

文章编号:1673-8411 (2014) 04-0019-05

化州暴雨气候特征分析及极端事件重现期计算

陈冰¹, 江满桃¹, 郭潮升², 王春霞¹, 李东萍¹

(1.广东省化州市气象局, 广东 化州 525100; 2.广东省信宜市气象局, 广东 茂名 525300)

摘要:利用化州 1959 年以来的降水资料,对化州暴雨气候变化特征进行分析,在此基础上,研究极端降水的重现期,以为化州市洪涝灾害的防范和风险管理提供一定的参考数据。统计分析表明,化州年暴雨日数与年雨量之间相关性较好,连续性暴雨多发生在龙舟水以及台风影响期间;暴雨日数、年暴雨量变化趋势显著;暴雨日数 1964 年发生了突变;暴雨日数、暴雨量存在 11 年的主要准周期;计算重现期,化州 50a 一遇的最大日降水量为 395.2mm,100a 一遇的最大日降水量为 451.2mm。

关键词:化州;暴雨;气候特征;周期分析;日最大降水量;重现期

中图分类号:P468.0+24

文献标识码:A

Climate characteristic analysis of rainstorm and calculation of extreme events return period in HuaZhou

Chen Bing, Jiang Man-tao, Guo Chao-sheng, Wang Chun-xia, Li Dong-ping

(1.Huazhou Municipal Meteorological Service, Huazhou Guangdong 525100;

2. Xinyi Municipal Meteorological Service, Maoming Guangdong,525300)

Abstract: Based on precipitation data of HuaZhou since 1959, climatic variation characteristics of rainstorm were analyzed and the return period of extreme precipitation was studied to provide some reference data for flood prevention and risk management. Statistical analysis showed that there was good correlation between annual rainstorm days and annual precipitation, continuous torrential rain occurs during the dragon boat raining day and typhoon influencing days; the variations of the torrential rain days and annual storm rainfall are significant; torrential rain days mutation happened in 1964; torrential rain days and torrential rain rainfall exist a quasi-periodicity of 11 years; maximum daily precipitation during 50years is 395.2 mm, while during 100 years which is up to 451.2 mm.

Key Words: Huazhou, rainstorm; climate character; period analysis; maximum per day precipitation; return period

引言

近年来,在全球变暖的大背景下,广东降水变率加大,极端天气气候事件频发^[1],IPCC 第五次评估报告第一工作组报告(2013 年)指出,未来全球气候变暖对气候系统变化的影响仍将持续,未来变暖背景下,中纬度大部分陆地区域和湿润的热带地区的强降水强度可能加大、发生频率可能增加^[2]。

华南是我国汛期时间最长、降水最多、雨涝最多

的地区之一^[3-4],化州地处粤西南,属亚热带季风气候区,由于季风进退和强度的年际差异,使得区域内降水时空分布不均,暴雨等灾害性天气时有发生,例如 2013 年 5 月 7 日,化州城区午后强降水,1.5h 累积雨量达 150mm,造成城区严重内涝、霞宝岭山体滑坡,对交通、经济、人民财产安全造成重大的威胁。

近年来,众多学者及气象工作者已对我国不同区域的极端强降水事件的变化特征进行了研究^[4-11]。钱维宏等研究表明,在全球变暖的背景下中国的微

收稿日期:2014-09-16

基金项目:茂名市气象局课题“基于台风路径的台风灾害风险评估研究”

作者简介:陈冰(1973-),女,工程师,主要从事天气预测及气象服务工作。E-mail:522033051@qq.com。

量雨日普遍减少,大暴雨事件增多;秦大河等指出,长江及长江以南地区年降水量和极端降水量趋于增加,极端降水值和降水事件强度有所加强;李丽平等研究了华南海域降水的时空演变特征;肖伟军分析了近 45a 华南夏季降水时空演变特征;黄雪松等指出近 50a 广西年降水量、汛期降水和前、后汛期降水都呈平稳变化趋势。针对华南的不同地区,如黄先香等分别分析了华南各地区不同时间段暴雨的气候特征,综上所述,极端降水事件的变化具有明显的区域性。

极端天气气候事件对经济社会有着重要的影响。对于降水而言,极端降水事件与旱涝关系十分密切,而对于一些重现期很长,如百年一遇的特大暴雨,虽然发生的几率小,但若出现则可能造成毁灭性的灾害,因此给定重现期的降水极值,对规划、管理、防洪抗灾、兴修水利工程以及重大工程的施工设计都是必要的指标。

由于强降水气候的地域差异明显,对气候变化的响应也不尽相同,化州与严重洪涝事件密切相关的强降水时空分布是否随气候变暖进一步增加、极端降水事件是否更加严重等问题已经引起人们普遍关注,本文拟对化州暴雨变化特征进行分析,在此基础上,研究极端降水的重现期,以为化州市洪涝灾害的防范和风险管理提供一定的参考数据。

2 资料与方法

化州暴雨资料取自广东省气候中心提供的 1959~2013 年化州市逐日降水量资料,按广东省降水强度等级划分标准,以 24h (当日 20:00 到次日

20:00) 的日降水量 $R \geq 50\text{mm}$ 计为一个暴雨日,当 $R \geq 100\text{mm}$ 计为一个暴雨日,当 $R \geq 250\text{mm}$ 计为一个特大暴雨日。暴雨降水量定义为暴雨以上降水量之和,暴雨强度定义为暴雨以上降水总量与暴雨频次之比,暴雨百分率定义为暴雨以上降水总量与年降水总量之比,定义连续 2d 及以上降水量 50mm/d 为出现连续性暴雨过程^[3,12-14]。

本文主要利用线性倾向估计、Mann-Kendall 突变检验^[15-17]、Morlet 小波分析^[18-19]、Exponential 指数曲线分布理论^[20-21]等方法进行分析。

3 暴雨的特征分析

3.1 暴雨年际、年代际变化特征

图 1a 为化州年暴雨日数时间演变图。近 55a 来,化州出现暴雨频次共 429d,其中大暴雨 105d,特大暴雨 7d,全年平均暴雨频次为 7.8d。日雨量最大值为 389mm,出现在 1976 年 9 月 22 日。暴雨出现最早在 1 月 5 日(1983 年),最晚出现在 12 月 16 日(2013 年)。55a 化州年暴雨日数最多为 19d(1994 年),最少为 3d(1960、1996、2004 年)。分析暴雨频次变化特征发现,化州暴雨频次总体呈波动上升的趋势,平均以 0.495d/10a 的速率增加。化州暴雨日数存在明显的年际、年代际震荡,从多项式拟合曲线来看,化州平均暴雨日数存在 4 个明显的阶段性变化,20 世纪 60 年代为历年明显的低发频次期、70 年代~80 年代中期为进入高发频次期、80 年代中期后至 90 年代中期后又跌入低发频次期,90 年代中期后至今无明显趋势,为多波动阶段,波动幅度大,周期短。

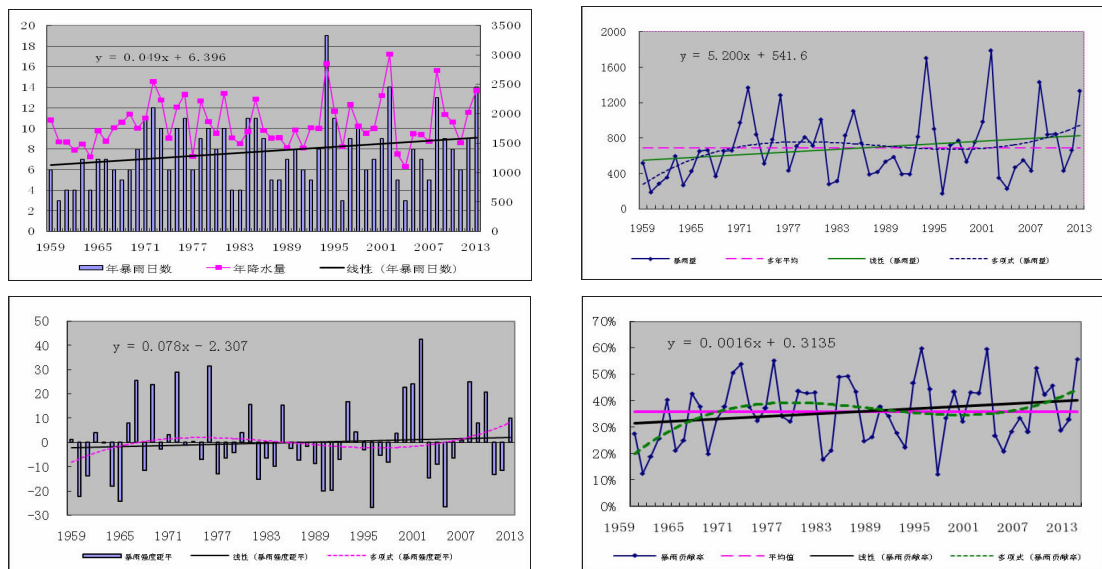


图 1 a 化州年暴雨日数;b 年暴雨量;c 年平均暴雨强度距平;d 年暴雨贡献率

图 2b 为化州年暴雨量的时间演变图。化州年平均暴雨量为 688.7mm, 最多为 1788.3mm(2002 年), 最少为 174.9mm(1996 年), 暴雨量以 52.002mm/10a 的速率增加, 这表明在全球气候变暖的大趋势下, 化州强降水的强度增加趋势明显。

图 2c 为化州年平均暴雨强度距平时间演变图。55a 化州平均暴雨强度为 85.1mm/d, 最大值 127.7mm(2002 年), 最小值 58.3mm(1996 年)。年平均暴雨强度以 0.786/10a 的速率增加。由拟合曲线可知, 20 世纪 60 年代暴雨强度偏弱, 70 年代之后暴雨强度偏强, 80 年代后至今暴雨强度波动更近似于正弦波, 波峰谷间的距离也越来越大。

图 2d 为化州年暴雨贡献率时间演变图。55a 来化州暴雨平均贡献率为 37.7%, 最大达 59.8%(1994 年), 最小仅为 12.2%(1996 年)。暴雨贡献率以 0.016%/10a 的速率增长。由拟合曲线来看, 化州暴雨贡献率具有年际变化, 20 世纪 60 年代暴雨贡献率偏弱, 70 年代至 80 年代中为贡献率偏强期, 80 年代中期至今, 暴雨对降水的贡献率主要呈波动变化, 但波动幅度较小。

将年总降水量与暴雨日数制作点聚图(图略), 可看出绝大部分点集中在一条直线附近, 说明年总降水量(y)与暴雨日数(x)存在着线性关系, 通过计算, 得出回归方程为 $y=973.688+108.822x$, 相关系数 0.854, 远通过 0.001 的显著性水平检验, 表明暴雨多(少)的年份, 暴雨所占年降水量的比率一般较大(小), 这与其他地区年雨量与年暴雨日数之间相关性较好的结论是一致的^[3]。

连续暴雨是化州市暴雨的另一个主要特点, 近 55a 共出现 41 次连续性暴雨, 最早出现在 2 月(1990 年), 最晚出现在 12 月(2013 年), 其中 5~9 月占连续暴雨次数 85%, 7 月出现频次最高。化州最长的连续性暴雨为 3d, 分别出现在 1976 年 9 月、1981 年 9 月、1989 年 6 月、1994 年 6 月、1994 年 7 月(两次)、2013 年 7 月和 2013 年 8 月, 可见近 10a 来不仅暴雨日数增多明显, 极端事件的发生更为频繁^[22]。连续 3d 暴雨出现在 6~9 月, 其中 25%集中在

6 月龙舟水期间, 75%集中在后汛期台风影响期间。

3.2 暴雨季节变化特征

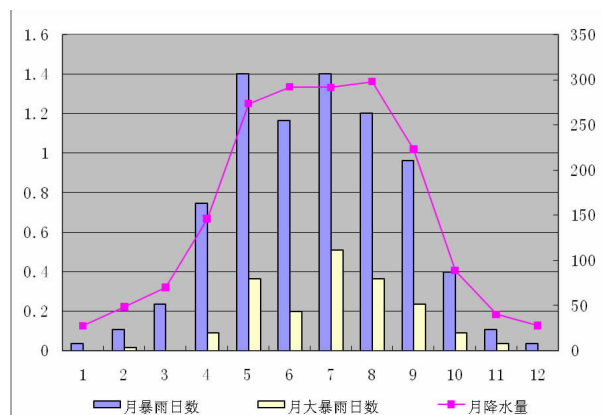


图 2 1959~2013 年化州各月暴雨、大暴雨频次以及月降水量

化州暴雨日数出现频数具有明显的季节特征。全年均有可能出现暴雨, 但以 4~9 月的汛期比较集中, 汛期暴雨占全年暴雨总日数的 88%, 其中后汛期略多于前汛期。由图 2 可见, 化州暴雨日数的年分布具有双峰型特点, 峰值为前汛期的 5 月及后汛期的 7 月, 与省内其他地区相比具有一定的特殊性^[3]。

近 55a, 化州前汛期出现暴雨频次共 182d, 其中大暴雨 36d, 特大暴雨 2d, 有 3 个年份前汛期未出现暴雨, 分别是 1964、1983、1996 年; 后汛期出现暴雨频次共 196d, 其中大暴雨 61d, 特大暴雨 5d, 有 2 个年份后汛期未出现暴雨, 分别是 1961、1969 年; 特大暴雨均出现在汛期, 其中前汛期有 2d, 后汛期 5d。

3.3 周期分析

3.3.1 突变分析

上述分析表明, 近 55a, 化州暴雨日数、暴雨量、暴雨强度、暴雨贡献率俱呈上升趋势, 这是否是气候突变的一种反映, 因此有必要对其变化程度进行突变检验。利用 M-K 检验方法对化州 55a 来暴雨特征做突变分析。按照伍红雨等^[23]的研究, 认为检验结果中只出现一个交叉点, 而且该交叉点又位于检验显著性水平范围内, 才认为该交叉点对应的时间是跃变时间。

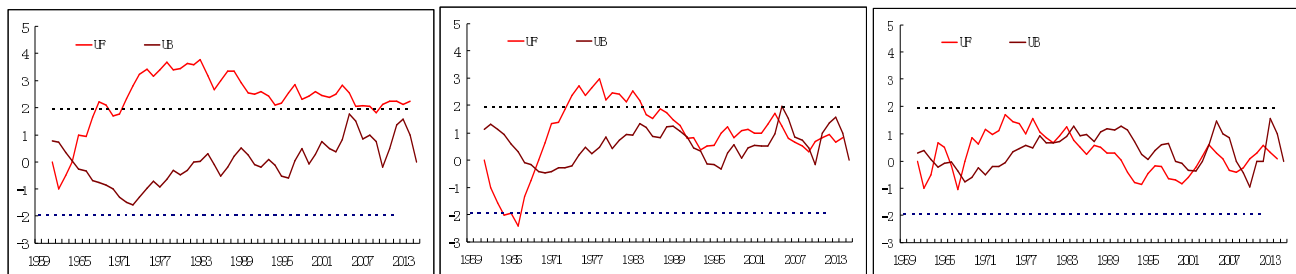


图3 化州年暴雨日数(a)、年暴雨量(b)、暴雨强度(c)M-K突变检验

图3a显示了55a来化州暴雨日数的M-K检验,在95%的显著性水平范围内仅有一个交叉点,所以可以认为化州年暴雨日数发生了突变,突变时间为1964年。分析近55a化州年暴雨量(图3b)以及暴雨强度(图3c),在显著性水平内,均有多个交叉点,是以化州年暴雨量及暴雨强度未发生突变。

3.3.2 小波分析

为了揭示化州暴雨日数、暴雨量的时间演变特征,本文采用小波分析方法对其进行分析。图4可见,两个小波实部在尺度、时空分布上都比较相似,

都存在着多时间尺度特征,不同尺度下对应着不同强度的震荡,上半部分等值线正负相间的较少,对应于较长的震荡周期,相反下半部分等值线正负相间的较多,对应于较短的震荡周期。较大尺度嵌套着复杂的小尺度。暴雨日数具有28a的长周期振荡特征,70~80年代具有较显著的6a周期特征,90年代至今具有较显著的5a周期特征,准11a的能量最大对应着暴雨日数的主尺度。暴雨量具有28~30a的长周期振荡特征,具有显著的6~7a短周期特征,同样暴雨量主尺度为11a。

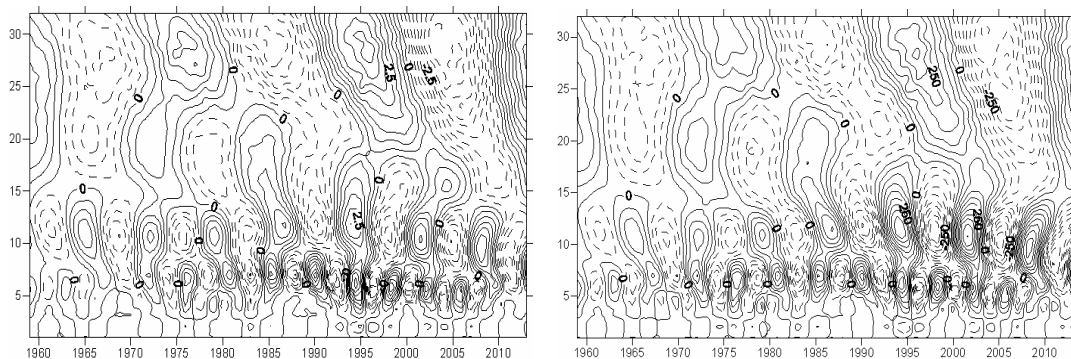


图4 化州暴雨日数(a)、暴雨量(b)小波系数实部等值线图

4 重现期计算

4.1 重现期计算的方法

根据化州1959~2013年共55a的最大日降水量资料,利用指数(Exponential)曲线分布理论计算不同重现期的降水极值。指数曲线分布的形式为:

$I = a \lg T + b$ 式中 I 为日最大降水量观测值, T 为重现期, a 、 b 为待定系数。

重现期 T 可用下式求得: $T_i = (N+1)/\xi$ ($i=1, 2, \dots, N$)。 a 、 b 用最小二乘法估计求得。对于每个给定

的测站,用实测资料求出 a 、 b 值后,当给出一个重现期 ξ 则可求得该站在 T 年一遇的最大日降水量的极值 $X_p = I_p$ 。

4.2 计算结果与分析

近55a来,化州最大日降水量为389.0mm,利用指数(Exponential)曲线分布理论,计算最大日降水量 A 、 b 值分别为185.93、79.35。取重现期 $T=5, 10, 20, 50, 100, 150$ 和200年,计算化州最大日降水量的设计气候极值结果见表1。

表1 不同重现期下化州最大日降水量及年降水量的理论值(单位:mm)

统计项	5年	10年	20年	30年	50年	100年	150年	200年
最大日降水量	209.3	265.3	321.3	354.0	395.2	451.2	484.0	507.2

用实况资料对比计算可知, 化州至今出现的最大日降水量为 389.0mm, 属于 46.4 年一遇的降水量。如果日降水量是 250mm, 则估算重现期是 8.3 年, 实际上化州近 55a 共出现 7 次 250mm 以上的日降水量, 平均 7.9 年一次, 略低于估算的重现期。若日降水量是 100mm, 估算重现期是 1.3 年, 而化州 55a 来共出现 45 次 100mm 以上的日降水量, 平均 1.2 年一次, 与估算的重现期基本一致。由此可见估算的重现期与化州实际的重现期大体相近。

5 结论

(1) 化州平均暴雨频次为 7.8d, 全年每月均有可能发生暴雨, 峰值为 5 月、7 月, 年暴雨日数与年雨量之间相关性较好, 连续性暴雨多发生在龙舟水以及台风影响期间。

(2) 化州年暴雨日数、暴雨量、暴雨强度和暴雨贡献率均呈现上升趋势, 暴雨日数、年暴雨量变化趋势显著, 年暴雨强度、暴雨贡献率变化趋势不显著。暴雨日数 1964 年发生了突变, 年暴雨量和暴雨贡献率未发生突变。

(3) 化州年暴雨日数、暴雨量均存在多时间尺度变化特征, 暴雨日数、年暴雨量存在 4 年的主要准周期。

(4) 化州 50a 一遇的最大日降水量为 395.2mm, 100a 一遇的最大日降水量为 451.2mm, 500a 一遇的最大日降水量为 507.2mm。用实况对比可知, 化州至今出现的最大日降水量 389.0mm 属 46.3 年一遇, 250mm 属 7.9 年一遇, 100mm 属 1.2 年一遇。

参考文献:

[1] 广东省气候变化评估报告编制课题组. 广东气候变化评估报告 (节选) [J]. 广东气象, 2007, 29 (3): 1-2.
[2] <http://www.docin.com/p-783487595.html>.
[3] 林良勋, 冯业荣, 黄忠, 等. 广东省天气预报技术手册 [M]. 北京: 气象出版社, 2006: 86-93.
[4] 李丽平, 章开美, 王超, 等. 近 40 年华南前汛期极端降水时空演变特征 [J]. 气候与环境研究, 2010, 15 (4): 443-450.
[5] 钱维宏, 符娇兰, 张玮玮, 等. 近 40 年中国平均气候与极值气候变化的概述 [J]. 地球科学进展, 2007, 22 (7): 673-684.

[6] 秦大河, 丁一汇, 苏纪兰, 等. 中国气候与环境演变评估 (I): 中国气候与环境变化及未来趋势 [J]. 气候变化研究进展, 2006, 1 (1): 4-9.
[7] 肖伟军, 陈炳洪, 刘云香. 近 45a 华南夏季降水时空演变特征 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (1): 12-14, 22.
[8] 黄雪松, 周惠文, 黄梅丽, 等. 广西近 50 年来气温、降水气候变化 [J]. 广西气象, 2005, 26 (4): 9-11.
[9] 黄先香, 炎利军, 李与广, 等. 佛山市暴雨的气候特征及天气系统配置 [J]. 广东气象, 2011, 33 (2): 12-15.
[10] 欧阳兆云, 周冬梅, 欧阳小娟. 田阳县近 50a 降水变化趋势特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2010, 31 (1): 12-14.
[11] 周文志, 黄光总, 林建新, 等. 青狮潭暴雨气候特征统计分析 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (4): 10-13.
[12] 邱军, 李江南, 梁毅进, 等. 广东省持续性暴雨的气候特征 [J]. 热带地理, 2008, 28 (5): 405-410.
[13] 黄明策. 广西暴雨时空分布特征 [J]. 广西气象, 2006, 27 (3): 9-13.
[14] 覃卫坚, 李耀先, 覃志年. 广西暴雨的区域性和连续性研究 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (4): 1-4.
[15] 符滨斌, 王强. 气候突变的定义和检测方法 [J]. 大气科学, 1992, 16 (6): 482-493.
[16] 黄嘉佑. 气候状态变化趋势与突变分析 [J]. 气象, 1995, 21 (7): 54-57.
[17] 周绍毅, 苏志, 李强. 广西 5 个主要极端降水指数变化趋势分析 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (3): 8-13.
[18] 林振山, 邓自旺. 子波气候诊断技术的研究 [M]. 北京: 气象出版社, 1999: 1-36.
[19] 郭成香, 何慧, 黄莉. 近百年南宁降水小波分析 [J]. 广西气象, 2002, 23 (1): 31-33.
[20] 屠其璞, 王俊德. 气象应用概率统计学 [M]. 北京: 气象出版社, 1984.
[21] 陈创买, 蒋光达, 周文. 广东年最大日降水量重现期的计算 [J]. 人民珠江, 1998, (1): 15-19.
[22] 黄雪松, 李艳兰, 唐炳莉, 等. 南宁市极端天气气候事件频率和强度变化 [J]. 气象研究与应用, 2008, 29 (4): 17-19.
[23] 伍红雨. 华南暴雨的气候特征及变化 [J]. 气象, 2011, 37 (10): 1262-1269.