

# 东北地区夏季降水时空变化特征

韩艳凤<sup>1,2</sup> 江志红<sup>1</sup> 王 冀<sup>2</sup> 张艳梅<sup>3</sup>

(1 南京信息工程大学, 南京 210044; 2 辽宁省鞍山市气象局, 鞍山 114004;

3 贵州省六盘水市气象局, 六盘水 553000)

**摘要** 采用东北地区 99 个测站 1960~2000 年逐日降水资料, 运用小波分析、突变分析、旋转 EOF 等方法, 研究了东北地区不同区域夏季降水的长期变化特征。结果表明, 东北地区夏季降水呈减少趋势, 并存在 14 年和 2~4 年的变化周期。东北地区夏季降水异常可分为 5 种空间分布类型: 东北西南部型、东北东南部型、东北东北部型、东北西北部型、东北中部型。东北东南部地区夏季降水减少趋势最明显, 东北西南部降水的增加趋势最明显。各区域降水的变化周期有所区别, 东北东北部存在 16~18 年的变化周期, 其它地区存在 10~14 年的变化周期, 各区域降水突变的时间主要在 60 年代和 80 年代。

**关键词** 东北地区 夏季降水 线性趋势 周期变化 空间分布型

## 引言

东北地区处在东亚季风区的边缘, 其降水主要集中在夏季, 并且降水的多少具有非常明显的地域差异和年际变化<sup>[1]</sup>。随着全球气候研究的开展和深入, 东北地区夏季降水的研究也取得了一些成果。孙力等<sup>[2,3]</sup>分析了中国东北地区夏季降水的空间异常特征以及东北地区夏季旱涝的大气环流背景。赵春雨、柳勤明等<sup>[4]</sup>指出近 48 年来辽宁省降水略有减少, 20 世纪 80 年代后期降水变化幅度增大, 旱涝灾害明显增多。廉毅、安刚<sup>[5]</sup>等用功率谱方法分析了吉林省 40 年来降水和气温的变化趋势。以上的研究成果主要针对东北地区或其中某一区域的降水进行研究。进入 21 世纪以来, 用更加完备的资料, 深入地探讨东北地区和各不同区域夏季降水的长期变化特征, 是研究东北地区气候变化的重要内容之一。本文用新的后续资料, 详细探讨了东北地区夏季降水异常的变化规律, 夏季降水的空间结构以及各不同区域夏季降水的变化特征。

本文采用东北地区 99 个测站 1960~2000 年逐日降水资料, 运用了线性趋势估计法、小波分析法、

突变分析法和旋转经验正交函数 (REOF) 方法, 研究了东北地区夏季降水的空间异常结构和长期变化特征。

## 1 长期变化特征和空间结构

### 1.1 长期变化特征

图 1a~c 显示了东北地区夏季降水的长期变化特征。图 1a 是东北地区夏季降水的时间序列和线性变化趋势图, 图中可以看出该地区夏季降水缓慢减少, 其线性趋势为每 10 年 - 3.2 mm, 并且通过了 0.05 信度的相关系数 (- 0.336) 检验。东北地区夏季存在明显的干湿时段, 从 60 年代后期开始到 80 年代初期降水相对较少, 这与孙力<sup>[2]</sup>等分析的结果相一致, 60 年代前期东北地区夏季降水较多, 80 年代中期开始到 90 年代基本上处于多雨、少雨交替变化的波动阶段。从降水的年际变化上看, 1985、1998 年东北地区降水最多, 1968、2000 年最少。

图 1b 为东北地区夏季降水变化的 Morlet 小波变换实部, 它表示了东北地区夏季降水变化的时间尺度特征。从图中可以看出, 近 40 年来东北地区夏季降水变化一直存在着准 14 年和 2~4 年的变化周

江苏省“青蓝工程”基金项目资助

作者简介: 韩艳凤, 女, 1970 年生, 在读硕士, 从事短期气候研究, Email: soundarrow@163.com

收稿日期: 2004 年 8 月 3 日; 定稿日期: 2004 年 9 月 30 日

期,从 60 年代中期到 80 年代中期还存在着 10 年的变化周期。70 年代初期和 80 年代中期以及 90 年代末期处在 14 年的多雨周期中。

图 1c 是东北地区夏季降水的 Mann-Kendall 统计量曲线,从图中可以看到东北地区在 60 年代末期到 80 年代中期降水减少趋势显著(超过了 - 1.96

置信区间),1964 年前后发生了由多雨转为少雨的突变,而 80 年代中期降水有增加趋势,在 1984/1985 年间发生了由少雨转为多雨的突变现象,90 年代降水的变化比较复杂,90 年代初期降水开始减少,到 90 年代中期前后降水进入持续偏少阶段,90 年代末期降水开始增多。

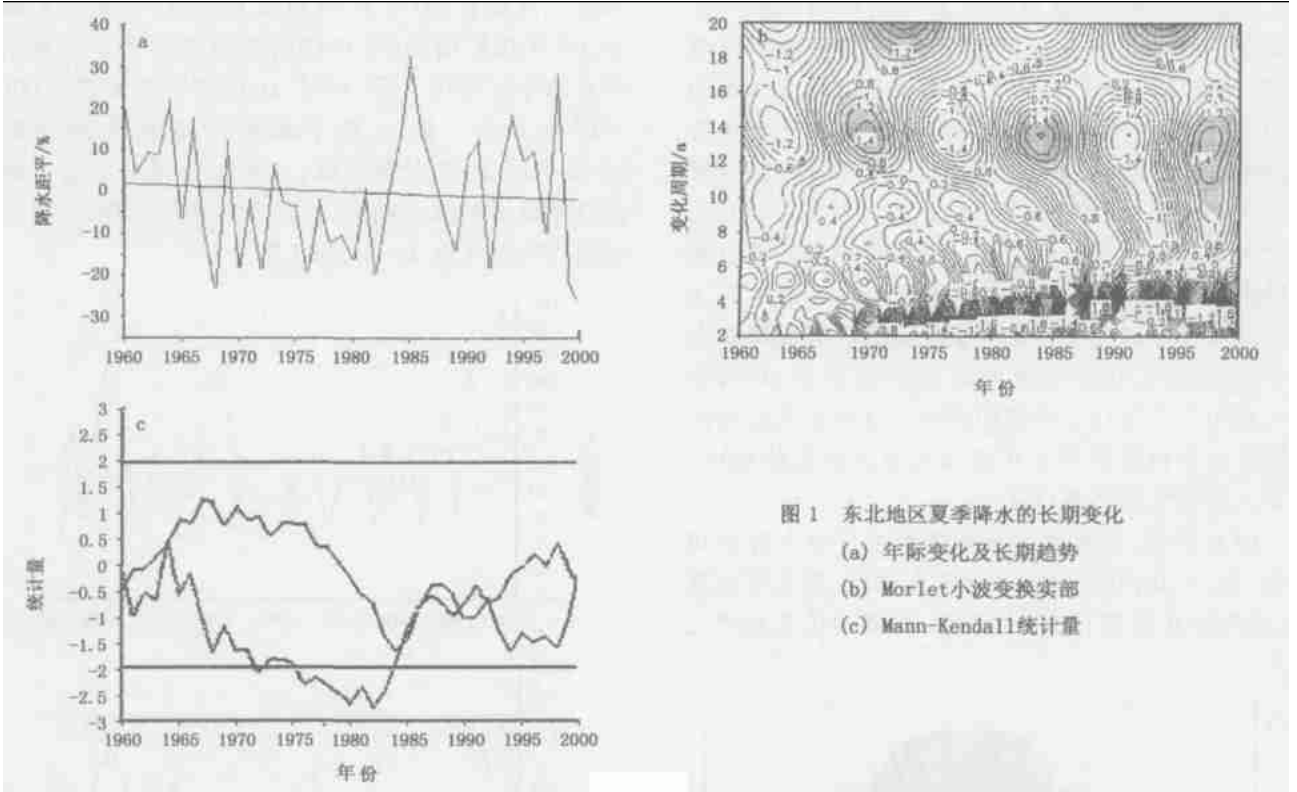


图 1 东北地区夏季降水的长期变化  
(a) 年际变化及长期趋势  
(b) Morlet 小波变换实部  
(c) Mann-Kendall 统计量

从上面的分析可以看出东北地区近 40 年降水的变化特征,东北地区降水存在着缓慢减少趋势,每 10 年减少 3.2 mm,60 年代末期到 80 年代前期降水偏少,80 年代末期到 90 年代降水的变化比较复杂,呈现出少雨多雨交替变化的形式。东北地区降水主要有 14 年和 2~4 年周期,80 年代前还存在 10 年的变化周期。另外,东北地区夏季降水发生过两次突变,分别在 1964 年和 1984/1985 年之间。

1.2 空间结构

为了进一步分析东北地区夏季降水的地域特征,采用 REOF 方法对东北地区夏季降水进行分区,即对 EOF 分析的计算结果再做方差最大正交旋转。这种旋转保障参加旋转的几个成分所表示出的场的方差之和在旋转前后保持不变,同时 REOF 更具有描述场的局地特征的能力。从表 1 可以看到前 5 个特征向量的累积方差已达 62.39%,它们基本上

体现了东北地区夏季降水的空间分布特征。对这 5 个特征向量进行最大方差旋转,旋转后各向量所占的方差贡献见表 1。

表 1 东北地区夏季降水前 5 个特征向量的方差贡献百分率

		主要特征向量				
		1	2	3	4	5
EOF	方差贡献	33.63	12.41	6.29	5.29	4.77
	累积方差	33.63	46.04	52.34	57.63	62.39
REOF	方差贡献	10.90	15.03	10.70	9.86	15.40
	累积方差	10.90	25.93	36.63	46.19	62.39

图 2 是夏季降水旋转 EOF 前 5 个特征向量高荷载区的综合分布图。第 1 特征向量表示高荷载区位于东北西南部,主要包括内蒙古东南部地区,这一部分占方差贡献的 10.9%。第 2 特征向量的高荷载区位于东北东南部地区,包括辽宁东部和吉林东

南部地区,占方差贡献的15.03%。该区是北上台风、南方气旋和最易受副热带高压后部影响的区域,也是整个东北地区降水最多的地区,最大荷载中心位于辽宁的丹东一带。第3特征向量的高荷载区位于东北东北部地区,主要包括黑龙江东部地区,这一部分的方差贡献为10.7%。最大荷载中心位于黑龙江的佳木斯附近,这里是东北冷涡活动的最大密集带之一。东北地区的降水随着纬度的增加而减少,但是该地区因受日本海、鄂霍次克海潮湿气流的作用,年降水比同纬度上的其它地区要多。第4特征向量的高荷载区位于东北西北部地区,包括内蒙古东北部和黑龙江西北部,占方差贡献的9.86%。最大荷载中心位于黑河附近。由于受小兴安岭山地气候影响,这里也是降水比较敏感地区。第5特征向量的高荷载区位于东北中部,包括辽宁西部和吉林中西部地区,这一部分的方差贡献占15.4%,最大荷载中心位于辽宁的朝阳附近。这里是东北地区年际降水变化幅度最大和连续无雨日最长的地区,干旱少雨是它的基本特征。

综上所述,东北地区夏季降水可分为5种空间类型,即:东北西南部型、东北东南部型、东北东北部型、东北西北部型、东北中部型,各型的位置如图2所示。

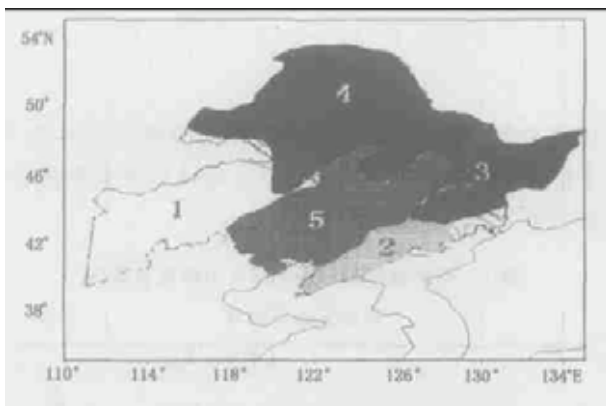


图2 东北地区夏季降水的空间结构  
(图中数字表示每一特征向量所对应的高荷载区)

## 2 各区域夏季降水长期变化特征

### 2.1 年际变化及其突变分析

文中没有采取代表站的方法,主要是这种选取资料方法具有局限性,不具有普遍意义。在本文中把不同区域夏季平均降水量作为该区域的夏季降水量,因此具有普遍性,能较好地反映各区域的特征。

图3a表示的是东北东南部夏季降水的变化特征,从降水的线性变化趋势图可以看到,这一地区的降水是减少趋势,与整个东北地区的变化趋势相一致。其线性趋势为每10年-15mm,减少比较显著,通过了0.05信度的相关系数(-0.336)检验,这与任国玉<sup>[6]</sup>的结论一致,是东北地区降水特征的代表区。该区在60年代后期到80年代中期降水偏少,80年代后期到90年代前期降水偏多。从夏季降水的年际变化上看,1985、1995年降水最多,2000年降水最少。图3b是东北东南部夏季降水的Mann-Kendall统计量曲线,从中也可以看出这一地区夏季降水的减少趋势,并且有突变现象存在,突变时间大约发生在1988/1989年。

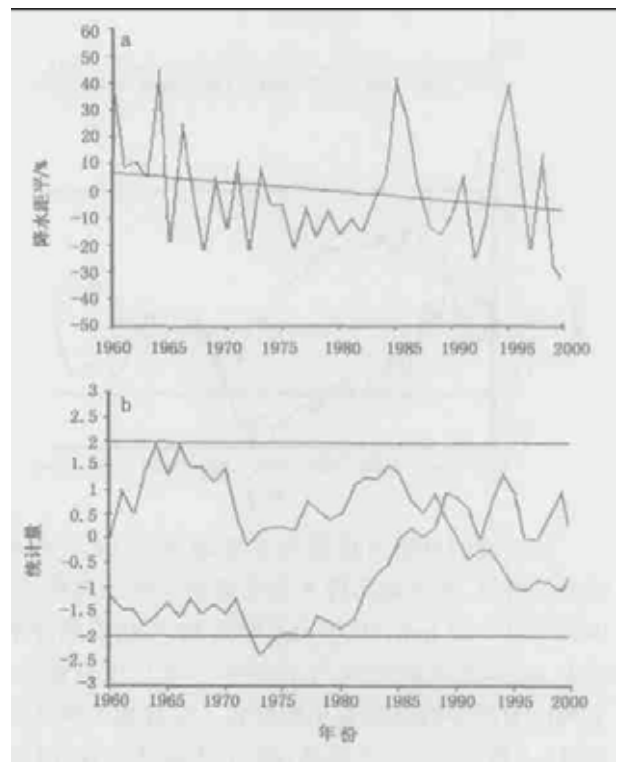


图3 东北地区东南部夏季降水的长期变化  
(a) 降水距平百分率和线性变化趋势,  
(b) Mann-Kendall 统计量

东北地区中部夏季降水(图略)也存在着减少趋势,其线性趋势为每10年-4.9mm,通过了0.05信度的相关系数(-0.329)检验。60年代末期到80年代前期降水偏少,60年代和90年代降水偏多。从降水的年际变化上看,1969、1994、1998年是降水最多年,1968、1972年降水最少。80年代以前降水的变化趋势不明显,80年代以后降水开始增加,不

过没有发生降水的突变现象。

从东北东北部降水变化情况来看(图略),这一地区降水同样存在减少趋势,其线性趋势为每 10 年 - 1.8 mm,通过 0.05 信度的相关系数(- 0.336)检验。60 年代后期到 70 年代降水偏少,80 年代初期到 90 年代初期降水偏多。从降水年际变化上看,降水最多年份是 1985、1994 年,最少年份是 1976 年。降水突变时间大约在 1963~1964 年之间,但 70 年代后期开始降水变化趋势不明显。

图 4a 为东北西南部夏季降水的时间序列和线性变化趋势,可以看出这一地区夏季降水存在上升趋势,这和整个东北地区的变化趋势相反,其线性趋势为每 10 年 3.5 mm,并且通过了 0.05 信度的相关系数(0.337)检验。在 70 年代到 80 年代初期降水偏少,80 年代以后降水偏多,并且降水的年际变率增大,降水极值都出现在这一时段内。从降水的年际变化上看,1998 年降水最多,1980 年降水最少。从图 4b 东北西南部夏季降水 Mann-Kendall 统计量曲线可以看出,这一地区在 90 年代中期以前降水存在上升趋势,并且在 70 年代中期到 90 年代中期增加趋势显著(超过了 1.96 置信区间),在 1965/1966

年之间发生少雨转为多雨的突变现象。

另外,从东北西北部降水的长期变化上看(图略),该地区夏季降水同样存在上升趋势,其线性趋势为每 10 年 2.2 mm,也通过了 0.05 信度的相关系数检验。其 60 年代末期到 70 年代降水偏少,80 年代到 90 年代降水偏多,降水最多年是 1998 年,最少年是 1995 年。该地区夏季降水也存在由少雨转为多雨的突变现象,突变大约发生在 1966 年。

### 2.2 周期特征

用小波分析方法研究了东北地区各区域夏季降水的周期特征(图 5),小波指数正值区表示处于多雨周期,反之表示处于少雨周期。从图 5 中可以看出,各区域夏季降水都存在一个长周期,在长周期中,又包含短的周期,这表明各区域降水的气候变化存在着一定的波谱规律性。从图 5a 可以看出东北西南部夏季降水的变化周期,主要有 14 年、10 年和 4 年的周期变化,80 年代开始 14 年的周期振荡有所减弱。60 年代后期,70 年代后期和 90 年代后期处在 14 年的多雨周期中。从 1998 年开始该区处在 14 年的少雨周期中,并且这种情况将持续到 2000 年以后。从图 5b 可以看出东北东南部夏季降水的变化周期,主要有 14 年和 6 年的变化周期,70 年代前期 6~8 年的变化周期也比较明显。60 年代初期,80 年代初期和 90 年代前期处在 14 年的多雨周期中。从 1997 年开始该区处在 14 年和 6~8 年的少雨周期中,如果按 6~8 年的周期计算,该区少雨情况将持续到 2003 年前后。从图 5c 可以看出东北东北部主要有 16~18 年和 6~8 年的变化周期,90 年代以前还存在着一个 4 年变化周期。60 年代后期,80 年代前期和 90 年代中期均处在 16~18 年的多雨周期中。90 年代后期开始,该区处在 6~8 年的多雨周期和 16~18 年的少雨周期中,但是 6~8 年的周期振荡较前期明显减弱,因此一直到 2000 年前后该区都有可能处于少雨阶段。从图 5d 可以看出东北西北部降水的周期变化特征,主要有 12 年、6~8 年和 4 年的变化周期,60 年代中期,80 年代前期和 90 年代前期处在 12 年的多雨周期中。从 90 年代后期开始本区处在 6~8 年的多雨周期中,并且周期振荡较强,这种多雨的情况将持续到 2003 年前后。从图 5e 可以看出东北中部夏季降水的周期变化,主要有 8~10 年的变化周期,80 年代以前 4~6 年的周期变化也比较明显。70 年代前期,80 年代前

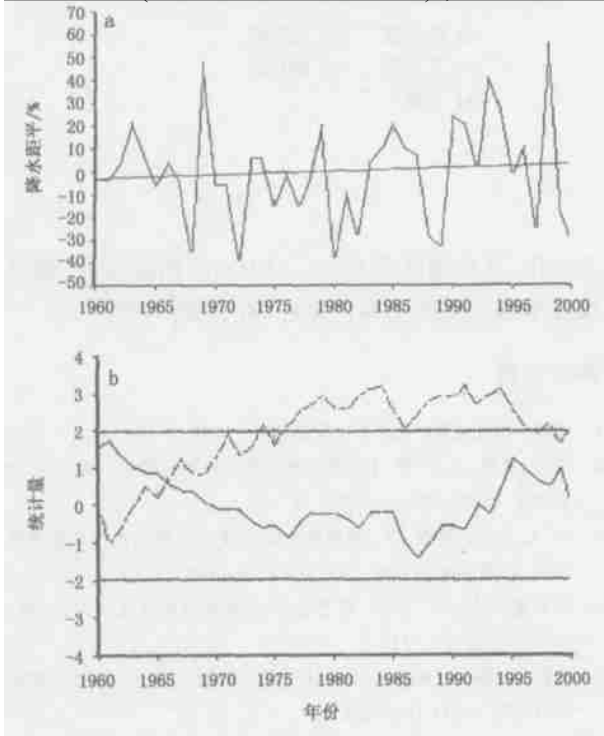


图 4 东北地区西南部夏季降水的长期变化  
(a) 降水距平百分率和线性变化趋势  
(b) Mann-Kendall 统计量



期和末期处在8~10年的多雨周期中。90年代中期以后该区处在8~10年的多雨周期中,但是周期

强度减弱。

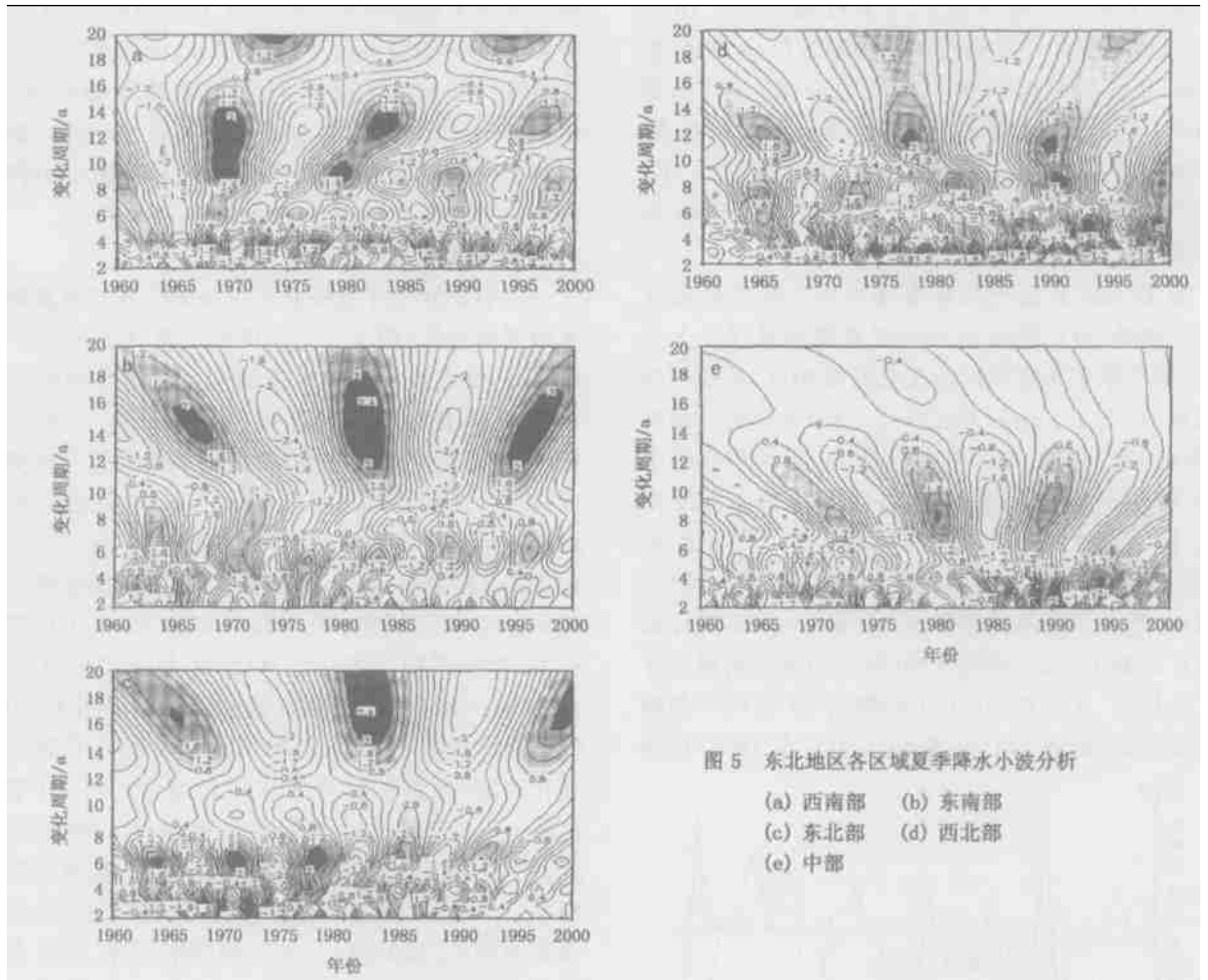


图5 东北地区各区域夏季降水小波分析  
 (a) 西南部 (b) 东南部  
 (c) 东北部 (d) 西北部  
 (e) 中部

### 3 结论

东北地区降水有减少趋势,其线性趋势为每10年-3.2 mm,并且存在着14年和2~4年的周期变化,东北地区降水发生突变的时间大约在1984/1985年。

东北地区降水异常可以分为5种空间分布型即:东北西南部、东北东南部、东北东北部、东北西北部、东北中部型。东北地区不同区域降水的长期变化趋势主要有:东北东南部、东北东北部和东北中部的降水存在着减少趋势,其中东北东南部地区减少趋势最为明显;其它2个地区的降水存在着增加趋势,东北西南部的增加趋势比较明显。各区域夏季降水变化周期不同,东北东北部存在16~18年的周

期变化,其它地区存在10~14年的周期变化,各区域夏季降水突变主要发生在60和80年代。

### 参考文献

- 1 周琳. 东北气候. 北京: 气象出版社, 1991
- 2 孙力, 安刚, 丁力, 等. 中国东北地区夏季降水异常的气候分析. 气象学报, 2000, 58(10): 70-81
- 3 孙力, 安刚, 廉毅, 等. 中国东北地区夏季旱涝的大气环流异常特征. 气候与环境研究, 2002, 7(1) 3: 102-112
- 4 赵春雨, 刘勤明, 李晶. 辽宁省近48年来气候变化研究. 气象, 2000, 26(5): 32-35
- 5 廉毅, 安刚. 吉林省近40年来气温和降水的变化. 应用气象学报, 1997, 8(2): 197-204
- 6 任国玉, 吴虹, 陈正洪. 我国降水变化趋势的空间特征. 应用气象学报, 2000, 11(3): 322-330

## Temporal and Spatial Characteristics of Summer Rainfall in Northeast China

Han Yanfeng<sup>1,2</sup> Jiang Zhihong<sup>1</sup> Wang Ji<sup>2</sup> Zhang Yanmei<sup>3</sup>

(1 Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044;

2 Anshan Weather Bureau, Anshan 114004; 3 Liupanshui Weather Bureau, Liupanshui 553000)

**Abstract:** Summer precipitation data in Northeast China from 1960 to 2000 was used to study the temporal and spatial features of summer rainfall. The results show that summer rainfall in Northeast China exhibited a downward trend with variation periods of 14 years and 2 to 4 years. Two abrupt summer rainfall changes occurred in 1964 and 1988/1989. The variations of summer precipitation in Northeast China can be divided into 5 types: southwest, southeast, northeast, northwest, and central Northeast China. Difference variation tendencies were found in different areas. Rainfall significantly decreased in the southeast of Northeast China and increased in the southwest of Northeast China. Meanwhile, the precipitation over different areas exhibited different periods and different occurring time of abrupt change. There is a 16 - 18 year cycle period in rainfall variation in the northeast of Northeast China and a 10 - 14 year period over the others areas. The abrupt changes took place in the 1960's and 1980's.

**Key words:** Northeast China, summer rainfall, linear trend, periodic variation, spatial variation pattern