

# 近60年丽江气候变化特征分析

李冀康<sup>1,2</sup>, 肖国杰<sup>1\*</sup>, 肖天贵<sup>1</sup>

<sup>1</sup>成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都

<sup>2</sup>元阳县气象台, 云南 红河

Email: 347403285@qq.com, \*xiaogj@cuit.edu.cn, 837551476@qq.com

收稿日期: 2021年6月19日; 录用日期: 2021年7月15日; 发布日期: 2021年7月21日

## 摘要

为了研究丽江地区的区域气候变化及其成因, 本文使用数据为区站号56651地面气象台站1960~2019年逐月的月平均降水量、平均气温、平均相对湿度、日照时数四个气象要素的观测资料, 通过线性倾向趋势分析法和Mann-Kendall检验, 对丽江地区60a气候变化趋势和气候突变特征进行了研究。结果表明: 60a丽江气候变化为气温显著上升, 降水量略有减小, 相对湿度显著减小, 年日照时数也呈现显著减少的趋势。整体表现为暖干变化趋势。平均气温上升率为 $2.3^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ , 降水量下降率为 $-2.7\text{ mm}/10\text{a}$ , 平均相对湿度下降率为 $-2.4\%/10\text{a}$ , 年日照时数减少率为 $-30.2\text{ h}/10\text{a}$ 。M-K检验表明在20世纪90年代末期, 年平均气温发生了突变, 2000年后, 丽江地区进入了显著的暖期; 年降水量在1985年出现了一次减少的突变; 相对湿度在21世纪初期出现了突变, 此后显著下降; 年日照时数的突变年是1982年, 此后日照时数下降。

## 关键词

气候变化, 线性倾向, M-K检验, 丽江

# Characteristics of Climate Change in Lijiang in Recent 60 Years

Jikang Li<sup>1,2</sup>, Guojie Xiao<sup>1\*</sup>, Tiangui Xiao<sup>1</sup>

<sup>1</sup>College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan

<sup>2</sup>Yuanyang County Meteorological Bureau, Honghe Yunnan

Email: 347403285@qq.com, \*xiaogj@cuit.edu.cn, 837551476@qq.com

Received: Jun. 19<sup>th</sup>, 2021; accepted: Jul. 15<sup>th</sup>, 2021; published: Jul. 21<sup>st</sup>, 2021

\*通讯作者。

## Abstract

In order to study the regional climate change in Lijiang area and its causes, this paper uses data for the four meteorological elements of the area station No. 56651 surface meteorological station 1960~2019 from mean monthly precipitation, average temperature, average relative humidity, and sunshine hours. Based on the observational data of Lijiang, the 60-year climate change trend and the characteristics of climate abrupt changes in Lijiang area have been studied through linear trend analysis method and Mann-Kendall test. The results show that the climate change in Lijiang in 60 years has resulted in a significant increase in temperature, a slight decrease in precipitation, a significant decrease in relative humidity, and a significant decrease in annual sunshine hours. The overall performance is a warm-dry trend. The average temperature rise rate is  $2.3^{\circ}\text{C}/10$  years, the precipitation decrease rate is  $-2.7$  mm/10 years, the average relative humidity decrease rate is  $-2.4\%/10$  years, and the annual sunshine hours decrease rate is  $-30.2$  h/10 years. The MK test showed that in the late 1990s, there was a sudden change in the average annual temperature. After 2000, the Lijiang area entered a significant warm period. There was annual precipitation weakened abruptly in 1985. The relative humidity had a sudden change in the early 21st century, and thereafter significant decline. The mutation year of the annual sunshine hours was 1982, after which the sunshine hours declined.

## Keywords

Climate Change, Linear Trend, Mann-Kendall Test, Lijiang

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

现如今气候变化产生的问题不仅影响人类的生存环境，在世界经济的发展和进步上也同样产生了深远的影响[1]。近一个世纪以来，在全球气候变暖的大潮中，我国气候变暖的情况也日益明显，气候变化越来越成为中国和世界学者关注和关心的研究论题[2]，上个世纪70年代以来，我国步入高速发展的时代，气候变化对于中国社会的发展显然也是一种挑战[3]。中国幅员辽阔、地势情况复杂，在气候变化的空间尺度方面，由于受到各种地形、自然及人类活动的各种影响，气候的变化有着巨大的不确定性[4]，气候变化在各个区域响应的差异性普遍存在的[5]。目前，中国气象界对于我国的区域气候变化规律的研究越来越普遍，其相关研究也成为了热点，在研究中国大陆的气候变化特征方面，任国玉等学者[4]对近50a来的中国大陆地区的地面气温、降水、日照时间、水面蒸发量、平均风速等气象要素进行了分析，并取得了一定进展。郑建萌等人[6]研究结论可得知自1961年以来的几十年内，云南平均降水量处于一个减少的态势，年平均气温上升明显，春夏秋冬季节的平均也是升高的，冬季气温上升趋势尤为明显，呈现一个暖冬的情况。

丽江地区位于滇西北高原地区，在金沙江中游流域。海拔高度约2400米，水利条件较好，动植物种类繁多，是滇西北主要的农业产区，同时也是全国闻名的生态休闲度假旅游城市、古代南方丝绸之路与茶马古道的重要通道[7][8]。本文对该地区的气候变化特征进行分析，得到丽江地区气候的规律变化以及

特点, 不仅有助于当地农作物的生产, 还能对我国北部温带地区的作物种植提供参考, 更能够为丽江地区合理且更好地利用气候资源, 防止不利天气对旅游、生产和生活的危害, 还能够加深对于该区域, 气候变化及其成因的理解, 为丽江乃至云南的地区气候研究提供帮助。而对于近年来防灾减灾需求的日益扩大, 开展此气候变化特征分析的工作也有重要意义。极端天气对人类社会、经济和自然带来的巨大破坏是显而易见的, 其造成的相关损失也难以估量。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 资料概况

使用资料为丽江站(56651) 1960~2019 年的逐月平均气温、降水量、相对湿度、日照时数来分析丽江近 60a 气候变化特征。气象数据来源于中国气象数据网。

### 2.2. 研究方法

用线性倾向趋势分析来分析各个气象要素的主要线性变化趋势, 趋势的大小以及趋势的显著性特征等[9]。对于气候的突变情况, 选择使用 M-K 检验的方法, 并对于气候序列的突变点使用 T 检验, 这样可以验证突变点真伪[10]。

## 3. 研究结果

### 3.1. 气温的变化特征

1960~2019 年丽江的年平均气温为 12.9℃。如图 1 所示, 从多年变化趋势来看, 年平均气温整体呈波动上升趋势, 其一元线性回归方程的相关系数为  $r = 0.697$ , 通过了  $\alpha = 0.001$  的显著性检验, 表示丽江近 60a 的年平均气温上升趋势极其显著。1960~2019 年平均增温率为 0.23℃/10a, 这一结论与任国玉等人[4]研究的全国 1951~2004 年平均气温上升率 0.25℃/10a 的结果很相似, 表明总体上丽江的气温变化与全国基本保持一致。从图 1 还可以看出, 近 60a 在 2006、2014、2015 和 2019 年的年平均气温最高, 为 14.2℃; 年平均气温的最低值为 11.9℃, 出现在 1992 年。90 年代前气温的变化波动较小, 在 90 年代后气温大幅上升。

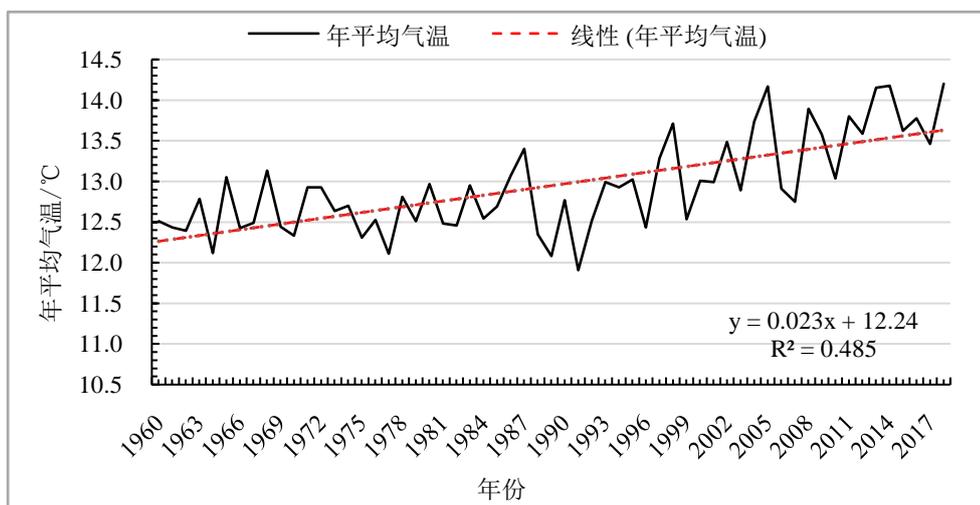
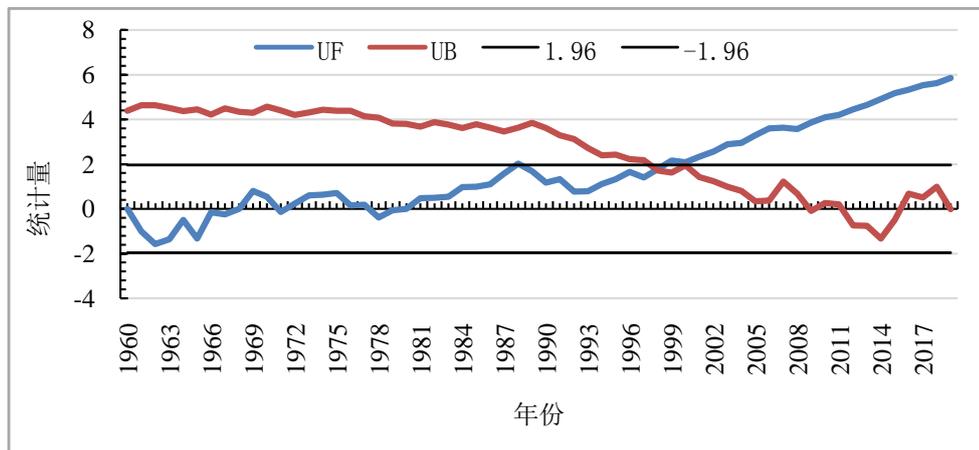


Figure 1. Interannual variation of temperature in Lijiang area from 1960 to 2019

图 1. 1960~2019 年丽江地区气温年际变化

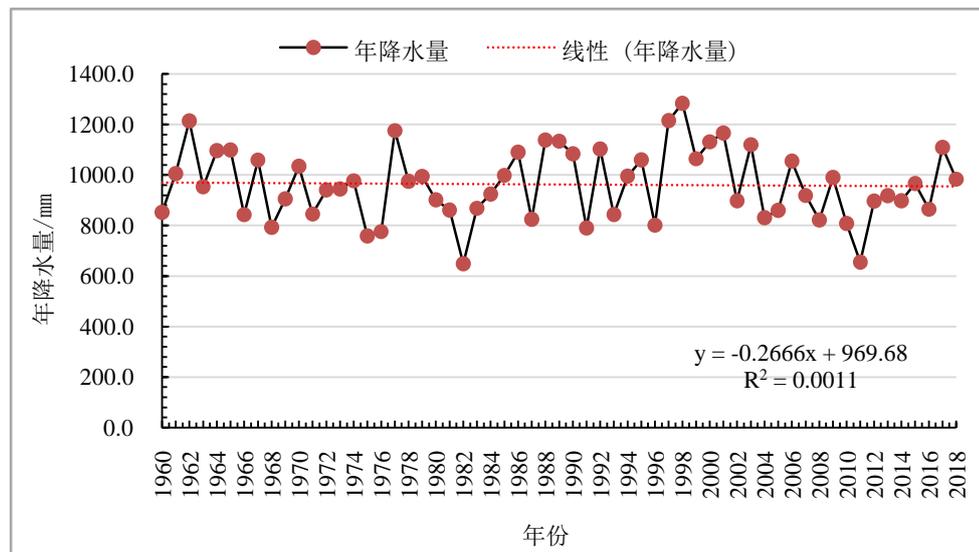


**Figure 2.** The abrupt test of temperature in Lijiang area from 1960 to 2019  
**图 2.** 1960~2019 年丽江地区的气温突变检验

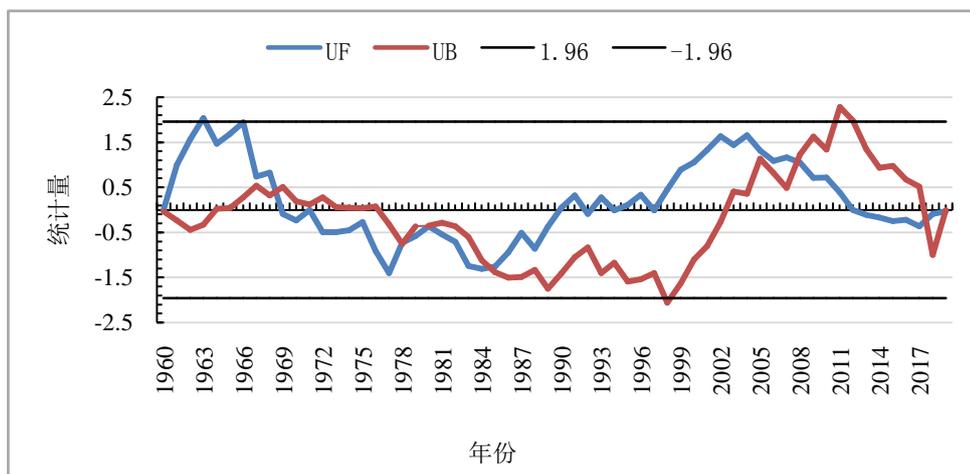
由 UF 曲线(图 2)可见, 自 1969 年以来, 丽江年平均气温有明显的增暖趋势, 1999 年后, 这种增暖的趋势超过了  $\alpha = 0.05$  的检验线, 表明丽江气温上升趋势是十分显著的。UF 和 UB 曲线在临界线内存在一个明显的交点, 说明年平均气温存在显著的突变特征, 根据其交点的位置, 可以确定丽江的年平均气温在 1999 年前后有一次增温突变现象, 突变前的年平均气温为  $12.7^{\circ}\text{C}$ , 突变后的年平均气温为  $13.5^{\circ}\text{C}$ , 增幅为  $0.8^{\circ}\text{C}$ 。

### 3.2. 降水的变化特征

图 3 为 1960~2019 年丽江年降水量的年际变化特征图。从图上可以看出, 近 60a 年降水量平均值为  $959.7\text{ mm}$ 。年降水量的最大值为  $1283.4\text{ mm}$ , 出现在 1999 年, 最小值  $648.1\text{ mm}$ , 出现在 1983 年。其中年降水量以  $-2.7\text{ mm}/10\text{a}$  的倾向率下降, 该下降未通过  $\alpha = 0.05$  的显著性检验, 与任国玉等人[4]研究的全国 1951~2004 年降水量呈现小幅度增加趋势的结论相反, 与近年云南省干旱多发的背景相符合[8]。



**Figure 3.** Variation of annual precipitation in Lijiang area from 1960 to 2019  
**图 3.** 1960~2019 年丽江地区年降水量变化

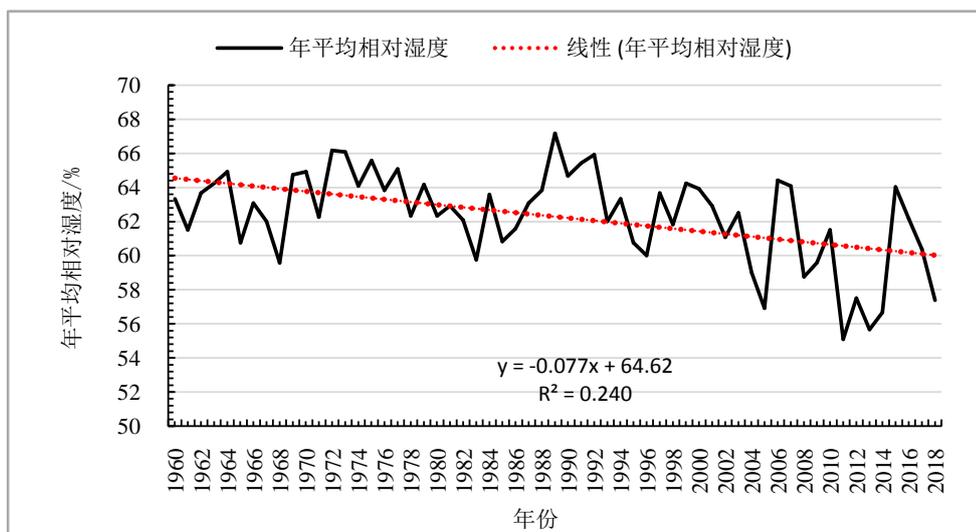


**Figure 4.** The abrupt test of annual precipitation in Lijiang area from 1960 to 2019  
**图 4.** 1960~2019 年丽江地区年降水量突变检验

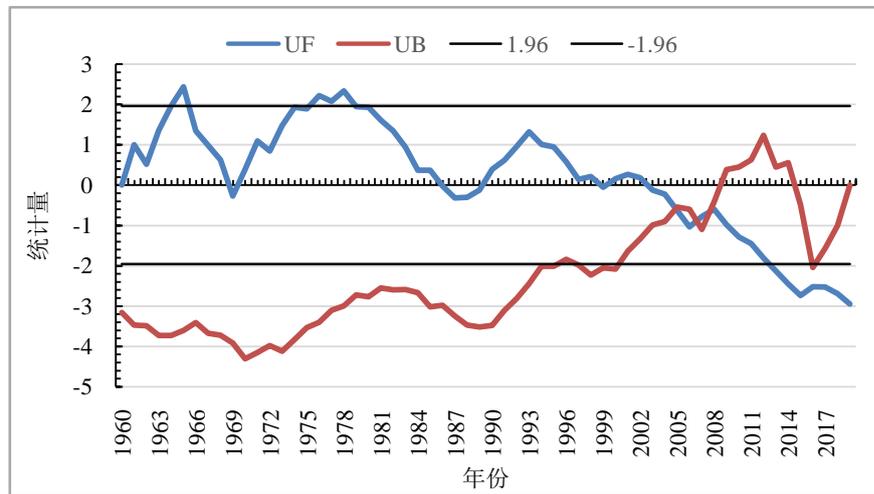
图 4 为丽江地区近 60a 年降水量序列的 M-K 突变检验，由图 4 可以看出，1960~2019 年丽江降水量的正序列曲线 UF 只有 1963 年和 1966 年的区域超过了  $\alpha = 0.05$  的显著性检验信度线。在两条临界线内，UF 和 UB 两条曲线存在着 6 个交点，分别是 1969、1978、1980、1985、2008、2017 年。其中 1985 年的突变点通过了 t 检验，说明在 1985 年前后丽江年降水量发生了明显的突变现象。

### 3.3. 相对湿度的变化特征

由图 5 可以看出，近 60a 年平均相对湿度平均值为 62%，最大值为 67%，出现在 1990 年，最小值为 55%，出现在 2012 年。约在 2000 年后波动呈下降趋势。1960~2019 年丽江年平均相对湿度从多年变化趋势来看整体波动呈下降趋势，其一元线性回归方程的相关系数为  $r = 0.491$ ，查阅相关系数显著性检验表，通过了  $\alpha = 0.01$  的相关系数显著性检验，其下降趋势非常明显，这与丽江地区降水量下降趋势是相适应的，也与近年云南省干旱多发的背景相符合。



**Figure 5.** Change of relative humidity in Lijiang area from 1960 to 2019  
**图 5.** 1960~2019 年丽江地区相对湿度变化

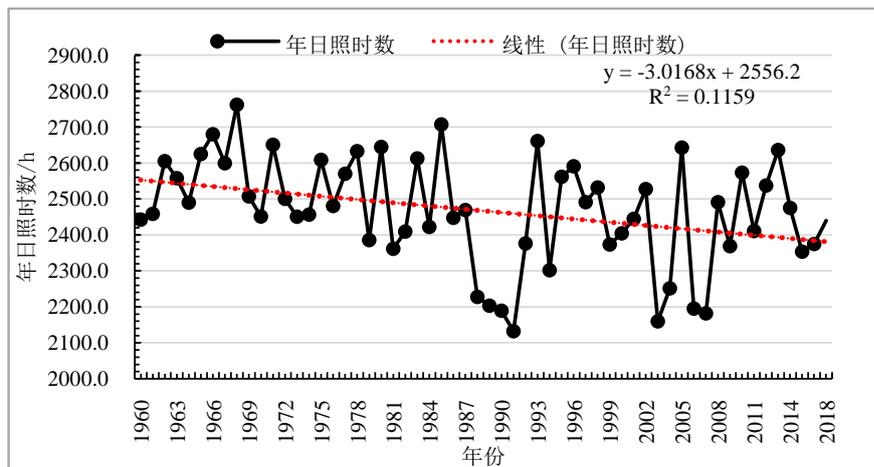


**Figure 6.** The abrupt test of relative humidity in Lijiang area from 1960 to 2019  
**图 6.** 1960~2019 年丽江地区相对湿度突变检验

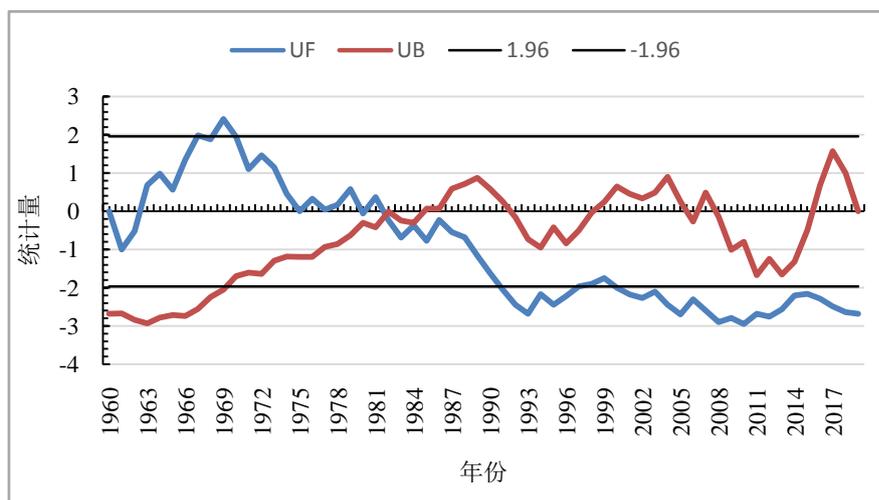
由 UF 曲线(图 6)可见,自 1960 年以来,丽江年平均相对湿度发展趋势为波动状态,呈现增大后又减小的趋势,2012 年后,这种减小的趋势超过了  $\alpha = 0.05$ ,表明丽江相对湿度在 2012 年后存在显著的下降。UF 和 UB 两条曲线在临界线内存在 3 个明显的交点,说明相对湿度存在显著的突变特征。根据其交点的位置,可以确定丽江的平均相对湿度在 21 世纪以来出现了减少的突变现象。到 21 世纪 10 年代以后,UF 曲线超过了  $\alpha = 0.05$  的检验线,说明减少显著。突变前的平均相对湿度为 63%,突变后的年平均气温为 59%,降幅为 4%。

### 3.4. 日照时数变化特征

由图 7 可知 1960~2019 年丽江年日照时数从多年变化趋势来看整体波动呈下降趋势,一元线性回归方程相关系数为  $r = -0.340$ ,查阅相关系数显著性检验表,通过  $\alpha = 0.01$  相关系数显著性检验,表明该下降趋势十分显著。日照时数的最低值出现在 1992 年,为 2132.1 h;最高值出现在 1969 年,为 2762.2 h。大约在 1988 年前日照时数变化比较平稳,在 1988 年后出现较大幅度的下降。



**Figure 7.** Variation of annual sunshine hours in Lijiang area from 1960 to 2019  
**图 7.** 1960~2019 年丽江地区年日照时数变化



**Figure 8.** The abrupt test of annual sunshine duration in Lijiang area from 1960 to 2019  
**图 8.** 1960~2019 年丽江地区年日照时数突变检验

由 UF 曲线(图 8)可见,自 1960 年以来,丽江年年日照时数发展趋势为波动状态,在 1968~1970 有短暂的显著增加状态,此后增加的趋势又减小,1991 年后,这种减小的趋势又超过了  $\alpha = 0.05$ ,表明丽江相对湿度在 1991 年后存在显著的下降。UF 和 UB 两条曲线在临界线内存在明显的交点,说明相对湿度存在显著突变特征。根据其交点的位置,可以确定丽江的平均相对湿度在 20 世纪 80 年代以来的下降趋势是一次突变现象,突变年是 1982 年。突变前的年日照时数平均值为 2535.8 h,突变后的年年日照时数平均值为 2415.9 h,降低了 119.9 h。日照时间减小的原因可能来源于气溶胶的影响,在大气中,气溶胶的含量增加,会使得来自太阳的辐射减弱,使得低层云和雾的出现频率增加,从而引起日照时数的减少[4]。

#### 4. 结论

本文利用丽江站的观测资料,分析了丽江地区 1960~2019 年气候变特征,得到以下主要结论:

- 1) 丽江地区近 60a 的气温变化呈极其显著的上升趋势。1960~2019 年丽江的平均气温上升约  $1.41^{\circ}\text{C}$ ,平均增温率为  $0.23^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。约在 90 年代后增温开始比较明显,2010 年后的增温最为突出。由 M-K 检验可以得知年平均气温在 1999 年出现了一次突变。
- 2) 丽江地区近 60a 的降水处于的下降趋势,但未能通过  $\alpha = 0.05$  显著性水平检验,此下降趋势并不显著,在 1960~2019 年间丽江年降水量下降约 16.2 mm,降水量减少率为  $-2.7\text{ mm}/10\text{a}$ 。由 M-K 检验可以得知年降水量在 1985 年出现了一次减少的突变。
- 3) 丽江地区近 60a 的相对湿度变化呈十分显著的下降趋势。1960~2019 年丽江平均相对湿度下降 14%,下降率为  $-2.4\%/10\text{a}$ 。湿度的变化情况与该地区降水量的变化是大致相对应的,降水量和湿度都是减少趋势。由 M-K 检验可以看出,年平均相对湿度在 21 世纪初期产生了减小的突变。
- 4) 丽江地区近 60a 的年日照时数呈非常显著的下降趋势。1960~2019 年丽江的年日照时数下降约 181.2 h,其减少率为  $-30.2\text{ h}/10\text{a}$ 。由 M-K 检验可以看到,丽江的日照时数在 1982 年发生一次下降突变。

#### 参考文献

- [1] 丁一汇,任国玉,石广玉. 气候变化国家评估报告(I): 中国气候变化的历史和未来趋势[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(z1): 1-5.

- 
- [2] 陈隆勋, 周秀骥, 李维亮, 等. 中国近 80 年来气候变化特征及其形成机制[J]. 气象学报, 2004, 62(5): 634-646.
- [3] 王绍武, 蔡静宁, 朱锦红, 等. 中国气候变化的研究[J]. 气候与环境研究, 2002, 7(2): 137-145.
- [4] 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): 942-956.
- [5] 何云玲, 鲁枝海. 近 60 年昆明市气候变化特征分析[J]. 地理科学, 2012, 32(9): 1119-1124.
- [6] 郑建萌, 任菊章, 张万诚. 云南近百年来气温雨量的变化特征分析[J]. 灾害学, 2010, 25(3): 24-31.
- [7] 程建刚, 王学锋, 范立张, 等. 近 50 年来云南气候带的变化特征[J]. 地理科学进展, 2009, 28(1): 18-24.
- [8] 程建刚, 解明恩. 近 50 年云南区域气候变化特征分析[J]. 地理科学进展, 2008, 27(5): 19-26.
- [9] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京: 气象出版社, 1990: 31-48.
- [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: 69-72.