

佛冈县近 50 年来降雨特征浅析

童宏福¹ 叶爱中²

(1. 广东省水文局清远水文测报中心, 广东 清远 511510;

2. 北京师范大学全球变化与地球系统科学研究院, 北京 100875)

摘要: 针对全球气温升高、气候变化导致降雨发生变化、极端事件频发问题, 选用珠江流域中佛冈县作为研究区域, 统计了 1960—2009 年佛冈县 50 年逐日降雨资料, 发现佛冈县年总降雨近 50 年有所减小, 尤其是 5 月和 10 月降雨量存在减少趋势, 日最大降雨量也存在减小趋势, 说明降雨减小的原因主要是暴雨量减小。由于降雨的减少主要是暴雨的减少所致, 说明气候变化有可能降低佛冈县发生洪涝灾害的概率。

关键词: 气候变化; 降雨; 特征; 趋势; 佛冈

中图分类号: P333 文献标识码: B 文章编号: 1001-9235(2012)01-0024-05

0 前言

IPCC 报告指出全球气候变化已经是个不争的事实^[1-2], 尤其是全球气温的升高已经得到了大量观测数据的验证^[3]。随着全球气候变暖, 气候异常事件明显增多, 各地极端降雨事件频现^[4]。研究表明, 不同的区域具有不同的气候变化响应, 尤其是降雨在中国区域就存在部分区域减少部分区域增加的现象^[3, 5-6]。

珠江流域属于湿润地区, 也是我国经济最发达, 人口密度最大的地区之一。气候变化的影响, 尤其是降雨的变化有可能对该区域生产与生活带来巨大影响, 因此分析地区的降雨特性及气候变化的影响, 对当地的农业生产、防洪抗旱、提供用水保障, 维护社会的稳定, 促进当地的社会经济发展有着非常重要的意义。李明华等人分析了惠州城区近 50 年来降雨特征的变化^[7]; 黄晴晴等人分析了梅州市近 50 年的降雨特征^[8]; 肖达承等人分析了平原县近 49 年来暴雨的变化特征^[9]; 刘静分析了韶关市年降雨量^[10]; 陈裕壮等人分析了近 40 年来揭阳市雷暴气候特征^[11]。这些研究给出了珠江流域不同区域的降雨特征, 分析了近 50 年来降雨变化趋势与周期。降雨的特征基本相似, 由于降雨的时空变异性大, 不同区域趋势分析差异较大, 需要对该问题进一步研究。

本文采用佛冈县 1960—2009 年的日、月、年尺度降雨资料进行统计分析研究, 尤其针对暴雨做重点分析。分析出佛冈县降雨特征, 采用 Mann-Kendall (M-K) 趋势检验方法分析气候变化带来的降雨变化。最终给出佛冈县降雨的特征及变化趋势, 为生产、生活及防灾减灾提供科学依据。

1 数据与方法

1.1 研究区域与数据

佛冈县隶属于广东省清远市, 位于广东中部, 珠江三角

洲大三角边缘, 东经 113°17'28"至 113°47'42", 北纬 23°39'57"至 24°07'15", 与从化、新丰、英德和清远市清城区毗邻。总面积 1 302 km²。全县总人口 31 万人。佛冈县地势自东北向西南倾斜, 境内低山、丘陵、谷地、平原交错, 大多在海拔 300 m 以下; 属南亚热带湿润气候^[12], 又属大陆性季风气候。佛冈县是广东省 3 个主要暴雨区之一, 年降雨丰沛, 但降雨年内分布不均, 年际变化也较大, 暴雨也非常频繁, 洪水灾害及次生灾害较为严重。采用的数据为佛冈县 1960—2009 年的日、月、年 3 个尺度水文站观测降雨资料, 总计 50 年的数据。

1.2 降雨分类

按照 SL 21—2006《降雨量观测规范》及广东省降雨强度等级划分标准, 以 24 h(8:00 至次日 8:00) 的降雨为日降雨, 日降雨量大于等于 50 mm 统计为一个暴雨日, 大于等于 100 mm 统计为一个大雨日, 大于等于 250 mm 统计为一个特大暴雨日^[13-14]。

1.3 Mann-Kendall 趋势检验方法

M-K 法是用来评估水文气象要素时间序列趋势的检验方法^[15-18]。M-K 统计量 z 计算公式:

$$z = \begin{cases} \frac{(s-1)}{\sqrt{\text{var}(s)}} & s > 0 \\ 0 & s = 0 \\ \frac{(s+1)}{\sqrt{\text{var}(s)}} & s < 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$

其中, 检验统计量 s 值的推算公式为:

$$s = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{sign}(x_i - x_j)$$

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(973 计划) (No. 2010CB428402, No. 2010CB428403)

收稿日期: 2011-11-30

作者简介: 童宏福, 男, 安徽怀宁人, 主要从事水文监测、水文分析计算、水情预报、水资源调查评价和论证工作。

$$\text{sign}(x_i - x_j) = \begin{cases} -1 & x_i - x_j < 0 \\ 0 & x_i - x_j = 0 \\ 1 & x_i - x_j > 0 \end{cases} \quad (2)$$

式中 x ——需要统计分析的时间序列; i, j ——时间; n ——

须分析的总时段数。

z 的绝对值在大于等于 1.28、1.64、2.32 时分别表示通过了置信度 90%、95%、99% 的显著性检验。

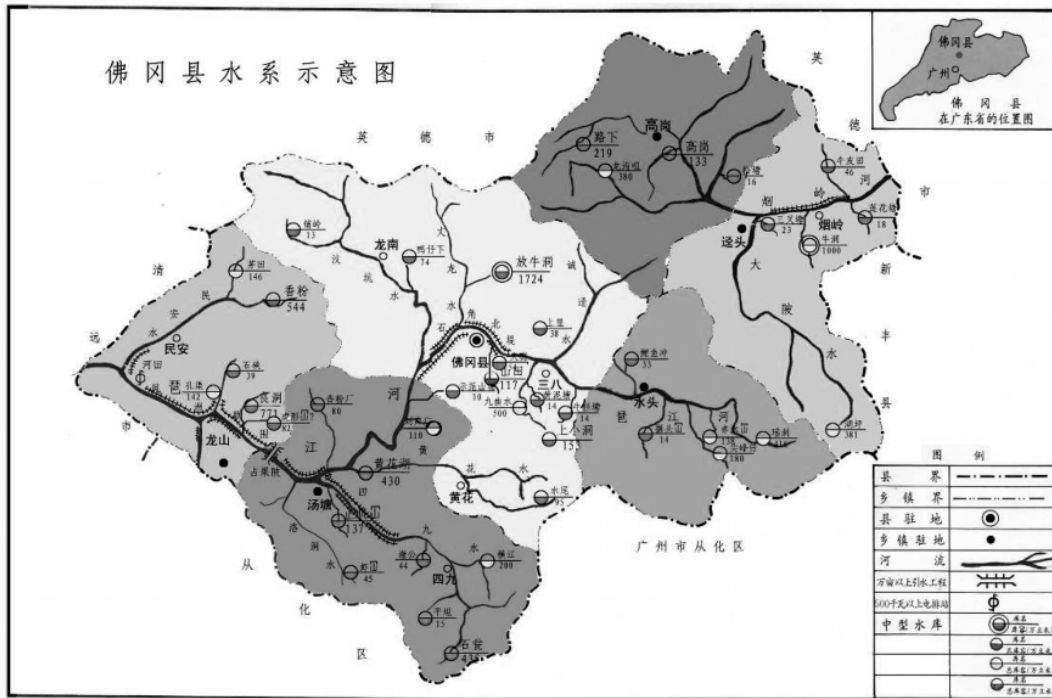


图 1 佛冈县水系示意图

2 年雨量分析

2.1 降雨年际分析

佛冈县多年年平均降雨为 2 055.6 mm, 年际降雨不均, 差异较大, 最大年为 2 843.7 mm(1983 年), 而最小年仅为 1 074.4 mm(1991 年), 最大值比最小值多 1.65 倍。从 5 年滑动平均来看 20 世纪 60 年代到 70 年代中期, 降雨较多; 70 年代末期到 90 年代中期, 降雨较少; 90 年代末到现在, 降雨较为均匀, 见图 2、3。近 50 年线性回归存在减小的趋势, 但未通过 M-K 趋势检验, 只有 5 月和 10 月通过了检验, 见表 1、图 4、5。

表 1 佛冈县 1960—2009 年月降雨 M-K 检验指标

月	平均降雨/mm	z	置信度
1	51.9	0.26	20.46%
2	69.1	0.05	4.00%
3	132.6	0.85	60.65%
4	262.0	-0.44	33.64%
5	398.8	-1.66	90.23%
6	403.0	0.60	45.30%
7	236.5	1.31	81.09%
8	223.6	-0.51	39.01%
9	131.1	-0.32	24.94%
10	64.4	-2.10	96.42%
11	44.0	0.25	19.81%
12	38.7	0.44	34.25%
年	2 055.6	-1.24	78.43%

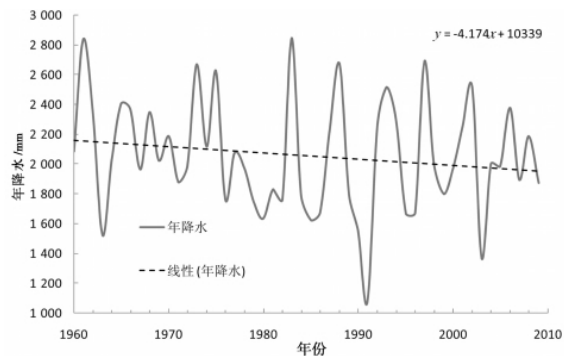


图 2 佛冈县 1960—2009 年年降雨量

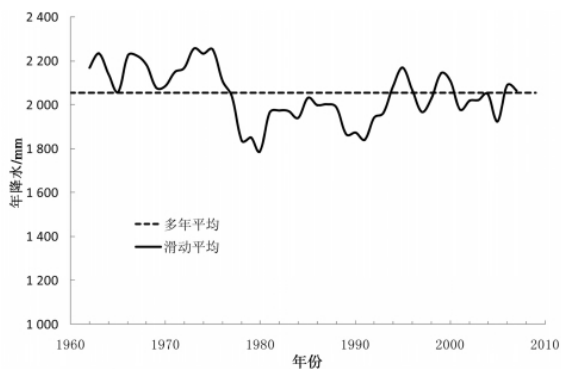


图 3 佛冈县 1960—2009 年 5 年滑动平均降雨量

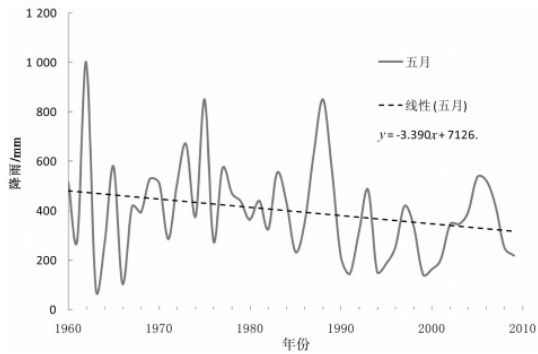


图4 佛冈县 1960—2009 年 5 月降雨

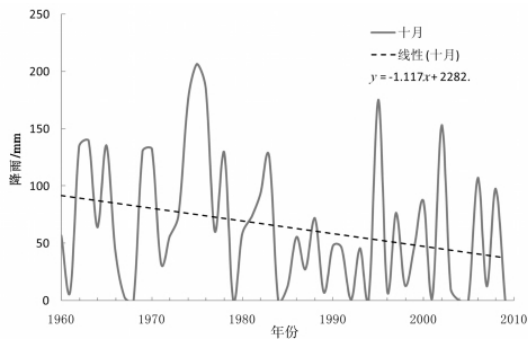


图5 佛冈县 1960—2009 年 10 月降雨

2.2 降雨年内分析

佛冈县年内降雨分布特征为单峰型,5、6月降雨量达到峰值,两个月降雨量约占年降雨量的40%,降雨主要集中在4—8月的主汛期,占年降雨量的74.1%,见表2、图6。

表2 佛冈县 1960—2009 年间每月平均雨量及所占比例

月份	降雨量/mm	比例/%
1	51.9	2.5
2	69.1	3.4
3	132.6	6.5
4	262.0	12.7
5	398.8	19.4
6	403.0	19.6
7	236.5	11.5
8	223.6	10.9
9	131.1	6.4
10	64.4	3.1
11	44.0	2.1
12	38.7	1.9
合计	2 055.6	100.0

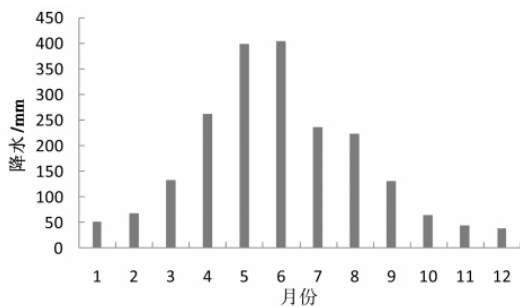


图6 佛冈县 1960—2009 年月平均降雨

3 日降雨分析

佛冈县年均降雨天数为 153.9 d,其 z 值为 -0.3 ,置信度 24%;在有降雨天中日均降雨为 13.4 mm, z 值为 -1.68 ,置信度 91%;日最大降水 50 年均值为 139.5 mm, z 值为 -0.96 ,置信度 51%。虽然这些统计值 50 年中都有所减小,但只有日最大降雨通过了 90% 置信度 M-K 趋势检验。说明特大暴雨近 50 年在减小,见图 7、8、9。

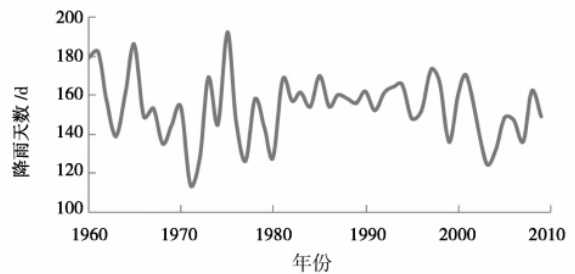


图7 佛冈县 50 年年降雨天数

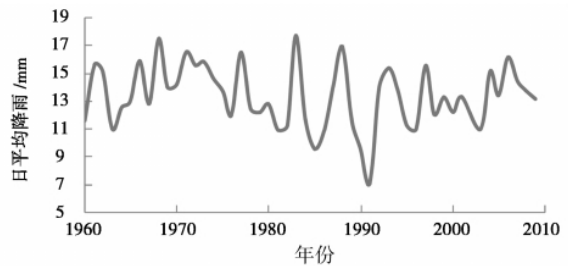


图8 佛冈县 50 年日平均降雨

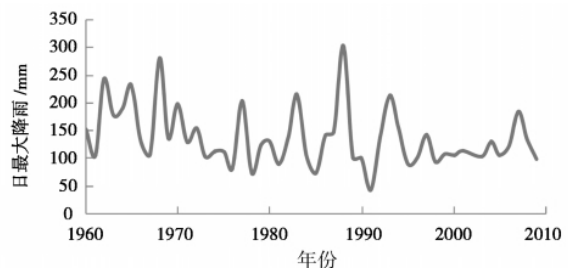


图9 佛冈县 50 年单日最大降雨

4 暴雨分析

4.1 暴雨天数的年内分布

佛冈县每月都有出现暴雨的可能,其中 5、6 月份出现的暴雨次数最多,多年平均分别有 2.2、2.3 d,各占了 24.6% 和 25.5%。12 月份出现的暴雨日数最少,多年平均为 0;其次 1、2 和 11 月也是较少出现暴雨的月份。具体每月暴雨日数及所占比例见表 3、图 10。

汛期是降雨的集中期,也是暴雨的集中期,89.4% 的暴雨出现在汛期。前汛期占了 63.2%,尤其是 5、6 月份,共占了全年暴雨的一半以上,达到了 50.1%。此时盛行西南季风、且受冷锋、静止锋、低涡等系统的综合影响,水汽充沛、能

量不稳定,容易出现暴雨。后汛期约占全年暴雨的 26.2%,此时主要受热带气旋、副高边缘气流等系统的影响而带来的暴雨降雨。而非汛期受北方冷空气影响的降雨一般较小,难以达到暴雨量级。

表 3 佛冈县 1960—2009 年间每月暴雨天数及所占比例

月份	暴雨天数/d	比例/%
1	0.1	1.1
2	0.1	0.7
3	0.4	4.3
4	1.2	13.1
5	2.2	24.6
6	2.3	25.5
7	0.9	10.2
8	0.9	10.6
9	0.5	5.4
10	0.2	2.5
11	0.2	1.8
12	0.0	0.2
合计	8.9	100.0

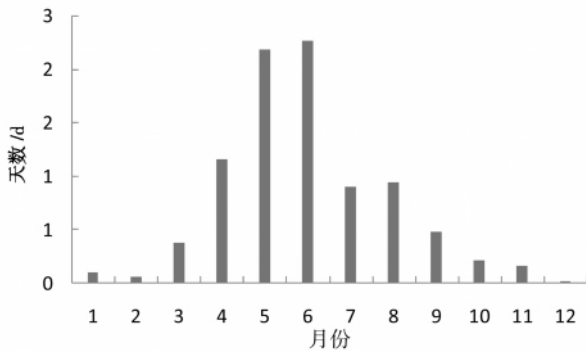


图 10 50 年平均月暴雨天数

4.2 暴雨天数的年降雨量的相关性

年雨量与年暴雨天数之间相关性较好,相关系数为 0.75,也就是说多雨的年份一般暴雨日数也较多,少雨的年份暴雨日数也就较少。一年中出现最多暴雨日的有 15 d,发生在 1993 年,也是降雨比较多的年份,达到 2 516.1 mm,比多年平均降雨多 22.4%。1991 年没有出现暴雨日数,这一年也是降雨最少的年份,见图 11。

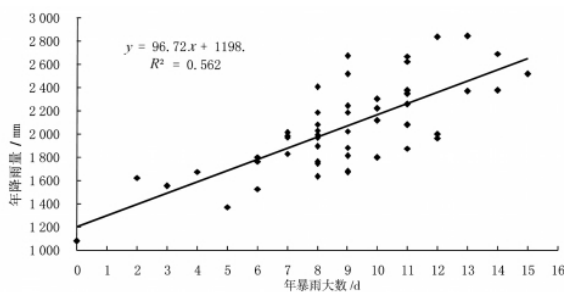


图 11 年降雨量与年暴雨日数相关图

4.3 暴雨日数的年际变化及趋势

佛冈 50 年间共出现 443 个暴雨日,平均年暴雨日数为 8.9 d,但每年的暴雨日数不同,逐年间暴雨日数的变化逐渐趋向平稳,从图 12、13 可以看出从 20 世纪 90 年代中期以后每年的暴雨日数之间的变化比前期变化较为稳定,每年的暴雨日数相差较小,而且后期的暴雨日数比前期的暴雨日数要偏少,呈现 0.031 d/a 的线性减小趋势。但月与年暴雨天数均未能通过 M-K 趋势检验。说明暴雨天数在 50 年中并未出现显著的减小趋势(表 4)。

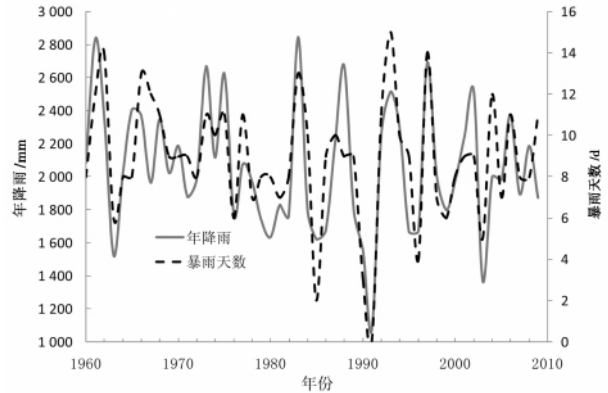


图 12 年降雨量与年暴雨日数

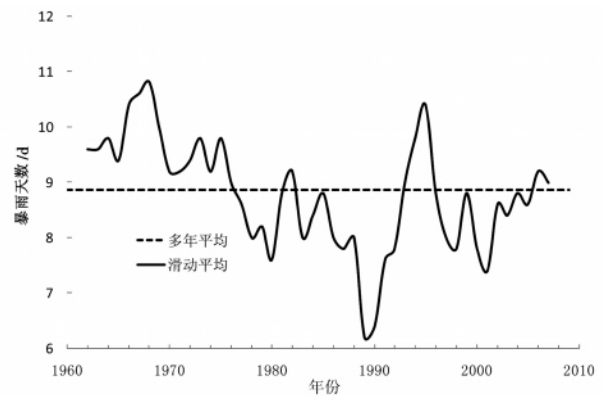


图 13 佛冈县 1960—2009 年 5 年滑动平均暴雨天数

表 4 暴雨天数 M-K 检验统计量

月	平均天数/d	z	置信度
1	0.1	-0.20	15.91%
2	0.1	0.08	6.67%
3	0.4	0.70	51.77%
4	1.2	-1.50	86.57%
5	2.2	-1.07	71.57%
6	2.3	1.13	74.12%
7	0.9	-0.30	23.67%
8	0.9	0.01	0.67%
9	0.5	-0.25	19.81%
10	0.2	-1.10	73.05%
11	0.2	0.37	28.72%
12	0.0	0.20	15.91%
全年	8.9	-0.97	66.81%

4.4 暴雨极值

日雨量达到大暴雨量级的有 78 d, 多年平均为 1.56 d, 占暴雨日的比例为 17.6%。特大暴雨日 2 d, 出现在 1988 年 5 月 25 日, 日雨量高达 302.7 mm, 接近 100 年一遇。其次是 1968 年 6 月 18 日的 281.2 mm。

5 结语

佛冈县作为珠江流域典型区域, 对珠江流域的气候特征具有很好的代表性。通过对该县 1960—2009 年 50 年的年、月、日尺度降雨进行分析。首先发现了佛冈县的降雨存在如下规律: ①多年平均降水为 2 055.6 mm, 为湿润地区, 也是易发洪水灾害地区; ②年际间降水差异大, 最大年降雨为 2 843.7 mm(1983 年), 而最小仅为 1 074.4 mm(1991 年); ③年内降水分布不均匀, 主要降雨集中在汛期(4—8 月)占年总降雨 74%; ④多年平均发生暴雨天数为 8.9 d, 主要集中在汛期为 7.4 d; ⑤多年平均降水天数约 154 d, 在有降雨天中日均降雨为 13.4 mm, 日最大降水 50 年均值为 139.5 mm; ⑥总降水量和暴雨天数存在很好的相关性, 说明该区域降水主要来自于暴雨。

通过 50 年趋势分析, 发现近 50 年年降雨总量减小。但只有 5 月、10 月降雨及日最大降水通过 M-K 方法 90% 置信区间检验, 存在下降趋势。说明降水的减少主要是因为暴雨的雨量减少, 尤其是 5 月和 10 月的降水, 说明在该县发生洪水的可能性在降低, 但发生旱灾的可能性在升高。

由于降雨的时空分布存在很大的变异性, 一个县的降雨代表性有限, 下一步工作将继续扩大到珠江流域降雨特性及气候变化分析。

参考文献:

- [1] IPCC2001: the Intergovernmental Panel on Climate Change [R]. The IPCC Third Assessment Report, 2001.
- [2] Donald Kennedy. Climate Change and Climate Science. Science [J] 2004, 304: 1565 - 1565.
- [3] Xu K, Milliman J D, Xu H. Temporal trend of precipitation and run-

off in major Chinese Rivers since 1951 [J]. Global and Planetary Change, 2010, 73(3-4): 219 - 232.

- [4] 张胜平, 张鑫, 王海军, 等. 气候变化对山东降水及极端天气气候事件的影响分析 [J]. 水文, 2011(4): 62 - 65.
- [5] 轩玮, 李翀, 赵慧颖, 等. 额尔古纳河流域近 50 年水文气象要素变化分析 [J]. 水文, 2011(5): 80 - 87.
- [6] 朱红艳. 宝鸡峡灌区水文要素变化特征分析 [J]. 水文, 2011(5): 92 - 96.
- [7] 李明华, 黄健, 杨柳. 惠州城区近 50 年来雨日的气候统计与变化特征 [J]. 广东气象, 2007(30): 27 - 30.
- [8] 黄晴晴, 黄茂栋, 张晨辉. 梅州市近 50 年的降雨特征 [J]. 广东气象, 2007, 29(3): 37 - 38.
- [9] 肖达承, 何新雄, 吴连华. 平原县近 49 年来暴雨的变化特征 [J]. 广东水利水电, 2010(3): 45 - 47.
- [10] 刘静. 韶关市年降雨量系列代表性分析 [J]. 广东水利水电, 2010(2): 19 - 21.
- [11] 陈裕壮, 林巧美, 陈裕强. 近 40 年来揭阳市雷暴气候特征 [J]. 广东水利水电, 2010(2): 31 - 36.
- [12] 邹世忠. 清远气候与农业 [M]. 清远: 清远市气象局, 1999.
- [13] 叶守泽. 水文水利计算 [M]. 武汉: 武汉水利水电出版社, 1995.
- [14] 广东省水文资料统计手册(广州地区) [M]. 广州: 广东省水利电力局水文总站, 1971.
- [15] Donald H B, Mohamed A H E. Detection of hydrologic trends and variability [J]. Journal of Hydrology, 2002, 55: 107 - 122.
- [16] Omar I A A, Donald H B. Trends and variability in the hydrological regime of the Mackenzie River Basin [J]. Journal of Hydrology, 2006, 319: 282 - 294.
- [17] Kendall M G. Rank Correlation Methods [M]. 4th edition. Charles Griffin, London, UK, 1975.
- [18] Mann H B. Non - parametric test against trend [J]. Econometrica, 1945, 13: 245 - 259.

(责任编辑: 杨钧文)

Probe into Characters of Precipitation in Fogang County in Recent 50 Years

TONG Hong-fu¹, YE Ai-zhong²

- (1. Qingyuan Hydrologic Survey Center of Guangdong Provincial Hydrology Bureau, Qingyuan, Guangdong, 511510;
2. College of Global Change and Earth System Science, Beijing Normal University, Beijing, 100875)

Abstract: The global warming and climate change has changed the pattern of precipitation and the extreme weather has been frequently witnessed. Fogang County has been selected as the pilot site and the statistics of the daily precipitation data during 1960 - 2009 has shown the rainfall has reduced in recent 50 years. This changing trend has been more obvious in May and October. The maximum daily rainfall has shown the same reducing trend, indicating that the reduction of the storm rain may be the main reason of the abatements. It may imply that the climate change will lower the occurrence frequency of flood disasters in Fogang County.

Key words: climate change; precipitation; characters; trend; Fogang