

文章编号: 2096-1618(2020)03-0341-06

湖北省 2008–2017 年强降水特征分析

雷 婧¹, 田 刚², 李 超¹

(1. 成都信息工程大学, 四川 成都 610225; 2. 武汉中心气象台, 湖北 武汉 430074)

摘要:为研究湖北省强降水特征,利用湖北省 2500 多个自动站 2008–2017 年逐小时降水资料,分析 976 个强降水个例的时空分布特征,重点对局地短时强降水特征加以讨论,结论如下:(1)湖北省强降水具有明显的季节分布特征,夏、春、秋季依次减少;空间分布上,山地平原交界带及东部地区频次较高,鄂西北地区频次较少。(2)局地短时强降水个例(217 个)占强降水个例的22%,是湖北强降水的重要表现形式之一,主要表现在区域自动站上(占比高达93.3%),过去由于测站密度不高等原因未对这类强降水给予足够的重视。(3)局地短时强降水时间分布上,7月数量最多,主要出现在午后至傍晚时段,持续时间以1 h为主;空间分布呈东西部密集、中部稀疏的格局,其中黄冈、咸宁、宜昌附近发生频次较高。

关键词:气象学;强降水;局地短时强降水;逐时降水量;时空分布

中图分类号:P426.6

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2020.03.015

0 引言

受全球气候变暖的影响,水循环加剧,降水时空分布发生变化,极端降水事件明显增多,从而导致洪涝灾害事件增多^[1–2]。Jones 等^[3]对英国地区极端降雨进行区域频率分析,针对极端降水的季节时序和极大值等特征对极端降水区域的时空特征进行了描述。Madsen 等^[4]利用区域偏时序列(PDS)模型估计了丹麦极端降水的强度、时频关系,与丹麦以前的区域研究相比,极端降雨强度在1 h的时间范围内普遍增加。Mondal 等^[5]基于极值理论(EVT)分析了印度极端降水特征的变化,提出了印度极端降雨强度、持续时间和频率的非平稳统计模型。Li Jian 等^[6]提出了一种线性评价降雨频率–强度分布的方法,认为地形和季风环流是控制降雨频率–强度分布的两个主要因素,在地表高度高、地形复杂的站点,小雨发生频率极高,强降水事件相对较少。

湖北省地处典型的季风气候区,是中国暴雨多发省份之一,由于特殊的地理位置和地形地貌,决定了湖北暴雨发生机制和降水分布更复杂^[7–9]。唐永兰等^[7]从时空分布、趋势变化、局地特征等方面,分析了近54 a湖北极端降水的变化特征,得到极端降水日、极端降水量、极端降水强度等均存在明显的区域特征。林春泽等^[8]分析了夏季(6–8月)降水日变化特征,得到湖北省夏季降水日变化特征非常明显,降水量曲线呈双峰结构的结论。吴翠红等^[9]利用湖北省逐小时雨量对强降水过程进行分析,认为其强降水源地主要位于鄂西山区和江汉平原南部,强降水频发区主要位于孝感、黄冈北部和宜昌等地。李烁阳等^[10]分析得到

湖北省近50 a降水量整体呈略微减少的趋势,但减少趋势不显著。

局地短时强降水,具有突发性、局地性、影响大等特点,是造成城市积涝、山体滑坡等气象衍生灾害的主要原因之一^[11–12]。林春泽等^[8]认为湖北省短时强降水发生概率东部大于西部,平原大于山区,主要分布在鄂西南,江汉平原以及鄂东地区。吴涛等^[13]利用天气雷达平均散度产品分析了短时强降水大气低层辐合特征,结果表明低层辐合且明显增强可能具有预警指示意义。吴翠红等^[14]认为地形对强降水的影响表现在地形性涡旋的生成使降水强度增大,同时狭管效应、喇叭口效应及迎风坡地形效应会使降水效率更高、雨强更大。

从当前的一些研究来看,过去由于资料的时空限制,对日、月、年尺度的降水特征的研究较多,对局地短时强降水的研究较少^[15]。与常规观测资料相比,区域站数据密度大、空间分辨率高,逐小时降水资料已经在业务中占据越来越重要的地位^[15–18]。近年来,随着观测系统的进一步发展,湖北省地面自动观测站数量已达到2500多个,空间分布密集且相对均匀,可以获得分钟级和小时级的气象数据,这为分析短时强降水及其变化特征提供了可能。

利用国家级气象观测自动站和区域加密气象自动站的逐小时降水资料,对湖北省2008–2017年近10 a强降水个例进行普查,从时间分布、频次分布及持续时间等方面进行分析,并重点对局地短时强降水特征加以讨论,了解其特征,为短时临近强降水的识别及预报提供基础。

1 数据说明及强降水标准

1.1 数据说明

文中所使用的降水数据来自湖北省气象局,包括

2008–2017 年湖北省国家级自动观测站和区域加密自动观测站逐小时降水资料。图 1 为湖北省地面自动观测站网分布图(截止到 2018 年),从图 1 看,国家站数量明显少于区域站,且站点分布不均匀,呈现湖北省内东部密集、西部稀疏,平原密集、山地稀疏的分布特点;而区域站不仅数量上明显多于国家站,且空间分布相对均匀,其测站空间分辨率高。图 2 为湖北省近 10 多年来地面观测站网变化曲线,从图 2 上看,观测站网发展非常快,有两个重要发展阶段,一个是在 2008 年前后,地面观测站网达到 1000 个以上,另外一个 是 2010–2014 年,数量发展非常快,到 2014 年已达 2500 个左右并趋于平稳发展,因此采用 2008–2017 年的数据进行分析。



图 1 湖北省地面自动观测站网分布图
(×、●分别表示区域站、国家站站点)

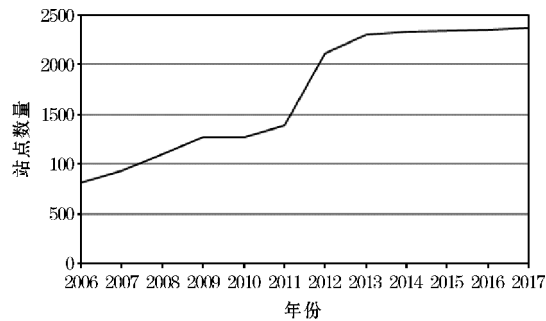


图 2 湖北省近 10 多年来地面观测站网变化曲线

1.2 强降水标准

中国气象局现行业务标准中,将短时强降水定义为小时降水量大于等于 20 mm 的降水。由于湖北强降水具有雨强大、局地性和突发性强的特点,气象灾害种类多、出现频率高、影响范围广、危害程度重,因此关于湖北强降水的研究往往将强降水标准定义为小时降水量 $\geq 30\text{ mm}$ ^[9,13],将沿用小时降水量 $\geq 30\text{ mm}$ 的强降水标准对湖北省暴雨进行研究。

2 湖北强降水特征分析

利用 2008–2017 年 4–9 月逐小时降水资料,按照小时降水量 $\geq 30\text{ mm}$ 的降水标准,筛选出强降水个例共计 976 个,以下的分析以此为基础。

2.1 强降水时间分布特征

统计 2008–2017 年 976 个强降水个例的发生时

间,得出强降水的时间分布表(表 1)。从年总量上来看,个例数在 77~134,年分布不均匀,2012–2013 年最少,2014–2015 年最多,这可能与拉尼娜事件与强厄尔尼诺事件相关。从月总量上来看,6–8 月个例数最多,占个例总数的 62.6%,4、5 月个例数占总数的 25%,9 月为 12.4%。各年来看,也存在类似的季节分布特征,即夏季(6–8 月)最多,春季(4–5 月)次之,秋季(9 月)最少。这与吴翠红等^[9]的研究结论是一致的。

表 1 2008–2017 年湖北强降水个例数量时间分布

年份	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	合计
2008	7	12	16	29	22	13	99
2009	9	14	15	20	22	14	94
2010	12	12	12	26	18	13	93
2011	6	7	15	25	27	14	94
2012	11	5	13	24	19	7	79
2013	5	12	15	18	22	5	77
2014	5	19	21	24	25	21	115
2015	14	27	24	19	30	20	134
2016	13	20	19	15	13	5	85
2017	16	18	18	22	23	9	106
总计	98	146	168	222	221	121	976

2.2 强降水频次分析

统计 2008–2017 年湖北省强降水个例站点频次表明:湖北境内都存在强降水的分布,发生强降水的站点(频次 ≥ 1)占 96.2%,接近一半的站点强降水频次大于 10 次(图 3)。

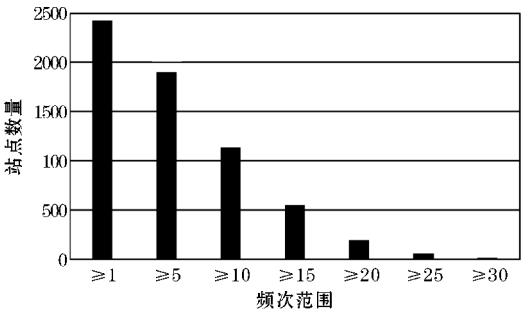


图 3 2008–2017 湖北强降水站点频次统计图

图 4 为湖北强降水频次空间分布图。从图 4 上看,强降水频次空间分布特征呈现山地平原交界带及东部地区强降水频次分布较高,鄂西北地区发生频次较少。发生频次较多的地区主要位于鄂东北大别山西南侧黄冈、武汉等地;鄂北大洪山南侧孝感等地;鄂东南幕府山西北侧咸宁等地;鄂西南武夷山脉恩施州一带;鄂西山脉东坡宜昌附近区域。对未发生强降水的站点进行统计(图略),站点聚集分布在鄂西北山地高原处,因此湖北西北部是强降水少发区。从湖北省地形上来看,中部为平原,地势低平,东西北三面环山,呈向南敞开的马蹄形盆地地势。这样的地形分布特征有利于暖湿空气在平原地区汇集,在山地平原交接处产生降水。

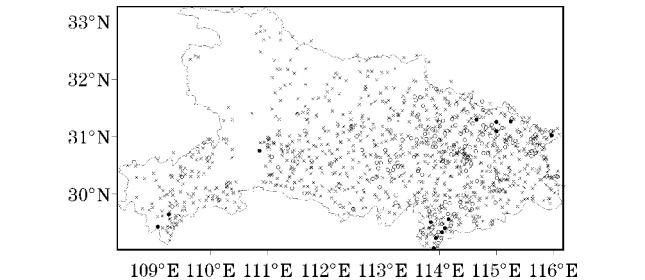


图4 2008–2017 湖北强降水频次空间分布图(×、○、●分别表示 10 次 ≤ 频次 < 20 次、20 次 ≤ 频次 < 30 次、频次 ≥ 30 次)

2.3 强降水持续时间与站数之间的关系

2.3.1 强降水持续时间统计

统计湖北省强降水个例持续时间,得到持续时间为 1~24 h 的个例 854 个,占比87.5%,持续时间大于25 h 的个例数显著减少,并且随着持续时间的增长,个例发生次数呈显著减少的趋势(图略)。持续时间越长,个例越可能以多站数(>50 站)降水的形式出现。持续时间 25~36 h、37~48 h、49~72 h、超过72 h 的个例出现多站数(>50 站)强降水的概率分别为48.3%、69.0%、88.2%、88.9%,而持续时间 1~24 h 的个例出现多站数(>50 站)强降水的概率仅为2.7%,即持续时间越长的个例发生强降水的区域可能更广、影响范围更大。

图5 为不同持续时间(1~24 h)的个例分布情况,持续时间为1 h 的个例数有 321 个,占相当大的比例,持续时间在 2~7 h 的平均个例数超过 40 个,持续时间在 8~15 h 的个例数都超过 20 个,因此湖北的强降水多是短历时强降水特征。

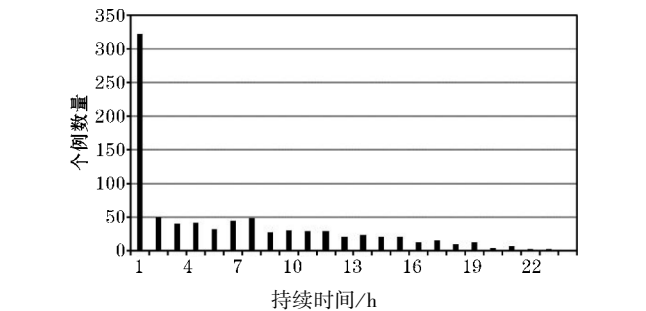


图5 2008–2017 湖北省持续时间 1~24 h 的强降水个例分布图

2.3.2 强降水持续时间与站数之间的关系

2008–2017 湖北省强降水持续时间和站数的对应关系如表 2 所示,从中可以看出:强降水个例主要集中在较少站数、较短持续时间的部分,其中持续时间为 1 h 的单站强降水个例数最多,为 291 个;持续时间短、多站数(站数>50 站,持续时间<8 h)的强降水以及持续时间长、少站数(站数<6 站,持续时间>21 h)的强降水均几乎没有发生。

表 2 2008–2017 湖北强降水持续时间与站数之间关系							
持续时间/h	单站	2~5 站	6~20 站	21~50 站	51~100 站	>100	合计
1	291	26	4	1	0	0	322
2	10	38	2	0	0	0	50
3	3	32	6	0	0	0	41
4	5	25	12	0	0	0	42
5	3	15	13	1	0	0	32
6	1	24	19	0	0	0	44
7	1	28	19	0	0	0	48
8	1	8	13	3	3	0	28
9	4	5	15	6	1	0	31
10	0	6	18	5	0	0	29
11	0	6	14	7	1	1	29
12	0	5	11	5	0	0	21
13	0	4	15	5	0	0	24
14	2	0	10	6	2	1	21
15	1	1	11	4	2	2	21
16	1	0	6	4	2	0	13
17	0	2	7	7	0	0	16
18	0	0	4	5	0	1	10
19	0	1	4	5	1	2	13
20	0	0	2	2	0	0	4
21	1	1	2	3	0	0	7
22	0	0	0	0	2	1	3
23	0	0	2	0	1	0	3
24	0	0	1	1	0	0	2
25~36	0	1	11	22	19	9	62
37~48	0	0	2	5	8	11	26
49~72	0	0	0	1	4	11	16
>72	0	0	2	0	1	15	18
总计	324	228	225	98	47	54	976

图6给出了持续时间1~24 h与站数的分布,1~5站强降水在持续时间7 h以内数量分布较多,且1 h强降水数量最多;6~20站的强降水主要在持续时间3~15 h分布;大于20站的个例在持续时间24 h以内的数量较少。持续时间大于20 h时,各站数个例均几乎很少发生。

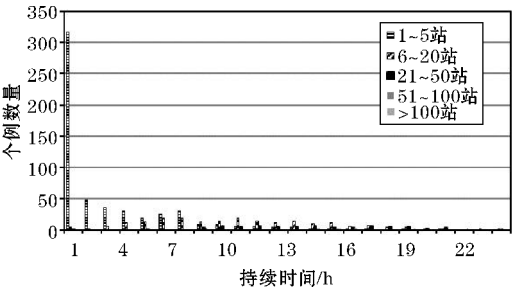


图6 2008-2017 湖北强降水持续时间1~24 h与站数分布图

由此可以得到:2008-2017 湖北省 976 个强降水个例中有较多的局地短时强降水发生,具有持续时间短、影响范围小的特点,同时这些个例在区域站表现更多,比例高达96.3%;过去,由于观测站的空间密度不够,这类现象出现少,没有引起重视,它可能是湖北强降水的主要类型之一,其后将进一步讨论。

3 湖北省局地短时强降水特征分析

3.1 局地短时强降水的筛选

局地短时强降水是影响范围小、持续时间短、雨强大的一类降水。根据前面的分析,把降水站数在1~5站、持续时间3 h以内的个例作为局地短时强降水个例进行进一步分析。这样就获得了400个个例。当然,这些个例不一定是强降水个例,如周围都有降水,并且范围很大,只有一个或者少数几个站达到30 mm以上,因此,引入如下标准对个例进行筛选剔除:(1)除个例站外,没有出现>1 mm降水的观测站;(2)除个例站外,出现降水量>1 mm的观测站的个数>50。条件(1)的作用就是剔除掉一些观测系统不正常(区域观测站设备质量的稳定性一直备受怀疑)产生错误的孤立点强降水,共剔除掉70个个例,条件(2)就是去掉大范围的降水个例,共剔除113个个例,根据这两个条件的严格筛选,得到局地短时强降水个例217个。

3.2 局地短时强降水时间分布特征

根据上述标准,共筛选出217个局地短时强降水个例,按年月统计其发生时间(类似表1,略),得出以下结论:从年份分布来看,变化比较大,最大出现在

2014年,有29例;最小出现在2013年,只有11例。从月份变化来看7月数量最多,6月、8月次之,4月、9月数量最少。局地短时强降水持续时间以1 h为主,占78.9%;持续时间2~3 h的个例数明显减少(图略)。进一步得到局地短时强降水个例逐时变化曲线如图7所示,其中15-20时(即午后至傍晚时间段)发生频数远高于其他时次。

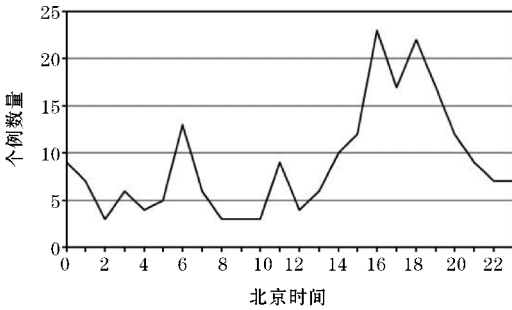


图7 湖北省局地短时强降水逐时变化曲线

3.3 局地短时强降水空间分布特征

在这些个例中出现单站强降水是156个,占总数的71.9%,同时,这些个例在区域站占比是93.3%,过去在分析时没有注意到这类降水,更多关注其强降水具有区域性(区域性暴雨)。由此看来,单站短时强降水应该是湖北省短时强降水的一种主要形式,分析其特征对其预报很有实用价值。

图8是用湖北局地短时强降水个例(217个个例)做的强降水散点分布图(另外,61个个例不是单站强降水,挑选其强度最大的站点),假定散点密度较高的区域作为发生频率较高的区域的话,从图上可以看出:分布呈东西部密集、中部稀疏的格局。较为密集的区域主要分布在宜昌、咸宁、黄冈,这些区域都位于山地或地形起伏较大的下游地区。

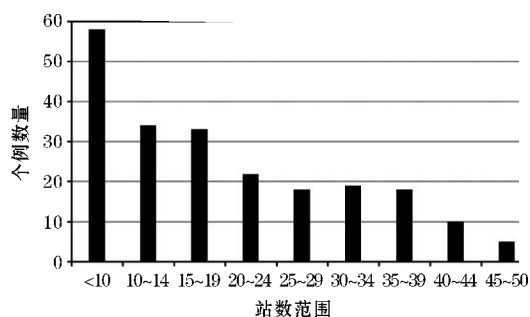


图8 湖北省局地短时强降水散点分布图
(●、○分别表示国家站、区域站站点)

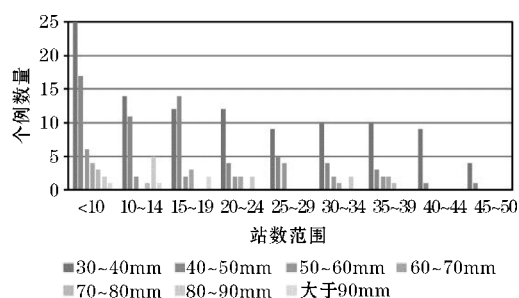
为了分析局地短时强降水特征,图9是湖北局地短时强降水个例分布图,从图9(a)上看,局地短时强降水随站数的增加呈现出减小的趋势,主要集中在25站以下,其中小于10站的个例数最多,假如湖北的观

测站网分布比较均匀,用湖北的国土面积测算出这类强降水的空间尺度在 25 ~ 43 km。从图 9(b) 上看单站降水量最大的主要集中在 30 ~ 50 mm,并且主要分布在 25 站以下。

因此,综合来看,这类强降水的持续时间主要在 1 h,空间范围在 25 ~ 43 km,最大降水强度在 30 ~ 50 mm,10 a 中出现的个例不在少数,是湖北汛期强降水的主要形式之一。



(a) 基于同期不同降水站数



(b) 基于不同降水站数和不同降水量

图9 湖北局地短时强降水个例分布图

4 结论与讨论

利用湖北省 2000 多个气象自动观测站的逐小时降水资料,对湖北省 2008–2017 年近 10 a 强降水个例进行普查,按照一定的强降水标准,得到共计 976 个强降水个例,并通过严格的筛选,重点对 217 例局地短时强降水从时间分布、空间分布等方面进行特征分析,并得到以下结论:

(1)通过分析湖北省 976 个强降水个例,其总体特征为:具有明显的季节分布特征,夏季最多,春季次之,秋季最少;湖北境内都存在强降水的分布,其中山地平原交界带及平原部分地区强降水频次分布较高,鄂西北地区发生频次较少。

(2)通过强降水持续时间与站数关系的讨论,湖北强降水个例中多数具有短时强降水特征,并且少站数、短持续时间的个例数量最多;一定数量的局地短时强降水个例成为新的观测事实,其在区域站上表现更

多,高达 96.3%,是过去没有引起重视的湖北一类主要强降水类型。

(3)根据两条严格的筛选标准,对得到的湖北 217 例局地短时强降水进行分析:时间分布特征上,7 月数量最多,持续时间主要在 1 h,午后至傍晚是这类降水的频发时间段;空间分布特征上,频次分布呈东西部密集、中部稀疏的格局,其中黄冈、咸宁、宜昌附近发生频次较高,降水范围在 25 ~ 43 km,最大降水强度在 30 ~ 50 mm,是湖北汛期强降水的主要形式之一。

着重分析了湖北省局地短时强降水这类过去由于观测手段限制而未能引起重视的一类强降水,利用统计分析的方法对这类降水的时空特征进行了分析。然而其中还有很多值得探索和思考的问题,如这类强降水的形成机制和影响因素以及雷达特征都将是下一步的工作方向。

致谢:感谢成都市科技局科技项目(2018-YF05-01264-GX)对本文的资助

参考文献:

- [1] 气候变化国家评估报告编写委员会. 气候变化国家评估报告[M]. 北京:科学出版社,2007:424.
- [2] IPCC Report. Climate Change 2007, Synthesis Report [R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [3] Jones M R, Blenkinsop S, Fowler H J, et al. Objective classification of extreme rainfall regions for the UK and updated estimates of trends in regional extreme rainfall [J]. International Journal of Climatology, 2014, 34(3): 751–765.
- [4] Madsen H, Gregersen I B, Rosbjerg D, et al. Regional frequency analysis of short duration rainfall extremes using gridded daily rainfall data as covariate [J]. Water Science and Technology, 2017.
- [5] Mondal A, Mujumdar P P. Modeling non-stationarity in intensity, duration and frequency of extreme rainfall over India [J]. Journal of Hydrology, 2015, 521: 217–231.
- [6] Li J, Yu R. A Method to Linearly Evaluate Rainfall Frequency-Intensity Distribution [J]. Journal of Applied Meteorology & Climatology, 2014, 53(4): 928–934.
- [7] 唐永兰, 于晓晶, 徐桂荣, 等. 近 54 a 湖北极端降水的变化特征及其与城市化的关系研究 [J]. 暴雨灾害, 2018, 37(1): 73–82.
- [8] 林春泽, 刘琳, 林文才, 等. 湖北省夏季降水日变化

- 特征[J]. 大气科学学报, 2016, 39(4): 490–500.
- [9] 吴翠红, 王晓玲, 龙利民, 等. 近10 a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(2).
- [10] 李烁阳, 刘小燕, 杨贵羽, 等. 湖北省降水及早涝时空分布特征分析, 水土保持研究, 2019, 20(2).
- [11] 毛以伟. 2011年梅汛期4次暴雨过程短时强降水特征分析[J]. 农业与技术, 2013(6): 173–174.
- [12] 岳岩裕, 吴翠红, 毛以伟, 等. 2016年湖北省梅雨期暴雨特征及灾情影响分析[J]. 长江流域资源与环境, 2018(2).
- [13] 吴涛, 牛奔, 许冠宇, 等. 利用天气雷达平均散度产品分析短时强降水大气低层辐合特征[J]. 暴雨灾害, 2018(4): 319–329.
- [14] 吴翠红, 张萍萍, 龙利民, 等. 峡谷地形对两次大暴雨过程的增幅作用对比分析[J]. 暴雨灾害, 2013(1).
- [15] 毛冬艳, 曹艳察, 朱文剑, 等. 西南地区短时强降水的气候特征分析[J]. 气象, 2018, 44(8): 1042–1050.
- [16] 吴照宪, 胡建春, 张明明. 2006–2016年池州地区短时强降水天气类型特征分析[J]. 气象与减灾研究, 2017, 41(2).
- [17] 金成, 沈杭锋, 高天赤, 等. 杭州地区短时强降水特征与服务思考[C]. 第35届中国气象学会年会, 2018.
- [18] 孙继松, 雷蕾, 于波, 等. 近10年北京地区极端暴雨事件的基本特征[J]. 气象学报, 2015, 73(4): 609–623.

Analysis of Severe Rainfall Characteristics in Hubei Province from 2008 to 2017

LEI Jing¹, TIAN Gang², LI Chao¹

(1. Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. Wuhan Central Meteorological Observatory, Wuhan 430074, China)

Abstract: In order to study severe rainfall characteristics in Hubei Province, based on hourly precipitation data of more than 2500 automated ground observation stations in Hubei Province during 2008–2017, this paper analyses spatial and temporal distribution characteristics of 976 cases of severe rainfall, and focuses on local short-term severe rainfall. The analysis results show that severe rainfall in Hubei Province has significant seasonal distribution characteristics, which are most abundant in summer, next in spring and least in autumn; Spatially, the eastern part of Hubei and the transition zone between mountain and plain are frequently distributed, according to the frequency of stations experiencing severe rainfall, while infrequently in the northwest of Hubei. Secondly, 217 cases of local short-term severe rainfall account for 22% of the whole cases, which is one of the imperative representation forms, and mostly contributed by regional stations (up to 93.3%). Local short-term severe rainfall is the main severe rainfall type in Hubei which did not attract enough attention in the past, attributing to the low density of the observation stations. Thirdly, temporal distribution of local short-term severe rainfall shows July is the most abundant month, and this type of severe rainfall frequently occurs during the period from afternoon to evening, prevailing lasts for one hour. The frequency distribution shows that the eastern and western part of Hubei is densely distributed, while it is sparse in the midland, among which Huanggang, Xianning and Yichang is largely distributed.

Keywords: meteorology; severe rainfall; local short-term severe rainfall; hourly precipitation data; spatial-temporal distribution