

# 近 46 年辽宁省降水集中程度研究

戴廷仁 陆忠艳 李广霞 王明华

(辽宁省气象台, 沈阳 110016)

**提 要:** 利用辽宁省 25 个台站 1960—2005 年逐候的降水资料, 运用降水集中度和集中期分别讨论了辽宁省降水时空分布特征和变化规律, 同时对多水年和少水年的集中度进行了比较。结果表明降水集中度和集中期能够定量地表征降水量在时空场上的非均一性, 降水集中度平均为 0.655, 最大为 0.749, 最小为 0.509; 集中期平均为 40.953 候, 最大值为 45.221 候, 最小值为 37.697 候。年降水集中度和汛期降水集中度均呈减小趋势, 汛期降水集中度减小的趋势明显。降水集中度的 EOF 分析显示取前 3 个特征值对应的特征向量可解释 70% 以上的方差。第一特征向量表现为全省一致性, 而第二特征向量表征为东南与西北地区的反相, 第三特征向量表征为东部山区与西部和沿海地区的反相。多水年的降水集中度明显比少水年的偏大且多水年的降水集中度分布较少水年复杂。

**关键词:** 降水集中度 降水集中期 时空分布

## Research of Precipitation Concentration Degree in Liaoning Province for the Last 46 Years

Dai Tingren Lu Zhongyan Li Guangxia Wang Minghua

(Liaoning Meteorological Observatory, Shenyang 110016)

**Abstract:** By use pentad precipitation data at 25 stations in Liaoning Province from 1960 to 2005, the characteristics of the spatial-temporal distribution and variation of the precipitation are analyzed, in terms of the precipitation concentration degree (PCD) and precipitation concentration period (PCP). Meanwhile, the comparison of the PCD is also made between rainy years and dry years. The results show that the PCD and PCP can demonstrate the inhomogeneity of quantitative precipitation in spatial-temporal distribution. The mean PCD in all stations is 0.655, with the maximum of 0.749, and the minimum of 0.509. The mean of PCP is 40.953 pentad, with the

maximum of 45.221 pentads, the minimum of 37.697 pentads. The trend of both annual PCD and the PCD in flood season diminishes. The diminishing trend of the PCD in flood season is obvious. The EOF of normalized anomaly fields of the PCD shows that the three EOF modes can depict the spatial distribution. The first principal component exhibits all the stations inphase. The second principal component takes on seesaw between the southeast and northwest areas. The synthetic analysis of more and less precipitation showed that PCD in years with more precipitation is obviously larger than that of less precipitation, besides, the distribution of the PCD is more complicated in rainy years than in dry years.

**Key Words:** precipitation concentration degree (PCD) precipitation concentration period (PCP) spatial-temporal distribution

## 引言

辽宁省地处欧亚大陆东岸,属于温带大陆性季风气候,全省地势由北向南逐渐降低,东西两侧较高,中部和沿海地区地势较低。由于受季风气候和较为复杂地形的影响,辽宁大部分地区的降水时空分布不均匀,比较容易形成旱涝灾害,因此也产生了一系列突出的水资源问题。东北区域降水方面的研究有很多<sup>[1-3]</sup>,但关于降水集中程度和集中日期的研究还很少,降水集中程度的研究更能量化地反映降水时空分布特征,为汛期天气预报提供更准确的气候背景信息。

## 1 资料和方法

### 1.1 研究区域和资料

所用资料是辽宁省1960—2005年25个基准站和基本站的逐候降水数据,站点分布相对均匀,将近占辽宁省所有气象观测台站总数的一半。

### 1.2 降水集中度和集中期的定义

对一个区域的降水量年内分配表示方法,大致采用各候或各季降水量占年降水量的百分比,用等值线的方式进行标示。这种

表示方法,不能用比较简明的数据来统一反映降水量在年内各时段的集中程度以及出现的时段。为此,利用向量分析的原理定义单站降水量时间分配特征的参数。一个候的降水量数值看作向量的长度,而对应的候则当作向量的方向,由此定义降水集中度( $C_{PD}$ )和集中期( $C_{PP}$ )<sup>[4]</sup>。

$$C_{PD} = \sqrt{R_{xi}^2 + R_{yi}^2} / R_i \quad (1)$$

$$C_{PP} = \arctan(R_{xi} + R_{yi}) \quad (2)$$

其中,

$$R_{xi} = \sum_{j=1}^n r_{i,j} \times \sin\theta_j, R_{yi} = \sum_{j=1}^n r_{i,j} \times \cos\theta_j \quad (3)$$

$R_i$  ( $i=1,2,3,\dots,N$ )为某测站第*i*年研究时段内总降水量; $N$ 为研究年代序列的长度; $r_{i,j}$  ( $i=1,2,3,\dots,N$ ;  $j=1,2,3,\dots,N$ )为研究时段内第*i*年 第*j*候降水量; $N$ 为研究年代序列的长度, $n$ 为研究时段的总候数。 $\theta_j$ 表示第*j*个候对应的方位角(整个研究时段的方位角为 $360^\circ$ )<sup>[4]</sup>,做法为一年作为一个圆周,每候平均分配,一候相当于 $5^\circ$ 。

显然式(1)能够反映降水总量在研究时段内各个候的集中程度,取值在 $0.0\sim1.0$ 之间, $C_{PD}$ 值越接近1.0,表明降水量越集中在某一个候内;相反 $C_{PD}$ 值接近0,表明各候的降水量比较平均。式(2)计算了合成向量的方位角,标示了向量合成后重心指示的角度,反映了一年中的最大候降水量出现的时段。

所以应用降水集中度和集中期研究降水的时空分布特征,可以用简明的数据表明研究时段内各个候的降水集中程度,标示降水量合成后重心指示的时段。

### 1.3 年降水集中度的 EOF 分析

对降水集中度进行趋势分析和 EOF 分析,研究了降水集中度时空分布的变化。

## 2 辽宁省降水的时空分布特征

辽宁省降水年内分配很不均匀,气象统计上通常把 6—8 月定为夏季,而辽宁省雨热同季,所以习惯上把 6—8 月作为汛期。经过统计,70%以上的站年 6—8 月降水占年总量 60%以上,93%的站 6—8 月的降水量超过年降水量的 50%。

辽宁省年降水量一般在 500~1000mm,由东南向西北逐渐减少。全年降水量主要集中在汛期,6—8 月降水量约占全年总降水量的 60%~75%。汛期受暖湿的东南季风影响,常常出现大片雨区且雨量集中。汛期降水量一般可达 400~600mm,但东西差异较大。

## 3 降水集中度和集中期的时空分布特征

### 3.1 降水集中度和集中期的年际变化分析

图 1 给出了 1960—2005 年辽宁省降水集中度和集中期的年际变化曲线。由图 1a 可见,全省平均降水集中度历年平均为 0.655,但降水集中度年际变化较大,极小值为 0.509(2000 年),极大值为 0.749(1960 年),均方差为 0.055。汛期降水集中度平均为 0.332,极小值为 0.167(1980 年),极大值为 0.524(1963 年),年际变化较大,均方差为 0.089,大于年集中度均方差。其中有 36 年的集中度在 0.4 以下,占 78%,说明汛期的降水变化相对均匀。

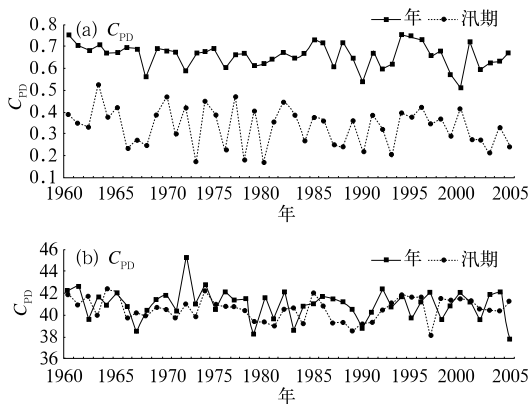


图 1 辽宁省降水集中度(a)和集中期(b)空间平均的时间分布(1960—2005 年)集中度  $C_{PD}$  为无量纲量;集中期  $C_{PP}$  的单位为候

采用线性倾向率方法对年降水集中度和汛期降水集中度进行趋势分析,结果显示全省平均年降水集中度和汛期降水集中度均呈减小趋势,年降水集中度以 0.009/10 年的速度减小,汛期降水集中度以 0.014/10 年的速度减小,汛期降水集中度减小的趋势明显。

由图 1b 可见,全省平均降水集中期历年平均值为 40.953 候,通常集中在 7 月下旬,极小值为 37.697 候(2005 年),极大值为 45.221 候(1972 年),年际变化不大,均方差为 1.372 候。汛期降水集中期平均为 40.563 候,极小值为 38.125 候(1997 年),极大值为 42.368 候(1964 年),年际变化比较小,均方差为 1.031 候。

### 3.2 降水集中度和集中期的空间分布分析

图 2 给出了辽宁 1960—2005 年  $C_{PD}$  的平均值和均方差的空间分布。全省台站平均的降水集中度为 0.655,历年平均降水集中度的最大值为 0.725,出现在朝阳市,最小值为 0.603,位于本溪市。全省集中度的空间带状分布明显,辽西为高值中心,辽东为低值中心;以辽河流域为界线,辽河流域以西地区大于 0.70,辽河流域以东地区小于 0.66,这

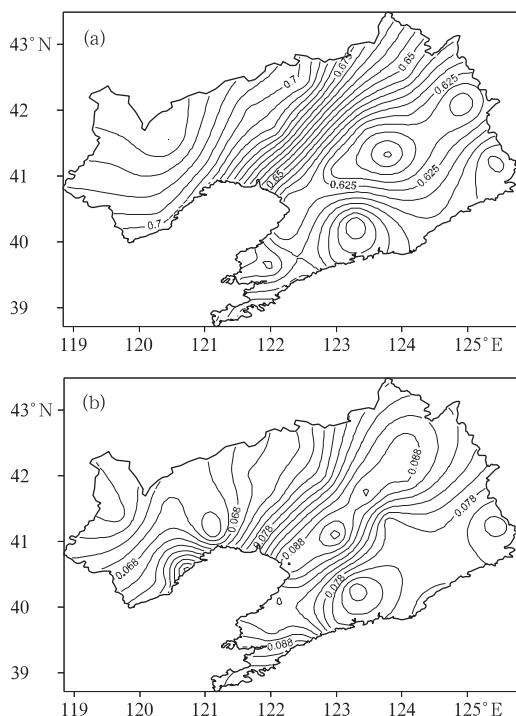


图 2 辽宁省历年降水集中度平均值(a)、均方差(b)的空间分布(1960—2005 年)

与年降水量的全省分布形势正好相反。降水量多的区域降水时间分布相对均匀,而降水少的区域降水反而比较集中,更加剧了辽西少雨地区的干旱形势。

历年汛期平均降水集中度(图略)最大值位于丹东的宽甸,最小值在抚顺的清原,分别为 0.376 和 0.261;强度显然比年降水集中度要小得多。低值中心分别位于东北部的抚顺地区和大连地区;而高值中心位于东部的丹东地区和辽河中下游地区。

全省降水集中期在空间分布上同样具有良好的地带性规律,等值线基本为东北—西南走向。降水集中期平均为 40.953 候,均方差平均为 2.0 候,辽东、辽北及朝阳、锦州地区在 1.8 候以下,其余地区多在 1.9 候以上,台站间差异不大。

汛期历年平均的降水集中期为 39.544~41.345 候,平均为 40.563 候。汛期降水集中期的均方差最小值为庄河的 2.123 候,最大值为熊岳的 2.713 候,变化范围比年值小。

### 3.3 降水集中度空间分型

将辽宁省降水集中度的资料标准化后进行 EOF 展开分析,表 1 给出了前 8 个特征向量的方差贡献率和累积贡献率。前 3 个特征向量的方差贡献率达 70%,基本上代表了辽宁省降水集中度的整体空间分布类型,其余特征向量方差贡献均较小,不再进行分析。

表 1 前 8 个特征值各自的方差贡献率

序号	第一	第二	第三	第四	第五	第六	第七	第八
特征值	12.2968	3.4387	1.8897	1.3406	1.1603	0.9093	0.602	70.4886
贡献率/%	49.19	13.75	7.56	5.36	4.64	3.64	2.41	1.95
累积贡献/%		62.94	70.50	75.86	80.50	84.14	86.55	88.51

图 3 为第一、二特征向量空间及其对应的时间序列分布图。第一特征向量所代表的空间分布类型显示全省变化一致,即降水量在年内分配上要么是全省普遍集中,要么是普遍相对均匀;可见全省虽然地形差异很大,但受大尺度天气、气候系统影响是一致的。本空间型解释方差将近 50%。第一典型场等值线基本呈东北—西南走向,中部平原高,

东部和西部山区低,具有明显的高值中心,高值中心位于沈阳市。第一特征向量对应的时间系数存在明显的年代际变化特征,1994 年为最大值,达到 1.714;最小值出现在 2000 年,为 -2.7291。1960 年代到 1970 年代中期为正值区;1980 年代到 1990 年代正负值基本相间出现;1999 年以后时间系数处于明显的负值区。第二特征向量所代表的空间

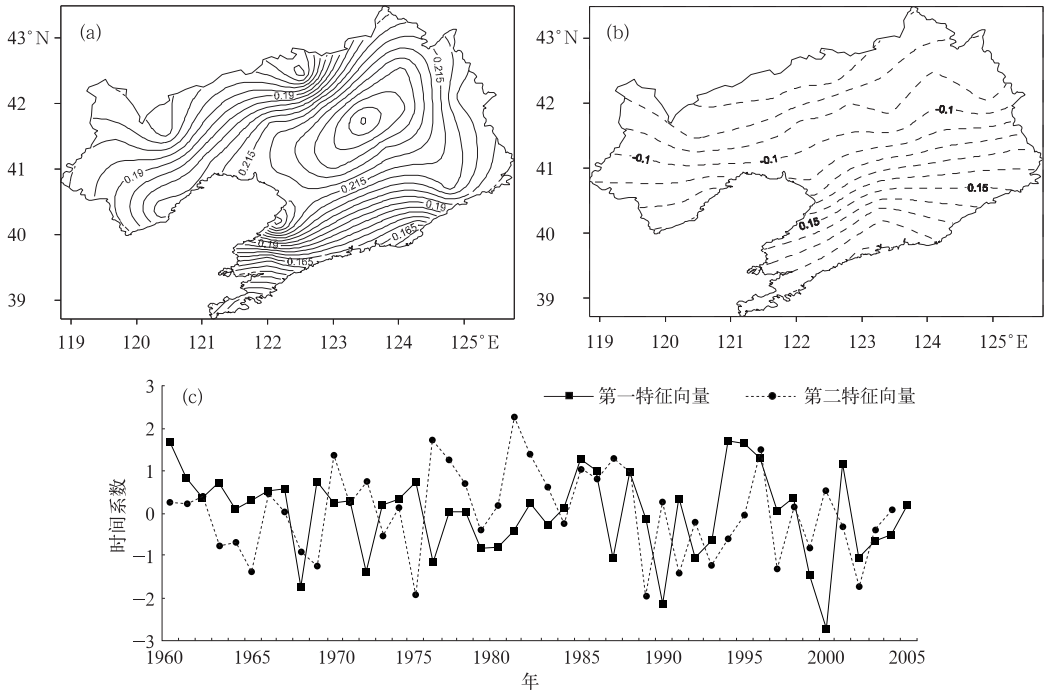


图 3 第一(a)、二(b)特征向量空间分布及其对应的时间系数(c)

布类型的等值线也基本呈东北—西南走向,东南与西北呈反相,说明南北集中程度相反,东南集中西北均匀或者东南均匀西北集中,0 值线大致位于新宾县—本溪县—海城市—大石桥市一线,这与辽宁省降水量分布相一致。第二特征向量反映了季风环流对降水集中程度的影响。第二特征向量所对应的时间系数年际变化也较为明显:1960 年代正负值基本相间出现;1970 年代和 1980 年代基本表现为正值;1999 年以后多为负值。第三特征向量(图略)所代表的空间分布类型的等值线分布为东部山区为低值中心,西部和沿海地区为高值区,说明东部山区与西部和沿海地区集中程度相反,0 值线大致位于辽河流域一线。第三特征向量反映了地形和地理位置对降水集中程度的影响。第三特征向量所对应的时间系数年际变化仍然较为明显:1960 年代基本表现为正值,1970 年代以后正负值基本相间出现。

#### 4 降水集中度和集中期的合成分析

采用合成分析法,分别对辽宁省 1960—2005 年年降水量最多和最少的前 5 年进行合成。多水年依次为:1964、1985、1994、1995、1986;少水年依次为:1999、2000、1989、1965、2002。图 4 为多水年和少水年平均  $C_{PD}$  的空间分布图:①多水年的降水集中度比少水年的要大。多水年的集中度平均为 0.718,84% 以上的台站降水集中度在 0.7 以上;而少水年的集中度平均为 0.596,96% 以上的台站降水集中度在 0.7 以下。多水年的降水集中期和少水年的降水集中期差别不大(图略)。多水年的集中期平均为 41.01 候,少水年的集中期平均为 40.95 候。②多水年的降水集中度空间分布类型较少水年复杂:除了辽河流域一带呈东北—西南走向带状分布外,基本为环状分布,辽西地区为高值中心;

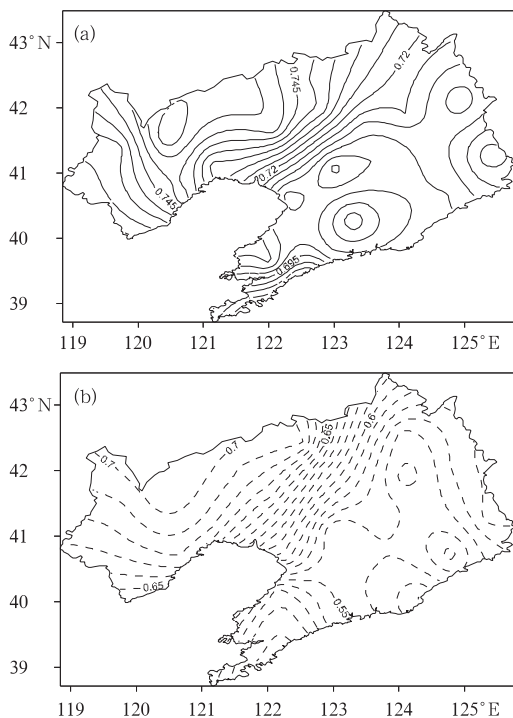


图 4 辽宁省多水年(a)和少水年(b)的  $C_{PD}$  (阴影)和  $C_{PP}$  (等值线)合成图  
 $C_{PD}$ 为无量纲量; $C_{PP}$ 的单位为候

少水年的降水集中度在辽河流域及以西地区等值线密集,呈带状分布,等值线为东北—西南走向,而辽河流域以东地区形成多个低值中心。多水年降水集中期呈鞍型分布,东北和西部地区为低值区,西北部 and 南部地区为高值区;而少水年则要相对简单,东部山区呈环状分布,辽河流域及以西地区呈带状分布。

## 5 结 论

采用降水集中度和集中期能够定量描述

降水量在时空分布上的非均一性,可以较理想地分析辽宁省降水的基本特征。

降水集中度历年平均值为 0.655,但降水集中度年际变化较大,具有比较明显的波峰、波谷周期性变化。汛期降水集中度平均为 0.332,降水变化相对均匀。降水集中期历年平均值为 40.953 候,且台站间差异不大。

年降水集中度和汛期降水集中度均呈减小趋势,汛期降水集中度减小的趋势明显。

降水集中度的第一特征向量表现为全省集中程度的同步性,即全省降水要么都比较集中,要么都比较均匀,等值线呈现东北—西南走向,该向量的方差贡献高达 49.19%。第二特征向量表现为东南和西北反相,该向量的方差贡献为 13.75%。第三特征向量表现为东部山区与西部和沿海地区集中程度相反,该向量的方差贡献为 7.56%。

辽宁省多水年和少水年降水集中度和集中期的空间分布进行比较,多水年的集中度大于少水年,降水集中期差别不大。

## 参考文献

- [1] 孙风华,袁健. 辽宁省近 50 年降水序列变化规律及干旱预测[J]. 气象,2004,30(6):32-35.
- [2] 汪秀清,陈长胜,石大明等. 东北区夏季多雨年水汽异常输送特征[J]. 气象,2005,31(9):44-47.
- [3] 安刚,孙力,廉毅. 东北地区可利用降水资源的初步分析[J]. 气候与环境研究,2005,10(1):132-139.
- [4] 张录军,钱永甫. 长江流域汛期降水集中程度和洪涝关系研究[J]. 地球物理学报,2004,47(4):622-630.