

## 近 50 年广东省降雨时空变化及趋势研究

廖义善<sup>1</sup>, 李定强<sup>1,2\*</sup>, 卓慕宁<sup>1</sup>, 韦高玲<sup>1</sup>, 谢真越<sup>1</sup>, 郭太龙<sup>1</sup>, 李俊杰<sup>1</sup>

1. 广东省生态环境与土壤研究所, 广东 广州 510650; 2. 中国科学院广州分院/广东省科学院, 广东 广州, 510070

**摘要:** 基于 1959-2008 年广东省境内 25 个雨量站的逐日降雨观测资料, 在 SQL SERVER2000 中编写相关代码, 对次降雨、月、雨季、年、10 年、50 年等 6 个不同时间尺度的降雨量、降雨次数、降雨类型进行统计分析。研究表明: 广东省境内存在 3 个多雨带和 3 个少雨带, 降雨量在空间上大致呈现东、西、北部少, 中、南部多的格局, 年均降雨天数内陆多于沿海, 而降雨量沿海大于内陆。近 50 年广东省年均降雨量为 1 758.8 mm, 降雨量由南向北呈带状递减, 其降雨量最多、最少的区域分别为阳江、徐闻。年降雨天数的年际变化幅度小于降雨量的年际变化幅度。年降雨量变化不大, 但降雨总天数呈现减少趋势, 且减少的降雨类型以小雨、中雨为主, 大雨、暴雨的降雨次数有增加的趋势, 降雨量在时间分布上更为集中, 旱涝灾害将会更为频繁。研究区 80.0%以上的降雨量在雨季产生, 其中沿海雨季降雨量占年降雨量的比重要大于内陆, 且内陆(沿海)雨季降雨量一般集中在前汛期(后汛期)。在月尺度上, 降雨量随月份变化呈现双峰型, 两个峰值分别处于 6 月、8 月。其中 1-4 月、6-8 月、12 月降雨量整体呈现增大趋势, 5 月、9-11 月降雨量整体呈现减少趋势。在次降雨尺度, 小雨、中雨、暴雨的平均次降雨强度有增大的趋势, 而大雨、大暴雨降雨强度有微度减少的趋势。

**关键词:** 广东省; 时间尺度; 降雨; 时空差异

中图分类号: P468.0<sup>+</sup>24

文献标志码: A

文章编号: 1674-5906 (2014) 02-0223-06

**引用格式:** 廖义善, 李定强, 卓慕宁, 韦高玲, 谢真越, 郭太龙, 李俊杰. 近 50 年广东省降雨时空变化及趋势研究[J]. 生态环境学报, 2014, 23(2): 223-228.

LIAO Yishan, LI Dingqiang, ZHUO Muning, WEI Gaolin, XIE Zhenyue, GUO Tailong, LI Junjie. Spatio-temporal variation and tendency of rainfall in Guangdong province during past 50 years [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2014, 23(2): 223-228.

近几十年来全球气候变暖影响大陆和海洋表面温度的变化,造成全球大气环流发生变化(张存杰等, 2003), 从而影响整个水循环过程(陈操操等, 2007), 造成极端强降水频率及降水总量的增加(Yonetani 和 Gordon, 2001; 闵岫和钱永甫, 2008)。近期很多学者对我国不同区域降雨变化及趋势做了大量的研究: 1956-2000 年间中国北方流域降水量少, 年际变化大, 降水量一般趋于减少; 南方流域降水较多, 年际变化较小, 降水量以增加为主(陈峪等, 2005; 林凯荣等, 2011)。其中长江中下游地区年和夏季降水量呈现明显增加趋势, 黄河、淮河流域降水表现出减少趋势(任国玉等, 2000; 张爱民等, 2002)。中国西北、东北、华北的降水趋势值不大, 但以负趋势为主(施能等, 1995)。青藏高原的冬春降水呈增加趋势, 汛期降水呈微弱增加趋势(韦志刚等, 2003)。此外黄土高原降水在波动中呈现下降趋势, 尤其自 1980 年以来, 降水减少趋势显著(信忠保等,

2009)。广东省濒临浩瀚的南海, 大量来自海洋的水汽使得广东省成为我国降雨最多的区域之一。其气候变化与全国其它地区、甚至与华南其它地区的气候变化都有很大的差异(刘黎明, 1996), 其因降水而引发的气象灾害类型多, 频率高、危害大(秦鹏, 2006)。降水作为最重要的自然资源之一(章文波和付金生, 2003), 降水量的年际和长期变化对我国社会经济生活具有重要影响(中国气象局国家气候中心, 1998)。近年来很多学者对降雨随时间尺度的变化进行了大量研究(戴新刚等, 2003; 平凡等, 2006; 张剑明等, 2007; 付容, 2007; 缪驰远, 2007), 但研究尺度多以年际、年、季节尺度为主。广东作为我国重要热带、亚热带作物、果品的生产基地, 在全球气候变化的大环境下, 其降雨时空分布将会出现什么样的变化。本研究将从不同区域, 多个时间尺度去探讨降雨的时空分异及变化规律, 以期为该区域降水的现状评估及趋势预测提供借鉴。

基金项目: 广东省自然科学基金项目(S2012030006144); 中国科学院院地合作项目(2BY2332301); 广东省教育部产学研结合项目(2012B091100471); 广东省科学院青年科学研究基金(qnj201404)

作者简介: 廖义善(1980年生), 男, 助理研究员, 从事水土保持研究。E-mail: yishan\_liao@163.com

\*通讯作者: 李定强, 男, 研究员, 博士生导师, 从事水土保持与非点源污染研究。E-mail: dqli@soil.gd.cn

收稿日期: 2013-11-29

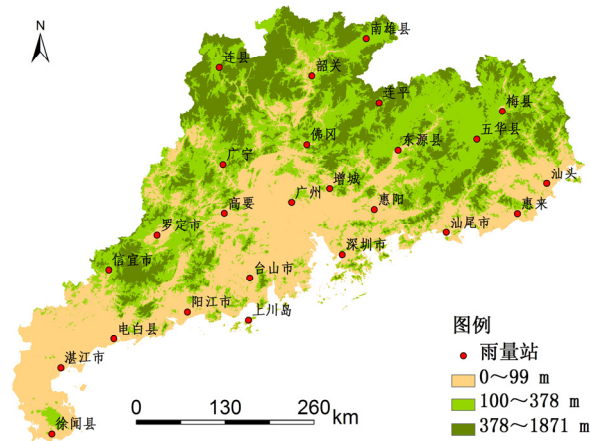


图1 广东省雨量站分布情况

Fig.1 The distribution of rain-gauge stations in Guangdong Province

## 1 研究区概况及研究方法

### 1.1 研究区概况

广东省位于我国的南疆、欧亚大陆的东南缘,南临南海和海南省,东接福建,西连广西,北倚南岭并与湖南、江西两省接壤,陆地总面积 17.79 万  $\text{km}^2$ 。如图 1 所示,境内地势北高南低,东西向腹部倾斜,地形类型多、地势复杂。区域内雨量充沛,年平均降水量 1366~2343 mm。全年雨季分为两段:4-6 月为前汛期,主要是锋面低槽带来的降水;7-9 月为后汛期,主要是热带气旋、热带辐合带等引起的降水。

### 1.2 研究方法

本研究采用中国气象局国家气象信息中心提供的广东省 25 个站点日降水数据(由于南澳岛雨量站缺测时间较长,故剔除),观测时段为 1959-2008 年。如图 1 所示,25 个雨量站分别为南雄、连县、韶关、佛岗、连平、梅县、广宁、高要、广州、东源、增城、惠阳、五华、汕头、惠来、信宜、罗定、台山、深圳、汕尾、湛江、阳江、电白、上川岛、徐闻,为了方便在相关图表中表述,对各雨量站的编号依次为 1-25。同时把徐闻-汕头一线 11 个雨量站所控制区域称为沿海区域,其余称为内陆区域。文中依据日降雨量的大小,对降雨类型进行分类,日降雨量在 10.0 mm 以下的称为小雨,10.0~24.9 mm 为中雨,25.0~49.9 mm 为大雨,50.0~99.9 mm 为暴雨,日降雨大于 100.0 mm 为大暴雨。在 SQL SERVER 2000 中编写相关的统计代码,对 50 年、10 年、年、雨季、月、次降雨等 6 个尺度的降雨量、降雨次数、降雨类型及降雨差异系数进行统计分析,进而揭示近 50 年来广东省降雨时空变化。

## 2 结果与分析

### 2.1 降雨随空间变化情况

广东省雨量充沛,年降雨量均在 1300.0 mm 以

上。由于地形、地貌以及海陆差异,降雨量随空间分布也有所差异。在广东省境内降雨量大致呈现东、西少中部多,北少南多的格局。其境内分布有三个多雨带:分别为云雾山东南面的阳西县、阳江市、恩平市、台山市一带;莲花山东南面的海丰县、陆丰县、普宁市、揭西县一带;北江谷地的清远、佛冈、龙门、河源一带。其中前两个多雨带为沿海多雨带,后一个多雨带为内陆多雨带,这些区域的多年平均降雨量均在 1900.0 mm 以上,其中阳江市、海丰县在 2300.0 mm 以上。与多降雨区域成带状分布有所不同,相对少雨区域成片状分布,在广东省境内存在 3 个相对少雨区域:分别为以徐闻县为代表的徐闻、吴川、雷州等区域;以罗定市为代表的罗定市、郁南县、德庆县、云浮市等区域;以梅县为代表的五华县、兴宁市、龙川县、和平县、梅县、大浦县、饶平县、澄海市等区域。这几个相对少雨区多年平均降雨量在 1600.0 mm 以下,其中徐闻县、罗定县在 1400.0 mm 以下。此外,多年平均次降雨差异系数呈现明显的地带性,沿海的降雨差异普遍要大于内陆,其中差异系数最大的区域为广东省最南端徐闻,差异系数达 2.03,最小的区域为广东省最北端的南雄 1.48。

地形、地貌是影响区域降雨量的关键因素。由图 1 中的高程分布可知,五华县、梅县、大浦县等地东南面群山连绵,阻挡了来自南海的大量水汽,进而造成了以梅县为代表的相对少雨带的存在。以罗定为代表的相对少雨区域处于四周高,中间低的盆地地貌,四周的高地是造成其雨量相对较少的原因。而以阳江、佛冈为代表的多雨带则一般处于地形较平坦的沿海或处于两边高脊中间低洼的谷地。此外,与海岸线距离的远近是决定雨季雨量主要分布在前汛期或后汛期的关键因素。距离海岸线比较远的雨量站多年平均前汛期的降雨量均大于后汛期的降雨量,广东省最北面的南雄县、连县、韶关、佛冈、连平、东源一带多年平均前汛期降雨量均大于后汛期降雨量 500.0 mm 以上,其中连县区域前后汛期降雨量差值高达 661.7 mm,其前汛期降雨量占雨季降雨量的 66.1%。多年平均后汛期降雨量大于前汛期的区域都分布在沿海一带,从徐闻至汕头 11 个沿海雨量站中除惠阳、汕头两个区域多年平均前汛期降雨量稍大于后汛期外,其它的区域多年平均前汛期降雨量均小于后汛期降雨量,其中徐闻地区的多年平均前后汛期降雨量之差达 372.8 mm,后汛期降雨量占雨季降雨量的 67.0%。

由图 2 可知,各区域内不同降雨类型的雨量占年降雨总量的比重有所不同。内陆区域大暴雨的雨量占年降雨总量的比重是各种降雨类型比重中最

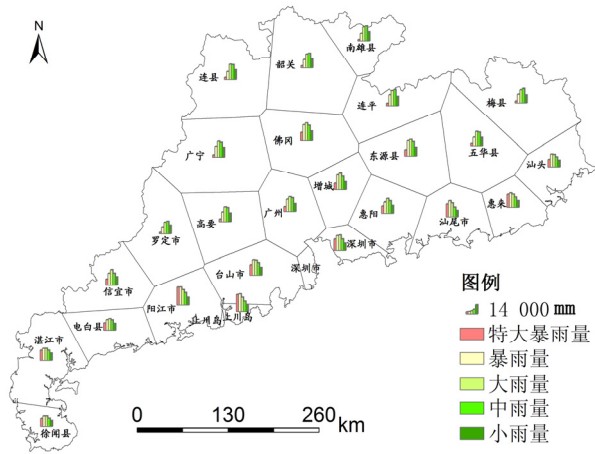


图 2 广东省各降雨类型雨量分布图

Fig.2 The map of rainfall distribution in Guangdong province

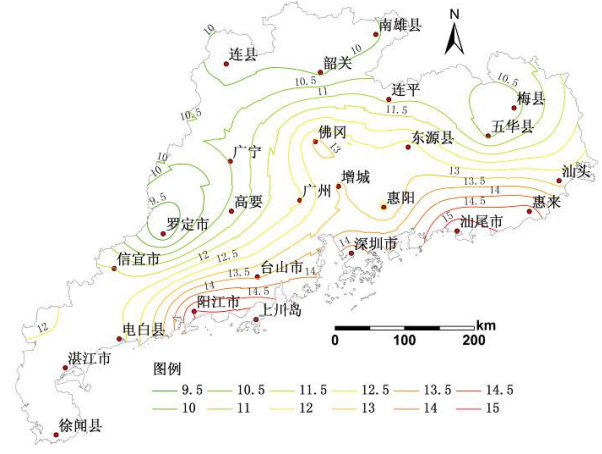


图 3 近 50 年次降雨量等值线图

Fig.3 Chorismogram of subrainfall during past 50 years

小的，占比重较大的雨型分别为中雨、大雨。而在沿海区域中雨雨量所占比重较内陆有所下降，暴雨、大暴雨雨量所占比重均有明显增大，特别是降雨量最大的阳江站，大暴雨所占比重最大，暴雨次之，各雨型雨量所占比重与降雨类型成正比。广东省年平均降雨天数为 146 d，其中沿海为 134.7 d，内陆为 154.3 d，内陆与沿海各种雨型多年平均年降雨天数的差值分别为小雨 13.8 d、中雨 7.2 d、大雨 1.5 d、暴雨-1.3 d、大暴雨-1.6 d。内陆的平均年降雨天数要大于沿海，但沿海多年平均降雨量 (1832.3 mm) 要大于内陆 (1701.1 mm)。可见区域雨量的大小不是由降雨天数决定，而是主要由强降雨类型的天数决定。

## 2.2 不同时间尺度降雨差异及变化趋势

### 2.2.1 50 年尺度降雨差异及变化趋势

1959-2008 年 50 年间，广东省 25 个雨量站所记录的年平均降雨量为 1758.8 mm。其中阳江雨量站以 2343.2 mm 的 50 年年平均降雨量成为广东省降雨量最多的区域之一。此外徐闻雨量站所记录的 50 年年平均降雨量仅为 1366.2 mm 为广东省境内降雨量最少的区域之一。50 年年平均降雨天数占全年总天数的 40%，其中小雨天数为 100 d，中雨天数为 25 d，大雨天数为 13 d，暴雨天数为 6 d，大暴雨天数为 2 d。降雨次数最多的区域并非降雨量最多的区域，连县以 165 d 的 50 年年平均降雨天数成为广东省降雨天数最多的区域；徐闻以 118 d 的 50 年年平均降雨天数成为广东省降雨天数最少的区域；阳江年大雨以上降雨达 26 d 为全省强降雨天数最多的区域。降雨天数较多的区域多集中在粤北，50 年年平均降雨天数在 160 d 以上的 4 个雨量站均分布在粤北。广东省 50 年平均次降雨量为 12.0 mm，其中小雨的 50 年平均次降雨量为 2.6 mm，中雨为 6.2 mm，大雨为 34.9 mm，暴雨为 67.2 mm，

大暴雨为 139.2 mm。如图 3 所示，次降雨量由南向北呈带状递减，其中汕尾、罗定分别为广东省 50 年平均次降雨强度最大、最小的区域，其次降雨量平均值分别为 15.5，9.1 mm。

### 2.2.2 10 年尺度降雨差异及变化趋势

对 1959-2008 年按 10 年一个时段进行划分，5 个时段平均年降雨量分别为 1687.4，1793.6，1791.7，1780.3 和 1741.2 mm，降雨量呈现先增大再减小的趋势。不同时段年降雨量极值区域发生位移，1959-1968 年间最大降雨区域为佛冈，徐闻最小；1969-1978 年间最大降雨区域为上川岛，最小为罗定；1979-1988 年间最大降雨区域为佛冈，最小为徐闻；1989-1998 年间最大降雨区域为阳江，最小为徐闻；1999-2008 年间最大降雨区域为上川岛，最小为罗定。在 10 年平均尺度上，降雨量差异最大的区域为粤西南，其中阳江为最大，湛江次之，降雨量差异最小的区域为粤北，其中广宁最小。

1959-2008 年五个时段的 10 年平均年降雨天数分别为 144，154，151，147 和 135 d，降雨天数同样呈现先增大再减小的趋势。而随时间变化降雨天数的极值区域未发生位移，5 个时段内降雨天数最大值均位于佛冈，最小值均位于徐闻。在 10 年平均尺度上随时间变化各雨量站降雨天数的差异系数相差不大，未出现明显的地域差异。各相邻时段降雨天数间之差值，除 1969-1978 年与 1959-1969 年降雨量差值为正值外，其余 3 个差值均为负值。且随时间变化降雨天数变化的幅度呈现前后两个时段大中间时段较平稳。近期年降雨天数呈现减少趋势，且减少的降雨类型多为小雨、中雨，而大雨、暴雨的降雨次数有所增加。其中 1969-1978 年这个时间段是降雨量，年降雨天数最多的时间段，而 1999-2008 年的年平均降雨天数是 5 个时间段中最小的。降雨次数的减少特别是小雨次数的减少，造

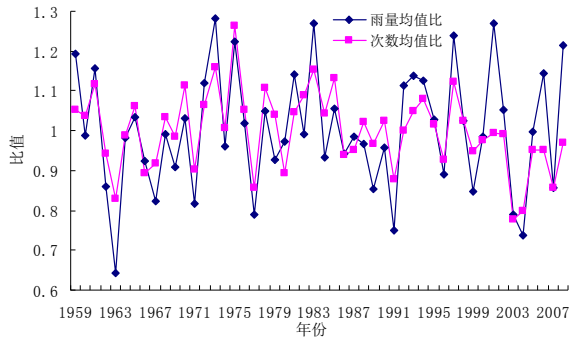


图4 广东省50年降雨变化情况

Fig.4 The changes of annual rainfall in Guangdong province during past 50 years

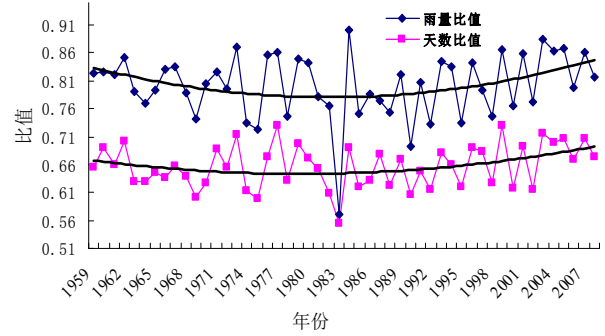


图5 雨季降雨量占全年降雨比重

Fig.5 The proportion of rainy season rainfall during the total annual rainfall

成了降雨量在时间上的分布进一步不均匀,在未来广东省旱涝天气将会有所增加。

### 2.2.3 年尺度降雨差异及变化趋势

由统计分析可知,广东全省降雨最大的年份为1973年2251.6 mm,降雨量最少的年份为1963年1131.3 mm。从地域上看,降雨最多区域为1973年的上川岛,年降雨量达3657.5 mm,降雨量最少的区域为1963年的惠阳,年降雨量仅为720.1 mm。内陆的降雨量随地域变化的幅度均小于沿海,年降雨量最大与最小的区域均分布在沿海地区。

为了方便比较各年份降雨量、降雨天数的相对大小及变化幅度,把每年的降雨量、降雨天数除以50年平均的降雨量、降雨天数,1959-2008年间年降雨变化情况如图4。由图4可知,年降雨天数的年际变化的幅度要小于降雨量年际变化的幅度。年降雨天数与多年平均降雨天数的比值年际变化比较稳定在0.78~1.15间波动,而降雨量比值在0.64~1.27间波动。在年尺度上降雨天数的差异要小于降雨量的差异,降雨天数的差异系数仅为0.01,而降雨量的差异系数为0.14。图4中某年雨量比值大于天数比值则表示该年份平均次降雨量大于多年平均次降雨量,反之则小于。由图4可知,年次降雨强度大于50年平均降雨强度的仅有19年,且集中分布在2000年以后,2000-2008年中除2004年外,其余年份年平均次降雨强度均大于多年平均,特别是2001年降雨量是多年降雨量的1.27倍,降雨天数却小于多年平均降雨天数。而在1959-1979年21年间年平均降雨强度大于多年平均降雨强度的仅有4年,其中1963年的年平均降雨量仅为多年平均的77.5%。在年尺度上降雨量变化不大,但降雨天数有减少的趋势,降雨强度有增大的趋势。

### 2.2.4 雨季尺度降雨差异及变化趋势

广东雨季为每年的4-9月,图5为广东省1959-2008年50年间雨季雨量及降雨天数占全年降雨

总量、总天数的比值曲线及变化趋势线。广东省雨季降雨量占全年降雨量的绝大多数,80.0%以上的降雨量在雨季产生。其中,距离海岸线较远的区域如粤北的南雄、连县、韶关、梅县,雨季降雨占全年降雨的比重相对较小,均在70.0%左右;而距离海比较近的区域如汕尾、深圳、阳江、惠来等区域雨季降雨量占全年降雨量的比重均在85.0%以上。此外,雨季的降雨天数较雨季雨量在时空分布上具有相似的情况。各区域雨季降雨总天数占全年降雨总天数的比值均在57.9%以上,其中距海岸线较近区域的比值普遍大于距海岸线较远区域的比值。由图5可知,雨量比值均大于降雨天数比值,即雨季次降雨量要大于年平均次降雨量。从时间变化上看,二者比值随着年份变化上下波动,除1983年外其余年份波动范围较小。雨季降雨量及降雨天数占全年降雨量、降雨天数的比值大致呈现先减少后增大的趋势,如图5所示1959-1986年二者比值呈现减少的趋势,而1987-2008年二者比值呈现增大的趋势,近期雨季降雨量及雨季降雨天数均有增大的趋势。且随时间变化内陆地区呈现前汛期降雨量占雨季降雨量比重呈现微弱减少趋势,而沿海地区后汛期降雨量占雨季降雨量比重呈现减少的趋势,其中2006-2008年沿海11个雨量站中后汛期降雨量占汛期降雨量的比值分别为48.0%,48.3%,42.3%,均低于多年平均值53.7%。

### 2.2.5 月尺度降雨差异及变化趋势

由分析可知,降雨量随月份变化呈现双峰型,从1月到6月持续增大,到6月份月降雨量达到最大值后减少,到8月份又出现一个波峰,而后持续减小,其中6月份的降雨量为全年最大的,占全年降雨量的17.6%,其次为5月,降雨量占全年降雨量的14.9%,再次为8月,降雨量占全年降雨量的14.6%。全年降雨量最小的为12月,降雨量仅占全年降雨量的1.7%,不及6月份降雨量的1/10。由南向北,降雨量的波峰位置出现前移,在南部的徐闻、深圳降雨的

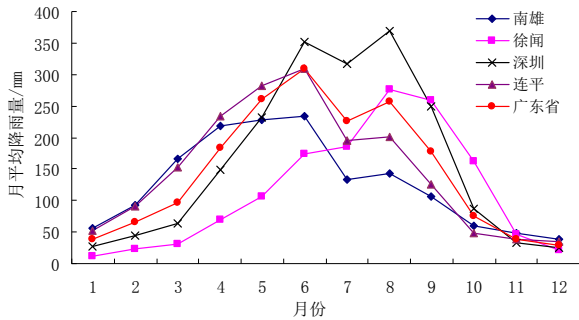


图 6 不同月份降雨量分布

Fig.6 The distribution of rainfall in different months

最大月份为8月，而北部的南雄、连平降雨量最大的月份为6月（如图6所示）。这主要是由于广东省雨季存在两个汛期，前汛期为初夏雨季，后汛期为台风雨季。北部山区受初夏雨季的影响比较大，而南部沿海地区受台风雨季的影响较强，沿海24小时可能最大台风降水可高达1 200~1 600 mm(唐晓春等, 2003)，因而二者雨量最大值出现的时间有所不同。

从月尺度看 1959-2008 年 50 年间，1-4 月、12 月降雨量局部呈现先增后减的趋势，整体呈现微度增大趋势，8 月降雨量局部呈现先减后增，整体呈现微度增大趋势。6-7 月降雨量整体呈现较明显的增大趋势，其中以 7 月份降雨量增幅尤为明显，7 月份的雨量从 1959-1968 年间月平均降雨量 199.8 mm，增加到 1999-2008 年间月平均降雨量 242.6 mm。而 5 月月平均降雨呈现局部先增后减趋势，整体呈现微度下降趋势；9 月降雨量局部呈现先减后增的趋势，整体呈现增大趋势；10 月降雨量局部呈现先增后减的趋势，整体呈现增大趋势；11 月呈现持续减少趋势。其中以 9 月份雨量减少最为明显，其雨量由 1959-1968 年间的 194.4 mm，下降到 1999-2008 年间的 174.6 mm。从地域上看 50 年间 1-4 月内陆和沿海降雨量均局部呈现先增后减的趋势，整体呈现微度增大的趋势；5、8 月份沿海降雨量整体呈现增大趋势，而内陆却整体呈现减少趋势；6、12 月沿海与内陆均整体呈现增大趋势，但沿海降雨量的增幅超过内陆；9-11 月内陆与沿海月平均降雨量均整体呈现下降趋势。

### 2.2.6 次暴雨尺度降雨差异及变化趋势

1959-2008 年广东省 25 个雨量站共监测降雨事件 182078 次，其中小雨 124659 次，中雨 31611 次，大雨 16551 次，暴雨 7276 次，大暴雨 1981 次，次降雨频率呈现下降趋势。如图 7 所示，降雨类型主要以小雨为主，小雨事件占有所有降雨事件的 68.5%，降雨量大的降雨类型的降雨次数比较少。从近 50 年来各降雨类型发生的次数看，小雨、中雨的发生

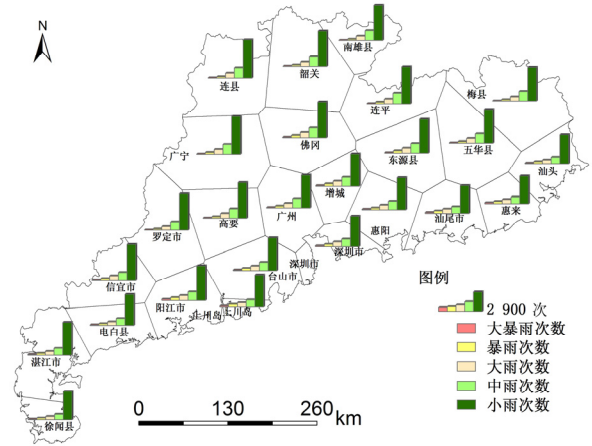


图 7 近 50 年各类型降雨次数空间分布

Fig.7 The spatial distribution of rainfall frequency during past 50 years

频率有减少的趋势，大雨、暴雨、大暴雨的发生频率有增大的趋势。50 年间广东省 25 个雨量站监测的降雨量共计 2 190 360.2 mm，其中小雨 322 761.0 mm，中雨 510 448.4 mm，大雨 578 352.7 mm，暴雨 490 917.9 mm，大暴雨 287 880.2 mm，各种降雨类型的降雨量变化趋势与降雨次数的变化趋势一致。小雨、中雨、暴雨平均次降雨强度有增大的趋势，而大雨、大暴雨降雨强度有微度减少的趋势。同时相邻两次次降雨间隔时间的差异系数有增大的趋势，未来广东省旱情将有所加重。

### 3 结论

1) 降雨量在空间上的分布大致呈现两边少中间多，北边少南边多的格局。其中多雨带呈带状分布，相对少雨带呈片状分布。区域降雨的差异系数沿海要大于内陆，内陆与沿海降雨类型的数量所占年降雨天数的比重有所差异，大雨以下降雨类型的天数内陆大于沿海，而暴雨以上的降雨天数沿海大于内陆。内陆多年平均降雨天数比沿海多 19.5 d，而多年平均降雨量却比沿海少 131.2 mm，区域降雨量的大小主要由强降雨类型的天数决定。

2) 在年尺度上降雨天数的差异要小于降雨量的差异，降雨天数的差异系数仅为 0.097，而降雨量的差异系数达 0.14。近期年降雨天数呈现减少趋势，且减少的降雨类型主要为小雨。降雨量在时间上的分布进一步不均匀，次降雨量呈现增大趋势，未来广东省旱涝天气将会有所增加。

3) 广东省 80%以上的降雨量在雨季产生，内陆雨季降雨量一般集中在前汛期，而沿海雨季降雨量多集中在后汛期，其中沿海雨季降雨量占年降雨量的比重大于内陆。

4) 降雨量随月份变化呈现双峰型，两个峰值分别处于 6 月、8 月，其中年降雨量最大的月份为 6 月，占年降雨量的 17.6%。在月尺度上，1-4 月、

8月、12月降雨量均整体呈现微度增大趋势,6-7月降雨量整体呈现较明显的增大趋势。5月月平均降雨量整体呈现微度下降趋势,9-11月出现比较明显的下降趋势。并且内陆与沿海月尺度降雨量随时间变化有所不同。

5)在次降雨尺度,年降雨次数呈现下降趋势,且各降雨类型的降雨次数随着次降雨量的增大而减少。小雨、中雨、暴雨平均次降雨强度有增大的趋势,而大雨、大暴雨降雨强度有微度减少的趋势。

#### 参考文献:

- Yonetani T, Gordon H B. 2001. Simulated changes in the frequency of extreme and regional features of seasonal/annual temperature and precipitation when CO<sub>2</sub> is double[J]. *Journal of climate*, 14:1765-1779.
- 陈操操,谢高地,甄霖. 2007. 泾河流域降雨量变化特征分析[J]. *资源科学*, 29(2): 172-177.
- 陈峪,高歌,任国玉,等. 2005. 中国十大流域近40多年降雨量时空变化特征[J]. *自然资源学报*, 20(5): 637-643.
- 戴新刚,汪萍,丑纪范. 2003. 华北汛期降水多尺度特征与夏季年代际衰变[J]. *科学通报*, 48(23): 2483-2487.
- 付容,胡亮,谷国军. 2007. 利用 TRMM 降水资料对华南和长江流域夏季天气尺度的对比分析[J]. *中国科学: D 辑*, 37(9): 1252-1259.
- 林凯荣,何艳虎,雷旭,等. 2011. 东江流域 1959-2009 年气候变化及其对径流的影响[J]. *生态环境学报*, 20(12): 1783-1787.
- 刘黎明. 1996. 广东的气候变化—气温、降水和日照[J]. *中山大学学报: 自然科学版*, 35(3):92-97.

- 闵山,钱永甫. 2008. 我国近 40 年各类降水事件的变化趋势[J]. *中山大学学报: 自然科学版*, 47(3): 105-111.
- 缪驰远,魏欣,孙雷,等. 2007. 嫩江、哈尔滨两地 48 年来夏季降雨特征分析[J]. *资源科学*, 29(6): 25-31.
- 平凡,罗哲贤,琚建华. 2006. 长江流域汛期降水年代际和年际尺度变化影响因子的差异[J]. *科学通报*, 51(1): 104-109.
- 秦鹏. 2006. 广东省近 40 多年来极端温度和降水的变化规律分析[D]. 南京: 南京信息工程大学图书馆: 1-103.
- 任国玉,吴虹,陈正洪. 2000. 我国降雨变化趋势的空间特征[J]. *应用气象学报*, 11(3): 322-330.
- 施能,陈家其,屠其璞. 1995. 中国近 100 年来 4 个年代的气象变化特征[J]. *气象学报*, 53(4): 431-439.
- 唐晓春,刘会平,潘安定,等. 2003. 广东沿海地区近 50 年登陆台风灾害特征分析[J]. *地理科学*, 23(2): 182-187.
- 韦志刚,黄荣辉,董文杰. 2003. 青藏高原气温和降水的年际变化和年代际变化[J]. *大气科学*, 27(2): 157-170.
- 信忠保,许炳心,马元旭. 2009. 近 50 年黄土高原侵蚀性降水的时空变化特征[J]. *地理科学*, 29(1): 98-104.
- 张爱民,王效瑞,马晓群. 2002. 淮河流域气候变化及其对农业的影响[J]. *安徽农业科学*, 30(6): 843-846.
- 张存杰,高学杰,赵红岩. 2003. 全球气候变暖对西北地区秋季降水的影响[J]. *冰川冻土*, 25(2): 157-164.
- 张剑明,黎祖贤,章新平. 2007. 长沙近 50 年来降水的多时间尺度分析[J]. *水文*, 27(6): 78-80.
- 章文波,付金生. 2003. 不同类型雨量资料估算降雨侵蚀力[J]. *资源科学*, 25(1): 35-41.
- 中国气象局国家气候中心. 1998. 98 年中国大洪水与气候异常[M]. 北京: 气象出版社: 1-31.

## Spatio-temporal variation and tendency of rainfall in Guangdong province during past 50 years

LIAO Yishan<sup>1</sup>, LI Dingqiang<sup>1,2\*</sup>, ZHUO Muning<sup>1</sup>, WEI Gaolin<sup>1</sup>, XIE Zhenyue<sup>1</sup>, GUO Tailong<sup>1</sup>, LI Junjie<sup>1</sup>

1. Guangdong Institute of Eco-environment and Soil Science, Guangzhou, 510650, China;

2. Guangzhou branch of Chinese Academy of Sciences and Guangdong Academy of Sciences, Guangzhou, 510650, China

**Abstract:** Based on daily precipitation data from 25 rain gauge stations during 1959-2008, the spatio-temporal variations of rainfall in Guangdong province at six different time-scales (i.e., individual rainfall, monthly, seasonal yearly, 10-yearly and 50-yearly) were investigated with SQL SERVER2000. The results indicated that there were three heavy rain-belts and three light rain-belts in Guangdong Province. Spatially, more precipitation occurred in the central and south regions, less in the east, west and north regions. Annual rainfall days were much more with less rainfall amount for the inland compared to coastal regions. During the past 50 years, the mean annual rainfall amount was 1 758.8 mm in Guangdong province with a decreasing trend from the south to the north, where the highest and lowest rainfall amounts were observed in Yangjiang and Xuwen rain gauge stations. The annual rainfalls varied gently, and the variation amplitude of annual rainfall was larger than that of rainy days. The frequency of light and moderate rains decreased while that of heavy rains increased, leading to more concentrated rainfalls and more frequent droughts and floods. In the study region, more than 80.0% the rainfall happened in the rainy season. The proportion of rainfall in the rainy season to the total is higher in the coastal areas than that in the inland regions. For the inland region, the rainfall amount mainly took place in the former phase of a rainy season. In contrast, most of the rainfall fall in the latter phase of a rainy season in the coastal region. The variation of precipitation at monthly scale shared a bimodal pattern with peak values occurring in June and August. The precipitation in January-April, June-August, and December showed an increasing trend, while those in May and September-November had a decreasing trend. At event scale, the intensities of light, moderate rain and storm increased, but the intensities of heavy rains and storms tended to decrease.

**Key words:** Guangdong Province ; time-scales ; rainfall ; spatial-temporal difference