

龙余良, 刘建文. 江西冰雹与雷雨大风气候变化特征的对比分析[J]. 气象, 2010, 36(12): 62-67.

江西冰雹与雷雨大风气候变化特征的对比分析^{* 1}

龙余良¹ 刘建文²

1 江西省气象科技服务中心, 南昌 330046

2 河北省气象科技服务中心, 石家庄 050021

提 要: 利用江西省 85 个气象站 46 年的监测资料, 采用气候统计分析方法, 研究江西省冰雹与雷雨大风气候变化特征, 结果表明: 冰雹易发区主要分布在江西中西部, 有 4 个中心; 雷雨大风易发区主要分布于中北部的地势平整地区, 有 2 个中心。冰雹季节变化呈单峰型, 3—5 月最容易出现冰雹, 4 月份最多; 雷雨大风季节变化呈双峰型, 主要出现在 3—8 月, 3—5 月为一高峰, 6—8 月为另一高峰。冰雹 1981 年以前以 12 a 周期经历了 3 次转换, 1981 年后以 18 a 周期进行变化, 同时还在 9 a 时间周期进行了 4 次转换。雷雨大风主要以中高频周期振荡为主, 1973 年前为 12 a 的振荡周期, 1974 年后, 振荡周期主要以 6 a 为主。EOF 展开的第一特征向量表明江西冰雹与雷雨大风的的变化趋势总体特征是一致的; 第二特征向量表明冰雹和雷雨大风在地势平整地区与多山地区都存在反位相变化, 而江西南部雷雨大风变化更显著; 第三特征向量表明冰雹和雷雨大风在武夷山附近与其他地区都存在反位相的变化。

关键词: 冰雹, 雷雨大风, 气候变化, 时空特征, 对比分析

Comparison of Climatic Characteristics Between Hailstorm and Intense Gust in Jiangxi Province

LONG Yuliang¹ LIU Jianwen²

1 Jiangxi Provincial Meteorological and Technological Service Center, Nanchang 330046

2 Hebei Provincial Meteorological and Technological Service Center, Shijiazhuang 050021

Abstract: Based on the observation data and records at 85 observation stations in Jiangxi Province during 1959—2004, spatial-temporal characteristics of hailstorm and intense gust in Jiangxi are investigated by using multiple statistics. Major results are as follows: Hail often occurs in the central and west parts of the province with four extreme centers, while intense gust occurs in the central and north plains with two centers. In terms of seasonal variations, the temporal distributions of hail is categorized as one-peak type, and is more likely to occur from March to May and most frequent in April. While gust shows a double-peak distribution, indicating the concentration of gust between March and August, with one peak during the period of March to May and the other peak from June to August. From spring to summer in the past 46 years, the abrupt climate change of gust shows that its frequency has decreased in Jiangxi since 1992, while the interdecadal variation of hail has not demonstrated obvious climate abruption. Hail varies by a 12-a scale before 1981 with three periods, while after 1981 it becomes an 18-a cycle and at the same time with 4 periods on a 9-a scale. The middle- to high-frequency variations are dominated for the gust, showing a 12-a scale before 1973 and a 6-a cycle after 1974. The first mode of EOF indicates that the variation trend is consistent for hail and intense gust. According to the second mode of EOF, the spatial variation of hail and gust in the plain shows a reverse trend in relation to mountainous areas, especially gust in the south Jiangxi.

Key words: hailstorm, intense gust, temporal-spatial distribution, climate change, comparison

* 江西省防灾减灾研究基金资助项目(GCX200607)

2009年9月16日收稿; 2010年4月1日收修定稿

第一作者: 龙余良, 主要从事天气预报与应用气象工作. Email: jxqx_longyuliang@163.com

引言

江西省是国内多灾害地区之一,其中气象灾害占江西整个自然灾害的 70%^[1]。每年春夏季节,冷暖空气经常在长江流域交汇,使江西频繁爆发冰雹、雷雨大风等强对流天气,对国民经济建设和社会发展,都有着较为严重的危害,在某种意义上,甚至可以说是制约了江西的经济和社会发展^[2]。

在全球变暖的背景下,局部区域的气候极值变化和异常天气气候事件引起了广泛的关注。王秀荣等^[3]统计分析了 2004 年主汛期中国强对流天气灾害特征。文献[4-5]研究分析了中国冰雹和冰雹灾害的地理与时间时空动态。杨晓霞等^[6]和李英等^[7]分别就山东、云南的冰雹等天气的热力、动力场特征和中尺度扰动特征进行诊断分析。廖晓农、漆梁波、李向红、张德林等^[8-9,19-20]分别讨论了北京和上海等地冰雹、雷暴大风等强天气的形势特征及临近预报要点。许爱华等^[10-11]通过对多次区域性强对流天气过程的物理量合成分析,分别总结出江西区域性“冷区”、“暖区”强对流天气预报着眼点。应冬梅、钱传海、郭艳等^[12-15]选取了江西典型的强对流天气过程,从多普勒雷达回波特征进行诊断分析。

从以上文献看出,大多数的学者将研究放在全国大范围强对流天气的气候概况、气候变异、时空变

化特征,而对于区域性强对流天气的气候变化研究很少;即使对于区域性强对流天气的研究,大多数的学者放在成因探讨、环流背景、预报方法、物理诊断等方面^[21],对区域性强对流的时空变化、气候异常特征研究甚少。冰雹和雷雨大风虽然经常同时出现,但它们在气候变化规律上亦有不同的特点,本文利用江西省 85 个气象站 1959—2004 年共 46 年的监测资料,运用五点 3 次平滑、滑动 t 检验、小波分析、EOF 分解等气候统计分析方法^[15-17],研究江西省冰雹与雷雨大风在气候特征、气候异常规律、时空变化特点的异同,以期提高江西省冰雹与雷雨大风的预报准确率,为江西省气象灾害防御规划以及防灾减灾提供科学参考。

1 江西冰雹与雷雨大风的气候特征

1.1 空间分布

江西省冰雹主要出现在中西部(图 1a),有 4 个中心,一是井冈山山脉与吉泰盆地的交界地带,最大值在安福,有 29 次冰雹记录。二是赣西北山区与赣抚平原交界处的宜丰、高安一带,最大值在宜丰,有 19 次冰雹记录。三是抚州地区山麓地带的崇仁、南城和金溪一带,最大值在金溪,出现 16 次冰雹。四是鄱阳湖南岸的余干、余江和新建一带,最大值在新建和余干,亦出现 16 次冰雹。

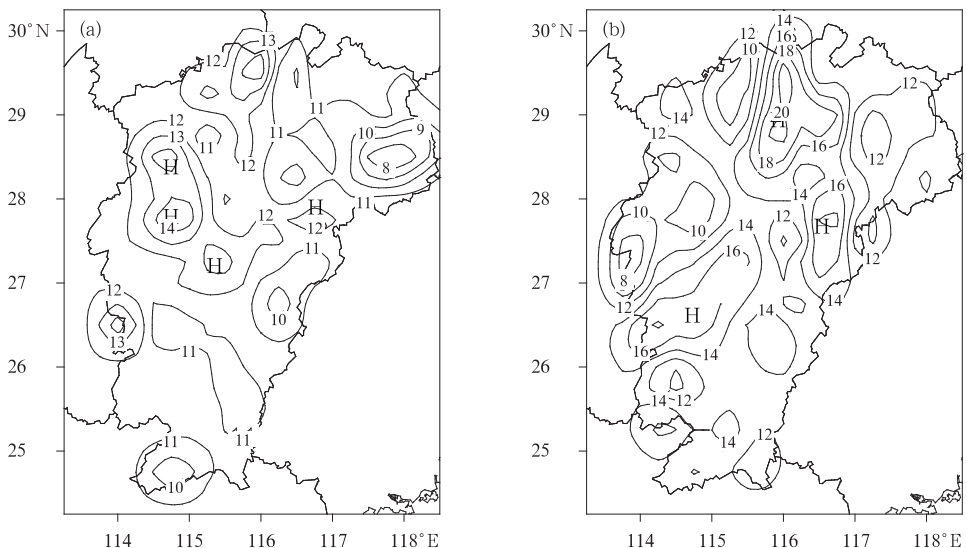


图 1 江西冰雹和雷雨大风的空间分布

(a) 冰雹空间分布(单位:次数) (b) 雷雨大风空间分布(单位: 10^{-1} 次数)

Fig. 1 Spatial distribution of hailstorm (a) (unit: times) and intense gust (b) (unit: 10^{-1} times) in Jiangxi

江西省雷雨大风主要出现在中北部的地势平整地区的陆面上(图1b),鄱阳湖南边县市如鄱阳、南昌、都昌、余干存在一高值区,平均雷雨大风记录179~190次,最高记录在鄱阳县,达217次;另一高值区位于吉泰盆地的吉安、永丰、万安一带,平均雷雨大风记录140~160次,最高记录在永丰县,达175次;一些特殊测站雷雨大风记录非常大,如高山测站庐山、井冈山分别出现1533次、179次雷雨大风,靠近高山的测站星子、金溪共分别出现393次、202次雷雨大风;在赣西南的崇义、上犹、龙南、寻乌一带,以及中部地区安义、靖安、铜鼓、分宜一带存在两个低值中心,雷雨大风记录平均在40~60次;其他大部分测站雷雨大风记录为70~140次。

冰雹、雷雨大风的空间分布与江西地形和下垫面特征有很大关系。江西东部为武夷山脉,西部为罗霄山脉,南部为南岭山脉,北部赣鄱平原,总体体现为东南三面环山、地势南高北低的地理特征。江西为亚热带湿润季风气候区,冬半年盛行偏北风,夏半年盛行偏南风。在春季,西南气流虽然不断加强,但西风带系统仍很活跃,当西风带系统越过山脉时,经常在山的另一边产生背风波,如果近地面的湿层上存在逆温层,背风波将使不稳定能量得到释放,往往会促使河谷地区产生新的对流云,使近山脉地区产生冰雹等剧烈天气,因此,江西冰雹就更容易出现在中西部。在夏季,由于下垫面的非均匀加热影

响,造成湖面、陆地、山峰形成不同的冷热源。夏日午后陆地表面受日射作用而强烈加热,温度相对较高,而湖面、山峰日射增温弱,温度相对较低,这种温差使得地面空气上升,湖面或山峰空气下沉,如果陆地空气存在层结不稳定,经常激发强对流天气,因此,雷雨大风很容易出现在地势平整地区的陆面上,鄱阳湖周围和吉泰盆地也就形成了雷雨大风的高值中心。

1.2 年际变化

近46年来,江西冰雹年际变化差异较大(图2a),平均每年出现冰雹天气13.4次,冰雹出现频率较高的年份有1959、1967、1969、1979、1983、1987、1998;冰雹出现频率较低的年份有1965、1974、1977、1990、2000、2001年。冰雹也有很明显的年代际变化,20世纪60年代、80年代冰雹天气相对多,70年代、90年代到新世纪冰雹相对较少。

江西省雷雨大风年际、年代际变化差异异常大(图2b),平均每年出现雷雨大风3025站次,雷雨大风最显著的有两年,1964年和1983年,分别出现5711站次和5864站次雷雨大风。雷雨大风亦呈现明显的年代际变化特征,20世纪60年代到80年代中期雷雨大风出现的频率大,80年代后期到新世纪雷雨大风出现的频率明显减少,前者比后者数值大了1倍多。

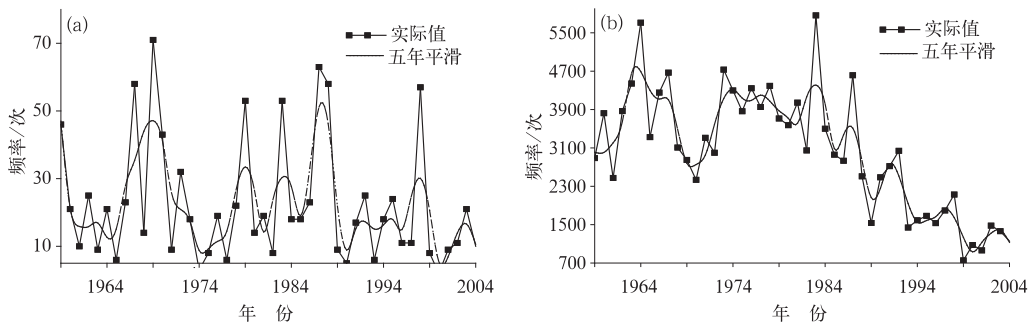


图2 江西冰雹和雷雨大风的年际变化(单位:次数)

(a) 冰雹年际变化; (b) 雷雨大风年际变化

Fig. 2 Interannual change of hailstorm (a) and intense gust (b) in Jiangxi (unit: times)

1.3 季节变化

江西省冰雹天气出现的月份为3—5月(图3),其中又以4月份为最多。1月、10—12月出现冰雹天气的次数很少,其中12月冰雹出现次数为0次。

与冰雹月际分布的单峰型不同,江西雷雨大风

的月际分布明显为双峰型,雷雨大风主要出现在3—8月,3—5月出现一波高峰,峰值出现在4月,达2079站次,6—8月出现另一波高峰,峰值出现在7月,达2137站次。1月、10—12月江西很少出现雷雨大风天气。

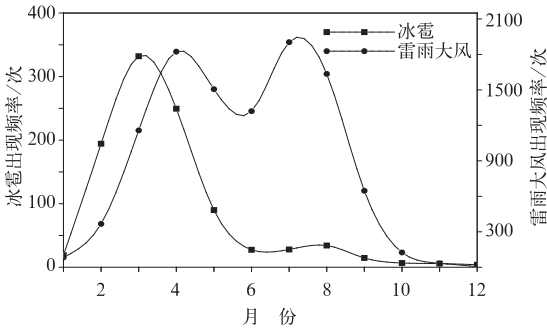


图 3 江西冰雹和雷雨大风的季节变化(单位:次数)

Fig. 3 Seasonal changes of hailstorm (a) and intense gust (b) in Jiangxi (unit: times)

冰雹与雷雨大风季节变化特征的不同是因为大气层结的变化所造成的。冰雹和雷雨大风都是强天气,都需要丰富的水汽条件、不稳定层结和一定的抬升条件,江西 3—5 月西南暖湿气流日趋活跃,而北方冷空气势力亦很强大,冷暖气流经常在江西交汇对峙,经常形成上冷下暖、上干下湿的大气层结,大气不稳定能量不断聚集,从而爆发区域性的强对流天气,这一时期冰雹和雷雨大风均很容易出现。但冰雹的产生需要更为严格的层结条件,一般来说,0℃层在 4 km 上下,或者-20℃层高度在 400 hPa 等压面附近,对降雹有利^[18],在 7—8 月伴随着副高的东退或台风的西进,在副高边缘或台风外围容易形成对流不稳定,但这一时期 0℃层很高,难以产生降雹天气,而雷雨大风却很容易出现,使之在这一时期又出现一波高峰。

1.4 日变化

冰雹和雷雨大风的日变化非常相似,二者都最

容易出现在 14—18 时(图略),占全天所有记录总数的 61%~65%,其中 15—16 时是雷雨大风最容易爆发的时段。这种日变化与太阳辐射、气温、气压等气象要素的日变化有关,因为这个时段地表吸收了一定的太阳辐射能量,近地层空气温度很高,空气垂直上升加快,常常在近地层形成不稳定的层结,由于大气中的热量累计相对于太阳辐射有一定的滞后性,1 天内,气温的最高值一般出现在午后 14 时左右,同时,每天的气压也在波动,一般气压最低值出现在 15—16 时,因此,14 时以后,近地层大气容易产生扰动不稳定,在大尺度不稳定气象条件下,这段时间更容易产生中小尺度的强对流天气。

2 江西冰雹与雷雨大风的时空变化差异

利用 EOF、小波分析等方法,研究分析江西冰雹和雷雨大风在振荡周期和变率分布结构等时空变化特征的不同。

2.1 振荡周期

江西冰雹也包含了多个不同时间尺度的周期变化(图 4a)。1981 年以前,江西冰雹以 12 a 时间周期进行变化,主要经历了 3 个周期转换,1961—1966 年偏少,1967—1971 年偏多,1972—1981 年偏少;1981 年后,以 18 a 时间周期进行变化,1982—1990 年偏多,1990—2004 年偏少;除此之外,冰雹还存在 9 a 的周期序列,1977—1980 年江西冰雹偏多,1981—1984 年偏少,1990—1995 年偏少,1996—1999 年偏多。

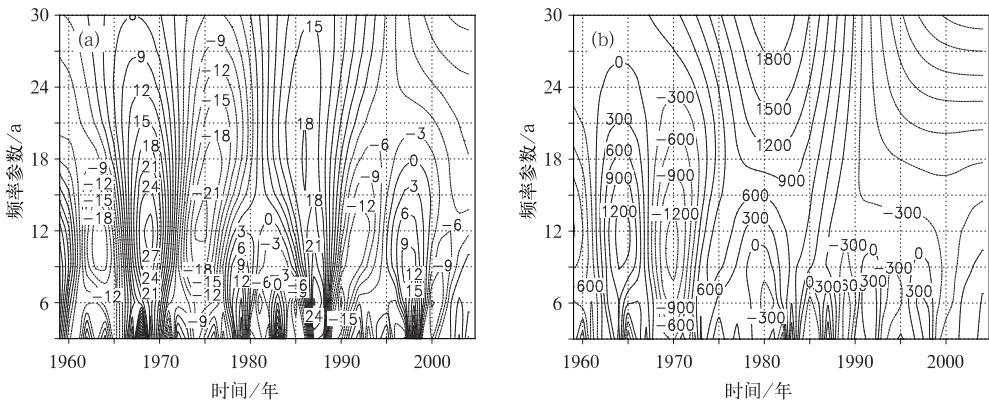


图 4 江西冰雹和雷雨大风的振荡周期
(a) 冰雹振荡周期; (b) 雷雨大风振荡周期

Fig. 4 Oscillation periods of hailstorm (a) and intense gust (b) in Jiangxi

江西雷雨大风也包含了多个不同时间尺度的周期变化(图 4b),但主要以中高频周期振荡为主,1973 年前为 12 a 的振荡周期,即 1963—1968 年雷雨偏多,1969—1973 年偏少;1974 年后,雷雨大风振荡周期主要以 6 a 为主。

2.2 EOF 分解

利用 EOF 分解技术,研究江西境内冰雹与雷雨大风的变率分布,计算时均采用变量的标准化场。文中主要分析各变量的第一特征向量、第二特征向量、第三特征向量和第一特征向量所对应的时间系数。

对江西冰雹进行 EOF 分解(图 5)。第一分布

型的载荷值全部为正号,极值中心分别位于江西北部的鄱阳湖附近和赣抚平原地区,说明江西冰雹变化趋势的总体特征是一致的,鄱阳湖附近和赣抚平原地区更容易偏多或偏少;从其对应的时间系数来看,1979 年、1987 年是江西冰雹变化最显著的两年,分别对应正的次极值和极值。从第二特征向量分析,鄱阳湖周边区域和赣抚平原(负值)与江西省其他地区(正值)有相反的变化趋势,表明当鄱阳湖周边区域和赣抚平原冰雹偏多(少)时,江西省其他地区冰雹偏少(多)。第三特征向量冰雹变化更为细微的特征,江西东部靠近武夷山一带与江西其他地区存在冰雹反位相的变化。

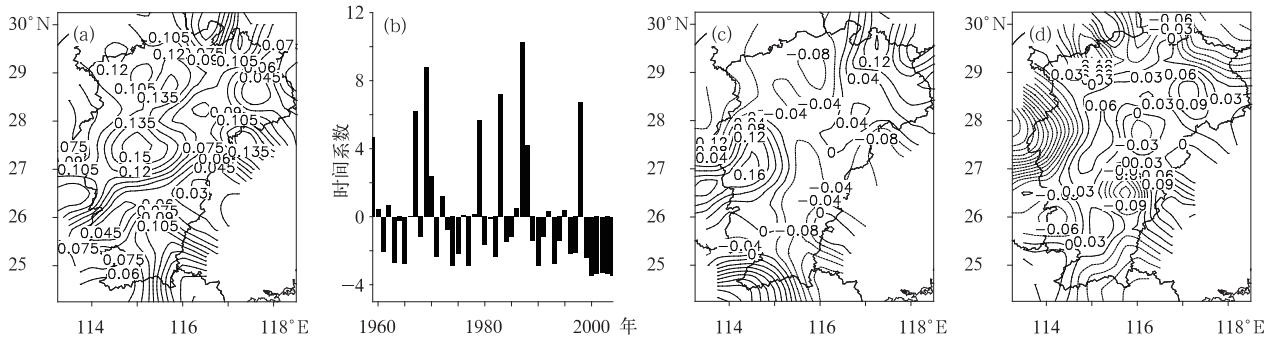


图 5 江西冰雹 EOF 分解场

(a) 第一特征向量; (b) 与第一特征向量对应的时间系数; (c) 第二特征向量; (d) 第三特征向量

Fig. 5 EOF decomposition of hailstorm in Jiangxi

(a) the first eigenvector, (b) the time index corresponding to the first eigenvector,

(c) the second eigenvector, and (d) the third eigenvector

江西雷雨大风 EOF 分解场(图 6)的第一分布型的载荷值全部为正号,极值中心均位于江西北部,说明江西区域内雷雨大风变化趋势的总体特征是一致的,相对江西南部,江西北部更容易偏多或偏少;从其对应的时间系数来看,1983 年是江西雷雨大风变化最显著的一年,对应正极值。从第二特征向量

分析,鄱阳湖南侧地势平整地区(负值)与其他多山地区(正值)存在雷雨大风的反位相变化,大的正值都位于南部,说明江西南部雷雨大风变化更显著;第三特征向量反映雷雨大风变化更为细微的特征,江西东部武夷山一带和庐山附近与江西其他地区存在雷雨大风反位相的变化。

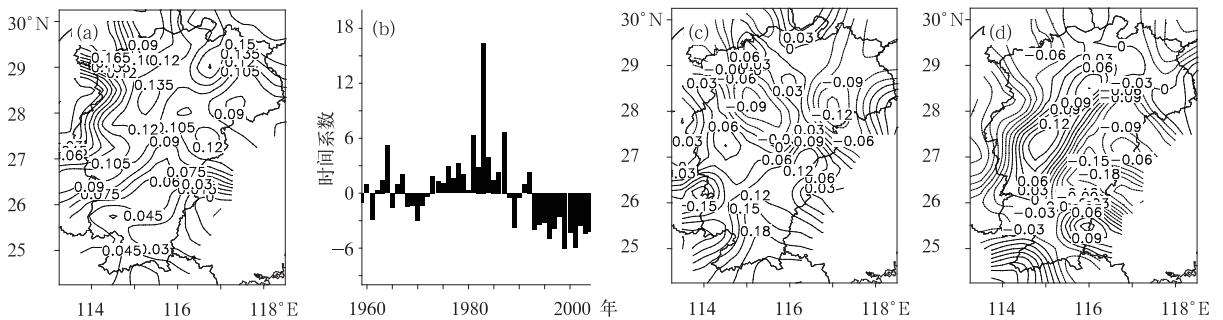


图 6 江西雷雨大风 EOF 分解场

(a) 第一特征向量; (b) 与第一特征向量对应的时间系数; (c) 第二特征向量; (d) 第三特征向量

Fig. 6 EOF decomposition of intense gust in Jiangxi

(a) the first eigenvector, (b) the time index corresponding to the first eigenvector,

(c) the second eigenvector, and (d) the third eigenvector

3 结论与讨论

文中利用江西省 85 个气象站 1959—2004 年的强对流监测资料,运用常用气候统计分析方法,对江西省冰雹和雷雨大风气候变化特征进行对比分析。主要结论如下:

(1) 江西冰雹和雷雨大风有各自的空间分布特征和季节变化特征。冰雹易发区主要分布在中西部,有 4 个中心;雷雨大风易发区主要分布在中北部的地势平整地区,有 2 个中心。冰雹季节变化呈单峰型,3—5 月最容易出现冰雹,4 月份最多;雷雨大风季节变化呈双峰型,雷雨大风主要出现在 3—8 月,3—5 月为一高峰,峰值出现在 4 月,6—8 月为另一高峰,峰值出现在 7 月。

(2) 江西冰雹和雷雨大风都包含了多个时间尺度的周期变化。1981 年以前,冰雹经历了 3 次 12 a 周期转换;1981 年后,以 18 a 周期进行变化,同时还在 9 a 时间周期进行了 4 次转换。雷雨大风主要以中高频周期振荡为主,1973 年前为 12 a 的振荡周期;1974 年后,雷雨大风振荡周期主要以 6 a 为主。

(3) EOF 展开的第一特征向量表明:江西冰雹和雷雨大风的变化趋势总体特征都是一致的;第二特征向量表明:冰雹、雷雨大风在地势平整地区与多山地区存在反位相变化,江西南部雷雨大风变化更显著。第三特征向量表明:冰雹、雷雨大风在江西东部武夷山一带与其他地区存在反位相的变化。

文中结论主要是根据江西省 46 年的实测资料所得出的,对于气候变化异常现象的深层次原因,文中并未探讨。气候系统是个极其复杂的物理系统,其时空尺度多种多样,太阳辐射加热的不均匀性,人类活动影响,气候系统之间的相互作用,等等,使气候变化显得神秘莫测。因此,未来还须进一步运用数学和物理方法,从复杂的气候变化中合理寻求和理解其中的因果关系,通过数值模拟和数值实验更深一步进行研究,以揭示其气候变化的规律及其物理机制。

参考文献

- [1] 陈双溪,黎健.气象与领导[M].北京:气象出版社,1999:2-99.
- [2] 陈双溪.中国气象灾害大典·江西卷[M].北京:气象出版社,2006:275-333.
- [3] 王秀荣,毛卫星,郭进修.2004 年主汛期我国强对流天气灾害统计特征[J].自然灾害学报,2007,16(1):27-30.
- [4] 中央气象局气象台天气气候分析情报组.我国冰雹的地理与时间分布[J].气象科技,1976,4(7):11-12.
- [5] 王静爱,史培军,刘颖慧,等.中国 1990—1996 年冰雹灾害及其时空动态分析[J].自然灾害学报,1999,8(3):46-52.
- [6] 杨晓霞,张爱华,贺业坤.连续冰雹天气的物理量场特征分析[J].气象,1998,26(4):49-54.
- [7] 李英,舒智.云南春季冰雹、大风天气的中尺度扰动特征[J].气象,1998,26(12):16-19.
- [8] 廖晓农,于波,卢丽华.北京雷暴大风气候特征及短时临近预报方法[J].气象,2009,35(9):18-28.
- [9] 漆梁波,陈雷.上海局地强对流天气及临近预报要点[J].气象,2009,35(9):11-17.
- [10] 许爱华,张瑛,刘献耀.江西“暖区”强对流天气的热力和动力条件论断分析[J].气象,2001,27(5):30-34.
- [11] 许爱华,何财富,刘献耀.春季“冰雹”冷区预报及分析[J].江西气象科技,1999,22(1):14-16.
- [12] 应冬梅,许爱华,黄祖辉.江西冰雹、大风与短时强降水的多普勒雷达产品的对比分析[J].气象,2007,33(3):48-55.
- [13] 钱传海,张金艳,应冬梅.2003 年 4 月江西一次强对流天气过程的诊断分析[J].应用气象学报,2007,18(4):460-472.
- [14] 郭艳,应冬梅,刘冬梅.江西“4.12”降雹过程的多普勒雷达资料分析[J].气象,2005,31(11):47-51.
- [15] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,2007:45-142.
- [16] 黄嘉佑.气象统计分析与预报方法[M].北京:气象出版社,2004:89-120,181-191.
- [17] 王新岩,毛节泰.小波分析思想在中尺度对流活动研究中的应用[J].热带气象学报,2004,20(5):548-559.
- [18] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等.天气学原理和方法[M].北京:气象出版社,2007:451-453.
- [19] 李向红,唐熠,郑传新,等.一次多种强对流天气过程的雷达回波特性分析[J].气象,2010,36(8):61-71.
- [20] 张德林,马雷鸣.“0730”上海强对流天气个例的中尺度观测分析及数值模拟[J].气象,2010,36(3):62-69.
- [21] 郭艳.大冰雹指标 TBSS 在江西的应用研究[J].气象,2010:36(8):40-46.