



近 43 a 潮州市蒸发变化特征及其影响因素

摘要

利用潮州市气象观测站 1969—2011 年蒸发量、平均气温、降水、总云量、平均风速、水汽压和相对湿度等资料,采用距平百分率、累积距平、Mann-Kendall、小波分析等方法,分析潮州市蒸发变化特征及其影响因素。结果表明:潮州市蒸发量在 20 世纪 70 年代和 80 年代最多,90 年代最少,四季蒸发量的波动比较明显;突变检验表明,20 世纪 70 年代日照时数出现突发性上升,但是没有出现明显突变点;通过对全年和季节蒸发量的周期分析,在比较显著的时间尺度上蒸发量目前处于偏多的时期;年蒸发量减少与平均气温增加关系密切,同时也和夏季日照时数的增加有一定关系。

关键词

蒸发;气候变化;Mann-Kendall 法;小波分析;潮州市

中图分类号 S162.3

文献标志码 A

收稿日期 2012-07-19

资助项目 国家科技支撑计划(2012BAD16B03 05,2012BAC23B01);中国沙漠气象科学基金(sqj2012006)

作者简介

唐凯,男,工程师,主要从事应用气象研究和天气预报服务工作.14102858@qq.com

王让会(通信作者),男,教授,博士生导师,主要研究景观生态、环境风险评估、3S 应用等.rhwang@nuist.edu.cn

1 南京信息工程大学 环境科学与工程学院,南京,210044

2 广东省潮州市气象局,潮州,521011

0 引言

近年来由于自然和人类活动的干扰,大气污染和温室气体浓度的升高,加剧了气候变化的速度。气候变化研究已成为目前国际及国内科学界的热点之一^[1-4]。在全球气候变暖背景下,各种气候要素都表现出不同程度的变化,蒸发量也不例外。蒸发量变化导致水分循环发生变化,使水资源的时空分布受到影响。作为评估气候变化的一个重要参数,蒸发量可以帮助了解地球上各地气候条件及其形成的原因^[5]。

一些观点认为全球气候变暖可能会使大气变干、陆地水体蒸发量增大,加速全球水循环,但目前通过对近 50 a 蒸发变化的分析,发现全球许多地区的蒸发存在着显著的下降趋势,而对这一现象,不同学者有不同看法。Peterson 等^[6]认为是云量的增加,Roderick 等^[7]认为主要是由太阳总辐射减少引起的,郭军等^[8]、王艳君等^[9]认为日照时数和风速的下降是主要原因,也有学者认为是相对湿度增加^[10]及日较差减小^[11]的缘故。

目前,对气候变化的研究主要集中在气温和降水上,对蒸发特别是华南地区蒸发量的研究较少,而蒸发对作物的蒸腾作用和水分利用率(WUE)有比较重要的关系,还对研究本地的水循环和合理安排农田灌溉具有重要的参考意义。潮州市地处东南沿海,位于潮汕平原的中心区域,因此,笔者对潮州市蒸发变化进行研究,以为本区域内作物的灌溉方式调整提供依据,以期提高作物的 WUE 和产量。

1 资料和方法

本文数据来源于潮州市气象观测站的 1969—2011 年的逐月蒸发量、平均气温、降水、总云量、平均风速、水汽压和相对湿度。四季划分^[12]为:春季 3—4 月,夏季 5—10 月,秋季 11—12 月,冬季 1—2 月。

应用气候倾向率和距平百分率的方法^[13],分析潮州市逐年蒸发量变化趋势。运用累计距平来分析潮州市 43 a 来四季蒸发量的变化特征。用距平大于标准差 2 倍以上来分析潮州市蒸发量的年季变化的异常特征。利用 Mann-Kendall 法^[13]对全年和各季节的蒸发量进行突变检验。利用小波分析(母小波为墨西哥帽)方法^[13]提取 43 a 来年和各

季节平均日照时数变化周期,并对时间序列的小波功率谱进行显著性检验^[13-14].利用线性拟合方法^[13]对全年和各季节平均气温、降水、总云量、平均风速、水汽压和相对湿度进行倾向分析并和蒸发量进行相关性分析.

2 结果分析

2.1 蒸发的气候变化趋势

2.1.1 蒸发的逐年变化和逐年距平百分率变化

图 1a 为潮州市 1969—2011 年蒸发量的逐年变化及线性趋势,相关系数 R 为 0.497 8,通过 $\alpha=0.05$ 显著性检验,说明近 43 a 潮州市年蒸发量的下降趋势比较显著.图 1b 为潮州市 1969—2011 年蒸发量逐年距平百分率时间序列.从 43 a 来蒸发量变化来看,20 世纪 70 年代到 80 年代潮州市蒸发量处于相对偏多的时期,20 世纪 90 年代潮州市蒸发量处于相对偏少的年代,出现近 43 a 的最低值,21 世纪初开始增加,之后出现明显的正负震荡,趋势不明显.

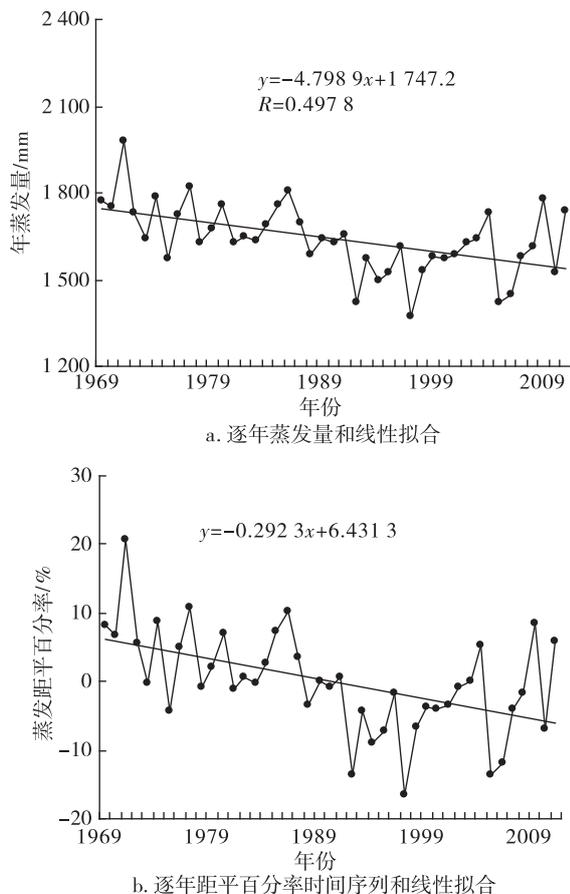


图 1 1969—2011 年潮州市年蒸发量变化曲线

Fig. 1 Evaporation variations and their linear trends in Chaozhou during 1969—2011

2.1.2 四季蒸发的年际变化趋势

图 2 是潮州市四季的蒸发量累积距平的时间序列.潮州市春季蒸发量从 1969—1977 年一直处于增加的趋势,之后逐渐减少,一直持续到 2000 年,21 世纪以来处于波动的状态;潮州市夏季蒸发量在 1986 年以前一直呈现为增加趋势,1987 年以后表现为减少的趋势,直到 2008 年达到最低,近几年出现一定的波动性;秋季蒸发量比较简单,出现了 2 个主要变化,1969—1985 年蒸发量处于增加趋势,1986 年以后一直处于减少的状态;冬季蒸发量近 43 a 波动性比较大,震荡明显,主要分为 5 个阶段,1969—1979 年处于增加趋势,1980—1985 年表现为减少的状态,1986—1989 年又呈现为增减趋势,1990—1998 年处于减少的状态,1999—2011 年波动比较大,趋势不明显.

2.2 蒸发量的异常分析

据世界气象组织对气候异常提出的 2 种判别标准,一种是距平大于标准差 2 倍以上的,二是它的出现机率为 25 a 以上的.本文采用第一种方法来研究潮州市近 43 a 来蒸发量年季的异常特征.

从表 1 中可以看出,潮州市近 43 a 四季蒸发量出现异常偏多的年份都出现在 20 世纪 90 年代以前,异常偏少的年份都出现在 20 世纪 90 年代和 21 世纪初.春季出现了 3 次异常偏多和 1 次异常偏少的年份,异常偏多的年份分别是 1971、1972 和 1977 年,比 43 a 平均值分别偏多 79.3、89.3 和 113.7 mm,异常偏少的年份为 1992 年,比 43 a 平均值偏少 79.4 mm;夏季异常偏多和偏少的年份各有一次,偏多的年份为 1971 年,比 43 a 平均值偏多 181.2 mm,偏少的年份是 1997 年,比多年平均值偏少 225 mm;秋季有 2 次异常偏多年份和 1 次偏少的年份,异常偏多的年份分别为 1969 和 1985 年,比 43 a 平均值分别偏多 56 和 51.8 mm,异常偏少的年份是 2002 年,比多年平均值偏少 51 mm;冬季只出现了一次异常偏多的年份,为 1987 年,比 43 a 平均值偏多 645.4 mm.

潮州市近 43 a 蒸发量异常偏多和异常偏少的年份分别出现了一次,异常偏多的年份为 1971 年,比多年平均值偏多 339 mm,是 43 a 来蒸发量的极大值,主要是由于当年春季和夏季的蒸发量异常偏多所致;异常偏少的年份为 1997 年,比 43 a 平均值偏少 271.8 h,与当年夏季蒸发量异常偏少有关;夏季的蒸发量出现异常的同时年蒸发量也出现异常,可见夏季蒸发量的异常是导致年蒸发量出现异常的主要原因.

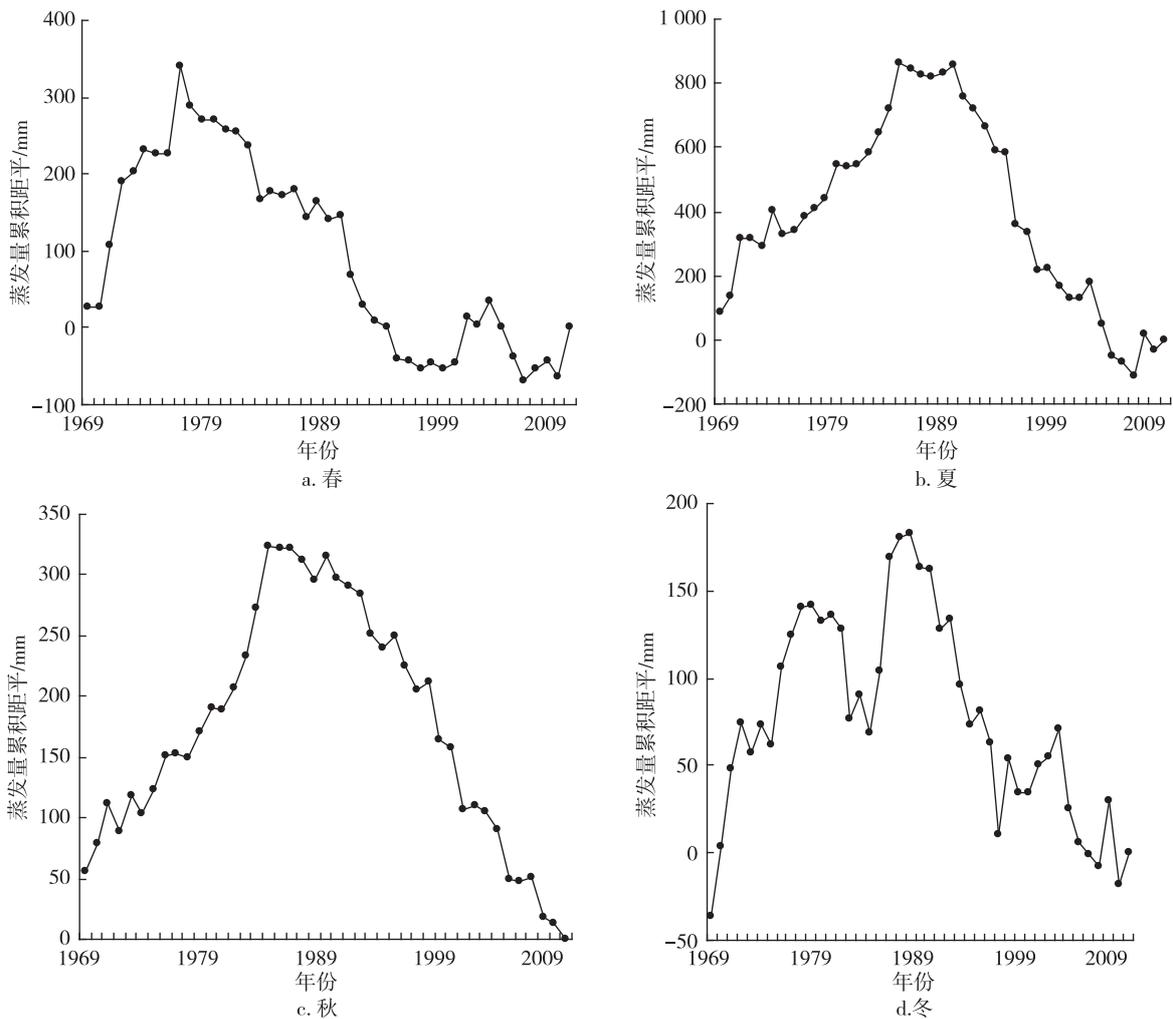


图2 1969—2011年潮州市四季蒸发量累积距平时间序列

Fig. 2 Interannual variation of seasonal evaporation in Chaozhou

表1 1969—2011年潮州市年、季蒸发量的异常年份

Table 1 Anomalous years of annual and seasonal evaporation in Chaozhou during 1969—2011

季节	异常年份
春	1971(+), 1972(+), 1977(+), 1992(-)
夏	1971(+), 1997(-)
秋	1969(+), 1985(+), 2002(-)
冬	1987(+)
年	1971(+), 1997(-)

2.3 蒸发量变化趋势突变检验

运用 Mann-Kendall 方法检测 1969—2011 年全年及季节蒸发量时间序列的突变状况。年蒸发量的 UF 和 UB 曲线相交之后 UF 曲线虽然有上升趋势但没有超过 0.05 临界线,没有出现突变点;春季蒸发量的 UF 和 UB 曲线也出现了多个交点,UF 曲线没

有超过 0.05 临界线,所以春季也没有出现突变点;夏季蒸发量的 UF 和 UB 曲线在 1997 年相交之后 UF 曲线超过 0.05 临界线,所以 1997 年是夏季蒸发量出现突变的起始点;秋季蒸发量的 UF 和 UB 曲线在 20 世纪 90 年代出现多个交点,在 1997 年交点以后 UF 曲线超过 $\alpha = 0.05$ 显著水平的临界线,1997 年是秋季蒸发量出现突变的起始年份;冬季蒸发量的 UF 和 UB 曲线在 2003 年交点出现后 UF 曲线超过 0.05 临界线,所以 2003 年是冬季蒸发量出现突变的起始年份。

2.4 蒸发量时间序列变化周期的小波分析

2.4.1 年蒸发量

图 4a 是潮州市 1969—2011 年年蒸发量小波系数变换,等值线在中大尺度上震荡比较明显,在 16~20 a 时间尺度尤为明显,在这个尺度上经历一次明

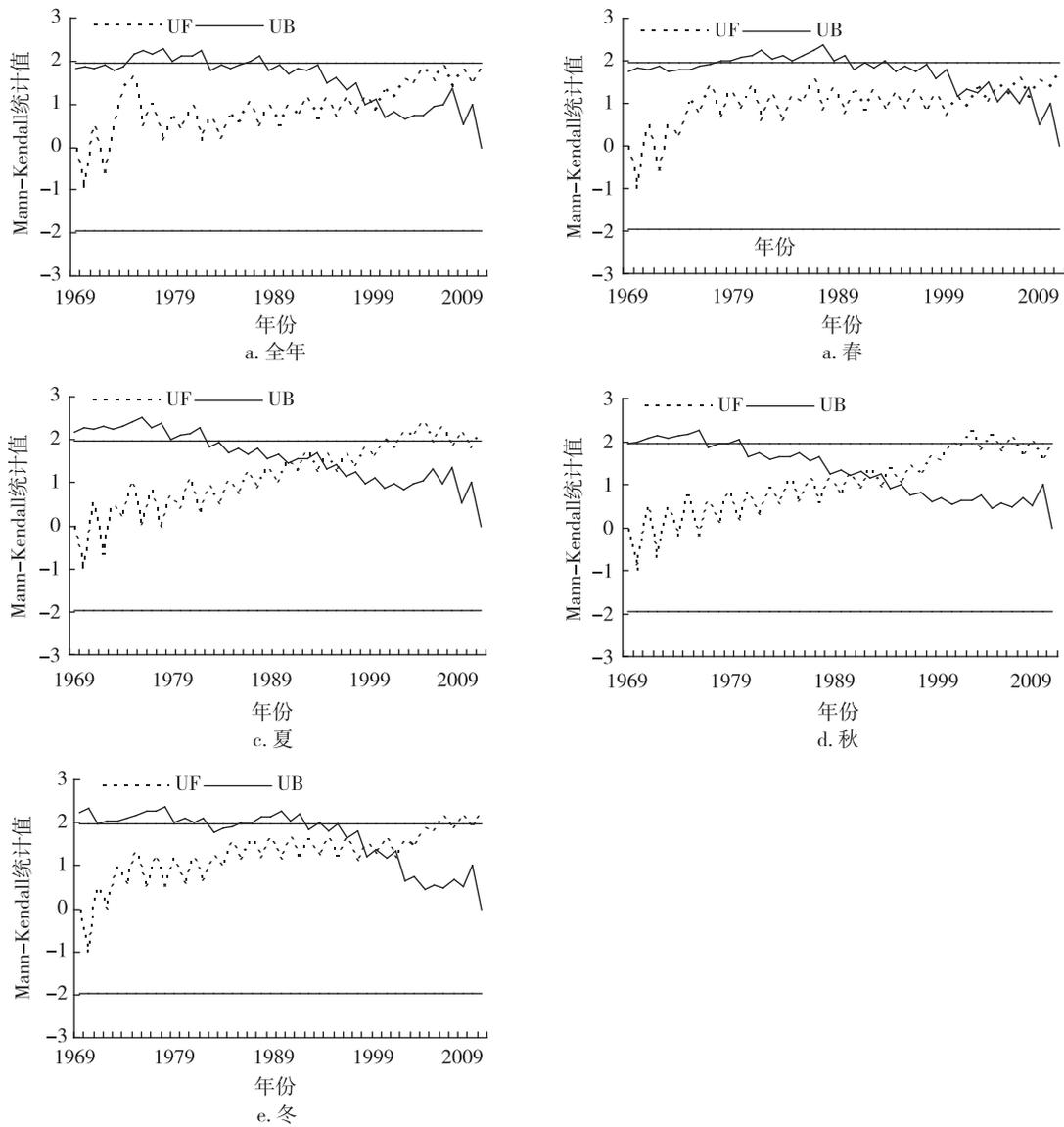


图 3 1969—2011 年潮州市年季蒸发量 Mann-Kendall 检验

Fig. 3 Mann-Kendall test of annual and seasonal evaporation in Chaozhou during 1969—2011

显的正负震荡.从最近几年的周期变化来看,在这个尺度上年蒸发量处于明显偏少的时期.图 4b 是潮州市年蒸发量的小波功率谱,可以看出有多个点值超过标准谱值,通过了 0.05 的显著性检验,其中在 18 a 尺度上谱值最大,说明潮州市年蒸发量变化在 18 a 时间尺度上具有明显的周期性,这和小波系数变换分析的结果一致.

2.4.2 季节蒸发量

图 5a 是 1969—2011 年春季蒸发量小波系数变换,上半部分的等值线较为密集,对应比较大时间尺度的正负交替,在 9~12 a 尺度上周期震荡比较明显,中间出现负震荡中心,在这个尺度上经历了 2 次

正负循环交替震荡.目前来看,在这个尺度上潮州市春季蒸发量正处于偏多的时期.图 5b 是春季蒸发量的小波功率谱,通过分析可知,在 9~12 a 时间尺度的谱值超过超过 0.05 显著水平的谱值,其中 10 a 尺度上谱值最大,这显示出潮州市近 43 a 春季蒸发量在 10 a 时间尺度上的周期性比较明显,这与小波系数变换分析的结果相同.

图 6a 是潮州市 1969—2011 年夏季蒸发量小波系数变换,在其上半部分等值线比较密集,对应的中尺度正负震荡相对明显,其中,14~26 a 时间尺度的正负震荡明显.从最近几年来看,在 14~26 a 尺度上夏季蒸发量处于相对偏少的时期.由图 6b 可知,在

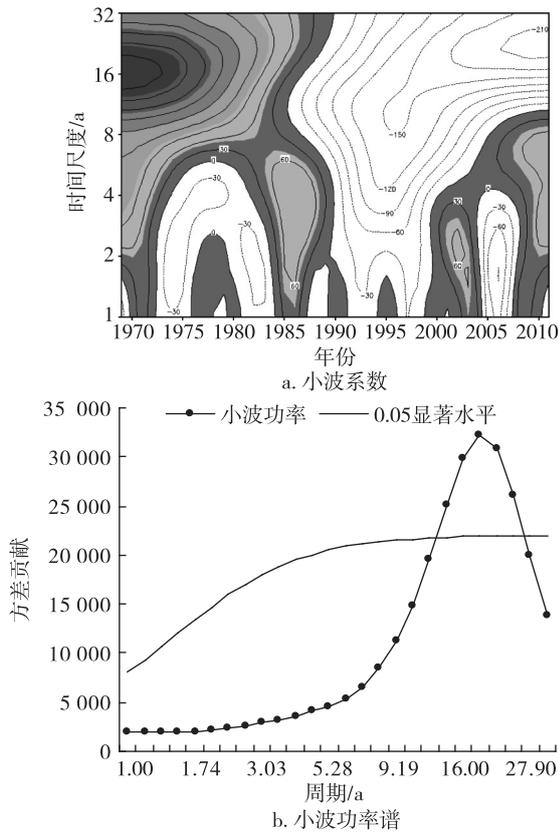


图4 1969—2011年年蒸发量小波分析
Fig. 4 Wavelet analysis of annual evaporation in Chaozhou during 1969—2011

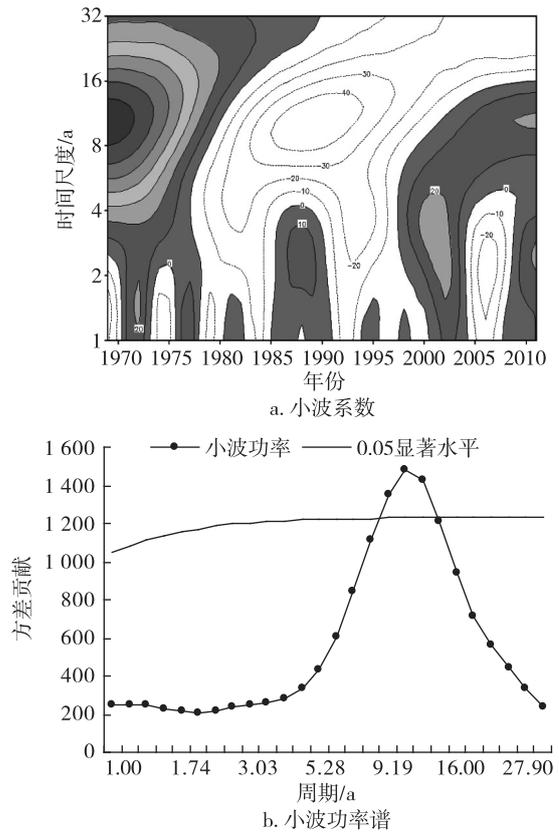


图5 1969—2011年春季蒸发量小波分析
Fig. 5 Wavelet analysis of spring evaporation in Chaozhou during 1969—2011

这一系列时间尺度上 14~27 a 的谱值没有超过显著水平的谱值,18 a 时间尺度上的谱值最大,所以潮州市夏季蒸发量在 18 a 时间尺度上周期性明显和小波系数变换分析的结果比较一致。

从潮州市 1969—2011 年秋季蒸发量小波系数变换(图 7a)分析得出,在中大时间尺度上,等值线比相对比较密集,12~30 a 时间尺度的周期震荡比较明显,从最近几年来看,都处于偏少时期,说明潮州市秋季蒸发量处于偏少的时期.从潮州市秋季蒸发量小波功率谱上可以看到 12~31 a 时间尺度的谱值超过标准谱,通过 0.05 的显著性检验,说明潮州市秋季蒸发量变化在 24 a 时间尺度上具有明显的周期性,和之前的小波系数变换分析的结果基本相同。

从潮州市 1969—2011 年冬季蒸发量小波系数变换(图 8a)可以看出,在 14~21 a 时间尺度上,蒸发量经历了比较明显正负交替振荡,目前该尺度正处于偏少期,可以得出潮州市冬季蒸发量处于相对偏少的时间段.由潮州市冬季蒸发量小波功率谱可知(图 8b),18 a 时间尺度的谱值比较突出,最接近

标准谱,但没有通过 0.05 的显著性检验,说明近 43 a 潮州市冬季蒸发量在 18 a 时间尺度上具有一定的周期性,但不是很显著,和小波系数变换结果基本一致。

2.5 影响蒸发量的主要气象要素变化

2.5.1 影响因子的变化趋势

由表 2 可以看出:1969—2011 年潮州市年和四季平均总云量均呈现不同程度的减少趋势,春季的平均总云量最为明显,减幅约为 -0.2 成/(10 a) ($P < 0.05$);近 43 a 年和季降水量除了夏季表现为增加趋势以外,都表现为不同程度的增加趋势,年降水量的减幅最为明显,为 -10.44 mm/(10 a);近 43 a 年和四季平均水汽压除了秋季和冬季表现为微弱的增加趋势以外,都为减少趋势,夏季的减幅最大,为 -0.43 hPa/(10 a) ($P < 0.01$);从平均气温的气候倾向率分析,年和四季都为不同程度的增加趋势,秋季最为明显,为 0.72 °C/(10 a) ($P < 0.01$);根据对日照时数的气候倾向率分析,年和四季都为增加趋势,年日照时数增加最明显,增幅为 31.29 h/(10 a) ($P <$

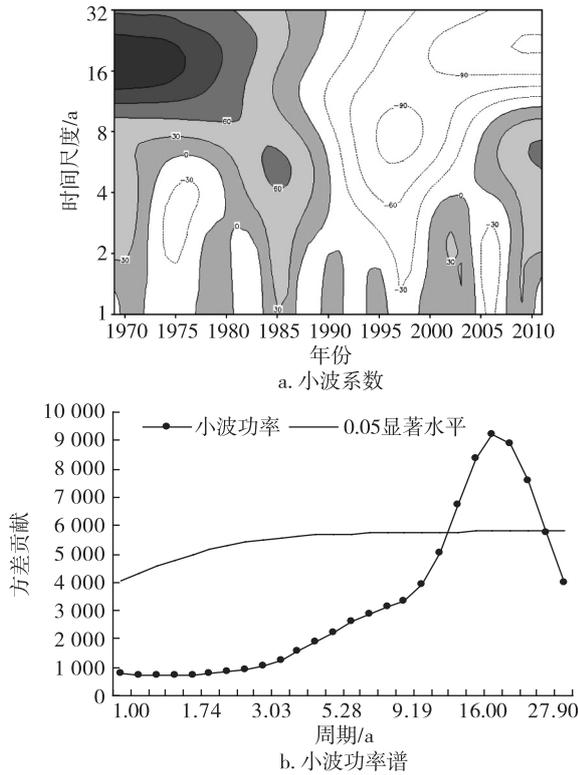


图 6 1969—2011 年夏季蒸发量小波分析

Fig. 6 Wavelet analysis of summer evaporation in Chaozhou during 1969—2011

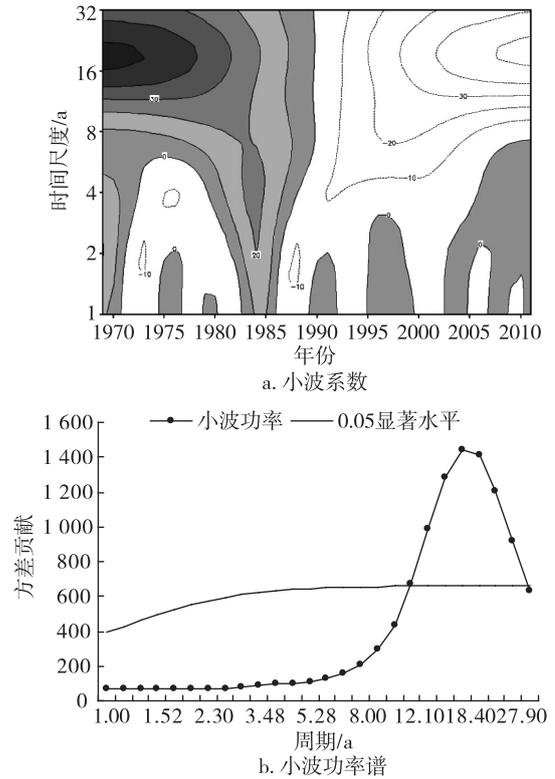


图 7 1969—2011 年秋季蒸发量小波分析

Fig. 7 Wavelet analysis of autumn evaporation in Chaozhou during 1969—2011

0.01);从平均风速的气候倾向率来看,年和四季都是减少的趋势,秋季的减幅为 $-0.12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}/(10 \text{ a})$ ($P < 0.01$);通过近 43 a 相对湿度的气候倾向率分析,年和四季都为减少趋势,夏季的减幅明显,为 $-3.12\%/(10 \text{ a})$ ($P < 0.01$).

通过对 43 a 来蒸发量异常特征的分析,20 世纪 90 年代以后蒸发量只出现异常偏少的现象,因此再对 20 世纪 90 年代以来影响因子的气候倾向率进行分析.春季平均总云量的气候倾向率的减幅出现了明显增加,为 $-0.42 \text{ 成}/(10 \text{ a})$ ($P < 0.01$);春季、冬

表 2 近 43 a 潮州市总云量、降水、水汽压、平均气温、日照时数、平均风速和相对湿度的气候倾向率

Table 2 The linear trend rates of total cloud amount, precipitation, surface vapor pressure, mean temperature, sunshine hours, mean wind velocity and relative humidity in Chaozhou

季节	年份	总云量/ (成/(10 a))	降水量/ (mm/(10 a))	水汽压/ (hPa/(10 a))	平均气温/ ($^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$)	日照时数/ (h/(10 a))	平均风速/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}/(10 \text{ a})$)	相对湿度/ ($\%/(10 \text{ a})$)
春季	1969—2011	-0.20	-7.38	-0.22	0.43	8.10	-0.01	-2.87
	1990—2011	-0.42	-73.16	-0.12	0.36	9.78	0.08	-6.88
夏季	1969—2011	-0.18	2.91	-0.43	0.45	8.30	-0.05	-3.12
	1990—2011	-0.18	12.53	-0.85	0.65	-69.92	-0.00	-5.05
秋季	1969—2011	-0.16	-1.81	0.07	0.72	3.41	-0.12	-2.85
	1990—2011	-0.05	26.51	-0.78	0.37	0.08	-0.04	-5.77
冬季	1969—2011	-0.11	-4.16	0.00	0.59	11.48	-0.09	-2.71
	1990—2011	-0.04	-32.78	-0.40	0.50	16.96	-0.01	-5.32
年	1969—2011	-0.17	-10.44	-0.24	0.52	31.29	-0.06	-2.97
	1990—2011	-0.17	-66.89	-0.83	0.54	-43.10	-0.02	-5.52

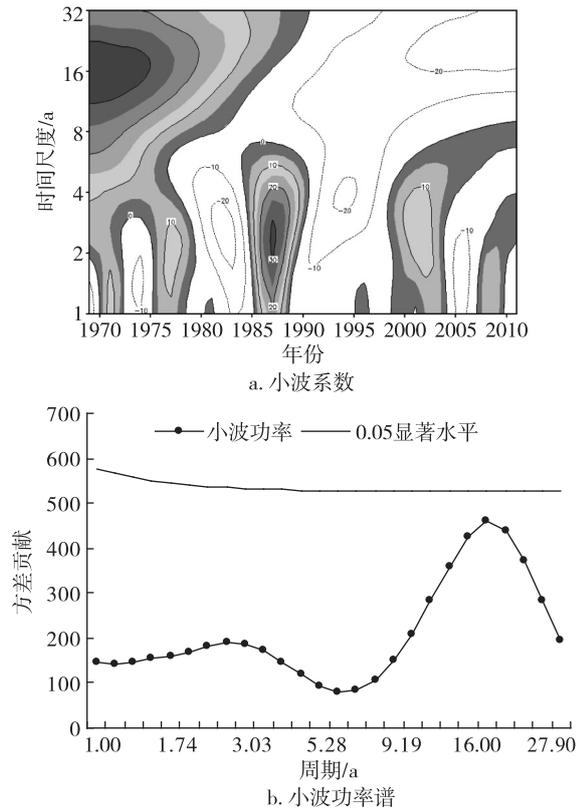


图8 1969—2011年冬季蒸发量小波分析
Fig. 8 Wavelet analysis of winter evaporation in Chaozhou during 1969—2011

季和年降水量的减幅明显增加,分别为 $-73.16 (P < 0.05)$ 、 $-32.78 \text{ mm}/(10 \text{ a}) (P < 0.05)$ 和 $-66.89 \text{ mm}/(10 \text{ a})$,秋季由减少趋势变为增加趋势,增幅为 $26.51 \text{ mm}/(10 \text{ a}) (P < 0.05)$;秋季和冬季的平均水汽压由增加趋势变为减少趋势,年平均水汽压的减幅明显增加,为 $0.83 \text{ hPa}/(10 \text{ a}) (P < 0.01)$;平均气温的变化不是很明显;夏季和年日照时数由增加变为减少的趋势;春季风速减少的趋势变为增加的趋势;年和四季相对湿度的减幅都出现不同程度的增加。

2.5.2 影响因子与蒸发量的相关性

表3为1969—2011年潮州市年、季蒸发量与总云量、降水量、水汽压、平均气温、日照时数、平均风速和相对湿度的线性相关系数。年和季蒸发量与平均总云量和降水呈负相关,尤其是春季和冬季;春季、夏季、冬季和年日照时数与水汽压关系不大,秋季日照时数与水汽压呈较明显的负相关;秋季和年蒸发量与平均气温表现为明显的负相关;四季的蒸发量与日照时数呈明显的正相关;除了春季蒸发量和平均风速呈明显的正相关,其他季节和年蒸发量平均风速关系不大;春季蒸发量和相对湿度为明显的负相关。

2.5.3 年蒸发量减少的主要原因

通过之前对蒸发量异常特征的分析,夏季蒸发量的变化对年蒸发量的变化有很大的影响,所以除了分析年蒸发量和影响因子的关系,还应加入对夏季蒸发量的分析。根据相关性分析,夏季和年蒸发量与降水量表现为较为显著的负相关关系,但是夏季和年降水量的减少趋势不明显,所以对年蒸发量的影响不大;年蒸发量和年平均气温呈较为明显的正相关,近43 a平均气温呈现为明显增加趋势,说明潮州市蒸发量的减少和平均气温的增加有一定的关系;夏季蒸发量和日照时数为明显的正相关,近22 a夏季日照时数明显减少,近22 a来潮州市蒸发量的减少和日照时数有一定的关系。

3 结论

1) 潮州市年平均蒸发量减少趋势明显,20世纪70年代和80年代出现蒸发量峰值,90年代左右出现低谷;四季蒸发量年际波动明显,从近43 a来看,四季都呈不同程度的下降趋势,其中夏季和秋季蒸发量下降趋势明显。

2) 潮州市年蒸发量出现了异常偏多和异常偏少的年份各出现一次,异常偏多的年份为1971年,

表3 潮州市蒸发量与总云量、降水、水汽压、平均气温、日照时数、平均风速和相对湿度相关系数

Table3 Correlation coefficients between evaporation and total cloud amount, precipitation, surface vapor pressure, mean temperature, sunshine hours, mean wind velocity and relative humidity in Chaozhou

蒸发量	总云量	降水量	水汽压	平均气温	日照时数	平均风速	相对湿度
春季	-0.654	-0.614	0.035	0.318	0.765	0.484	-0.445
夏季	-0.229	-0.405	-0.090	-0.220	0.402	0.118	0.095
秋季	-0.274	-0.497	-0.489	-0.588	0.474	0.229	0.083
冬季	-0.729	-0.630	-0.355	-0.074	0.737	0.069	-0.362
年	-0.074	-0.415	-0.229	-0.415	0.266	0.222	0.152

主要是因为春季和夏季蒸发量偏多造成的,异常偏少的年份为1997年,主要是由当年的夏季蒸发量偏少造成的。

3) 对潮州市全年及各季蒸发量进行突变检验发现,夏季和秋季的突变点出现在1997年,冬季的突变点出现在2003年,年和春季没有出现明显的突变点。

4) 对潮州市43 a来蒸发量的进行小波分析显示,潮州市蒸发量变化在全年、春季、夏季、秋季和冬季分别有18、10、18、24和18 a时间尺度的周期性变化,除了冬季以外,周期性都比较明显。全年、夏季、秋季和冬季蒸发量变化在各自相对比较明显的时间尺度上目前均处于偏少期,可见短期内潮州市日照时数可能处于一个偏多的阶段。

5) 年蒸发量与降水量和平均气温均表现为较为显著的负相关关系。近43 a潮州市蒸发量减少主要与平均气温的明显增加有密切关系。近22 a蒸发量的减少与夏季日照时数的明显减少有一定的关系。

参考文献

References

- [1] 郑祚芳,陈家华,祁文.湖北省近50年气候变化特征分析[J].气象科学,2002,22(3):279-286
ZHENG Zuofang, CHEN Jiahua, QI Wen. The character of climate variation of Hubei province during recent 50 years [J]. Scientia Meteorologica Sinica, 2002, 22 (3) : 279-286
- [2] 左洪超,吕世华,胡隐樵.中国近50年气温及降水量的变化趋势分析[J].高原气象,2004,23(2):238-244
ZUO Hongchao, LÜ Shihua, HU Yinqiao. Variations trend of yearly mean air temperature and precipitation in China in the last 50 years [J]. Plateau Meteorology, 2004, 23 (2) : 238-244
- [3] 梁泽学,江静.中国北方地区1961—2000年干旱半干旱化趋势[J].气象科学,2005,25(1):9-17
LIANG Zexue, JIANG Jing. Aridificational and semi-aridificational tendency of the northern China from 1961 to 2000 [J]. Scientia Meteorologica Sinica, 2005, 25 (1) : 9-17
- [4] 葛朝霞,王会容,曹丽青,等.西藏降水量、气温变化特征及相关关系[J].气象科学,2004,24(4):468-473
GE Zhaoxia, WANG Huirong, CAO Liqing, et al. The change characteristics and correlativity of precipitation and air temperature in Tibet region [J]. Scientia Meteorologica Sinica, 2004, 24 (4) : 468-473
- [5] 朱岗崑.自然蒸发的理论及应用[M].北京:气象出版社,2000
ZHU Gangkun. Theory and application of natural evaporation [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2000
- [6] Peterson T C, Golubev V S, Groisman P Y. Evaporation losing its strength [J]. Nature, 1995, 377 (6551) : 687-688
- [7] Roderick M L, Farquhar G D. The cause of decreased pan evaporation over the past 50 years [J]. Science, 2002, 298 (5597) : 1410-1411
- [8] 郭军,任国玉.黄淮海流域蒸发量的变化及其原因分析[J].水科学进展,2005,16(5):666-672
GUO Jun, REN Guoyu. Recent change of pan evaporation and possible climate factors over the Huang-Huai-Hai watershed, China [J]. Advances in Water Science, 2005, 16 (5) : 666-672
- [9] 王艳君,姜彤,许崇育,等.长江流域1961—2000年蒸发量变化趋势研究[J].气候变化研究进展,2005,1(3):99-104
WANG Yanjun, JIANG Tong, XU Chongyu, et al. Trends of evapotranspiration in the Yangtze river basin in 1961—2000 [J]. Advances in Climate Change Research, 2005, 1 (3) : 99-104
- [10] 左洪超,李栋梁,胡隐樵,等.近40 a中国气候变化趋势及其同蒸发皿观测的蒸发量变化的关系[J].科学通报,2005,50(11):1125-1130
ZUO Hongchao, LI Dongliang, HU Yinqiao, et al. Trends of climate change and its relationship with evaporation in China during recent 40 years [J]. Chinese Science Bulletin, 2005, 50 (11) : 1125-1130
- [11] 刘波,马柱国,丁裕国.中国北方近45年蒸发变化的特征及与环境的关系[J].高原气象,2006,25(5):840-848
LIU Bo, MA Zhuguo, DING Yuguo. Characteristics of the changes in pan evaporation over northern China during the past 45 years and the relations to environment factors [J]. Plateau Meteorology, 2006, 25 (5) : 840-848
- [12] 广东省气象局《广东省天气预报技术手册》编写组.广东省天气预报技术手册[M].北京:气象出版社,2006
Editorial Group of Guangdong Province Weather Forecast Technical Manual, Guangdong Meteorological Bureau. Guangdong province weather forecast technical manual [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2006
- [13] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,2007
WEI Fengying. Diagnosis and prediction of modern climate statistics technology [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2007
- [14] 郑庆庆,高静怀.有色噪声在物理小波变换下功率谱分布研究[J].武汉科技大学学报:自然科学版,2006,29(1):98-101
ZHENG Qingqing, GAO Jinghuai. The mean power spectrum distribution of colored noise via physical wavelet transform [J]. Journal of Wuhan University of Science and Technology: Natural Science Edition, 2006, 29 (1) : 98-101

Characteristics of evaporation change and its influence factors during 1969—2011 in Chaozhou

TANG Kai^{1,2} WANG Ranghai¹ LING Liangxin² LIU Zujian²

1 School of Environmental Science & Engineering, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

2 Chaozhou Meteorological Bureau of Guangdong Province, Chaozhou 521011

Abstract Based on Chaozhou meteorological data including sunshine hours, total cloud amount, precipitation, surface vapor pressure, mean temperature, mean wind velocity and relative humidity from meteorological stations during 1969—2011, the characteristics and influencing factors of evaporation change in Chaozhou were studied with the methods of evaporation anomaly percentage, accumulative anomalies, Mann-kendall test, and wavelet analysis. The result indicates that the evaporation of 1970s and 1980s in Chaozhou were the most for the period of 1969—2011, while the evaporation of 1990s was the least. Seasonal fluctuation was obvious in evaporation change. Mutation test shows that the sunshine hours increased rapidly in 1970s, yet without obvious mutation. According to the period analysis of annual and seasonal evaporation changes, the evaporation now is relatively high in the more significant time scale. The decrease of annual evaporation is closely related with the increase of mean temperature, and may also be related with the increase of sunshine hours in summer.

Key words evaporation; climate change; Mann-Kendall test; wavelet analysis; Chaozhou