

黄山地区汛期(5—9月)降水时空特征

刘裕禄 许柏林 许剑勇

(安徽省黄山市气象台,245021)

提 要: 用谱分析、连续小波变换和经验正交(EOF)分解分析了黄山地区近45年来汛期(5—9月)降水序列时空分布特征。结果表明:黄山地区整体上都有3~4年和16~20年旱涝显著周期,另外其西北部还有10年左右旱涝周期,目前黄山地区正处于45年来第三个干旱期中。从EOF分解的空间第一模态看出,黄山地区降水空间分布与黄山山脉走向紧密相连,并可分为中西部型、南部型、东北部型三个主要类型。
关键词: 功率谱 小波分析 EOF 滑动平均

Spatial-Temporal Characteristics of Precipitation in Flood Season in Huangshan Mountains

Liu Yulu Xu BaiLin Xu Jianyong

(Huangshan Meteorological Observatory, Anhui 245021)

Abstract: The spatial-temporal distribution characteristics of precipitation in the flood season (from May to September) of past 45 years in Huangshan are analyzed with spectral analysis, continuous wavelet transformation and empirical orthogonal function (EOF) decomposition techniques. The results indicated that there are obvious drought/flood cycle about 3- to 4- year and 16- to 20- year in Huangshan as a whole, while there is drought/flood cycle about 10- year in its northwestern region. At present, Huangshan is in the third drought period during the past 45 years. By the first space mode decomposed with EOF, it is found that the spatial distribution of precipitation has close relationship with the orientation of Huangshan mountain. The spatial anomaly of precipitation can be divided into three patterns, i. e., the mid-west type, south type and northeast type.

Key Words: power spectrum wavelet analysis EOF moving-average

引 言

黄山地区地处皖南山区,属亚热带季风

气候,夏季潮湿多雨,梅雨集中,年平均降雨量1700mm左右,其中汛期(5—9月)平均降雨量就有1000mm,汛期又是暴雨频发时期,往往引发严重洪涝灾害和各种地质灾害。由

于黄山山脉贯穿黄山地区,又是新安江流域发源地,山脉南北气候有一定差异,导致汛期降雨不但存在着时间差别,而且雨量常常分布不均,了解其时空分布特点,对于汛期降水短期气候准确预测有深远指导意义。邓自旺等^[1]用傅里叶变换和小波分析方法分析了近 500 年福建汛期旱涝变化特征,谢志清等^[2]用了 EOF 正交分解方法分析了长江三角洲强降水的空间分布状况,本文结合以上两种方法,能更加全面地分析黄山地区汛期降水时空分布。

降水量是研究汛期旱涝重要指标,雨量多少不但影响该地区农业生产,也影响整个黄山地区乃至新安江流域雨水资源和黄山旅游资源。但自 2000 年来黄山地区降雨量偏少,每年都有存在着不同的旱灾,特别是 2005 年主汛期出现干梅现象,引起雨水资源严重缺乏,本文分析认为这是因为黄山地区正处于 10 年干旱周期时期。

1 资料和方法

1.1 资料

选用的资料是黄山市 7 个气象观测站 1961—2005 年共 45 年的逐年汛期(5—9 月)降水资料,在进行谱分析、小波分析及 EOF 正交分解前都先对资料进行距平化处理,地理范围大致为 $29.39 \sim 30.6^{\circ}\text{N}$ 、 $117.2 \sim 118.9^{\circ}\text{E}$ 。

1.2 方法

在分析降水时间特征时先以傅里叶变换为基础进行谱分析,计算降水时间序列的各周期功率谱,从而对序列进行全局性周期分析。

为了更精细说明降水振动周期,小波分析比传统的谱分析方法更加优越,小波技术可以显示出传统频域分析方法一般难以实现的特性,因为小波系数能同时反映时域参数

t 和频域参数 a 的特性(见图 1)。特别小波变换后得到的小波系数过零点可能是气候时间序列上的突变点。文中的小波基(母波)取 Morlet 小波,它是一种复数小波,时频均具有很好的局部性。由式(1)给出:

$$\text{morl}(x) = \exp(-x^2/2)\cos(5x) \quad (1)$$

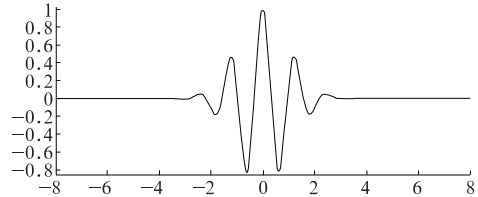


图 1 morlet 小波

连续小波变换有信息冗余,各成份之间不是正交的,如果对降水序列进行 EOF 正交分解,分离出的空间分布结构能清晰表示不同地理区域特征,分离出的时间函数,并对其做滑动平均,也能较清晰反映降水序列的年代及周期变化。

2 时间特征结果分析

2.1 谱分析^[3]

选取 4 个站歙县、祁门、屯溪、太平分别代表黄山地区东南西北各个地区,其 45 年原实际降水序列及其降水功率谱如图 2 所示,在功率谱图上横坐标取为周期,纵坐标为对

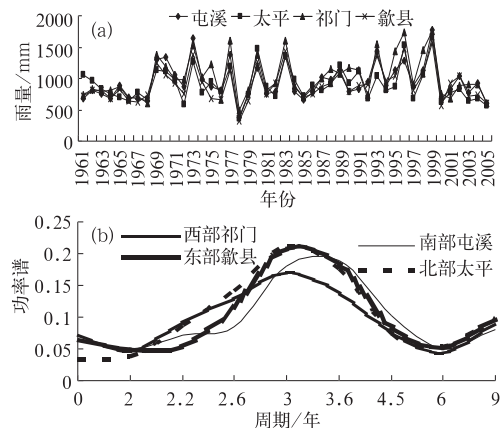


图 2 黄山地区 1961 年到 2005 年 4 个代表站汛期降水序列(a)和其汛期降水功率谱(b)

应的周期谱值(见图 2b)。通过对各站谱值 0.05 显著性检验,所有谱值大于 0.16 的周期是显著的。由此,南部、北部有 3~4 年显著周期,东部、西部有 3 年显著周期。可见黄山地区旱涝变化周期大致相同。

2.2 连续小波分析

谱分析只能从宏观上反映降水序列周期变化,为了更加具体说明汛期降水序列周期

变化,以下采用连续小波分析方法。图 3 是屯溪、太平、祁门、歙县 4 站分别代表黄山南部、北部、西部、东部 45 年汛期降水资料的连续小波变换结果。图中纵坐标为小波变换尺度对应的中心周期,横坐标为年份。

由图 3 可见,从整体上看南部屯溪(a)、北部太平(b)、西部祁门(c)、东部歙县(d)45 年降水小波变换系数都存在着 16~20 年和 10 年左右两个显著周期。

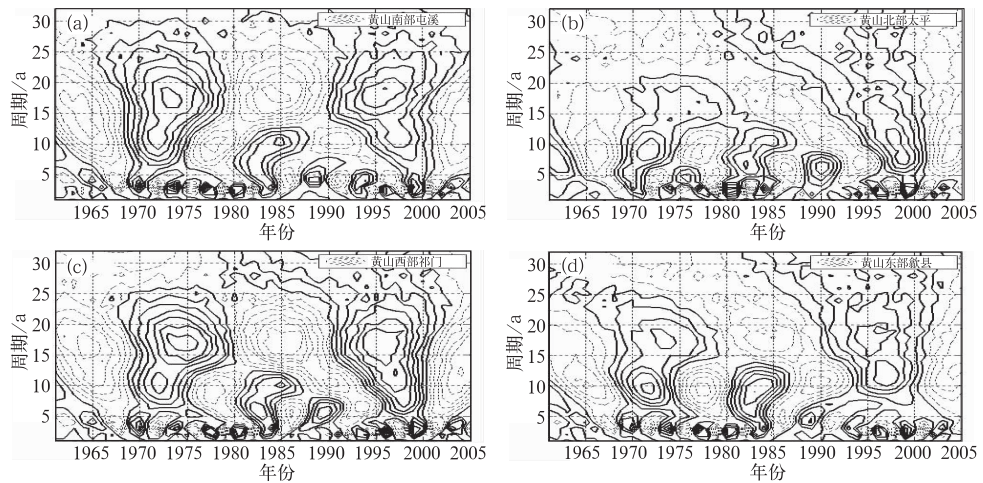


图 3 黄山南部屯溪(a)、北部太平(b)、西部祁门(c)、东部歙县(d)45 年降水小波变换系数 (实线区域表示正系数,虚线区域表示负系数)

从 16 年到 20 年尺度上看,各地小波变换正负系数非常分明,旱涝趋势大致相同,经过了旱—涝—旱—涝—旱 5 个阶段,1970 年代、1990 年代汛期偏涝,1960 年代、1980 年代、2000 年后汛期偏旱,目前黄山地区正处于偏旱期。从极值中心系数大小也可看出随着年代变化旱涝强度也有所不同,各地偏涝强度增大,且黄山西北部祁门、太平明显于东南部歙县屯溪。

从 8 年到 12 年尺度来看,西北部祁门和太平经过了 5 个涝期和 5 个旱期。5 个涝期分别是 1960 年代前期、1970 年代前期、1980 年代前期、1990 年代末期,与 5 个涝期相间的是 5 个旱期;东南部歙县和屯溪与西北部祁门和太平略有不同,经过了 4 个旱期和 3

个涝期分别是 1960 年代、1970 年代中后期、1980 年代后期到 1990 年代中期、2000 年后到今,从 5 到 10 年尺度来看,目前黄山地区也正处于干旱期。

另外,从小于 5 年尺度来看,也存在一些短期的周期信号,各地都存在一些更小尺度比如 2~3 年的旱涝交替。

根据图 3 小波系数极值中心,呈现带状分布,1990 年代前正系数极值中心向小尺度接近,1990 年代后期向大尺度延伸,说明 1990 年代以前旱涝变化频率逐渐加快,1990 年代后旱涝交替变慢。

3 空间特征结果分析

对黄山地区 7 个观测站近 45 年来降水

序列进行 EOF 分解^[4-5]可分别得出时间系数和空间特征向量两部分,时间系数也称为主成分,空间特征向量或称空间模态^[6]。计算各模态值如表 1 所示。因为只有 7 个观测

站,受站点限制,为了看出整个黄山地区空间系数分布,选择 Kriging 插值方式对第一模态进行绘图,如图 4 所示。分离出的第一主成分如图 5 所示。

表 1 各空间模态值

	Eof1	Eof2	Eof3	Eof4	Eof5	Eof6	Eof7
屯溪	0.423	0.377	0.140	-0.574	0.224	-0.371	-0.436
太平	0.381	-0.247	0.524	0.606	0.218	-0.326	-0.179
祁门	0.492	0.222	-0.636	0.268	0.357	-0.214	0.348
歙县	0.391	0.302	0.333	-0.058	-0.587	-0.160	0.556
黄山	0.530	-0.760	-0.056	-0.146	0.026	0.086	0.184
休宁	0.450	-0.003	-0.342	0.229	-0.576	0.193	-0.556
黟县	0.480	0.278	0.264	0.030	0.308	0.795	0.044

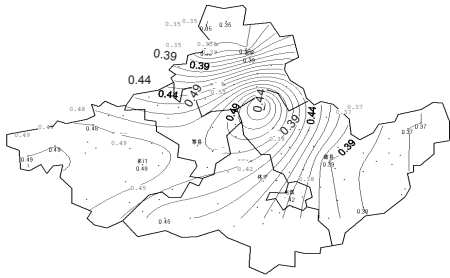


图 4 黄山地区年降水 EOF 分析第一模态空间分布

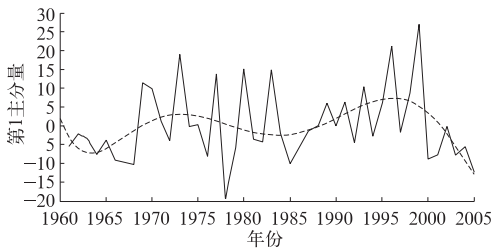


图 5 黄山地区年降水 EOF 分析第 1 主成分 (实线:时间系数,虚线:滑动平均)

第一空间模态方差贡献为 55.29%,空间表现为南北与中西部差异型,降水强度由南北向中西部逐渐增大,这说明黄山地区空间分布最大特点为:年降水量大值区沿黄山

山脉的走向分布,祁门、黄山站空间分布系数分别有一个 0.49 和 0.53 极大值载荷中心,也可说明祁门到黄山一线汛期多暴雨,强降雨正是由黄山地形引起的。与之相反,黄山山脉东部歙县、北部太平分别有一个 0.38 和 0.39 的极小值载荷中心,汛期降水相对而言偏少。南部屯溪空间系数比北部、东部大。近 45 年降水实测可以充分说明这点,中西部 3 个站汛期降水均值祁门 1016mm、黟县为 1047mm、黄山光明顶为 1479mm,而北部太平只有 904mm、东部歙县 903mm、南部屯溪为 940mm。

由此,可将黄山地区汛期降水分为 3 个区:沿黄山山脉走向的中西部降水区、以屯溪站为代表的南部降水区和以歙县太平站为代表的东北部降水区。

降水序列分离出时间系数也即第一主成分,再对其做滑动平均,从而可清晰看出降水序列的年代际变化和周期变化。从年代际变化看,主要表现为 20 年左右的周期振荡:1960 年代主要为负距平,1970 年代为正距平,1980 年代为负距平,1990 年代为正距平,2000 年后又为负距平,与以上小波分析 16~20 年分析结果相同。

4 结 论

时间特征分析方法中,谱分析适宜于全局性分析,总体上黄山地区都有3~4年显著周期;连续小波变换适宜于各局部周期分析,16~20年周期都比较显著,经过了旱—涝—旱—涝—旱5个阶段,西部与北部10年左右旱涝周期表现突出,东部与南部没有明显表现;而EOF正交分解以及滑动平均有助于降水的年代周期变化,黄山地区也同样有20年左右显著周期。这3种方法各有优势,结合运用结果可从不同角度说明黄山地区汛期降水有一定周期。

空间特征分析中,EOF第一空间模态分析得出,黄山地区汛期降水可在空间上分为

中西部、南部、东北部3个主要类型,这与黄山山脉地形分布是紧密相连的。

参考文献

- [1] 邓自旺,高建芸,周晓兰,等.近500a福建汛期旱涝变化特征[J].南京气象学院学报,2005,28(1):9-16.
- [2] 谢志清,姜爱军,杜银,等.长江三角洲强降水过程年极值分布特征研究[J].南京气象学院学报,2005,28(2):271-272.
- [3] 黄嘉佑.气象统计分析与预报方法[M].北京:气象出版社,1989:130-134.
- [4] 赵平,陈隆勋.35年来青藏高原大气热源气候特征及其与中国降水的关系[J].中国科学(D辑),2001,31(4):327-332.
- [5] 周立三.中国农业地理[M].北京:科学出版社,2000:347-364.
- [6] 李兰,王盘兴,陈长胜,等.东北夏季(6—8月)气温异常的时空特征分析[J].南京气象学院学报,2005,28(6):801-806.