

## 近 51 a 鄂西宣恩地区气温变化特征

费冬冬<sup>1</sup>, 骆亚军<sup>2</sup>, 杨 军<sup>1</sup>, 熊守权<sup>3</sup>, 郑 炜<sup>1</sup>, 滕华超<sup>1</sup>, 陈 磊<sup>1</sup>

(1. 南京信息工程大学大气物理学院, 江苏 南京 210044; 2. 湖北恩施州宣恩县气象局, 湖北 宣恩 445500; 3. 湖北恩施州气象局, 湖北 恩施 445000)

**摘 要:** 宣恩地处长江中上游, 具有山地、水系、气候等方面的区位特殊性, 利用 1959~2009 年的观测资料, 分析宣恩平均温度、平均最高温度、平均最低温度和平均日较差的变化趋势和特点。结果表明, 近 51 a 来宣恩平均温度(除冬季)1980 年代中期前降温, 后增温, 冬季呈持续增温趋势。最高温度与平均温度变化趋势相似, 不同的是 1980 年代中期以后的增温幅度要大于平均温度。不同于平均温度和最高温度, 最低温度呈持续升高趋势。年平均日较差先减小后增加, 冬、夏季日较差减小, 而春、秋季却呈增加趋势。分析认为, 小城镇的增温现象不可忽视, 宣恩最低温度变化受人为影响更加显著。

**关键词:** 山地; 温度变化; Mann-Kendall 法; 湖北宣恩

**中图分类号:** P468.0<sup>+</sup>21

**文献标识码:** A

### 引 言

IPCC 第一工作组于 2007 年 2 月 2 日发布的第 4 次评估报告明确指出, 近 100 a (1906~2005 年) 地球表面平均温度上升了 0.74 °C, 近 50 a 的线性增温速率为 0.13 °C/10 a, 1850 年以来最暖的 12 个年份中有 11 个出现在 1995~2006 年。全球变暖已经是不争的科学事实, 报告认为人类活动是近 50 a 全球气候系统变暖的主要原因<sup>[1]</sup>。

王绍武<sup>[2]</sup> 研究指出中国的气候变化与全球有相同的时候, 却并不总是一致。中国与全球温度的相关系数在 0.3~0.4 之间。中国东北、华北及新疆的变暖可能与北半球一致, 但长江流域温度反而下降。丁一汇等<sup>[3]</sup> 通过研究也指出中国的气候与全球变化的总趋势是一致的。中国气候变暖最明显的地区在西北、华北、东北地区, 长江以南地区变暖趋势不显著。屠其璞等<sup>[4-5]</sup> 研究中国近 117 a 年平均气温变化的区域特征指出, 从年代际尺度看中国与北半球陆地的平均气温变化是相当一致的, 相关系数高达 0.93。近 46 a 来中国的主要升温区为东北、华北北部和新疆, 升温幅度为 1.2 °C 左右; 降温区为四川、贵州, 幅度为 0.3~0.4 °C。施能等<sup>[6]</sup> 利用自然正交展开插补了中国 28 个测站近 100 a 月平均

气温, 研究表明 20 世纪以来中国绝大部分地区气温升高。李克让等<sup>[7]</sup> 分析了近 40 a 全国 160 个测站的年平均气温资料, 得到 1970 年代中期以前中国气温经历了低、高、低变化时期, 1970 年代中期以后气温持续回升, 并且气温变化幅度是北部大于南部。林学椿等<sup>[8]</sup> 也指出中国年气温变化与北半球年气温变化相似。林学椿等<sup>[9]</sup> 和陈隆勋等<sup>[10]</sup> 曾分别研究了 1951~1989 年中国的气候变化, 结果表明: 全国年平均气温变化有明显的区域性特征, 其中北方大部地区变暖, 长江流域及西南地区变冷。加入新的资料<sup>[11]</sup> 计算 1951~2000 年中国年平均温度变化趋势的全国分布, 发现原来的变暖区范围已经扩大, 而变冷区只剩下西南地区的四川东部、南部和云南的东北部。王红红等<sup>[12]</sup> 分析了近 33 a 亚洲高纬度地区地面气温变化特征, 结果表明: 近 33 a 亚洲高纬度地区平均温度有明显的上升趋势, 只有极少数站有明显的降温趋势。左敏等<sup>[13]</sup> 分析新疆地区近几十年的温度变化发现, 新疆各区域年平均气温呈现一致的显著上升趋势, 秋冬季的线性升温趋势显著。王文等<sup>[14]</sup> 发现近 48 a 中, 北京的年平均温度呈明显上升趋势。卞韬等<sup>[15]</sup> 也发现近 46 a 来, 石家庄地区的气候显著增暖, 平均气温冬季增暖幅度最大,

收稿日期: 2011-05-27; 改回日期: 2011-07-11

基金项目: 公益性行业(气象)科研专项(GYHY200906012)资助

作者简介: 费冬冬(1986-), 男, 江苏镇江人, 硕士研究生, 主要从事雾相关方面研究. E-mail: buluto1986@126.com

夏季最小。

宣恩位于湖北省西南部,属云贵高原延伸部分,地处苗岭分支——武陵山和大娄山山脉的北延部分——齐跃山的交接部位,北部为大巴山脉的南缘分支——巫山山脉,为我国第二级阶梯和第三级阶梯的界线,同时是四川盆地和长江中下游平原界线。全县低山(500~800 m)占25.88%,二高山(800~1200 m)占46.46%,高山(1200 m以上)占27.02%。境内清江、沅江水系均为长江中上游地区重要二级支流。宣恩属中亚热带季风湿润型山地气候,冬少严寒,夏无酷暑,雾多寡照,终年湿润,降水充沛,雨热同期。但因山地地形错综复杂,地势高低悬殊,又呈现出极其明显的气候垂直地域差异。因此,宣恩从山地、水系、气候3个方面来看有区位优势,属于气候变化的敏感区和典型的生态脆弱地带。加之三峡库区蓄水后,该地高山丘陵地表与水体面积比例发生变化,下垫面水、热状况分布的改变将在一定程度上影响天气与气候,如何应对三峡工程建设后库区天气气候变化是必须面临的问题,但是目前还缺少对这种特殊复杂下垫面气候特征的具体分析。

## 1 资料及研究方法

气候变化既包括自然变化过程,也有人类活动的影响。随着人类活动的不断加剧,其影响也呈增加的趋势。就温度变化来说,城市化是其中重要的影响因素之一。在研究全国范围的温度变化时,为了避免城市热岛的影响,通常采用剔除大城市台站的方法<sup>[11]</sup>。在全球和区域气候变化检测研究中,主要选用具有良好观测条件的长序列平均气温资料进行气温变化趋势的估计。由于许多具备这些条件的台站位于城市内或附近,其地面气温记录中不可避免地含有城市化的影响<sup>[16]</sup>。本文使用的气象观测资料为宣恩站的月及年平均气温、平均最高气温、平均最低气温、平均日较差和逐日最高、最低气温以及降水量等。资料时间段为1959~2009年。

以各要素月资料为基础,形成冬季(12~2月)、春季(3~5月)、夏季(6~8月)和秋季(9~11月)资料序列,然后进行距平化处理,得到各季和年距平序列。在分析温度的变化趋势时,选用线性方程对原序列 $y$ 进行拟合,即 $y = a_0 + a_1 t$ ,其回归系数 $a_1$ 即反映了温度的趋势变化。为了反映序列的变动及突变情况,还对其进行了滑动平均处理和 Mann -

Kendall 检验<sup>[17-18]</sup>。

## 2 温度的年季变化

### 2.1 平均温度

图1和表1分别是宣恩站各项温度线性变化趋势和宣恩年与各季平均温度距平随时间演变曲线。从图1中可以看出,年平均温度在1960~1980年代内呈下降趋势,但仍然具有波动性变化特点。1960年代降温,1970年代初期升温,中期降温,末期升温,1980年代降温,1980年代的平均温度是过去5个10 a中的最低值,1990年代以后以持续增温为最主要特点,因此,1980年代末期是整个平均温度序列的转折点。以1980年代末期为界,前为降温期,后为升温期。这与陈隆勋等<sup>[10]</sup>得到的1951~1989年中国该地区的气候变化特点相一致。宣恩位于湖北西南部,长江中上游地区,在1980年代末以前处于变冷区域,在此之后位于变暖区域。这与喻彦等<sup>[19]</sup>研究西双版纳有相似的结果,不同的是转折时间西双版纳为20世纪70年代末。

宣恩冬季平均温度在波动中上升,没有表现出明显的“V”型变化特征。春季、夏季和秋季平均温度序列都表现出明显的“V”型变化特征,分析升温期的线性趋势可知,春季平均温度增温率为 $0.48\text{ }^\circ\text{C}/10\text{ a}$ ,增温幅度约为 $0.96\text{ }^\circ\text{C}$ ;夏季增温率为 $0.21\text{ }^\circ\text{C}/10\text{ a}$ ,增温幅度约为 $0.42\text{ }^\circ\text{C}$ ;秋季增温率为 $0.33\text{ }^\circ\text{C}/10\text{ a}$ ,增温幅度约为 $0.66\text{ }^\circ\text{C}$ ,并且都通过了显著性水平 $<0.05$ 的检验。宣恩的年平均气温及各季(除冬季外)气温在近51 a里表现出先下降后上升的特征。由于宣恩的气温在1960~1980年代下降,1990年代以后开始增温,而其下降和增温的幅度相差不大,近51 a来宣恩的年平均温度以及春秋季节平均温度在整体上没有明显的线性变化。夏季和其他季节不同的是,1980年代末期以后的增温幅度要比之前的降温幅度小,使得20世纪初10 a宣恩的夏季平均温度未达到1960年代的水平,表现为近51 a来宣恩的夏季温度整体上呈下降趋势。这与唐国利<sup>[11]</sup>研究南京近44 a的温度变化特征中夏季的变化趋势相一致。但与任国玉等<sup>[20]</sup>指出的中国夏季气温变化趋势相反。从年代际变化上看,宣恩20世纪60年代温度较高,70年代降温,80年代最冷,90年代开始增温,21世纪初10 a最暖(除夏季外)。图2是宣恩年平均和夏季平均温度的 Mann - Kendall 法计算图,从图中可以看出,1990年代初以前年

平均以及夏季平均温度是在波动中降低,在 1990 年代初以后持续增加的,在三峡 2006 年蓄水后没有出

现突变点,由于蓄水后的资料时间短,是否对库区气温产生影响还有待进一步的研究。

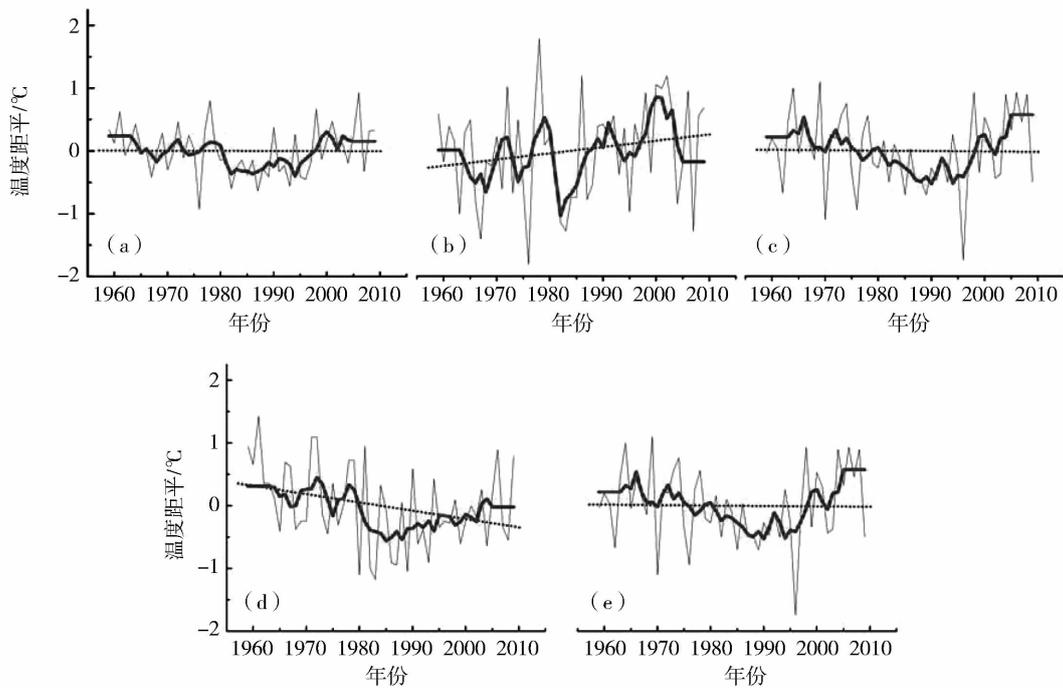


图 1 1959 ~ 2009 年宣恩平均温度距平随时间演变曲线及趋势  
(a)年平均;(b)冬季;(c)春季;(d)夏季;(e)秋季(细实线为实测温度值,虚线为线性变化趋势,粗实线为二阶多项式 9 点滑动平均,下同)

Fig. 1 Average air temperature anomalies and their trends in Xuan'en during 1959 - 2009  
(a)for annual mean, (b)for winter, (c)for spring, (d)for summer and (e)for autumn

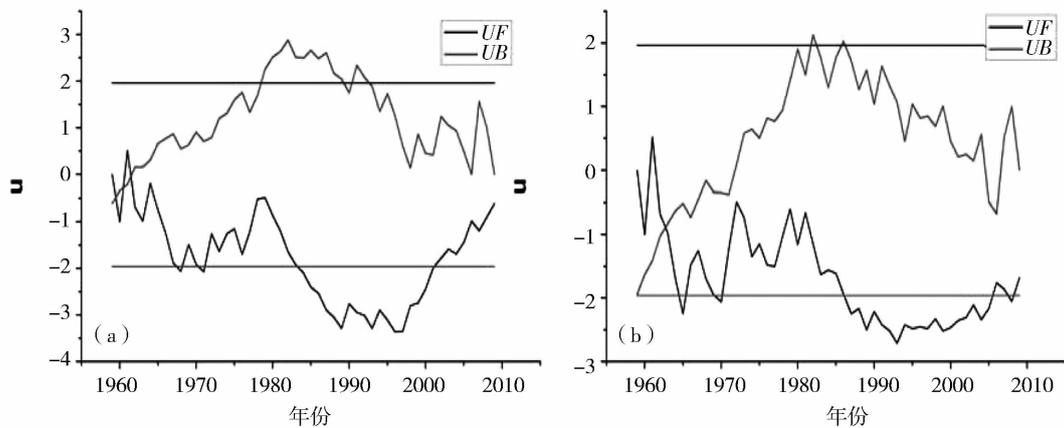


图 2 1959 ~ 2009 年宣恩年平均 (a) 及夏季平均 (b) 温度  
Mann - Kendall 法计算图

Fig. 2 The calculated average air temperature by Mann - Kendall  
method in Xuan'en during 1959 - 2009  
(a) for annual mean, (b) for summer mean

表 1 1959 ~ 2009 年宣恩各项温度变化趋势  
Tab. 1 The linear trend of air temperature in Xuan'en during 1959 - 2009

|     | 平均温度趋势<br>/°C (10 a) <sup>-1</sup> | 最高温度趋势<br>/°C (10 a) <sup>-1</sup> | 最低温度趋势<br>/°C (10 a) <sup>-1</sup> | 日较差趋势<br>/°C (10 a) <sup>-1</sup> |
|-----|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| 年平均 | -2.27 × 10 <sup>-3</sup>           | <u>0.18</u>                        | <u>0.20</u>                        | -0.03                             |
| 冬季  | 0.10                               | 0.14                               | <u>0.36</u>                        | -0.22                             |
| 春季  | -7.13 × 10 <sup>-3</sup>           | <u>0.22</u>                        | 0.11                               | 0.11                              |
| 夏季  | <u>-0.13</u>                       | 0.03                               | 0.11                               | -0.08                             |
| 秋季  | -7.13 × 10 <sup>-3</sup>           | <u>0.32</u>                        | <u>0.23</u>                        | 0.08                              |

注:下划线表示显著性水平在 0.05 以上

Note: Underline denotes significance at 95% (or more) level

### 2.2 最高气温

最高气温是炎热状况最直接的指标<sup>[11]</sup>。图 3 是宣恩平均最高温度距平随时间演变曲线。可以看出,宣恩的年和各季最高温度变化同平均温度一样(除冬季)都表现出“V”型变化特征,即 1980 年代末期以前降温,后增温,但同平均温度不同的是,无论年平均最高温度以及各季平均最高温度,1980 年代末期以后的增温幅度都大于平均温度,使得夏季最高温度 51 a 来整体呈上升趋势,增加了约 0.15 °C,不同于宣恩夏季平均温度的明显下降趋势。除夏季

外,宣恩年和各季最高温度的增温亦非常明显,年平均最高温度的增幅约为 0.9 °C,冬季增幅约为 0.7 °C,春季增幅约为 1.1 °C,秋季增幅约为 1.6 °C。宣恩平均最高气温的变化特征与翟盘茂等<sup>[21]</sup>指出的中国平均最高气温的变化趋势有很大的不同,中国平均最高气温在 1950、1960 年代末、1980 年代初出现低值外,整体上略有增加,幅度较小。而宣恩平均最高温度则在 1970 年代末表现出明显的降低特征,1980 年代初之后持续显著增加,幅度达到 0.18 °C/10 a。

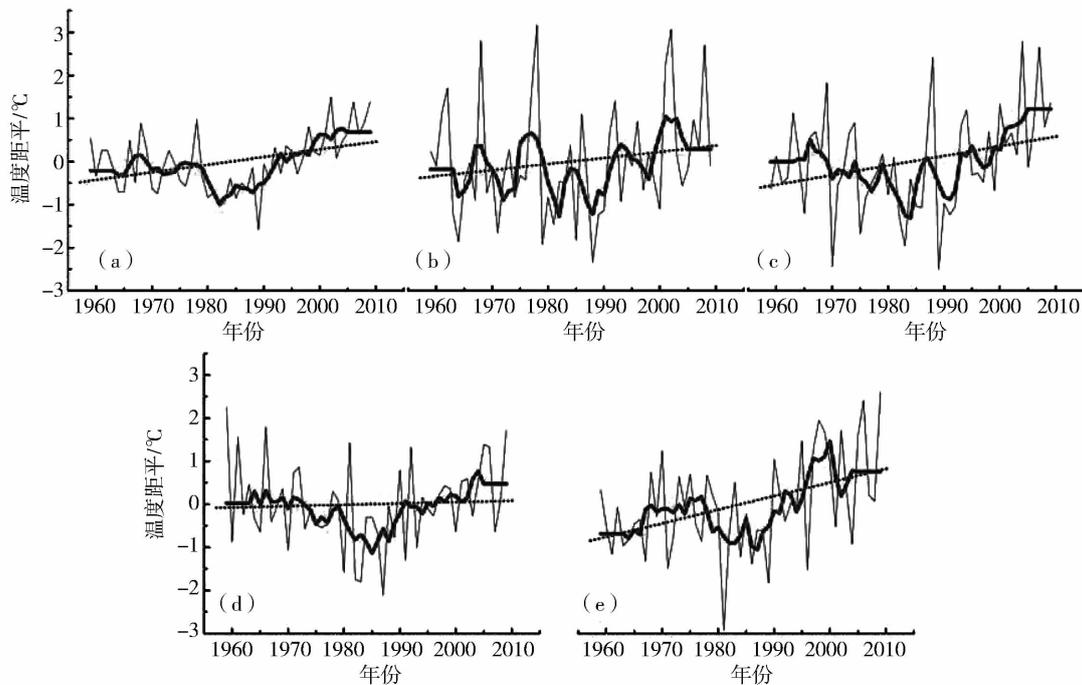


图 3 1959 ~ 2009 年宣恩平均最高温度距平随时间演变曲线及趋势  
(a)年平均;(b)冬季;(c)春季;(d)夏季;(e)秋季

Fig. 3 Average maximum temperature anomalies and their trends in Xuan'en during 1959 - 2009  
(a)for annual mean, (b)for winter, (c)for spring, (d)for summer and (e)for autumn

李春晖等<sup>[22]</sup>指出,由于受东亚夏季风年代际变化影响,1970 年代末到 1990 年代初长江流域夏季降水量明显增加,比正常偏多,而对宣恩夏季降水量进行统计发现(图 4),1970 年代末 1980 年代初降水量一直呈增多趋势,对应宣恩夏季最高温度在该时间段内呈显著下降。翟盘茂等<sup>[21]</sup>指出日照百分率与最高温度具有较好的正相关关系,降水的增加导致日照时间减少,表现为最高气温显著降低。宣恩夏季 1990 年代后除 1998 年出现降水极大值外,降水量一直处于正常水平,对应其夏季最高气温显著升高。宣恩春季、秋季和冬季降水量和温度相关性没有夏季显著,春秋季 1970 年代末温度的降低,李春晖认为可能和水汽含量有关。杨军等<sup>[23]</sup>认为空气相对湿度愈大,大气颗粒物的消光系数愈大,这一作用在高相对湿度状态下明显大于低相对湿度状态。宣恩位于长江流域,空气相对湿度大,这样的高湿度状态增大了白天大气气溶胶对太阳短波辐射的吸收作用,对地面最高温度的降低起到一定的作用。冬季和全国一样,为全国性的增暖,这是和其他季节不同的。图 5 是宣恩年平均及夏季降水的 Mann - Kendall 法计算图,可以看出,宣恩年平均降水量在 1990 年代初以前呈增加趋势,随后增加趋势减缓并逐步过渡到减小趋势,而且在 2006 年左右出现突变点;其后降水是否会呈增加趋势,是否由三峡蓄水引起,均有待进一步的深入研究。夏季降水一直呈增加趋势,同样在 1990 年代以后趋势减缓。

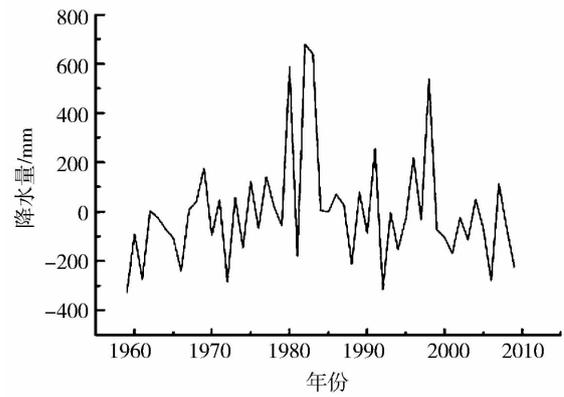


图 4 1959 ~ 2009 年宣恩夏季降水量距平随时间演变曲线  
Fig.4 Precipitation anomalies in summer in Xuan'en during 1959 - 2009

上面的分析表明,宣恩最高温度的变化除受降水影响外,还受其他很多因素的影响。各季 1980 年代中期以后的增温,城市热岛效应有一定的贡献。宣恩县城在 20 世纪 50 年代建筑面积不足 1 km<sup>2</sup>,而到了 2009 年,建筑面积达到 3.5 km<sup>2</sup>。特别是在 1980 年代以后的加快发展,水泥建筑面积增大,裸露土壤面积减小,在这样的下垫面情况下,接受同等的太阳辐射其气温要偏高,因为水泥下垫面的比热要小于土壤,升温更快。虽然其受经济发展的影响弱于地级以上城市,但气候变暖中小城镇的增温现象也不可忽视。

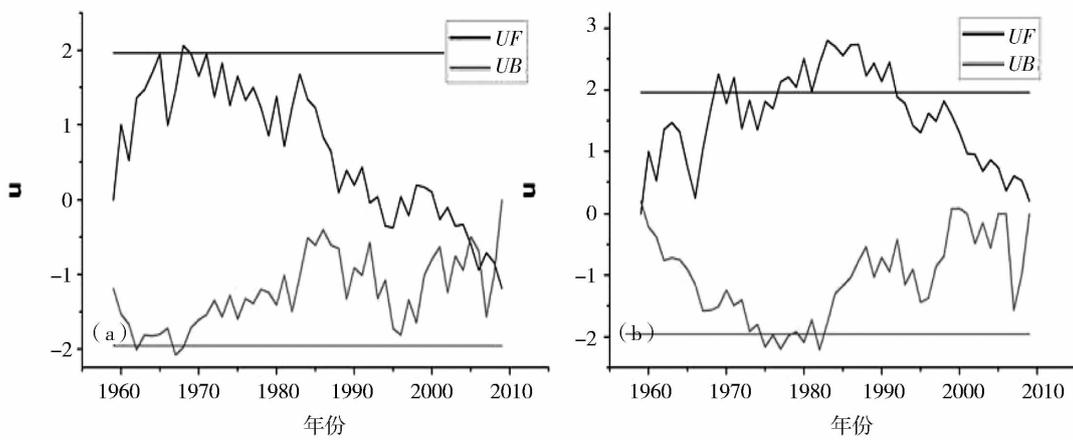


图 5 1959 ~ 2009 年宣恩年平均(a)及夏季(b)降水 Mann - Kendall 法计算图  
Fig.5 The calculated average precipitation for annual mean(a) and summer mean(b) by Mann - Kendall method in Xuan'en during 1959 - 2009

### 2.3 最低温度

图6是宣恩平均最低温度距平随时间演变曲线。可以看到,宣恩的年平均最低温度增暖非常显著,幅度达到 $1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,高于平均最高温度。同平均温度一样,最低温度最大增温幅度发生在冬季,幅度为 $1.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;春季和夏季增温幅度相近,约为 $0.55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;秋季增温幅度 $<$ 冬季,幅度为 $1.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。同平均温度和最高温度相比,最低温度没有表现出先降低后升高的趋势,而是表现出持续上升的趋势,无论是年平均最低温度还是各季节平均最低温度。年平均最低温度的增温幅度大于最高温度,这与Karl等<sup>[24]</sup>提出的北半球大部分地区最高、最低气温的趋势变化是不对称的,即:最低气温升高幅度较大而最高气温升高幅度较小的观点是相符的。但宣恩也表现出自身的特点,冬夏季最低温度的增温幅度大于最高温度,而春秋季节则相反。

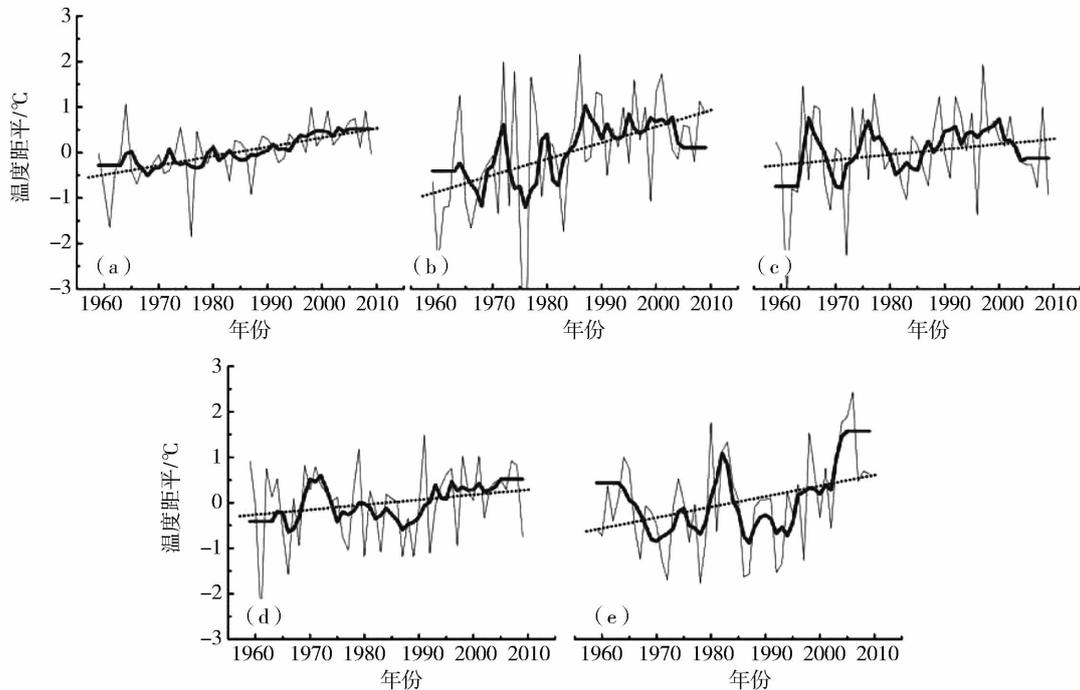


图6 1959~2009年宣恩平均最低温度距平随时间演变曲线及趋势

(a)年平均;(b)冬季;(c)春季;(d)夏季;(e)秋季

Fig.6 Average minimum air temperature anomalies and their trends in Xuan'en during 1959 - 2009

(a) for annual mean, (b) for winter, (c) for spring, (d) for summer and (e) for autumn

翟盘茂等<sup>[21]</sup>指出中国过去近40 a最低温度的显著升高,是温室效应加强的结果。人为释放的温室气体(如 $\text{CO}_2$ )浓度的增长当然可能是其中的一个原因,但是应该认识到大气水汽的增长也可以产生明显的温室效应。整层大气水汽(地面到200 hPa)与最低温度的关系较明显,尤其在夏季以外的其它季节。这暗示了温度较低情况下的夜间大气中水汽的保温效应在气候变暖过程中起到了重要的作用。李子华等<sup>[25]</sup>研究受湿度影响的城市气溶胶夜晚温度效应时也指出,湿气溶胶粒子对低层大气有明显的升温作用,在夜间,由于有湿气溶胶粒子的存在,会使底层大气降温率减小,使夜晚最低温度升

的趋势,而是表现出持续上升的趋势,无论是年平均最低温度还是各季节平均最低温度。年平均最低温度的增温幅度大于最高温度,这与Karl等<sup>[24]</sup>提出的北半球大部分地区最高、最低气温的趋势变化是不对称的,即:最低气温升高幅度较大而最高气温升高幅度较小的观点是相符的。但宣恩也表现出自身的特点,冬夏季最低温度的增温幅度大于最高温度,而春秋季节则相反。

高。宣恩位于长江流域,在1990年代建成宣恩水库并蓄水,1980年代末开始封山育林,使得其水汽来源十分充足,并且由于当地人民的生活习惯,多燃烧木炭取暖,使空气中含有大量的气溶胶颗粒,在夜间减少了向外的长波辐射。这可以在一定程度上解释温度特别是最低温度的显著升高。

宣恩站地理位置特殊,下垫面复杂,且宣恩站四面环山,其位于盆地中部的小土丘之上,并未处于盆地底部。Whiteman<sup>[26]</sup>研究指出,温度低的空气会聚集在盆地底部,形成一个冷池,而较温和的空气会在冷池之上流过。宣恩站要高出盆地底部10~20 m,所以温度最低的空气聚集在宣恩站的高度以下,而

在站点上的空气则是较暖和的空气,温度偏高。*Gustavsson* 等<sup>[27]</sup>研究指出,在给定的一个地点,温度变化梯度随风速增大而减小,这可能受增加的湍流混合影响。*Bootsma*<sup>[28]</sup>指出,夜间地面气温受风速以及大气透明度影响很大。由于宣恩特殊的地形,夜间常有逆温层,观测表明其离地 200 m 以内风速基本为 0.1 m/s。微弱的风速使得湍流很弱,不会将冷池内较低温度的空气和之上的空气混合。

从以上分析可以看出,宣恩年平均温度、年平均最高温度都表现出了“V”型变化特征,反映出了自然变化在宣恩气候变化中的作用。同时,宣恩平均最低温度的持续升高,则表明人为活动的影响在宣恩最低温度升高方面更加显著。

#### 2.4 温度日较差

宣恩全年平均的温度日较差 1980 年代前减小,后增加,整体上表现出微弱的减小趋势(图 7),近 51 a 来约减少了 0.15 °C。宣恩 1980 年代的日较差在近 51 a 中处于最低值,日较差在 1980 年代以前一直处于明显的减小趋势,在 1980 年代以后,表现

出明显的增加趋势。这与翟盘茂等<sup>[21]</sup>研究的中国日较差变化趋势不一致,翟盘茂等研究表明,中国年平均温度日较差在 20 世纪 50 年代有较大幅度的减小,60 年代初期开始增大,60 年代中期以后一直呈减小趋势。虽然宣恩年平均日较差在整体上也呈减小趋势,但和全国相比有其自身的特点:全国的年平均日较差除 1950 年代末 1960 年代初有一个增加过程外,其后一直呈减小趋势,而宣恩 1980 年代初以前有一减小过程,其后一直表现为增加趋势。值得注意的是,日较差在 1980 年代后的显著增加,表明宣恩在气温变暖的同时,其日夜温差也逐渐加大。而与全球比较,秦大河等<sup>[29]</sup>指出 1979 ~ 2004 年温度日较差没有发生变化,因为白天和夜间温度均以大致相同的速率升高。宣恩日较差 1980 年代后的这一变化特点,计算表明是由于最高温度的增温幅度大于最低温度的增温幅度造成的,对宣恩降水量的统计发现,各季的降水量在 1980 年代后都呈减小趋势,日照时间的增大对最高温度的显著上升有着直接的影响。

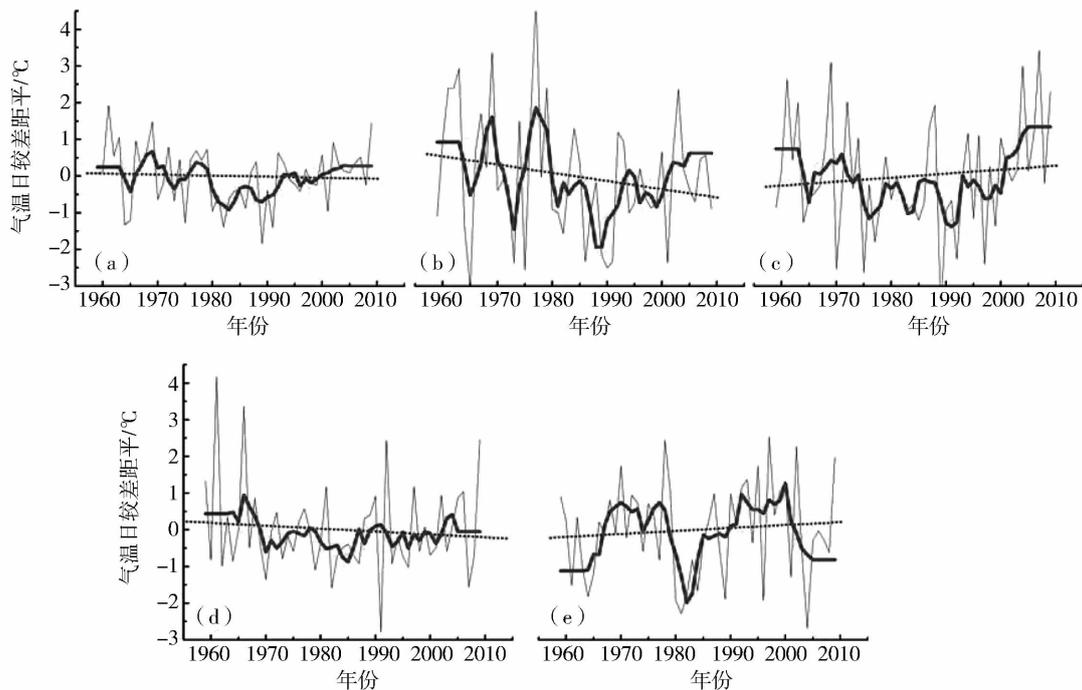


图 7 1959 ~ 2009 年宣恩平均气温日较差距平随时间演变曲线及趋势

(a) 年平均; (b) 冬季; (c) 春季; (d) 夏季; (e) 秋季

Fig. 7 Average temperature daily range anomalies and their trends in Xuan'en during 1959 - 2009

(a) for annual mean, (b) for winter, (c) for spring, (d) for summer and (e) for autumn

宣恩冬季和夏季日较差表现出减小的趋势,减少幅度要大于年平均日较差,并且夏季幅度大于冬季,51 a 来幅度分别为  $-1.45\text{ }^{\circ}\text{C}$  和  $-1.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。春季和秋季日较差表现出增加趋势,并且春季幅度大于秋季,幅度分别为  $0.55\text{ }^{\circ}\text{C}$  和  $0.40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。上述分析表明,随着气候变暖,宣恩在温度条件比较极端的冬夏季,日夜温差减小,对比最高温度和最低温度变化可以发现,日较差变小主要是以最低温度变暖幅度大于最高温度变暖幅度为特征,这与翟盘茂等<sup>[21]</sup>指出的中国  $35^{\circ}\text{N}$  以南地区的情况不一致,在  $35^{\circ}\text{N}$  以南日较差变小是以最高温度降低的同时最低温度升高为主要特点,而宣恩的最高温度并没有表现出下降的趋势;而在春秋季节,宣恩的日较差反而增大,在气候变暖的情况下,宣恩春秋季节温度表现出日夜温差增大的趋势,对比最高温度和最低温度变化,日较差变大主要是以最高温度变暖幅度大于最低温度变暖幅度为特征。

### 3 结 论

(1)近 51 a 来,宣恩的年平均温度呈“V”型变化,在 1980 年代末期以后,呈显著增加趋势。冬季为持续增温趋势,其他各季均表现为先减小后增加的趋势。温度的年代际变化明显,其中宣恩 20 世纪 60 年代温度较高,70 年代降温,80 年代最冷,90 年代开始增温,21 世纪初 10 a 最暖(除夏季外)。

(2)宣恩年平均及各季最高温度同平均温度变化趋势相同,不同的是,最高温度在 1980 年代末期以后的增温幅度要大于平均温度。最低温度同平均温度和最高温度相比,没有表现出先减小后增加的趋势,而是表现为持续增加的趋势,表明宣恩最低温度的变化受人为因素的影响更加显著,小城镇的增温现象不可忽视。

(3)宣恩气温年日较差先减小后增加,整体上呈减小趋势,但 1980 年代后的增加趋势非常明显;冬夏季日较差为减小趋势,其特点主要是最低温度变暖幅度大于最高温度变暖幅度;春秋季节日较差呈增加趋势,主要是最低温度变暖幅度小于最高温度变暖幅度。年平均日较差在 1980 年代后增加的原因是最高温度的增温幅度大于最低温度的增温幅度。

#### 参考文献:

[1] IPCC. Summary for Policymakers of 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: Cambridge University Press, 2007 (in Press).

- [2] 王绍武. 近百年气候变化与变率的诊断研究[J]. 气象学报, 1994, 52(3): 261 - 273.
- [3] 丁一汇,戴晓苏. 中国近百年来来的温度变化[J]. 气象, 1994, 20(12): 19 - 26.
- [4] 屠其璞,邓自旺,周晓兰. 中国近 117 年年平均温度变化的区域特征研究[J]. 应用气象学报, 1999, 10(增刊): 34 - 42.
- [5] 屠其璞,邓自旺,周晓兰. 中国气温异常的区域特征研究[J]. 气象学报, 2000, 58(3): 288 - 290.
- [6] 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.
- [7] 李克让,林贤超,王维强. 近四十年来我国气温的长期变化趋势[J]. 地理研究, 1990, 9(4): 26 - 37.
- [8] 林学椿,于淑秋,唐国利. 中国近百年温度序列[J]. 大气科学, 1995, 19(5): 525 - 534.
- [9] 林学椿,于淑秋. 近 40 年我国气候趋势[J]. 气象, 1990, 16(10): 16 - 21.
- [10] 陈隆勋,邵永宁,张清芬,等. 近四十年我国气候变化的初步分析[J]. 应用气象学报, 1991, 12(2): 164 - 173.
- [11] 唐国利,丁一汇. 近 44 年南京温度变化的特征及其可能原因的分析[J]. 大气科学, 2006, 30(1): 56 - 68.
- [12] 王红红,章新平,孙广禄,等. 近 33 a 亚洲高纬地区地面气温变化特征分析[J]. 干旱气象, 2011, 29(1): 23 - 27.
- [13] 左敏,陈洪武,江远安,等. 新疆近 50 a 气温变化趋势和演变特征[J]. 干旱气象, 2008, 28(2): 160 - 166.
- [14] 王文,张薇,蔡晓军. 近 50 a 来北京市气温和降水的变化[J]. 干旱气象, 2009, 27(4): 350 - 353.
- [15] 卞韬,连志鸾. 石家庄地区近 46 a 温度变化特征[J]. 干旱气象, 2008, 26(2): 57 - 62.
- [16] 唐国利,任国玉,周江兴,等. 西南地区城市热岛强度变化对地面气温序列影响[J]. 应用气象学报, 2008, 19(6): 722 - 730.
- [17] 符淙斌,王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学, 1992, 16(4): 482 - 493.
- [18] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术(2 版)[M]. 北京:气象出版社, 2007.
- [19] 喻彦,蒙桂云,张利才. 西双版纳地区近 45 年来气候变化特征[J]. 气象科技, 2008, 36(4): 410 - 413.
- [20] 任国玉,初子莹,周雅清等. 中国气温变化研究最新进展[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 701 - 716.
- [21] 翟盘茂,任福民. 中国近四十年最高最低温度变化[J]. 气象学报, 1997, 55(4): 418 - 428.
- [22] 李春晖,万齐林,林爱兰,等. 1976 年大气环流突变前后中国四季降水量异常和温度的年代际变化及其影响因子[J]. 气象学报, 2010, 68(4): 529 - 538.
- [23] 杨军,李子华,黄世鸿. 相对湿度对大气气溶胶粒子短波辐射特性的影响[J]. 大气科学, 1999, 23(2): 239 - 247.
- [24] Karl T R, Kukla G, Razuvayev V N, et al. Global warming: Evidence for asymmetric diurnal temperature change[J]. Geophys Res Lett, 1991(18): 2253 - 2256.
- [25] 李子华,涂晓萍. 考虑湿度影响的都市气溶胶夜晚温度效应

- [J]. 大气科学, 1996, 20(3): 359 - 366.
- [26] Whiteman C D. Mountain Meteorology[M]. London: Oxford University Press, 2000. 355.
- [27] Gustavsson T, Karlsson M, Bogren J, et al. Development of temperature patterns during clear nights[J]. J Appl Meteor, 1998 (37): 559 - 571.
- [28] Bootsma A. Estimating minimum temperature and climatological freeze risk in hilly terrain[J]. Agric For Meteor, 1976(16): 425 - 443.
- [29] 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.

## Temperature Variation of Xuan'en in Western Hubei Province in Recent 51 Years

FEI Dongdong<sup>1</sup>, LUO Yajun<sup>2</sup>, YANG Jun<sup>1</sup>, XIONG Shouquan<sup>3</sup>,

ZHENG Wei<sup>1</sup>, TENG Huachao<sup>1</sup>, CHENG Lei<sup>1</sup>

(1. Atmospheric Physics School of NUIST, Nanjing 210044, China; 2. Xuan'en Meteorological Station of Hubei Province, Xuan'en 445500, China; 3. Enshi Meteorological Bureau of Hubei Province, Enshi 445000, China)

**Abstract:** Xuan'en is located in the middle and upper reaches of the Yangtze River, it has a special character with mountain, water and climate system. Based on the meteorological data during 1959 - 2009, the trends of average air temperature, average maximum and minimum temperature, average temperature daily range in recent 51 years in Xuan'en were analyzed in this paper. The results show that the annual mean temperature decreased before the middle of the 1980s and then increased, and continued warming occurred in winter in recent 51 years. Though the trend of maximum temperature was similar to average temperature, but the increase of the maximum temperature after the middle of the 1980s was more significant than that of average temperature. The minimum temperature was quite different with continuously warming trend. The variation of average temperature daily range decreased in summer and winter, increased in spring and autumn. People should pay more attention in the impacts of temperature increasing in small city, and human activity's influence was more evident on increase of the minimum temperature.

**Key words:** mountain region; temperature change; Mann - Kendall test; Xuan'en; Hubei

=====

(上接第 445 页)

## Characteristics of Temporal and Spatial Distribution of Severe Convective Weather and Its Response to Climate Warming in Qinghai Province

WANG Zhilan<sup>1</sup>, CHEN Luyuan<sup>2</sup>, SHANG Kezheng<sup>3</sup>, LIU Xiaolin<sup>3,4</sup>

(1. Institute of Arid Meteorology, CMA, Lanzhou 730020, China; 2. Meteorological Observatory of the 94195 Army, Lintao 730500, China; 3. College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 4. Meteorological Observatory of Qinghai Province, Xi'ning 810001, China)

**Abstract:** By using the hail and thunderstorm days data at 38 weather stations from April to October in the period of 1960 - 2006 in Qinghai Province, including 24 stations' temperature data, the characteristics of temporal and spatial distribution of severe convective weather and its response to the climate warming were analyzed through the linear regression analysis and EOF method. The results show that the annual distribution of the average hail and thunderstorm days at 38 weather stations in recent 47 years was the single - peak type and reached their peak in July. The annual average days of hail and thunderstorms presented obvious linear downward trend and zonal distribution with more in the south and less in the north regions of Qinghai Province. In Hainan, northwestern Yushu and western Haixi, the change of annual hail days was different from the other regions. The change of annual thunderstorm days in Dachaidan, Qilian and Xi'ning was different from the other regions. The annual hail and thunderstorm days at the most of stations may tend to decrease with annual average temperature increase. In July, the hail and thunderstorm days in Haidong, Haixi and Guolu had no significant correlation with temperature, but obvious negative correlation in Hainan and Haibei, and only hail days had negative correlation with temperature in Huangnan and Yushu.

**Key words:** severe convective weather; hail; thunderstorm; response to climate warming