

对我国年、季大气干旱指数 的气候跃变分析*

江剑民

刘 荣

(北京气象学院, 100081) (山西省气象台, 太原 030006)

近来,严中伟等^[1]利用 COADS 及我国的观测资料,分析指出了北半球夏季自北非、印度、我国中部至日本一带,在 60 年代出现了降水突发性减少的气候跃变。作者曾分析过近 30 多年来我国的年度大气干旱指数及其年际变化,指出我国大陆长江以北的变化趋势,与 Sahel 地区、英格兰中部及爱尔兰的夏季降水变化相类似^[2]。

本文应用旋转主分量(RPC)分析^[2]和两子样本平均值差异的 t 检验、Yamamoto等^[3]、文献[1]设计的气候跃变判据,以及 Mann-Kendall 秩和检验^[4]等方法,对我国大陆冬、夏两季和年度大气干旱指数,分析 60 至 70 年代中气候跃变的地区分布,并着重指出上述气候跃变现象不仅在夏季,而且在我国北方的冬季和年度都有明显的表现。

1 干旱指数的区域划分

本文所采用的各测站逐月及年度大气干旱指数、旋转主分量分析,以及区域干旱指数的计算公式及其意义,与文献[2]相同,这里不再重述。各测站冬季干旱指数取前一年11月至当年2月间逐月干旱指数的合计值;夏季指数则取当年5至8月的合计值。

所取资料站点与文献[2]的差别仅在于删去了牡丹江和绵阳两站, 替补上长春和拉萨两站。用 100 个测站 (参见图 1 a) 1951 年 10 月至 1987 年 9 月间的数据, 分别构成冬、夏、年度三个资料矩阵 $_{100 \times 3} X_{1950}$ 。

在计算出它们各自的经验正交函数(EOF)分解后,按累积方差贡献达到 90%的标准,对冬季

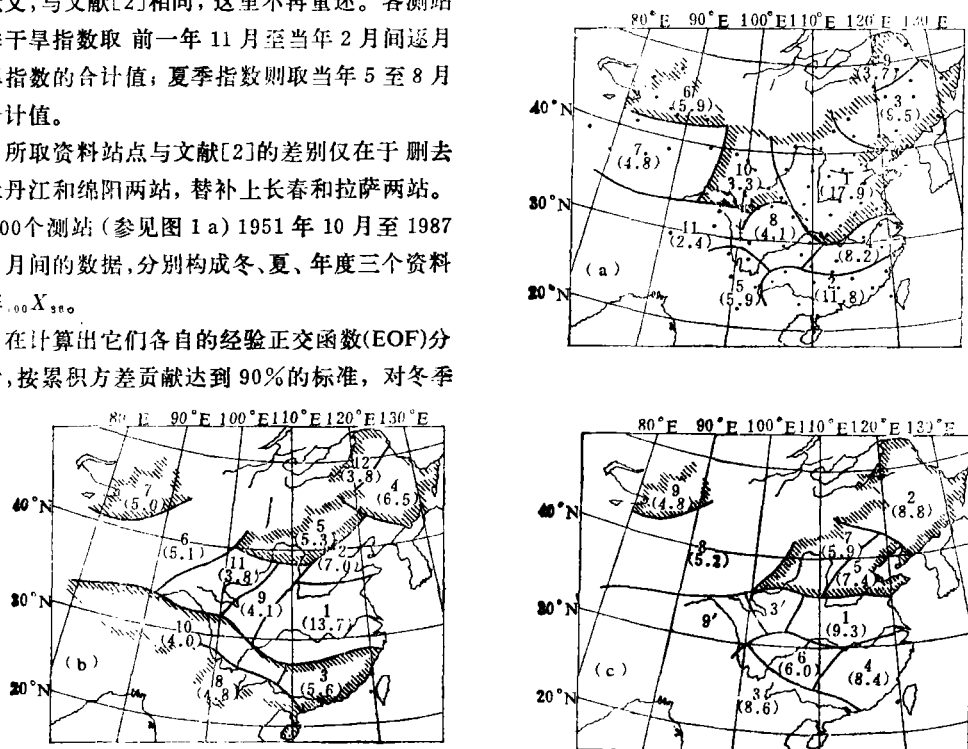


图 1 冬季(a)夏季(b)年度(c)大气干旱指数的RPC主要高荷载区域划分图

* 1991年4月15日收到原稿, 1991年8月9日收到修改稿。本研究得到国家自然科学基金部分资助。

和年度指数取前 19 项、夏季取前 21 项特征向量进行正交变换,分别求解得到各自的 RPC 荷载向量。最后分别选取前若干分量荷载绝对值大于或等于 0.40 的高荷载区,各自综合填绘在图 1 上,作为我国大气干旱指数区域划分的结果。图中各区域内的数码表示分量序号及其中心位置,括号内数字表示该分量的相对方差贡献(%),右上角徽号表示相应的高荷载区。图 1a 中的点代表 100 个测站位置。从图中可见,冬季前 11 项分量的累积方差贡献达 77.7%,夏季前 12 项、年度前 9 项分量的累积方差贡献 各为 68.9% 和 64.4%。其中夏季的方差贡献收敛较慢,是降水过程局地性较强的反映。同时,前 4 或 5 项分量的高荷载区域,都集中在大陆的东部,其间的分界线大都呈东西向带状分布。这些特点,尤其是夏季(图 1b)的分区,与国家气象中心长期预报科对全国月降水量所作的经验分区(参见文献[5]图 2)相当接近。只不过本文是对季节合计值的分析,而且含有气温因素,不难理解会比以月降水量与主要对象所作的划分稍粗略一些。

2 区域指数的气候跃变分析

图 2 给出了各区域干旱指数的标准偏差逐年演变。其中一些区域表现出 50 年代多雨湿润,而 70 年代以来少雨干旱的变化趋势,这正是下文分析的主要对象。

对 10 至 20 年左右时段的气候跃变进行检测的一类常用判据,是来源于两个样本平均值之差异是否显著的 t 统计检验方法^[3]。当两子样本单元数目 $n_1 \neq n_2$ 时, t 统计量的计算公式取作^[6]:

$$t = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) \cdot \{n_1 \cdot n_2 \cdot (n_1 + n_2 + 2)\}^{1/2} \cdot \{(n_1 - 1) \cdot s_1^2 + (n_2 - 1) \cdot s_2^2\}^{-1/2} \cdot (n_1 + n_2)^{-1/2}$$

其中 $\bar{x}_1, \bar{x}_2$ 及 s_1, s_2 分别为两子样本的平均值和均方差的无偏估计值。

考虑到上述在早期 50 年代与后期 80 年代间气候上的明显差异,我们在保持 $n_1 + n_2 = 35$ 年的前提下,将分隔前后两段子序列的标志年代,从 1962 年至 1977 年间逐年推移,对其前后两段时期的区域干旱指数子序列平均值之差,应用上式进行统计显著性检验。由数理统计表^[6]内插可知临界值 $t_{0.05} = 2.036$, 及 $t_{0.01} = 2.735$ 。

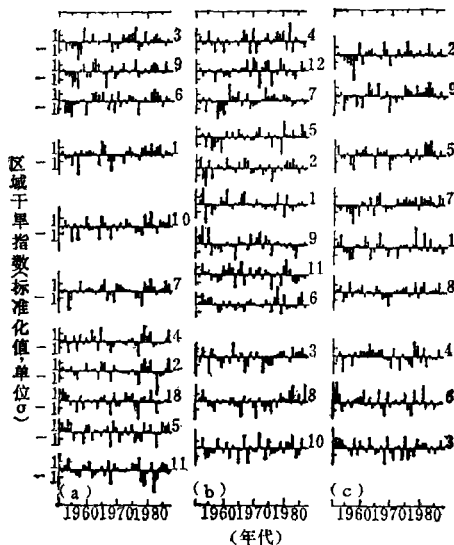


图 2 各区域干旱指数标准偏差年际变化图
(a 冬季, b 夏季, c 年度)

首先对每个区域指数作初步的定性检验。为削弱局部地区个别年代的瞬变影响,对每个区域指数序列作三点加权(权重顺序为 0.25, 0.50, 0.25)滑动平均处理,再检验分辨出哪些区域表现出统计显著性的平均值跃变现象。结果得到,冬季(见图 1a)中比较明显的跃变现象出现在大陆东部长江流域以北(1, 3, 9 区),黄河流域中上游(10 区),以及新疆北部(6 区)。夏季(见图 1b)中,出现在我国东北(4, 12 区),华北北部(5 区),新疆北部(7 区),以及大陆南部(3, 8, 10 区)。年度(见图 1c)的区域指数跃变现象集中在东部黄河以北(5, 7, 2 区)及新疆北部(9 区)。图 1 中用附加斜影线表示了从其所在区域一侧到国界线间所包围的地区,是出现气候跃变的范围。夏季大陆中部没有检验出显著的跃变,而北部和南部出现了跃变现象,主要是由于 80 年代雨量变化所决定(见图 2b),而文献[1]的分析时段尚未涉及到的缘故。

然后,分别计算冬、夏及年度上述所有出现跃变地区范围内全部测站的干旱指数平均值(等权重、无滑动平均处理)。图 3 是其标准化偏差逐年演变图。对这三个序列进行 t 统计量计算和检验,结果得到,1972、1976 和 1973 年分别是冬、夏、年度序列显著性检验 t 统计量的最高峰值。图 3 中零值线上、下方

的横细实线表示该子序列的平均值,虚线表示 $\alpha=0.01$ 信度下,两子序列平均值之差的临界范围,其正、负值大小是按比例估算的。1962年是三序列显著性检验 t 统计量的第二个峰值。

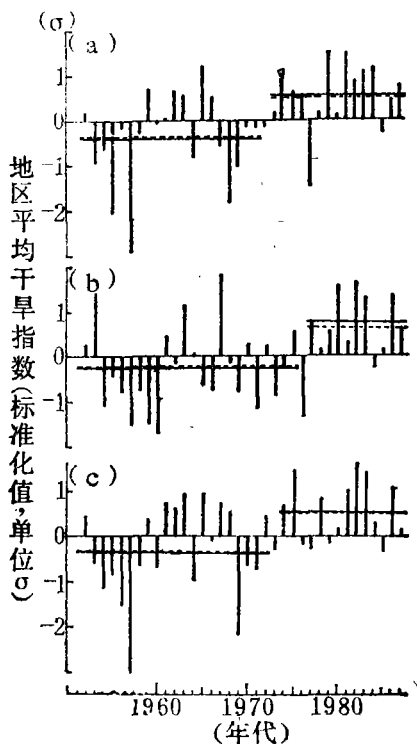


表 1 1972—1976年及1962年前后,
干旱指数出现跃变的显著性统计检验判据值

	标志 年代	$ t $ 值	$ t /t_{0.05}$	$ t /t_{0.01}$	$(S/N)_{0.05}$	$J_{0.05}$	MK
冬	1972,	3.02	1.48	1.10	1.03	1.11	显著
夏	1976,	3.18	1.56	1.16	1.20	1.08	显著
年度	1973,	2.74	1.34	1.00	1.00	0.99	显著
冬	1962,	2.32	1.14	0.85	0.72	0.87	不显著
夏	1962,	2.18	1.07	0.80	0.70	0.81	不显著
年度	1962,	2.72	1.34	0.99	0.83	0.93	不显著

* 表中 J 值是对序列进行5年滑动平均处理后计算得到的。

图 3 冬季(a)1,3,6,9,10区,夏季(b)3,4,5,7,8,10,12区,年度(c)2,5,7,9区中所有测站的平均干旱指数标准化偏差逐年演变图

表 1 列出了对这两个跃变标志年代计算得到的 t 统计量绝对值,比率 $|t|/t_{0.05}$ 及 $|t|/t_{0.01}$ 。同时也列出了按 Yamamoto 等^[3]设计的气候跃变判据信噪比 $(S/N)_{0.05}$ 值、严中伟等^[1]设计的判据 J 值,以及 Mann-Kendall 秩和检验^[4]结果(见表中 MK 栏),以资比较。表中比率 $|t|/t_{0.05}$ 是为便于比较,也按比值1.0作为检验的临界值来考虑。由表 1 可见,依据 t 统计量置信度 $\alpha=0.05$ 的显著性检验,无论对冬、夏或年度的两次跃变标志年代,在相应地区范围都通过了显著性统计检验,而其它三种检验结果都只有在 1972,1976 或 1973 年表现出达到或接近气候跃变的程度,与 t 检验方法信度 $\alpha=0.01$ 的水准相当。

3 结 语

(1) 我国大陆北部,不仅在夏季,而且在冬季和年度大气干旱指数变化上,都表现出 70 至 80 年代明显偏旱,与 50 年代的多雨湿润有显著差异。气候跃变的标志年代主要在 1973 年前后。大陆南部的夏季,在 70 年代后期至 80 年代也出现了持续偏旱的趋势。

(2) 我国大陆中部的夏季,在 60 年代至 70 年代早期曾是持续偏旱,但随后又出现了相对湿润或正常状态。

(3) 本文实例计算表明,若取信度 $\alpha=0.01$ 时两子序列平均值差异的 t 统计量显著性检验的水准,与信度 $\alpha=0.05$ 时的 Mann-Kendall 检验、Yamamoto 等设计的信噪比 (S/N) 判据及严中伟等设计的 J 判据等,是大致相当的。

参考文献

- [1] 严中伟等. 60年代北半球夏季气候跃变——I 降水和温度变化. 中国科学, B辑, 1990, (1): 97—103.
- [2] 江剑民. 我国大陆干旱指数及其年际变化. 大气科学, 1991, 15(1): 43—52.
- [3] Yamamoto R, et al. An analysis of climate jump. J Meteor Soc Japan, 1986, 64(2): 273—281.
- [4] Goossens C, Berger A. How to recognize an abrupt climatic change? In Berger W H and Labeyrie L D (eds). Abrupt Climatic Change. D. Reidel publishing company, 1987. 31—35.
- [5] Chen Longxun, et al. The interannual oscillation of rainfall over China and its relation to the interannual oscillation of the air-sea system. Acta Meteorologica Sinica, 1990, 4(5): 598—612.
- [6] 中国科学院数学研究所概率统计室编. 常用数理统计表. 科学出版社, 1974, 100—108.

AN ANALYSIS OF THE CLIMATE JUMP ON SEASONAL AND ANNUAL ATMOSPHERIC DROUGHT INDEXES OVER CHINA

Jiang Jianmin

(Beijing Institute of Meteorology, 100081)

Liu Rong

(Shanxi Meteorological Observatory, Taiyuan 030006)

Abstract

After the regionalization of the winter, summer and annual Atmospheric Drought Indexes (ADI) over China based on the data of monthly precipitation and monthly mean temperature with the orthogonally Rotated Principal Component(RPC) analysis, the Student's "t" test and other statistic tests were applied to the subsamples of the regional ADI over a time span of 1—2 decades. It was emphasized that abrupt changes were also significant for the winter and annual ADI in the northern part of China besides for the summer.