

ATMOSPHERIC SCIENCE RESEARCH AND APPLICATION

大气科学研究与应用

(2005 · 1)

上海市气象科学研究所 编

气象出版社

大气科学研究与应用

(2005·1)

(第二十八期)

上海市气象科学研究所 编

气象出版社

图书在版编目(CIP)数据

大气科学研究与应用.(2005.1)/上海市气象科学研
究所编.—北京:气象出版社,2005.10

ISBN 7-5029-4041-3

I. 大... II. 上... III. 大气科学-文集
IV. P4-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 116562 号

出版者:气象出版社

地 址:北京海淀区中关村南大街 46 号

网 址:<http://cmp.cma.gov.cn>

邮 编:100081

E-mail:qxcbs@263.net

电 话:总编室:010-68407112 发行部:010-62175925

责任编辑:俞卫平

终 审:周诗健

封面设计:刘洋

责任技编:都平

印刷者:北京智力达印刷有限公司

发行者:气象出版社

开 本:787×1092 1/16 印 张:7.75 字 数:172 千字

版 次:2005 年 10 月第一版 2005 年 10 月第一次印刷

书 号:ISBN 7-5029-4041-3/P·1457

定 价:20.00 元

《大气科学研究与应用》第三届编审委员会名单

顾 问:秦曾灏 朱永禔

主 编:徐一鸣

副主编:端义宏

委 员:(以姓氏笔画为序)

王守荣	王迎春	王以琳	边富昌	许健民	刘万军
李泽椿	李永平	李 文	陈联寿	陈双溪	沈树勤
邵玲玲	罗哲贤	周诗健	钮学新	柯晓新	钟晓平
徐一鸣	钱永甫	梁建茵	崔春光	曹晓岗	黄 炎
黄家鑫	董安祥	雷小途	端义宏		

前 言

《大气科学研究与应用》是由上海区域气象中心和上海市气象学会主办、上海市气象科学研究所编、气象出版社出版的大气科学系列书刊。

自 1991 年创办以来,每年 2 本,到 2004 年共出版了 27 本,刊登各类文章 500 多篇共约 400 万字,文章的作者遍及于全国各地,文章的内容几乎涵盖了大气科学领域的各个方面,以及和气象业务有关的一些应用技术,经过历届编审委员会的努力,《大气科学研究与应用》已发展成为立足华东、面向全国,以发表大气科学理论在业务应用和实践中最新研究成果为主的气象学术书刊。作为广大气象科研和业务技术人员进行学术交流的园地,受到了华东地区乃至国内气象台站、气象研究部门和相关大专院校师生的欢迎,在国内具有一定的知名度。与此同时,我们也收到了不少读者的来信、来电,对书刊存在的不足之处和今后发展提出了很多宝贵意见和建议,在此一并表示由衷的感谢。

从 2005 年开始,根据各方面的意见,我们将对书刊的封面和部分版式、内容进行适当的调整,例如在目录中不再划分成论文、技术报告和短论等栏目,而统一按文章的内容进行编排,使之更为符合本书刊所强调的理论研究与实际应用相结合的特色。希望经过调整后的《大气科学研究与应用》能更好地为广大大气科技人员服务,并继续得到大家的关心和热情支持。

《大气科学研究与应用》第三届编审委员会

主编 徐一鸣

大气科学研究与应用

(2005.1)

目 录

长江下游汛期流域面雨量的气候特征分析	
..... 曹晓岗 夏立 陈春红 陈永林(1)	
长江三角洲城市地区近 50 年气候变化及其影响	徐家良 柯晓新 周伟东(8)
近 10 年浙江省梅汛期大暴雨过程的诊断分析.....	董加斌 周亦平(17)
宁波市夏秋干旱及其与大尺度环境场的关系	俞科爱 黄鹤楼 黄思源(25)
三明市山地农业气候资源在食用菌生产中的应用	阮锡章 蒋宗孝 刘叶高(31)
桐乡市最低水位与气象因子关系的分析	范玉芬 袁春(39)
长江下游流域面雨量预报业务系统	曹晓岗 夏立 陈春红 万健(47)
盛夏太阳直射下气温与百叶箱气温的对比观测试验分析	张志恺(55)
大型和小型蒸发器蒸发量的关系研究	顾旭东 贺芳芳(63)
冬季洪泽湖月入湖水量与太阳黑子关系初探	
..... 杨庆萍 张永强 王苏 秦成云 高中卫 郑扬(68)	
2004 年 8 月 22—23 日上海地区大暴雨分析	张德林(73)
台风“艾利”(0418)路径左折的成因分析	黄丽娜 陈艺芳 刘扬淦(80)
上海风廓线仪探测资料的统计分析	周伟东 ¹ 朱洁华 ² 穆海振 ¹ (86)
2004 年上海地区空气质量综述	陈雪琴 程戴晖 阴俊(93)
安庆雾的统计特征和预报方法研制	金高松 吴胜平 葛红卫 吴义红 王龙学(98)
黄山冬季云海预报业务系统	
..... 吴有训 王克强 杨保桂 金其龙 祁荣生 江永康 吴永泽 陈建春(105)	
淮安市冬季 3~5 天逐日滚动最低气温预报方法的研制.....	
..... 陈慧 宋海鸥 秦成云 王永红 倪玉红 侍爱军(112)	

Contents

Analysis of Climate Characteristics of Area Rainfall over the Lower Reaches of Changjiang River in Flood Season	CAO Xiaogang XIA Li CHEN Chunhong et al. (1)
Climatic Variation and Its Influence in Cities of the Changjiang Delta in Recent 50 Years	XU Jialiang KE Xiaoxin ZHOU Weidong(8)
The Diagnostic Analysis of Heavy Rainfall in Meiyu Front Occurring in Zhejiang Province Last Ten Years	DONG Jiabin ZHOU Yiping(17)
Drought on Summer and Autumn in Ningbo and Its Relations with Macroscale Circulation	YU Ke'ai HUANG Helou HUANG Siyuan(25)
An Application of Agroclimatic Resources for the Edible Fungus Cultivation in Sanming Mountain Area ...	RUAN Xizhang JIANG Zongxiao LIU Yegao(31)
Analysis of Relationship between the Lowest River Stage and Meteorological Elements in Tongxiang	FAN Yufen YUAN Chun(39)
Drainage Area Rainfall Prediction System over the Lower Reaches of Chengjiang River	CAO Xiaogang XIA Li CHEN Chunhong et al. (47)
Comparative Analysis of Observational Data of Air Temperature in Thermoscreen and under Solar Radiation in Midsummer	ZHANG Zhikai(55)
Study on Relationship of Evaporation Amount between Large Size Evaporation Gauge and Miniature Evaporation Gauge	GU Xudong HE Fangfang(63)
Study on Relationship between Sunspots and Monthly Incoming Water of Hongze Lake in Winter	YANG Qingping ZHANG Yongqiang WANG Su et al. (68)
Analysis of a Heavy Rainfall Event in Shanghai Area during 22 – 23 August 2004	ZHANG Delin(73)
Analysis on the Causes for Twice Turning Left in Motion of Typhoon Aere (0418).....	HUANG Lina CHEN Yifang LIU Yanggan(80)
Statistical Analysis of Profiler Data in Shanghai	ZHOU Weidong ¹ ZHU Jiehua ² MU Haizhen ¹ (86)
Review on the Air Quality over the Shanghai Area in 2004	CHEN Xueqin CHENG Daihui YIN Jun(93)
Statistical Characteristics of Fog in Anqing and Its Forecasting Method	JIN Gaosong WU Shengping GE Hongwei et al. (98)
The Operational Forecasting System of Winter Cloud Deck in Huangshan	WU Youxun WANG Keqiang YANG Baogui et al. (105)
Development of Day to Day Operating 3 – 5 d Forecast Method for Daily Minimum Temperature in Huai'an Winter	CHEN Hui SONG Haiou QIN Chengyun et al. (112)

长江下游汛期流域面雨量的气候特征分析

曹晓岗 夏立 陈春红 陈永林

(上海中心气象台 上海 200030)

提 要

通过对长江下游流域 1971—2000 年 30 年间 5 月至 9 月流域强降水(定义为流域平均日面雨量 ≥ 20 mm)出现频次、极值分布和各流域间强降水关系进行统计分析,初步得出了长江下游流域强降水的时空分布特点,即各流域强降水日面雨量的月际变化明显,频次分布、极值分布差异不大,相邻流域强降水关系密切。另外,还对出现强降水时的影响天气系统进行了统计分析,表明不同月份不同的天气系统对流域强降水的影响有明显差别。

关键词 强降水 面雨量 气候特征

一、引 言

我们将长江下游流域按支流河流的分布和防汛需要分为皖江流域、苏北流域、苏南流域及长江口流域(图 1),区域范围大致为 $29^{\circ}\sim 33^{\circ}\text{N}$ 、 $115^{\circ}\sim 122^{\circ}\text{E}$,分布在上海、江苏、浙江及安徽三省一市。每年 5—9 月受西风带低值系统及台风影响,多暴雨天气,由于 4 个流域都处于长江三角洲城市带,流域中河网密布且大多汇入长江,因此在长江高水位的情况下大面积的强降水对流域内城市的防洪排涝工作形成一定的压力。本文通过对 4 个流域强降水的气候特征分析,初步得出了流域强降水的日面雨量时空分布特点,为制作 4 个流域的日面雨量预报及长江下游流域防汛工作提供了天气气候背景资料。

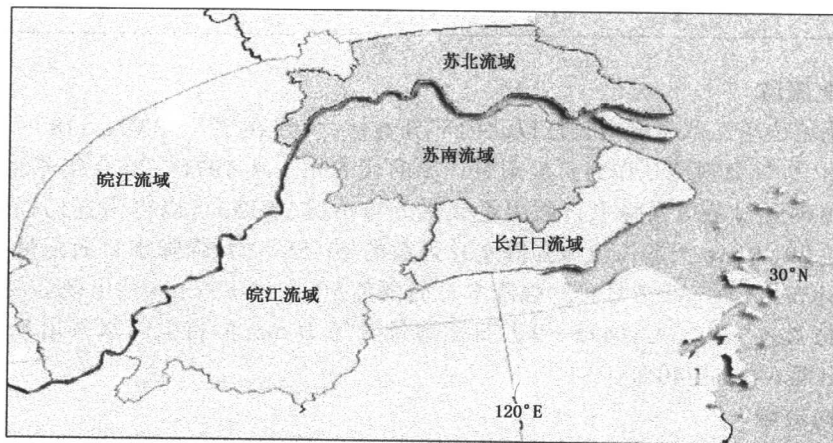


图 1 长江下游 4 个流域的分布图

二、4个流域强降水频次分布特征

本文采用泰森多边形法^[1],选取4个流域内73个气象测站作为日面雨量计算代表站,对这些测站1971—2000年共30年5—9月逐日历史雨量资料进行处理。分别计算出各流域逐日的面雨量,日面雨量的计算时段为08—08时。根据30年资料统计分析,一般日面雨量 ≥ 20.0 mm,对应面积较大的流域会有多站出现暴雨,对于面积较小的流域也有局地大到暴雨出现;如果日面雨量 > 30.0 mm,则多站降水量为暴雨以上强降水。因此本文定义日面雨量 ≥ 20.0 mm为强降水日面雨量,并将强降水日面雨量分为5个等级:20.0~29.9 mm、30.0~39.9 mm、40.0~49.9 mm、50.0~69.9 mm、 ≥ 70.0 mm,对1971~2000年5月至9月强降水日面雨量进行统计分析。

1. 皖江流域

皖江流域位于安徽省境内,大致在 $29^{\circ}\sim 33^{\circ}\text{N}$ 、 $115^{\circ}\sim 119^{\circ}\text{E}$,流域内共有40个气象观测站作为日面雨量计算的代表站。表1为1971—2000年皖江流域5—9月08—08时逐月各级强降水日面雨量频次分布情况。从表1可看出:(1)日面雨量 ≥ 20.0 mm的强降水77.5%出现在5—7月;(2)日面雨量在50.0~69.9 mm的强降水共出现40次,50%集中在6月;(3)日面雨量 ≥ 70.0 mm的特强降水共出现15次,66.7%集中在6月,9月份没有出现。

表1 1971—2000年5—9月皖江流域各级强降水日面雨量的频次分布

	5月	6月	7月	8月	9月	合计(次)
20.0~29.9 mm	40	35	34	26	22	157
30.0~39.9 mm	26	38	18	17	4	103
40.0~49.9 mm	9	21	15	1	4	50
50.0~69.9 mm	6	20	7	3	4	40
≥ 70.0 mm	1	10	3	1	0	15
合计(次)	82	124	77	48	34	365
频率(%)	22.4	34.0	21.1	13.2	9.3	

2. 苏北流域

苏北流域位于江苏省境内长江以北的部分地区,大致在 $32^{\circ}\sim 33^{\circ}\text{N}$ 、 $118^{\circ}\sim 122^{\circ}\text{E}$,流域内共有12个气象观测站作为日面雨量计算的代表站。从1971—2000年苏北流域5—9月08—08时逐月各级强降水日面雨量频次分布情况(表略)可以得出:(1)强降水日面雨量20.0~29.9 mm天数占流域强降水总天数的46.5%;(2)强降水日面雨量20.0 mm以上有57.8%出现在6—7月;(3)强降水日面雨量50.0~69.9 mm共出现28次,其中6月份出现11次,占39.3%;(4)5—9月日面雨量 ≥ 70.0 mm的特强降水共出现15次,其中6月份出现6次,占40%。

3. 苏南流域

苏南流域位于江苏省境内长江以南的部分地区,大致在 $31^{\circ}\sim 32^{\circ}\text{N}$ 、 $119^{\circ}\sim 122^{\circ}\text{E}$,流域内共有21个气象观测站作为日面雨量计算的代表站。从1971—2000年苏南流域5—9月08—08时逐月各级强降水日面雨量频次分布情况(表略)可以得出:(1)强降水日面

雨量 20.0 mm 以上 57.6% 出现在 6—7 月; (2) 强降水日面雨量 50.0~69.9 mm 共出现 30 次, 其中 6 月份出现 15 次, 占 50%; (3) 日面雨量 ≥ 70.0 mm 的特强降水共出现 16 次, 其中 6—8 月份出现 13 次, 占 81%。

4. 长江口流域

长江口流域位于上海市及浙江省北部的部分地区, 大致在 $31^{\circ}\sim 32^{\circ}\text{N}$ 、 $119^{\circ}\sim 122^{\circ}\text{E}$, 流域内共有 19 个气象观测站作为日面雨量计算的的代表站。从 1971—2000 年长江口流域 5—9 月 08—08 时逐月各级强降水日面雨量频次分布情况(表略)可以得出: (1) 强降水日面雨量 20.0 mm 以上出现在 6 月占 29.3%, 其余各月较平均; (2) 强降水日面雨量 50.0~69.9 mm 的强降水共出现 36 次, 其中 6 月份出现 15 次, 占 41.7%; (3) 日面雨量 ≥ 70.0 mm 的特强降水共出现 10 次, 平均 3 年才出现 1 次。

5. 综合分析

对 1971—2000 年 4 个流域 5—9 月 08—08 时强降水的日面雨量时空分布特征进行比较分析, 可以得到如下几点结论:

(1) 4 个流域强降水出现频次的最大值在 6 月, 9 月频次最少(表 2), 但长江口流域 8 月、9 月强降水出现的频次要大于其他流域。

表 2 4 个流域 1971—2000 年 5—9 月各月日面雨量 ≥ 20.0 mm 强降水频次分布

	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	合计(次)
皖江流域	82	124	77	48	34	365
苏北流域	33	85	78	52	34	282
苏南流域	38	100	66	43	41	288
长江口流域	53	94	61	57	55	320
合计(次)	206	403	282	200	164	1255

(2) 4 个流域强降水日面雨量在 40.0 mm 以下的占 72.4%, 平均每年 30.3 次; 强降水日面雨量为 40.0~49.9 mm、50.0~69.9 mm 的平均每年分别出现 5.2 次和 4.5 次; 日面雨量 ≥ 70.0 mm 的特强降水平均每年仅出现 1.9 次(表 3)。

表 3 4 个流域 1971—2000 年 5—9 月各级强降水出现频次的流域分布

频 次 流 域	日面雨量					合计(次)
	20.0~ 29.9 mm	30.0~ 39.9 mm	40.0~ 49.9 mm	50.0~ 69.9 mm	≥ 70.0 mm	
皖江流域	157	103	50	40	15	365
苏北流域	131	69	39	28	15	282
苏南流域	134	77	31	30	16	288
长江口流域	156	82	36	36	10	320
合计(次)	578	331	156	134	56	1255

(3) 强降水出现的频次与流域内代表站个数成正比关系。皖江流域内气象观测代表站最多, 强降水出现的频次也最多, 苏北流域内气象观测代表站最少, 强降水出现的频次也最少(表 3), 这表明测站多的区域能较为正确反映该地区暴雨次数的实况; 反之, 测站少的区域暴雨次数遗漏的可能性较大。

三、4个流域强降水的日面雨量极值分布特征

表4为1971—2000年5—9月4个流域强降水的日面雨量极大值分布情况。从表4可以看出:皖江流域、苏北流域的极大值出现在6月,而且苏北流域6月出现的极大值135.3 mm为各流域的最大值;苏南流域的极大值出现在7月,长江口流域的极大值出现在8月。

表4 1971—2000年5—9月4个流域强降水的日面雨量极大值分布(单位:mm)

	5月	6月	7月	8月	9月
皖江流域	72.3	97.8	81.9	88.8	61.5
苏北流域	72.2	135.3	118.1	107.0	94.2
苏南流域	83.3	93.8	98.4	95.4	78.5
长江口流域	59.0	93.7	85.3	109.5	80.0

四、不同流域间同时出现强降水的比较分析

表5为1971—2000年5—9月4个流域各流域间同时出现强降水的频次分布情况。从表5中可以得出如下结论:(1)皖江流域出现日面雨量20.0 mm以上强降水时,苏北流域、苏南流域和长江口流域同时出现日面雨量20.0 mm以上强降水的概率分别为37%、48%和39%;苏南流域出现日面雨量20.0 mm以上强降水时,皖江流域、苏北流域、长江口流域同时出现日面雨量20.0 mm以上强降水的概率分别为61%、61%和51%;皖江流域、苏南流域与其他各流域都相邻,它们与各流域间同时出现强降水的概率相差不大,但从地域位置看,苏南流域居于各流域的中心,所以苏南流域与其他流域同时出现强降水的概率更高;(2)苏北流域与皖江流域、苏南流域相邻,苏北流域出现日面雨量20.0 mm以上强降水时,皖江流域、苏南流域同时出现日面雨量20.0 mm以上强降水的概率分别为48%、62%,而和苏北流域不相邻的长江口流域出现日面雨量20.0 mm以上强降水的概率为35%;(3)长江口流域与皖江流域、苏南流域相邻,长江口流域出现日面雨量20.0 mm以上强降水时,皖江流域、苏南流域同时出现日面雨量20.0 mm以上强降水的概率为分别44%、46%,而苏北流域出现日面雨量20.0 mm以上强降水的概率为31%。由上述分析可以得出,相邻流域间同时出现强降水的概率更大一些。

表5 1971—2000年5—9月各流域间同时出现强降水的频次分布(单位:次)

	皖江流域	苏北流域	苏南流域	长江口流域
皖江流域	365	134	176	142
苏北流域	134	282	176	100
苏南流域	176	176	288	148
长江口流域	142	100	148	320

五、流域强降水与天气系统的关系

1. 根据地面天气形势分类

在长江下游产生流域强降水的地面天气系统主要有气旋波、倒槽、冷锋、静止锋、暖锋和热带气旋 6 大类(见表 6)。表 6 为 1971—2000 年 5—9 月产生流域强降水时的地面影响系统出现的概率。

表 6 流域强降水的各类地面天气系统出现的概率(%)

	气旋波	倒槽	冷锋	静止锋	暖锋	热带气旋
5 月	56	33	49	39	27	0
6 月	51	29	30	65	12	2
7 月	48	21	32	63	16	4
8 月	36	17	30	43	13	26
9 月	44	11	41	32	8	18

从表 6 可以看到,6—7 月以静止锋影响的概率最大,在 60% 以上。5—7 月多气旋波的影响,在 50% 左右。5 月除了热带气旋外其他的天气系统都可能产生流域强降水,6—7 月受暖锋和热带气旋影响产生流域强降水较少,而气旋波、倒槽、冷锋、静止锋的影响明显。8 月受倒槽和暖锋影响产生流域强降水的概率要小于其他系统,但是受热带气旋影响产生流域强降水最多的月份。9 月气旋波和冷锋的影响概率要大于其他天气系统,同时也是热带气旋影响第二多的月份。

2. 根据高空天气形势分类

在长江下游产生流域强降水的高空天气系统主要有 500 hPa 低槽和切变,850 hPa 和 700 hPa 的低槽、切变、低涡和低空急流,以及各层的热带气旋环流等天气系统。表 7 为 1971—2000 年 5—9 月产生流域强降水的高空天气系统出现的概率。

表 7 产生流域强降水的高空天气系统出现的概率(%)

	500 hPa		700 hPa 或 850 hPa				热带气旋
	低槽	切变	低槽	切变	低涡	急流	
5 月	77	13	56	60	59	75	0
6 月	81	11	47	66	62	81	2
7 月	87	7	50	65	52	75	4
8 月	67	12	42	54	42	47	26
9 月	79	5	58	38	45	45	18

从表 7 可以看到,500 hPa 高空低槽是产生流域强降水的主要天气系统,6、7 月 80% 以上的过程受其影响;5 月、6 月和 8 月还受切变系统的影响(10% 左右)。5—7 月产生流域强降水概率最大的系统是低空急流(700 hPa 或 850 hPa),分别是 75%、81%、75%,8 月和 9 月低空急流影响的概率减小到 50% 以下。另外,整个汛期中低槽、中低层切变、低涡等系统影响的概率大致在 40% 到 65% 之间。热带气旋是深厚系统,在 8—9 月热带气旋高空环流对流域强降水有时会有较大的影响。

六、小 结

通过上述分析,得到如下结论:

(1) 6—7月为长江下游4个流域强降水出现的集中期,30年间4个流域日面雨量20.0 mm以上的强降水共出现1255次,6月、7月分别出现403次、282次,由此可见,梅雨期出现流域强降水的概率要大一些。

(2) 4个流域间强降水日面雨量等级分布较一致,强降水日面雨量量级越大出现的次数越少,各流域70 mm以上特强降水出现的次数都在20次以下,平均每年仅0.5次左右。

(3) 4个流域强降水日面雨量极大值主要出现在6~8月,各流域的日面雨量极大值差异不大。

(4) 由于4个流域5—9月一般受相同天气系统影响,因此地理位置接近的流域同时出现流域强降水的概率较大。

(5) 不同的月份产生流域强降水的天气系统有明显差别。从地面影响系统看,5月除了热带气旋外其他的天气系统如气旋波、冷锋对强降水都有较多的影响,6—7月暖锋和热带气旋影响较少,气旋波、倒槽、冷锋、静止锋影响明显。8月倒槽和暖锋影响的概率要小于其他的系统,8月、9月是热带气旋影响较多的月份,气旋波、冷锋和静止锋影响的概率要大于其他天气系统。500 hPa高空低槽是产生流域强降水的主要天气系统;5到7月中低层最多的影响系统是低空急流。另外,整个汛期受低槽、切变、低涡等系统影响产生强降水的概率大致在40%到65%之间。

致谢:安徽省气象台、江苏省气象台、浙江湖州气象台提供了部分台站雨量资料,黄宁立、施春红参加了部分天气系统的统计,特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 徐晶等. 2001. 七大江河流域面雨量计算方法及应用. 气象, 27(11): 13

**Analysis of Climate Characteristics
of Area Rainfall over the Lower
Reaches of Changjiang River in Flood Season**

CAO Xiaogang XIA Li CHEN Chunhong CHEN Yonglin

(Shanghai Meteorological Center, Shanghai 20030)

Abstract

The area rainfall over the lower reaches of Changjiang River in flood season during 1971—2000 is statistically analyzed. Through the relationships of the frequency, extremum distribution with the strong precipitation area rainfall over the four drainage areas, the spatial and temporal distribution characteristics are given. In addition, the impacting weather systems are analyzed when strong precipitation area rainfall generated.

长江三角洲城市地区近 50 年气候变化及其影响

徐家良 柯晓新 周伟东

(上海气候中心 上海 200030)

提 要

使用上海、杭州和南京 3 市的气象资料,分析了长江三角洲城市 50 年来的气候变化特征。结果表明:(1)长三角城市地区气温在升高,特别是 20 世纪 80 年代中期以来变暖越加明显,年平均气温上升了 0.9℃,年平均最高、最低气温分别上升了 0.6℃和 0.9℃;冬季的平均气温和平均最低气温上升了 1.1℃,平均最高气温上升 1.0℃;夏季的气温变化不大;总体上低温出现日数减少,高温出现日数增多。(2)年降水量略有增加,以夏季降水增多最为突出,增幅达 58%左右。(3)日照时数持续减少,近 50 年的年日照时数约减少了 300 小时左右。(4)城市化进程的加快,加速了城市气温的上升,上海市区与远郊的年平均气温差已从 0.3~0.5℃增大到 1.5~1.6℃。城区高温、暴雨日数增多,日照时数、低温日数减少。

关键词 气候变化 热岛效应 影响

一、引 言

近百年来,全球气候正经历一次以变暖为主要特征的显著变化,这是由自然的气候波动和人类活动使温室效应增强共同引起的。气候变化、海平面上升等已经给自然生态系统和社会经济系统带来了重要影响,未来气候变暖的影响也将日趋彰显,其中有许多影响是负面的或不利的^[1]。长江三角洲地区是我国经济最发达、城市最集中、人口最密集的地区,尤其是 20 世纪 80 年代以来,工业化、城市化进程明显加快。本文试图通过对长江三角洲地区上海、南京、杭州的温度、降水、日照等环境气象要素的分析与对比,阐述目前长江三角洲城市地区的气候变化现状,气候变化对社会发展、生态气候环境的可能影响,以及城市化对城市气候的可能影响等。

二、资料和方法

选用上海徐家汇站(龙华站)、南京站、杭州站等 3 个代表站的 1951—2000 年的气温、降水量和日照等要素。各气候要素的常年气候平均值取 1971—2000 年的平均值。气候变化趋势用一次直线方程来描述^[2],即:

$$y(t) = A + bt$$

式中 $y(t)$ 为某个气象要素时间序列, t 为时间,单位为年,趋势变化率方程为:

$$\frac{dy(t)}{dt} = b$$

把 $b \times 10$ 年称作气候趋势倾向率,单位为:℃·10a⁻¹(气温),mm·10a⁻¹(降水量)或

$\text{h} \cdot 10\text{a}^{-1}$ (日照时数)。

三、近 50 年来气候变化现状

1. 气温的气候变化

(1) 平均气温的气候变化

自 1951 年以来,长江三角洲(简称长三角)的平均气温是呈上升趋势,但各地增温率不同,上海最明显,年平均气温以 $0.29\text{℃} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 的倾向率增温,其次是杭州,南京增温程度最小,为 $0.10\text{℃} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 。四季的气温变化趋势以冬季变化最明显,上海增温倾向率达 $0.37\text{℃} \cdot 10\text{a}^{-1}$,杭州和南京分别为 $0.27\text{℃} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 和 $0.16\text{℃} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 。夏季的气温变化不大,除上海有较小的增温趋势外,杭州和南京的夏季气温略有下降。

从年平均气温的历年变化来看(图 1),以 1950 年代中期气温最低,随后有几次波动,但波动范围不大。气温开始急剧变暖始于 20 世纪 80 年代末,于 1998 年达到波峰。对于近 10 年来的增温,贡献最大的是冬、秋季。

表 1 近 50 年上海、杭州、南京气温趋势倾向率($\text{℃} \cdot 10\text{a}^{-1}$)

城市	平均气温			平均最高气温			平均最低气温		
	年	冬季	夏季	年	冬季	夏季	年	冬季	夏季
上海	0.29	0.37	0.13	0.18	0.27	0.00	0.34	0.39	0.20
杭州	0.17	0.27	-0.04	0.08	0.11	-0.10	0.22	0.36	0.00
南京	0.10	0.16	-0.06	0.06	0.19	-0.19	0.09	0.15	0.01

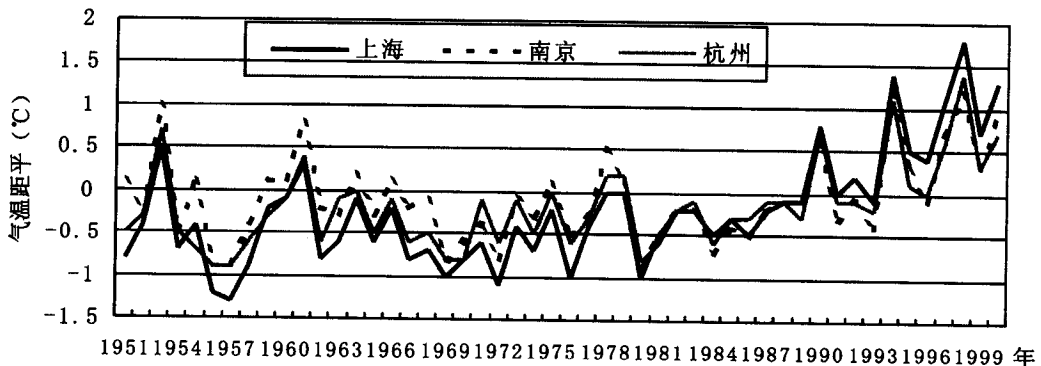


图 1 上海、南京、杭州年平均气温距平变化(1951—2000 年)

从不同年代分段平均的对比分析(表 2)可以看出,长三角 20 世纪 50 年代至 80 年代年平均气温变化不大,到 1990 年代气温迅速上升,较 1950 年代上升了 0.6℃ (南京)~ 1.3℃ (上海)。气温年代际变化幅度最大出现在冬季,1960 年代冬季气温最低,1970 年代起逐渐变暖,到了 1990 年代增温速度加快,季平均气温比 1960 年代上升了 1.2℃ (南京)~ 2.0℃ (上海)。

(2) 平均最高和最低气温的气候变化

从表 1 最高、最低气温趋势倾向率及历年平均最高、最低气温距平变化(图略)可看

出,3地的平均最低气温均在上升,且表现出增温率明显大于平均最高气温的特点。在地区分布上与平均气温的变化相一致,上海增温最明显(0.34°C),南京变化最小(0.09°C)。四季中以冬季最低气温增温最明显,上海、杭州分别达到了 $0.39^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 和 $0.36^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$;夏季的最低气温变化较小,除上海略有增加外,杭州和南京几乎保持不变。年平均最高气温略有上升,主要表现在冬季最高气温的上升,夏季最高气温还略有下降。

表 2 上海、杭州、南京不同年代气温变化($^{\circ}\text{C}$)

城市	年代	平均气温			平均最高气温			平均最低气温		
		年	冬季	夏季	年	冬季	夏季	年	冬季	夏季
上海	1951-1960	15.6	4.9	26.3	20.1	9.3	30.6	12.4	1.7	23.3
	1961-1970	15.7	4.4	26.2	19.8	8.7	30.2	12.3	1.0	23.1
	1971-1980	15.7	4.9	26.2	19.7	9.0	29.9	12.3	1.7	23.2
	1981-1990	16.0	5.2	26.4	20.0	9.2	30.2	12.8	1.9	23.5
	1991-2000	16.9	6.4	26.9	20.9	10.4	30.6	13.8	3.3	24.1
杭州	1951-1960	16.1	5.1	27.1	20.8	9.5	31.7	12.6	1.8	23.6
	1961-1970	16.1	4.7	27.0	20.8	9.4	31.6	12.6	1.3	23.5
	1971-1980	16.2	5.4	26.8	20.5	9.2	31.3	13.0	2.4	23.5
	1981-1990	16.3	5.3	26.8	20.6	9.2	31.3	13.0	2.2	23.4
	1991-2000	16.9	6.1	27.0	21.2	10.2	31.4	13.5	3.0	23.6
南京	1951-1960	15.3	3.6	26.7	20.1	8.2	31.3	11.6	0.0	23.2
	1961-1970	15.4	3.1	27.0	20.5	8.5	31.7	11.3	-0.9	23.1
	1971-1980	15.2	3.4	26.6	20.1	8.3	30.9	11.3	-0.3	23.2
	1981-1990	15.3	3.4	26.4	20.0	8.2	30.6	11.4	-0.3	23.0
	1991-2000	15.9	4.3	26.7	20.6	9.3	30.8	12.0	0.6	23.3

各个年代间,平均最高气温的变化趋势不明显,夏季杭州、南京的平均最高气温 1990 年代与 1950、1960 年代相比还略有下降,冬季平均最高气温前期变化较小,1990 年代有所上升。平均最低气温增暖趋势明显,1990 年代的年平均最低气温比 60~70 年代上升了 0.7°C (南京)~ 1.5°C (上海)。表明近 10 年来长三角的变暖主要是最低气温升高造成的。

总体上,由于最高、最低气温这种变化形式,使得气温日较差缩小,且整个气温变化区有向温度高的方向移动的趋势。平均最高气温与平均最低气温增温率的差异以及气温日较差的减小等结果与全球的变化趋势是一致的^[3]。

(3) 极端气温的变化

低温($\leq -3^{\circ}\text{C}$)出现日数在 1990 年代最少,比 1950 年代年平均减少了 6~10 天,上海、杭州减少幅度达 77%~82%,南京为 27%。高温($\geq 35^{\circ}\text{C}$)出现日数 1950 年代出现最多,随后逐步减少,到 1980 年代为最少,1990 年代迅速增加,高温日数已恢复到 1950 年代水平。

2. 降水的气候变化

从年降水量的变化曲线图(图 2)及降水趋势倾向率(表 3)可见,长三角地区近 50 年来年降水量略有增加,降水年际间的变化较大,20 世纪 50 年代前期降水较多,随后逐步减少,1960 年代后期降水最少,以后逐渐增加,至 1990 年代增加最多,四季中夏季降水增