

桂林市近 56 年降水结构的时间变化分析*

Time Variation of Precipitation Structure of Guilin during Recent 56 Years

李 晖^{1,2,3}, 翟禄新^{2,3}, 王 月^{2,3**}, 张天天^{2,3}, 尹 辉⁴LI Hui^{1,2,3}, ZHAI Lu-xin^{2,3}, WANG Yue^{2,3}, ZHANG Tian-tian^{2,3}, YIN Hui⁴

(1. 中国地质科学院岩溶地质研究所, 广西桂林 541004; 2. 广西师范大学环境与资源学院, 广西桂林 541004; 3. 珍稀濒危动植物生态与环境保护省部共建教育部重点实验室, 广西桂林 541004; 4. 惠州学院旅游系, 广东惠州 516007)

(1. Institute of Karst Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Guilin, Guangxi, 541004, China; 2. School of Environment & Resources, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi, 541004, China; 3. Key Laboratory of Ecology of Rare and Endangered Species and Environmental Protection, Ministry of Education, Guilin, Guangxi, 541004, China; 4. Tourism Department, Huizhou University, Huizhou, Guangdong, 516007, China)

摘要:以桂林市 1951~2006 年的地面逐日降水资料为统计数据,采用线性回归方法,对桂林市近 56 年的年降水量、不同降水强度日数、降水极值、最大日降水量、最大连续降水量等指标的变化进行分析,并用降水距平百分率方法分析了 56 年来桂林市干旱事件发生的程度。结果显示:56 年来桂林市降水量呈现略微上升的趋势,小、中雨强度的日数在略微增加,大雨以上的日数减少,而降水总日数也在减少,高强度降水集中程度加强;最长连续无降水日增加,降水量呈现集中的趋势;干旱的发生次数增多;近 56 年的降水量的变化是多种因素综合作用的结果。

关键词:降水变化 线性分析 降水极值

中图法分类号:P468 文献标识码:A 文章编号:1005-9164(2013)02-0111-04

Abstract: The 1951~2006 meteorological data of Guilin precipitations were provided by the Central Meteorological Observatory. Through the linear regression method, recent 56-year precipitation changes were analyzed, including annual precipitation, different intensity of precipitation days, precipitation extremes, the maximum daily precipitation, maximum continuous precipitation and so on. The results showed that the precipitation change of Guilin for recent 56 years was resulted from multiple factors. Guilin precipitation revealed slight upward trend. Under different intensities, small and moderate intensities had a slight increase in the number of days, while the number of days about the heavy rain reduced and the total number of precipitation days also reduced. High-intensity precipitations were strengthened by the time concentration, towards which the longest continuous precipitation increased. Frequency of drought increased, of which the extent of the drought events were analyzed by the precipitation anomaly percentage. This study provide the basis for drought and flood disasters of Guilin City in recent years.

Key words: precipitation changes, linear analysis, extreme precipitation

收稿日期:2013-01-15

修回日期:2013-02-05

作者简介:李 晖(1981-),男,讲师,主要从事流域水文石漠化治理与生态修复方面的研究。

*国家自然科学基金面上项目(41071067);广西自然科学基金项目(2013GXNSFBA019222),桂林市科学研究与技术开发项目(20110120-6,20120122-2),广西师范大学教育基金会教师成长基金项目(JS2012012)资助。

** :通讯作者。

研究全球气候变化的规律及其影响已经成为当今热点问题,而降水量作为气候变化的一个重要指标自然受到广大学者的关注。有关研究表明,降水量在高纬度大部分地区呈增加的态势,中低纬度大部分地区则相反^[1]。我国学者围绕降水量也做了大量基础

性研究,严中伟等^[2]指出在大部分情形下,极端气候变化可达平均气候变化的5~10倍,而在另外一些情形下,极端气候完全逆平均气候而变化。Han等^[3]研究发现,中国北方(35°N~50°N,100°E~125°E)1980~1993年的降水频率比前期明显偏低、强降水时间分布较常年(7月中旬~8月初)更分散。翟盘茂等^[4]分析发现近40年中国东部年平均降水强度极端偏强的趋势较为显著。杨宏青等^[5]认为长江流域年、夏季6~8月的暴雨日数和暴雨量表现为较大范围的增加趋势。

广西桂林市地处祖国南疆,东经109°36'至111°29',北纬24°15'至26°23',平均海拔150米,属典型的岩溶地貌。这种特殊的地理环境,与大气环流的共同作用,形成热量丰富、四季宜耕,降水丰沛、干湿分明,日照适中、冬少夏多,灾害频繁、旱涝突出的气候特征^[6]。由于受冬夏季风交替影响,桂林市降水量季节分配不均,干湿季分明。4~9月为雨季,总降水量占全年降水量的70~80%,强降水天气过程较频繁,容易发生洪涝灾害;10~3月是干季,总降水量仅占全年降水量的15%~30%,干旱少雨,易引发森林火灾^[7]。目前,有关桂林市降水量的研究,大部分都停留在年、季总降水量的变化特征分析,对降水的组成分析较少。赵华荣等^[8]曾采用Morlet小波分析研究桂林市降水的周期变化,得出桂林年降雨量和丰水期降雨量大体上可以分为20~25、12~14、6~7和2~4年周期变化规律。枯水期降雨量存在32~35、8~12和2~4年周期变化规律。我们知道降水结构的变化对生态环境和社会经济发展的影响更为重要。降水的结构分析包括不同降水强度的日数以及降水极值的分析,而且对降水的结构分析能够更好地解释近56年来因降水引发的洪涝干旱事件发生的缘由。因此,本文通过分析近56年广西桂林市逐日降水特征,探究桂林降水结构的时间变化,期望能为桂林市生态保护、农业生产以及防灾减灾提供参考依据。

1 数据和方法

1.1 数据来源

地面逐日降水数据均来源于中国气象科学数据共享服务网(www.cma.gov.cn),资料时间跨度为1951年至2006年。桂林台站(台站号57957)位于北纬25°19'N,东经110°18'E,海拔164.4m。

1.2 研究方法

采用线性回归的方法对桂林市近56年降雨量进行分析。降雨量变化的线性回归方法可表示为

$$P = kt + b. \quad (1)$$

式中: P 为降雨量; t 为时间; b 为常数; k 为降雨变化趋势。当 $k > 0$ 时,表示降雨量呈增加趋势; $k < 0$ 时,表示降雨量呈减少趋势。

在统计不同强度降水日数的变化时,从时间角度分析降水结构的变化。为了分析降水结构时间变化的特征,对每年桂林市的不同强度降水日数、最大日降水量、最大连续降水量以及最长连续无降水日数等进行了统计。并以中央气象台对降雨等级的划分标准(雪、雾、露等其它降水形式均按降雨处理),分别统计各站点降水日数($P \geq 0.1\text{mm/d}$)、小雨日数($0.1\text{mm/d} \leq P < 10\text{mm/d}$)、中雨日数($10\text{mm/d} \leq P < 25\text{mm/d}$)和大雨以上日数($P \geq 25\text{mm/d}$),对它们进行线性趋势分析。

在分析降水的相关极值变化时,某时段降水量距平百分率(P_a)按下式计算:

$$P_a = \frac{P - \bar{P}}{\bar{P}} \times 100\%, \quad (2)$$

$$\bar{P} = \sum_{i=1}^n P_i. \quad (3)$$

(2)式中的 P 为某时段的降水量,单位为mm, \bar{P} 为计算时段同期气候平均降水量,单位为mm。(3)式中的 n 为55a。

2 结果与分析

2.1 年降水量变化特征

从图1可以看出,桂林市1951年至2006年的年降水量大体上是增长的,且变化较为平稳,但在1958、1968、1994、2003年发生了突变,这个特征与任国玉分析珠江流域得出的结论一致^[9]。同时,降水量的季度变化规律是1、2、3季度的变化与年降水量变化一致,但是4季度的降水量有轻微减少的趋势,且变化并不稳定。这说明桂林市近年来冬季降水有减少的趋势。从整体上来看,桂林市的降水变化整体呈上升趋势,这是由于气温在不断上升,加速蒸发(陆面水体蒸发、植物蒸腾),降水量增加^[10]。

对降水量的曲线进行5年的滑动平均值可以发现1955~1965年、1976~1986年、2000年之后,桂林市降水量都是呈现下降趋势的;1966~1975、1987~1999年呈现上升趋势。这表明桂林市的降水是在不断波动的,但总体上呈现上升趋势,平均每5年增加0.6mm。

由于桂林市的年降水量变化不是特别明显,所以对总降水量的变化分析结果较为粗略,对降水量的结构进行分析才能更好地反映降水量的时间变化特征。

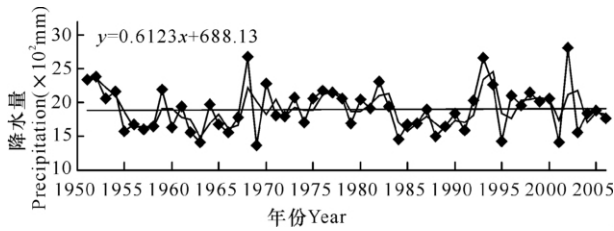


图 1 1951~2006 年桂林市年降水量变化趋势

Fig. 1 The trend of precipitation in Guilin from 1951 to 2006

2.2 不同强度的降水日数的变化

一个区域的降水结构,可以用这两类组分的时、空分配来衡量^[11]。从图 2 中可以看出,桂林市近 56 年降水的日数在 170d 周围摆动,同时 1951~2006 年间降水的日数略微呈下降趋势。桂林市的降水日数略减少,但年降水量是增加的,这说明桂林市的降水更加集中,日降水量的平均值是增加的。

从图 3~5 可以看出,桂林市近 56 年小雨、中雨强度的降水日数在减少,而且降水的强度越大。小雨的降水日数虽在略微减少,基本上还是较为平稳的,但是中雨的变化相对剧烈。大雨强度的日数变化相对中雨强度的变化还是相对平稳的,且大雨强度的回归斜率是正值,即大雨日数在增加,表明降水更加集中。

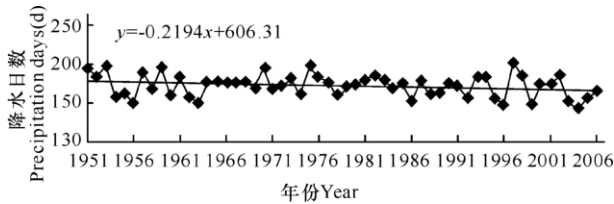


图 2 降水日数统计

Fig. 2 The statistics of precipitation days

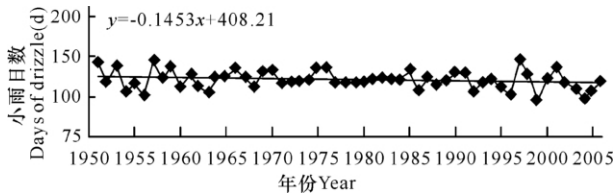


图 3 小雨日数

Fig. 3 The days of drizzle

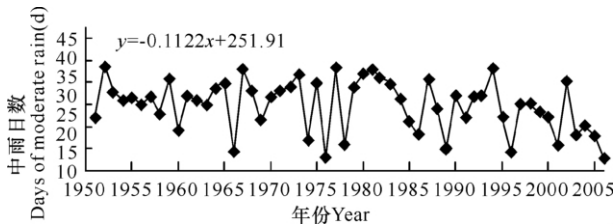


图 4 中雨日数

Fig. 4 The days of moderate rain

2.3 降水的相关极值的变化

2.3.1 最大日降水量变化

从图 6 可以看出,1951~2006 年桂林市最大日

降水量的年际变化比较剧烈,且最大日降水量有不断上升的趋势。近 56 年最大的日降水量发生在 1974 年 7 月 17 日,降水量为 255.9mm,近 10 年的最大日降水量发生在 2002 年 6 月 16 日,降水量为 230.3mm。

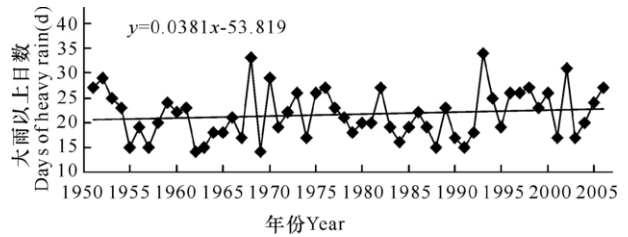


图 5 大雨以上日数

Fig. 5 The days of heavy rain

从最大日降水量出现的月份分析(图 7),最大日降水量出现的时间与桂林雨季来临相对一致,突变的发生率较低。近 56 年内桂林只出现了 3 个突变点,即 1979 年 3 月 6 日、1987 年 10 月 14 日、1993 年 9 月 5 日。近 10 年来最大日降水量发生的日期基本上都集中 5、6 月份,没有太大变化,只有在 2001 年 4 月 20 日为当年日降水量的最大值发生日期,但降水量并没有相邻几年的最大日降水量值高,只有 76.2mm,而 1998~2006 年期间最大日降水量均大于 100mm。

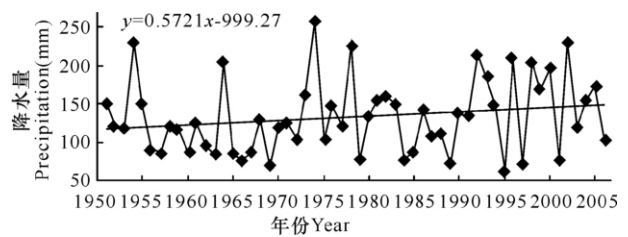


图 6 最大日降水量

Fig. 6 The maximum daily precipitation

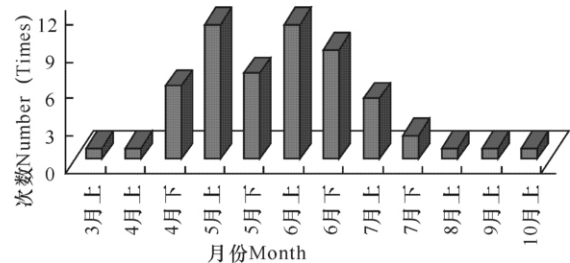


图 7 最大日降水量发生月份统计

Fig. 7 The statistics of months of maximum daily precipitation

2.3.2 最大连续降水量的变化

从图 8 可以看出,1951~2006 年桂林市最大连续降水量的变化趋势是缓慢增加的,且年际变化较为剧烈,最大值出现在 1998 年 6 月下旬,共连续降水 16d,降水量达 699.2mm。最大连续降水量的出现时间一般为 5~7 月,但有些年份也较为异常。1975、

1996年最大连续降水量出现在4月,2004年则出现在11月上旬。最大连续降水量出现的日期往往是全年最大日降水量的出现日期。近10年来的1998、2002、2005年最大连续降水量都包含了最大日降水量的值,但也有最大日降水量的相邻几天降水量较少的情况,也就是说最大连续降水量出现的时间并不是最大日降水量出现的时间,如2003、2004年都是这种情况。

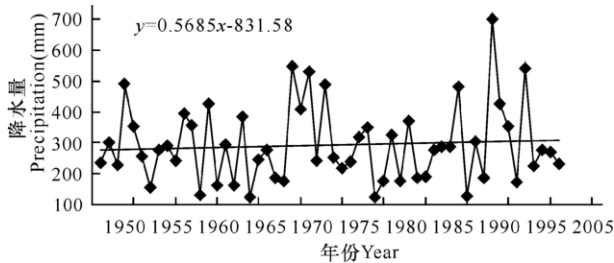


图8 最大连续降水量

Fig. 8 Maximum continuous precipitation

2.3.3 最长连续无降水日变化

从图9可以看出,桂林1951~2006年最长连续无降水日数在略微增加。最长连续无降水日数可以一定程度上反映桂林1951~2006年的干旱程度变化,也就是说干旱程度有增加的趋势。同时,最长连续无降水日数的年际变化比较大,突变点较多。最高点出现在1979、2004年,全年的最长连续无降水日数高达41d,最低点则出现在1970年,只有11d。由于近56年来年总降水量在略微增加,而最长连续无降水日数也在略微增加,也就说明降水的分配更加集中。一般认为桂林市的干季为9~11月,所以最长连续无降水日数一般都集中于这3个月。如2004年的最高值41d就出现在9月21日至10月31日。但是,近年来春旱不断加剧,最长连续无降水日也出现在春季,如1963、1993年都出现在春季,当然这类情况比较少。也存在有些年份最长连续无降水日出现时间异常的情况,如1985年最长连续无降水日出现在6月,2003年则出现在7月下旬,且连续20d无降水。结合年降水量结果可以发现,异常情况都发生在年降水量的低值年。

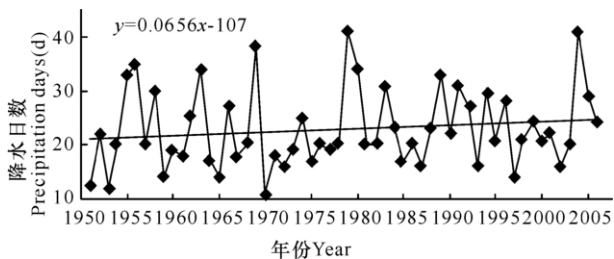


图9 最长连续无降水日数

Fig. 9 The longest days of continuous without precipitation

2.3.4 降水距平百分率的变化

从图10可以看出,1951~2006年桂林市降水距平百分率的变化基本在x轴两侧摆动。由于降水距平百分率只用于年度的干旱事件评价,所以结合气象干旱等级标准^[12]和表1数据可以看出,2001年的降水距平百分率低至-25.29%,说明桂林市当年已达到轻旱的水平。2003年低至-18.16%,桂林也达到了轻旱的水平。桂林市除2002年的降水异常增多外,2004~2006年的降水距平百分率均为负值,虽为无旱等级,但降水量低于多年平均值。当然降水距平百分率只能作为判断干旱的指标之一,而且这种判断往往和实际有一定偏差。一些距平百分率不是最低的年份也出现了不同程度的旱情。

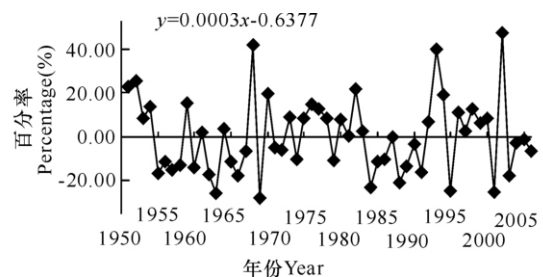


图10 降水距平百分率

Fig. 10 The anomalous percentage of precipitation

表1 发生轻旱年份降水距平百分率

Table 1 The anomalous percentage of precipitation in the mild drought years

年份 Year	降水距平百分率 Anomalous percentage of precipitation(%)	年份 Year	降水距平百分率 Anomalous percentage of precipitation(%)
1955	-17.09	1984	-23.35
1957	-15.46	1988	-21.07
1962	-17.68	1991	-16.59
1963	-25.99	1995	-25.06
1966	-17.77	2001	-25.29
1969	-28.26	2003	-18.16

3 结束语

总的来讲,近56年来桂林市降雨量存在略微上升趋势,降水的日数有减少的趋势,降水更加集中。由于最大日降水量很可能会造成严重的洪涝灾害,最大连续降水量也会导致洪涝灾害,而最长连续无降水日数、降水距平百分率则反映桂林干旱事件的发生。而分析一个区域降水变化是否显著,应该是综合指标分析的结果,不能用单一指标分析。降水量变化的影

(下转第120页 Continue on page120)

- century space-time climate variability. Part II: Development of 1901-96 monthly grids of terrestrial surface climate[J]. *Journal of Climate*, 2000, 13: 2217-2238.
- [19] Willison S. Get Lat Lon[EB/OL]. 2012. <http://www.getlatlon.com/>.
- [20] Wikimedia Foundation, Inc. Wikipedia, the free encyclopedia[EB/OL]. 2012. http://en.wikipedia.org/wiki/Random_walk.
- [21] SPSS Inc. SigmaPlot for Windows Version 8.02 [CP]. 2002.
- [22] NIPCC reports. Climate models and their limitations [EB/OL]. 2011. <http://www.nipccreport.org/reports/2011/pdf/01ClimateModels.pdf>.
- [23] Cawley G C, Janacek G J, Haylock M R, et al. Predictive uncertainty in environmental modelling[J]. *Neural Networks*, 2007, 20: 537-549.
- [24] Williams P D. Modelling climate change: the role of unresolved processes [J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 2005, 363: 2931-2946.
- [25] Tekhasski A. AMAZON Science forum: Random walk model suggests that the global warming could be mainly attributed to random mechanism[EB/OL]. 2010. http://www.amazon.com/tag/science/forum/ref=cm_cd__pg__pg7?__encoding=UTF8&cdForum=FxZ58KVEERY5E&cdPage=7&cdSort=oldest&cdThread=Tx3TXP04WUSD4R1&displayType=tagsDetail.
- [26] Václav Klaus. The climate change doctrine is part of environmentalism, not of science [EB/OL]. 2010. <http://www.hrad.cz/en/president-of-the-cr/current-president-of-the-cr-vaclav-klaus/selected-speeches-and-interviews/178.shtml>.

(责任编辑: 尹 闯)

(上接第 114 页 Continue from page 114)

响因素是多种多样的,可能是全球的气候变化,也可能是研究区域的下垫面的改变,如某项工程项目的建设、植被覆盖程度的变化等。可见,人类活动也是降水量略微增加的影响因素之一。由于数据资料和分析方法有限,对于桂林市降水结构、各种强度降水、降水极值的变化发生的原因问题还有待进一步的研究。

参考文献:

- [1] 施能,黄先香,杨扬. 1948~2000 年全球陆地年降水量场趋势变化的时空特征[J]. *大气科学*, 2003, 27(6): 971-982.
- [2] 严中伟,杨赤. 近几十年中国极端气候变化格局[J]. *气候与环境研究*, 2000, 5(3): 267-272.
- [3] Han H, Gong D Y. Extreme climate events over northern China during the last 50 years[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2003, 13(4): 469-479.
- [4] 翟盘茂,邹旭恺. 1951~2003 年中国气温和降水变化及其对干旱的影响[J]. *气候变化研究进展*, 2005, 1(1): 16-18.
- [5] 杨宏青,陈正洪,石燕,等. 长江流域近 40 年强降水的变化趋势[J]. *气象*, 2005, 31(3): 66-68.
- [6] 中国天气网. 桂林城市介绍[EB/OL]. <http://www.weather.com.cn/html/cityintro/101300501.shtml>.
- [7] 广西百科信息网. 广西降雨分布情况[EB/OL]. <http://gxi.zwbk.org/infoshow.aspx?inid=1946>, 2011-11-29.
- [8] 赵华荣,夏北成,江学顶. 桂林市近 50 年降雨变化特征分析[J]. *桂林理工大学学报*, 2011, 31(2): 202-206.
- [9] 任国玉. 气候变化与中国水资源[M]. 北京,气象出版社, 2007.
- [10] 郑梦琪,赵华荣,郭纯青. 1957~2007 年桂林气象站降雨资料变化分析[J]. *安徽农业科学*, 2011, 39(27): 16828, 16912.
- [11] 张小明,杨金虎,高伟东,等. 甘肃省近 50a 夏季极端强降水量的气候特征[J]. *干旱气象*, 2008, 26(2): 48-52.
- [12] 中国国家标准化管理委员会. GB/T20481-2006 气象干旱等级[S]. 中华人民共和国国家标准, 2006.

(责任编辑: 尹 闯)