

贵州省低纬山地气候变化趋势

吉廷艳

(贵州省气象局, 贵州 贵阳 550002)

摘 要: 对贵州气温、降水、灾害指数等要素的气候变化分析表明: 20 世纪 40 年代前后贵州处于一个相对温暖时期(这一时期也是北半球大陆气温自 1930~ 1960 年代初的明显暖期中), 1960~ 1970 年代是一个相对较冷时段, 但趋势变化曲线反应出贵州气温呈下降趋势(与全球气候变暖趋势相反), 主要表现在春季和夏季变冷明显, 秋季和冬季略有变暖; 贵州降水趋于减少, 主要反应为春季减少较为明显, 夏、秋季变化不大, 冬季呈增加趋势; 各种灾害指数的趋势变化中, 春季的倒春寒、夏季的洪涝趋于偏重, 秋季的绵雨、冬季的低温和凝冻趋于偏轻, 而春旱、夏旱和秋风变化不明显, 但春旱存在明显的周期性变化特征; 旱涝指数的小波分析指出贵州旱涝有两个比较明显的全球性周期变化, 分别是 32a 和 10a 周期。

关键词: 低纬山地; 气候变化; 灾害指数

中图分类号: P46

文献标识码: A

贵州与云南同属低纬山地, 处于热带季风气候区, 其气候特征具有许多共同之处: 由于低纬和高原的共同作用, 使得这里夏无酷暑、冬无严寒, 终年温暖(这也是世界热带高原的共同特点); 另外, 境内多山, 河谷纵横, 地势西高东低, 海拔高低悬殊, 山脉的走向和不同的高度往往成为气候的分界线, 造成了同一地区气候上的很大差异, 即所谓的立体气候特色; 同时云贵高原位于青藏高原的东南侧, 靠近孟加拉湾和中国南海, 具有突出的季风气候特点。因此, 贵州气候变化在一定程度上也能体现低纬高原(主要是云贵高原)气候的变化情况。

贵州气候受多种天气系统影响, 在大气环流场中有三个显著特点^[1]: 一是既受西风带环流系统影响, 又受副热带环流系统制约, 因而春、秋过渡季节属南北气流交汇频繁的地区, 多低温阴雨天气; 二是盛夏受副热带暖性高压控制, 常造成夏季干旱天气; 三是每年夏半年, 地处青藏高原东南侧的贵州上空(尤其在 1500~ 3000m 高度)多地方性气旋涡活动, 冰雹、大风、大暴雨等局地对流天气发生频繁。因此, 大气环流的异常将会造成贵州气候的异常变化。从气团活动的情况看^[2], 贵州气候受多种气团影响, 中部与西南部气团活动规律大体一致, 而北部气

团活动则与中部或西南部气团呈现较大差异。各地受不同气团影响的程度不等, 因而造成各地气候存在较大差异。

气候变化包括线性和非线性变化。线性变化是气候变化的重要组成部分, 周期变化和趋势变化均属于线性变化; 非线性变化即是指气候的相对稳定性和突变现象, 也就是说气候常常在一种状态下保持相对的稳定, 如冷态或暖态、重旱态或轻旱态等。气候异常变化已引起世界各国政府和科学界的广泛关注^[3~ 7]。气候异常将引起严重的气候灾害, 给经济建设和人民生命财产带来巨大损失和危害。

贵州气候的变化存在其规律性的同时也存在着一定的非线性变化。由于贵州每年均有多种气象灾害(冰雹、春旱、倒春寒、低温、夏旱、暴雨洪涝、秋风、绵雨、凝冻等)发生, 严重地影响着农业生产和经济建设, 因此本文不仅对贵州气温、降水的气候变化进行了较全面系统的分析, 还探讨了各种气象灾害的气候变化趋势。

1 资料与分析方法

本文使用的资料中, 贵阳站点的温度、降水数据

收稿日期(Received date): 2002- 12- 29; 改回日期(Accepted): 2003- 06- 04。

作者简介(Biography): 吉廷艳(1965-), 女, 贵州普安人, 高工, 主要从事天气预报业务工作和相关研究。[Ji Ting-yan(1965-), mainly engaged in the weather forecast business and the research of the related realm.]

为 1921~1998 年的测站资料; 全省平均降水量为 1951~1995 年全省 85 站降水资料的平均值; 灾害指数为“九五”攻关课题《贵州短期气候预测系统

的研究》中对贵州各种气候灾害给出的统一划分标准^[2]计算得出, 本文中的灾害指数为 1951~2000 年省内 47 站灾害指数的平均值。

费希尔最优分割法和 Yamamoto 法是检验气候均值突变的方法, 能客观地、直接地反应气候突变特征; 线性倾向的最小二乘法可以很好地反应气候变化的趋势性^[8]。

小波分析方法是分析气候资料中包含的周期性及其不均匀性的有力工具^[9]。Morlet 小波是较常用的复植小波, 复植小波的连续小波变换在实部和虚部之间有 $\pi/2$ 的位相差, 因此当观察小波系数的模时, 可以消除小波本身的震荡, 作为复植小波系数可以分离出模和位相, 前者给出能量密度, 后者可以发现信号的奇异性和测量瞬时频率。

2 贵州气候变化分析

用 EOF 分析方法对贵州气温、降水等气象要素分析后发现^[2]: 贵州各月、季、年气温的空间变化具有一致性, 且其第一个主分量的方差贡献率已达到 78%~88%, 表明某一站点的气温变化可以基本反应全省气温的变化特点, 在此我们将以贵阳站为代表分析气温气候变化情况。

贵州降水的收敛远比气温的收敛慢, 其空间变化要比气温的空间变化复杂得多, 各地变化不仅具有一致性的特点, 同时也存在着南北或东西或局地反相变化的特征。因此某一站点的降水变化难以反应全省降水的变化特点。对于降水的气候变化, 将分别对贵阳站点及全省平均气候状况进行分析。

贵州气候灾害灾种较多、灾害频繁、影响危害程度较严重, 其中夏季旱涝对国民经济的影响尤为严重, 因此在分析了各种灾害变化趋势后, 还特别对夏季旱涝变化进行了小波分析。

2.1 气温变化分析

2.1.1 气温变化趋势及周期分析

施能等利用自然正交展开插补了中国 28 个测站近 100a 月平均气温, 研究表明, 20 世纪以来中国绝大部分地区气温变暖, 数十年尺度冷暖背景下, 中国气候变化有区域特征^[10]。王绍武对南半球、北半球、全球共 12 个地面温度序列, 以及中国的气温系

列进行了对比分析, 研究指出近百年全球气候有 3 次突然变暖, 分别出现在 19 世纪末、20 世纪 20~30 年代及 70 年代末。中国的东北、华北及新疆的气温有明显变暖的趋势, 最暖在 20 世纪 20~40 年代, 以 40 年代最为显著^[11]。龚道溢等在《1998 年, 中国近一个世纪以来最暖的一年》一文中指出: 在全球变暖的大背景下, 中国的气温也有上升的趋势, 从 1880~1998 年的资料看, 全球变暖的趋势为 $0.53\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{a}$, 中国气温上升的趋势也与之很接近, 为 $0.50\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{a}$, 两者相关系数达 0.60 ^[12]。

贵州气温变化与全国相比具有某些共同点, 即 20 世纪 40 年代前后贵州与全国均处于一个相对温暖时期, 以 40 年代为最暖, 1960~1970 年代则是一个相对较冷时段。但贵州气温变化更具有区域特征, 趋势变化曲线(全省平均气温变化与贵阳气温变化基本一致, 由于贵阳站点资料较长, 因此以其作为代表进行分析)表明贵州气温变化与全球相反, 呈现下降趋势(图 1), 主要表现在春季和夏季变冷明显, 秋季和冬季略有变暖。

2.1.2 气温突变分析

用费希尔最优分割法和 Yamamoto 法对贵阳气温进行气候均值突变分析后发现贵阳年平均气温存在突变现象。

计算结果表明, 贵阳年平均气温变化有两个较强的突变点^[2]: 一个是在 1938 年, 另一个是 1954 年, 两个突变点前后的信噪比分别为 2.15 和 2.25。1938 年之前为一个较冷时段, 平均气温为 $15.3\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1938~1953 年为一较暖时段, 平均气温为 $15.8\text{ }^{\circ}\text{C}$; 1954 年后气温由较暖转到较冷, 平均气温下降为 $15.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, 冷暖交替明显。值得提出的是: 贵阳年平均气温的这一变化趋势与北半球大陆气温的变化趋势存在某些一致: 即贵阳市 1938~1953 年间的较暖时段处在北半球大陆气温自 1930~1960 年代初的明显暖期中^[11]。

2.2 降水变化分析

全省降水的 11a 滑动曲线表明(图 2): 1950 年代后期到 1960 年代前期贵州降水偏少, 1960 年代后期到 1980 年代初降水相对偏多, 1980 年代中期以后贵州降水又处于偏少阶段。趋势曲线反应出贵州降水趋于减少, 特别是贵阳的降水减少比较明显。降水的减少主要反应在春季较为明显, 夏、秋季变化不大, 冬季呈增加趋势。(贵阳季度降水变化表明除夏季外, 各季均表现为下降趋势, 这也反应了贵州

各地的降水变化呈现不一致现象, 具有局地性特征。)

贵阳降水的突变分析结果为: 贵阳市年降雨量在 1979 年出现一突变点, 在此以前为偏多时段, 年平均降雨量为 1 196. 5mm, 在此以后年降雨量处于一偏少时段, 年平均值为 1 041. 0mm, 信噪比为 1. 87, 跃变较为明显。

2.3 贵州气候灾害变化趋势

2.3.1 各种灾害指数的趋势变化

各种灾害均有相应的指数表示, 指数的大小反应了灾害的轻重程度, 指数越大, 灾害越重。其地区分布特点是: 春旱、绵雨表现为西部较重, 向东依次减轻; 夏旱则刚好相反, 东部灾害大于西部; 倒春寒、秋风、低温、凝冻均为西北部最重, 向东南方向依次减轻; 洪涝为南部重于北部。

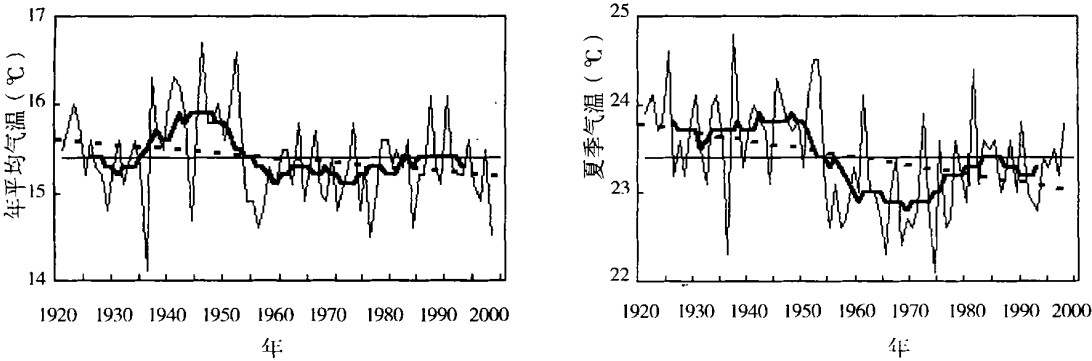


图 1 贵阳气温趋势变化及 11a 滑动曲线(粗实线为滑动曲线, 虚线为趋势线)
Fig. 1 The trend line and the glide curve of 11 years to the temperature in Guiyang
(Heavy-solid thread is glide line , dotted line is trend variety)

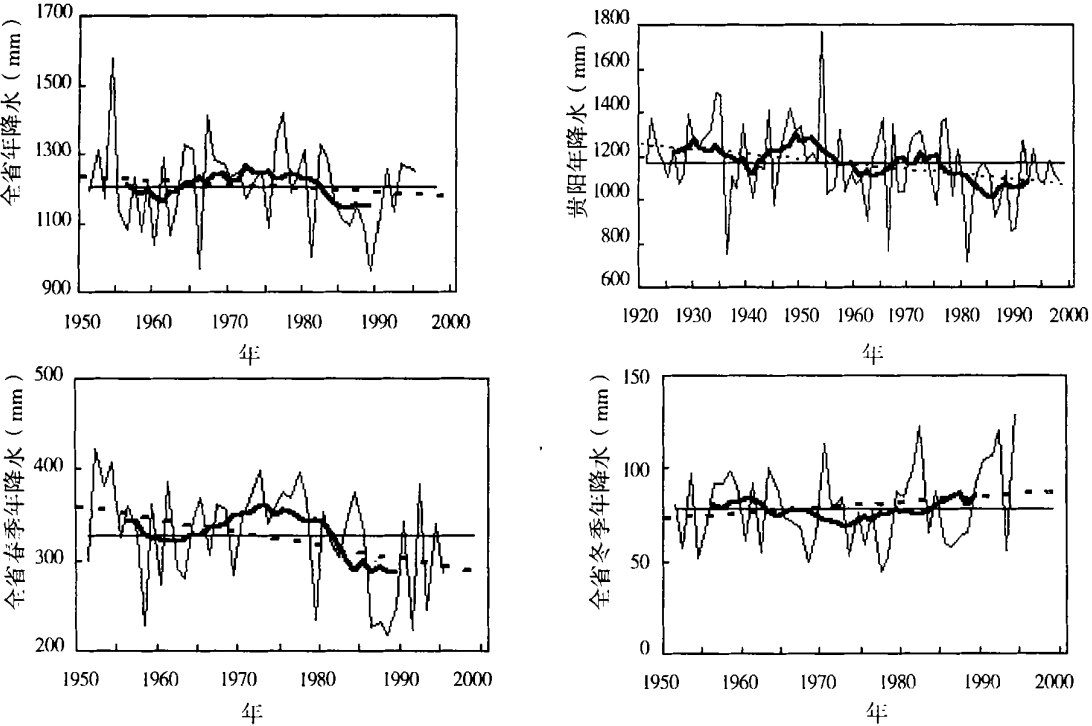


图 2 贵州降水趋势变化及 11a 滑动平均曲线(粗实线为滑动曲线, 虚线为趋势线)
Fig. 2 The trend line and the glide curve of 11 years to the precipitation in Guizhou
(Heavy-solid thread is glide line , dotted line is trend variety)

灾害指数均为无量纲值, 由于各种灾害的性质不同, 计算公式也不一样^[2]。例如: 倒春寒指数计算公式为: $K_i = 100 \times (N_i/10 - T_i/10 + H_i/20)$ 式中 i 表示年份; K_i 表示当年倒春寒指数; N_i 为当年最长倒春寒过程的持续天数, 若 $N_i > 15$, 则只取值为 15; T_i 为当年 3 月 21 日~4 月 20 日任意滑动 10d 平均气温距平的最低值, H_i 为当年倒春寒总日数, 若 $H_i > 20$, 则只取值 20。洪涝指数计算公式为: $K_i = 0.20R_i + 0.35RR_i + 0.40RRR_i$ 式中 i 表示年份; K_i 表示当年洪涝指数; R_i 表示当年 6~8 月最多降水量旬的降水量距平百分率; RR_i 表示当年 6~8 月内任意相邻 2 旬最多降水量的距平百分率; RRR_i 表示当年 6~8 月内任意相邻 3 旬最多降水量的距平百分率。其余指数也有相应的计算公式。

对各种灾害指数的趋势变化分析后发现: 春季的倒春寒、夏季的洪涝趋于偏重, 秋季的绵雨、冬季的低温和凝冻趋于偏轻(凝冻趋于偏轻反应出贵州冬季趋于变暖), 而春旱、夏旱和秋风变化不明显, 但

春旱存在明显的周期性变化特征(图 3)。

各种灾害指数的 11 a 滑动曲线表明: 春旱在 1950 年代后期到 1960 年代前期、1980 年代中期到 1990 年代前期偏重, 1960 年代后期到 1980 年代初偏轻; 倒春寒 1980 年代初期之前偏轻, 1980 年代中期以后趋于偏重; 夏旱在 1960 年代和 1980 年代后期到 1990 年代初贵州处于一个相对较早时期, 1990 年代中期以后夏旱开始趋于偏轻; 贵州洪涝在 1980 年代后期以前基本处于偏轻时段; 秋风变化不明显; 绵雨、低温和凝冻均是在 1980 年代前期之前偏重, 1980 年代后期以后趋于偏轻。

2.3.2 近百年旱涝变化的小波分析

旱涝等级指数是根据降水距平百分率来划分的, 降水距平百分率 $\geq 40\%$ 为 1 级, 表示涝; 在 $15\% \sim 40\%$ 之间为 2 级, 表示偏涝; 在 $-15\% \sim 15\%$ 之间为 3 级, 表示正常; 在 $-30\% \sim -15\%$ 之间为 4 级, 表示偏旱; $\leq -30\%$ 为 5 级, 表示旱。指数 > 3 时表明缺雨有旱, 取值愈大干旱愈重; 指数 < 3 时表明多雨有涝, 取值愈小涝灾愈重。

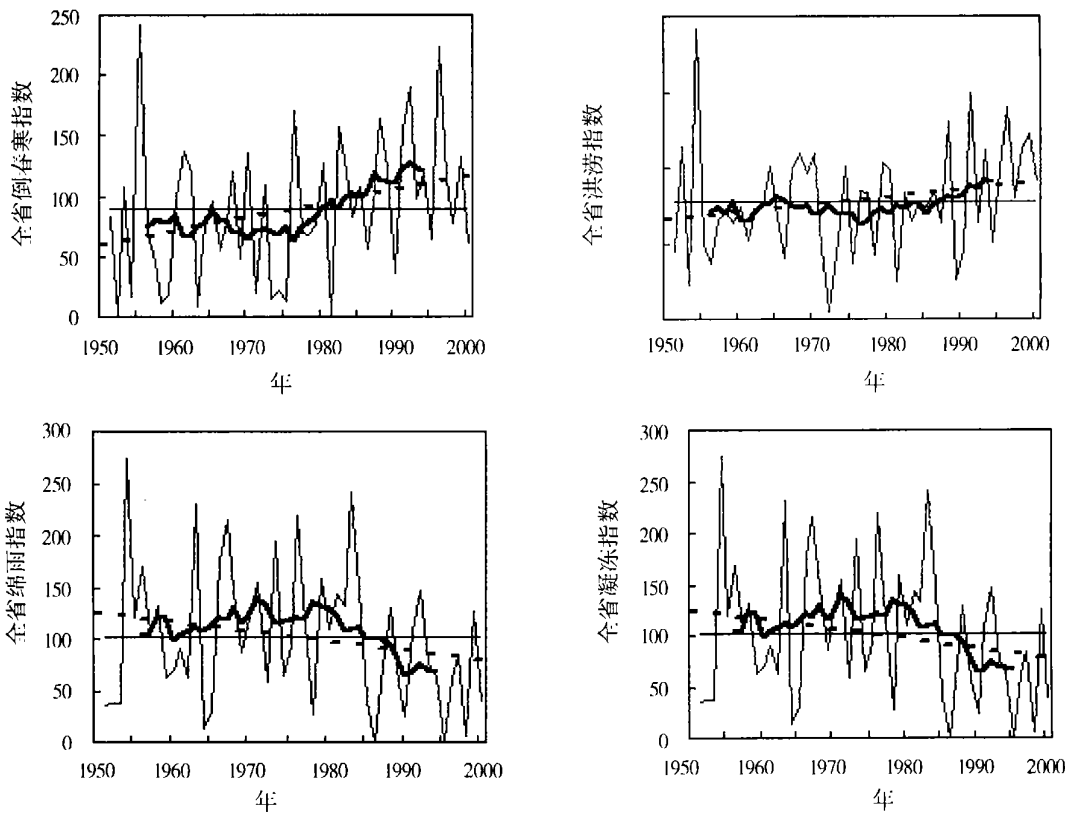


图 3 贵州灾害指数趋势变化及 11a 滑动平均曲线(粗实线为滑动曲线, 虚线为趋势线)

Fig. 3 The trend line and the glide curve of 11 years to the disaster index in Guizhou

(Heavy-solid thread is glide line , dotted line is trend variety)

用小波分析方法对贵州近百年旱涝指数作诊断分析^[2],图 4(a)、(b)为指数序列 Morlet 小波变换系数的实部、虚部,图中横坐标为时间,纵坐标为周期。图中可以看出:贵州旱涝有两个比较明显的全球性周期变化,一个是 32 a 的周期性最为明显,另一个是 10 a 的周期。不同的时间尺度所对应的旱涝变化是不同的。32 a 尺度的周期变化中,贵州经

历了 4 个较长时间的旱涝交替阶段,分别是 1925 年以前的偏涝阶段,1926~ 1958 年的偏旱阶段,1959~ 1990 年的偏涝阶段,1991 年以后的偏旱阶段。从 10 a 尺度的周期分析,1950 年代偏涝、1960 年代偏旱、1970 年代偏涝、1980 年代偏旱、1990 年代偏涝。小波能量谱表明 10 a 尺度附近能量最强,大尺度能量较低。

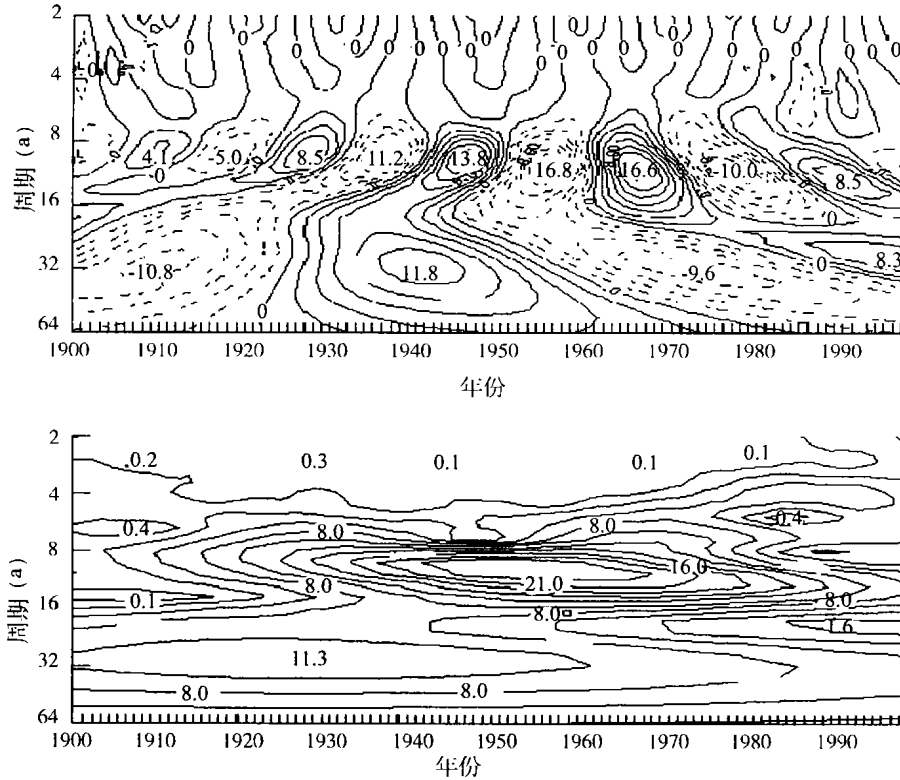


图 4 贵州近百年旱涝指数距平 Morlet 小波变换系数的实部(a)、虚部(b)

Fig. 4 Solid department (a) and empty department (b) for transformation coefficient of small wave to dry-flood index of near a hundred years in Guizhou

3 结论

1. 贵州气温变化与全球相比具有某些一致性,但也存在较大差异。20 世纪 40 年代前后贵州处于一个相对温暖时期,这一时期也是北半球大陆气温自 1930~ 1960 年代初的明显暖期中,1960~ 1970 年代贵州则处于一个相对较冷时段;贵州年平均气温变化有两个较强的突变点:一个是在 1938 年,另一个是 1954 年;与全球气候变暖趋势不同的是贵州气温变化呈下降趋势,主要表现在春季和夏季变冷明显,秋季和冬季略有变暖。

均降雨量分析来看:20 世纪 50 年代后期~ 60 年代前期偏少,1960 年代后期~ 1980 年代初相对偏多,1980 年代中期以后又处于偏少阶段。趋势曲线反应出贵州降水趋于减少,特别是贵阳的降水减少比较明显,降水的减少主要反应在春季较为明显,夏、秋季变化不大,冬季呈增加趋势;贵阳年降水量的突变分析结果为:1979 年出现一突变点,在此以前为降雨量偏多时段。

3. 各种灾害指数的趋势变化中,春季的倒春寒、夏季的洪涝趋于偏重,秋季的绵雨、冬季的低温和凝冻趋于偏轻,而春旱、夏旱和秋风变化不明显,但春旱存在明显的周期性变化特征。

4. 旱涝指数的小波分析表明:贵州旱涝有两个

比较明显的全域性周期变化, 一个是 32 a 的周期性最为明显, 另一个是 10 a 的周期; 小波能量谱表明 10a 尺度附近能量最强, 大尺度能量较低。

参考文献 (References):

- [1] Xu Bin-nan, Zhang Bizhou, Huang Ji-yong, *et al.* The research for the law, the forming cause and the long-term forecast to spring drought, summer drought, coldness of the late spring and autumn wind in Guizhou.. Beijing: the weather publishing company, 1997, 6. [许炳南, 张弼洲, 黄继用, 等. 贵州春旱、夏旱、倒春寒、秋风的规律、成因及长期预报研究[M]. 北京: 气象出版社, 1997. 6.]
- [2] Li Yu-zhu, Xu Bin-nan. The technologies of short-term climate forecast in Guizhou. Beijing: the weather publishing company, 2001. 12. [李玉柱, 许炳南. 贵州短期气候预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2001. 12.]
- [3] J. Houghton, Global Warming. The weather publishing company, 1998, 6. [戴晓苏, 石广玉, 董敏, 耿全震, 等(译). 全球气候变暖[M]. 北京: 气象出版社, 1998. 6.]
- [4] Chen Wen-hai, Liu Yan-xiang, Ma Zhu-guo. The seasonal characteristics of climatic change trend in china from 1751 ~ 1997. *Plateau meteorology*, 2002, **21**(3): 251~ 257. [陈文海, 柳艳香, 马柱国. 中国 1951~ 1997 年气候变化趋势的季节特征[J]. 高原气象, 2002, **21**(3): 251~ 257.]
- [5] Li Yan-chun, Li Yan-fang. Period and jump analyses of climatic variation in Ningxia in recent hundred years. *Plateau meteorology*, 2001, **20**(1): 71~ 75. [李艳春, 李艳芳. 宁夏近百年来气候的变化及突变分析[J]. 高原气象, 2001, **20**(1): 71~ 75.]
- [6] Jones, P. D. The influence of ENSO on global temperatures. *Cli-*

mate Monitor, **17**: 80~ 89.

- [7] Zhai Pan-mao, Ren Fu-min. On changes of china's maximum and minimum temperatures in the recent 40 years. *Acta Meteorologica Sinica*, 1997, **55**(4): 418~ 429. [翟盘茂, 任福民. 中国近 40 年最高最低气温变化[J]. 气象学报, 1997, **55**(4): 418~ 429.]
- [8] Wei Feng-ying. The technologies of statistics diagnosis and forecast in modern climate. Beijing: the weather publishing company, 1999, 10. [魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999. 10.]
- [9] Huang Jia-you. The technologies of statistics diagnosis and forecast in modern climate. Beijing: the weather publishing company, 2000, 3. [黄嘉佑. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2000. 3.]
- [10] Shi Neng, Cheng Jia-qí, Tu Qipu. 4 Phase climate change features in the last 100 years over china. *Acta Meteorologica Sinica*, 1995, **53**(4): 431~ 439. [施能, 陈家其, 屠其璞. 中国近百年来 4 个年代际的气候变化特征[J]. 气象学报, 1995, **53**(4): 431~ 439.]
- [11] Wang Shao-wu, Ye Jinlin, Chen Zhenhua. The climate warming over global and china for the last 100 year period. The Research disquisition on the climate change and numeric simulation (The third gathers). Beijing: the weather publishing company, 1996, 1. [王绍武, 叶瑾林, 陈振华. 近百年全球及中国气候变暖. 气候变化规律及其数值模拟研究论文(第三集)[C]. 北京: 气象出版社, 1996, 1]
- [12] Gong Daoyi, Wang Saowu. 1998: The warmest year on record of the century in china. *Meteorological Monthly*, 1999, **25**(8). [龚道溢, 王绍武. 1998 年: 中国近一个世纪以来最暖的一年[J]. 气象, 1999, **25**(8).]

Trends of Climate Change over Low Latitude Upland

Ji Ting-yan

(Guizhou Meteorological Bureau, Guiyang 550002 China)

Abstract: The climate changes of temperature, precipitation and disaster index in Guizhou is analyzed, the results show that about 1940's, it is a warm period in Guizhou (which is an obvious warm period in Northern Hemisphere mainland), from 1960's to 1970's, a cold period, but the trend variety line shows that there is cooling trend in Guizhou (contrary to the warming trend in world), this mainly present that the cooling trend is obvious in spring and summer, but a little warming trend in autumn and winter. The precipitation in Guizhou is tend to decrease, which mainly lessens distinctly in spring, changes little in summer and autumn, but increases in winter. As to the disaster indexes, the coldness of the late spring and summer flood are more serious than ever, the autumn consecutive-rain as well as winter low-temperature and ice-rain are more alleviative, the spring drought, summer drought and autumn wind vary little, but spring drought has a characteristic of obvious periodic variety. The analysis of small wave about dry-flood index points out that the variety of dry-flood index in Guizhou has two obvious periods, which respectively are 32 years and 10 years.

Key words: low latitude upland; climate change; disaster index