

武汉不同历时暴雨特征分析

徐迎春, 李武阶, 刘佩廷, 谌伟

武汉市气象局, 湖北 武汉
Email: 89200262@qq.com

收稿日期: 2021年6月19日; 录用日期: 2021年7月15日; 发布日期: 2021年7月21日

摘要

使用1955~2017近63年武汉国家基本气象站的逐时观测降水资料, 以及近10年中心城区3个区域代表站资料, 分析了武汉不同历时暴雨气候特征。结果表明: 武汉夏季与全年暴雨量变化整体均呈波动上升趋势, 暴雨主要集中于夏季。武汉暴雨主要存在2个主要振荡模态, 分别为2a~3a和5a~6a、准10a和15a的周期振荡, 年暴雨量在1979年存有显著突变。武汉不同历时(3 h、6 h、12 h、24 h) 50 mm年暴雨次数表现为明显波动变化趋势, 3 h 100 mm暴雨次数相比50 mm大为减少, 200 mm以上次数最少, 中心城区不同历年暴雨次数总体趋势与武汉站较为一致, 但区域差异比较明显。不同历时暴雨月变化均呈单峰型, 频次最多发生在7月, 其次是6月。短历时(3 h)暴雨次数日变化最主要发生在夜间到上午时段, 下午时段出现相对较少。

关键词

暴雨, 气候特征, 武汉

Analysis of Characteristics of Rainstorms of Different Durations in Wuhan

Yingchun Xu, Wujie Li, Peiting Liu, Wei Shen

Wuhan Meteorological Bureau, Wuhan Hubei
Email: 89200262@qq.com

Received: Jun. 19th, 2021; accepted: Jul. 15th, 2021; published: Jul. 21st, 2021

Abstract

Using the hourly observational precipitation data of Wuhan National Basic Meteorological Station in the past 63 years from 1955 to 2017, and the data from three regional representative stations in the central city in the past 10 years, the climatic characteristics of heavy rains in Wuhan with

different durations are analyzed. The results show that the changes in the amount of heavy rainfall in Wuhan in summer and throughout the year show a fluctuating upward trend as a whole, and the heavy rainfall is mainly concentrated in summer. There are two main oscillation modes in Wuhan rainstorm, which are periodic oscillations of 2~3a and 5~6a, and quasi 10a and 15a. The annual rainstorm has a significant abrupt change in 1979. The number of 50 mm rainstorms in different durations (3 h, 6 h, 12 h, 24 h) in Wuhan shows a clear fluctuation trend. The number of rainstorms of 3 h 100 mm is greatly reduced compared with 50 mm, and the number of rainstorms above 200 mm is the least. The overall trend of the number of rainstorms in the central urban area is the same as that of Wuhan Station but the regional differences are more obvious. The monthly changes of rainstorms of different durations are all unimodal, with the most frequent occurrence in July, followed by June. The diurnal changes in the number of rainstorms with a short duration (3 h) mainly occurred from night to morning, with relatively few occurrences in the afternoon.

Keywords

Rainstorm, Climatic Characteristics, Wuhan

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

武汉市位于江汉平原东部,地处东经 113°41'~115°05',北纬 29°58'~31°22',长江与汉江在境内交汇,地形属于残丘性河湖冲积平原,被长江和汉江分割为汉口、汉阳和武昌三镇,素有“百湖之市”的美誉。总的地形为北高南低,以丘陵和平原相间的波状起伏地形为主,属北半球亚热带湿润季风型气候,常年雨量充沛,日照充足,四季分明,同时受大陆性气候影响,冬冷夏热、雨热同季,常年暴雨渍涝灾害较频繁。李武阶等[1] (2008)通过分析 1998~2005 年 6~7 月武汉市的 17 次暴雨过程,探讨了多种物理量因子对梅雨期暴雨预报的作用。崔讲学等[2] (2011)主编《湖北省天气预报手册暴雨预报》,暴雨标准为降水量大于等于 50 mm,分析湖北省暴雨的气候特征、各季节暴雨的主要环流形势、中尺度影响系统等,并建立了暴雨预报方法。胡迪等[3] (2011)应用多种探测资料分析武汉 2011 年“6.18”梅雨锋特大暴雨过程。吴翠红等[4] (2013)基于湖北省 1999~2009 年短历时暴雨两个例(3 h 雨量达 50 mm,且其中任意 1 h 雨量须达到 30 mm 以上),对其主要中尺度影响系统进行了分类,总结了中尺度暴雨的发生、发展和环境条件、动力机制、暴雨落区等特征。韩芙蓉等[5] (2017)用地基微波辐射计获取的高时空分辨率资料,分析了相对湿度、液态水含量等垂直高度上的变化特征与降水的对应关系。徐迎春等[6] (2017)分析了武汉地区梅雨期的暴雨特征,指出 6~7 月武汉地区各旬暴雨日数呈先升后降趋势,其中最大值出现在 6 月下旬。目前,大多数暴雨特征分析是通过分析暴雨日资料来完成的,由于资料限制,不同历时的暴雨特征也缺乏研究,本文通过分析武汉站建站以来近 63 年逐时资料,以及中心城区代表区域站资料,对武汉不同历时暴雨气候特征进行细致的分析,揭示武汉暴雨的气候演变与分布特征,为武汉暴雨预报服务提供新的参考。

2. 资料与研究方法

采用湖北省保障中心武汉本站(57494) 1955~2017 近 63 年的雨量自记逐时观测资料统计 3 h、6 h、12 h、24 小时累计雨量以及各年、月、日次数,以及中心城区代表站汉口(江滩站)、武昌(十四中学站)、汉阳(财校站) 2008~2017 近 10 年雨量逐时观测资料,数据经过质量控制,分析武汉暴雨气候变化特征。

涉及到的不同历时暴雨计算方法[7]:

1) 3 h 短历时暴雨, 采用滑动累加 3 h 来统计(如有 3 h 超过 50 mm, 统计后剔除该组数据),

$$R_3 = R_{t_0} + R_{t_0+1} + R_{t_0+2} \quad (1)$$

6 h 短历时暴雨, 采用滑动累加 6 h 来统计(如有 6 h 超过 50 mm, 统计后剔除该组数据),

$$R_6 = R_{t_0} + R_{t_0+1} + \dots + R_{t_0+5} \quad (2)$$

R : 雨量; R_3 : 3 h 累计雨量, R_6 : 6 h 累计雨量。下标中 t_0 : 指的是雨量的起始时刻。

12 h 暴雨 R_{12} , 采用 08~20, 20~08 时累加 12 h 来统计,

$$R_{12} = R_{t_0} + R_{t_0+1} + \dots + R_{t_0+11} \quad (3)$$

下标中 t_0 : 指的是雨量的起始时刻 08 或 20。

24 h 暴雨 R_{24} , 采用 08~08 时累加 24 h 来统计,

$$R_{24} = R_{t_0} + R_{t_0+1} + \dots + R_{t_0+23} \quad (4)$$

下标中 t_0 : 指的是雨量的起始时刻 08。

2) 暴雨量定义为降水量大于或等于 50 mm 的降水量, 暴雨次数为统计时段内暴雨的次数, 利用小波分析、M-K 等方法分析周期特征(魏凤英, 2007)。

3. 武汉年和夏季暴雨周期特征

3.1. 武汉暴雨气候倾向率和年代际距平变化

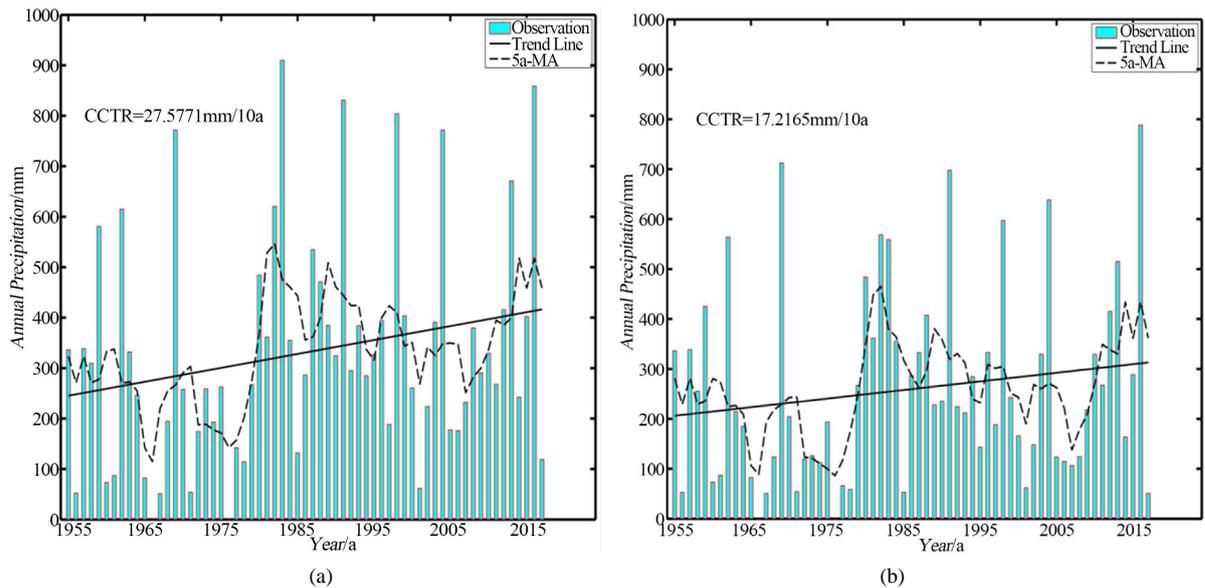


Figure 1. Wuhan 1955~2017 (a) and summer (b) rainstorm climate tendency rate (the thick line is the climate tendency trend line; the dashed line 5a-MA is the 5a moving average; CCTR is the climate tendency rate; and Observation is the rainstorm value)

图 1. 武汉 1955~2017 年(a)和夏季(b)暴雨量气候倾向率(粗线为气候倾向趋势线;虚线 5a-MA 为 5a 滑动平均线;CCTR 为气候倾向率; Observation 为暴雨量值)

如图 1(a)所示, 武汉暴雨量年变化整体呈波动上升趋势, 气候倾向率为 27.6 mm/10a, 降水量最高年份出现在 1983 年, 暴雨量累计全年达到 909.5 mm, 最低值出现在 1966、1976 年, 均为 0 mm, 无暴雨量。通过 5 年滑动平均(5a-MA)可以看出, 60 年代初期到 70 年代末期暴雨量整体呈下降趋势, 80 年代初

期快速上升到最大, 80年代中期到21世纪中期缓慢波动下降, 此后又呈现波动上升趋势。图1(b)可见, 武汉暴雨量夏季整体也呈波动上升趋势, 气候倾向率为 $17.2 \text{ mm}/10\text{a}$, 暴雨量最高年份出现在2016年 788.4 mm , 最低值出现在1966、1976年。与年变化幅度极为相似, 表现为较高的一致性, 暴雨量也较为接近。这也说明了全年暴雨主要集中于夏季发生。

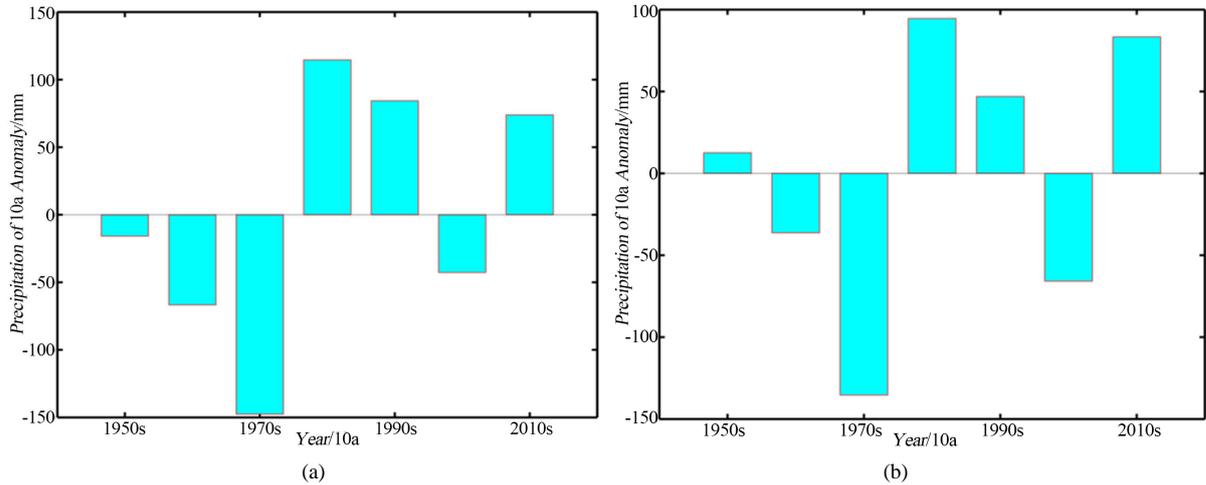


Figure 2. Decadal anomalies of rainstorm in Wuhan from 1955 to 2017 (a) and summer (b)

图 2. 武汉 1955~2017 年(a)和夏季(b)暴雨量年代际距平

图 2(a)可以看出, 暴雨量年代际正距平出现 3 次, 分别对应 1980s、1990s、2010s。这段时期降水偏多, 最多的是 1980s, 其次 1990s 和 2010s, 负距平出现 4 次, 1950s~1970s 连续 3 个 10a 年负距平, 暴雨量偏少, 偏少幅度最大为 1970s。夏季暴雨量图 2(b)和年暴雨量年代际较为相似, 正距平出现 4 次, 分别对应正距平, 1950s、1980s、1990s、2010s, 最多的是 1980s, 其次 2010s、1990s, 偏多幅度最少的是 1950s, 负距平出现 3 次, 分别对应 1960s、1970s、2000s。

3.2. 武汉年和夏季暴雨周期特征

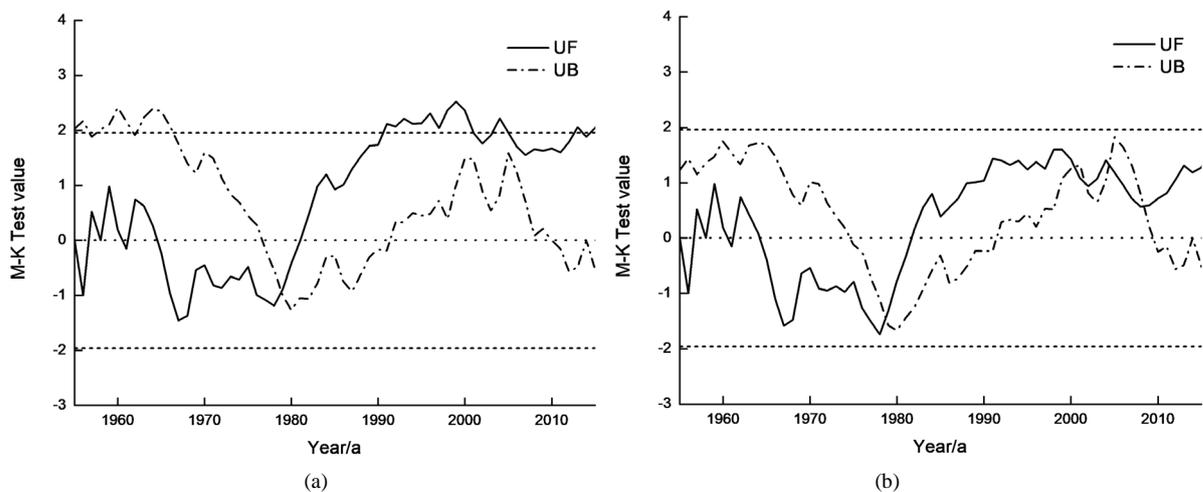


Figure 3. M-K variation curve of rainstorm in Wuhan in year (a) and summer (b) (the thick line is the UF curve; the thin line is the UB curve; and the dashed line is the confidence line of ± 1.96)

图 3. 武汉年(a)和夏季(b)暴雨量的 M-K 变化曲线(粗线为 UF 曲线; 细线为 UB 曲线; 虚线为 ± 1.96 的置信线)

图 3(a)为武汉年暴雨量 Mann-Kendall 统计量曲线, 由 UF 曲线可见, 除了 1956 年呈下降趋势外, 1957~1964 年呈现振荡上升趋势, 这段时期武汉年暴雨量偏多, 此后 1965~1979 年呈振荡下降, 说明这段时期武汉年暴雨量出现较明显的偏少。1979 年以后均呈振荡上升趋势, 武汉暴雨量有明显的增多趋势, 1979 年存有突变且显著, 这可能与全球气候变暖引起的暴雨增多有较大的相关性。1991 年以前未通过显著性水平 0.05 ($u \pm 0.05 = \pm 1.96$) 的临界线, 武汉年暴雨量偏多或偏少趋势不显著, 以后 1991~2000 和 2015~2017 年超过 0.05 的临界线, 即这段时期的暴雨量偏多且显著, 其余时段偏多不显著。武汉夏季暴雨量 UF 曲线(图 3(b))趋势整体与年暴雨量较为相似, 不同的是 1979 年、2008 年存在跃变但不显著。此外 1979 年以后暴雨量偏多均不显著, 说明夏季暴雨量总体与年暴雨量偏多趋势一致, 但强度要偏弱一些。

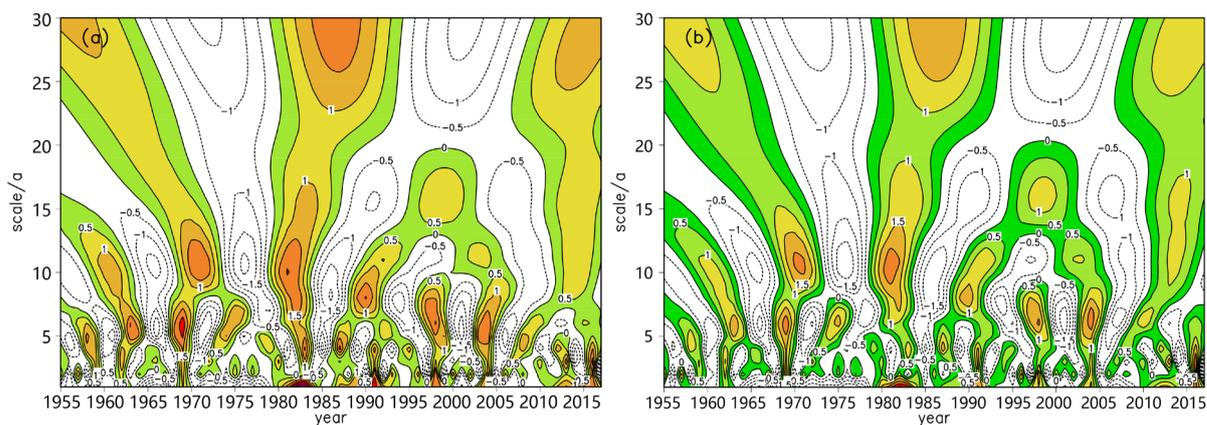


Figure 4. Wavelet transform real part diagram of the rainstorm in Wuhan from 1955 to 2017 (a) and summer (b) (the solid line and the dashed line are respectively positive and negative values)

图 4. 武汉 1955~2017 年(a)和夏季(b)暴雨量的小波变换实部图(实线和虚线分别为正、负值)

以上分析可知: 武汉暴雨量应存在多尺度上的演变特征。进行 Morlet 小波变换, 得到小波变换实部(图 4(a)), 其中实线为正或零等值线, 虚线为负等值线。从中看到, 武汉年暴雨量存在多重时间周期上的嵌套复杂结构, 周期变化明显, 高低交替显著, 存有 2~3a 和 5~6a、准 10a 和 15a 的周期振荡。在准 15a 的年代际时间变化尺度上, 经历了 1980~1983、1996~1998、2011~2014 等年暴雨量偏多期。准 10a 大致经历了 1959~1963、1969~1973、1979~1984、1988~1991 等年暴雨量偏多期。5~6a 的时间尺度上经历了 1958~1960、1962~1964、1968~1970、1974~1976、1982~1984、1997~1999、2003~2004、2007~2008 等年暴雨量偏多期。此外 80 年代中后期至 2000 年、2014~2016 存在明显 3a 的强周期振荡, 其余时段存在 2a 周期振荡。其中 1983、1998、2014 年具有对应最强时段的嵌套多尺度振荡周期特征, 暴雨量偏多最为显著。武汉夏季暴雨量(图 4(b))总体与年暴雨量相似, 表现为较高的一致性, 只是 2a~3a 和 5a~6a 的周期振荡要相对偏弱一些。

4. 不同历时武汉暴雨次数年、月和日变化

4.1. 不同历时武汉暴雨次数年变化

统计 1955~2017 年不同历时(3 h、6 h、12 h、24 h)武汉暴雨次数, 得到其年际变化(图 5(a))。不同历时 50 mm 以上暴雨次数表现为明显波动变化趋势, 不同历时代际表现为较为一致的明显增多或减少趋势。主峰在 1962 年、1983 年、1991 年、1998 年、2004 年、2013 年和 2016 年。除了 70 年代为波谷, 处于最少时期, 其余时段呈振荡性的增加趋势, 与上述年暴雨量变化特征相吻合。短历时暴雨 3 h 50 mm 以上, 1962 年、1998 和 2016 年为波峰, 1988 年最多为 9 次, 较常年偏多。短历时暴雨 6 h 50 mm 以上,

1969年、1983年、1991年、2013年和2016年，2016年最多出现9次。12 h 50 mm暴雨次数，1991年、1988年、2004年、2013年和2016年为波峰，1991年最多为8次。24 h 50 mm暴雨次数，1969年、1983年、1987年、1991年、1998年、2004年、2013年和2016年，1983年最多11次。

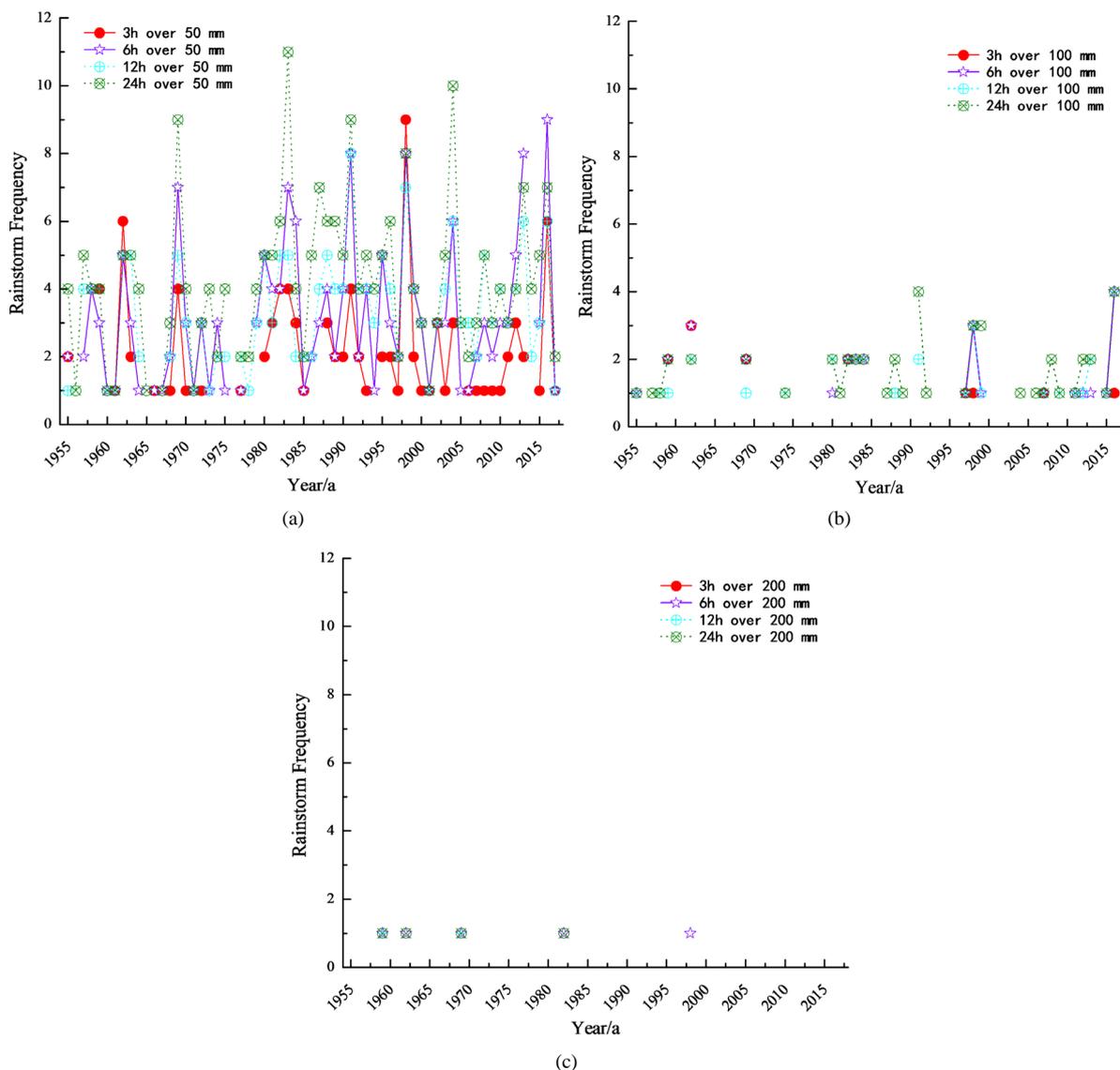


Figure 5. Inter-annual variation of the number of rainstorms in different periods of time (3 h, 6 h, 12 h, 24 h) in Wuhan ((a) 50 mm or more; (b) 100 mm or more; (c) 200 mm or more)

图 5. 武汉不同时段(3 h、6 h、12 h、24 h)的暴雨次数年际变化((a) 50 mm 以上; (b) 100 mm 以上; (c) 200 mm 以上)

不同历时 100 mm 以上暴雨次数(图 5(b))可见，3 h 100 mm 暴雨次数相比 50 mm 大为减少，说明武汉出现大暴雨的概率大大降低。主峰出现在 1962 年、1991 年、1998 年、2016 年。1998 短历时暴雨 3 h 100 mm 以上，出现在 1959 年、1962 年、1969 年，1982 年、1997 年、1998 年、2007 年、2016 年，大部为 1 次，1962 年最多为 3 次，其余时段均没有出现。短历时暴雨 6 h 100 mm 以上，出现较多的年份为 1962 年、1998 年、2016 年，其中 2016 年最多达到 4 次。12 h 100 mm 以上出现较多的年份为 1998 年、2016 年，24 h 100 mm 以上为 1991 年、1998 年、2016 年。

200 mm 以上暴雨次数(图 5(b)), 3 h 内均无 200 mm 以上降水, 1959、1962、1969、1982、1998 等年份达到特大暴雨量级, 均出现 1 次。

4.2. 不同历时武汉暴雨次数月变化

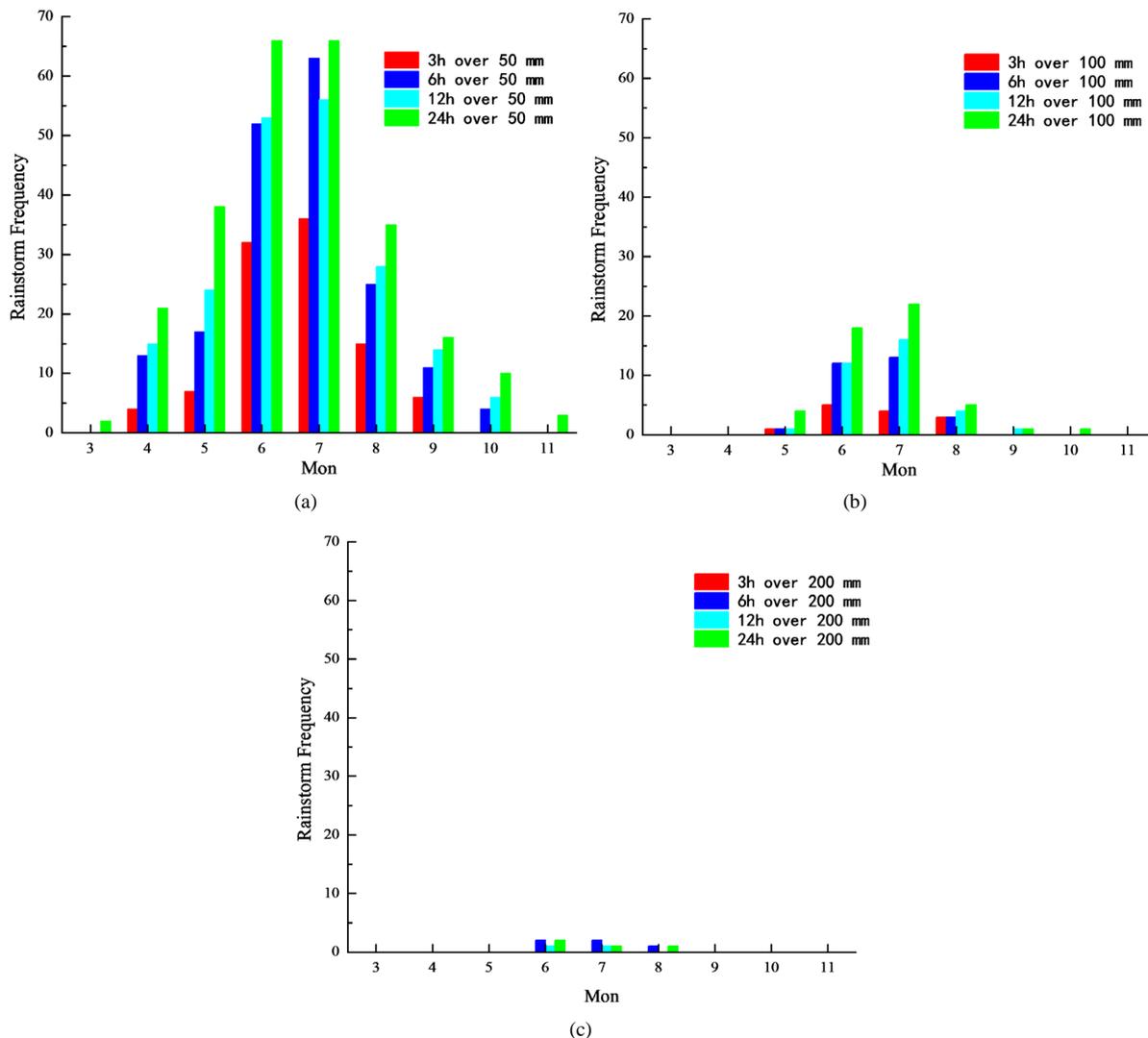


Figure 6. Inter-monthly variation of the number of rainstorms in different periods of time (3 h, 6 h, 12 h, 24 h) in Wuhan ((a) 50 mm or more; (b) 100 mm or more; (c) 200 mm or more)

图 6. 武汉不同时段(3 h、6 h、12 h、24 h)的暴雨次数月际变化((a) 50 mm 以上; (b) 100 mm 以上; (c) 200 mm 以上)

统计 1955 至 2017 年间不同历时(3 h、6 h、12 h、24 h)暴雨次数, 分析其月变化, 如图 6 所示。武汉不同历时 50 mm 以上暴雨次数, 暴雨月变化呈单峰型, 频次最多发生在 7 月, 其次是 6 月。3 h 50 mm 以上, 1~3 月, 10~12 月没有短历时暴雨发生。6 h、12 h、24 h 50 mm 以上, 10 月有出现。24 h 50 mm 以上, 3 月和 11 月均有出现。

分析不同历时 100 mm 以上, 分布与 50 mm 相似, 暴雨月变化也呈单峰型, 频次最多发生在 7 月, 其次是 6 月。3 h 或 6 h 100 mm 以上, 1~4 月, 9~12 月没有短历时暴雨发生。12 h、24 h 100 mm 以上, 9 月有出现。24 h 100 mm 10 月有出现。

分析不同历时 200 mm 以上, 3 h 200 mm, 均无月份出现。6 h、12 h、24 h 200 mm 只在夏季 6~8 月出现。

4.3. 武汉短历时暴雨次数日变化

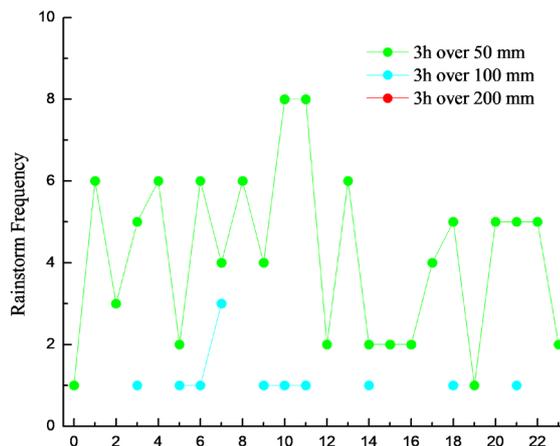


Figure 7. The daily variation of the number of rainstorms in Wuhan with a short duration (3 h)

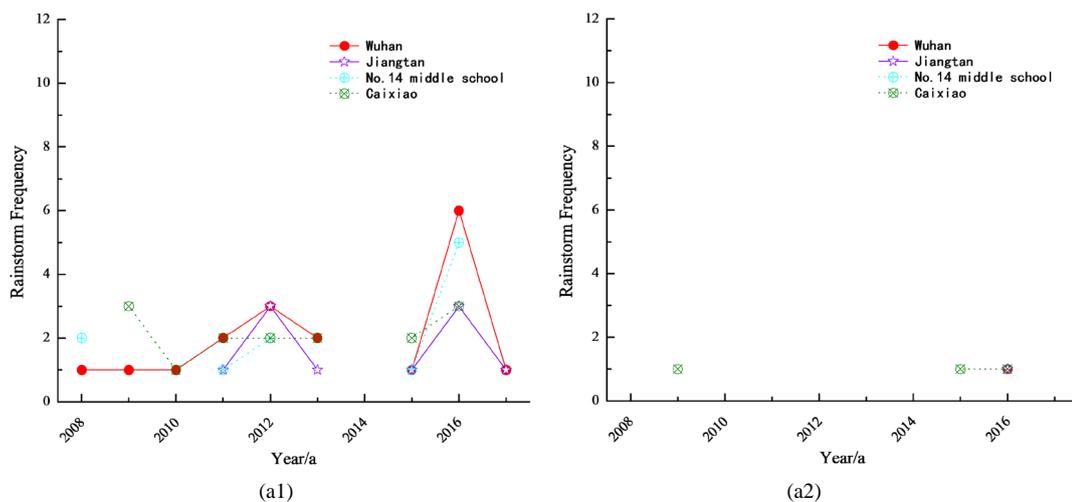
图 7. 武汉短历时(3 h)暴雨次数日变化

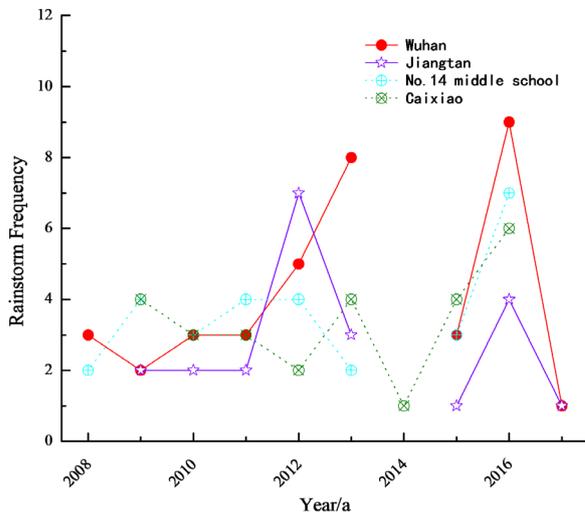
统计短历时(3 h)暴雨次数, 分析其日变化。图 7 可见, 一天中 3 h 50 mm 以上暴雨次数, 最多时间为 10 和 11 时, 其次是 01、04、06、08 时, 最少的为 0、19 时, 其次是 05、12、23 时。暴雨主要集中在时段有 3~4 时、6~8 时、10~11 和 20~22 时, 主要出现在夜间到上午段, 下午时段出现相对较少。3 h 100 mm 以上暴雨次数, 03、05、06、07、09、10、11、14、18、19、22 均有出现 1 次, 07 时出现最多 3 次。

5. 武汉中心城区近 10 年暴雨次数年、月和日变化分析

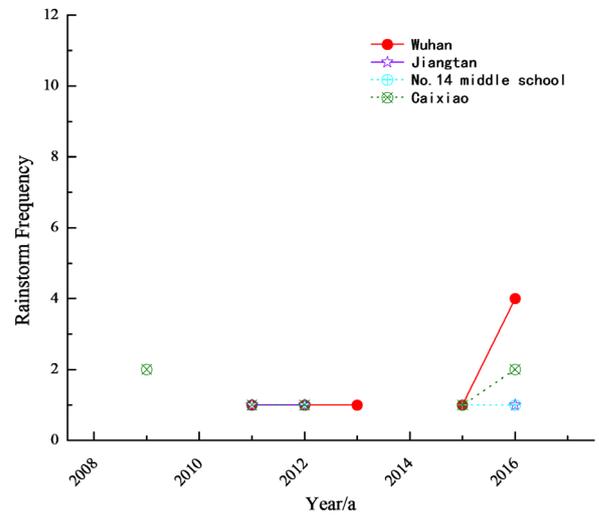
随着气象业务的扩展, 近年来武汉市先后分批次建立了多个区域自动气象站。由于中心城区区域自动气象站相对较少, 且建站时间短缺测较多。因此选取了缺测较少, 中心城区 3 个代表站汉口(江滩站)、武昌(十四中学站)、汉阳(财校站)近 10 年逐时雨量资料与武汉站进行对比分析。

5.1. 不同历时武汉中心城区暴雨次数年变化

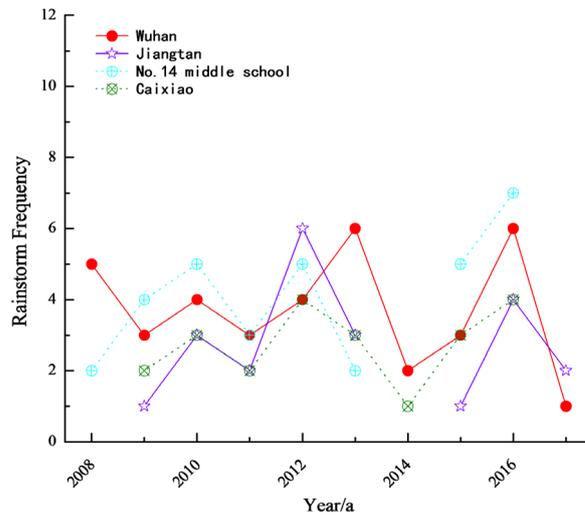




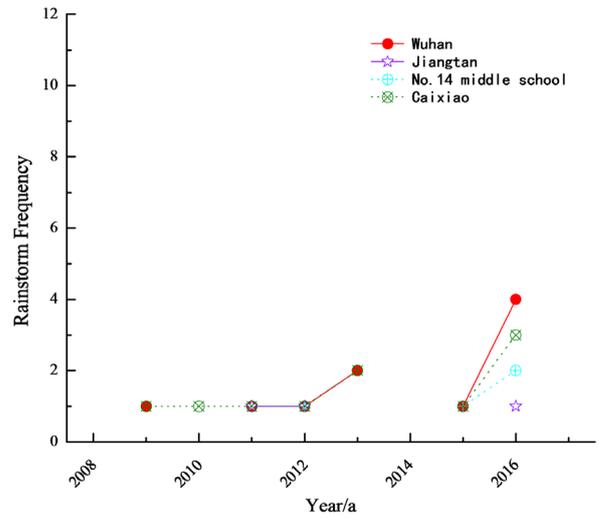
(b1)



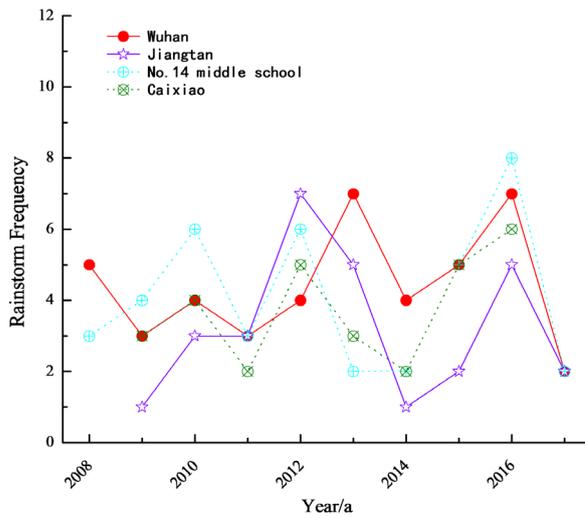
(b2)



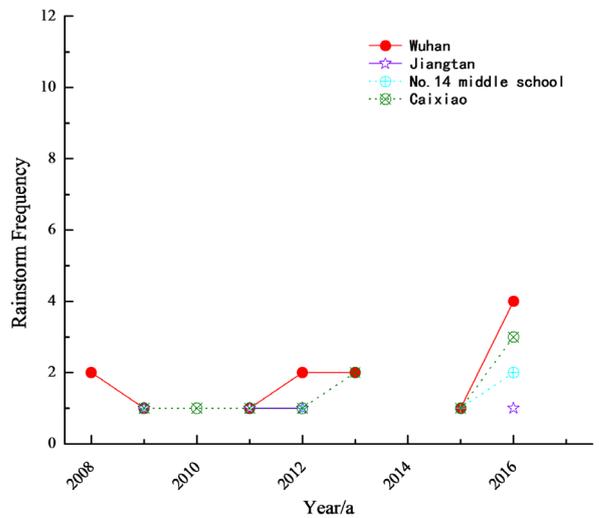
(c1)



(c2)



(d1)



(d2)

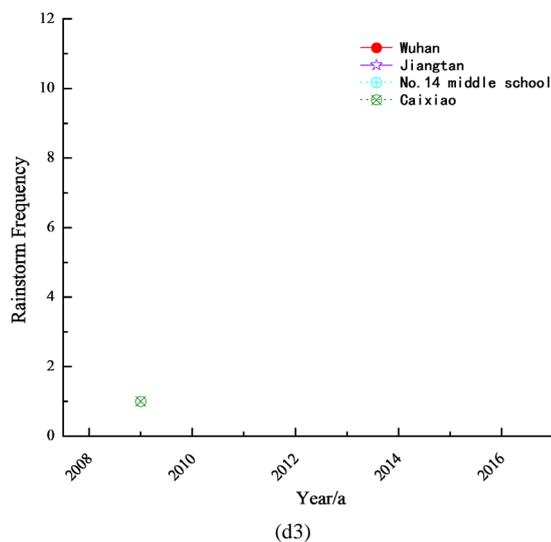


Figure 8. The annual variation of the number of rainstorms (3 h (a), 6 h (b), 12 h (c), 24 h (d)) between Wuhan and the central city station (1: 50 mm or more; 2: 100 mm or more; 3: 200 mm or more)

图 8. 武汉与中心城区站不同历时(3 h (a)、6 h (b)、12 h (c)、24 h (d))的暴雨次数年变化(1: 50 mm 以上; 2: 100 mm 以上; 3: 200 mm 以上)

图 8 统计 2008 至 2017 年间武汉中心城区不同历时(3 h、6 h、12 h、24 h)暴雨次数。不同历时 50 mm 以上近 10 年中心城区暴雨次数呈现波动上升趋势, 波峰主要是 2012、2013、2016 年。

不同历时 50 mm 以上暴雨次数中心城区与武汉站整体趋势基本一致。短历时暴雨 3 h 50 mm 以上, 2012 年江滩站与武汉站次数相同, 均为 3 次, 2016 年十四中学与武汉站最为接近 5 次(武汉站 6 次), 财校站最多出现在 09 年 3 次。

短历时暴雨 6 h 50 mm 以上, 2012 年江滩站 7 次最多, 武汉站 5 次, 十四中学站 4 次较为接近, 财校最少出现 2 次。2013 年武汉站 8 次, 与其余 3 站差异较大, 财校 4 次, 江滩 3 次, 十四中学仅为 2 次, 2016 年十四中学站最接近武汉站 7 次, 其次是财校站 6 次, 江滩站仅为 4 次。

12 h 50 mm 以上暴雨次数, 整体上看十四中学站与武汉站最为接近, 其次江滩站, 财校站暴雨次数相对最少, 其中 2008 年武汉站 5 次, 仅十四中学站出现 2 次, 其余 2 站均未出现。

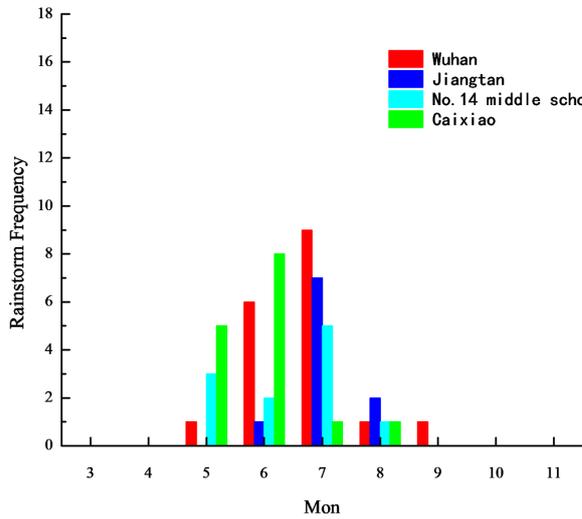
24 h 50 mm 以上暴雨次数, 整体上看财校站与武汉站最为接近, 其次十四中学站, 江滩站暴雨次数相对最少, 其中 2008 年武汉站 5 次, 仅十四中学出现 2 次, 其余 2 站均未出现。

3 h 100 mm 以上暴雨次数, 2016 年财校站、江滩站与武汉站出现 1 次, 财校 2009 和 2015 年各出现一次, 6 h、12 h、24 h 100 mm, 2016 年财校站最为接近武汉站。24 h 200 mm, 仅财校站出现一次。

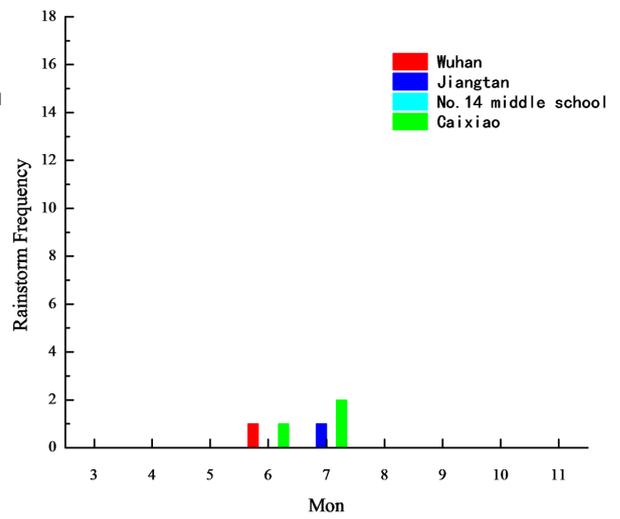
5.2. 不同历时武汉暴雨次数月变化

统计 2008 至 2017 年间不同历时(3 h、6 h、12 h、24 h)暴雨次数, 分析其近 10 年月变化, 如图 9 所示。武汉中心城区整体上看不同时段 50 mm 以上暴雨次数, 暴雨月变化也均呈单峰型, 频次最多发生在 7 月, 其次是 6 月。3 h 50 mm 以上, 1~4 月, 10~12 月没有短历时暴雨发生。各区域站与武汉站差异, 财校站 5~6 月最多, 7~8 月较少; 而江滩站只出现在夏季 6~8 月, 7 月频次最多; 十四中学 7 月频次最多, 其次 5、6 月; 9 月各区域站均为出现暴雨。

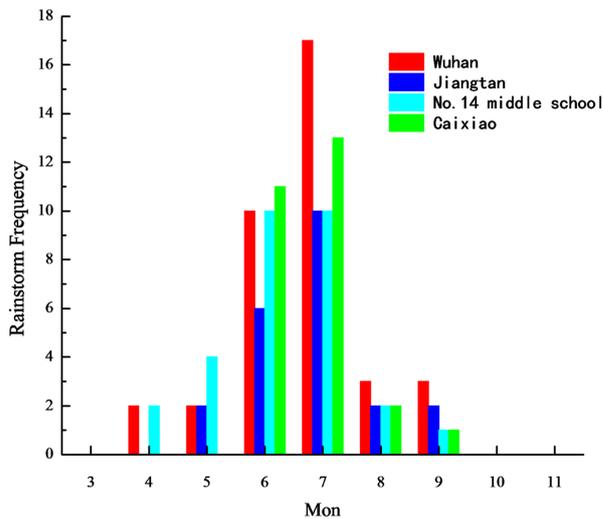
6 h 50 mm 以上, 江滩站暴雨频次相对最少, 财校 4~5 月均无暴雨发生, 4 月仅有 14 中学出现暴雨。12 h 50 mm 以上, 4 月 3 站均有出现暴雨, 10 月除了江滩站, 其余均有暴雨出现。24 h 50 mm 以上, 3 月和 11 月 3 站均未出现暴雨。



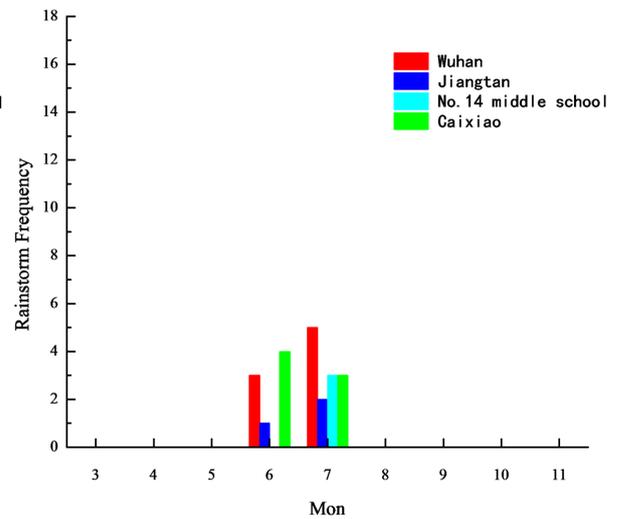
(a1)



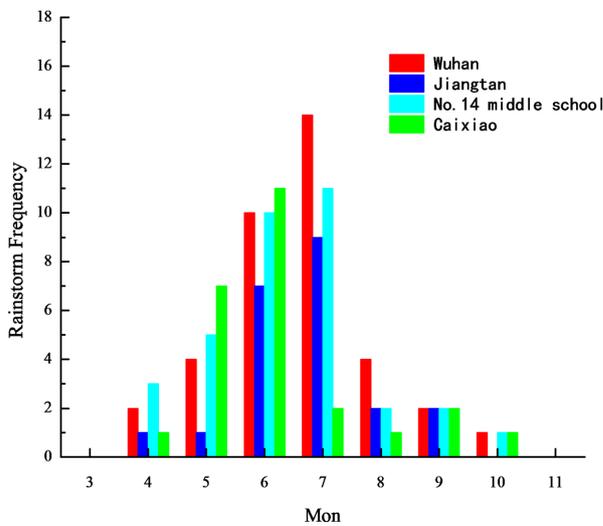
(a2)



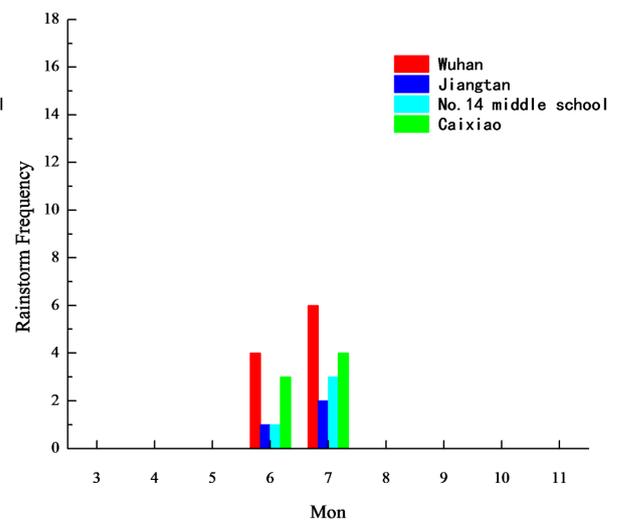
(b1)



(b2)



(c1)



(c2)

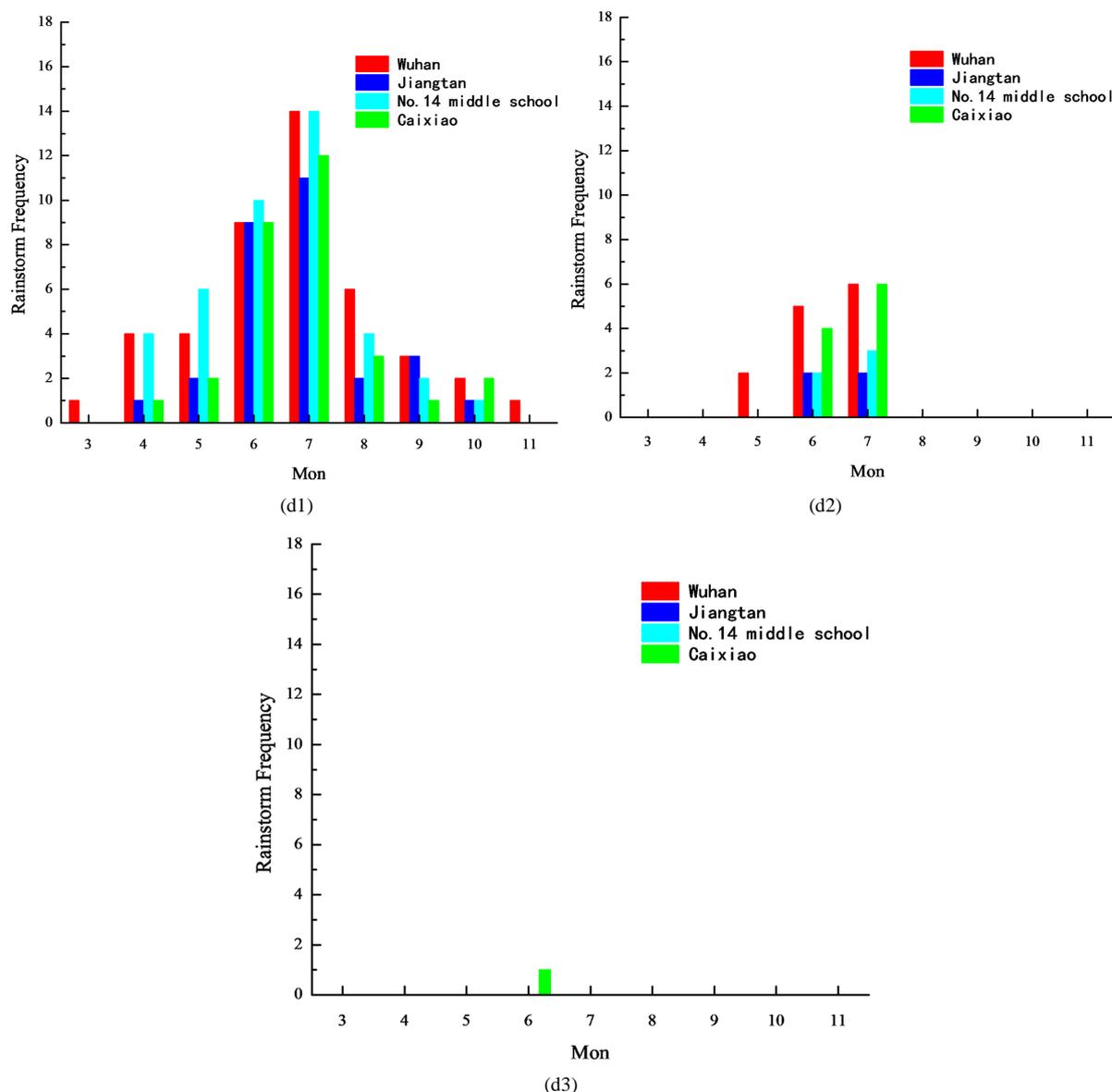


Figure 9. Comparison analysis of the monthly changes in the number of rainstorms with different durations (3 h (a), 6 h (b), 12 h (c), 24 h (d)) between Wuhan and the central city station (1: 50 mm or more; 2: 100 mm or more; 3: Above 200 mm)

图 9. 武汉与中心城区站不同历时(3 h (a)、6 h (b)、12 h (c)、24 h (d))的暴雨次数月变化对比分析(1: 50 mm 以上; 2: 100 mm 以上; 3: 200 mm 以上)

分析不同历时 100 mm 以上, 暴雨发生频次大为减少, 频次主要集中在 6、7 月。3 h 或 6 h 100 mm 以上, 1~5 月, 8~12 月没有短历时暴雨发生。3 h 100 mm 武汉站仅出现在 6 月, 财校出现在 6、7 月, 江滩出现在 7 月, 十四中学均无出现。6 h 100 mm, 武汉、江滩和财校站出现在 6、7 月, 十四中学仅出现在 7 月。12 h 100 mm 以上, 4 站 6、7 月均有出现。24 h 100 mm 以上, 4 站 6、7 月均有出现, 武汉站 5 月有出现。分析不同历时 200 mm 以上, 仅有财校站 6 月出现一次。

图 10 可见, 3 h 50 mm 以上暴雨次数, 最多时间为 03 时, 其次是 11、13 时。江滩站仅有 13 时出现 2 次, 十四中学和财校站各有 4 个时段出现 2 次。3 h 100 mm 以上暴雨次数, 财校站 04、05、13 时各出现 1 次, 武汉站 10 时出现 1 次, 十四中和江滩站 15 时各出现 1 次。

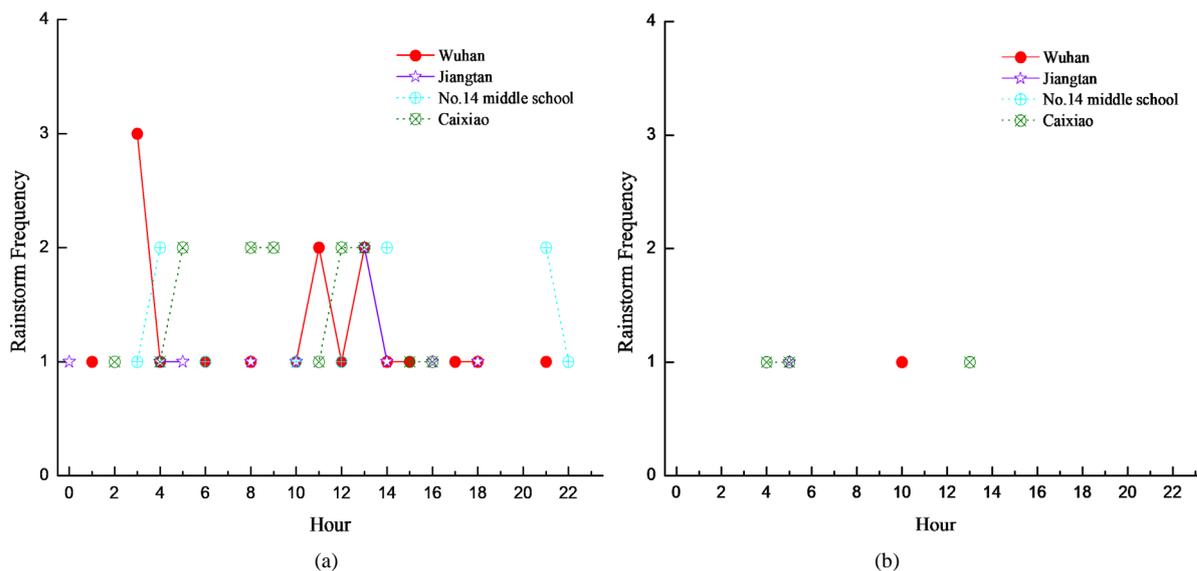


Figure 10. Daily variation of the number of rainstorms in Wuhan with a short duration (3 h) ((a) 50 mm; (b) 100 mm)

图 10. 武汉短历时(3 h)暴雨次数日变化((a) 50 mm; (b) 100 mm)

6. 结论与讨论

基于 1955~2017 近 63 年武汉国家基本气象站的逐时观测降水资料, 以及近 10 年中心城区 3 个区域代表站汉口(江滩站)、武昌(十四中学站)、汉阳(财校站)逐时降水资料, 分析了武汉不同历时暴雨气候特征。主要结论如下:

1) 武汉站年暴雨量变化整体呈波动上升趋势, 气候倾向率为 27.6 mm/10a, 60 年代初期到 70 年代末期呈下降趋势, 80 年代初期上升到最大、中期到 21 世纪中期呈缓慢波动下降, 之后又呈现波动上升。武汉夏季与全年暴雨量变化一致, 气候倾向率为 17.2 mm/10a, 整体也呈波动上升趋势, 雨量接近全年, 反映暴雨主要集中于夏季发生。年暴雨量年代际正距平出现 3 次, 负距平出现 4 次, 夏季与年暴雨量特征较为一致。

2) 武汉年暴雨量周期变化明显, 高低交替显著, 10a 以上的年代际变化主要存在 2 个主要振荡模态, 周期为 10、15a; 10a 以下尺度年际变化存在 2 个主要的振荡模态, 中心周期分别 2a~3a 和 5a~6a。不同历时武汉夏季暴雨量 10a 以下尺度 2a~3a 和 5a~6a 的周期振荡要相对偏弱一些。武汉年暴雨量在 1979 年存有突变, 此后 1991~2000 和 2015~2017 年超过 0.05 的临界线, 对应年暴雨量显著偏多, 武汉夏季暴雨无突变发生。

3) 从武汉不同历时(3 h、6 h、12 h、24 h) 50 mm 以上年暴雨次数表现为明显波动变化趋势, 3 h 100 mm 暴雨次数相比 50 mm 大为减少, 200 mm 以上暴雨次数最少。不同历时暴雨次数月变化均呈单峰型, 3 h 200 mm 特大暴雨, 均无月份出现, 6 h、12 h、24 h 200 mm 只在夏季 6~8 月出现。短历时(3 h)暴雨次数日变化主要发生在夜间到上午段, 下午时段出现相对较少。

4) 武汉中心城区不同历时总体暴雨次数中心城区与武汉站整体趋势基本一致, 但区域差异比较明显。武汉中心城区不同历时月变化与武汉站较为一致, 也均呈单峰型, 频次最多发生在 7 月, 其次是 6 月。中心城区 3 h 50 mm 以上暴雨次数日变化与武汉站基本一致, 最多时间为 03 时, 其次为 11、13 时。

本文虽然通过分析不同历时暴雨气候特征, 揭示了分布的部分特征, 但对这些特征形成的原因还缺乏物理机制的认识, 下一步将通过针对典型暴雨个例展开更为细致的研究。

基金项目

国家自然科学基金项目(41275105)资助。

参考文献

- [1] 李武阶, 李俊, 石燕, 等. 梅雨期武汉两类暴雨“配料”特征的对比分析[J]. 暴雨灾害, 2008, 27(4): 313-319.
- [2] 崔讲学. 湖北省天气预报手册——暴雨预报[M]. 北京: 气象出版社, 2011.
- [3] 胡迪. 武汉 2011 年“6·18”梅雨锋特大暴雨过程分析[J]. 人民长江, 2011, 41(1): 87-89.
- [4] 吴翠红, 王晓玲, 龙利民, 等. 近 10a 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, 32(2): 113-119.
- [5] 韩芙蓉, 舒斯, 苟阿宁, 等. 基于地基微波辐射计对武汉夏季暴雨过程的观测分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2017, 11(6): 83-88.
- [6] 徐迎春, 刘立, 庞晶. 武汉地区梅雨期暴雨预报方法初探[J]. 气象与减灾研究, 2017, 40(3): 231-235.
- [7] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 第 2 版. 北京: 气象出版社, 2007: 37-38.