

成都龙泉驿区暴雨变化特征

许康, 毛文书, 赵海波

成都信息工程大学, 大气科学学院, 四川 成都
Email: 2684985623@qq.com

收稿日期: 2021年6月8日; 录用日期: 2021年7月14日; 发布日期: 2021年7月21日

摘要

利用龙泉驿区气象局1980~2019年近40年逐日降水观测资料与2009~2019年19个自动站的逐时降水观测资料, 采用多项式插值和反距离权重插值等方法, 分析了龙泉驿区暴雨的时空变化特征, 得到以下结果: 1) 近40年来暴雨量、暴雨日数、暴雨强度存在明显的年际变化, 其旬、候变化呈现单峰型。2) 近40年来夏季暴雨量、暴雨日数在多年来暴雨中占比最高, 暴雨主要集中在7、8月份。3) 在空间上, 暴雨量、暴雨日数整体呈现南北高中西低, 暴雨强度整体呈现东高西低。

关键词

龙泉驿区, 暴雨, 变化特征

Characteristics of Rainstorm Variation in Longquanyi District of Chengdu

Kang Xu, Wenshu Mao, Haibo Zhao

School of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan
Email: 2684985623@qq.com

Received: Jun. 8th, 2021; accepted: Jul. 14th, 2021; published: Jul. 21st, 2021

Abstract

Based on the daily precipitation observation data of Longquanyi Meteorological Bureau from 1980 to 2019 and hourly precipitation observation data of 19 automatic stations from 2009 to 2019, the methods of polynomial interpolation and inverse distance weight interpolation are adopted, and the following results were obtained: 1) For 40 years, the precipitation of rainstorm, the days of rainstorm and the intensity of rainstorm have obvious inter-annual variation, and its ten-day and pentad variation presents a single peak pattern. 2) For 40 years, the precipitation of rainstorm

and the days of rainstorm in summer accounted for the highest proportion of the rainstorm in many years, and the rainstorm mainly concentrated in July and August. 3) From the spatial point of view, the precipitation and days of rainstorm were higher in the north and south, lower in the middle and west, while the intensity of rainstorm was higher in the east and lower in the west.

Keywords

Longquanyi District, Rainstorm, Variation Characteristics

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

根据联合国政府间的气候变化委员会在第五次科学评估的发现,在以往的几十年中,极端天气如强降水、热浪等呈增多趋势,未来极端天气出现的次数将会更多[1]。中国处于亚欧大陆东部,暴雨天气在中国十分常见,其原因与夏季东亚季风有关,并且许多暴雨过程都存在季风水汽输送带,因夏季风从海上带来的水汽充足很容易形成洪涝灾害[2]。中国的暴雨降水量自1951年开始逐年增加,降水的范围也在扩大[3],到了1990年代暴雨天气有所减少,在21世纪又开始增多,这种现象在南方地区表现明显[4]。

在四川省,暴雨洪涝是发生频率最高、造成危害最重的自然灾害之一,其特点有范围广、强度大等,影响四川暴雨的系统有青藏高原低压、西南涡、西太平洋副热带高压、低空急流等[5]。对于一些暴雨个例,来自孟加拉湾、阿拉伯海、西太平洋以及高原地区的水汽输送对其影响十分明显,由于水汽来源多样,处于盆地的四川暴雨过程机制复杂[6][7]。近几十年来,川渝地区暴雨主要发生在四川盆地,川西高原地区暴雨较少,四川盆地年暴雨发生频数大于2次[8]。成都龙泉驿区地处成都市东部,被国务院命名为“中国水蜜桃之乡”,其境内包含国家经济技术、生态园、汽车基地等产业,在四川省内其发展潜力巨大[9]。以全球气候变暖为背景,成都市龙泉驿境内暴雨灾害事件增多[10],据统计,暴雨洪灾造成的人口死亡、经济损失的数量在全球各种灾害排序中居首位,因此暴雨天气受各国普遍关注[11]。在暴雨的变化特征的研究中,鲍名等人结合暴雨与洪涝的关系以及暴雨的气候背景,分析了暴雨日数的气候分布与暴雨日数及其距平的逐年变化[12]。黄明策通过常规的统计分析方法,分析了广西暴雨量、暴雨日数的空间分布与时间分布[13]。林爱兰等人通过新指标下的广东暴雨日和持续性暴雨的定义,分析了广东暴雨的变化特征及其环流形势[14]。周长艳等人运用不同级别的降水事件频率和强度,揭示了四川暴雨以及其他降水的变化特征[15]。在前人对暴雨的研究中,其研究的区域大多以省或国家为代表,并且对于暴雨的旬、候变化分析较少,而本文研究的龙泉驿区暴雨其空间范围小,且对暴雨量、日数、强度都做出了分析,在暴雨的时间演变部分细化到了旬、候变化,通过1980~2018年龙泉国家站的逐日降水量资料以及2009~2019年龙泉驿区内19个自动站的逐时降水量资料,分析暴雨量、暴雨日数、暴雨强度数据,以此对龙泉驿区暴雨的时空变化特征进行概括、总结。

2. 资料与方法

龙泉驿区位于四川省成都市平原东部,由图1可知:龙泉驿处于北纬 $30^{\circ}27'52''\sim 30^{\circ}43'23''$ 与东经 $104^{\circ}08'19''\sim 104^{\circ}27'09''$ 之间,境内东西长29.8 km、南北宽28.75 km,最高海拔为1050 m左右,最低海拔450 m左右。其总面积达 556.98 km^2 ,境内龙泉山位于东南部,呈东北-西南走向,平坝、丘陵、低山等

地貌在龙泉都有表现，各地貌面积占比平坝最大、低山与丘陵次之。

2.1. 资料来源与地形概况

本文选用 1980~2018 年龙泉驿区气象局的逐日降水量观测资料，以及如图 1 所示的黄土、柏合、西河、万兴、大面、茶店、洪安、洛带、桃花故里、七里、红花、照壁、天公山、梨园村、同安、十陵、经开区、大佛村、成龙一号共 19 个自动站的 2009~2019 年逐时降水量观测资料，得到暴雨量、暴雨日数、暴雨强度的时间演变和空间演变的数据。

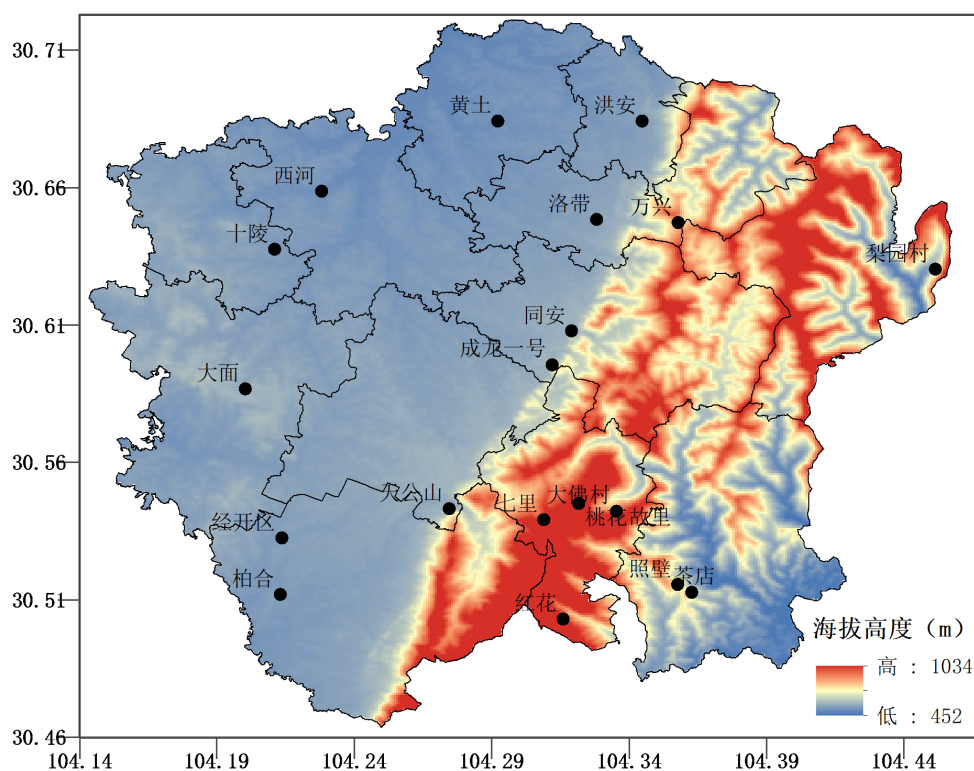


Figure 1. Terrain and automatic station distribution in Longquanyi District

图 1. 龙泉驿区地形和自动站分布

2.2. 研究方法

2.2.1. 多项式插值

通过沈剑华[16]编著的数值计算基础得知，在许多实际的问题中我们可以用函数 $y = f(x)$ 来表示变量间的一些内在规律的数量关系。但是在科学研究或工程技术中，对于函数 $f(x)$ 有时只能通过实验或观测等手段得到它有限个不同点上的函数值，即表现为 $y = f(x_i) (i = 0, 1, 2, \dots, n)$ 的情况，有时虽然函数有明确的表达式但是过于复杂，这些情况都不便于我们计算、使用。

为了研究上述函数的性质，我们希望做出一个能反映原函数特性，且便于计算的简单函数 $P(x)$ 来近似代替 $f(x)$ ，对于函数 $P(x)$ 要满足 $P(x_i) = y_i (i = 0, 1, 2, \dots, n)$ 的条件，称这类问题为插值问题， $P(x)$ 为插值函数。设函数 $y = f(x)$ 在区间 $[a, b]$ 上有定义，并且它在 $n+1$ 个不同点 $a \leq x_0 < x_1 < x_2 < \dots < x_n \leq b$ 上的函数值 y_0, y_1, \dots, y_n 都已知，若存在一个次数不超过 n 次的多项式(其中 a_i 为实数)：

$$P_n(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n \quad (1)$$

满足条件:

$$P_n(x_i) = y_i, (i = 0, 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

称 $P_n(x)$ 为函数 $f(x)$ 的 n 次代数插值多项式。本文通过 1980~2018 年近 40 年的龙泉驿区气象局逐日降水量观测资料, 得到暴雨的时间演变数据, 利用绘图工具绘制暴雨量、暴雨日数、暴雨强度的时间演变图形, 并用多项式插值来叠加曲线, 分析暴雨随时间变化的特征, 最后得到龙泉驿区暴雨的时间演变概况。

2.2.2. 反距离权重插值

通过已知样品点采集的数据来推算未知点的数据称为空间插值, 这种方法常用于气象领域, 反距离权重法作为一种常用于气象要素的空间插值方法, 其原理简单、使用方便, 在气象等领域被广泛使用。反距离权重插值其插值结果好坏与搜索半径以及样品点数量等因素有关系, 搜索半径越大差值结果越光滑, 效果越好。若样品点数量少, 则反距离权重插值结果随机性大, 会出现较大差异[17][18]。反距离权重插值法是由 Tobler 定理为基础提出的空间插值方法。通过推算未测量点附近各点的测量值的加权平均来进行插值是其原理, 在空间上越相近的事物其相似性越大, 在附近已测点取得的权重越大, 对于反距离权重插值法, 其表达式为:

$$Z_o = \left(\sum_{i=1}^n \frac{z_i}{d_i^r} \right) / \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^r} \right) \quad (3)$$

式中 z_o 为 O 点估算值, z_i 控制点 i 的值, d_i 为控制点 i 与点 O 的距离, n 为估算时所用控制点数量, r 为指定的幂次数[19]。

本文通过 2009~2019 年近 10 年的龙泉驿区内 19 个自动站点逐时降水量观测资料, 得到暴雨的空间演变数据, 利用 GIS 等软件的反距离权重插值, 绘制出暴雨量、暴雨日数、暴雨强度的空间分布图, 通过分析不同时间下暴雨的空间变化特征, 最后得到龙泉驿区暴雨的空间演变概况。

3. 龙泉驿区暴雨时间演变特征

3.1. 暴雨量时间演变特征

根据图 2(a)~(c) 龙泉驿区春、夏、秋各季暴雨量的时间演变图来看: 春季暴雨量最高值为 1997 年的 91.0 mm, 最低值为 1983 年的 50.2 mm, 平均春季暴雨量为 5.2 mm。39 年间只有 1983、1986、1997 年这 3 年存在春季暴雨, 因此春季暴雨的变化趋势参考性不大; 夏季暴雨量最高值为 1984 年的 364.0 mm, 最低值为 1986 年的 51.8 mm, 平均夏季暴雨量为 113.4 mm。夏季暴雨量在 1980~1989 年左右呈上升趋势, 在 1990~2002 年左右呈下降趋势, 2003~2018 年夏季暴雨量波动较平稳; 秋季暴雨量最高值为 2001 年的 116.6 mm, 最低值为 2012 年的 50.9 mm, 平均秋季暴雨量为 24.8 mm。39 年间秋季暴雨量呈先增再减趋势; 冬季无暴雨, 故不讨论。从图 2(d) 龙泉驿区年暴雨量的时间演变曲线来看: 龙泉驿区暴雨量最高值为 1984 年的 364.0 mm, 最低值为 1993 年的 59.3 mm, 平均暴雨量为 143.4 mm。差值曲线上, 暴雨量在 1985~1990 年左右呈上升趋势在 1991~2002 年左右呈下降趋势, 2005~2015 年暴雨量升降趋势较为平稳。从图 2(e)~(f) 暴雨量的旬、候变化来看: 8 月中旬的暴雨量最高, 8 月第 4 候的暴雨量最高, 暴雨量的旬、候变化都呈现单峰型, 且只在 4~10 月有暴雨量其他月份无暴雨量。

综合来看, 暴雨量存在明显的年际变化, 且暴雨量的旬、候变化都呈现单峰型, 夏季暴雨量约占总暴雨量的 79%, 而秋季暴雨约占 17%, 春季暴雨约占 4%, 冬季无暴雨出现。近 40 年间 1~12 月中 7、8 月份暴雨量占比最高。

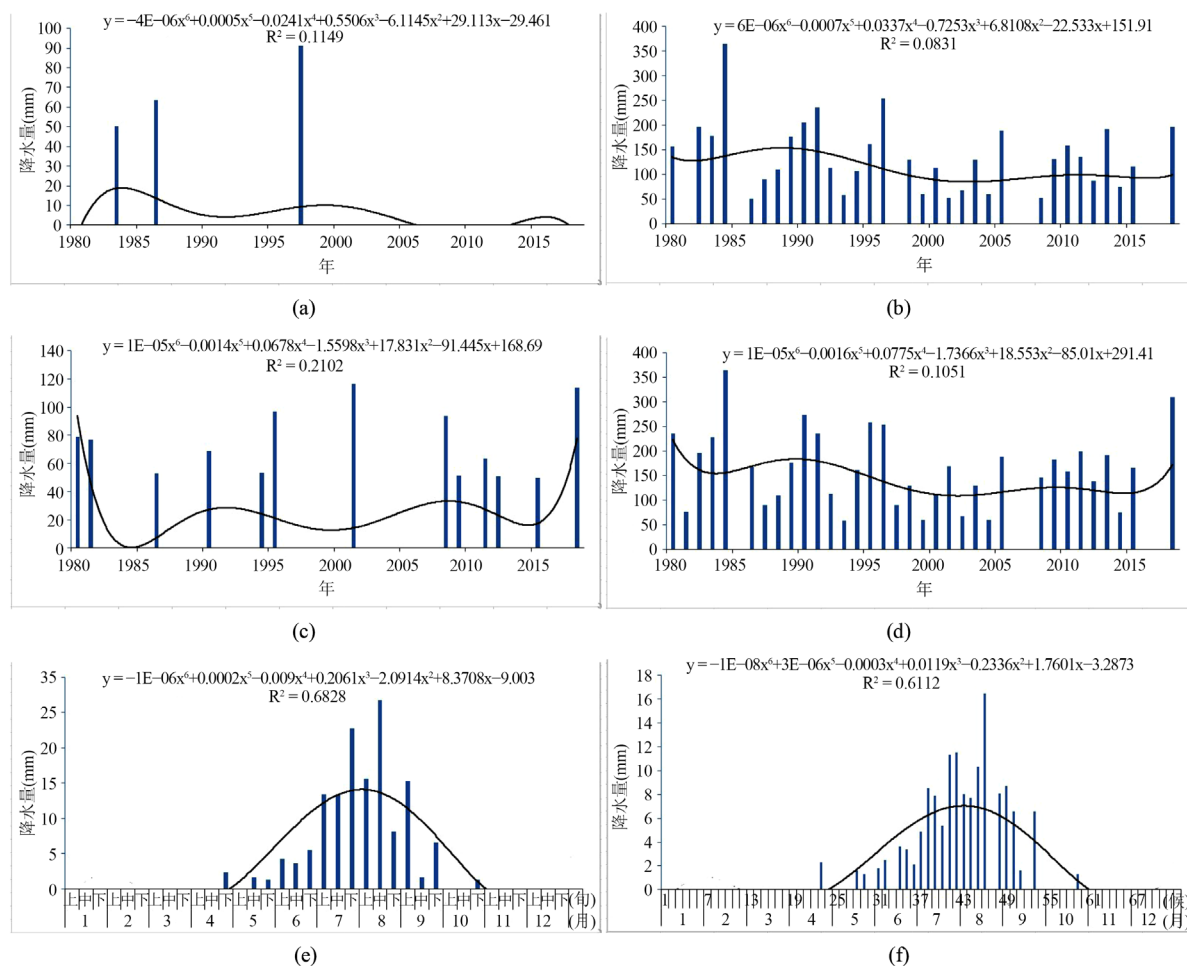


Figure 2. Temporal variation of rainstorm precipitation in Longquanyi District. (a)~(c): Rainstorm precipitation in spring, summer and autumn (Unit: mm), (d): Annual rainstorm precipitation (Unit: mm), (e): Ten-day rainstorm precipitation (Unit: mm), (f): Pentad rainstorm precipitation (Unit: mm)

图 2. 龙泉驿区暴雨量的时间演变。(a)~(c): 春、夏、秋季暴雨量(单位: mm), (d): 年暴雨量(单位: mm), (e): 旬暴雨量(单位: mm), (f): 候暴雨量(单位: mm)

3.2. 暴雨日数时间演变特征

从图 3(a)~(c)龙泉驿区春、夏、秋各季暴雨日数的时间演变曲线来看: 春季暴雨日数最高、最低值都为 1 d, 平均春季暴雨日数为 0.1 d。由于春季暴雨日数较少, 不讨论其变化趋势; 夏季暴雨日数最高值为 1984 年的 5 d, 最低值为 1 d, 平均夏季暴雨日数为 1.7 d。在 1980~1989 年左右夏季暴雨日数呈上升趋势, 1990~2003 年左右呈下降趋势, 2004 年~2018 年暴雨日数波动不明显; 秋季暴雨日数最高值为 2 d, 最低值为 1 d, 平均秋季暴雨日数为 0.4 d。插值曲线显示, 39 年来秋季暴雨日数变化波动不大。冬季无暴雨, 故不讨论。从图 3(d)龙泉驿区年暴雨日数的时间演变曲线来看: 暴雨日数最高值为 1984、2018 年的 5 d, 最低值为 1 d, 平均暴雨日数为 2.2 d。在 1985~1989 年左右暴雨日数呈上升趋势, 1990~2000 年左右呈下降趋势, 2001~2015 年左右暴雨日数波动平稳。从图 3(e)、图 3(f)暴雨日数的旬、候变化来看: 8 月中旬的暴雨日数最高, 8 月第 4 候的暴雨日数最高, 暴雨日数的旬、候变化都呈现单峰型, 且只在 4~10 月有暴雨日数其他月份无暴雨日数。

综合来看, 暴雨日数存在明显的年际变化, 且暴雨日数的旬、候变化都呈现单峰型, 夏季暴雨日数

约占总暴雨降水日数的 77%，秋季暴雨日数约占 18%，春季暴雨日数约占 5%，而冬季无暴雨出现。近 40 年间 1~12 月份中只有 4~10 月份存在暴雨日数，其中 7、8 月份暴雨日数占比最高。

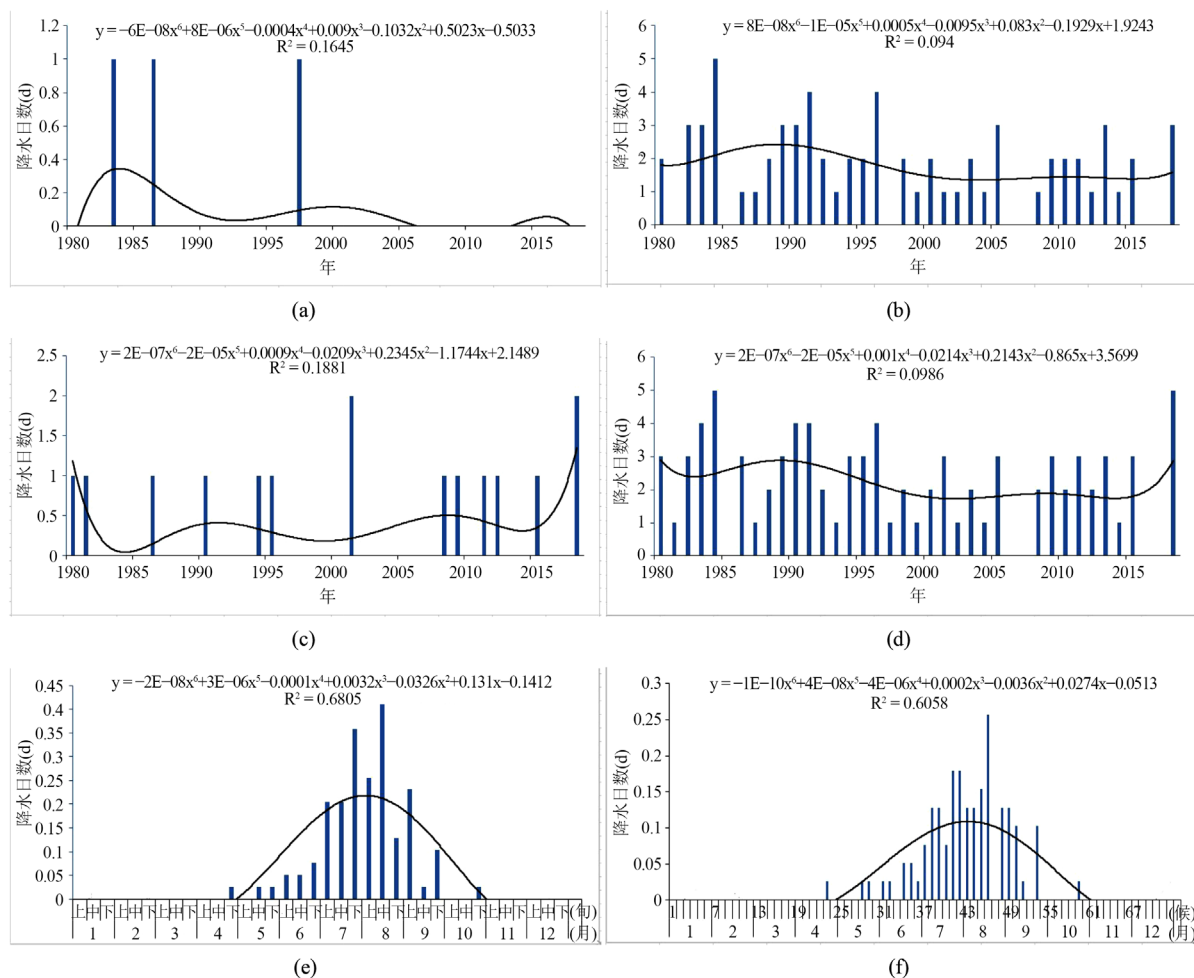


Figure 3. Temporal variation of rainstorm days in Longquanyi District. (a)~(c): Number of rainstorm days in spring, summer and autumn (Unit: d), (e): Number of annual rainstorm days (Unit: d), (e): Number of ten-day rainstorm days (Unit: d), (f): Number of pentad rainstorm days (Unit: d)

图 3. 龙泉驿区暴雨日数的时间演变。(a)~(c): 春、夏、秋季暴雨日数(单位: d), (d): 年暴雨日数(单位: d), (e): 旬暴雨日数(单位: d), (f): 候暴雨日数(单位: d)

3.3. 暴雨强度时间演变特征

从图 4(a)~(c)龙泉驿区季暴雨强度的时间演变曲线来看:春季暴雨强度最高值为 1997 年的 91.0 mm/d, 最低值为 1983 年的 50.2 mm/d, 平均春季暴雨强度为 68.2 mm/d。由于 39 年间春季暴雨数量少, 因此不分析其降水强度的升降趋势;夏季暴雨强度最高值为 1987 年的 91.4 mm/d, 最低值为 1986 年的 51.8 mm/d, 平均夏季暴雨强度为 65.2 mm/d。差值曲线显示, 在 1983、2002 年左右夏季暴雨强度存在波动谷值, 1991、2011 年左右夏季强度存在波动峰值;秋季暴雨强度最高值为 1995 年的 96.9 mm/d, 最低值为 2015 年的 50.0 mm/d, 平均秋季暴雨降水强度 65.6 mm/d。差值曲线显示, 39 年来秋季暴雨强度呈多次波动状态。冬季无暴雨, 故不讨论。从图 4(d)龙泉驿区年暴雨强度的时间演变曲线来看:近 40 年来, 龙泉驿区年暴雨强度最高值为 1987 年的 91.4 mm/d, 最低值为 1994 年的 53.8 mm/d, 平均暴雨强度为 57.8 mm/d。差

值曲线显示, 1980~1994 年左右暴雨强度呈下降趋势, 1985~1993 年左右暴雨强度呈上升趋势, 1994~2018 年左右暴雨强度主要呈下降趋势。从图 4(e)、图 4(f)暴雨强度的旬、候变化来看: 4 月下旬暴雨降水强度最高, 5 月下旬暴雨降水强度最低, 6 月第 2 候的暴雨降水强度最高, 5 月第 5 候的暴雨降水强度最低。

综合来看, 暴雨强度存在明显的年际变化, 且暴雨强度的旬、候变化都呈现单峰型, 龙泉驿区暴雨主要集中在 7、8 月份, 近 40 年间平均暴雨强度为 66.3 mm/d。春、夏、秋季平均暴雨强度都超过了 60.0 mm/d。

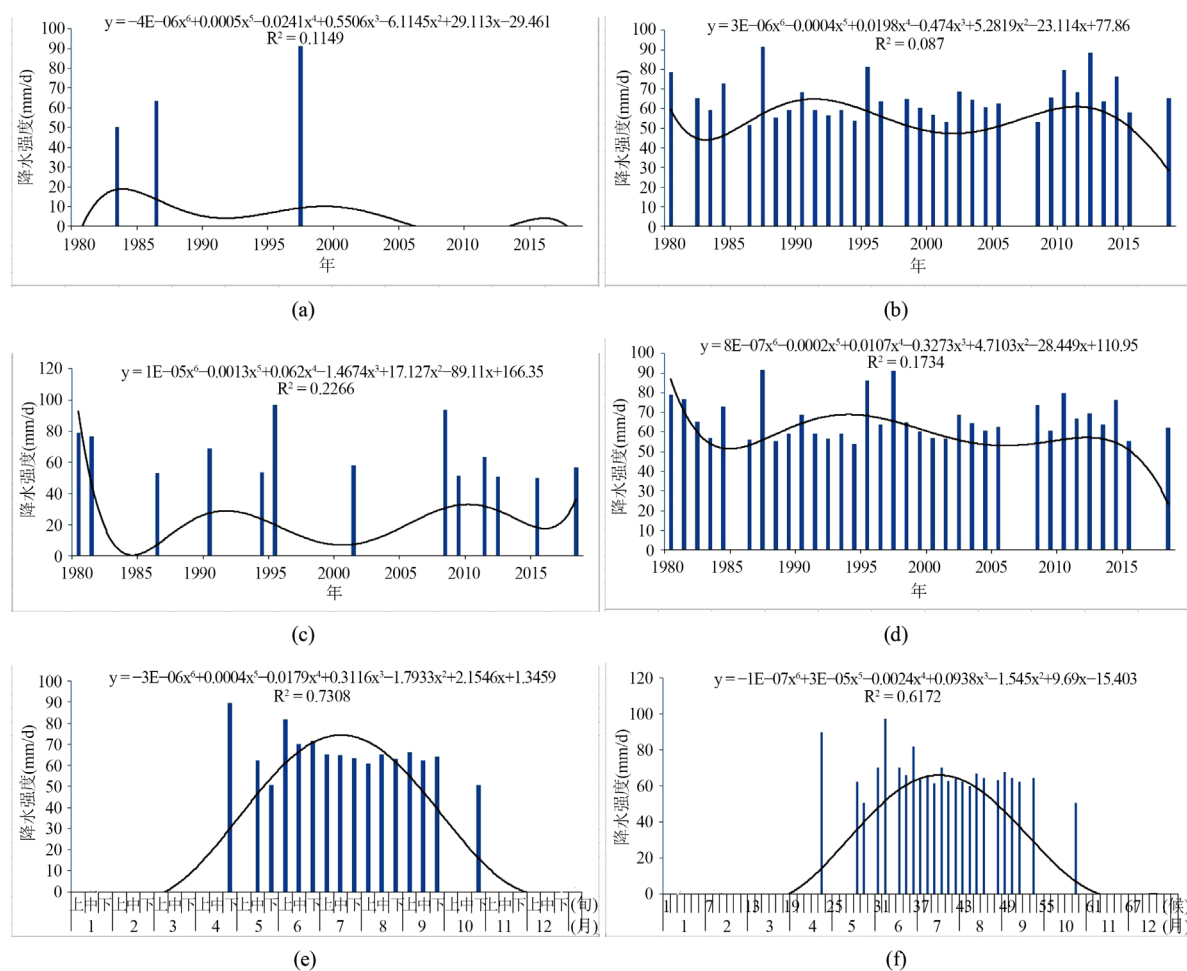


Figure 4. Temporal variation of rainstorm intensity in Longquanyi District. (a)~(c): Rainstorm intensity in spring, summer and autumn (Unit: mm/d), (d): Annual rainstorm intensity (Unit: mm/d), (e): Ten-day rainstorm intensity (Unit: mm/d), (f): Pentad rainstorm intensity (Unit: mm/d)

图 4. 龙泉驿区暴雨强度的时间演变。(a)~(c): 春、夏、秋季暴雨强度(单位: mm/d), (d): 年暴雨强度(单位: mm/d), (e): 旬暴雨强度(单位: mm/d), (f): 候暴雨强度(单位: mm/d)

4. 龙泉驿区暴雨空间演变特征

4.1. 暴雨量空间演变特征

从图 5(a)~(c)龙泉驿区春、夏、秋季总暴雨量的空间分布来看: 春季暴雨量呈现三点分布, 这三点为西北部的西河和龙泉山北部的梨园村南部的红花, 这三处附近暴雨量在 49.61~74.39 mm 之间, 其余地区降水量基本在 0.00~12.40 mm 间, 无暴雨; 夏季暴雨量呈现南北高中西低, 在龙泉北部黄土、洛带和龙

泉山南部的红花附近暴雨量最高达到 1393.38 mm，南北大部分地区暴雨量在 830.57 mm 以上，龙泉西部十陵暴雨量最低，在 267.77~455.37 mm 间，龙泉中西部暴雨量基本在 830.58 mm 以下；秋季暴雨量呈现东北高西南低，龙泉北部洪安、洛带附近暴雨量最高达到 302.07 mm，龙泉东北半区暴雨量基本在 151.09 mm 以上，西南部最低暴雨量在 0.10~50.43 mm 间，龙泉西南半区暴雨量基本在 151.10 mm 以下。冬季无暴雨，故不讨论。从图 5(d)龙泉驿区总暴雨量的空间分布来看：龙泉驿区总暴雨量呈现南北高中西低，近 10 年间龙泉驿区北部黄土、洛带、洪安和龙泉山南部红花的暴雨量最高，在 1371.31~1563.94 mm 之间，中西部地区暴雨量偏低，西部十陵暴雨两最低达到 408.10 mm，南北大部分地区暴雨量在 986.02 mm 以上，中西大部分地区暴雨量在 986.03 mm 以下。

综合来看，暴雨量在龙泉驿区的分布特点为北部、东南部多，西部和中部少。在北部黄土、洪安、洛带以及东南部的七里、红花、茶店附近暴雨量较高，西部十陵中部成龙一号附近暴雨量较低。

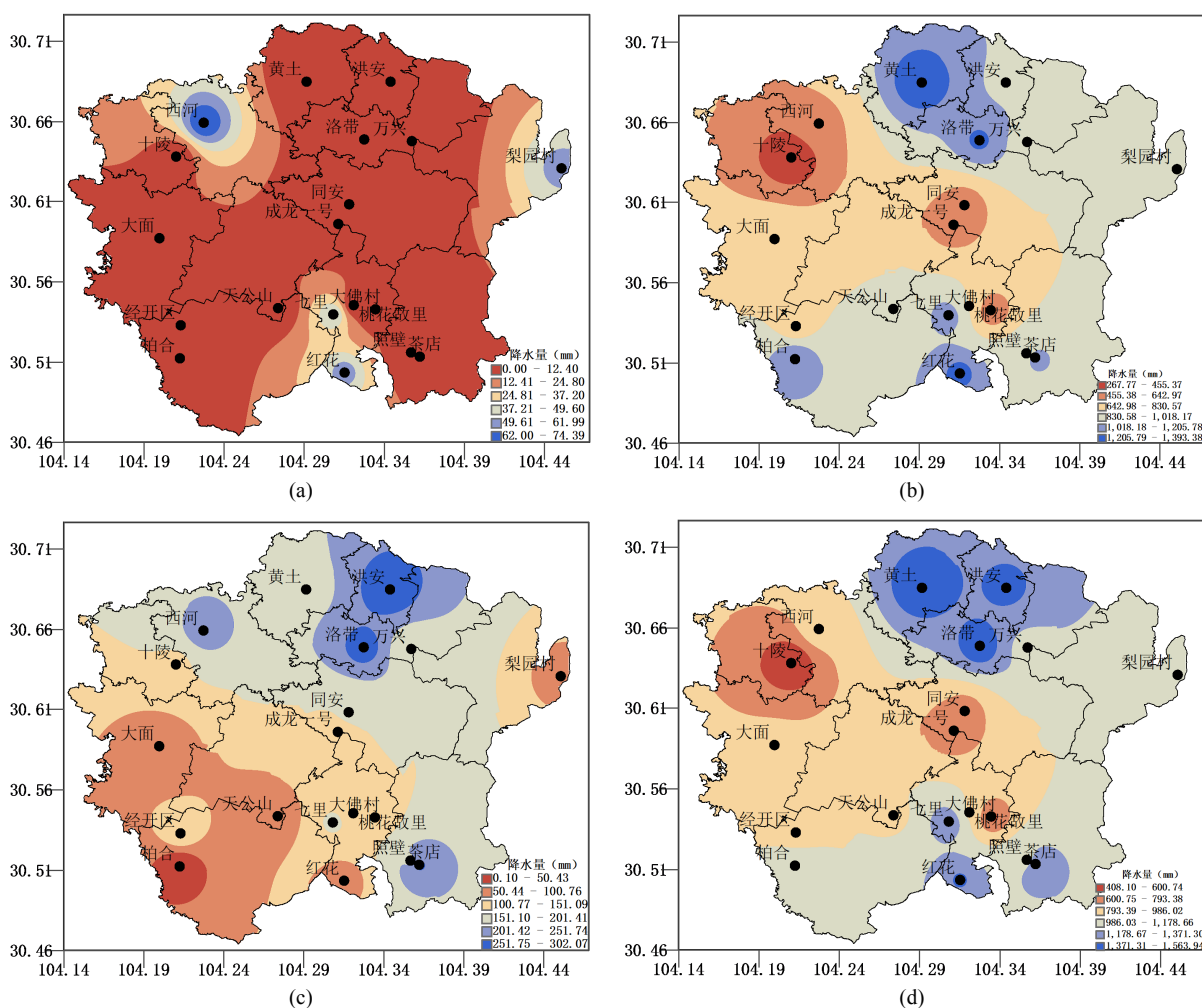


Figure 5. Spatial distribution of rainstorm precipitation in Longquanyi District. (a)~(c): Total rainstorm precipitation in spring, summer and autumn (Unit: mm); (d): Total rainstorm precipitation (Unit: mm)

图 5. 龙泉驿区暴雨量的空间分布。(a)~(c): 春、夏、秋季总暴雨量(单位: mm), (d): 总暴雨量(单位: mm)

4.2. 暴雨日数空间演变特征

从图 6(a)~(c)龙泉驿区春、夏、秋季总暴雨日数的空间分布来看：春季暴雨日数主要分布在龙泉西北

部的西河以及龙泉山北部的梨园村和南部的七里、红花,暴雨日数最高达到 1 d,其余地区基本上无暴雨存在;夏季暴雨日数呈现南北高中西低,在龙泉北部的黄土和龙泉山南部的红花附近暴雨日数最高达到 22 d,南北大部分地区暴雨日数在 13 d 以上,中西大部分地区暴雨日数在 14 d 以下,龙泉西部的十陵暴雨日数最低达到 4 d;秋季暴雨日数呈现东北高西南低,在龙泉北部的洛带附近暴雨日数最高达到 5 d,东北半区的大部分地区暴雨日数在 3 d 以上,西南半区暴雨日数基本在 3 d 以下,西南部的柏合等地无暴雨;冬季无暴雨,故不讨论。从图 6(d)龙泉驿区总暴雨日数的空间分布来看:龙泉驿区暴雨日数整体呈现南北高中西低,暴雨日数最高的地区为龙泉北部的黄土、洛带附近,其暴雨日数在 23~25 d 之间,暴雨日数最低的地区为龙泉西部的十陵附近,在 6~9 d 之间,南北大部分地区暴雨日数在 16 d 以上,中心部地区暴雨日数基本在 17 d 以下。

综合来看,暴雨日数在龙泉驿区的分布特点为北部、东南部多,西部和中部少。在北部的黄土、洛带附近以及龙泉山南部的红花、七里、茶店附近较高,在西部的十陵和中部成龙一号附近较低。

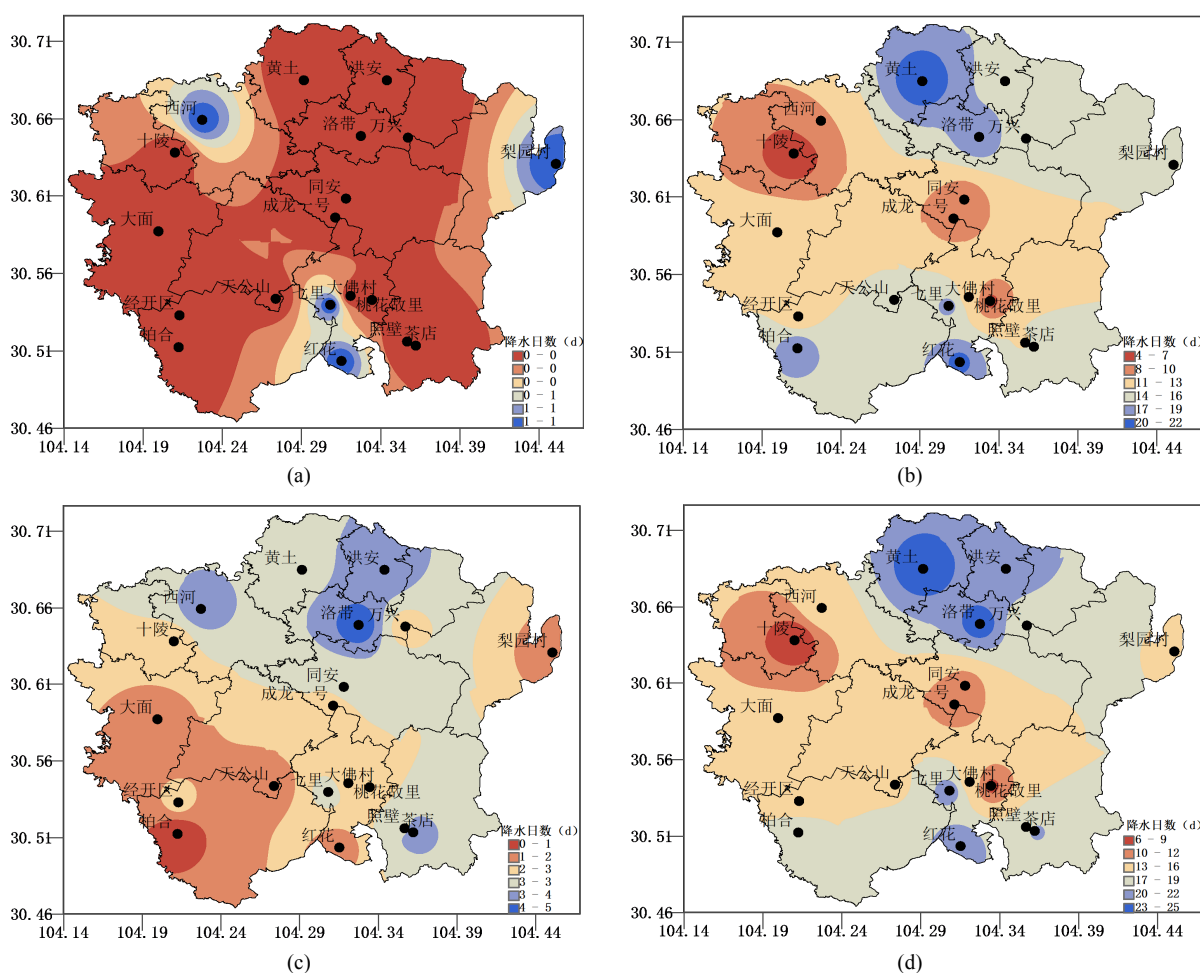


Figure 6. Spatial distribution of rainstorm days in Longquanyi District. (a)~(c): Total days of rainstorm in spring, summer and autumn (Unit: d), (d): Total days of rainstorm (Unit: d)

图 6. 龙泉驿区暴雨日数的空间分布。(a)~(c): 春、夏、秋季总暴雨日数(单位: d), (d): 总暴雨日数(单位: d)

4.3. 暴雨强度空间演变特征

从图 7(a)~(c)龙泉驿区春、夏、秋季暴雨强度的空间分布来看:春季暴雨强度在西北部的西河以及龙

泉山北部的梨园村、南部的红花附近最高，在 62.00~74.39 mm/d 之间，其余地区基本无暴雨；夏季暴雨强度整体呈现东高西低，龙泉山南部的桃花故里附近暴雨降水强度最高，在 71.18~73.45 mm/d 之间，东部大部分地区暴雨强度在 66.62 mm/d 以上，西北部西河的暴雨强度最低，在 59.80~62.08 mm/d 之间，西部大部分地区暴雨强度在 66.63 mm/d 以下；秋季暴雨强度整体呈现东北高西南低，在东北大部分地区暴雨强度在 63.97~76.75 mm/d 之间，西南部柏合附近降水强度最低在 0.05~12.84 mm/d 之间，其余地区暴雨强度基本在 51.19~63.96 mm/d 间。冬季无暴雨，故不讨论。从图 7(d)龙泉驿区暴雨强度的空间分布来看：龙泉驿区暴雨强度整体呈现东高西低，在北部万兴和龙泉山南部大佛村、桃花故里、茶店附近暴雨强度最高，在 68.08~69.68 mm/d 之间，龙泉山一带暴雨强度在 66.48 mm/d 以上，龙泉西北西河附近暴雨强度最低，在 60.05~61.66 mm/d 之间，西部大部分地区暴雨强度在 64.87 mm/d 以下。

综合来看，5~9 月暴雨强度在龙泉山北部的梨园村和南部的茶店、桃花故里附近最高。4 月和 10 月暴雨强度在北部的西河、黄土、万兴附近最高，其余地区基本无暴雨。

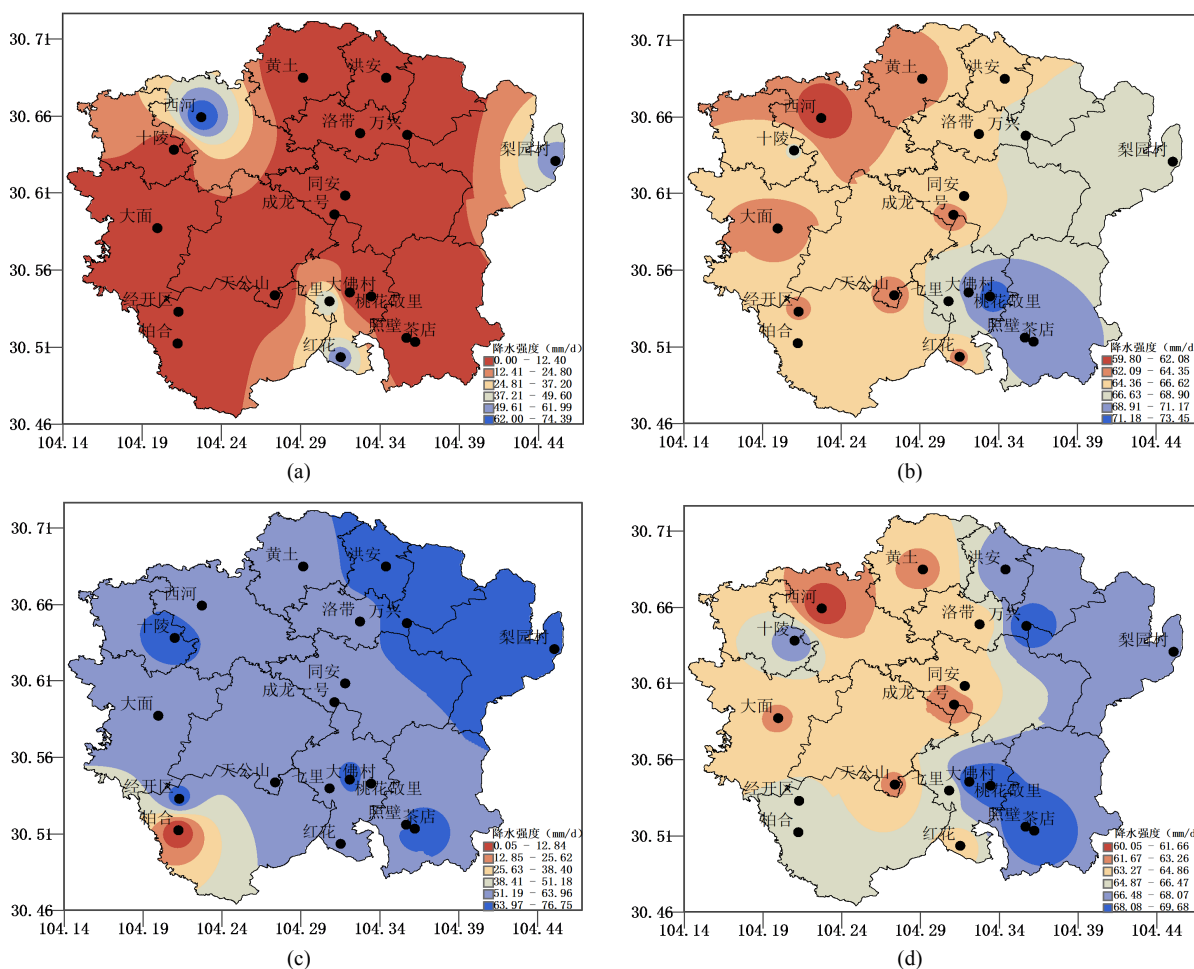


Figure 7. Spatial distribution of rainstorm intensity in Longquanyi District. (a)~(c): Rainstorm intensity in spring, summer and autumn (Unit: mm/d), (d): Rainstorm intensity (Unit: mm/d)

图 7. 龙泉驿区暴雨强度的空间分布。(a)~(c): 春、夏、秋季暴雨强度(单位: mm/d), (d): 暴雨强度(单位: mm/d)

5. 结论

综合上述对龙泉驿区暴雨的时间和空间演变分析，得到以下结论：

1) 近 40 年间, 暴雨量、日数、强度存在明显的年际变化, 其旬、候变化表现为单峰型, 在四季中, 夏季暴雨量、日数最高, 春秋两季较低。近 40 年间的各月中, 4~10 月存在暴雨, 且暴雨主要集中在 7、8 月份。

2) 近 10 年间龙泉驿区暴雨量、日数呈现南北高中西低, 强度呈现东高西低。龙泉驿区北部和龙泉山南部暴雨量、日数较高。北部和龙泉山南部附近暴雨强度较高, 西北部的暴雨强度较低。

本文主要从暴雨量、日数、强度三个方面来分析龙泉驿区的暴雨时空变化特征, 探究了龙泉驿区暴雨的时空变化规律。在暴雨的形成、发展等方面还未进行探讨, 对于这些方面还应采用更加多样的分析方法进行详细研究, 这是我下一步的研究目标。

参考文献

- [1] IPCC (2013) Intergovernmental Panel on Climate Change Climate Change 2013 Fifth Assessment Report (AR5). Cambridge University Press, Cambridge.
- [2] 丁一汇. 中国暴雨理论的发展历程与重要进展[J]. 暴雨灾害, 2019, 38(5): 395-406.
- [3] 史培军, 孔锋, 方佳毅. 中国年代际暴雨时空变化格局[J]. 地理科学, 2014, 34(11): 1281-1290.
- [4] 林建, 杨贵名. 近 30 年中国暴雨时空特征分析[J]. 气象, 2014, 40(7): 816-826.
- [5] 刘庆, 詹兆渝, 陈文秀. 四川暴雨气候背景分析[J]. 四川气象, 2004(4): 23-26.
- [6] 周长艳, 唐信英, 邓彪. 一次四川特大暴雨灾害降水特征及水汽来源分析[J]. 高原气象, 2015, 34(6): 1636-1647.
- [7] 宋雯雯, 唐钱奎. 2006-2015 年成都市区域性暴雨统计分析及其大尺度环流背景[J]. 高原山地气象研究, 2017, 37(1): 19-24.
- [8] 陈丹, 周长艳, 熊光明, 等. 近 53 年四川盆地夏季暴雨变化特征分析[J]. 高原气象, 2018, 37(1): 197-206.
- [9] 敬超. 成都经开区: 城市“东进”的桥头堡[J]. 中国报道, 2019(9): 92-93.
- [10] 杨柳. 成都市龙泉驿区气象灾害风险调查及灾害防御[J]. 现代农业科技, 2017(16): 191-192.
- [11] 刘家福, 张柏. 暴雨洪灾风险评估研究进展[J]. 地理科学, 2015, 35(3): 346-351.
- [12] 鲍名, 黄荣辉. 近 40 年我国暴雨的年代际变化特征[J]. 大气科学, 2006(6): 1057-1067.
- [13] 黄明策. 广西暴雨时空分布特征[J]. 广西气象, 2006(3): 9-13.
- [14] 林爱兰, 梁建茵, 李春晖, 谷德军, 郑彬. “0506”华南持续性暴雨的季风环流背景[J]. 水科学进展, 2007(3): 424-432.
- [15] 周长艳, 岑思弦, 李跃清, 彭国照, 杨淑群, 彭骏. 四川省近 50 年降水的变化特征及影响[J]. 地理学报, 2011, 66(5): 619-630.
- [16] 沈剑华. 数值计算基础[M]. 上海: 同济大学出版社, 1999.
- [17] 马轩龙, 李春娥, 陈全功. 基于 GIS 的气象要素空间插值方法研究[J]. 草业科学, 2008(11): 13-19.
- [18] 刘光孟, 汪云甲, 王允. 反距离权重插值因子对插值误差影响分析[J]. 中国科技论文在线, 2010, 5(11): 879-884.
- [19] 朱选, 刘素霞. 地理信息系统原理与技术[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2006: 171-173.