

## 重庆主城区百年雨日及强度变化特征\*

张天宇,李永华,程炳岩,唐红玉  
(重庆市气候中心,重庆 401147)

**摘要** 利用重庆主城区近百余年降水资料,研究了不同级别雨日及其强度、贡献率的气候特征和长期变化趋势,并探讨了它们与各年代降水异常的关系。结果表明,重庆主城区降水日数近百余年为显著的线性增加趋势,而1961年以来却为显著的线性减少趋势。百年来降水日数的阶段变化十分明显,分为增→降→增→降4个阶段,其中20世纪60年代降水日数最多,20世纪20年代最少。小雨日数与降水日数的变化趋势比较一致。中雨、大雨和暴雨的线性趋势不明显,分别为弱的减、增、增趋势。降水强度阶段变化正好与降水日数相反。降水量异常与各级雨日日数、强度和贡献率密切相关。年降水最少的年代1892—1900年主要与大雨和暴雨日数显著偏少、暴雨强度偏弱有关。年降水最多的是20世纪10年代,主要是暴雨日数偏多引起暴雨的贡献率显著偏高。21世纪以来降水偏多主要与中雨日数偏多和暴雨强度偏强有关。

**关键词** 重庆;主城区;雨日;气候变化

**中图分类号** P468;P412.13

**文献标识码** A

**文章编号** 1672-669X(2011)03-0037-06

降水是一个地区气候特征的重要体现,在降水的研究中降水量的研究是比较重要的,但降水对农业、林业以及工业等各个行业的影响不仅取决于降水量的多少,还与降水日数、强度等有关。由于降水受地理位置、地理环境等因素影响,地域差异较大,我国各地雨日的长期变化具有不同的特征。刘小宁<sup>[1]</sup>分析了我国大雨和暴雨日数等指标的时空分布特征,得到了一些新的、不同于降水量的这些降水事件变化特征和规律。王颖等<sup>[2]</sup>研究1954—2000年中国雨日,结果表明中国年雨日已经明显减少,雨日长期趋势变化有明显的空间变化;东北、华北、西南区雨日减少是最多的,这些地区的平均雨日每10年减少7~10 d,是全国平均值的2~3倍。近年来除了对区域降水量和旱涝关注外,也开始增加对各区域或流域雨日的研究<sup>[3-12]</sup>。

重庆位于青藏高原与长江中下游平原之间过渡地带的四川盆地的西南部。特殊的地理位置使重庆的气候具有纬向和经向过渡性的特点,独特的山地丘陵地形使重庆气候特征具有十分显著的局地特征,具有一定的区域气候代表性。近年来对重庆地区降水方面的研究主要集中在降水量和旱涝上<sup>[13-16]</sup>,对雨日的研究并不多见,百年以来雨日研

究更是少有。本文将利用重庆主城区近百余年来的降水资料,系统地分析小雨、中雨、大雨和暴雨各级雨日的日数、强度、贡献率等的长期变化特征,同时探讨它们与各年代降水异常的关系。深入研究重庆百年雨日、强度等指标,不仅对认识该地区气候背景状况和降水资源变化有重要作用,而且对重庆地区农业、林业等行业生产也有着重要的指导意义。

### 1 资料和方法

重庆地区有百年气象观测记录的站点只有1个,即沙坪坝气象站,其区站号为57516,为国家基本站,位于重庆市沙坪坝区(市区),其地理位置为北纬29°35′、东经106°26′,海拔高度为259.1 m。沙坪坝站是重庆市一个基本气象观测中心站,历史悠久,观测门类齐全,探测的气象要素较多,设备精良,从未迁过站。降水资料时间从1892年1月1日开始,在本文中选取1892—2009年。气象部门把日雨量 $\geq 0.1$  mm规定为雨日。同时也将24 h内的降雨量作了统一划分。规定24 h降雨量分为7级:微量( $< 0.1$  mm)、小雨(0.1~9.9 mm)、中雨(10.0~24.9 mm)、大雨(25.0~49.9 mm)、暴雨(50.0~99.9 mm)、大暴雨(100.0~250.0 mm)、特大暴雨

\* 收稿日期 2010-11-03 修回日期 2010-12-27 网络出版时间 2011-05-16 10:13:00

资助项目 重庆市气象局科技计划项目(No. z1-201006)

作者简介 张天宇,男,工程师,硕士,研究方向为气候变化检测、评估和预估。

( $>200$  mm)。由于暴雨以上级别雨日出现频率较低,所以本文将暴雨、大暴雨及特大暴雨合在一起称为暴雨日数。

## 2 雨日月、季变化

图1是重庆地区降水日数的逐月变化,呈双峰型变化形式,两峰值分别集中在5、6月和10月。从10月开始减少,到2月开始增加,到5、6月开始减少,到8月开始增加。从主城118年平均可见,各月平均雨日为9~17 d,其中10月最多平均有17 d,其次是5月和6月,冬季3个月份和8月最少,平均为9~10 d,其次是3月和7月,平均都为11 d。春、夏、秋、冬各季雨日分别为39 d、36 d、43 d和28 d,分别占全年雨日的27%、25%、29%、19%。对比主城118年平均、30年平均和重庆全区30年平均,发现各月或季雨日不同时段气候平均波动较小,相对稳定。无论是月还是季,重庆主城区雨日跟全区平均雨日都比较一致。

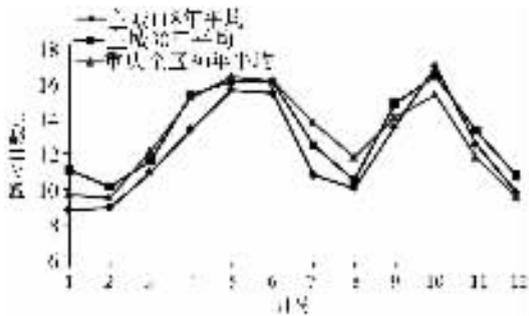


图1 多年平均降水日数的逐月变化

注:118年指1892—2009年,30年指1971—2000年

Fig. 1 Years of average rainy days on each month

除了分析各月雨日的变化,还统计分析各级雨日的逐月变化,见表1。小雨日数在盛夏的7和8月最少,平均6~7 d,10月最多平均14 d。中雨日数多集中在4~10月,5、6月最多,平均3.1 d,冬季的3个月份最少,平均0.2~0.3 d。大雨日数多集中在4~8月,平均都在1 d左右。暴雨日数主要集中在5~9月,夏季的3个月份较多,尤其是7月,118年重庆主城累计共83 d。冬季的3个月份还未出现过暴雨。

## 3 雨日年际、年代际变化

重庆主城区降水日数较多,年平均降水日数146 d,几乎每2~3 d一场雨。图2给出了1892—2009年重庆主城区各级雨日的逐年和逐年代距平

表1 1892—2009年重庆主城区各级雨日逐月统计表  
Tab. 1 The statistical table of different levels of rainy days on each month in the main districts of Chongqing from 1892 to 2009 d

月份	小雨日数 (平均)	中雨日数 (平均)	大雨日数 (平均)	暴雨日数 (平均)
1	9	0.2	0.0	0
2	8	0.3	0.1	0
3	10	0.9	0.6	1
4	10	2.3	1.0	15
5	11	3.1	1.4	44
6	10	3.1	1.2	78
7	7	2.2	1.1	83
8	6	2.1	1.1	61
9	9	2.9	0.4	36
10	14	2.7	0.1	8
11	11	1.1	0.0	1
12	10	0.3	0.0	0

变化。由图2(a)可见,重庆主城区降水日数近百年(1892—2009年)的线性趋势为显著增加,增加率为3.1 d/10 a,通过1%的显著性水平检验。而近50年来(1961—2009年)的线性趋势为显著减少,减少率为7.5 d/10 a,同样通过1%的显著性水平检验。说明百年来降水日数的阶段变化十分明显,由6阶多项拟合曲线可见有增→降→增→降4个阶段:即1892年至20世纪初为增加趋势,20世纪初至20年代中期为下降趋势,20世纪20年代中期至60年代初为上升趋势,60年代初之后为下降趋势。近118年来降水最多的是1954年,有雨日199 d;1919年为最少年,有雨日仅84 d。从逐年代变化更清晰地看出其增→降→增→降4个阶段,其中1960s(1960s指20世纪60年代,下同)最多,平均偏多29 d;1920s最少,平均偏少39 d。

小雨日数多年平均为115 d,与降水日数的变化趋势比较一致。中雨日数多年平均为21 d,近百年来为弱的线性减少趋势,从逐年代变化看,1930s之前偏多,1940—1990s偏少,2001—2009年偏多。大雨日数多年平均为7 d,近百年来为弱的线性增加趋势,基本可分为增→降→增→降4个阶段,从逐年代变化更清晰地看出到1920s转变为减少趋势,到1930s后为增加趋势,1990s后又开始转为减少趋势。暴雨日数多年平均接近3 d,近百年来为弱的线性增加趋势,1892—1900年最少,1960s最多,而

1960s 的中雨日数和大雨日数都是偏少的,说明 1960s 降水日数偏多主要小雨和暴雨日数偏多造成的。

用来检测气候突变的统计方法,选用滑动  $t$  检验方法<sup>[17]</sup>,它是用来检验两随机样本平均值的显著性差异。用滑动  $t$  检验来检验某一个时间序列,可以得到相应的  $t$  统计量序列,在  $t$  统计量大于给定信度临界值的年份中,峰值和谷值所对应的年份称之为突变年份、突变点或者过渡年份,其意义是指这一年前后两个均值状态的差异最大。本文所讨论的是年代际突变,两子序列长度都取 11 年。图 3 为重庆主城区近百年来各级雨日的 11 年滑动  $t$  检验曲线,图中两虚线为  $\alpha = 0.01$  的显著性水平线。为了检验其主要突变,不采用  $\alpha = 0.05$  的信度,通过严格控制信度为  $\alpha = 0.01$  认为是其突变年份。由图 3 可见,降水日数在 1917 年突变为减少趋势,到 1947 年突变为增

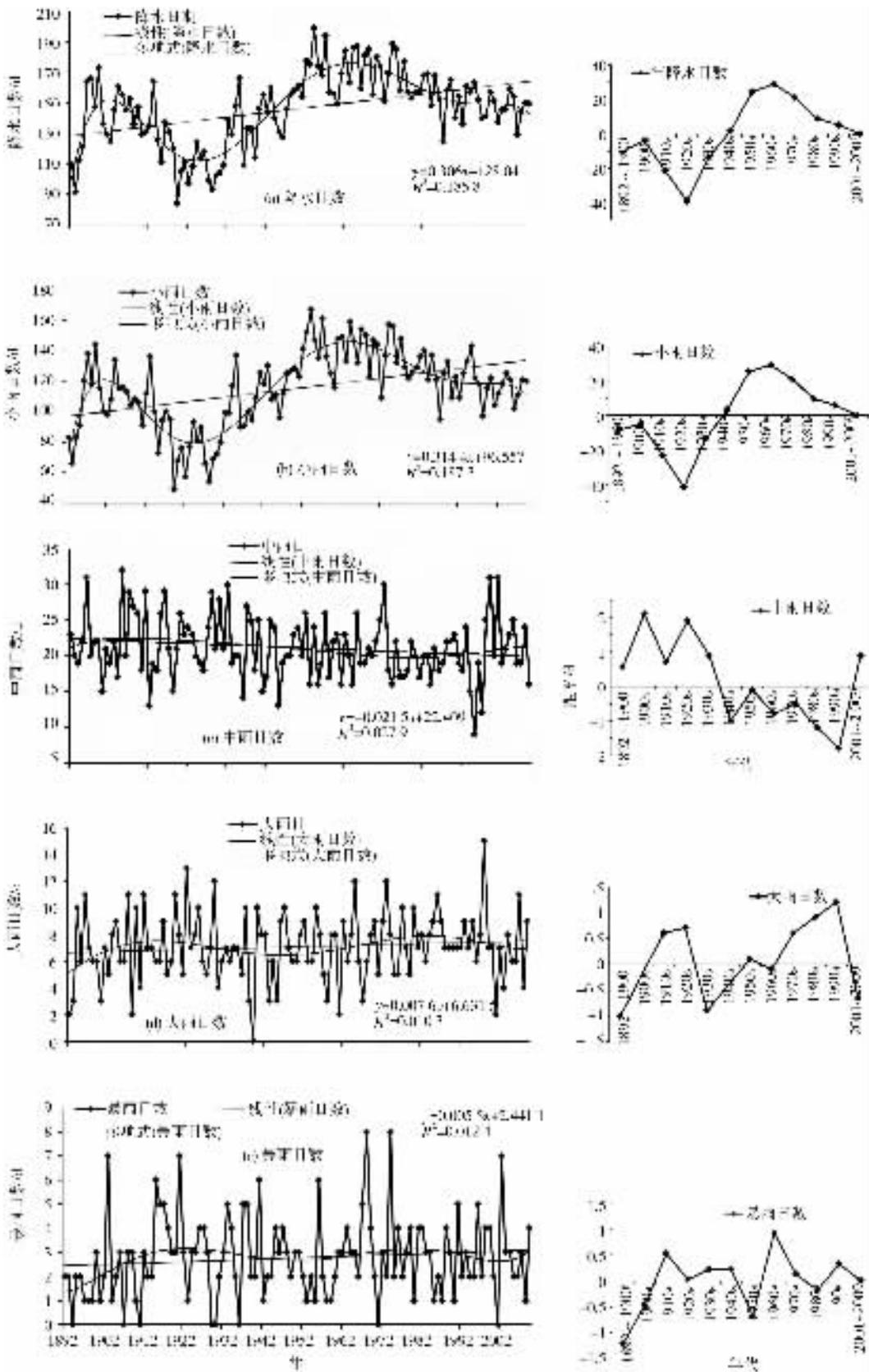


图 2 1892—2009 年重庆主城区各级雨日的逐年和逐年代距变化

注:左图为逐年变化,右图为逐年代距变化

Fig. 2 The annual changes of different levels of rainy days in the main districts of Chongqing from 1892 to 2009

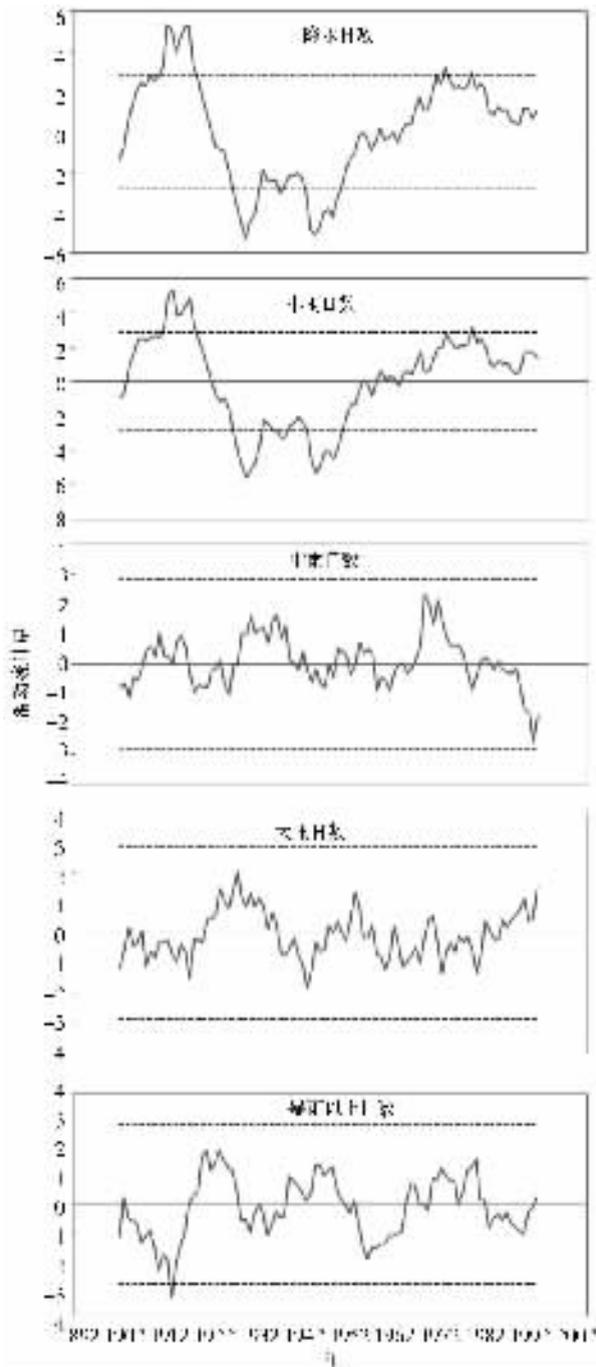


图3 1892—2009年重庆各级雨日的滑动 $t$ 检验曲线

Fig. 3 The moving  $t$ -test curve of different levels of rainy days from 1892 to 2009

加趋势,到了1983年又突变为下降趋势。小雨日数突变年份和趋势与降水日数比较一致,分别在1918年、1947年、1983年发生突变。中雨和大雨日数均未发生明显突变。暴雨日数在1914年发生突变,突变后为增加趋势。

#### 4 各级雨日强度变化特征

利用各级雨日雨量分别除以各级雨日数,求得

了近百余年重庆主城各级雨日的降水强度,图4给出了它们的年和年代变化。多年平均降水强度为 $7.7 \text{ mm/d}$ ,表现为显著的线性下降趋势,下降速率为 $0.16 \text{ mm}/(10 \text{ 年} \cdot \text{d})$ 。1961—2009年的线性趋势为显著增加,增加率为 $0.38 \text{ mm}/(10 \text{ 年} \cdot \text{d})$ 。百余年来阶段变化比较明显,正好与降水日数变化相反。从1892年开始减弱,到了19世纪90年代末期转为增强趋势,到20世纪20年代中期又转为减弱趋势,到20世纪50年代末期转为增加趋势。仅仅从年降水强度难以看出不同级别降水强度变化的非均质性特征,因此需再对小雨、中雨、大雨和暴雨降水强度的时间演变分别进行分析。小雨强度多年平均为 $2.8 \text{ mm/d}$ ,其变化趋势与年降水强度非常一致。中雨强度多年平均为 $15.5 \text{ mm/d}$ ,近百余年来为线性减弱趋势,通过0.05的显著性水平检验,减弱速率为 $0.05 \text{ mm}/(10 \text{ 年} \cdot \text{d})$ 。逐年代变化来看,中雨强度在1892—1900年、1900s和1920s偏强,1980s与多年持平,其他年代都偏弱,最近2个年代(1990s和2001—2009年)偏弱最多。大雨强度多年平均为 $34.2 \text{ mm/d}$ ,近百余年来为微弱的线性增加趋势。1939年重庆主城未出现大雨,所以强度为 $0 \text{ mm/d}$ 。2001—2009年为相对最强的年代,1930s为相对最弱的年代。暴雨强度多年平均为 $69.7 \text{ mm/d}$ ,近百余年来为弱的线性增加趋势。1894、1907、1911、1929、1930、1936、1971、2001年共8年未出现暴雨,所以暴雨强度为 $0 \text{ mm/d}$ 。2008年为历年最高,为 $163.1 \text{ mm/d}$ 。就年代变化而言,1892—1900年、1920s、1930s和1960s偏弱,其他年代偏强,从1970s开始到2001—2009年持续4个年代均偏强。

对比各级降水强度的逐年代变化,发现不同年代各级降水强度存在一定差异。发现1982—1900年小雨、中雨和大雨强度都偏强,而暴雨强度则偏弱。1920s小雨强度最强,中雨强度也偏强,而大雨强度则偏弱,暴雨强度更是为最弱的年代。而从1970s到2001—2009年,小雨和中雨都偏弱,而大雨和暴雨都持续偏强。

#### 5 各级雨日贡献率年代变化

计算表明,重庆主城小雨、中雨、大雨、暴雨对年降水量的平均贡献率分别为29.1%、30.7%、22.2%和18.0%。从线性趋势来看,近百余年来小雨和中雨贡献率略有减弱,大雨和暴雨贡献率略有

增强。在此主要讨论各年代各级雨日对年降水的贡献率。先看重庆主城降水逐年代变化(图 5(a)),1892—1900 年、1930s 和 1950s 偏少,其中 1892—1900 年最少,平均偏少 104.7 mm; 1910s 最多,平均偏多 92.1 mm,近 3 个年代(即 1980s、1990s 和 2001—2009 年)持续偏多。重庆主城区降水年代际变化与全国平均的有一定差异,全国平均降水在 1910s、1930—1940s 和 1980—1990s 偏多,其他时段降水偏少。由于降水的空间持续性低,全国平均情况掩盖了重要的地区差异<sup>[18]</sup>。

首先看 1892—1900 年,此年代重庆主城年降水最少,由图 5(b)中可见,此年代小雨和中雨贡献率明显偏高,中雨贡献率为历年代偏高最多,平均偏高 5.0%; 而大雨和暴雨贡献率明显偏低,尤其是暴雨贡献率为历年代偏低最多,平均偏低 6.7%。就雨强而言,小雨偏强,中雨强度最强,大雨强度也偏强,暴雨强度偏弱。所

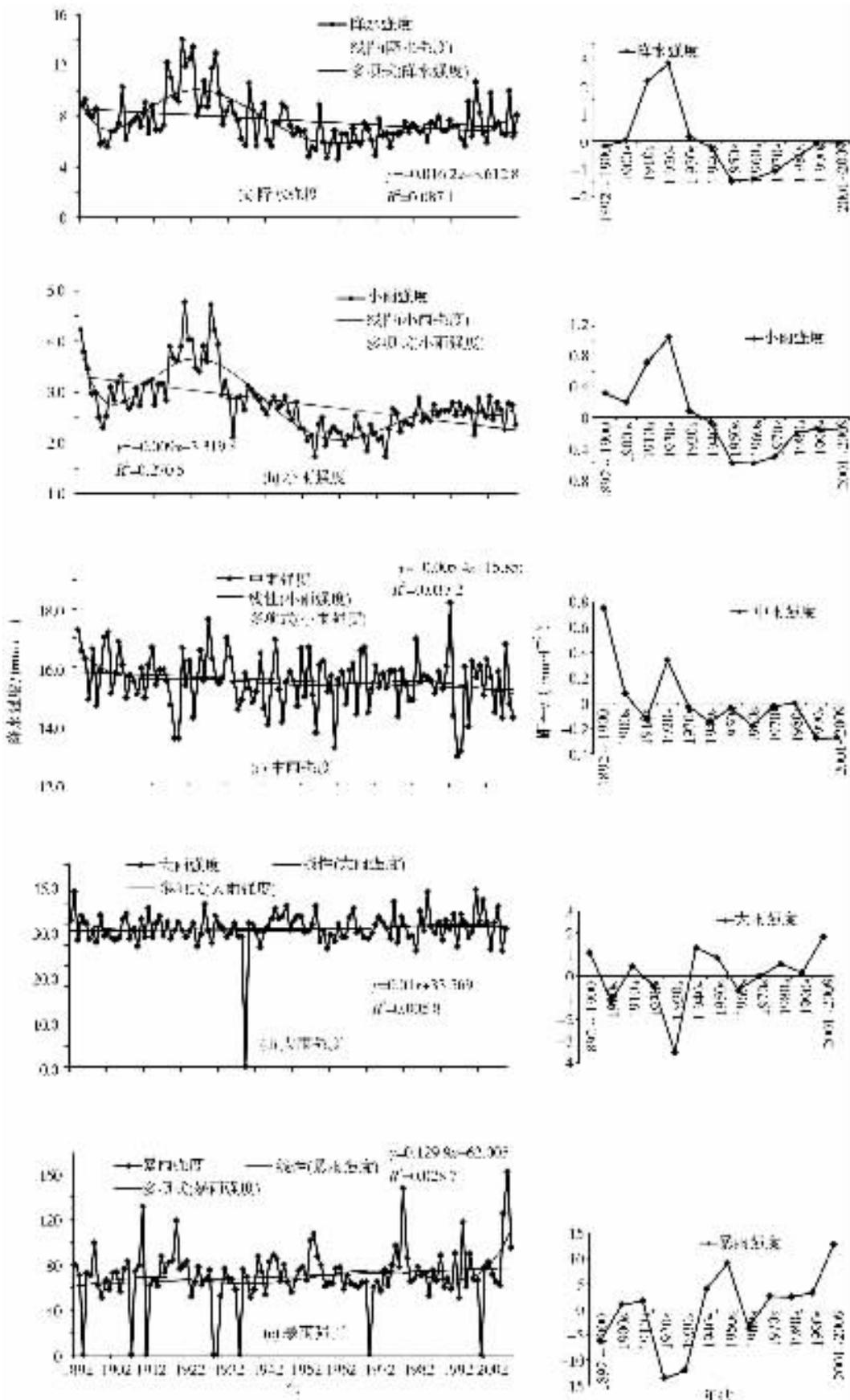


图 4 1892—2009 年重庆主城区各级雨日强度的逐年和逐年代距平变化

Fig. 4 The annual changes of different levels of rainy days' intension from 1892 to 2009

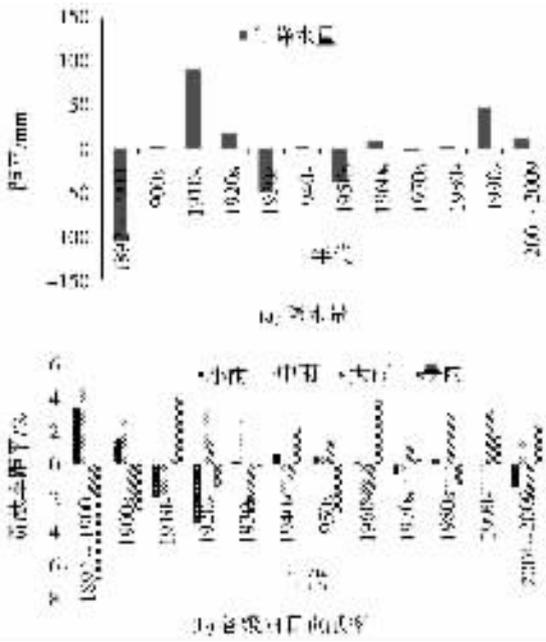


图5 1892—2009年重庆主城区年降水量和各级雨日贡献率的逐年代距平变化

Fig. 5 The annual rainfall and the contribution rate of different levels of rainy days in the main districts of Chongqing from 1892 to 2009

以造成 1892—1900 年降水偏少主要与大雨和暴雨日数显著偏少、暴雨强度偏弱有关。

年降水最多的年代 1910s, 小雨和中雨贡献率偏低, 中雨略偏多, 暴雨贡献率显著偏多。在 1910s 暴雨强度略偏强, 主要是暴雨日数偏多引起贡献率偏高。

同理可见, 1930s 降水偏少主要表现为大雨贡献率显著偏少, 是由于大雨强度最弱和大雨日数偏少造成的。1950s 降水偏少主要表现为暴雨贡献率显著偏少, 但暴雨强度却偏强, 所以只与暴雨日数偏少有关。

1990s 年降水为次偏多的年代, 也是从 1920s 以来降水偏多最多的年代。此年代虽然中雨贡献率显著偏低, 但是大雨和暴雨贡献率都偏强, 尤其是大雨贡献率为历年代最强。大雨强度只是略偏强, 主要是由于大雨日数显著偏多(为历年代最多)引起的。当然还与暴雨日数偏多和暴雨强度偏强有一定关系。

21 世纪以来(2001—2009 年), 年降水偏多主要是中雨和暴雨贡献率偏高。暴雨强度在次年代是最强的, 但暴雨日数与常年持平。中雨强度偏弱, 但中雨日数偏多。所以 21 世纪以来降水偏多主要与中雨日数偏多和暴雨强度偏强有关。

## 6 结束语

通过上面分析, 主要得到以下几点结论。

1) 重庆地区各月平均雨日为 9~17 d, 5、6 月和 10 月较多, 冬季 3 个月份和 8 月较少。小雨日数在盛夏的 7 和 8 月最少, 10 月最多。中雨日数多集中在 4~10 月, 大雨日数多集中在 4~8 月, 暴雨日数主要集中在 5~9 月。

2) 重庆主城区降水日数近百余年为显著的线性增加趋势, 而 1961 年以来却为显著的线性减少趋势。百余年降水日数的变化分为增→降→增→降 4 个阶段, 其中 1960s 最多, 1920s 最少。小雨日数与降水日数的变化趋势比较一致。中雨、大雨和暴雨的线性趋势不明显, 分别为弱的减、增、增趋势。

3) 重庆主城区降水强度近百余年为显著线性下降趋势, 而 1961 年以来却为显著的线性增加趋势。百余年降水强度的变化分为降→增→降→增 4 个阶段。不同年代各级降水强度差异明显。

4) 重庆主城小雨、中雨、大雨、暴雨对年降水量的平均贡献率分别为 29.1%、30.7%、22.2% 和 18.0%。从线性趋势来看, 近百余年来小雨和中雨贡献率略有减弱, 大雨和暴雨贡献率略有增强。降水量异常与各级雨日日数、强度和贡献率密切相关。年降水最少的年代是 1892—1900 年, 主要与大雨和暴雨日数显著偏少、暴雨强度偏弱有关。年降水最多的年代是 1910s, 主要是暴雨日数偏多引起暴雨的贡献率显著偏高。21 世纪以来降水偏多主要与中雨日数偏多和暴雨强度偏强有关。

## 参考文献:

- [1] 王颖, 施能, 顾骏强, 等. 中国雨日的气候变化[J]. 大气科学, 2006, 30(1): 162-170.
- [2] 汪青春, 李林, 刘蓓, 等. 青海省近 40 年雨日、雨旅气候变化特征[J]. 气象, 2003, 31(3): 69-73.
- [3] 王颖, 封国林, 施能, 等. 江苏省雨日及降水量的气候变化研究[J]. 气象科学, 2007, 27(3): 287-293.
- [4] 格桑, 唐小萍, 路红亚. 近 35 年青藏高原原量和雨日的变化特征[J]. 地理学报, 2008, 63(9): 924-930.
- [5] 吴宜进, 熊安元, 姜彤, 等. 近 50 年长江流域降水日数的演变趋势[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(2): 217-222.
- [6] 刘辉, 孟祥君. 黑龙江省暴雨日数变化时空特征分析[J]. 水资源研究, 2009, 30(4): 35-37.
- [7] 艾卉, 张耀存, 卢伟. 我国东部地区夏季不同等级降水日数年际变化特征分析[J]. 气象科学, 2009, 29(3): 299-306.
- [8] 王怀清, 赵冠男, 彭静, 等. 长江流域资源与环境, 2009, 18(7): 615-619.
- [9] 陈晓光, 郑芬芬, 陈晓娟, 等. 气候变暖背景下宁夏暴雨日数的变化[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(2): 85-90.

- [ 10 ] 彭军超, 宫恩田. 广东省雨日与降水量的气候变化研究 [ J ]. 佳木斯大学学报 自然科学版, 2010, 28( 1 ): 157-160.
- [ 11 ] 张天宇, 范莉, 孙杰, 等. 1961—2008 年三峡库区气候变化特征分析 [ J ]. 长江流域资源与环境, 2010, 19( Z1 ): 52-61.
- [ 12 ] 陈忠, 陈华芳, 王建力, 等. 重庆市降水量的时空变化 [ J ]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2003, 28( 4 ): 644-649.
- [ 13 ] 刘毅, 何金海, 王黎娟. 近 40a 重庆地区夏季降水的气候特征 [ J ]. 气象科学, 2005, 25( 5 ): 490-498.
- [ 14 ] 刘德, 李永华, 高阳华, 等. 重庆夏季旱涝的欧亚环流特征分析 [ J ]. 高原气象, 2005, 24( 2 ): 275-279.
- [ 15 ] 李永华, 毛文书, 高阳华, 等. 重庆区域旱涝指标及其变化特征分析 [ J ]. 气象科学, 2006, 26( 6 ): 638-644.
- [ 16 ] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术 [ M ]. 北京: 气象出版社, 2007, 57-60, 71-82.
- [ 17 ] 《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.

## The Variation Features of Rainy Days and Its Intensity in the Main Districts of Chongqing During the Past 100 Years

ZHANG Tian-yu, LI Yong-hua, CHENG Bing-yan, TANG hong-yu

( Chongqing Climate Center, Chongqing 401147, China )

**Abstract** : Based on the precipitation data in the main districts of Chongqing during the past 100 years, this article studied the climate features and long-term trends of rainy day, its intensity and the contribution rate at different levels. The results indicated that rainy day had a significant linear increasing trend since 1961. The stage change of rainy day was divided into growth →down →growth →down four phases. The trend of rainy day and light rainy day was more inconsistent with the light rainy day. The linear trend of moderate rainy day, heavy rainy day and storm rainy day were not obvious, respectively weak decreasing, increasing, increasing trend. Stage change of rainy day intensity and rainy day was just the opposite. The amount of precipitation and rainy day, strength and contribution rates at different levels were closely related. The amount of precipitation of 1892 - 1900 years was the least, which heavy rainy day and storm rainy day were significantly less than normal, storm intensity was weak. 1910s was the decade of most precipitation which was mainly caused by storm rainy day. It was obviously more than normal, resulted in high contribution rate of storm rainy day. The number of precipitation was less than normal since the 21st century, mainly related with more moderate rainy day and stronger storm rainy day intensity.

**Key words** : the main districts of Chongqing ; rainy day ; climate change

( 责任编辑 游中胜 )