

华南近五百年旱涝的统计特征与周期分析

郭英琼 陈创买 朱天庆

(中山大学大气科学系, 广州 510275)

摘要 利用华南地区 14 站的旱涝指数资料, 统计分析了全华南及其东部、西部、南部和北部 5 个区域的旱涝时空分布特征和各站旱涝振荡周期.

关键词 华南地区, 旱涝, 周期

分类号 P 444

关于我国近 500 年来旱涝的变化已有不少学者进行了研究^[1~4]. 本文选择华南地区的 14 个站为研究范围. 旱涝等级资料选自文献 [2], 时段 1470~1979 年, 容量 510 年. 旱涝等级共分 5 级, 1 级表示涝, 2 级偏涝, 3 级正常, 4 级偏旱, 5 级旱. 并探讨了涝 (1~2 级)、正常 (3 级)、旱 (4~5 级) 时各站、各区 (华南区、东、西、南、北以 24°N 112°E 为分界) 随时间变化的特征以及各站的显著周期.

1 计算方案

为进行旱涝问题的研究, 把选取的地区分为 5 个区域. 东区包括郴州、赣州、永安、韶关、漳州、广州、汕头等 7 站; 西区包括柳州、桂林、海口、南宁、湛江、梧州、百色等 7 站; 南区包括海口、南宁、湛江、梧州、百色、广州、汕头等; 北区包括柳州、赣州、永安、韶关、漳州.

1.1 气候频率的计算^[5]

(1) 对 510 年的旱涝分 5 级及 (1~2, 3, 4~5 级) 逐年、第 100 年进行计算.

(2) 各等级总频率. 旱: $\bar{p}_{d_j} = \sum_{i=1}^{510} (n_{4ji} + n_{5ji}) / N_j$; 涝: $\bar{p}_{w_j} = \sum_{i=1}^{510} (n_{1ji} + n_{2ji}) / N_j$, ($j=1, 2, \dots, 14$ 站及 5 个区).

(3) 概率标准误差. $W_p = \sqrt{\bar{p}q/n}$, 其中 p 为总频数, $q=1-p$, n 是各自统计时的总数.

(4) 概率 (95%) 置信区间计算. $\bar{p} - 1.96W_p \leq P \leq \bar{p} + 1.96W_p$.

(5) 连旱、连涝的频数计算及统计. 凡 1 或 2 级连续出现统计为连涝; 凡 4 或 5 级连续出现统计为旱.

1.2 功率谱计算^[6]

(1) 各站从 1470~1979 年 (510 年) 资料, 其最大落后数 $m=88$.

(2) 自相关函数计算:

$$r(f) = \sum_{i=1}^{n-f} \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s} \right) \left(\frac{x_{i+1} - \bar{x}}{s} \right) / (n-f)$$

其中, $f = 1, 2, \dots, m$;

(3) 计算平滑功率谱: 选取帕仁窗 (Parzen window)

$$D(f) = \begin{cases} 1 - 6 \left(\frac{f}{m} \right)^2 \left(1 - \frac{f}{m} \right) & f = 0, 1, 2, \dots, m/2 \\ 2 \left(1 - \left(\frac{f}{m} \right) \right)^3 & f = (m+1)/2, \dots, m \\ 0 & f > m \end{cases}$$

其中, $D(0) = 1, D(m) = 0$

$$\tilde{G}(k) = 2 \left[r(0) + \sum_{f=1}^{m-1} r(f) D(f) \cos \left(\frac{ck}{m} f \right) \right] \quad (k = 0, 1, 2, \dots, m)$$

(4) 功率谱检验: $T = 0.05$

$$r_c(1) = (1.196(n-2)^{1/2} - 1) / (n-1)$$

$$r(1) \geq r_c(1) \quad \text{检验谱采用红噪声谱;}$$

$$r(1) < r_c(1) \quad \text{检验谱采用白噪声谱;}$$

$$\text{红: } G_k = \bar{G} \left[(1 - r^2(1)) \left(1 + r^2(1) - 2r(1) \cos \left(\frac{ck}{m} \right) \right) \right]$$

$$\text{白: } G_k = \frac{1}{2m} \left[\tilde{G}(0) + \tilde{G}(m) \right] + \frac{1}{m} \sum_{f=1}^{m-1} \tilde{G}(f) \quad k = 0, 1, 2, \dots, m$$

$$G_k / G_k = x^2 / \nu \quad \text{自由度 } \nu = (2n - 3m/2) / m$$

采用白时: $G_k > \bar{G} x^2 / \nu$, 谱显著; 采用红时: $G_k > \bar{G} x^2 / \nu$, 谱显著.

(5) $T_L = 2m / L$. 其中, L 为波数.

2 旱涝变化的统计特征

旱涝变化的计算是对各站、各区、每 100 年、每 510 年的旱涝等级的概率进行的.

2.1 各站、各区各历史时期的气候特征

随着时代的推移, 每个站、旱涝情况是不尽相同的. 其中梧州、百色、桂林、南宁、赣州 5 站以好年景为主; 柳州、郴州只在近 100 年才出现涝灾, 其余历史时期均为好年景; 漳州恰巧相反, 只在近 100 年才出现好年景, 其余历史时期均出现涝灾; 广州历史上基本上是受涝灾威胁, 只在近 100 年才出现好年景; 韶关早在 15 世纪出现过旱涝以外, 其余均是好年景; 其余站均不同程度地受旱、涝的长期控制. 正常及旱涝严重期特征见表 1.

表 1 正常及早涝严重站的历史变化表

项目	1470~ 1569			1570~ 1669			1670~ 1789			1770~ 1869			1870~ 1979		
	N_{1+2}	N_3	N_{4+5}	N_{1+2}	N_3	N_{4+5}	N_{1+2}	N_3	N_{4+5}	N_{1+2}	N_3	N_{4+5}	N_{1+2}	N_3	N_{4+5}
桂林		73			61			67							50
郴州	47														
赣州			28												50
广州				52		37	47								
海口									40			39	47		
汕头											57				
百色												70			

2.2 分区频率特征 (每 100 年)

由表 1 看到华南区, 以 24°N 为界的南、北区, 以 112°E 为界的东、西区随时间变化是各有特色的, 为便于分析列出表 2, 并归纳分析如下:

表 2 各历史时期各区各级旱涝频率分布

项目	1470~ 1569			1570~ 1669			1670~ 1789			1770~ 1869			1870~ 1979		
	$N_{\pm 2}$	N_3	$N_{\pm 5}$	$N_{\pm 2}$	N_3	$N_{\pm 5}$	$N_{\pm 2}$	N_3	$N_{\pm 5}$	$N_{\pm 2}$	N_3	$N_{\pm 5}$	$N_{\pm 2}$	N_3	$N_{\pm 5}$
总区	459	643	298	505	560	335	449	600	351	500	549	351	519	521	500
东	308	233	159	291	211	198	267	230	203	308	229	163	252	250	268
西	151	410	139	214	349	137	182	370	148	192	320	188	267	271	232
南	216	322	162	265	257	178	241	265	194	271	218	211	267	244	259
北	243	321	16	240	303	157	208	335	157	229	331	140	252	277	241

(1) 各区涝旱、正常变化特征. 总区: 各时期以好年景为其主要特征. 东区: 历史上以涝为主, 随时间推移, 旱情有增加趋势, 特别在近 100 年旱情超过涝情. 西区: 以好年景为主, 近百年旱、涝影响加强. 南区: 近 200 年, 涝情上升. 北区: 以好年景为主, 近 100 年涝、旱情趋于上升.

(2) 旱、涝灾情在历史上时期最严重阶段的分布特征. 涝: 由表 2 可见在历史上, 1770 ~ 1869 年间涝情较为严重, 分布站点广, 频数高, 最高的站点汕头在 100 年内高达 57 次之多, 这是历史上罕见的 (图见 1).

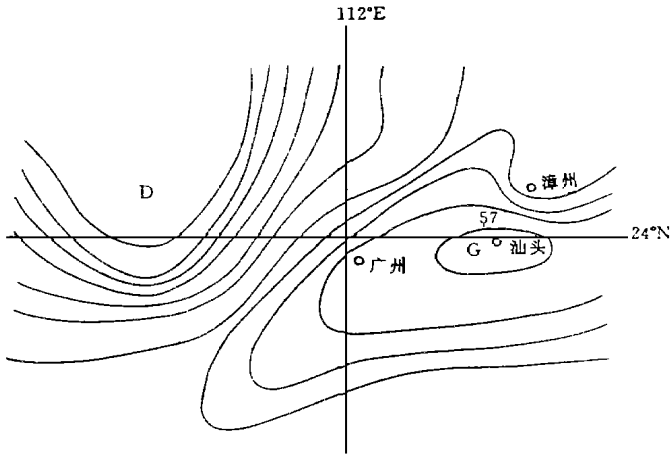


图 1 华南地区 1770~ 1869 年涝情分布图

旱: 由表 2 分析可知, 1870~ 1979 年的 100 年与上几百年比较, 旱情最为严重, 频数高, 站点分别在漳州、郴州、海口分别是高值点, 依次是 50、41 和 45, 连最低频数的站市桂林, 旱情频数也高达 22 次 (100 a 内).

(3) 总区随年代变化有如下特征. 1470~ 1569 年: 旱情较涝情缓和; 1570~ 1669 年: 旱、涝情较前有上升趋势; 1670~ 1769 年: 涝情缓和下来, 年景较好; 1770~ 1869 年: 涝情较前上升, 年景较差; 1870~ 1979 年: 涝情同前, 且旱情剧增.

2.3 连旱 连涝频率统及其特征

1470~ 1979年各站各区连旱 连涝最长时间以及最高次数列于表 3, 连涝最严重的年份出现在 1770~ 1869年; 连旱最严重的年份是 1870~ 1979年.

表 3 华南 1470~ 1979各站连旱、连涝的最长时间和最高次数

测站	桂林	柳州	梧州	百色	南宁	海口	湛江	永安	韶关	郴州	漳州	赣州	汕头	广州	
最长 时间	涝 旱	6 3	5 5	9 6	4 6	4 7	6 9	6 6	7 3	4 5	6 8	5 8	6 5	9 7	9 8
最高 次数	涝 旱	5 5	4 5	9 6	4 5	4 4	8 5	9 6	9 4	9 6	6 9	10 7	9 8	9 4	9 7

3 旱、涝周期分析

通过功率谱计算, 以大于 95%的把握程度, 结合谱检验寻找出华南区各站点存在不尽相同的旱、涝指数周期, 呈现了一定的规律特征的, 一般东部周期较短, 西部周期长. 例如, 湛江的旱涝指数周期长达 25.14年, 柳州的旱涝指数周期长达 29.33年, 尤以百色站的旱、涝指数周期为最长, 达 58.67年. 东北部的韶关最长也只是 9.87年. 而广州、汕头、赣州等就存在 2~ 3年不等的较短的周期了. 由于东区站点的旱涝指数周期短, 频率高, 旱、涝灾害的影响是频繁的. 相反, 西北部的旱、涝周期长, 频率低. 所以, 由于旱、涝造成灾害的影响远少于东部地区 (表 4).

分析结果表明华南地区, 旱、涝灾害多发生在东、南区; 涝情严重的年代是 1770~ 1869年间; 旱情最严重的年代是 1870~ 1979年间.

旱、涝指数周期显著者 2~ 5年普遍存在 (9/14), 西区站能找到长达 25~ 58年不等的长周期.

表 4 华南地区 510年旱涝指数振荡周期一览表¹⁾

项目	显著周期 (* $\geq 95\%$)	标准样本谱型
永安	5.68, 4.63, 4.40, 4.29	白噪声谱
韶关	9.78	红噪声谱
郴州	2.20*, 2.23*	红噪声谱
漳州	4.63	红噪声谱
赣州	2.29*, 2.26	白噪声谱
汕头	2.59, 2.51	红噪声谱
广州	2.38	红噪声谱
梧州	5.03, 4.89, 4.76*, 4.63, 2.98	红噪声谱
百色	58.67, 44.00*, 35.00*, 29.33*	红噪声谱
南宁	44.00, 35.00, 29.33*, 25.14*, 2.71, 2.76, 2.48	红噪声谱
海口	44.00, 35.20, 4.63, 2.35, 2.32*, 2.29	红噪声谱
湛江	25.14, 22.00, 19.56, 2.51*, 2.48*, 2.44, 2.00	红噪声谱
桂林	8.80, 8.38, 5.18, 5.03*, 2.00	红噪声谱
柳州	29.33*, 5.03, 2.12	红噪声谱

1) 起止年份为 1470~ 1969年, 资料长度为 510年, 最大落后数为 88 m

参 考 文 献

- 1 竺可桢. 中国近五百年来的气候变迁初步研究. 中国科学, 1973, 2
- 2 中央气象局气象科学研究所主编. 中国近五百年旱涝分布图集. 北京: 地图出版社, 1983
- 3 龚高法. 历史时期气候变化研究方法. 科学出版社, 1983
- 4 柳又春. 中国低纬度地区近五百年之旱涝变化特征. 见: 气候学研究. 北京: 气象出版社, 1988
- 5 么枕生. 气候统计. 科学出版社, 1963
- 6 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法. 北京: 气象出版社, 1990

The Statistical Characteristics and Periodic Analysis of the Dryness and Wetness in Last 500 Years in South China

Guo Yingqiong^{*} *Chen Chuangmai* *Zhu Tianqing*

Abstract Using the information of the dryness and wetness grade index for 14 stations in southern China, the characteristics of distribution of space-time of the dryness and wetness in follow five regions the whole south China, the east, the west, the south, and the north, and the oscillation periods of dryness and wetness in various stations have been analysed.

Keywords southern China, dryness and wetness, periods

^{*} Department of Atmospheric Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China