

贵州省 1960—2014 年不同地貌类型的气温变化特征

莫跃爽, 周秋文

(贵州师范大学 地理与环境科学学院, 贵阳 550025)

摘要:通过 1960—2014 年贵州省 19 个观测站的月均温观测资料,分析了贵州省气温变化的时空特点及不同地貌类型上气温变化特征,并采用有序聚类法、M-K 法检验其突变性。结果表明:1960—2014 年贵州省气温除岩溶盆地地区外,其他地区的年均温(岩溶槽谷、非喀斯特区、峰丛洼地、岩溶高原、岩溶峡谷)总体呈波动上升趋势,增温现象十分明显,岩溶高原增温速率最低,岩溶峡谷增温速率最高;极端最低气温和极端最高气温均呈上升趋势,且前者上升速率高于后者,1960—2014 年温度上升的趋势中,极端最低气温的上升对增温的贡献率最大;此外,非喀斯特区、岩溶槽谷、峰丛洼地和岩溶高原均温在 20 世纪 90 年代后期出现发生突变,岩溶峡谷均温在 2001 年发生突变,岩溶盆地均温没有存在突变现象。

关键词:气温变化;地貌类型;M-K 检验;贵州省

中图分类号:P468

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2019)04-0166-05

Characteristics of Temperature Change of Different Geomorphological Types in Guizhou Province from 1960 to 2014

MO Yueshuang, ZHOU Qiuwen

(School of Geography and Environmental Science, Guizhou Normal University, Guiyang 550025, China)

Abstract: Based on the monthly temperature observation data from 19 observational stations in Guizhou Province from 1960 to 2014, the characteristics of temperature spatial change of Guizhou Province and the temperature change in different geomorphological types were calculated by using the statistical methods, and the mutation was tested by Ordered Clustering Method and Mann-Kendall technique. The results are as follows. The temperature during 1960—2014 in most areas of Guizhou Province, which include karst valley, non-karst area, cluster-peak depression area, karst plateau and karst gorge, increased clearly besides the area of karst basin. The extreme minimum temperature and maximum temperature in Guizhou Province during 1960—2014 were raising, which was higher than the extreme high temperature. Furthermore, an abrupt change of average temperature tendency in 2001 was detected in karst gorge, but no abrupt change of average temperature was found in karst basin. In karst valley, non-karst area, cluster-peak depression area, karst plateau, the temperature wavelike rising tendency had abrupt change point in late of 1990's and showed a continuously warming trend afterward.

Keywords: temperature change; geomorphological types; M-K test; Guizhou Province

近年来,全球气候普遍变暖,大部分地区气候状况发生了明显变化,气候变化问题越来越引起重视。IPCC 第 4 次评估报告指出,20 世纪初以来全球平均地表气温上升 0.76℃,近 50 a 的变暖趋势几乎是近 100 年的 2 倍^[1]。在全球范围内,气候变暖在近十多

年来表现更加显著,但在区域以及季节尺度方面,气温上升的速度存在着较大差别^[2]。

中国众多学者针对气候变化方面做了很多深入研究。如郝志新等^[3]研究了我国南方过去 400 年的极端冷冬天气变化。缪启龙^[4]、王翠花^[5]、史岚^[6]等

收稿日期:2018-10-14

修回日期:2018-11-19

资助项目:国家自然科学基金(41761003);贵州省科技计划项目(黔科合平台人才[2017]5726 号);贵州省本科教学工程建设项目:地理与环境生态大学生创新训练中心(2016DC03);贵州省科技支撑计划项目(黔科合支撑[2017]2855);贵州省基础研究计划项目(黔科合基础[2017]1131)

第一作者:莫跃爽(1995—),女,贵州平塘人,硕士研究生,研究方向为岩溶水资源与 GIS。E-mail:1689757556@qq.com

通信作者:周秋文(1986—),男,广西桂林人,副教授,主要从事喀斯特生态水文过程研究。E-mail:zouqiuwen@163.com

前后对中国1950年以来的最高气温和最低气温做了分析研究。张晶晶等^[7]对近50 a中国气温变化的地区差异进行了分析研究。这些研究结果表明,中国气候总体趋向变暖,冬天的变暖趋势更为显著。除了全球、全国尺度的研究外,对局部地区的气温变化特征进行分析同样很有价值,因此,区域尺度的气温变化研究也逐渐变得热门^[8-12]。由于受季风和复杂地形等多种因素的影响,贵州气候变化有其自身独特的特点,尤其是进入21世纪后气温变化更加复杂^[13]。贵州省处于典型的季风气候区,深受冬夏季风强弱变化的影响,所以许多学者对该区的气候特点研究做了大量工作,取得了一些的成果^[14-16]。事实上,许多平均气温的变化与极端气温和四季气温的变化是紧密相关的。进一步分析其最高、最低气温的变化有助于全面了解贵州省气候变化的特征和进行气候变化因子的讨论,有助于气候灾害的预测,对防灾减灾有重要意义。

本文选取贵州省各县、市的19个站点1960—2014年的气候资料,根据地貌类型^[17],详细分析近55年来气温的演变规律,通过有序聚类法和Mann-Kendall检验法进行趋势分析,检验其不同地貌气温的突变性,以了解贵州省不同地貌区气温变化特征。

1 研究区概况

贵州省位于我国西南部,地处 $24^{\circ}37'—29^{\circ}13'N$, $103^{\circ}36'—109^{\circ}35'E$ 。贵州地貌属于中国喀斯特高原山区,地势西高东低,平均海拔约1 100 m。土地面积17.62万 km^2 ,山地和丘陵占区内总面积的92.5%。贵州岩溶地貌发育非常典型,喀斯特出露面积10.91万 km^2 ,占全省国土面积的61.9%。境内岩溶分布范围广泛,形态类型齐全,地域分异明显。贵州省气候温暖湿润,属亚热带湿润季风气候,年均温 $14\sim 16^{\circ}C$,气温变化小,冬暖夏凉,气候宜人。由于独特的地理位置和复杂的地形地貌,区内气温变化差异显著。

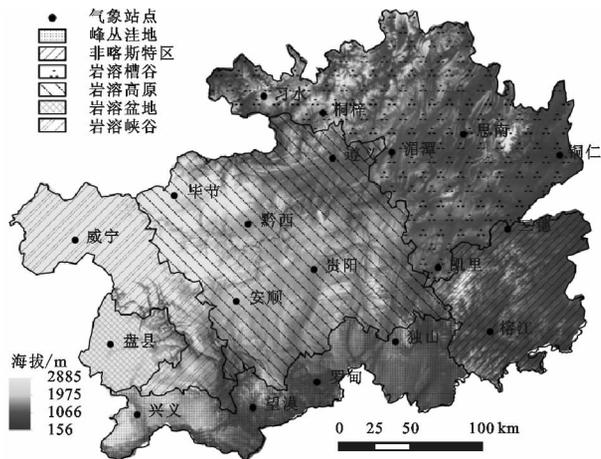


图1 研究区地貌类型

2 资料与方法

气温的变化主要包括周期变化、趋势变化和突变变化。采用贵州省1960—2014年的气象数据,包括逐月平均气温、最高气温和最低气温资料,将四季划分为:春季(3—5月),夏季(6—8月),秋季(9—11月),冬季(12月—翌年2月)。贵州省地貌可分为:岩溶槽谷、非喀斯特区、峰丛洼地、岩溶高原、岩溶峡谷、岩溶盆地^[17],并以此进行气温研究。

表1 贵州省气象站点相关数据

地貌类型	站点	纬度(N)	经度(E)	高程/m	年均温/ $^{\circ}C$
岩溶槽谷	习水	28.33°	106.22°	1180.2	13.23
	桐梓	28.13°	106.83°	972.0	14.79
	湄潭	27.77°	107.47°	791.8	15.11
	思南	27.03°	106.02°	416.3	17.39
	铜仁	27.72°	109.18°	279.7	17.15
	凯里	26.60°	107.98°	720.3	15.86
岩溶高原	遵义	27.70°	106.88°	843.9	15.50
	毕节	27.30°	105.28°	1510.6	12.93
	黔西	27.03°	106.02°	1251.8	14.10
	贵阳	26.58°	106.72°	1074.3	15.10
	安顺	26.25°	105.92°	1392.9	14.12
	兴义	25.08°	104.90°	1299.6	15.36
峰丛洼地	望漠	25.18°	106.08°	566.8	19.34
	罗甸	25.43°	106.77°	440.3	19.70
	独山	25.83°	107.55°	1013.3	15.10
岩溶盆地	盘县	25.78°	104.62°	1512.2	15.04
岩溶峡谷	威宁	26.87°	104.28°	2237.5	10.65
非喀斯特区	榕江	25.97°	108.53°	285.7	18.32
	三穗	26.97°	108.67°	610.5	15.05

利用最小二乘法^[18]进行年平均气温、年平均最高气温、年平均最低气温、年极端最低气温和年极端最高气温的趋势估算;利用ArcGIS里的反距离权重插值进行年平均气温变化趋势的空间分析。通过对气温数据进行有序聚类、M-K非参数检验^[19]研究其突变特征。

3 结果与分析

3.1 各地貌类型年均气温的时间变化

从表2可以看出,贵州省近55 a来的年平均气温除岩溶盆地地区以外,其他地区(岩溶槽谷、峰丛洼地、岩溶高原、岩溶峡谷、非喀斯特区)总体呈波动上升趋势,并分别以 $0.13, 0.14, 0.09, 0.19, 0.12^{\circ}C/10 a$ 的速度增加,同时,岩溶高原增温速率最低,岩溶峡谷增温速率最高。近55 a来岩溶盆地地区的年平均气温总体呈下降趋势,下降速率为 $-0.10^{\circ}C/10 a$,2000年以后气温变化

较大,总体在波动下降。岩溶盆地 55 a 来的年平均气温最低温和最高温出现在 2011 年和 1987 年,气温分别为 9.43,16.24℃;而其他地区的年均最低温出现在 20 世纪 70,80 年代,最高温都出现在 2000 年以后,2013 年全省各地区的温度普遍居高,最高温度达到 17.54℃。其中从 80 年代中期以来,气温波动上升较明显。总体来看,55 a 来年平均气温的最高值就出现在这一阶段,年均气温从 1976 年的 14.67℃ 上升到最高气温 16.35℃,上升 1.68℃,上升幅度较大。

表 2 不同地貌区气温年均值、四季均值线性变化率

地貌分类	℃/10 a				
	年均值	春季	夏季	秋季	冬季
岩溶槽谷	0.13	0.12	0.09	0.17	0.15
峰丛洼地	0.14	0.10	0.14	0.19	0.15
岩溶高原	0.09	0.04	0.08	0.16	0.08
岩溶峡谷	0.19	0.10	0.20	0.23	0.22
岩溶盆地	-0.10	-0.17	-0.18	-0.10	0.06
非喀斯特区	0.12	0.12	0.11	0.14	0.12

3.2 各个站点年平均气温变化趋势分析

对选取的贵州省 19 个站点 1960—2014 年的年平均气温进行趋势分析(图 2),从图中可以看出,所选的 19 个站点中,除贵阳和盘县的趋势系数是负值外,其余 17 个站点的趋势系数都是正值,这表明全省总体气温呈变暖的趋势。全省平均趋势系数为 0.113,其中毕节、榕江等 12 个站点超过平均水平。望漠气温增加趋势最为明显,而安顺、凯里、罗甸 3 个站点气温增势不明显。

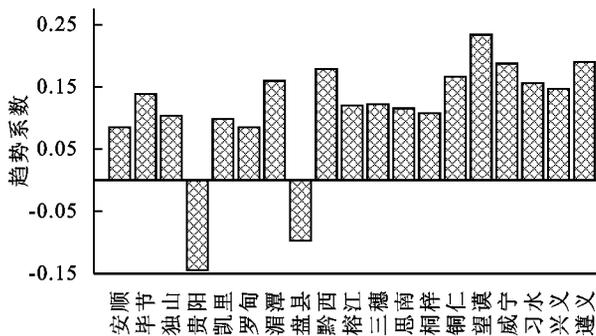


图 2 贵州省 19 个站点平均气温趋势系数

3.3 年均气温的空间变化特征

如图 3 所示,在贵州省年平均气温变化趋势的空间分布图中,19 个站点的气温倾向率除贵阳和盘县 2 个站点外,其余站点都为正值,说明研究区整个区域存在普遍的增温趋势,其中铜仁、黔西、习水、望漠这 4 个站点成为了高值变化率的中心,从北到南,年均气温的变化率在减小,从西向东,气温的变化率先增大后减小,较为特殊的是,中部的贵阳站点出现一个

低值变化率中心。气温变化趋势线在西部最为密集,西南部最为稀疏,表明气温的变化率在西部相差较大,而在西南部相差不大。

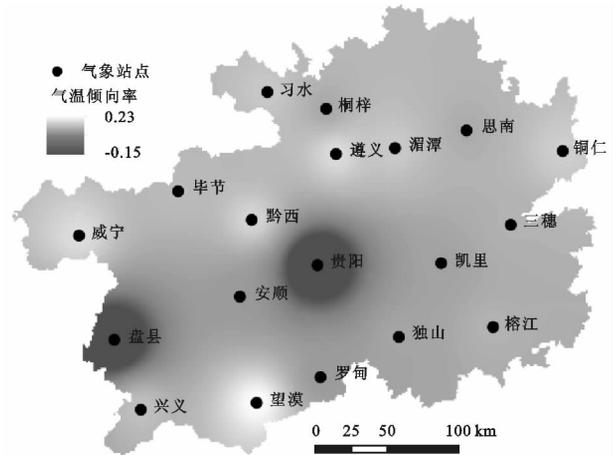


图 3 1960—2014 年贵州省年平均气温变化趋势的空间分析

3.4 极端气温变化分析

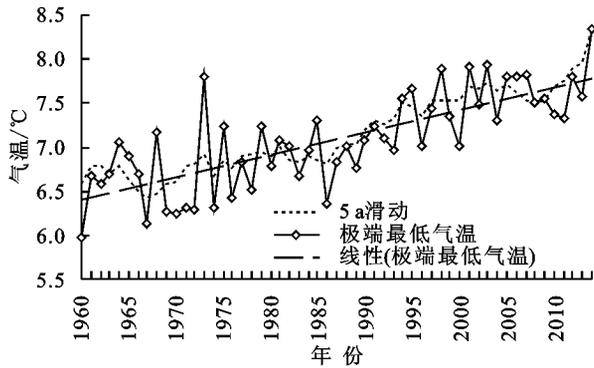
从图 4 中可以看出,55 a 来贵州省极端高温以 0.06℃/10 a 的趋势上升,上升趋势不明显,年内极端高温上升了约 0.33℃。其中最高值 29.07℃ 出现在 1969 年,最低值 26.78℃ 出现在 2012 年,最高最低气温两者相差 2.29℃,变化幅度偏大,极端高温的平均值为 27.92℃。20 世纪 60—90 年代的极端高温分别为 28.01,27.84,27.58,27.88℃,2000 年以后极端高温继续上升为 28.22℃。极端气温在 60 年代的数值较高,70,80 年代后极端高温呈下降趋势,直至 90 年代起气温开始回升,特别是 2008—2010 年极端气温急剧增加,前后增加了 2.54℃。2010 年以后,气温开始波动下降,最低极端高温就出现在这一时期。总体来看,贵州省极端高温是波动上升的。

从图 4 中可以看出,贵州省 55 a 来极端最低气温的上升速率较大,为 0.26℃/10 a,即 55 a 内极端低温上升了约 1.43℃。最低极端低温出现在 1961 年,最高极端低温出现在 2014 年,气温值分别为 5.97,8.34℃,两者相差 2.37℃,变化幅度较大,极端低温的平均值为 7.09℃。60—90 年代的极端低温分别为 6.61,6.72,6.87,7.30℃,2000 年以后极端低温上升到 7.76℃,可看出,年代际极端最低气温稳定波动上升,期间出现一个明显的波峰和波谷,分别为 1973 年(7.81℃)和 1986 年(6.36℃)。总体来看,极端最低气温的增温趋势非常明显。

3.5 气温突变性分析

3.5.1 有序聚类 在气候变化的研究中,气温突变现象有着十分重要的地位,近代许多学者进行了大量的气温突变研究工作,并取得了一定的成果^[20-28]。本

文采用两种较为典型的方法,即有序聚类法和 Mann-Kendall 检验法进行气温突变性分析。前者是将整个序列看作一个整体,然后根据同类之间离差平方和



最小原则来推求序列的最优分割点也就是突变点;后者可以表明突变开始的时间,并显示突变的区域,他们都是检验突变性的重要方法。

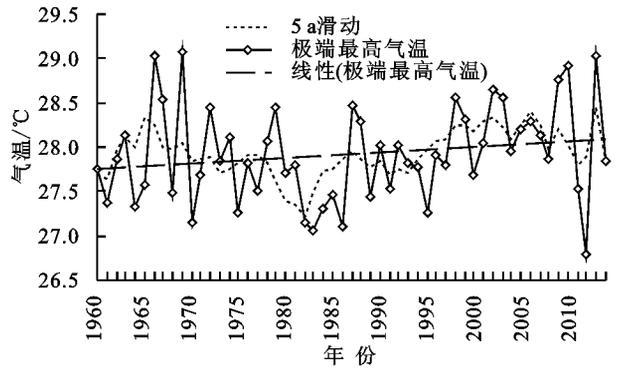


图4 1960—2014年贵州省极端气温变化

1960—2014年贵州省不同地貌分区年均气温序列离差平方和 $S_n(r)$ 曲线见图5。1960—2014年岩溶槽谷区年均气温序列离差平方和 $S_n(r)$ 曲线较为平缓,基本上没有出现较明显的低峰,则推测没有显著的突变点。岩溶峡谷的 $S_n(r)$ 曲线在2002年出现最低值12.03,突变点可能在2002年。岩溶高原对应的 $S_n(r)$ 曲线1996年出现最小值8.78,则1996年可能是变异点。非喀斯特区、岩溶槽谷、峰丛洼地在1998年对应的 $S_n(r)$ 为各自序列的最小值,1998年为最可能的变异点。

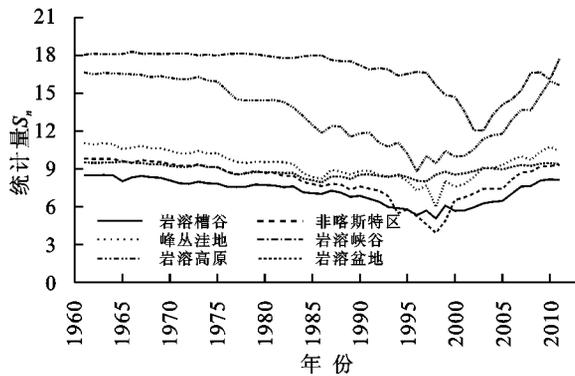


图5 有序聚类统计量曲线

3.5.2 M-K 突变检验 基于 M-K 突变检验方法,分析 1960—2014 年贵州省不同地貌分区年均气温变化的突变规律。从图 6A 可看出,在 1998 年处 UF 与 UB 曲线相交,在显著性水平 0.05 的临界线范围内。2003 年以后,显著性趋势全部超过 $U_{0.05} = 1.96$ 的水平,且在 2006 年超出 $U_{0.01} = 2.56$ 时的显著性水平,表明岩溶槽谷区在 1998 年气温可能发生突变,即出现从低值到高值的突变现象。从图 6B 可知,UF 与 UB 曲线相交在 1997—2000 年有 3 个交点,2004 年以后,显著性趋势全部超过 $U_{0.05} = 1.96$ 的水平,说明非喀斯特区气温变化在 1997—2000 年突变情况较多,总体呈低值向高值的突变现象。从图 6C 峰丛洼

地气温的 MK 曲线看出,UF 曲线上升迅速,在 1998 年与 UB 线相交,且在 2004 年超过了 $U_{0.05} = 1.96$ 的水平,说明峰丛洼地气温可能在 1998 年出现低值到高值的突变现象。图 6D 中,在显著性水平 0.05 的临界线之间,UF 与 UB 曲线有 2 个交点,分别为 1994 年、1996 年,从 2007 年以后,显著性趋势超过 $U_{0.05} = 1.96$ 的水平,说明岩溶高原平均气温在 1994 年、1996 年可能出现从低温至高温的突变现象。从图 6E 可看出,在 2001 年处 UF 与 UB 曲线相交,在显著性水平 0.05 的临界线范围内。2005 年以后,显著性趋势全部超过 $U_{0.05} = 1.96$ 的水平,且在 2006 年超出 $U_{0.01} = 2.56$ 时的显著性水平,表明岩溶峡谷区在 2001 年气温可能发生突变,即出现从低值到高值的突变现象。图 6F 说明,正序列 UF 变化趋势较平稳,从 1960—2014 年没有超出 $\alpha = 0.05$ 时的显著性水平,说明岩溶盆地近 55 a 来的年均温没有突变现象。从 2007 年以后,UF 小于 0,说明在此区间气温出现下降趋势。

综合以上可知,岩溶盆地年平均气温没有存在突变现象,其他地貌区均可能发生了由低值到高值的突变现象。岩溶峡谷年平均气温出现突变的时间比较晚,第一次发生突变的时间大概出现在 2001 年,非喀斯特区、岩溶槽谷、峰丛洼地和岩溶高原近 55 来的年平均气温突变的时间大致相同,都在 90 年代后期出现。

4 结论

(1) 1960—2014 年来贵州省的年平均气温除个别地区外(岩溶盆地),其他地区(岩溶槽谷、岩溶峡谷、峰丛洼地、岩溶高原和非喀斯特区)均出现波动上升的趋势。其中,增温速率最低的是岩溶高原,最高的是岩溶峡谷,春季和夏季增温幅度较小,秋季和冬季较大。

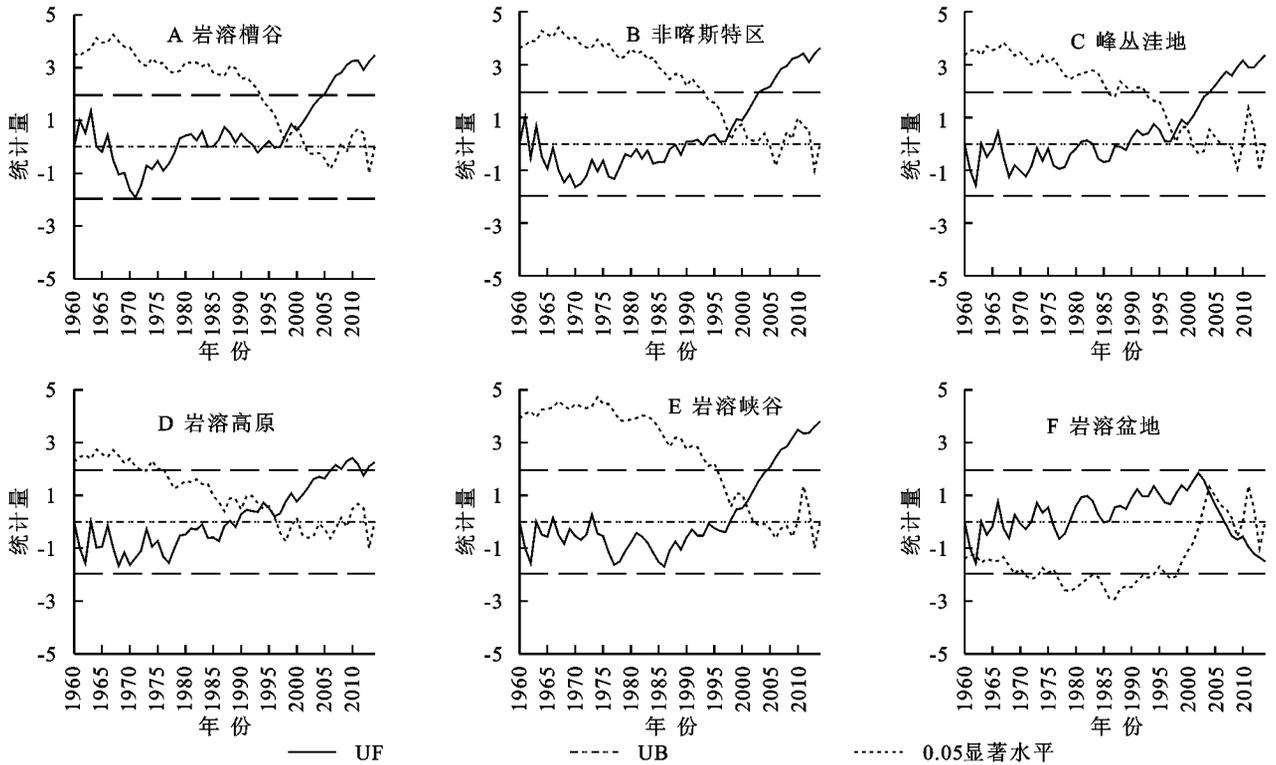


图 6 1960—2014 年贵州省气温的 M-K 统计值曲线

(2) 从选取的贵州省 19 个站点的年平均气温进行趋势分析得到:全省的气温,除了贵阳和盘县外,其余 17 个站点都有变暖的趋势。在全省平均方面,其趋势系数为 0.113,其中毕节、榕江、兴义、湄潭、习水、思南、铜仁、三穗、威宁、望谟、遵义、黔西这 12 个站点超过平均水平。增加趋势最明显的是望谟县,增加趋势最不明显的有安顺、凯里、罗甸 3 个县。

(3) 贵州省近 55 a 来极端最高温和极端最低温呈上升趋势,且极端低温的变化率要远远大于极端高温的变化率。在 1969 年出现最高值达 29.07°C ,在 2012 年出现最低值为 26.78°C ,两者相差 2.29°C ,变化幅度较大。在 1961 年出现最低极端低温,在 2014 年出现最高极端低温。

(4) 非喀斯特区、岩溶槽谷、峰丛洼地和岩溶高原均温在 20 世纪 90 年代后期出现发生突变,岩溶峡谷均温可能在 2001 年发生突变,岩溶盆地均温没有存在突变现象。

参考文献:

[1] 沈永平. IPCC WGI 第四次评估报告关于全球气候变化的科学要点[J]. 冰川冻土, 2007, 29(1): 156.
 [2] 章名立, 曾昭美, 季劲钧. 全球增暖过程中亚洲东部区域气候的特点[J]. 地理学报, 1996(6): 518-526.
 [3] 郝志新, 郑景云, 葛全胜, 等. 中国南方过去 400 年的极端冷冬变化[J]. 地理学报, 2011, 66(11): 1479-1485.

[4] 缪启龙, 周自江. 中国近半个世纪最高气温变化特征[J]. 气象科学, 1998(2): 103-112.
 [5] 王翠花, 李雄, 缪启龙. 中国近 50 年来日最低气温变化特征研究[J]. 地理科学, 2003, 1(4): 441-447.
 [6] 史岚, 王翠花, 李雄, 等. 中国近 50 a 来日最低气温的时间演变特征[J]. 气象科学, 2003, 23(3): 300-307.
 [7] 张晶晶, 陈爽, 赵昕奕. 近 50 年中国气温变化的区域差异及其与全球气候变化的联系[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(4): 1-6.
 [8] 李开明, 李忠勤, 高闻宇, 等. 近期新疆东天山冰川退缩及其对水资源影响[J]. 科学通报, 2011, 56(32): 2708-2716.
 [9] 白金中, 李忠勤, 张明军, 等. 1959—2008 年新疆阿尔泰山友谊峰地区冰川变化特征[J]. 干旱区地理, 2012, 35(1): 116-124.
 [10] 仇文勇, 孙淑珍. 沧州东南部典型区近 30 年温度演变特征分析[J]. 中国水利, 2013(z1): 86-88, 54.
 [11] 索慧, 寿绍文, 包福祥, 等. 集宁地区近 40 年气温变化趋势与特征分析[J]. 北方农业学报, 2014(4): 69-72.
 [12] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京: 气象出版社, 1990.
 [13] 朱大运, 熊康宁, 董晓超. 贵州 1960—2016 年气温时空变化特征[J]. 水土保持研究, 2018, 25(4): 168-173, 180.
 [14] 汪卫平, 熊伟, 陈余明. 贵州省日最高气温气候特征分析[J]. 贵州气象, 2013, 37(1): 7-10.

- [11] 阎凯,付登高,何峰,等.滇池流域富磷区不同土壤磷水平下植物叶片的养分化学计量特征[J].植物生态学报,2011,35(4):353-361.
- [12] 付登高,何锋,郭震,等.滇池流域富磷区退化山地马桑—蔗茅植物群落的生态修复效能评价[J].植物生态学报,2013,37(4):326-334.
- [13] 苏洁琼,李新荣,鲍婧婷.施氮对荒漠化草原土壤理化性质及酶活性的影响[J].应用生态学报,2014,25(3):664-670.
- [14] Darch T, Blackwell M S A, Chadwick D, et al. Assessment of bioavailable organic phosphorus in tropical forest soils by organic acid extraction and phosphatase hydrolysis [J]. Geoderma, 2016, 284: 93-102.
- [15] 孙英杰,何成新,徐广平,等.广西十万大山南麓不同植被类型土壤酶活性[J].中国农学通报,2014(31):33-40.
- [16] Kamimura Y, Hayano K. Properties of protease extracted from tea-field soil [J]. Biology and Fertility of Soils, 2000, 30(4): 351-355.
- [17] Wang Q K, Wang S L, Liu Y X. Responses to N and P fertilization in a young *Eucalyptus dunnii* plantation: Microbial properties, enzyme activities and dissolved organic matter [J]. Applied Soil Ecology, 2008, 40(3): 484-490.
- [18] 董明哲,陈香碧,冯书珍,等.红壤丘陵区典型农田土壤秸秆还田后纤维素降解特征及其影响因素[J].生态学杂志,2016,35(7):1834-1841.
- [19] 罗蓉,杨苗,余旋,等.沙棘人工林土壤微生物群落结构及酶活性的季节变化[J].应用生态学报,2018,29(4):1163-1169.
- [20] Olander L P, Vitousek P M. Regulation of soil phosphatase and chitinase activity by N and P availability [J]. Biogeochemistry (Dordrecht), 2000, 49(2): 175-191.
- [21] 潘超美,杨风,蓝佩玲,等.南亚热带赤红壤地区不同人工林下的土壤微生物特性[J].热带亚热带植物学报,1998,6(2):158-165.
- [22] Kourtev P S, Ehrenfeld J G, Huang W Z. Enzyme activities during litter decomposition of two exotic and two native plant species in hardwood forests of New Jersey [J]. Soil Biology & Biochemistry, 2002, 34(9): 1207-1218.
- [23] Fraser T D, Lynch D H, Gaiero J, et al. Quantification of bacterial non-specific acid (phoC) and alkaline (phoD) phosphatase genes in bulk and rhizosphere soil from organically managed soybean fields [J]. Applied Soil Ecology, 2017, 111(Complete): 48-56.
- [24] Phillips R P, Fahey T J. Tree species and mycorrhizal associations influence the magnitude of rhizosphere effects [J]. Ecology, 2006, 87(5): 1302-1313.
- [25] 戴莲,李会娜,蒋智林,等.外来植物紫茎泽兰入侵对根际土壤有益功能细菌群、酶活性和肥力的影响[J].生态环境学报,2012,21(2):237-242.

~~~~~

(上接第170页)

- [15] 白慧,陈贞宏,付云鸿.基于集合EMD方法的贵州省极端气温事件频数的主震荡模态分析[J].云南大学学报:自然科学版,2012,34(S2):364-373.
- [16] Feng Jing, Qin Tianling, Gao Yu, et al. The evolutionary characteristics of the temperature in typical counties in southwest China: Taking Meitan County in Guizhou Province as an example [J]. Agricultural Science & Technology, 2011, 39(7): 13051-13054.
- [17] Tong X, Wang K, Yue Y, et al. Quantifying the effectiveness of ecological restoration projects on long-term vegetation dynamics in the karst regions of Southwest China [J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geo information, 2017, 54: 105-113.
- [18] 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.
- [19] 唐启义. DPS 数据处理系统[M].北京:科学出版社,2013.
- [20] 宋燕,季劲钧.60年代亚非夏季风十年尺度的突变[J].大气科学,2001,25(2):200-208.
- [21] 周秋文,罗雅雪,张思琪,等.喀斯特地区土壤可蚀性因子空间估算研究进展[J].贵州师范大学学报:自然科学版,2017(6):16-21.
- [22] 王铮,周清波.19世纪上半叶的一次气候突变[J].自然科学进展:国家重点实验室通讯,1995(3):323-329.
- [23] 陈志梅,刘兆桐,张晓慧,等.青岛气温和降水的突变特征分析[J].山东气象,2006,26(1):5-8.
- [24] 李珍,姜逢清.1961—2004年新疆气候突变分析[J].冰川冻土,2007,29(3):351-359.
- [25] 施雅风.中国西北气候由暖干向暖湿转型问题评估[M].北京:气象出版社,2003.
- [26] 刘永婷,徐光来,尹周祥,等.全球变化背景下安徽近55 a 气温时空变化特征[J].自然资源学报,2017,32(4):680-691.
- [27] 蒋兴文,李跃清.西南地区冬季气候异常的时空变化特征及其影响因子[J].地理学报,2011,65(11):1325-1335.
- [28] 吴端耀,罗娅,王青,等.2001—2014年贵州省林草植被覆盖度时空变化及其与气温降水变化的关系[J].贵州师范大学学报:自然科学版,2017,35(1):1-7,29.