

文章编号:1004-8227(2010)09-1037-07

三峡库区近 50 年来的气温变化趋势

林德生¹, 吴昌广¹, 周志翔^{1*}, 肖文发², 王鹏程^{1,2}

(1. 华中农业大学园艺林学学院, 湖北 武汉 430070; 2. 中国林业科学研究院, 北京 100091)

摘要: 利用三峡库区及周边 32 个气象站点 1960~2006 年的气温资料, 运用线性趋势分析、累积距平分析和 t 检验等统计学方法研究了三峡库区近 50 a 来的气温变化趋势。研究结果表明: (1) 近 50 a 来三峡库区气温变化总体上呈显著上升趋势, 增温率为 $0.13^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$; 其中 1960's~1980's 未存在一个缓慢降温过程, 1980's 末后快速增温。 (2) 三峡库区各季节平均气温变化过程与年气温变化过程相似, 总体上也呈上升趋势, 春、夏、秋、冬四季平均气温增温率分别为 0.10 、 0.005 、 0.19 和 $0.21^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$, 其中冬季气温上升对库区年平均气温上升的贡献率最大。 (3) 年均气温跃变出现在 1996 年, 春、夏、秋、冬四季气温跃变点分别出现在 1996、1993、1997、1996 年, 季节气温的跃变与年均气温跃变具有较好的同步性。 (4) 三峡库区偏暖和显著偏暖年份都发生在 1996 年以后, 其中 1998 和 2006 年为异常偏暖年份; 偏冷年份基本出现在 1990's 以前, 尤其集中在 1980's, 但无显著偏冷和异常偏冷年份。

关键词: 年均气温; 季节平均气温; 气温跃变; 气候变化; 三峡库区

文献标识码: A

气温是反映热量特征的重要指标之一, 已成为自然区划、地域热量资源分析和农业生产潜力评估的重要参数, 被广泛应用于温室效应、热岛效应、城市化过程等全球变化研究的各个领域^[1~4]。气候变化对自然生态系统和社会经济体系的影响是当前全球变化研究的热点问题^[5]。第四次 IPCC 评估报告指出^[6]: 在 1906~2005 年 100 a 间, 全球平均地表温度上升了 0.74°C ($0.56\sim0.92^{\circ}\text{C}$), 比第三次评估报告给出的 100 a (1901~2000 年) 平均上升 0.6°C ($0.4\sim0.8^{\circ}\text{C}$) 提高 0.14°C 。自 1850 年以来, 最暖的 12 个年份中有 11 个出现在 1995~2006 年 (除 1996 年), 最近 50 a 的升温速率 ($0.13^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$) 几乎是过去 100 a 的 2 倍^[7]。近 50 a 来, 我国年均地表气温变暖幅度约为 1.1°C , 增温速率接近 $0.22^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$, 成为全球变暖最明显的地区之一^[8]。尽管目前关于气候变化的预测还存在很多的不确定性, 但温室效应的存在以及全球气候变暖的可能性和趋势已为众人所接受^[8,9]。

气候变暖将加速大气环流和水文循环过程进而引起水资源量及其空间上的分布变化, 导致水资源短缺问题更加突出、水环境生态问题进一步恶

化^[10]。三峡库区是长江流域中下游地区的生态安全屏障, 研究该地区的气温变化显得尤为重要。目前已有学者开始对三峡库区的气温变化进行相关研究, 刘祥梅^[11]、张宝雷^[12] 从插值方法入手分别对三峡库区的气候等级进行了综合评价和对气温变化与林地变化的响应进行了分析; 唐云辉^[13]、廖要明^[14]、陈鲜艳^[15] 则从统计方法入手分别对重庆市三峡库区 (1960~1999 年) 各季节、三峡库区 1951~2006 年夏季、三峡库区蓄水前后远库区和近库区气候变化特征进行了研究。这些研究或采用地统计学方法 (如插值分析), 或就局地或某一季节展开研究, 但缺乏对三峡库区气温变化的全面诊断分析。本文拟根据三峡库区及周边共 32 个气象站点 1960~2006 年的气温资料, 采用统计诊断方法对库区年均气温、季节气温的年代际变化及气温突变进行研究, 以期进一步认识三峡库区气候变化趋势, 为库区生态恢复和重建提供科学依据。

1 研究区概况

三峡库区西起重庆江津、东至湖北宜昌市, 包括

收稿日期: 2009-09-02; 修回日期: 2009-12-15

基金项目: 国家科技支撑计划 (2006BAD03A1301, 2006BAD03A0701) 和长江三峡库区 (秭归) 森林生态定位站项目资助。

作者简介: 林德生 (1984-) 男, 湖南省邵阳县人, 硕士研究生, 主要从事气候与环境变化研究。E-mail: lindes2003@yahoo.com.cn

* 通讯作者 E-mail: whzhouzx@126.com

重庆市 22 个县(区)和湖北省 4 个县,介于东经 $105^{\circ}50' \sim 111^{\circ}40'$ 、北纬 $28^{\circ}31' \sim 31^{\circ}44'$,总面积约 $5.8 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。该地区气候类型属中亚热带湿润季风气候,地形起伏剧烈,导致气候垂直变化显著。库区年平均气温 $12 \sim 19^{\circ}\text{C}$,冬季短,约 $60 \sim 70 \text{ d}$,极端最低气温 -4°C 左右,夏季炎热,长达 $140 \sim 150 \text{ d}$,极端最高温可达 44°C ,海拔 500 m 以下河谷地带 $> 10^{\circ}\text{C}$ 积温达 $5\,200 \sim 6\,000^{\circ}\text{C}$,无霜期达 $290 \sim 340 \text{ d}$ 。区内降水丰沛,相对湿度 $60\% \sim 80\%$,年降水量为 $1\,000 \sim 1\,200 \text{ mm}$,但季节分配不均, $4 \sim 10$ 月份为雨季,春末夏初多雨, $7, 8$ 月份连晴高温,常发生伏旱^[12]。

2 研究资料与方法

2.1 气候数据的收集与整理

三峡库区 1960~2006 年的年平均温度、月平均温度资料来源于国家气象信息中心和重庆市气象局,包括库区及其周边区域共 32 个气象站点,其中库区境内有 21 个台站(图 1)。



图 1 三峡库区及周边气象站分布图

Fig.1 Distribution of Weather Stations in and Around the Three Gorges Reservoir Area

2.2 研究方法

主要采用线性趋势法、累积距平曲线法、最小二乘法 and t 检验法等统计诊断方法对气温的线性变化趋势及其突变进行分析^[16]。

线性趋势法:把气候要素表示为时间的线性函数,即:

$$y = at + b \quad (1)$$

式中: y 为气温的拟合值; a 为气温变化速率(单位为 $^{\circ}\text{C}/10 \text{ a}$),正负分别表示气温增加/减小的趋势,接近 0 表示无明显变化趋势; t 为年份序列。

最小二乘法:计算气温变化速率,即式(1)中的 a 值。计算公式^[17]:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i y_i) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n t_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n t_i)^2} \quad (2)$$

式中: y_i 为各气温时间序列; t_i 为时间($t_i = 1, 2, \dots, n$); n 为时间序列长度(年数)。求得 a 并对其进行显著性 t 检验。

累积距平曲线:先计算各站温度距平值,再求所有台站温度距平的算术平均值。然后根据距平值计算累积距平,累积距平随时间的变化曲线即为累积距平变化曲线。累积距平是一种常用的、由曲线直观判断变化趋势的方法,累积距平曲线呈上升/下降趋势,表示距平值增加/减小;从曲线明显的上下起伏,可以判断其长期显著的演变趋势及持续性变化,还可以诊断出发生突变的大致时间^[16]。

突变及气候异常分析:跃变点根据累积距平变化曲线的转折点再做 t 检验后确定;气候异常分析根据距平值与标准差的大小,距平值大于 2 倍标准差或小于负 2 倍标准差的为气候异常年份^[18]。

3 结果与分析

3.1 年气温的年际变化

根据区域平均的方法,取 32 个气象站点平均值,得到三峡库区 1960~2006 年的年平均气温为 17.0°C 。通过分析历年年均气温序列发现,最低温度出现在 1989 年为 16.3°C ,最高温度出现在 2006 年,达 18.4°C ,比历年年均气温高出 1.4°C 。年平均气温总体呈显著上升趋势(图 2),线性升温率为 $0.13^{\circ}\text{C}/10 \text{ a}$ (置信度达到 0.01)。从年代段来看,从 1960's 到 1980's 年代,总体趋势是一个降温的过程,至 1989 年降温幅度 $0.09^{\circ}\text{C}/10 \text{ a}$,1990's 前期气

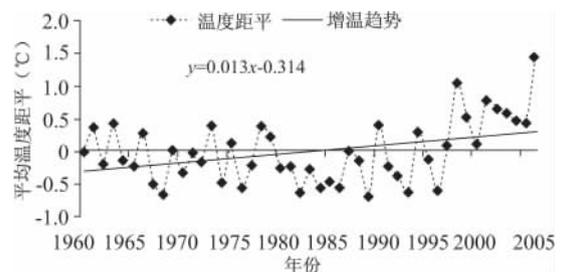


图 2 三峡库区年平均气温距平图

Fig.2 Anomalies of Annual Mean Air-temperatures in the Three Gorges Reservoir Area

温在历年平均值上下波动,从 1996 年开始持续快速的增温过程,增温幅度 $0.53^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。年均温度总体增温趋势虽然低于全国平均值 $0.22^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ^[8],但 1990's 以来升温趋势十分明显。年均气温在年际的波动中总体呈上升的趋势,这个变化特点与西南地区气温变化趋势基本一致^[19]。

以 10 a 为一个年代计算 10 a 气温平均值,所得均值减去历年平均气温(17.0°C)即为各年代气温距平(表 1)。从表 1 中可以清楚地看出:1960's、1970's 的平均气温距平都为 -0.06°C ,1980's 为 -0.38°C ,1990's 为 0.05°C ,2000 年以后为 0.64°C ;1960's 和 1970's 气温距平偏低幅度相等,1980's 比 1970's 偏低 0.32°C ,1990's 比 1980's 偏暖 0.43°C ,2000 年以后比 1990's 偏暖达 0.59°C 。从波动幅度来看,1960's、1970's 和 1990's 气温在历年平均值(17.0°C)上下波动,其中又以 1990's 波动幅度(2.1°C)最大,1980's 有 9 a 处于均值以下,

2000 年以后都高于均值。

表 1 三峡库区各年代平均气温距平

Tab. 1 Anomalies of Annual Mean Air-temperatures in the Three Gorges Reservoir Area

时期	1960's	1970's	1980's	1990's	2000~2006
春	0.17	-0.23	-0.36	-0.13	0.77
夏	0.10	0.22	-0.54	-0.07	0.42
秋	-0.11	-0.23	-0.29	0.17	0.67
冬	-0.33	-0.03	-0.32	0.20	0.69
年	-0.06	-0.06	-0.38	0.05	0.64

3.2 季节气温变化特征

季节采用气象季节划分方法,上年 12 月至当年 2 月为冬季、3~5 月为春季、6~8 月为夏季、9~11 月为秋季。采用最小二乘法计算三峡库区近 50 a 春、夏、秋、冬四季的平均气温增温率分别为 0.10 、 0.005 、 0.19 和 $0.21^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。四季平均气温均呈上升趋势,但增温幅度有所不同(图 3),分别对四季增

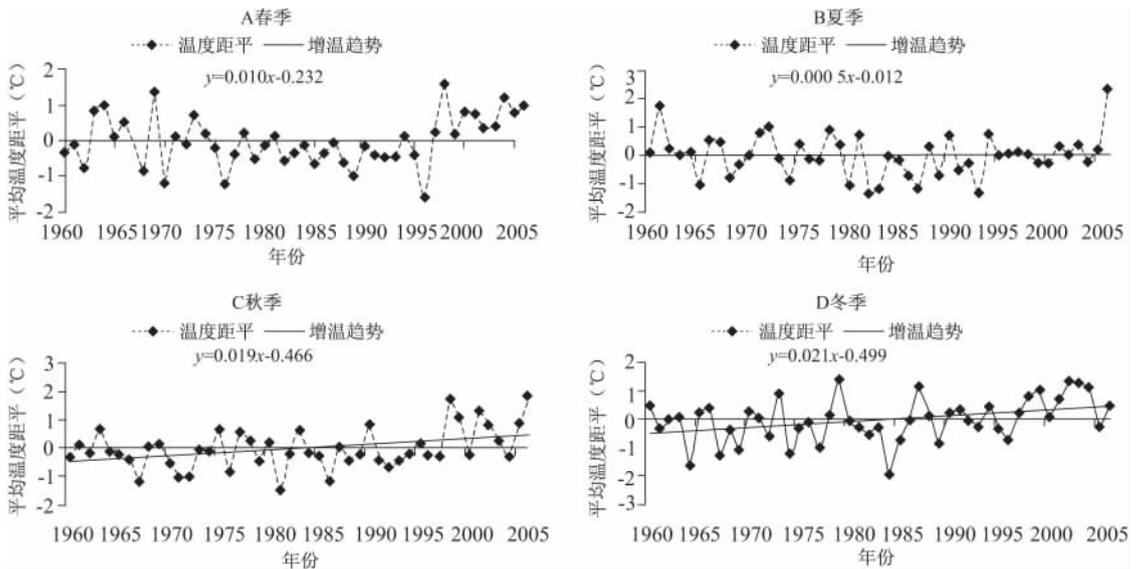


图 3 三峡库区各季节平均气温距平

Fig. 3 Seasonal Mean Air-temperature Anomalies in the Three Gorges Reservoir Area

温率做 t 检验,春季、夏季不显著,秋季、冬季显著(置信度达到 0.01)。秋季、冬季增温率大于年平均气温增温率($0.13^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$);冬季平均气温变化速率最大,秋季次之,夏季最小,年平均气温的升高以冬季贡献率最大。从年代段来看,四季气温从 1960's 到 1980's 末,总体趋势都是一个降温的过程,从 1990's 初开始了快速的增温过程(图 3)。值得注意的是,如不考虑 2006 年气温,夏季(1960~2005 年)甚至有微弱的降温趋势($-0.06^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$)。

代的计算。春季(图 3a):1960's、1970's 多在距平值附近振荡,其中 1970's 振幅较大,1980's 都在均值以下,自 1990's 中后期开始春季气温振幅极大,结合表 1 可知 2000 年以后比 1980's 增温 1.13°C ,最暖的春季出现在 1998 年(18.52°C)。夏季(图 3b):总体增温幅度极小,1960's 前期稍高,1970's 多在距平值上下振荡,1980's 多在距平值以下振荡,1980's 比 1970's 偏低 0.76°C ,1990's 比 1980's 偏高 0.47°C ,21 世纪前 7 a 比 1990's 偏高 0.49°C ,2006 年达到最高(28.55°C)。秋季(图 3c):1960's

前期在距平值上下振荡,1960's 中后期至 1970's 中期多在距平值以下振荡,1970's 中期至 1980's 前期气温略有回升至距平值上下振荡,1980's 中期至 1990's 中期多在距平值以下波动,1990's 中后期以后显著上升,2000 年以后比 1990's 偏暖 0.50°C ,为秋季年代增温的最大幅度,最暖的秋季出现在 2006 年。冬季(图 3d):1960's、1970's 气温多在距平值上下振荡,1980's 气温多在距平值以下振荡,1990's 以后,冬季气温上升幅度显著。由于秋季、冬季从 1990's 开始增温显著,使得年均气温从 1990's 开始显著上升。各季节在 1980's 都为最冷的十年,和年均温度在 1980's 达到最低的趋势是一致的。

3.3 气候跃变

从一个稳定的气候阶段向另一个稳定的阶段过渡,且气候阶段的持续时间长度远大于过渡时期长度,这种现象称作年代际气候跃变^[16]。年代际气候跃变是 20 世纪 80 年代中后期气候分析、诊断研究提出的新概念,是当前气象科学的前沿课题之一^[20~22]。气候跃变是不连续的跳跃变化,统计上可把两个样本作为来自不同的母体处理,所以气候跃变可用统计方法来检测。

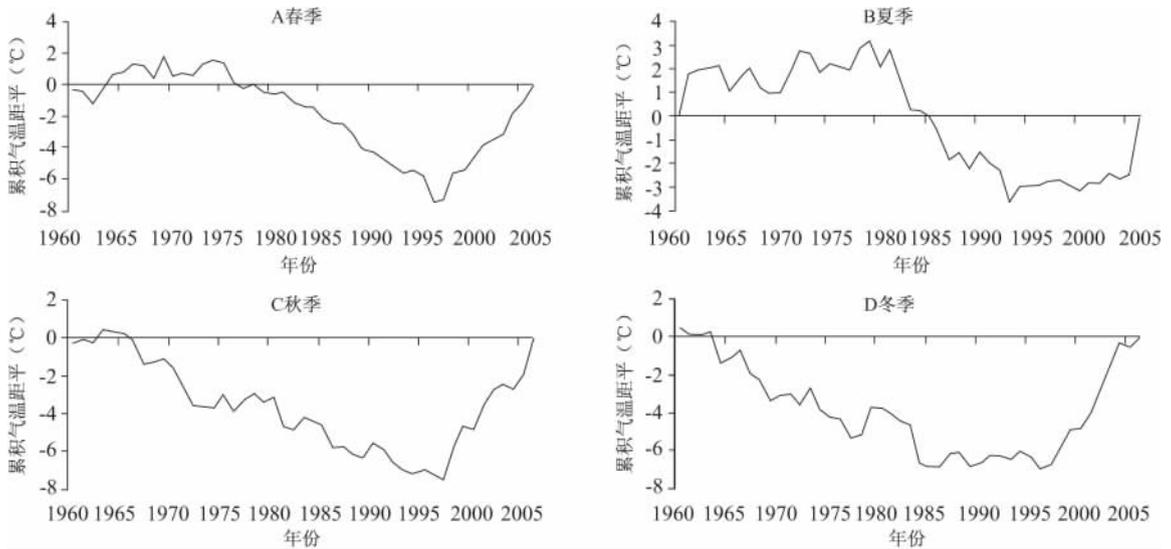


图 5 三峡库区各季节平均气温累积距平变化曲线

Fig. 5 Accumulated Variance of Seasonal Mean Air-temperature Anomalies in the Three Gorges Reservoir Area

前距平为 -0.17°C ,跃变后为 0.62°C ,跃变后比跃变前年均温度上升 0.79°C 。春、夏、秋、冬四季跃变前后差值分别为 0.94 、 0.39 、 1.03 、 0.88°C 。 t 检验结果表明,三峡库区夏季气温跃变未达到 0.05 置信度;年均、春季、秋季、冬季气温跃变极显著,均达到

由年均、各季节气温距平累积,分别得到年均气温累积距平变化曲线(图 4)、各季节气温累积距平变化曲线(图 5)。图 4 表明年均气温累积距平的变化先呈下降趋势,在 1996 年平均气温累积距平值达到最低,然后快速上升。从累积距平变化曲线来看,三峡库区的年平均气温在 1996 年发生跃变(图 4)。春、夏、秋、冬四季跃变点(图 5)依次为 1996、1993、1997、1996 年,季节气温的跃变与年均气温具有较好的同步性。

根据跃变点计算跃变前后距平值,并对跃变前后气温序列进行 t 检验(表 2)。可知年均气温跃变



图 4 三峡库区年平均气温累积距平变化曲线

Fig. 4 Accumulated Variance of Annual Mean Air-temperatures Anomalies in the Three Gorges Reservoir Area

0.01 置信度。可见除夏季外的跃变都是极显著的,夏季跃变最小,没有达到显著水平。

三峡库区气温跃变发生在 1990's 中期左右,这与丁一汇(2008)研究:长江中下游、华南地区以及西北地区变暖突变基本上都发生在 1990's 中期左右,

并且所有季节快速变暖突变的时间都比东北地区晚^[23]的结论是相似的。中国地区气温突变与大气环流的年代际突变有着一定的联系^[24]。同时,气候跃变通常会受到区域地理条件影响^[25],三峡库区北部有大巴山阻挡,南方有云贵高原,处于大巴山褶皱带、川东褶皱带和川鄂湘黔隆起带三大构造单元交汇处,特殊的地理条件一定程度上阻挡了气流的循环。大气环流和地理因素的综合影响导致三峡库区气温的跃变同样表现出局地性。

表 2 温度的跃变点和阶段均值

Tab. 2 Temperature's Jump Point and Period Mean in Each Season and Year

时期	跃变点(年)	跃变前平均值	跃变后平均值	跃变前后距平差	t 值
春季	1996	-0.2	0.74	0.94	4.39**
夏季	1993	-0.11	0.28	0.39	1.57
秋季	1994	-0.2	0.83	1.03	4.58**
冬季	1996	-0.19	0.69	0.88	3.54**
年平均	1993	-0.17	0.62	0.79	5.96**

注:跃变点根据累积曲线的转折点再作 t 检验来确定,有*的表示 t 值超过 0.05 置信度,有**的 t 值超过 0.01 置信度

3.4 气温异常分析

在气候变化的研究中,由于气候极端事件对社会经济和生态环境带来的巨大影响,对极端气候的研究越来越被人们重视。世界气象组织规定,如果某个气候要素绝对值大于它 30 a 平均值的标准差 2 倍(2 s),或 25 a 以上一遇,即被定义为“异常”气候

值^[26]。本文采用的标准差年代尺度为 30 a(1971~2000 年)。在统计三峡库区年平均气温、季节平均气温“异常”气候值时,采用表 3 距平级别标准,世界气象组织定义的“异常”气候值对应于表 3 中的异常偏暖或异常偏冷值。

表 3 三峡库区气温距平级别

Tab. 3 Grade of Air-temperature Anomalies in the Three Gorges Reservoir Area

级别	距平范围
异常偏暖(3 级)	$\Delta \geq 2 s$
显著偏暖(2 级)	$1.5 s \leq \Delta < 2 s$
偏暖(1 级)	$1 s < \Delta < 1.5 s$
正常(0 级)	$-1 s \leq \Delta \leq 1 s$
偏冷(-1 级)	$-1.5 s < \Delta < -1 s$
显著偏冷(-2 级)	$-2 s < \Delta \leq -1.5 s$
异常偏冷(-3 级)	$\Delta \leq -2 s$

注: Δ 为某要素的距平值,s 为其相应的标准差

根据表 3 所示距平级别标准,计算各年气温距平标准差(表 4)。近 50 a 来,三峡库区 1998 年和 2006 年为异常偏暖年份,显著偏暖年份为 2001 年,偏暖年份为 1999、2002 和 2003 年,偏暖和显著偏暖年份都发生在 1996 年以后。没有异常偏冷年份,也没有显著偏冷年份,1967、1968、1974、1976、1982、1984、1986、1989、1993 和 1996 年为偏冷年份,偏冷年份基本出现在 1990's 以前,尤其集中在 1980's。可见 1998、2006 年气温达到“异常”气候值标准,且都发生在气温跃变(1996 年)后。

表 4 三峡库区各年气温距平标准差

Tab. 4 Standard Errors of Annual Mean Air-temperatures Anomalies in the Three Gorges Reservoir Area

时期	气温距平大小									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1960~1969	-0.01	0.77	-0.42	0.90	-0.28	-0.45	0.61	-1.04	-1.35	0.03
1970~1979	-0.67	-0.03	-0.35	0.82	-1.00	0.28	-1.17	-0.45	0.83	0.45
1980~1989	-0.52	-0.44	-1.33	-0.55	-1.16	-0.96	-1.15	0.03	-0.28	-1.42
1990~1999	0.85	-0.47	-0.75	-1.25	0.61	-0.21	-1.24	0.18	2.20	1.08
2000~2006	0.28	1.61	1.36	1.24	0.97	0.89	2.99	-	-	-

4 结论与讨论

近 50 a 来,三峡库区年均气温增温率为 0.13°C/10 a,春、夏、秋、冬四季平均气温增温率分别为 0.10、0.005、0.19 和 0.21°C/10 a。年均气温于 1996 年发生跃变,1996 年以前甚至存在微弱的降温趋势(-0.09°C/10 a),1990's 中期以后开始快速的增温过程。春、夏、秋、冬四季跃变点分别为

1996、1993、1997 和 1996 年,季节气温的跃变与年气温具有较好的同步性。气温异常分析显示,1998 和 2006 年为“异常”偏暖年份,发生在气温跃变后。

年均气温、季节平均气温升温趋势都为正,除了夏季气温增温幅度极小,年均气温和其他季节都呈明显的上升趋势。突变及气温异常分析显示跃变后的升温趋势明显。这种升温趋势的原因由自然因素和人类活动共同造成,但最近 50 年来的变化主要由

人类活动造成^[10]。多数气候学者认为可能主要是由增强的温室效应所引起的。另一个重要问题是海洋-大气系统年代际以上尺度的低频振动及其对中国地面气温的影响^[27,28]。三峡库区气温的升高与这些大环境的变化是分不开的。

值得一提的是,冬季气温增温率最大,暖冬趋势十分明显,而夏季极小,有相对凉夏的趋势,年均气温的升高以冬季贡献率最大,这和任国玉 2005 年的研究结论:从 20 世纪 80 年代后期开始,中国以冷季增暖为主要特点的变暖,有向全年性增暖过渡的趋势的结论是相似的^[17]。气温的增暖,尤其是冬季的明显增暖也导致冷空气和寒潮活动的显著减弱,对经济社会生活和生态系统产生了不可忽视的影响^[28]。关于气温变暖影响寒潮减弱,以及与全球变化的关系等一系列问题尚需更进一步的研究。

此外,1998 和 2006 年为“异常”偏暖年份,均发生在 1996 气温跃变后,对这个生态敏感区域来说,三峡工程的修建对整个库区的气候变化的影响及其程度,尚不明确。同样如何描述、认识和预测全球变暖导致三峡库区气候极端事件的频发^[10,19,29]等一系列问题均需要更深入的研究。

致谢 感谢国家气象局气象信息中心及重庆市气象局在气温资料方面提供的帮助。

参考文献:

- [1] 赵松桥,孙惠南,黄荣金,等.现代自然地理[M].北京:科学出版社,1988.
- [2] 戴晓燕,张利权,过仲阳,等.上海城市热岛效应形成机制及空间格局[J].生态学报,2009,29(7):3995~4004.
- [3] 林学椿,于淑秋.北京地区气温的年代际变化和热岛效应[J].地球物理学报,2005,48(1):39~45.
- [4] WILLMOTT C J. On the evaluation of model performance in physical geography[M]. Spatial Statistics and Models, 1984: 433~460.
- [5] 钟秀丽,林而达.气候变化对我国自然生态系统影响的研究综述[J].生态学杂志,2000,19(5):62~66.
- [6] SOLOMON S, QIN D H, MANNING M, et al. IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[M]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: 996.
- [7] 秦大河,陈振林,罗勇,等.气候变化科学的最新认知[J].气候变化研究进展,2007,3(2):63~73.
- [8] 任国玉,郭军,徐铭志,等.近 50 年中国地面气候变化基本特征[J].气象学报,2005,63(6):942~955.
- [9] 赵俊芳,延晓冬,贾根锁.东北森林净第一性生产力与碳收支对气候变化的响应[J].生态学报,2008,28(1):92~102.
- [10] 秦大河,丁一汇,苏纪兰,等.中国气候与环境演变(上卷气候与环境的演变及预测)[M].北京:科学出版社,2005:79~99.
- [11] 刘祥梅,郭志华,肖文发,等.基于 GIS 的三峡库区生态环境综合评价 II. 气候评价[J].自然资源学报,2007,22(4):613~622.
- [12] 张宝雷.基于 RS 和 GIS 的三峡库区林地变化及气候响应研究[J].北京林业大学学报,2006,28(4):62~66.
- [13] 唐云辉,王裕文.重庆市三峡库区平均气温变化特征及趋势分析[J].山区开发,2001,12(3):21~23.
- [14] 廖要明,张强,陈德亮.1951~2006 年三峡库区夏季气候特征[J].气候变化研究进展,2007,3(6):368~372.
- [15] 陈鲜艳,张强,叶殿秀,等.三峡库区局地气候变化[J].长江流域资源与环境,2009,18(1):47~51.
- [16] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,1999:69~72.
- [17] 任国玉,徐铭志,初子莹,等.近 54 年中国地面气温变化[J].气候与环境研究,2005,10(4):717~727.
- [18] 尹宪志,张强,徐启运,等.近 50 年来祁连山区气候变化特征研究[J].高原气象,2009,28(1):85~90.
- [19] 班军梅,缪启龙,李雄.西南地区近 50 年来气温变化特征研究[J].长江流域资源与环境,2006,15(3):346~353.
- [20] ALLAN R J, HAYLOCK M E. Circulation features associated with the winter rainfall decrease in south western Australia[J]. Climate, 1993, 6: 1356~1367.
- [21] PIERREHUMBERT R T. The hydrologic cycle in deep time climate problems[J]. Nature, 2002, 419: 191~198.
- [22] VAN LOON H, KIDSON J W. Decadal variation of the annual cycle in the Australian dataset[J]. Climate, 1993, 6: 1227~1231.
- [23] 丁一汇,张莉.青藏高原与中国其他地区气候突变时间的比较[J].大气科学,2008,32(4):794~805.
- [24] QIAN W H, ZHANG H N, ZHU Y F. Inter annual and inter decadal variability of East Asian Acas and their impact on temperature of China in winter season for the last century[J]. Advances in Atmospheric Science, 2001, 18(4): 511~523.
- [25] 杨文峰,李兆元,李星敏.一种新的气候跃变分析方法及其应用[J].应用气象学报,1997,8(1):119~123.
- [26] 于淑秋,林学椿,徐祥德.我国西北地区近 50 年降水和温度的变化[J].气候与环境研究,2003,8(1):9~18.
- [27] 赵宗慈,王绍武,徐影,等.近 100 年我国地表气温趋势变化的可能原因[J].气候与环境研究,2005,10(4):808~817.
- [28] 丁一汇,张锦,徐影,等.气候系统的演变及其预测[M].北京:气象出版社,2003:137.
- [29] 彭京备,张庆云,布和朝鲁.2006 年川渝地区高温干旱特征及其成因分析[J].气候与环境研究,2007,12(3):464~474.

TRENDS OF AIR TEMPERATURE VARIATIONS IN THREE GORGES RESERVOIR AREA FROM 1960 TO 2006

LIN De-sheng¹, WU Chang-guang¹, ZHOU Zhi-xiang¹, XIAO Wen-fa², WANG Peng-cheng^{1,2}

(1. College of Horticulture & Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Based on the temperature data collected from 32 weather stations in and around Three Gorges Reservoir Area, the variation trends of air temperatures in Three Gorges Reservoir Area from 1960 to 2006 were studied using the statistical methods, including linear trend analysis, accumulated variance analysis and *t*-test. The results showed that: (1) On the whole, the annual mean air-temperature in Three Gorges Reservoir Area markedly had a upward trend with the warming rate of 0.13°C/10 a during the recent 50 years, in which there was a slightly temperature fall period from 1960's to 1980's and a rapidly warming after the later period of 1980's. (2) Similar to the variations of annual mean air-temperature, the seasonal mean air-temperatures also had increasing trends, and the warming rates in spring, summer, fall and winter were 0.10, 0.005, 0.19 and 0.21°C/10 a, respectively. The winter warming had the greatest contribution to the rising of annual mean air-temperature in Three Gorges Reservoir Area. (3) The jump point of annual mean air-temperature was in 1996, while the jump points of seasonal mean air-temperatures were in 1996, 1993, 1997 and 1996 from spring to winter, respectively. The jump point of annual mean air-temperature roughly was synchronous with that of each seasonal one. (4) The warmer year and significantly warmer year appeared after 1996 in Three Gorges Reservoir Area, and 1998 and 2006 were abnormally warmer years. The cooler years appeared before 1990's, especially in the 1980's, and there were no significantly cooler year and abnormally cooler year yet in the area.

Key words: annual mean air-temperature; seasonal mean air-temperature; temperature jump; climate variation; Three Gorges Reservoir Area