

文章编号:1673-8411 (2019) 04-0037-05

# 1958–2018年广西凤山县降水变化特征分析

韦春苗<sup>1</sup>, 覃弼勇<sup>1</sup>, 赖晟<sup>2,3</sup>

(1.河池市气象局, 广西 河池 547000; 2.成都信息工程大学, 成都 610225;

3.中国科学院大气物理研究所国际气候与环境科学中心, 北京 100029)

**摘要:** 利用1958年1月–2019年2月广西凤山县逐月降水量资料, 采用线性回归法及复 Morlet 小波分析了凤山县近 61a 的降水变化特征。结果表明: (1) 凤山县逐月多年平均降水量呈“单峰型”特征, 降水主要集中在 5–8 月, 其中最大月降水量值出现在 6 月份。 (2) 1958–2018 年凤山县年冬春季降水量显著增多。年降水量和季节降量存在 2–8a 准周期变化。

**关键词:** 降水变化; 趋势分析; 周期分析

中图分类号: P 426.6

文献标识码: A

## Analysis on the characteristics of precipitation change in Fengshan County, Guangxi from 1958 to 2018

Wei Chunmiao<sup>1</sup>, Qin Biyong<sup>1</sup>, Lai Sheng<sup>2,3</sup>

(1. Hechi Meteorological Service, Hechi Guangxi 547000; 2. Chengdu University of Information

Technology, Chengdu Sichuan 610225; 3. International Center for Climate and Environmental Sciences, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

**Abstract:** Based on the monthly precipitation data from January 1958 to February 2019 in Fengshan County, the characteristics of precipitation change in recent 61 years in Fengshan County were analyzed by linear regression and Morlet wavelet analysis. The results showed that (1) the monthly average precipitation of Fengshan had a "single peak" feature, the precipitation was mainly concentrated in May to August, and the maximum monthly precipitation appeared in June. (2) In 1958–2018, annual precipitation, spring precipitation, autumn precipitation and winter precipitation in Fengshan County showed an upward trend, and summer precipitation decreased slightly; the trend changes of annual precipitation, summer precipitation and autumn precipitation were not significant, but the trends of spring precipitation and winter precipitation were significant. (3) From 1958 to 2018, the annual precipitation and autumn precipitation in Fengshan had a quasi-periodic change of 2–7 years, the spring precipitation had a quasi-periodic change of 2–8 years, and the summer and winter precipitation had a quasi-periodic change of 2–6 years.

**Key words:** precipitation change; trend analysis; periodic analysis

## 1 引言

凤山县位于广西河池市西部, 地属云贵高原南缘, 处于北纬 24°15′~24°50′, 东经 106°41′~107°17′

之间, 在北回归线以北, 属亚热带季风气候区。每年因降水引发的洪涝、山体滑坡等地质灾害对凤山县的交通、农业等影响较大。针对华南地区降水的研究工作已经开展了很多, 如李耀先<sup>[1]</sup>等曾对广西主汛

收稿日期: 2018-10-03

基金项目: 河池市气象局气象科研计划项目“河池市‘十三·五’期间暴雨质量分析及暴雨预报研究”(201607)

作者简介: 韦春苗(1989–)女, 广西环江县人, 大学本科, 助理工程师, 主要从事气象预报预警工作。E-mail: 877758726@qq.com

期降水量的异常进行诊断分析,涂方旭<sup>[2]</sup>等分析了广西近百年来降水量序列的气候变化特征,广西、广东其他一些气象工作者对其本地的降水气候特征也做了相关研究<sup>[3-13]</sup>,但专门针对凤山县降水的研究较少。文中利用 1958 年 1 月–2019 年 2 月凤山县逐月降水量资料,分析近 61a 凤山县降水变化特征,揭示出近几十年来凤山县降水的变化规律,为凤山县气象防灾减灾和工农业生产提供服务参考。

## 2 资料与方法

### 2.1 资料

采用凤山县气象站 1958 年 1 月–2019 年 2 月的逐月降水观测资料,建立凤山县 1958–2018 年各季、年降水量序列。季节划分:3–5 月为春季,6–8 月为夏季,9–11 月为秋季,当年 12 月至次年 2 月为冬季。

### 2.2 研究方法

采用线性回归法,建立线性回归方程  $y=a+bt$ ,判断降水量在 61a 时间尺度变化趋势。线性回归法的优点在于:可以直观地给出时间序列是否有递增或递减的趋势,并且线性方程的斜率表征了时间序列的平均趋势变化率<sup>[14]</sup>,同时结合非参数 Mann-Kendall

法<sup>[15]</sup>检验变化趋势的显著特征。

运用小波分析法分析凤山县降水量的周期变化。文中所用的小波分析方法为复 Morlet 小波<sup>[16]</sup>,它是由一个平面波经过单位宽度 Gauss 函数调制得到,它的一般数学形式为:

$$\Psi_0(\eta) = \pi^{-1/4} e^{i\omega_0\eta} e^{-\eta^2/2} \quad (1)$$

其中: $\Psi_0(\eta)$  为小波函数, $\eta$  为无量纲时间参数, $\omega_0$  为无量纲频率,为满足容许性条件,即在时间域上函数的均值为 0, $\omega_0=6$ <sup>[17-18]</sup>。小波变换的模和实部是两个重要的变量,模的大小表示特征时间尺度信号的强弱,实部表示不同特征时间尺度信号在不同时间上的分布和位相两方面的信息<sup>[19]</sup>。

## 3 降水变化特征分析

### 3.1 年降水量变化特征

凤山县位于亚热带季风区,全年降水充沛,年降水量多年平均值为 1547.3mm。凤山县逐月多年平均降水量呈“单峰型”特征(图 1),降水主要集中在 5–8 月,峰值在 6 月。汛期 4–9 月降水量为 1283.0mm,占全年降水量的 83%。

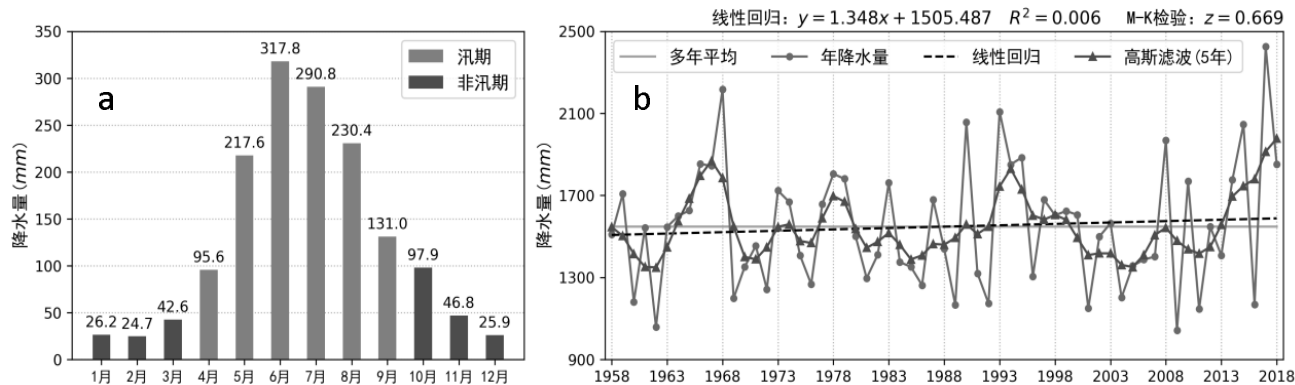


图 1 1958–2018 年凤山县逐月多年平均降水量(a)及年降水量变化趋势(b)

1958–2018 年凤山县年降水量波动较大,呈现震荡变化趋势。凤山县年降水量最少为 2009 年 1041.3mm,最多为 2017 年 2426.2mm。对凤山县年降水量序列进行高斯滤波后可发现:1958–1963 年、1970–1973 年、1975–1976 年、1980–1989 年、2000–2012 年凤山县处于相对少雨阶段,1964–1969 年、1974 年、1977–1979 年、1990 年、1993–1999 年、2013–2018 年处于相对多雨阶段。通过线性趋势分析发现,近 61a 凤山县年降水量呈上升趋势,变化速

率为  $13.4\text{mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$ (图 1b)。Mann-Kendall 趋势检验法的统计量  $Z=0.669 < 1.96$  (显著性  $\alpha=0.05$  的临界值),表明凤山县年降水量存在不显著的上升趋势。

### 3.2 四季降水量变化特征

1958–2018 年凤山县春季(3–5 月)平均降水量为 355.7mm,占全年降水量的 23%,降水偏少,易出现春旱。近 61a 凤山县春季降水呈上升趋势,其变化速率为  $8.3\text{mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$ (图 2a)。Mann-Kendall 趋势检验法的统计量  $Z=2.5 > 1.96$  (显著性  $\alpha=0.05$  的临界

值), 表明凤山县春季降水量存在显著的上升趋势。春季降水量最少年份为 1963 年 73.3mm, 最多年份为 2017 年 563.3mm。对凤山县春季降水量序列进行高斯滤波后可发现: 1958–1965 年、1969–1971 年、1976 年、1987–1993 年、1995–1997 年、2002–2010 年凤山县春季降水处于相对偏少阶段, 1966–1968 年、1972–1975 年、1977–1986 年、1994 年、1998–2001 年、2011–2018 年凤山县春季降水处于相对偏多阶段。

1958–2018 年凤山县夏季(6–8 月)平均降水量为 838.8mm, 占全年降水量的 54.2%。是降水最多的季节, 暴雨洪涝等灾害也主要集中在夏季。近 61a 凤山县夏季降水略呈下降趋势, 其变化速率为  $-4.3\text{mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$ (图 2b)。Mann–Kendall 趋势检验法的统计量  $Z = -0.711 < 1.96$  (显著性  $\alpha = 0.05$  的临界值), 表明凤山县夏季降水量存在不显著的减少趋势。夏季降水量最少年份为 2011 年 405.2mm, 最多年份为 1968 年 1470.1mm。对凤山县夏季降水量序列进行高斯滤波后可发现: 1959–1962 年、1971–1977 年、1981–1989 年、1999–2015 年夏季降水相对偏少, 1958 年、1963–1970 年、1978–1980 年、1990–1998 年、2016–2018 年夏季降水相对偏多。

1958–2018 年凤山县秋季(9–11 月)平均降水量为 275.7mm, 占全年降水量的 17.8%, 降水偏少。近 61a 凤山县秋季降水量呈上升趋势, 其变化速率

为  $6.9\text{mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$ (图 2c)。Mann–Kendall 趋势检验法的统计量  $Z = 1.182 < 1.96$  (显著性  $\alpha = 0.05$  的临界值), 表明凤山县秋季降水量存在不显著的上升趋势。秋季降水量最少年份为 1992 年 76.4mm, 最多年份为 2008 年 489.8mm。对凤山县秋季降水量序列进行高斯滤波后可发现: 1960 年、1967–1974、1979–1981 年、1987–1989 年、1991–1993 年、1995–1997 年、2001–2007 年、2009–2010 年凤山县秋季降水量处于偏少阶段, 1958–1959 年、1961–1966 年、1975–1978 年、1982–1986 年、1990 年、1994 年、1998–2000 年、2008 年、2011–2018 年凤山县秋季降水量处于偏多阶段。

1958–2018 年凤山县冬季(12–2 月)平均降水量为 77.1mm, 占全年降水量比例最少, 仅为 5%。近 61a 凤山县冬季降水量变化呈上升趋势, 其变化速率为  $3.6\text{mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$ (图 2d)。Mann–Kendall 趋势检验法的统计量  $Z = 4.921 > 1.96$  (显著性  $\alpha = 0.05$  的临界值), 表明凤山县冬季降水量存在显著的上升趋势。冬季降水最少年份为 1995 年 7.4mm, 最多年份为 2002 年 179.3mm。对凤山县冬季降水量序列进行高斯滤波后可发现: 1959–1961 年、1965–1981 年、1984–1987 年、1994–1999 年、2007–2009 年冬季降水量相对偏少, 1958 年、1962–1964 年、1982–1983 年、1988–1993 年、2000–2006 年、2011–2018 年冬季降水量相对偏多。

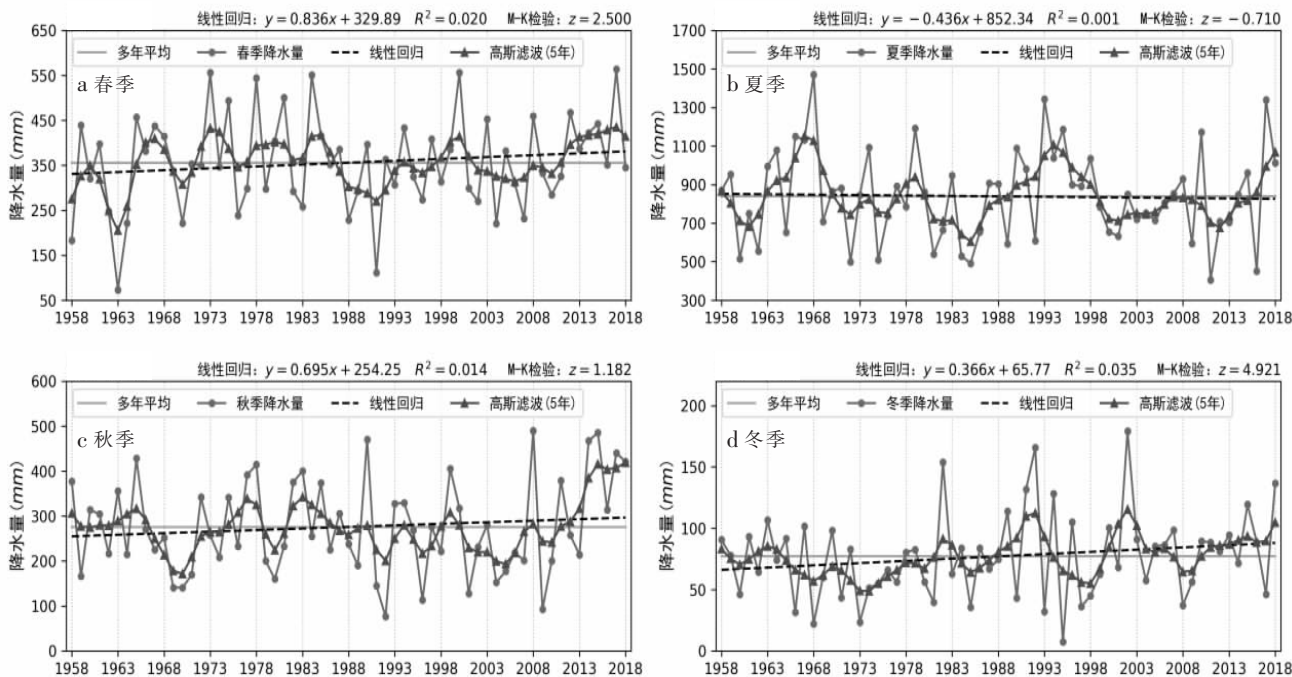


图2 1958–2018 年凤山县四季降水量变化趋势(a.春季 b.夏季 c.秋季 d.冬季)



## 4 降水周期分析

### 4.1 年降水量周期分析

图3给出了凤山县1958–2018年年降水量的小波分析结果。从小波变换实部图可知,1958–2018年凤山县年降水量在不同时间尺度上小波信号强弱波动不同。总体而言,凤山县年降水量在1958–2018年存在明显的2–7a准周期变化,其中在1958–1973年、1982–2018年有2–4a准周期变化;在1970–1983年、1990–2000年存在4–7a的准周期变化;1960–1975年存在12a的准周期变化;1990–2016年存在24a的准周期变化。从图中可看出只有2–4a和4–7a周期变化通过了信度 $\alpha=0.05$ 的显著性检验,而12a及24a的周期变化并未通过显著性检验。小波全模GWS在2–3a之间有一峰值,从图中可发现在1985–1993年、2012–2018年存在明显的2–3a的周期。

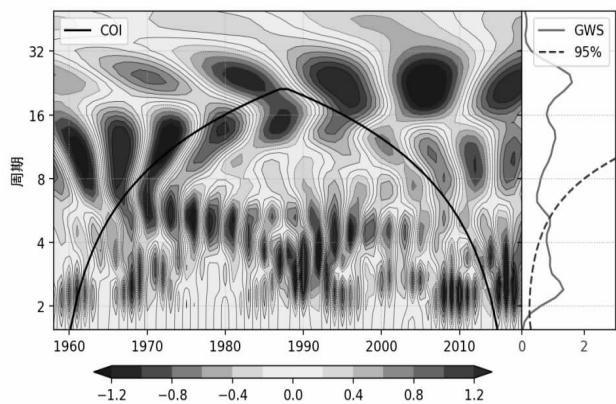


图3 1958–2018年凤山县年降水量小波分析(实部)

### 4.2 季降水量周期分析

1958–2018年凤山县春季降水量在不同时间尺度小波信号强弱波动不同。总体而言,凤山县春季降水量在1958–2018年存在明显的2–8a准周期变化,其中在1958–1968年、1971–2018年有2–4a准周期变化;在1958–1980年存在4–8a的准周期变化;1992–2012年存在16a准周期变化。但只有2–4a和4–8a的准周期变化通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性检验。小波全模GWS在3a和7a都有一峰值,在1977–1985年、2000–2005年3a的准周期变化最明显,1962–1973年7a的准周期变化最明显。

1958–2018年凤山县夏季降水量在不同时间尺度上小波信号强弱也表现不同。凤山县夏季降水量

在1958–2018年存在明显的2–6a准周期变化,其中在1958–1998年、2008–2018年有2–4a准周期变化;在1961–1987年、2011–2018年存在4–6a的准周期变化;1961–1992年存在12–14a准周期变化;1972–2006年存在28a准周期变化。只有2–4a和4–6a的周期变化通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性检验,而12–14a及28a的周期变化未通过信度 $\alpha=0.05$ 的显著性检验。小波全模GWS在3a有一峰值,在1970–1975年、1990–1994年、2010–2018年这种3a的准周期变化最明显。

1958–2018年凤山县秋季降水量总体上存在明显的2–7a准周期变化,其中在1958–1968年、1972–2018年有2–4a准周期变化;在1972–1983年、1988–2010年存在4–7a的准周期变化;1982–2018年存在32a准周期变化。但是只有2–4a和4–7a的周期变化通过了信度 $\alpha=0.05$ 的显著性检验,32a的周期变化未通过 $\alpha=0.05$ 的显著性检验。小波全模GWS在3–4a有一峰值,在1990–1998年、2007–2016年3–4a的准周期变化最明显。

1958–2018年凤山县冬季降水量总体上存在2–6a的准周期变化。其中在1965–1973年、1978–2010年、2013–2018年有2–4a准周期变化;在1980–1993、2000–2010年存在4–6a的准周期变化;1985–2008年存在较明显的12a准周期变化。但是只有2–4a和4–6a的周期变化通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性检验,12a的周期变化未通过信度 $\alpha=0.05$ 的显著性检验。小波全模GWS在3a有一峰值,在1989–2007年3a的准周期变化特别明显。

## 4 结论

(1)凤山县逐月多年平均降水量呈“单峰型”特征,降水主要集中在5–8月,其中最大月降水量值出现在6月份。

(2)1958–2018年凤山县年降水量以及春季降水量、秋季降水量和冬季降水量均呈上升趋势,夏季降水量略呈下降趋势,其中年降水量、夏季降水量及秋季降水量的趋势变化不显著,春季降水量和冬季降水量的趋势变化是显著的。

(3)1958–2018年凤山县年降水量和秋季降水量存在明显的2–7a准周期变化,春季降水量存在明显的2–8a准周期变化,夏季降水量及冬季降水量存在明显的2–6a准周期变化。

(下转第58页)

- 宁波大学,2014.
- [5] 卢峰本,黄滢.基于信息扩散理论的水产养殖灾害风险评价[J].广西气象,2006(02):22-23+26.
- [6] 王德征,巩伦江,王成.《养殖水域滩涂规划》编制实施的七条意见措施[J].渔业致富指南,2019(18):12-13.
- [7] 鞠明明.基于面向对象图像分析的围填海工程遥感信息提取技术研究[D].南京师范大学,2013.
- [8] 刘志根.粤东柘林湾海水养殖污染高光谱遥感监测与定量评估[D].广州大学,2019.
- [9] 钟仕全,莫建飞,罗永明,卢保英,覃日辉.基于 GF-1 遥感数据监测的岩溶洼地洪涝灾害特征分析[J].气象研究与应用,2016,37(01):83-87+132.
- [10] 孙明,钟仕全,莫建飞,谢敏,蔡建初.基于高分卫星遥感数据的广西中小流域地表植被特征分析[J].气象研究与应用,2017,38(01):79-81+86+173.
- [11] 黄干洪,王国安,黄子航,龚沃超.基于 GF-1 的上思县甘蔗种植面积估算与长势监测研究[J].气象研究与应用,2018,39(03):53-56.
- [12] 李秀梅,袁承志,李月洋.渤海湾海岸带遥感监测及时空变化[J].国土资源与遥感,2013,25(2):156-163.
- [13] 钟喆,华璿,陈俊雄.广西沿海城镇建设格局时空演化研究[J].气象研究与应用,2016,37(04):73-76.
- [14] 苏志,余纬东,黄理,程爱珍.北部湾海岸带的地理环境及其对气候的影响[J].气象研究与应用,2009,30(03):11-14+154.
- [15] 陈峰蓉,黄燕波,农成万,赵飞.北部湾沿海港口大风要素服务指标制定与应用[J].气象研究与应用,2018,39(03):80-82.
- [16] 苏玉婷,林开平,肖志祥,黄小燕.广西沿海地形对超强台风“威马逊”影响的数值试验[J].气象研究与应用,2018,39(01):11-14+154.

(上接第 40 页)

#### 参考文献:

- [1] 李耀先,涂方旭,李桂峰,等.广西主汛期降水量异常诊断分析[J].广西气象,2001,22(1):1-7
- [2] 涂方旭,覃峥嵘,李耀先,等.广西近百年来降水量序列的气候变化特征[J].广西气象,2000,21(2):30-33
- [3] 黄雪松,周惠文,黄梅丽,等.广西近 50 年来气温、降水气候变化[J].广西气象,2005,26(4):9-11.
- [4] 张凌云,覃峥嵘,李家文.近 58 年柳州市汛期降水特征分析[J].广西气象,2009,30(3):9-11.
- [5] 谭敏玲,何如,罗红磊.近 55 年广西融水县降水气候特征分析[J].气象研究与应用,2014,35(3):27-30
- [6] 朱小玲,何斌,莫丽阳.近 50 年钦州市汛期降水特征分析[J].气象研究与应用,2014,35(S2):67-68.
- [7] 李明学,黎广林.上思县 51 年来气温与降水特征分析及其预测[J].气象研究与应用,2014,35(S2):76-78.
- [8] 黄冬梅,卢丽莉,黄卓帆.凤山县气候特征及其适宜性评价[J].气象研究与应用,2015,36(3):50-63.
- [9] 王宇.广西天峨近 44 年来不同等级降水量与降水日数变化特征[J].气象研究与应用,2015,36(3):53-58.
- [10] 欧春苗,韦青萍,黄肖寒.都安县 1964-2014 年气候变化特征分析[J].气象研究与应用,2016,37(S2):22-23.
- [11] 张晓霞,朱媛萍.近 30 年南丹县气象要素场的变化特征[J].气象研究与应用,2016,37(S2):52-53.
- [12] 周慧僚,罗凤荣,莫惠晴.天峨县近 30a 降水与气温的气候特征分析[J].气象研究与应用,2017,38(2):38-41.
- [13] 秦超龙,吴伟清,梁锋铭,等.吴川市近 50 年的气候特征分析[J].广东气象,2017,39(1):42-44.
- [14] 魏风英.现代气候诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,2007:1-86.
- [15] Yue S, Wang C. The Mann-Kendall Test Modified by Effective Sample Size to Detect Trend in Serially Correlated Hydrological Series [J]. Water Resources Management, 2004, 18(3):201-218.
- [16] Christopher Torrence and Gilbert P. Compo. A Practical Guide to Wavelet Analysis [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1998, 79(1):61-78.
- [17] 张建峰,崔树军,李国敏.常用小波及其时频特性[J].地学前缘,2012,19(2):1-6.
- [18] Farge M. Wavelet transforms and their applications to turbulence[J]. Annual Review of Fluid Mechanics, 1992, 24: 395-457.
- [19] 钟建,文爱平,王婷婷,等.基于复 Morlet 小波的海洋水文要素年际变化分析[J].科技创新导报,2009(19):5-6+8.