短历时年最大降水强度的增加趋势较长历时的减小趋势明显。

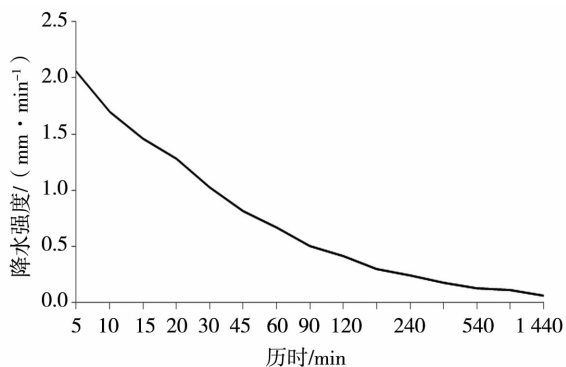


图 3 不同历时鲁中地区平均年最大降水强度

Fig.3 The average annual maximum precipitation intensity with different durations in the middle of Shandong Province

2.2.2 不同历时年最大降水强度空间变化

对不同历时多年平均年最大降水强度空间分布进行分析,发现短历时空间变化幅度较大,其中有代表性的 5 min、30 min、60 min 和 360 min 历时年最大降水强度空间分布见图 4,长历时年最大降水强度空间变化与 360 min 历时的空间分布基本一致,故其他历时的空间分布图略。由图 4 可知,不同历时年最大降水强度大值均在西南部山区,5 min 年最大降水强度最小值出现在西部平原,30 min、60 min 和 360 min 历时的最小值出现在中部平原;山区各历时年最大降水强度高于平原地区,北部高青平原高于中部平原。年最大降水强度的空间差异由短历时向长历时缩小,720 min 和 1440 min 历时年最大降水强度空间分布趋于均匀。综上分析,鲁中地区短历时年最大降水强度的地域差异高于长历时。

2.3 不同历时年最大降水量出现时间特征

2.3.1 不同历时年最大降水量出现时间年变化

各历时年最大降水量最早和最晚出现月份分布见表 3。南部山区沂源短历时年最大降水量最早出现在 7 月,长历时出现在 6 月;中部桓台平原 90 min、120 min 和 180 min 这 3 个历时最早出现在 4 月(2003 年),其他地区出现在 5、6 月;中南部山区多数历时年最大降水量出现在 5 月。

各历时年最大降水量最晚出现在 8、9 月,多数地区短历时最晚出现在 8 月,长历时多数最晚出现在 9 月,尤其 540 min、720 min、1440 min 3 个长历时年最大降水量各地最晚均出现在 9 月。

鲁中地区各历时年最大降水量最多出现月份见表 4。各历时年最大降水量各地最多出现在 7、8 月,短历时中南部地区多数出现在 8 月,其他地区出

表 2 不同历时年最大降水强度气候倾向率

Tab.2 The climate tendency rates of annual maximum precipitation intensity with different durations

单位: $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$

历时/min	淄博	桓台	临淄	周村	高青	淄川	博山	沂源
5	0.38	0.62	0.08	0.24	-0.32	0.25	0.16	-0.02
10	0.30	0.45	0.23	0.11	-0.05	0.22	0.19	-0.09
15	0.28	0.27	0.32	0.11	-0.01	0.05	0.20	-0.09
20	0.28	0.27	0.21	0.09	0.08	-0.04	0.28	-0.06
30	0.28	0.20	0.04	0.11	0.16	-0.09	0.17	-0.07
45	0.23	0.15	-0.03	0.11	0.15	-0.09	0.11	-0.11
60	0.15	0.12	-0.03	0.10	0.10	-0.05	0.05	-0.09
90	0.10	0.10	-0.01	0.05	0.05	-0.05	-0.02	-0.13*
120	0.08	0.09	-0.01	0.04	-0.02	-0.06	-0.03	-0.11
180	0.07	0.06	-0.01	0.03	-0.07	-0.07*	-0.01	-0.07
240	0.05	0.03	0.00	0.02	-0.07	-0.08*	-0.01	-0.05
360	0.03	0.01	0.00	0.01	-0.05	-0.04	-0.01	-0.05
540	0.02	-0.01	0.00	0.01	-0.04	-0.04*	-0.01	-0.03
720	0.01	-0.01	-0.01	0.01	-0.03	-0.02	-0.01	-0.02
1 440	0.00	0.00	-0.01	0.01	-0.01	-0.02*	-0.01	-0.01

注: * 表示相应值通过 0.05 显著性水平

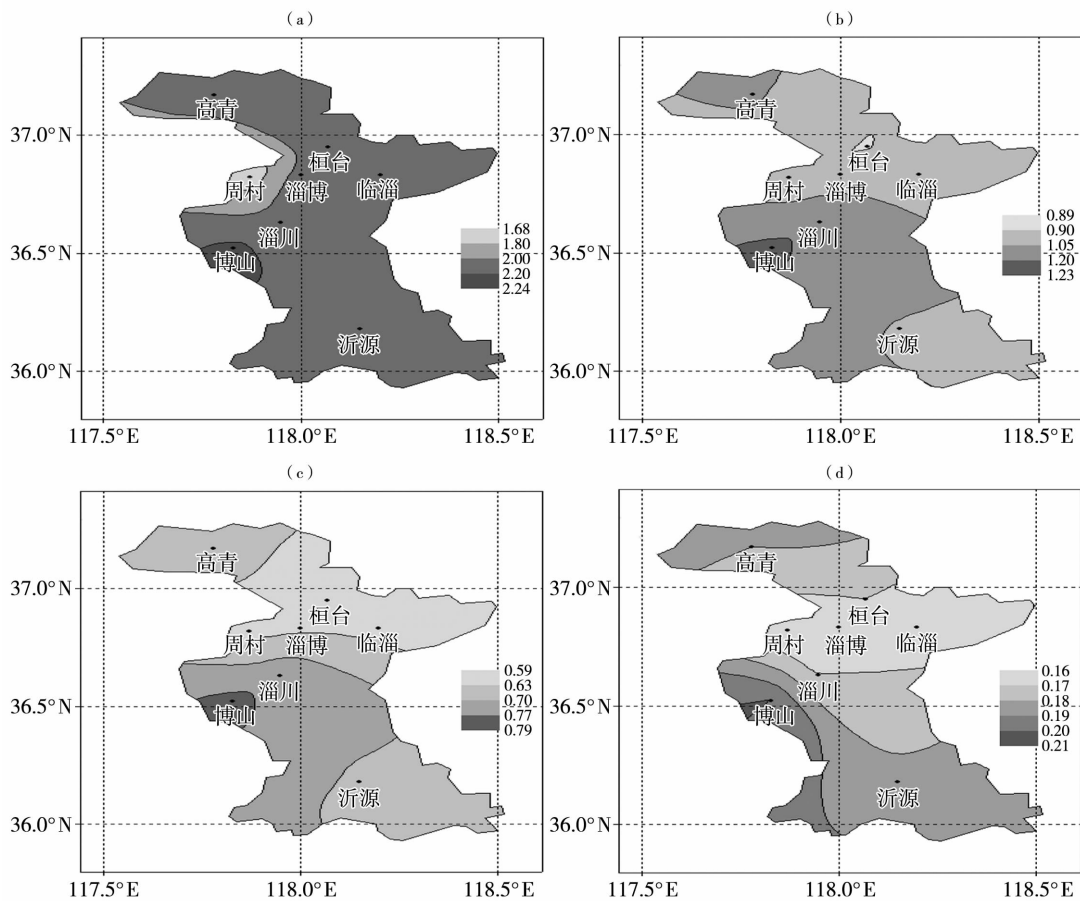


图 4 5 min(a)、30 min(b)、60 min(c)和 360 min(d)

历年年最大降水强度(单位: $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)空间分布

Fig.4 The spatial distributions of annual maximum precipitation intensity (Unit: $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$) with 5 minutes (a), 30 minutes (b), 60 minutes (c) and 360 minutes (d)

表 3 鲁中地区各历时年最大降水量最早和最晚出现月份
Tab. 3 The earliest and latest occurring month of annual maximum precipitation amount with different durations in the middle of Shandong Province

历时/ min	最早出现月份								最晚出现月份							
	淄博	桓台	临淄	周村	高青	淄川	博山	沂源	淄博	桓台	临淄	周村	高青	淄川	博山	沂源
5	6	5	5	6	6	5	5	6	8	8	8	9	8	8	8	9
10	6	5	5	6	5	5	5	7	8	8	8	9	8	9	8	9
15	6	5	5	6	5	5	5	7	8	8	8	9	8	9	8	9
20	6	5	5	6	6	5	5	7	8	8	8	9	8	9	8	9
30	6	6	5	6	6	5	5	7	9	8	8	9	8	9	8	9
45	6	6	5	6	6	5	5	7	9	8	9	9	8	9	8	9
60	5	6	5	6	6	5	5	6	9	8	8	9	8	9	8	9
90	5	4	6	6	5	7	5	6	9	8	9	9	9	9	8	9
120	5	4	6	6	5	5	5	6	9	8	8	9	9	9	8	9
180	5	4	6	6	5	5	5	6	9	8	8	9	9	9	9	9
240	5	6	6	6	5	5	5	6	9	9	8	9	9	9	9	9
360	5	6	5	6	5	5	5	6	9	9	8	9	9	9	9	9
540	5	6	5	5	5	5	5	6	9	9	9	9	9	9	9	9
720	5	6	5	5	5	6	5	6	9	9	9	9	9	9	9	9
1 440	5	5	5	5	7	5	5	7	9	9	9	9	9	9	9	9

表 4 鲁中地区各历时年最大降水量最多出现月份
Tab. 4 The most frequent month for annual maximum precipitation amount with different durations in the middle of Shandong Province

历时/ min	淄博	桓台	临淄	周村	高青	淄川	博山	沂源
5	8	7	7	7	7	8	8	7
10	8	8	7	7	7	8	7	7
15	8	8	7	7	7	8	7	7
20	8	8	7	7	7	8	8	7
30	8	7	7	7	7	8	8	7
45	8	7	7	7	7	8	8	7
60	8	7	7	7	7	7	7	7
90	8	7	7	7	7	8	7	7
120	8	7	7	7	7	7	7	7
180	8	7	7	7	7	7	7	7
240	8	7	7	7	7	7	7	7
360	8	7	7	7	7	8	7	7
540	8	7	7	7	7	7	7	7
720	8	7	7	7	7	7	7	7
1 440	8	7	8	7	7	7	7	7

现在 7 月,长历时多数地区最多都出现在 7 月。7、8 月鲁中地区出现极端降水的概率大,是该地区防汛的关键期。

各历时年最大降水量出现日期日序年变化趋势见表 5。各历时南部山区沂源和北部高青平原年最大降水出现日期随时间变化呈提前趋势,其中南部山区沂源 45 ~ 720 min 9 个历时明显提前,变化幅度大的为北部高青平原;中西部平原各历时年最大降水量出现日期日序变化趋势不显著,短历时呈提前趋势;中东部平原 90 ~ 240 min 历时年最大降水量出现日期日序呈推延趋势,其他历时大部分呈提前趋势,变化趋势均不显著。

2.3.2 不同历时年最大降水出现时间日变化

不同历时年最大降水开始时间在不同时段出现的次数见图 5。短历时年最大降水开始时间出现在傍晚的次数最多,其次为下午,长历时年最大降水开始时间出现在上半夜的次数最多,其次为傍晚和下半夜。短历时年最大降水最易在傍晚开始,随着历时的增加,开始时间由傍晚向上半夜推迟,各历时年最大降水开始时间出现在上午的次数最少。

表 5 各历时年最大降水量出现日期日序气候倾向率

Tab. 5 The climate tendency rates of date - ordered of annual maximum precipitation with different durations
单位: $d \cdot (10 a)^{-1}$

历时/ min	淄博	桓台	临淄	周村	高青	淄川	博山	沂源
5	-10.1	6.9	7.6	-1.1	-23.9*	-17.8	-4.6	-15.0
10	-13.1	-1.5	-1.3	-10.0	-21.8	-11.9	-1.7	-14.6
15	-10.1	-6.1	-0.2	-7.6	-21.8	-16.1	0.2	-14.6
20	-18.5	-9.8	4.3	-6.9	-19.4	-16.1	-1.2	-15.8
30	-23.2	-2.6	-1.7	-8.5	-15.8	-21.4	-1.2	-13.6
45	-24.1*	-2.6	1.7	-8.8	-17.4	-22.5	6.8	-15.0*
60	-6.6	-2.6	3.4	-8.8	-16.3	-21.5	-1.1	-17.1*
90	-0.4	1.9	6.7	-3.4	-24.3	-13.8	-1.5	-18.3*
120	-0.4	4.3	8.0	-9.1	-15.8	-19.0	-1.5	-26.3**
180	3.5	9.4	6.3	0.9	-15.8	-16.6	-7.2	-26.8**
240	0.7	-4.3	6.3	0.9	-15.0	-16.7	-7.2	-26.8**
360	-1.3	-4.3	0.0	-8.9	-8.2	-22.0	-10.7	-30.7**
540	8.5	-4.3	-6.4	-11.3	-7.2	-20.7	-10.5	-27.4*
720	-17.5	-3.2	-17.7	-14.4	-12.5	-15.9	-7.5	-27.3**
1440	-2.5	-17.3	-8.7	-4.1	-23.5	-9.1	-7.3	-19.4

注: *, ** 分别表示相应值通过 0.05, 0.01 显著性水平

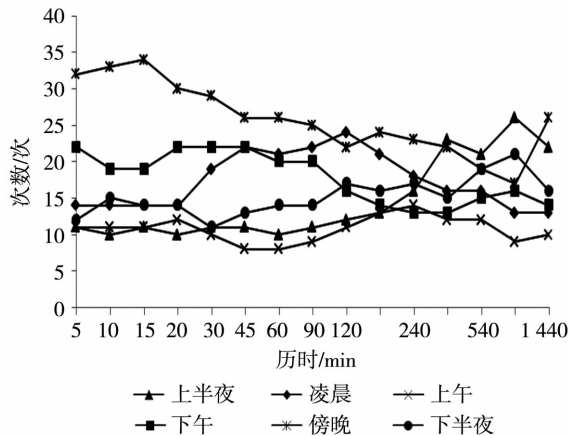


图 5 各历时年最大降水开始时间
在不同时间段出现频次

Fig. 5 The frequency in different periods
of the beginning time of annual maximum
precipitation with different durations

不同地区不同历时年最大降水开始时间出现频次最多的时间段见表 6, 南部山区沂源各历时年最大降水易开始于凌晨和上午, 而北部高青平原易开始于下半夜和凌晨, 其他地区短历时年最大降水易开始于下午和傍晚, 长历时易开始于夜间和凌晨。

表 6 鲁中地区不同历时年最大降水
开始时间出现频次最多的时间段分布

Tab. 6 The most frequent period for the beginning
time of annual maximum precipitation with different
durations in the middle of Shandong Province

历时/ min	淄博	桓台	临淄	周村	高青	淄川	博山	沂源
5	下午	傍晚	下午	傍晚	下半夜	傍晚	傍晚	凌晨
10	下午	傍晚	下午	傍晚	凌晨	傍晚	傍晚	上午
15	下午	傍晚	下午	傍晚	下半夜	傍晚	傍晚	上午
20	下午	傍晚	下午	傍晚	下半夜	傍晚	傍晚	上午
30	傍晚	下午	下午	傍晚	凌晨	傍晚	傍晚	凌晨
45	下午	下午	下午	傍晚	下半夜	傍晚	凌晨	凌晨
60	傍晚	凌晨	下午	傍晚	下半夜	傍晚	傍晚	凌晨
90	下午	傍晚	下午	傍晚	凌晨	傍晚	傍晚	凌晨
120	傍晚	傍晚	凌晨	凌晨	凌晨	上半夜	凌晨	凌晨
180	下半夜	上午	下午	傍晚	下半夜	上半夜	凌晨	凌晨
240	下半夜	上午	下午	傍晚	下半夜	上半夜	下午	凌晨
360	下半夜	下半夜	凌晨	傍晚	下半夜	傍晚	下午	凌晨
540	上半夜	下午	凌晨	下半夜	下半夜	傍晚	下午	凌晨
720	下半夜	下半夜	下半夜	下半夜	上半夜	下半夜	下半夜	傍晚
1440	傍晚	下午	下半夜	傍晚	上半夜	下半夜	下半夜	下半夜

3 结论与讨论

(1) 鲁中地区多年平均年最大降水强度由短历时向长历时递减, 短历时和长历时年最大降水量分别达特大暴雨和暴雨级别的年份最多。南部山区沂源不同历时年最大降水强度随时间呈减小趋势, 其中 90 min 年最大降水强度显著减小; 北部高青平原多数历时年最大降水强度随时间呈减小趋势, 其中 5 min 减小强度最大; 其他地区 5 ~ 15 min 年最大降水强度随时间呈增加趋势, 最大增加幅度在中部平原地区, 长历时随时间呈减小趋势, 短历时年最大降水强度的增加趋势较长历时的减小趋势明显。

(2) 不同历时多年平均年最大降水强度大值均在西南部山区, 山区各历时年最大降水强度高于其他地区, 北部高青平原高于中部平原, 年最大降水强度空间差异由短历时向长历时缩小, 720 min 和 1440 min 年最大降水强度空间分布趋于均匀。

(3) 鲁中地区年最大降水最早出现在 6 月前, 南部山区沂源偏晚。各历时年最大降水最晚出现在 8、9 月, 多数地区短历时最晚出现在 8 月, 长历时多数出现在 9 月。各历时年最大降水最多出现在

7、8月。各历时南部山区沂源和北部高青平原年最大降水出现日期随时间变化呈提前趋势,其中,南部山区沂源提前趋势显著,中西部平原各历年最大降水量出现日期日序变化趋势不显著。

(4)短历时年最大降水最易从傍晚开始,随着历时的增加,开始时间由傍晚向上半夜推迟,各历年最大降水开始时间出现在上午的次数最少。南部山区沂源各历年最大降水最多开始于凌晨和上午,而北部高青平原最多开始于下半夜和凌晨,其他地区短历时年最大降水最多开始于下午和傍晚,长历时最多开始于夜间和凌晨。

本文主要对鲁中地区15个历年最大降水特征进行了分析,得出了不同历年最大降水的时空变化规律及其出现的时间特征。中部地区短历时降水强度的增加趋势与相关研究^[11,13,15]一致,但南北地区和长历时年最大降水变化趋势存在不一致的地方,中部地区年最大降水易开始于下午和傍晚与济南短时强降水^[12]分析结果基本一致,但其他地区及长历时开始时间存在不一致的地方。

参考文献:

- [1] 张强,姚玉璧,李耀辉,等. 中国西北地区干旱气象灾害监测预警与减灾技术研究进展及其展望[J]. 地球科学进展,2015,30(2):196-213.
- [2] 张强,韩兰英,张立阳,等. 论气候变暖背景下干旱和干旱灾害

- 风险特征与管理策略[J]. 地球科学进展,2014,29(1):80-91.
- [3] 吴滨,文明章,李玲,等. 福建省不同短历时暴雨时空分布特征[J]. 暴雨灾害,2015,34(2):153-159.
- [4] 沈澄,颜廷柏,刘冬晴,等. 2008—2012年南京短时强降水特征分析[J]. 气象与环境学报,2015,31(1):28-33.
- [5] 魏军,李婷,胡会芳,等. 基于RClimDex模型的石家庄市极端降水时空变化特征[J]. 干旱气象,2016,34(4):623-630.
- [6] 成丹,陈正洪. 湖北宜昌市区暴雨雨型的演变特征[J]. 干旱气象,2017,35(2):225-231.
- [7] 成丹,陈正洪,方怡. 宜昌市区短历时暴雨雨型特征[J]. 暴雨灾害,2015,34(3):249-253.
- [8] 李悦,朱拥军,赵庆云,等. 甘肃天水地区最大日降水量变化特征及可能最大日降水量估算[J]. 干旱气象,2015,33(4):581-586.
- [9] 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.
- [10] 滕华超. 山东省夏季降水与大气环流型关系分析[J]. 干旱气象,2016,34(5):789-795.
- [11] 王成都,刘国东,孙冉,等. 1951—2013年山东省极端降水特征分析[J]. 人民黄河,2016,38(8):5-9.
- [12] 于婷婷,刘路花. 30 a山东夏季降水特征及成因分析[J]. 暴雨灾害,2016,35(3):291-296.
- [13] 尹承美,梁永礼,冉桂平,等. 济南市短时强降水特征分析[J]. 气象科学,2010,30(2):262-267.
- [14] 环海军,刘焕斌,刘岩,等. 鲁中主城区暴雨强度公式的修正方法[J]. 干旱气象,2016,34(1):188-194.
- [15] 高绍凤,陈万隆,朱超群,等. 应用气候学[M]. 北京:气象出版社,2001:278.

Characteristics of Annual Maximum Precipitation with Different Durations in the Middle Area of Shandong Province

HUAN Haijun, LIU Yan, MENG Wei, XIA Fuhua

(Zibo Meteorological Bureau of Shandong Province, Zibo 255048, Shandong, China)

Abstract: Based on the minutely precipitation data of eight meteorological stations during 1999–2015 in the middle area of Shandong Province, the variation characteristics of annual maximum precipitation with fifteen durations were analyzed. The results show that the annual maximum precipitation amount decreased from short durations to long durations, annual maximum precipitation with short durations and long durations reached extraordinary rainstorm and rainstorm level at most years, respectively. The annual maximum precipitation intensity for most duration decreased in the southern Yiyuan mountain area and northern Gaoqing plain. The annual maximum precipitation intensity with durations ranging from five to fifteen minutes increased with time in the other regions, but most of other durations of it decreased with time. The strong center of average annual maximum precipitation intensity for fifteen durations was in the southwest mountainous region, in which the precipitation intensity was higher than that of other regions. The spatial difference of annual maximum precipitation intensity decreased from short duration to long duration. The annual maximum precipitation for fifteen durations first appeared in May and June in most regions, appeared in August and September at the latest. The annual maximum precipitation for fifteen durations appeared most frequently in July and August, the dates of annual maximum precipitation for different durations showed an advanced trend in the southern Yiyuan mountain area and northern Gaoqing plain, but it was not significant in the other regions. The annual maximum precipitation with shorter durations begun in the dusk, the beginning time postponed from dusk to the first half of the night with the increase of duration. The annual maximum precipitation for fifteen durations begun most frequently in the dawn and morning in the southern Yiyuan mountain area, while it begun in the midnight and early morning in the northern Gaoqing plain. The annual maximum precipitation for shorter durations begun most frequently in the afternoon and evening in the other regions, the long durations begun most frequently in the night and dawn.

Key words: short durations; long durations; annual maximum precipitation; variation characteristics