

文章编号: 1000-0690(2002)03-0311-06

# 中国东北地区夏季旱涝的分析研究

孙力, 安刚, 丁立

(吉林省气象科学研究所, 吉林 长春 130062)

摘要: 利用东北三省及内蒙东北部均匀分布的 80 个测站 40 年(1961~2000 年)夏季(6~8 月)月降水资料以及正态化  $Z$  指数变换、小波分析和正交旋转主成份分析等方法, 对东北地区夏季降水进行了旱涝等级划分, 并探讨了旱涝发生的时间演变规律和空间分布特征。结果表明, 东北地区夏季不同级别旱涝出现的几率存在着一定的差异, 并且旱涝异常还具有明显的年际、年代际和周期性变化以及阶段性和群发性特征, 地理分布上, 可将东北地区夏季降水分为 7 个旱涝型(或敏感区), 各敏感区内旱涝异常具有相对一致的性质。

关键词: 东北地区; 夏季旱涝; 气候分析  
中图分类号: P463.1 文献标识码: A

东北地区是我国最大的商品粮基地和重要的工业和能源基地, 它幅圆辽阔, 面积约占全国的 10%, 几十年的资料表明该地区持续性干旱和暴雨洪涝等气候灾害发生频繁, 给当地国民经济特别是农业生产以及生态环境等带来很多不利影响。以近几年为例, 1997 年、1999 年和 2000 年较重干旱气候的出现仅在吉林省就造成了平均每年超过  $50 \times 10^8$  kg 粮食的减产, 1998 年松嫩流域发生的特大洪涝灾害更是造成了达千亿元人民币的经济损失。虽然过去人们对东北地区一般的气候状况进行过一些研究<sup>[1, 2]</sup>, 但相比之下, 从全区域角度出发用更加完备的资料深入探讨东北地区旱涝气候规律的研究工作却不多见。本文利用东北三省和内蒙东北部均匀分布的 80 个测站 40 年(1961~2000 年)夏季月降水资料着重分析了干旱和雨涝出现的空间结构特征和时间演变规律, 这对人们进一步了解该地区旱涝变化规律, 进而探讨其成因和研制有效的预测方法具有一定意义。

## 1 资料和方法

本文所用资料为东北三省及内蒙东北部均匀分布的 80 个测站 40 年(1961~2000 年)夏季(6~8 月)月降水资料。

由于夏季降水通常不满足正态分布, 用降水距

平百分率进行旱涝等级划分并不十分恰当, 因此本文采用服从 Person III 型分布的降水  $Z$  指数评估东北夏季旱涝等级, 具体做法是, 首先分别计算各测站夏季降水量标准化序列, 然后进行  $Z$  值变换<sup>[3]</sup>:

$$Z_i = \frac{6}{C_s} \left( \frac{C_s}{2} Y_i + 1 \right)^{\frac{1}{3}} - \frac{6}{C_s} + \frac{C_s}{6}$$

式中:  $C_s = \left( \sum_{j=1}^{2000} (x_j - \bar{x})^3 / n \sigma^3 \right)$  为偏态系数,  $\bar{x}$  为平均值,  $\sigma$  为均方差,  $Y_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$  为标准化序列,  $x_i$  为夏季降水量。

利用上式对原降水量进行  $Z$  值变换后, 获得服从正态分布的标准化序列, 并依据表 1 进行旱涝等级划分。

表 1 旱涝等级划分

Table 1 Dryness and wetness grades criterion

$Z$ 值	等级	累积频率 $P$	类型
$1.645 < Z$	1	$95\% < P$	大涝
$1.037 < Z \leq 1.645$	2	$85\% < P \leq 95\%$	涝
$0.524 < Z \leq 1.037$	3	$70\% < P \leq 85\%$	偏涝
$-0.524 \leq Z \leq 0.524$	4	$30\% \leq P \leq 70\%$	正常
$-1.037 \leq Z \leq -0.524$	5	$15\% \leq P < 30\%$	偏旱
$-1.645 \leq Z \leq -1.037$	6	$5\% \leq P < 15\%$	旱
$Z < -1.645$	7	$P < 5\%$	大旱

由于小波分析在时域和频域上同时具有良好的局部性质, 可以分析出时间序列周期变化的局部

收稿日期: 2001-08-06; 修订日期: 2001-11-06

基金项目: 科技部社会公益研究专项基金、国家自然科学基金资助项目(49875022)。

作者简介: 孙力(1960-), 男, 吉林长春人, 主要从事气候研究。E-mail: jlqqs@public.cc.jl.cn

特征,从而能更清楚地看到各周期随时间的变化情况,因此在分析东北旱涝的时间变化规律时,我们采用了小波分析,本文采用的小波变换为:

$$W(\tau, a) = |a|^{-\frac{1}{2}} \int f(t) g\left(\frac{t-\tau}{a}\right) dt$$

其中: $\tau$ 是时间参数,是相对于时间 $t$ 作了 $\tau$ 长度的平移, $a$ 为波数, $1/a$ 为频率, $g(t)$ 为小波母函数,本文采用的是墨西哥帽状小波,它的解析式为:

$$g(t) = (1-t^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2}$$

表 2 东北地区夏季(6~8月)旱涝等级评定年表(1961~2000年)

Table 2 A chronological table of dryness and wetness grades of northeast area in China (1961-2000)

时间	大涝	涝	偏涝	偏旱	旱	大旱
6月	1984 1993	1971	1966	1961	1970	1982 2000
		1979	1977	1962	1988	
		1986	1980	1963	1991	
		1990	1983	1965		
		1991	1989	1968		
			1996	1969		
				1972		
				1987		
				1999		
7月	1963 1991	1962	1961	1978	1968	1997
		1985	1964	1980	1972	
		1994	1975	1984	1974	
			1977	1992	1976	
			1986		1982	
			1995		1999	
					2000	
8月	1985 1998	1964	1965	1963	1970	1989 1991
		1966	1973	1967	1975	
		1969	1982	1976	1977	
		1984	1994	1980	1979	
		1987		1983	1992	
		1997		1999		
6~7月	1991	1963	1962	1969	1965	1982 1997 2000
		1977	1964	1974	1968	
		1986	1975	1976	1972	
			1983	1978	1999	
			1985	1987		
			1989	1992		
			1990			
			1994			
			1995			
			1996			
		1998				
7~8月	1964 1985	1962	1961	1967	1968	
		1966	1963	1970	1976	
		1969	1973	1972	1979	
		1994	1986	1978	1980	
		1998	1987	1982	1989	
				2000	1992	
					1999	
6~8月	1985 1998	1964	1984	1980	1968	2000
		1966	1986	1989	1970	
		1994	1962	1978	1972	
			1963	1979	1976	
			1969	1997	1982	
			1991		1992	
			1995		1999	
			1996			

在探讨东北旱涝的地域分布特征时,我们还对各测站夏季旱涝等级做了方差极大正交旋转主成份分析(EOF分析)<sup>[4]</sup>。

## 2 结果分析

### 2.1 东北地区旱涝的时间演变规律

表2和表3分别给出了40年来东北地区夏季旱涝的评定等级和旱涝出现的几率,其中较重雨涝包括涝和大涝,较重干旱包括旱和大旱。雨涝包括所有类别的涝,干旱包括所有类别的旱。

表3 东北地区6~8月旱涝出现的

几率表(1961~2000年)(%)

Table 3 Dryness and wetness probability of northeast area in China (1961-2000) (%)

时间	雨涝	较重雨涝	干旱	较重干旱
6月	33	18	35	13
7月	28	13	30	20
8月	30	20	33	18
6~7月	38	10	33	18
7~8月	30	18	33	18
6~8月	33	13	33	20

从上述两表我们可以看出,就夏季整个东北地区而言,正常、干旱和雨涝出现的几率大致相同,各占1/3左右,但出现较重干旱的几率要明显高于较重雨涝,特别是出现旱(6级)的年份比出现涝(2级)的年份多1倍以上,即旱灾一旦出现就很有可能是较重干旱(6级以上)。40年来大涝有2年(1985和1998年),大旱有1年(2000年)。从夏季各月的情况看,6~7月雨涝和干旱出现的几率均高于正常年份,说明这一时期的降水是最不稳定的,比较容易形成旱涝灾害,虽然这时雨涝的几率超过干旱,但主要是以偏涝(3级)为主,大涝只出现过1次(1991年),而大旱却出现过3次(1982、1997和2000年),并且出现较重干旱的几率也比出现较重雨涝的几率高得多,看来6~7月我们应更加关注旱灾给我们带来的影响。雨水特别集中的7~8月,雨涝及较重雨涝和干旱及较重干旱出现的机会大致相同,但大旱却从未出现过。另外表中我们还可以看到,大涝6月、7月和8月均分别出现过2次,大旱6月和8月也分别出现过2次,而7月只出现过1次。

图1表示的是东北地区80个测站夏季逐年旱涝等级的时间演变情况,从中我们可以看到,东北地区旱涝存在着明显的阶段性及群发性特征,1961~1966年雨涝发生频繁;1967~1982年是干旱的群发阶段,雨涝罕见,16年中出现了8次干旱(其中5次属较重干旱),平均每两年出现1次,而雨涝只有1次(还是偏涝)。1983~1987年的5年中,雨涝出现了3次,其中包括1985年出现的大涝,1988~2000年则进入了一个干旱和雨涝交替变化的阶段。40年来,旱灾中以6级以上的较重干旱出现的次数为最多,有8年,占干旱的62%,涝灾中则以偏涝为主,也有8年,2级以下的较重雨涝只占涝灾的38%,因此东北地区夏季涝灾与旱灾

相比,旱灾可能更加突出一些,干旱一旦形成就可能是严重的和大面积的。东北旱涝不仅具有明显的年际变化,而且也有着一定的年代际变化,20世纪60年代和80年代旱涝等级的平均值都为3.7,均方差分别是1.345和1.487,表明这两个年代较为湿润;70年代旱涝等级为4.7,均方差是0.781,即70年代比较干燥,并且降水的变化幅度也不大;90年代虽然旱涝等级的平均值为4(正常),但其均方差却是最大的,达1.855,这意味着90年代旱涝频率明显增加,波动最大,事实上,90年代的10年中,不同等级的雨涝出现过5次,包括1998年的大涝(1级),而不同等级的干旱则出现了4次,包括2000年的大旱(7级),而正常年份只有1年(1993年)。

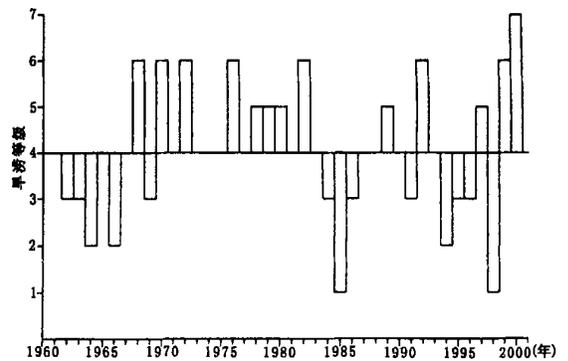


图1 东北地区夏季(6~8月)旱涝等级演变图

Fig. 1 The time variation of dryness and wetness grades of northeast area in China

东北地区旱涝还存在着一定的周期性变化,图2表示的是旱涝等级的小波指数分布,正值表示雨涝周期,负值则代表干旱周期。从图中可以分析出,旱与涝都存在有较长的周期,在长周期中,又包括有较短的周期,即具有较好的自相似结构,表明旱涝的气候变化存在着一定的规律性。图中还可以看到,1982年之前,27年左右的长周期和2~3年左右的短周期比较显著,1982年以后,则不仅存在着27年左右的长周期和2~3年左右的短周期。而且10年左右的次长周期也比较明显,具体说,1961~1967年是处在雨涝的长周期,1968~1982年则处于干旱的长周期,1983~1995年又是一个雨涝的长周期,这一长周期中又包含有一个雨涝的次长周期(1983~1987年)和一个干旱的次长周期(1988~1993年)。根据以上分析,可以发现,在雨涝(或干旱)的长周期当中(特别是长周期和次长周

期同位相迭加时), 出现干旱(或雨涝)的可能性比较小。1996年以后进入了一个新的干旱长周期, 特别是1999年至今则不仅处于干旱的长周期之中, 而且也处于干旱的次长周期之中, 因此如果按5年左右的少雨次长周期和13年左右的少雨长周期进行推算, 那么未来的3~4年(从2000年算起)东北地区继续干旱的可能性极大, 未来的8~10年也存在着少雨的倾向。当然, 处于干旱阶段并不等于说没有洪涝发生, 而是说多雨年出现的频率要少一些。

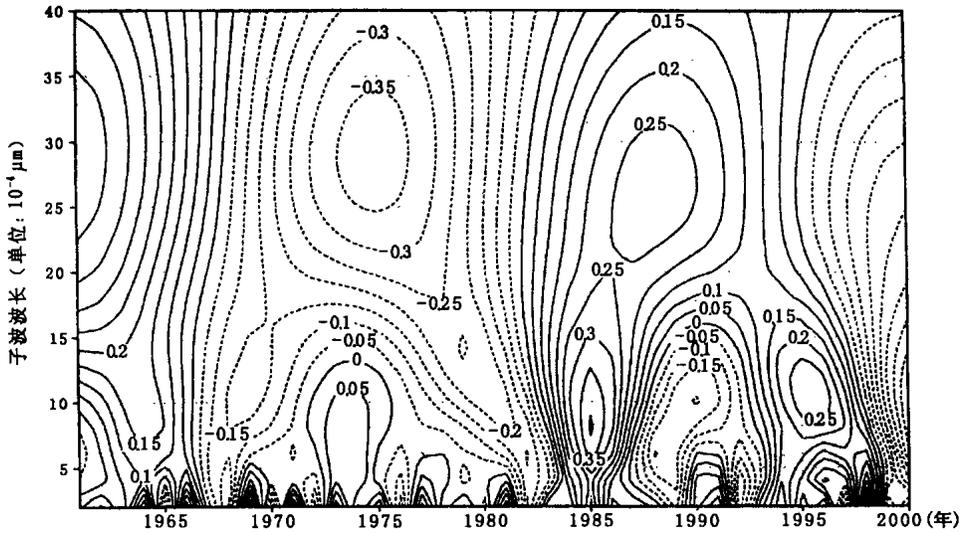


图2 东北地区夏季(6~8月)旱涝等级的小波指数分布图

Fig. 2 The wavelet index distribution of dryness and wetness of grades of northeast area in China

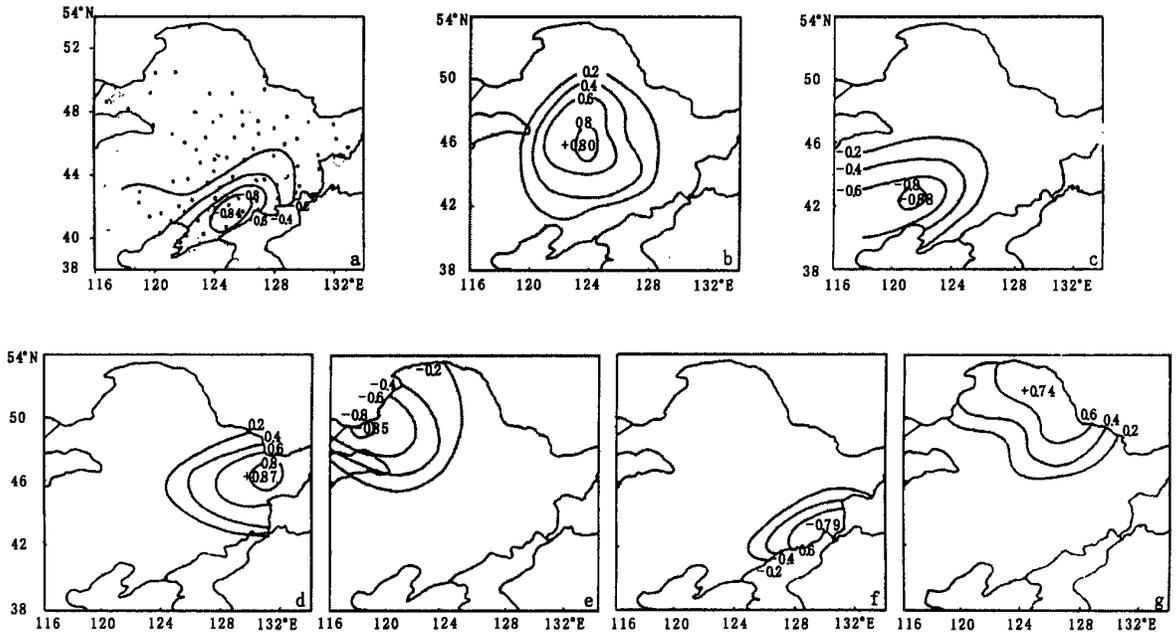
地区7个主要旱涝空间分布型。

由图3a可以看出, RLV1(第1旋转载荷向量场, 下同)的大值区位于辽宁中南部, 中心载荷为-0.84, 我们称为东北南部型。东北南部是东北地区年降水最大和暴雨最多的地区, 也是北上热带气旋和其它南方气旋系统深入东北地区的主要通道, 因此东北南部旱涝具有其明显的地域特点。图3b表示的是第2旋转载荷向量场, RLV2的大值区主要位于东北西部平原的白城到泰来附近, 即嫩江流域的中下游, 中心载荷向量为0.80, 称其为西部平原型。这里缺乏水汽来源, 是东北地区夏季降水最少的地区之一, 干旱是它的主要气候特征, 值得一提的是这里同时也是东北地区降水变率最大的地区, 总之, 这一旱涝型体现了东北草原沙地气候的特点。辽宁西部及其邻域的内蒙东部地区是东北夏季旱涝又一个敏感区——辽宁西部型(图3c), RLV3大值区在朝阳附近, 中心值达-0.83, 夏季

## 2.2 东北地区旱涝的空间分布特征

为讨论东北地区夏季旱涝的地理分布, 我们对上述旱涝等级进行了方差极大正交旋转主成份分析(EOF分析), EOF分析的物理意义是着重表现空间的相关性分布特征, 相应的方差贡献只集中于某一较小的区域, 并使其它区域的方差贡献尽量减小, 而主分量分析(EOF分析)却着重把整个计算范围的方差贡献集中到前几个主分量上, 因此EOF分析可以更好地体现出地域特征, 图3给出的是由前7个旋转载荷向量(RLV)场得到的东北

降水年际变化大和干旱少雨是它的基本气候特征。由第4旋转载荷向量(图3d)所反映的旱涝型为三江平原型, RLV4大值区位于三江平原, 中心值在佳木斯附近, 达0.87, 三江平原因受日本海和鄂霍茨克海潮湿气流的影响, 夏季降水比同纬度的松嫩平原要明显偏多, 加之这里沼泽和湿地的作用, 使这一地区形成了独有的旱涝空间分布。第5旋转载荷向量RLV5的大值区位于内蒙东北部(图3e), 中心最大载荷值-0.85, 称之为内蒙东北部型, 该旱涝型主要体现了大兴安岭山地气候的特点。东北地区第6个旱涝型是东南部山区型(图3f), 旋转载荷中心在吉林东部的汪清附近, 其值达-0.79, 夏季当西南季风盛行时, 处于长白山脉迎风坡一侧的东部山区降水比同纬度的西部要明显偏多, 这一型集中体现了东北东南部山地气候的特点。第7旋转载荷向量所反映的旱涝型是东北北部型(图3g), 载荷向量大值区位于黑龙江北部的



“·”表示测站位置

图3 东北地区夏季(6~8月)旱涝等级前7个(a~g)旋转载荷向量场分布

Fig. 3 Spatial structures of the first seven (a- g) rotating loading vectors. “·” represent the site of the stations.

黑河、孙吴到伊春一带,这里明显地受到小兴安岭山地气候的影响。

东北地区旱涝等级 REOF 分析的前7个特征向量的累积方差贡献可达将近70%(表4),由它们所反映的东北夏季旱涝型主要可以分为东东南部、西部平原、辽宁西部、三江平原、内蒙东北部、东南部山区和东北北部等7个异常区,这7个旱涝型主要是由于东北不同地区的地理位置、地形地貌和下垫面分布以及主要影响天气系统的差异所决定的。各区内的旱涝异常具有相对一致的性质,做好上述7个类型区降水异常的气候预测,就等于抓住了东北旱涝异常的关键。

### 3 结论

1) 东北地区夏季干旱和雨涝出现的机会大致相同(均为1/3左右),但出现较重干旱的几率要明显高于较重雨涝,这说明如果干旱一旦出现就很有可能是大面积的和较重的,从夏季各月情况看,6~7月旱涝灾害出现的几率最高,即这时的降水是最不稳定的,并且异常干旱事件一般也只出现在这一时期,而异常雨涝事件则主要出现在7~8月,这期间的异常干旱事件较为罕见。

2) 东北地区旱涝具有明显的年际变化和年代际变化以及阶段性和群发性特征,20世纪60年代

表4 前7个RLV对总方差的贡献率(%)

Table 4 The variance contribution ratios of the first seven rotating loading vectors (%)

序号	1	2	3	4	5	6	7
方差贡献	15.1	14.2	10.5	10.3	7.3	6.6	5.8
累积方差贡献	15.1	29.3	39.8	50.1	57.4	64.0	69.8

初至60年代中后期,雨涝频繁;20世纪60年代末至80年代初干旱群发,平均每两年即可出现一次不同程度的干旱;80年代初至80年代后期,雨涝较为集中;90年代以来则进入了一个旱涝交替变化的阶段,10年中不同程度的旱涝就出现了9年,

其中包括大旱和大涝各一年。

3) 东北地区旱涝还存在着一定的周期性变化,尤其是27年左右的长周期和10年左右的次长周期以及2~3年左右的短周期较为明显,在雨涝(或干旱)的长周期当中(特别是长周期和次长周期

同位相迭加时), 出现干旱(或雨涝)的可能性较小, 据此推测, 未来 8~10 年特别是近期 3~4 年(从 2000 年算起), 东北地区少雨的可能性较大。

4) 东北地区夏季降水在空间上可以分为 7 个旱涝型(或敏感区), 即东北南部型、西部平原型、辽宁西部型、三江平原型、内蒙东北部型、东南部山区型和东北北部型, 这些旱涝型主要是由于东北不同地区的地理位置、地形地貌和下垫面分布以及主要影响天气系统的差异所决定的, 各敏感区内的旱涝

异常具有相对一致的性质。

## 参考文献:

- [1] 周琳. 东北气候[M]. 北京: 气象出版社, 1991.
- [2] 郑秀雅, 张廷治, 白人海. 东北暴雨[M]. 北京: 气象出版社, 1992.
- [3] Kite, G. W., Frequency and Risk Analysis in Hydrology[M]. Water Resources Publication, 1978. Colorado 80522.
- [4] 施能. 气象科研与预报中的多元分析方法[M]. 北京: 气象出版社, 1995.

## The Characteristics of Summer Drought and Flood in Northeast Area of China

SUN Li, AN Gang, DING Li

(*Institute of Meteorological Science of Jilin Province, Changchun, Jilin 130062*)

**Abstract:** With  $Z$  index according to the Person III distribution, REOF and Wavelet analysis methods, the spatial anomaly features and time evolution rule of summer drought and flood in northeast area of China are studied by using the precipitation in June, July and August for the period 1961–2000 from 80 observational stations. The results show that the summer drought and flood in northeast area of China have the obvious characteristics of periodic change, interannual and inter-decade variations. The northeast area of China can be divided into seven dryness/wetness anomaly areas. In each area, the drought and flood coincide relatively.

**Key words:** northeast area of China; summer rainfall anomaly; climatic analysis