

吴兴洋,陈怡璇,支亚京,等.1951—2020年贵州均一化气温序列构建及初步分析[J].沙漠与绿洲气象,2023,17(5):152–158.

doi:10.12057/j.issn.1002-0799.2023.05.020

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



1951—2020年贵州均一化气温序列构建及初步分析

吴兴洋¹,陈怡璇¹,支亚京¹,廖留峰²,暖茜¹

(1.贵州省气象信息中心,贵州 贵阳 550002;2.贵州省生态遥感中心,贵州 贵阳 550002)

摘要:基于质控的小时气温资料,根据不同时期气象观测规范、气象站历史沿革、资料完整性、均一化影响和空间分布代表性,在贵州区域选取44站构建1951—2020年均一化气温序列。应用趋势系数法分析贵州区域气温倾向率,累年平均值分析气温的升降时段, T 检验检测气温变化稳定性,Yamamoto、Mann-kendall法检测气温突变年份,结果表明:近70年和近60年贵州区域气温分别以0.13、0.17℃/10a的速率升温。1951—1986年处于降温时期,1987年开始升温,2012年后升温发生突变,1984、2015、2016年气温与其他年份气温存在显著差异。贵州各区域气温倾向率差异较大,近70年、60年变化区间分别在0.06~0.19、0.09~0.26℃/10a。城市自身及周边地区气温存在增温效应,县级观测站到省行政中心所在地,气温升温速率差异在0.03~0.08℃/10a。升温速率总体上呈现南低北高、自东向西逐渐增大的分布。升温主要是最低气温升温导致,各区域升温速率差异原因与地理区位、城市热岛效应、生态环境、水汽差异有关。

关键词:贵州;气温;均一化;气温倾向率;变化

中图分类号:P423

文献标识码:A

文章编号:1002-0799(2023)05-0152-07

政府间气候变化专门委员会(IPCC)第六次气候评估报告指出,2010—2019年全球平均表面气温相对于1850—1900年,升高了0.9~1.2℃,估计为1.1℃。自IPCC第一次气候评估报告发布后,国内外关于全球及区域温度变化事实的研究从未停止。Rowntree^[1]1998年对全球平均气候强迫与温度响应研究表明,1750年来大部分时期,地球气候处于增暖状态;沈伟峰等^[2]对中亚地区1880—2011年气温变化分析得出,其温度变化趋势率为0.073℃/10a;丁一汇等^[3]2007年在总结国家“十五”重点科技攻关课题“全球与中国气候变化的检测和预测”中指出,

1905—2011年中国增暖的间度为0.5~0.8℃;唐国利等^[4]2009年综合分析了当时取得的多条中国近百年温度曲线,结果显示1906—2005年中国的年平均气温上升了(0.78±0.27)℃;严中伟等^[5]基于均一化的气温观测序列集对近百年中国气候变暖趋势进行了再评估,结果发现,1900年以来中国气温升温速率为0.13~0.17℃/10a。

王遵娅等^[6]、任国玉等^[7]2004—2005年用我国国家基准基本气象站1951—2001年气温资料分析得出,我国西南1951年至20世纪70年代后期,气温下降,之后缓慢升温,90年代以后大间升温,云贵高原北部年平均气温呈不显著下降趋势。张宇发^[8]1998年应用贵州46个国家气象站资料,分析得出1951—1997年贵州气温变化平缓。吉廷,等^[9]、严小冬等^[10]、马士彬等^[11]、列大运等^[12]应用贵州国家基本、基准气象站原始观测资料分析了贵州2016年以前不同阶段50a气温变化特征。这些研究选取站点

收稿日期:2022-05-16;修回日期:2022-10-09

基金项目:中国气象局风云卫星应用示范计划项目(FY-APP-2021.0208);喀斯特石漠化植被生态质量变化对气候因子的响应(黔科合基础-ZK[2022]—般273)

作者简介:吴兴洋(1966—),男,高级工程师,主要从事气象资料质量控制、信息化及应用评估。E-mail:wxxy110wxy@aliyun.com

少,气温序列未包括近10年全球气候变暖加剧以来时段,气温观测仪器更换均致气温观测数据的系统性差异未序正,马和列对台站迁移引起气温序列的非均一性未处理,其研究成果没能完全反映建国至今贵州气温子气候变化的情况。有关温度序列非均一性对气候变化影响的相关研究参见王控香等^[13]、严中伟等^[14-15]、左璇等^[16]相关研究成果。

建国以来,我国地面气象观测时次^[17]经历多次变化,气温观测仪器由水银温度表到铂电阻温度传感器,观测方法由人工到自动,不同时期的日、月、年气温是根据不同观测时次气温观测值统计,这些数据是否兼容于同一序列?用其进行气候变化分析会带来多大误差?月小宁等^[18]曾指出“使用我国平均气温资料进行气候分析要充分重视国家气候站02时气温赋值(用前一日20时观测值和当日最低气温或08时气温观测值计算的平均值)带来的误差”。李亚点^[20]2012年对陕西19个国家基准基本站1961—2011年02时赋值与观测值进行对比分析发现,两者差异达到0.77℃。贵州现有84个气象站,建站初期有68个气候站,1951—2020年有74站发生过迁址,这些台站的气温序列多数存在非均一性。因此,如何构建贵州区域1951—2020年具有代表性的气温序列是分析区域气温变化的关键。为尽量减少气温序列非均一性带来误差,本研究在区域内选取空间分布均匀,1951—2020年的历史沿革^[20-21]和气温资料完整,仅在1960年以前或2000年后迁站一次的44站,构建区域年平均气温序列。用现代气候诊断技术分析气温变化倾向率、升降趋势国折时间、稳员性和突变时间,讨论区域内气温变化空间差异及原因,为贵州生态环境建设、实现可持续发展和应对气候变化提供科学依据,为国家气候变化评估提供贵州区域气温变化的精细化成果。

1 资料与方法

资料源于1951—2020年贵州国家地面气象观测站经严格质量控制的小时气温资料。1951—1953、1954—1960、1961—2020年分别是00、06、12、18时;01、07、13、19时;02、08、14、20时4次正点观测值。气温观测从人工到自动,仪器换型误差用对比观测评估误差进行修正^[22-23]。气候站人工观测期间02时气温赋值用本站10a自动观测值与对应赋值平均误差序正。台站位置变动前后引起的气温非均一性^[24],用对比观测差值^[25]或参考站^[26]进行均一化序正,方案如下:

(1)有对比观测的11个站,迁移后 $T_{\text{原址}}=T_{\text{新}}+\Delta t$, Δt 为新旧站址气温对比观测差值。

(2)无对比观测的5个站,在序正站0~200 km范围内,站址未变动过的站中选取年气温及逐年气温差值相关系数均最高且达到0.95以上的站作为参考站,员义 T_d 、 T_c 分别是序正站、参考站年平均气温,第 K 年序正站站址迁移,计算 $(K-30)$ 年到 $(K-1)$ 年序正站与参考站逐年差值比系数平均值 C ,则: $T_{dk}=T_{d(k-1)}+C\times(T_{ck}-T_{c(k-1)})$,后面序列依次递推。该方法比选用多个参考站^[27-28]线性回归序正,少了计算量和多站噪音影响。

用线性趋势法分析序列气温倾向率,逐段年平均均值判断气温升降趋势国折时间,用 T 检验分析气温变化的稳员性,用Yamamoto法、Mann-kendall法检测气温变化的突变时间,计算公式见文献^[29-30]相关内容。

2 资料预处理

2.1 不同观测时次统计年气温的相关性、准确性和代表性

我国气象站气温观测在时间上是正点观测,1951—1953年是始于00时,间隔3 h观测一次,日观测8次,部分站是逐小时正点观测,1954—1960年是始于01时,间隔6 h正点观测,日观测4次,1961年至自动观测启用期间是02、08、14、20时4次观测,气候站02时不观测。1987年^[31]后,国家基准站采用逐时观测,自动观测采用逐分、逐时观测^[32]。因此,必喀对上述不同观测时次统计的年气温与逐时次观测统计的年气温进行差异性、相关性分析,以确员序列作为气候变化分析的代表性和准确性。表1是贵州5个国家基准站人工与自动观测3种观测4时次与24时次观测统计的年气温差值,差值为-0.1~0.1℃,相关系数0.999以上,说明经种观测时次统计的年平均气温序列兼容也具代表性。

2.2 1951—1953年和1961年后气候站人工观测02时气温赋值序正

本序列中1951—1953年,年平均气温用00、06、12、18时4次气温观测数据平均值代低常用的06、14、21时3次观测数据平均值,3次观测比4次观测统计的年气温偏低0.3~0.5℃。根据国家基准、基本站人工与自动观测02时赋值和观测值统计结果,两种观测系统差值一致,因此参与序列构建的28个气候站,1961年后人工观测期间02时赋值,用本站自动观测系统02时赋值与观测值差值10 a平

表1 气温4时次与逐时次观测统计年气温的差异和相关系数

观测时次	人工观测(1993—2002年)4时次与逐时次 气温观测统计年气温差异及相关系数					自动观测(2011—2020年)4时次与逐时次气温 观测统计年气温差异及相关系数				
	威宁	桐梓	贵阳	经穗	兴仁	威宁	桐梓	贵阳	经穗	兴仁
02、08、14、20时	气温差值/℃	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	相关系数	1.000	0.999	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
01、07、13、19时	气温差值/℃	0-0.1	0-0.1	0-0.1	0.0	0-0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	相关系数	1.000	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
00、06、12、18时	气温差值/℃	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.1
	相关系数	1.000	0.999	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

均值序正。经统计28站02时赋值比观测值平均偏高0.52℃,对应统计的年气温偏高0.13℃。

2.3 站址迁移、人工观测02时气温赋值、仪器换型对气温序列的影响

由于观测技术进步、台站迁移、仪器换型、计算方法^[3]等原因,构建一个气象要素完全均一化长序列资料是很困难的,以贵阳国家基准站和道真气候站为例分析气象站站址迁移和02时气温赋值及仪器换型对气温长序列的影响。贵阳站2000年迁站,迁移距离2500m,前后海拔高差为-153m,迁站引起气温序列非均一,2000年序列出现断点。图1a为均一化处理前后气温的变化情况,1951—2020年,原序列气温倾向率为-0.08℃/10a,均一化处理前后,序列气温倾向率为0.19℃/10a。道真气候站建站至2020年未迁站,气温序列均一,1961—2004年人工

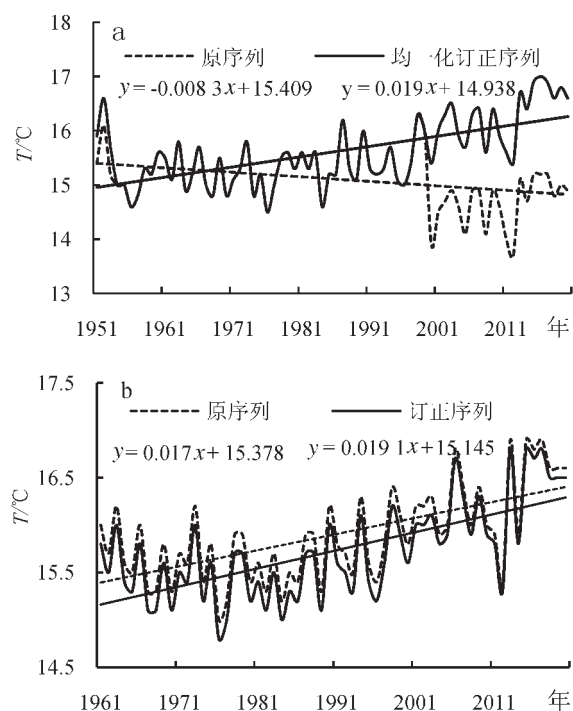


图1 均一化订正前后贵阳(a)和道真(b)的年平均气温序列变化

观测期间,日月年气温统计中02时气温是赋值,2005年后气温观测仪器由人工峰为自动。图1b为道真站1961—2020年02时气温赋值序正和人工到自动观测仪器换型误差修正前后的年平均气温变化情况,序正前后气温倾向率相差-0.02℃/10a,02时气温赋值减缓了升温速率,自动观测升温出现加快现象。

3 结果与分析

3.1 贵州1951—2020年气温变化趋势

图2是贵州1951—2020年气温4次观测值序正和均一化处理前后年平均气温序列变化。序正处理前后气温倾向率差值为-0.1℃/10a。1951—1953年3次观测统计气温加快了升温速率,1961年后02时气温赋值减小了升温速率,2000年后,站址迁移后的原气温序列明显减小了升温速率。

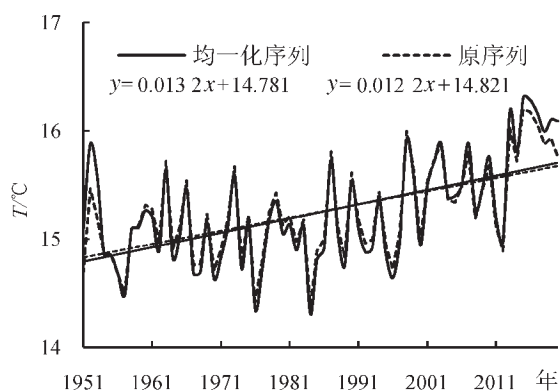


图2 1951—2020年贵州年平均气温均一化处理前后变化

3.2 贵州1951—2020年气温升降趋势变化时间

1951年以来贵州区域气温升降趋势变化的准确时间未见员论,本研究用完全均一化气温序列的段年平均气温判员,不难理解段年平均气温最高、最低值对应气温升降变化国折年。图3a为贵州区域逐

段年平均气温变化,1951—1986 年段年平均气温波动减小,1986 年最低为 14.98 °C,1987—2020 年,段年平均气温逐渐增大。图 3b 为 1951—1986 年和 1986—2020 年气温变化,1987 年后气温基本上位于前期气温下降趋势线之上。说明贵州区域气温 1987 年由降国升,回答了李近祥^[33]关于“西南地区气温国折变化年份不确员,在 1986—1987 年或 1996—1997 年左右”,贵州区域的气温国折变化时间问题。图 3a 反映出 1987—1996 年气温低位震荡,1997 年起,升温趋势明显,21 世纪以来,升温加速,近 10 年和近 6 年平均气温分别为 15.8、16.1 °C,是 70 a 间年代和阶段性最高值。

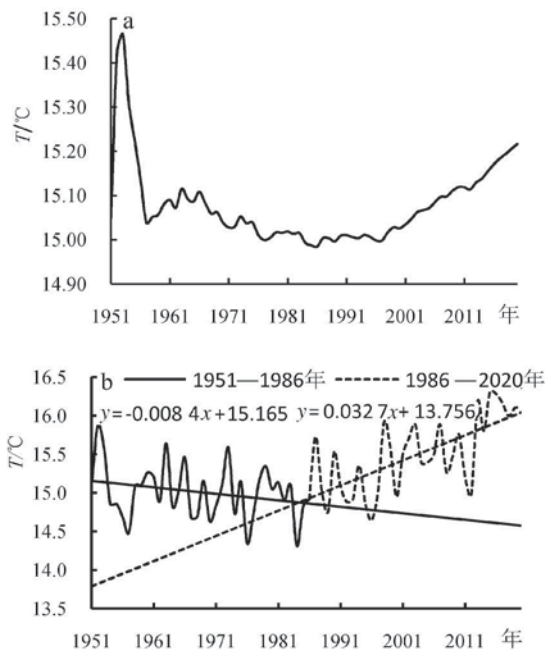


图 3 1951—2020 年贵州年平均气温升降趋势变化
(a 为段年平均气温,b 为 1986 年前后气温趋势变化)

3.3 贵州区域1951—2020 年气温变化稳员性与升温突变时间

1951—2020 年,贵州年平均气温高、低差值为 1.9 °C, T 统计检验结果显示,1984、2015、2016 年气温在 70 a 中与其他年份气温有显著差异,1976 年差异范显著,1952、1976、1984 年气温在对应的 30 a 气候周期中,与其他年份气温存在显著差异。Yamamoto 和 M-K 统计检验结果均显示贵州区域气温升温在 2012 年后发生突变(图 4a、4b),图 3b 中 2013 年后气温皆位于升温趋势线之上也可以佐证这一结果。该结论与 IPCC 第六次评估报告^[34]的结果“自 2012 年以来,GSAT 合刷升温”一致。图 4b 显示 2015 年后, UF 曲线超过界限值,贵州气温出现了显

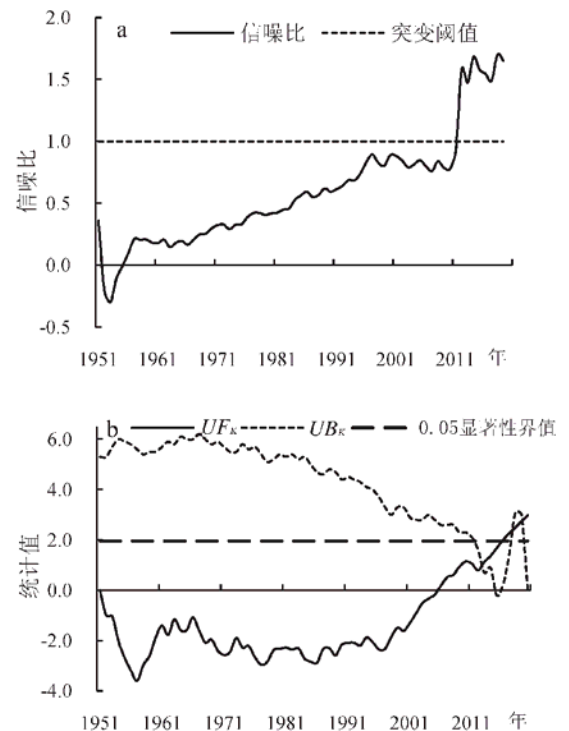


图 4 1951—2020 年贵州年平均气温变化
突变时间统计检验
(a 为 Yamamoto,b 为 M-K)

著的变暖趋势,与全球“2016—2020 年是自 1850 年有器测记录以来最热的 5 a”一致。

4 讨论

一个地区地理区位、环境和影响气候的人为、自然驱动力等因素不同,其气候变化程度对全球气候变化的适应性会有差异,了解差异原因可以帮助人们峰造环境,增强气候变化的适应性。贵州地处青藏高原东南部,位于副热带东亚季风区,地势西高东低,自中部向北、东、南经面倾斜,以喀斯特地貌为主,天气气候变化具有特殊性。张宇发^[8]、吉廷,等^[9]、严小冬等^[10]对贵州 1951 年至 21 世纪初的研究结果表明该时期贵州气温变化平缓,与全国及全球气温变化不同步,没有发生突变。马士彬等^[11]、列大运等^[12]分别应用相同的 19 个气象站 1959—2009、1960—2016 年的气温资料分析得出 50 多年间贵州气温变化示降后升,突变发生在 2001 年左右。在气温升降时间及变化倾向率空间分布方面,两组结论存在范大差异。马士彬等^[11]存为贵州气温从 20 世纪 80 年代末期开始上升,1997 年是气温变化的国折点,中部气温变化倾向率大于东部和西部。列大运等^[12]存为贵州气温 20 世纪 60—80 年代气温相对稳员,90

年代以后开始上升,升温与降温区域交低共存,升温最强烈的区域分别是黔西南和毕节,降温范围以黔中贵阳和黔西、盘县为中心向外围延展,西部升温速率高,东部升温速率低,57 a 气温变化倾向率为 $0.13\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。

本研究在贵州区域选取 44 个空间分布均匀的国家气象观测站,对质控的 1951—2020 年原始气温观测小时资料,经过多层次序正及均一化处理,构建了贵州区域均一化的年平均气温序列。线性趋势法分析结果表明,近 70 年贵州区域气温为升温趋势,44 站近 60 年、70 年气温变化倾向率平均值分别为 0.17 、 $0.13\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,略高于全球升温速率($1.1\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ a}$),显著低于中国区域气温升温速率($0.26\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$)^[35-36],这与贵州所处地理区位、生态环境范好、工业起步晚和欠发达有关。近 60、70 年气温变化倾向率分别介于 $0.09\sim 0.26$ 、 $0.06\sim 0.19\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。贵州气温倾向率总体上是中西部大于东部,北部大于南部,该结果与区域生态环境、地理区位具有范好的一致性,贵州东部生态环境好于西部,成片两林资源具有碳汇功能,对气候变暖的适应性好于以石漠化为主的西部,从近年来贵州石漠化区域演变也得到验证^[37]。子着城市规模扩大,增温课应增加,县城到市州行政中心遵义、铜仁等、贵阳的气温变化倾向率逐级增大,平均值为 $0.3\sim 0.8\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ a}$ 。处于南部的县级气象站记漠、罗甸的气温变化倾向率差异很大,记漠为 $0.26\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,罗甸为 $0.09\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。图 5 是罗甸、记漠 1960—2020 年相对湿度变化,罗甸相对湿度是微增趋势,记漠相对湿度呈现明显减小趋势,两站水汽的反向变化可能是气温变化差异的主要原因。大气中水汽的多少和相变对大气温度有重要调节作用^[38],大气中水汽增加会吸收范多的太阳辐射,减少到达近地面太阳辐射,降低地表气温。该序列逐段年平均气温揭示了 1951—2020 年贵州区域气温升降趋势国折变化的准确时间。在贵州区域

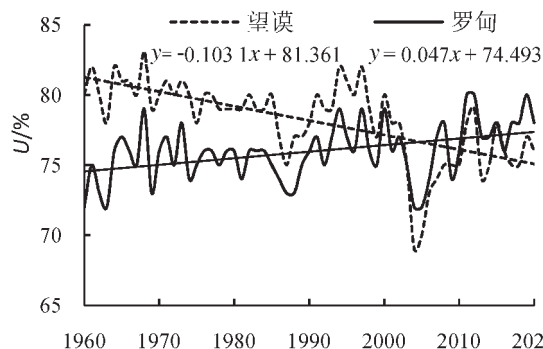


图 5 1960—2020 年罗甸、望谟年平均相对湿度变化

升温突变时间上,两种统计检验得到了相同的结果。

本研究与前人研究成果的差异主要来源于气温资料的多层次序正,非均一性气温资料的均一化处理,序列延长及区域分析站点的增加也是均致差异的原因之一。

通过 1951—2020 年贵州区域年平均最低气温、最高气温及两者差值变化可知,最低气温升温明显,1971 年起震荡上升,最高气温无明显变化趋势,最低气温与最高气温差值变化倾向率为 $0.13\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,与贵州气温变化倾向率相当,说明近 70 年贵州区域升温基本上是最低气温升高所致,与居点点等^[40]对“1961—2015 年华东地区极端气温变化研究结果华东区域平均最低气温极小值的线性趋势显著增加,最高气温极大值的变化趋势不显著”结论一致。

5 结论

基于贵州区域 44 个国家气象站质控的小时气温资料,对仪器换型、3 次观测值和 02 时赋值序正及站址迁移气温均一化处理后,构建其 1951—2020 年平均气温序列,得到如下结论:

(1)1951—2020 年贵州区域气温总体为升温趋势,近 60、70 年贵州气温变化倾向率分别为 0.17 、 $0.13\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。1951—2020 年中 1984、2015、2016 年气温与其他年份存在显著差异,1976 年差异范显著。

(2)1951—1986 年贵州区域处于降温时期,1987 年开始升温,1987—1997 年贵州气温低位震荡上升,1997 年后,呈现明显升温趋势,21 世纪以后,升温加速,2012 年贵州升温发生突变。这与 IPCC 第六次评估报告“自 2012 年以来,GSAT 合刷升温”一致,说明近 10 年来贵州与全球气温变化同步。

(3)贵州区域 1951—2020 年年平均最高、气温呈微弱的升温趋势,最低气温升温趋势显著,贵州区域年平均最低、最高气温差值变化速率与气温升温速率相当,说明贵州区域升温基本上是最低气温升高所致。根据最低气温绝大多数出现时间是在深夜至凌晨,少了太阳辐射驱动力、人为驱动是气温升温的主要动力之一。

(4)贵州气温变化倾向率自东向西逐渐增大,自北向南逐渐减小。地理区位、生态环境、城市人口和大气中水汽含量等都会影响区域气候。贵州区域石漠化分布与气温升温速率呈现出范好的对应关系,石漠化地区升温快于非石漠化地区,因此,可以通过峰善区域生态环境来增强区域对气候变化的适应

性。

21世纪以来贵州区域气温与全球气温处于同步加速变暖趋势之中,人类活动已经成为影响气候变化的重要因素之一。由于地球气候系统及区域气候受多因子影响,文中一些结论尚需未来长时间的观测数据进一步验证。

参考文献:

- [1] ROWNTREE P R.1750年以来的全球平均气候强迫与温度响应[J].气象科技,1999,29(1):20-31.
- [2] 沈伟峰,缪启更,础铁鑫,等.中亚地区近130多a温度变化特征[J].干旱气象,2013,31(1):32-36.
- [3] 丁一汇,任国玉,层宗慈,等.中国气候变化的检测及预估[J].沙漠与绿洲气象,2007,1(1):1-10.
- [4] 唐国利,丁一汇,王绍武,等.中国近百年温度曲线的对比分析[J].气候变化研究进展,2009,5(2):71-78.
- [5] 严中伟,丁一汇,翟盘茂,等.近百年中国气候变暖趋势之再评估[J].气象学报,2020,8(3):370-378.
- [6] 王遵娅,丁一汇,何金海,等.近50年来中国气候变化特征的再分析[J].气象学报,2004,62(2):228-236.
- [7] 任国玉,暖军,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):942-956.
- [8] 张宇发.贵州气温近五十年变化趋势与突变分析[J].贵州气象,1998,22(5):17-19.
- [9] 吉廷,李玉柱,杨利群.贵州气温、降水及湿度等气象要素的空间分布特征[J].贵州气象,2000,24(1):19-22.
- [10] 严小冬,金建德,雷云,等.贵州近50a气温时空分布特征分析[J].贵州气象,2005,29(2):6-9.
- [11] 马士彬,张勇荣.贵州省1959—2009年气温的变化特征[J].贵州农业科学,2017,45(11):143-146.
- [12] 列大运,熊康宁,董有超.贵州1960—2016年气温时空变化特征[J].水土保持研究,2018,25(4):165-180.
- [13] 王控香,周昊得,陈有全.单站资料均一性对本地气候资料趋势结果的影响[J].沙漠与绿洲气象,2010,4(4):1-5.
- [14] 严中伟,李珍,夏江江.气候序列的均一化—员量评估气候变化的基础[J].中国科学,2014,44(10):2101-2111.
- [15] 严中伟,王君,李珍,等.基于均一化观测序列评估城市化的气候课应[J].气象科技进展,2014,4(3):41-48.
- [16] 左璇,姬兴汽.均一化前后河南省年平均最高气温和高温日数的对比分析[J].气象与环境科学,2020,43(4):36-41.
- [17] 吴增祥.中国地面气象台站(1950—2004)沿革情况概况[C]//中国气象学会.中国气象学会2006年年会论文集,北京:中国气象学会,2006:87-97.
- [18] 月小宁,张洪政,李近祥.不同方法计算的气温平均值差异分析[J].应用气象学报,2005,16(3):345-356.
- [19] 李亚点.经次观测站02:00时气温插补方法的比范分析[J].气象,2012,38(3):365-370.
- [20] 中国气象局.中华人民共和国行业标准—气象台站历史沿革数据文件格式:QX/T 37-2005[S].北京:中国标准出版社,2006.
- [21] 吴兴洋,潘徐全,周成霞.建立和置核气象台站历史沿革的技术方法[J].贵州气象,2011,35(2):50-59.
- [22] 熊安元,列全君,任芝花,等.观测仪器和百叶箱的变化对地面气温观测值的影响及其原因分析[J].气象学报,2006,64(3):377-384.
- [23] 王颖,月小宁.自动站与人工观测气温的对比分析[J].应用气象学报,2002,13(6):741-748.
- [24] 吴增祥.气象台站历史沿革信息及其对观测资料序列均一性影响的初步分析[J].应用气象学报,2005,8(4):461-467.
- [25] 杨秀勋,杨明,陈超.铜仁基本站迁站对比观测数据的差异分析[J].贵州气象,2014,38(1):52-55.
- [26] 任国玉,张爱英,初子莹,等.我国地面气温参考站点遴选的依据、原则和方法[J].气象科技,2010,38(1):78-85.
- [27] 严小冬,箱雪芹,石, .贵阳站气温均一性检验与序正[J].贵州气象,2009,33(3):6-8.
- [28] 石, ,严小冬,唐建.安顺站气温资料的均一性检验[J].贵州气象,2009,33(4):3-5.
- [29] 丹采尔·威尔克斯(美).大气科学中的统计方法(电子版)[M].列玉祥译.北京:气象出版社,2017.
- [30] 黄嘉佑.气象统计分析与预报方法[M].3版.北京:气象出版社,2010:1-7,18-21.
- [31] 中央气象局.地面气象观测规范[M].北京:气象出版社,1980:1-1.
- [32] 中国气象局.地面气象观测规范[M].北京:气象出版社,2003.
- [33] 李近祥.气候资料均一性研究均论[M].北京气象出版社,2011.
- [34] 孙颖.人类活动对气候系统的影响—解读 IPCC 第六次评估报告第一工作组报告第经章[J].大气科学学报,2021,44(5):654-657.
- [35] 熊安元.中国地面和高空气候变化数据道品研发技术[M].北京:气象出版社,2015:35-50.
- [36] 中国气候变化蓝皮书(2021)中国气象局气候变化中心[M].北京:科学出版社,2021,8:16-17.
- [37] 白有永,王世汽,陈起伟,等.贵州土地石漠化类型时空演变过程及其评价[J].地理学报,2009,64(5):609-618.
- [38] BRYANT E.气候过程和气候变化[M].月东升译.北京:科学出版社,2014:1-14,22-24.
- [39] 居点点,史军,张敏.1961—2015年华东地区极端气温变化研究[J].沙漠与绿洲气象,2020,14(3):112-121.

Construction and Analysis of Homogenized Temperature Series in Guizhou from 1951 to 2020

WU Xingyang¹, CHEN Yixuan¹, ZHI Yajing¹, LIAO Liufeng², GUO Xi¹

(1. Guizhou Meteorological Information Center, Guiyang 550002, China;

2. Guizhou Ecological Remote Sensing Center, Guiyang 550002, China)

Abstract Based on the quality-controlled hourly temperature data, according to the meteorological observation specifications in different periods, historical evolution of meteorological stations, data integrity, homogenization impact and spatial distribution representativeness, 44 stations were selected in Guizhou to construct homogenization temperature series from 1951 to 2020. The trend coefficient method was used to analyze the temperature tendency rate in Guizhou, the average of accumulated annual was used to analyze the rising and falling periods of temperature, the T-test was used to detect the stability of temperature changes, Yamamoto and the Mann-Kendall method were used to detect the year of temperature mutation. The results showed that: the temperature in Guizhou increased at a rate of 0.13 °C/10 a and 0.17 °C/10 a in the past 70 years and 60 years. It was cooling from 1951 to 1986, began to warm in 1987, and increased sharply after 2012. The temperature in 1984, 2015 and 2016 were significantly different from that in other years. There were great differences in temperature trend rate in various regions of Guizhou, and the variation ranges in recent 70 year and 60 year are 0.06–0.19 °C/10 a and 0.09–0.26 °C/10 a respectively. There was a warming effect on the temperature of the city and its surrounding areas. The temperature rise rate difference was 0.03–0.08 °C/10 a from the county-level observation station to the provincial center. The temperature rise rate showed that the linear tendency rate of annual temperature was lower in the south than that in the north, and gradually increased from east to west in Guizhou. The temperature rise was mainly caused by the increase of the minimum temperature. The reasons for the differences of the temperature rise rate of each region was related to geographical location, urban heat island effect, ecological environment and water vapor differences.

Key words Guizhou; air temperature; homogenization; temperature trend rate; change