

湖北省近 45 年降水气候变化 及其对旱涝的影响

刘可群¹ 陈正洪¹ 张礼平¹ 刘安国²

(1. 武汉区域气候中心, 430074; 2. 华中农业大学)

提 要: 从气候倾向率、旱涝倾斜度以及强降水过程次数与强度等方面, 对湖北省 72 个气象台站近 45 年雨量观测资料及来自于中国农业部信息中心网站洪涝干旱受灾面积等数据进行了分析。研究表明: 近 45 年来, 随着全球气候变化, 湖北东部, 尤其是江汉平原东南部的年雨量呈增加趋势, 而年降雨天数有减少的趋势; 年雨量的增加主要是大雨或强降水增多造成的; 湖北省强降水过程及其中心强度呈增多和加强趋势。雨量增多、雨强加大、围湖造田、江河水位高出江汉平原地表以及江汉平原自然下沉等因素加大加快了旱涝灾害程度与频率, 应当引起当地政府的高度重视。

关键词: 降水 倾向率 倾斜度 旱涝灾害

Analysis of Precipitation Characteristics in Hubei Province and Their Influence on Flood/Drought in the Last 45 Years

Liu Kequn¹ Chen Zhenghong¹ Zhang Liping¹ Liu Anguo²

(1. Wuhan Regional Climate Center, 430074; 2. Huazhong Agricultural University)

Abstract: The rainfall data, which were accumulated from the 72 meteorological stations of Hubei Province from 1960 to 2004, and the data on the drought-stricken and flood-stricken area, which were published on the webpage from the Ministry of Agriculture of the People's Republic of China (zzys. agri. gov. cn), are analyzed and discussed. The investigation is based on following several aspects of climate, for example the climatic tendency, the skewness of drought and flood as well as the frequency and intensity of the heavy precipitation occurrence. It can be found that in the last 45 years the annual rainfall amounts have a strong increasing trend in the east of Hubei Province, especially in the southeast of the Jianghan Plain, while the annual rain days are decreasing. The increase of the rainfall amounts is mainly result from increasing of the heavy rain or rainstorm. At the same time the intensity and the frequency of durative heavy precipitation events

increase also in this region annually. The analysis on the relationship between the drought-stricken or flood-stricken area and the skewness of drought or flood indicates that climate disasters result mainly from unbalanced spatial and temporal distribution of precipitation. Furthermore all these factors, such as the increase in rainfall amount and intensity of rainfall, the decrease in lake area, the natural sinking of the Jiangnan Plain, etc., quicken the intensity and frequency of drought or flood, on which the local governments should focused.

Key Words: precipitation climatic tendency skewness drought and flood

引 言

湖北省位于长江中游,素有“洪水走廊”、“千湖之省”之称,既受制于水,又得益于水。黄朝迎在分析了近 40 年长江流域旱涝灾害的特征后^[1]认为,湖北的旱涝灾害是长江流域 7 省中最重的。周月华^[2]对 1470—2000 年(531 年)旱涝变化特征分析发现,湖北省涝灾次数比旱灾多 8.8%,20 世纪是旱涝灾害次数最多的一个世纪,旱涝变化周期,主要有 20 年、10~11 年和 5~6 年。近年来更是频频遭遇旱灾,1990 年代以来,湖北省发生较大或特大干旱的年份有 6 年,干旱周期明显缩短,出现的概率为 50%。近一二十年来,一些学者利用不同方法和代表站资料对湖北或全国的降水变化趋势进行了分析^[4-10],揭示了湖北降水变化的一些规律。本文利用全省 72 个站点对年雨日雨量、大雨雨日雨量、强降水过程等气候变化趋势、雨量时空分布均匀性等特征进行了研究分析,得出了一些有意义的结论。

1 资料与方法

1.1 资料来源

本文所采用的降水资料是湖北省 72 个台站 1960—2004 年的地面气象观测数据,洪涝、干旱受灾面积数据来自于中国农业部信息中心网站(1967—1969 年无统计数据)。

气象上规定日雨量在 10mm 以下称为小雨,10.0~24.9mm 为中雨,25.0~49.9mm 为大雨,大于 50mm 为暴雨。大范围的大雨天气,或某一县市连续数日的大雨有可能引发洪涝灾害,因此本文以大于 25mm 降水天气作为特征之一进行研究分析;为了叙述方便,我们称日降水量大于 25mm 降水日为大雨雨日,日降水量 25mm 以上累计雨量为大雨累计雨量。

降水过程的定义:降水过程是连续数日发生有量降水(中间可有一天为微量降水),这里的降水过程特指发生在湖北空间范围内的降水过程,降水过程的主要指标包括:起止日期、降水中心地理位置、中心雨量、大于 100、50mm 等级雨量的站点数等,我们以中心雨量大小划分等级。

1.2 方法

趋势计算方法:根据文献[11],用 x_i 表示样本量为 n 的某一个气候变量,用 t_i 表示 x_i 所对应的时间,建立 x_i 和 t_i 之间的一元线性回归方程:

$$x_i = a + bt_i \quad i = 1, 2, 3, 4 \cdots n \quad (1)$$

b 可称为气候变量的倾向率或倾向度, $a \times 10$ 即表示气候变量每 10 年的变化。对于变化趋势的显著性,采用时间 t 与原序列变量 x 之间的相关系数进行显著性检验。

旱涝灾害研究的重点之一就是降水的时空分布规律,尤其是降水量的年内分配。有些学者采用概率分布函数,来表示降水量在

一年内分配的均匀程度^[12],对一个区域降水量年内分配的均匀程度用月(或季)占年降水总量的百分比(或距平百分率)的等值线表示;这种方法有很多优点,但不能用一个比较简明的数据来反映出一个区域内降水量在年内的多寡与均匀分布的程度。为此,本文提出旱涝倾斜度来表示一区域降水时空分配不均程度。倾斜度(Skewness)^[13]是用来衡量一个分布是否具有单一而且较长的末端,亦即一个分布的均匀性。本文用它来计算湖北区域内一年 12 个月雨量分布的均匀程度,并以此来研究旱涝与降水的关系,其计算公式为:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^{72} \sum_{j=1}^{12} (X_{ij} - \mu_{ij})^3}{\sum_{i=1}^{72} \sum_{j=1}^{12} (|X_{ij} - \mu_{ij}|)^3} \quad (2)$$

式(2)中 i 表示台站编号, j 表示月份, x_{ij} 、 μ_{ij} 分别表示某年第 i 台站第 j 月的实际降水量与多年的平均雨量。

2 结果及分析

2.1 雨量、雨日的变化

图 1 是湖北省年雨量、雨日、大雨雨量、大雨雨日倾向率等值线分布,从图中可以看出,鄂西北、鄂西南的年雨量呈负趋势,江汉平原及鄂东呈正趋势,尤其是江汉平原东南部与鄂东南地区正趋势非常明显,大部分县市都在 50mm/10a 以上,通城最大 81.38mm/10a(见表 1),趋势系数显著性水平大部分都在 0.10 以上、有的甚至达到了 0.01。但年雨日的变化并非如此,全省基本呈负趋势,尤其是鄂西北地区趋势较为明显。年大雨雨量倾向率,除鄂西北与鄂西南部分站点呈负趋势外,全省大部分地区为正趋势;且倾向率与趋势系数多数观测站点比年雨量倾向率的更大;大雨雨日变化趋势鄂西为负趋势,鄂东为正趋势,江汉平原东南部及鄂东南地区趋势较为明显;

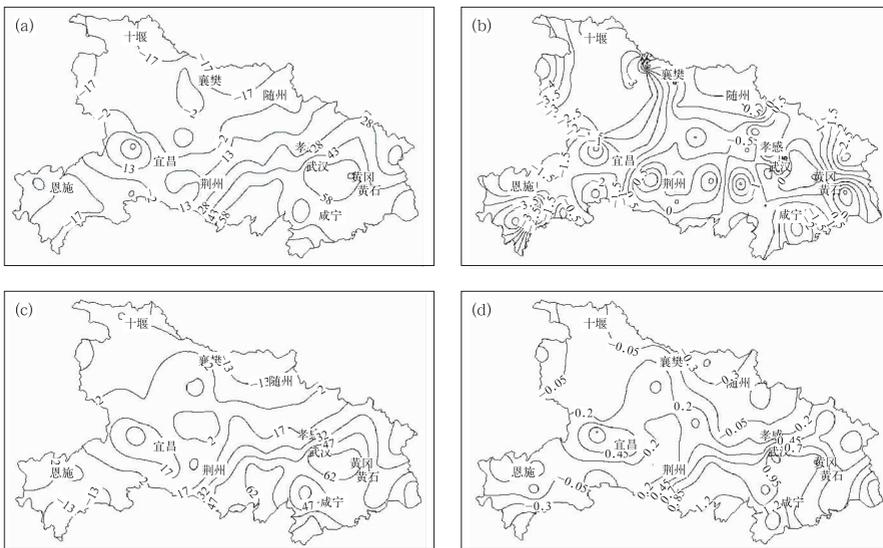


图 1 湖北省年雨量(a)、雨日(b)、大雨雨量(c)、大雨雨日(d)倾向率分布

说明湖北东部地区,尤其是江汉平原东南部及鄂东南地区年雨量的增加主要是由于大雨或强降水天气增多而造成的。这一变化趋势

对“典型的泛滥平原”^[12]——江汉平原更易受洪涝影响,使素有“旱包子”之称的鄂北岗地旱情有加重之势。

表 1 江汉平原东南部、鄂东南地区年雨量与大雨雨量倾向率(b ,单位:mm/10a)和降水趋势系数(r)

地区	年雨量		年大雨雨量		地区	年雨量		年大雨雨量	
	b	r	b	r		b	r	b	r
武汉	65.23	0.2905**	70.04	0.3234**	洪湖	58.86	0.279*	58.8	0.2867*
潜江	54.68	0.2965**	67.04	0.3733***	崇阳	70.05	0.2942**	81.52	0.3610**
仙桃	62.92	0.3369**	67.12	0.3756***	蒲圻	34.10	0.16	36.33	0.1781
汉阳	64.52	0.2867*	66.65	0.3309**	嘉鱼	37.31	0.1795	22.77	0.1254
新州	50.58	0.2158	54.0	0.2483*	通城	81.38	0.3324**	82.02	0.3546**
武昌	68.52	0.3134**	69.04	0.3364**	通山	46.15	0.1991	55.33	0.2653*
鄂州	68.36	0.2845*	66.3	0.3035**	黄石	50.59	0.2112	54.68	0.2600*
黄冈	77.87	0.3395**	77.86	0.3733***	黄梅	72.54	0.3267**	69.34	0.3502**
石首	65.23	0.366**	61.32	0.3588**	阳新	47.66	0.2248	41.52	0.2212
监利	68.54	0.38***	59.62	0.3685**					

注: *、**、*** 分别表示通过 0.1、0.05、0.01 显著性检验,它们临界值分别为 0.2428、0.2875、0.3721

2.2 降水过程强度变化趋势

统计发现,年最强降水过程除 1976、1978 两年外,其它年份降水中心雨量均大于 200mm,45 年中有 35 年年最强降水过程中心雨量大于 300mm,大于 400mm 的过程有

19 年,在这 19 年中有 8 年是 1990 年代发生的,最强的降水过程分别出现在 1991、1998 年,中心雨量分别为 888.7 和 863.6mm。图 2 是湖北省年最强降水过程中心雨量历年变化。从图 2 可以看出,降水过程的中心强度呈增强趋势。

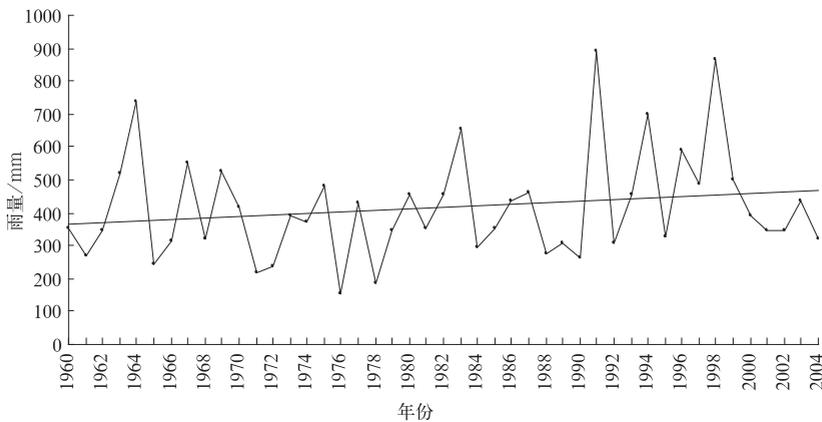


图 2 湖北省年最强降水过程中心雨量历年变化

图 3 给出了湖北大于 100、150、200mm 3 个不同降水强度过程次数的历年变化及其趋势。由图 3 可以看出,湖北省的强降水过程几乎每年都有多次,尤其是 1990 年以来,100mm 以上降水过程 10 次以上的年份有 7 年,200mm 以上强降水过程 4 次以上的年份也有 7 年。强降水过程中心主要分布在江汉

平原与鄂东南。以 200mm 以上降水过程为例,近 45 年全省共有 140 次(见表 2),其中中心在江汉平原与鄂东南共发生了 88 次,占全省总次数的 63%;其次是鄂西南和鄂东北,鄂北和鄂西北很少。可以看出,不论是降水强度,还是强降水过程次数有年代际的变化,总体上呈现加强或增加的趋势,而强降水

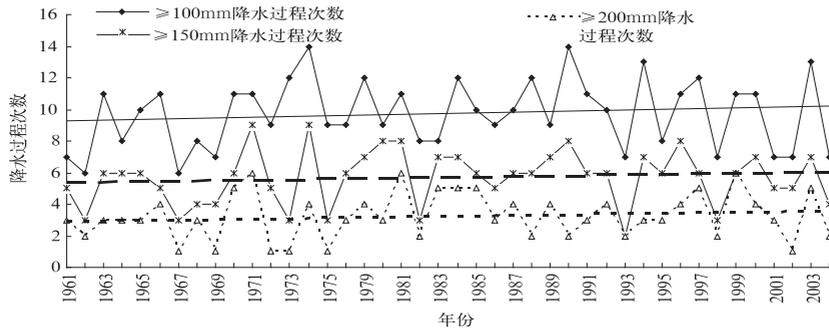


图 3 湖北省大于 100、150、200mm 降水过程次数历年变化

表 2 湖北省 200mm 以上强降水不同年代发生次数

	全省	江汉平原与鄂东南地区
1960—1969	28	14
1970—1979	23	15
1980—1989	38	24
1990—1999	36	25
2000—2004	15	12
合计	140	88

过程次数的增加区域主要为江汉平原与鄂东南地区。这与全球气候变化背景下,我国年降水趋势变化相一致^[9]。熊安元^[18]利用小波变换方法进行分析发现,冬季赤道东太平洋海温、夏季西太平洋副高和南海夏季风等气候因子的年代际变化和长期趋势变化在 1990 年代均表现出异常强烈,有利于长江中游夏季降水偏多;而大别山、幕阜山等地形对东移天气系统阻滞和强迫作用是形成雨量在地域上相对集中的重要原因。

2.3 旱涝倾斜度及其对旱涝灾害的影响

从计算公式中可知,旱涝倾斜度 S 的值域范围在 $-1.0 \sim 1.0$ 之间, S 大小主要是与降水量及其时空分布有关,当年雨量接近多年平均,且时空分布均匀,亦即各台站各月的降水量趋近于多年平均时,旱涝倾斜度趋近于 0;当雨水偏多,时间与地域范围又相对集中,如雨水以强降水形式出现时, S 大于 0,甚至趋近 1。反之当雨水偏少时,小于 0,雨水严重偏少且时间与空间分布不均时趋近 -1 。图 4 是湖北旱涝倾斜度的年际变化,大于 0.8 的年份有 9 年,均为我省洪涝大灾年;9 年中大部地区,或全省范围雨量较常年偏多 1 成以上,有的甚至达 4 成以上;而且这 9 年有一个共同特点,有特大强降水过程发生;如 1991 年 7 月 1 日至 7 月 12 日,降水中心

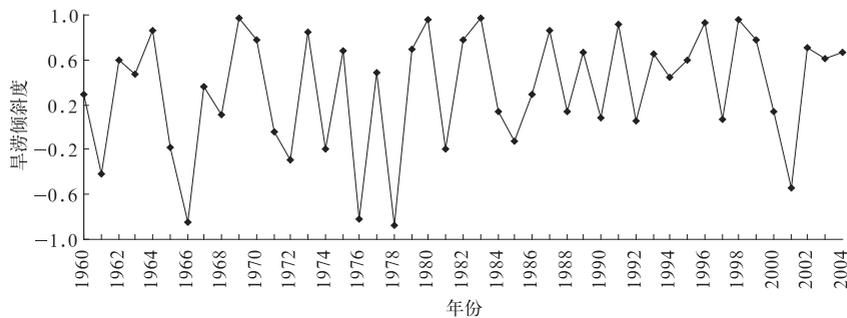


图 4 湖北省旱涝倾斜度的年际变化

雨量为 888.7mm,雨量在 400mm 以上的台站有 23 个,300mm 以上的有 40 个,200mm 以上的有 48 个;1998 年 7 月 20 日至 8 月 3 日,降水中心雨量为 863.6mm,雨量在 400mm 以上的台站有 16 个,300mm 以上的有 24 个,200mm 以上的有 37 个。小于 -0.8 的年份有 3 年,即 1966、1976、1978 年,这 3 年的年雨量全省普遍偏少 1 成以上,有的台站甚至偏少 3 成,强降水过程也较少(见图 3)。进一步分析发现,S 与全年强降水过程次数呈密切的正相关,与 150mm 的降水过程次数的相关系数为 0.6208,与 200mm 的降水过程次数的相关系数为 0.7471,显著性水平均在 0.001 以上,说明旱涝倾斜度可以在一定程度上反映湖北省年雨量的多寡及其时空分布均匀程度。

湖北旱涝倾斜度 S 与洪涝受灾面积 F 对比分析,如图 5。 $S < 0.4$ 时两者之间呈线性关系,但不显著, $S \geq 0.4$ 时两者之间呈双曲线关系,经坐标平移模拟回归统计,它们关系式如式(3),相关系数为 0.602(显著性水平在 0.001 以上)。湖北旱涝倾斜度 S 与干旱受灾面积 D 也同样存在较好的相关关系,如式(4),相关系数为 -0.6665(两式中 F 、 D 的单位:万公顷,显著性水平均在 0.001 以上)。

$$F = 36.3 + \frac{15.4}{1.05 - S} \quad (3)$$

$$D = 229.88 - 76.67e^S \quad (4)$$

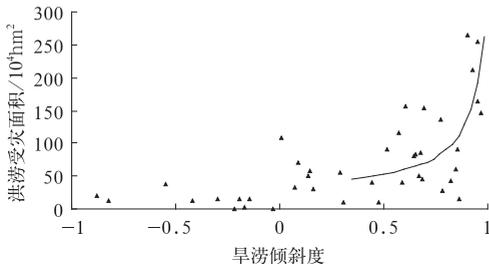


图 5 湖北洪涝受灾面积与旱涝倾斜度

湖北旱涝倾斜度 S 与旱涝受灾面积分别呈良好指数和双曲线相关关系;由上可知,年降水量多,且时空相对集中(如强降水过程形成的雨量)是湖北洪涝灾害的主要原因之一,且 S 在不同范围内变化对旱涝的影响有所不同。考虑年际变化因素进一步深入分析发现,洪涝受灾面积与 S 的关系式如式(5),相关系数为 0.8651,式(5)中 Y 为公元年,其相关性有显著提高;也就是说当 S 一定时,洪涝受灾面积随年代的推迟而增大,或者说在降水情况相同的情况下,近年来湖北更容易受到洪涝的威胁。而干旱受灾面积受年际变化因素相对较小。

$$F = 17.2 + \frac{578.75}{(2020 - Y)(1.05 - S)} \quad (5)$$

造成这一现象出现的原因可能有以下几点:一是人为因素,江汉平原是湖北省洪涝灾害最严重的地区,且湖泊面积逐年减少(见表 3),是近 50 年来长江中下游减少最多的地区^[14],对洪水的调节能力被大大削弱,有人称它为典型的泛滥平原^[15];二是自然因素,湖北为堤防大省,素有“洪水走廊”之称,江河堤防是防洪的重要基础设施,保护耕地面积约 $200 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。全省现有江河堤防总长 7050km,其中长江干堤 1704km、汉江干堤 729km,荆江大堤最大高度已达 16m,荆江洪水位已经高出江汉平原平均高程 10~20m。加之江汉平原持续沉降^[16],使这一地区地势更加低洼,洪水易进不易出,更易发生洪涝灾害。干旱受灾面积受年际变化因素从数据分析中没有发现这一现象。

表 3 20 世纪江汉平原湖泊面积的变化^[17]

时间	面积/km ²
1920—1930 年代	8330
1950 年代	5960
1970 年代	2373
1980 年代	2983
1990 年代	2608

3 结 论

(1) 湖北省近 45 年来年雨量鄂西呈减少趋势,鄂东增加,尤其是江汉平原东南部和鄂东南地区,呈明显的增加趋势;降水天数全省有减少的趋势,大雨雨量及大雨雨日的变化趋势与年雨量的变化趋势相似;湖北东部地区,尤其是江汉平原东南部及鄂东南地区年雨量的增加主要是由于大雨或强降水天气增多而造成的。

(2) 近 45 年发生在湖北省的强降水过程无论是过程次数,还是降水强度,有年代际的变化,总体上呈现加强或增加的趋势;强降水中心多发生在江汉平原及鄂东南地区,且随年代际的变化,有越来越集中在这一地区的趋势。

(3) 用旱涝倾斜度可以反映一个区域范围内雨量的多寡及其时空分布均匀程度,洪涝、干旱灾面积与它分别呈现良好的双曲线、指数相关关系;降水时空分布的不均匀性是造成旱涝灾害的主要原因。

(4) 人为的围湖造田,江河水位高出江汉平原地表,以及江汉平原自然下沉等因素造成湖北洪涝灾害的承受能力变得越来越差,加大旱涝灾害程度,加快了灾害频率;应当引起各级政府的高度重视。

参 考 文 献

- [1] 黄朝迎. 长江流域旱涝灾害的某些统计特征[M]. 长江黄河旱涝灾害发生规律及其经济影响的诊断研究. 北京:气象出版社,1993:76-82.
- [2] 周月华,高贤来. 1470—2000 年湖北省旱涝变化分析[J]. 气象,2003,12(29):18-21.
- [3] 刘成武,黄利民,吴斌祥. 湖北省历史时期洪、旱灾害统计特征分析[J]. 自然灾害学报 2004,13(3):109-115.
- [4] 郑祚芳,陈家华,祁文. 湖北省近 50 年气候变化特征分析[J]. 气象科学,2002,22(3):279-286.
- [5] 张秀丽,郑祚芳,何金海. 近百年武汉市主汛期降水特征分析[J]. 气象科学,2002,22(4):379-386.
- [6] 陈正洪,杨宏青,任国玉,等. 1960 年以来长江流域面雨量变化趋势及对干流流量影响的时空差异分析[J]. 人民长江,2005,36(1):22-23.
- [7] 杨宏青,陈正洪,石燕,等. 长江流域 1960 年以来暴雨日数和暴雨量的变化趋势[J]. 气象,2005,31(3):66-68.
- [8] 任国玉,陈正洪,杨宏青. 长江流域近 50 年降水变化及其对干流洪水的影响[J]. 湖泊科学,2003,15(11):49-55.
- [9] 任国玉,吴虹,陈正洪. 我国降水变化趋势的空间特征[J]. 应用气象学报,2000,11(3):322-330.
- [10] 陈隆勋,邵永宁,张清芬,等. 近四十年我国气候变化的初步分析[J]. 应用气象学报,1991,2(2):164-173.
- [11] 唐国利,丁一汇. 近 44 年南京温度变化的特征及其可能原因的分析[J]. 大气科学,2006,32(1):56-68.
- [12] 黄嘉佑. 我国月降水频数的时空分布特征[J]. 气象,1987,13(1):10-14.
- [13] Hand, D 著,张银奎,等译. 数据挖掘原理[M]. 北京:机械工业出版社,2003:36-37.
- [14] 余明辉,梁杏,段文忠,等. 长江中下游洪水水位变化与河床冲淤[J]. 南水北调与水利科技,2004,6(12):31-35.
- [15] 何报寅. 江汉平原湖泊的成因类型及其特征[J]. 华中师范大学学报(自然科学版),2002,36(2):241-244.
- [16] 晏丽. 江汉平原年沉降五到十毫米[M]. 地质勘查导报,2005 年 7 月 19 日第 1 版.
- [17] 刘章勇. 江汉平原涝渍地生态恢复与开发利用技术研究[D]. 中国农业大学博士学位论文. 2004.
- [18] 熊安元. 90 年代长江中游异常多雨的气候变化背景分析[J]. 应用气象学报,2001,12(2):113-117.