Climate Change Research Letters 气候变化研究快报, 2020, 9(6), 870-877
Published Online November 2020 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/ccrl
https://doi.org/10.12677/ccrl.2020.96092

1960~2019年昆明≥10℃热量资源的变化分析

于嘉昕[1,2*]，肖国杰[1#]，陈志良[2]

[1]成都信息工程大学大气科学学院，四川 成都
[2]桓台县气象局，山东 桓台
Email: kryugu@163.com, 383023120@qq.com, 302599159@qq.com, #xiaogj@cuit.edu.cn

收稿日期：2020年11月7日；录用日期：2020年11月23日；发布日期：2020年11月30日

摘 要

在全球环境变暖的背景下，为了研究近昆明地区的热量资源的变化情况，本文采用了昆明市气象局近60年的逐日平均气温，通过五日滑动平均法计算得到≥10℃的活动积温、积温初日、积温终日和积温持续日数，并且通过线性回归方程以及M-K突变检验的方法对该地区的热量资源变化进行了分析，结果表明：1) ≥10℃的积温年际变化显著增加，增加变化率为185.5℃/10a；2) ≥10℃的积温初日在1960~2019年整体上在显著地提前；3) 随着年份的增加≥10℃的积温终日在显著地推后；4) ≥10℃的积温持续日数随着年份是在显著地增加的。

关键词

气温，昆明，活动积温，热量资源

Analysis on the Change of Heat Resources in Kunming from 1960 to 2019

Jiaxin Yu[1,2*], Guojie Xiao[1#], Zhiliang Chen[2]

[1]Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan
[2]Huantai County Meteorological Bureau, Huantai Shandong
Email: kryugu@163.com, 383023120@qq.com, 302599159@qq.com, #xiaogj@cuit.edu.cn

Received: Nov. 7th, 2020; accepted: Nov. 23rd, 2020; published: Nov. 30th, 2020

Abstract

Under the background of global warming, in order to study the change of heat resources in Kunm-

*第一作者。
#通讯作者。

文章引用: 于嘉昕, 肖国杰, 陈志良. 1960~2019 年昆明≥10℃热量资源的变化分析[J]. 气候变化研究快报, 2020, 9(6): 870-877. DOI: 10.12677/ccrl.2020.96092

ing area, the daily average temperature of Kunming Meteorological Bureau in recent 60 years is used in this paper. The active accumulated temperature of ≥10˚C is calculated by the five-day moving average method, the initial day, the final day and the continuous days of accumulated temperature are obtained, and the linear regression equation and m-k mutation test are used. The results show that: 1) The interannual variation of accumulated temperature ≥ 10˚C increased significantly, with an increase rate of 185.5˚C/10a; 2) The first day of accumulated temperature ≥10˚C was significantly advanced from 1960 to 2019 as a whole; 3) With the year, the increase of accumulated temperature of ≥10˚C is significantly delayed; 4) The number of continuous days of accumulated temperature of ≥10˚C increases significantly with the year.

Keywords

Air Temperature, Kunming, Active Accumulated Temperature, Heat Resource

Copyright © 2020 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

近年来，以全球变暖为主要特征的气候变化已经成为不争的事实。政府间气候变化委员会第五次综合评估第一组的报告决策者摘要提出，气候变化比原来认识的要更加严重。在全球变暖的背景下，不难发现我国整体的增温趋势与我国所处的北半球情况大致是相似的。但就我国来说，我国的西南地区自 50 年代以来降温的趋势就一直比较显著，主要的增暖出现在东北、华北和西北等西部地区[1]。再说我国的其他具体省份，例如青海省，青海省的热量资源就是呈显著增加的趋势，而且大体的增加趋势是由西南向东北逐渐变化的[2]。

气候变化将会对农业资源产生巨大的影响，而气候变化中的热量资源的时空分布和变化，尤其会对农作物种类、产量以及农作物的种植制度产生深刻的影响。因为只有当植物所处的环境中，气温高于其生长所需的下限气温并且满足一定的积温条件时，植物才能正常生长发育[3]。一个区域的作物品种类型、种植方式以及栽培方式，灾害预防措施等的确定，热量是其必须考虑的因子之一。而作物产量的高低、品质的好坏在很大程度上受到作物在生育期间所处环境中热量条件的限制。因此，为有效地利用热量资源，合理地分配作物种植的方式与方法，分析热量资源的时间、空间分布对作物产量达到理想的预期与结果有着非常重要的作用。

昆明处于我国的西南地区，属于热带季风气候，四季温暖如春，气候特征可归纳为干湿度分明、气候炎热干燥、气温年较差小、气候垂直变化大和热量资源丰富五个方面。本文就昆明地区≥10℃的热量资源进行了数据处理和分析，以方便找到解决云南地区在农业资源利用方面的问题，能够更好更充分地发挥出气候变化积温增长的优势。

2. 资料与方法

2.1. 资料概况

重点是对昆明地区 1960~2019 年间的热量资源变化进行的分析，所以本文采用的数据资料是中国气象数据网提供的昆明站 1960~2019 年逐日平均气温。

2.2. 研究方法

用五日滑动平均法来确定稳定通过某界限气温的起止日期，计算各界限温度对应的积温[4]。制作一元线性回归方程来描述气候要素的变化趋势[5]。而对于气候的突变情况，选择使用了 M-K 检验的方法，此方法也可以用于气温时间序列变化趋势的显著性检验[6]。

3. 研究结果

3.1. ≥10℃积温年际变化特征

通过 1960~2019 年昆明地区≥10℃的积温年际变化图(图 1)可以看出这 60a 间昆明地区≥10℃的积温是在不断地增加的，增加变化率为 185.5℃/10a，其回归方程的相关系数 r = 0.746，对其进行 T 检验(表 1)，其 T 统计量 11.273 大于其 T 临界值 2.002，可见该相关系数通过了显著性检验，相关性显著。从图 1 可见，≥10℃的积温在 2019 年达到最高，最大值为 5645.3℃，在 1971 年达到最低，最小值为 3828.9℃，最大值与最小值相差 1816.4℃。

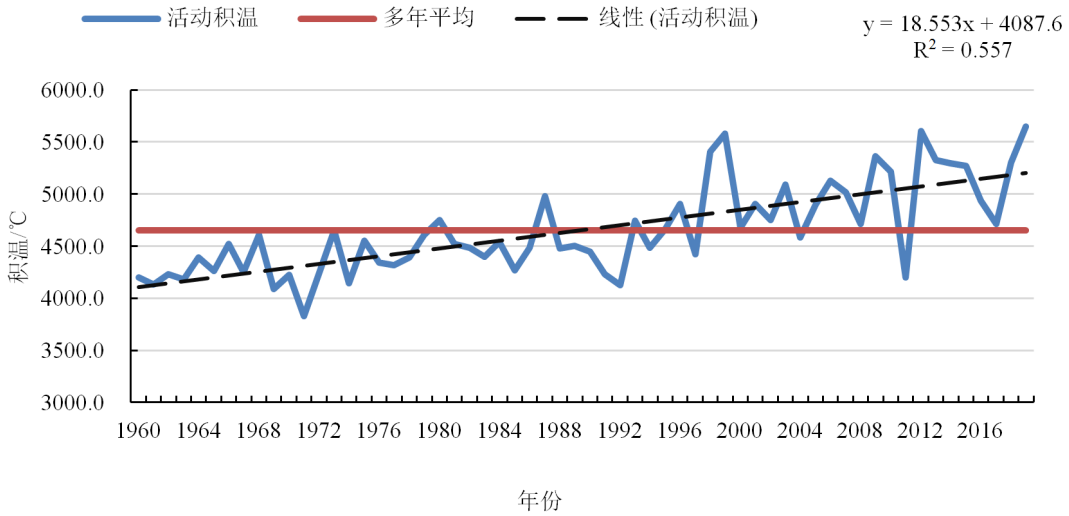

Figure 1. 1960 - 2019 interannual variation trend of accumulated temperature ≥10˚C in Kunming area
图 1. 1960~2019 年昆明地区≥10˚C的积温年际变化趋势

Table 1. Correlation coefficient t test of interannual variation of accumulated temperature in Kunming area ≥10˚C
表 1. 昆明地区≥10˚C的积温年际变化回归方程相关系数 T 检验

项目	数值
相关系数	0.746
T 统计量	11.273
T 临界值	2.002

结合≥10℃的积温 M-K 突变检验结果(图 2)来看，≥10℃的积温在 1966~1979 年间虽有突破 α = 0.05 的临界值，但是在 1980 年最终突破了 α = 0.05 的临界值并保持上升的趋势。虽然在 1992 年前后出又现过一次短暂的下降过程，但之后 UF 的值一直大于 0。在 1994 年正序列曲线与逆序列曲线相交于一点后，其上升趋势变得及其显著，可见≥10℃的积温在 1966~1969 年间多波动起伏变化，但积温整体变化是有所

增加的，在 1980 年后≥10℃的积温显著上升，特别是在 1994 年≥10℃的积温有了一个突变性的增加之后，其积温的上升趋势及其显著。突变前平均积温为 4385.2℃，突变后平均积温为 5004.3℃，突变前后≥10℃的积温增长了 619.1℃。

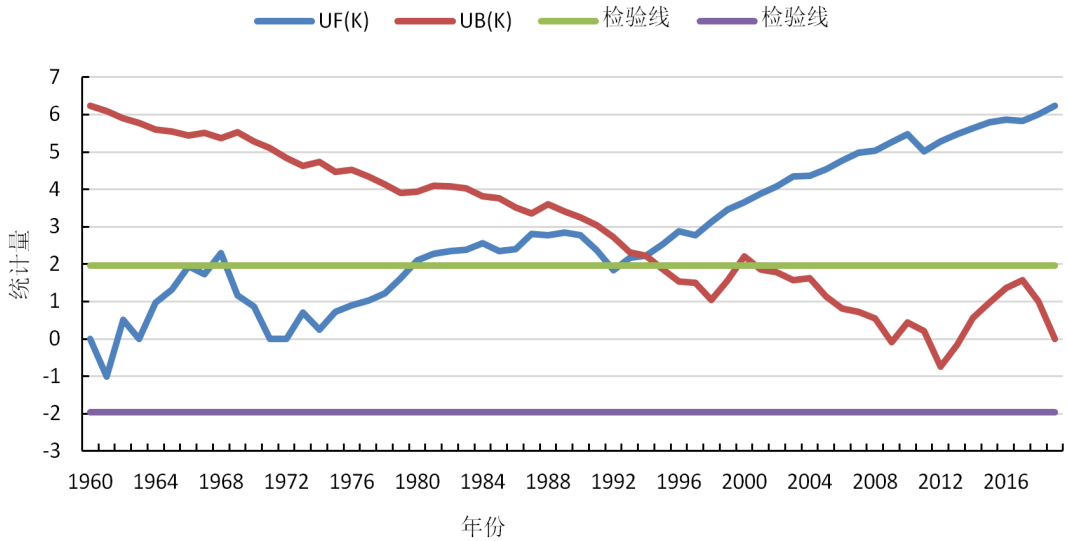

Figure 2. 1960 - 2019 cumulative temperature mutation test at ≥10˚C in Kunming
图 2. 1960~2019 年昆明地区≥10˚C的积温突变检验

3.2. ≥10℃积温的初日变化特征

通过 1960~2019 年昆明地区≥10℃的积温初日变化图(图 3)可以看出这 60a 间昆明地区≥10℃的积温初日有一定的提前迹象，≥10℃的积温初日最早发生在 1999 年的 1 月 17 日，其次便是 2019 年的 1 月 22 日，最晚发生在 1969 年的 4 月 7 日，其回归方程的相关系数 r = 0.440，对其进行 T 检验(表 2)，其 T 统计量 4.478 大于其 T 临界值 2.002，可见该相关系数通过了显著性检验。从回归方程的线性变化来看，≥10℃的积温初日是在以 4.6 d/10a 的速度显著提前的。

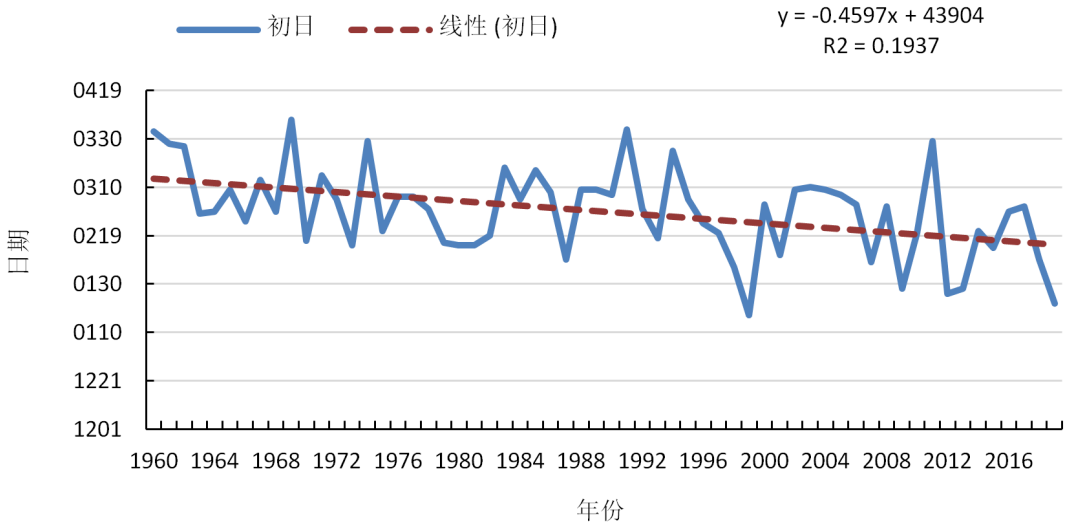

Figure 3. The daily trend of accumulated temperature ≥10˚C in Kunming from 1960 to 2019
图 3. 1960~2019 年昆明地区≥10˚C的积温初日变化趋势

Table 2. Correlation coefficient t test of regression equation for accumulated temperature in Kunming area ≥10˚C
表 2. 昆明地区≥10˚C的积温初日变化回归方程相关系数 T 检验

项目	数值
相关系数	0.440
T 统计量	4.478
T 临界值	2.002

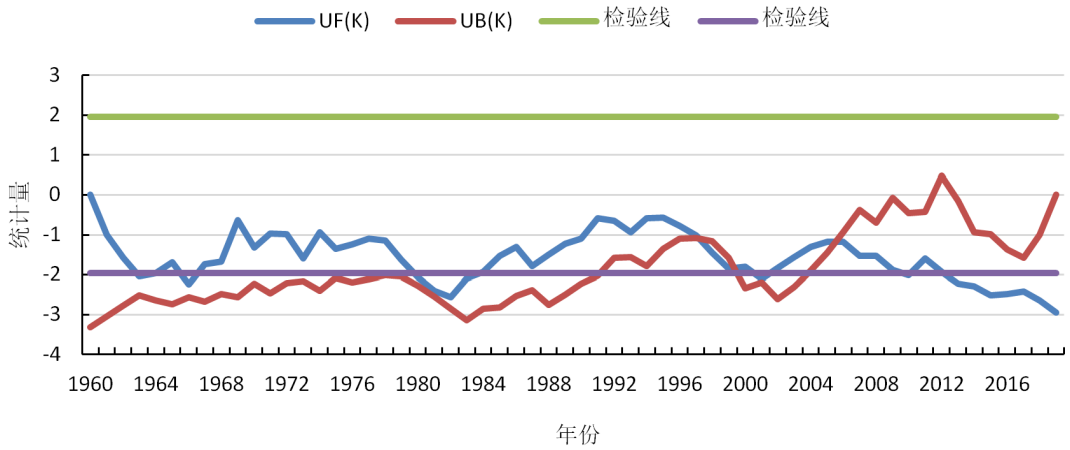

Figure 4. 1960 - 2019 detection of the first day mutation of accumulated temperature ≥10˚C in Kunming area
图 4. 1960~2019 年昆明地区≥10˚C的积温初日突变检验

结合 M-K 突变检验结果(图 4)来看，正序列曲线 UF 与负检验线有多个交点，最后一次发生在 2012 年，UF 彻底突破负临界值，并保持下降趋势，还可以看出有四段时间发生了较大的下降：1960~1966 年、1974~1982 年、1994~2001 年、2005~2019 年，正序列曲线与逆序列曲线也有多个交点的存在，最后一次相交是在 2005 年，可见≥10℃积温初日在 21 世纪初期很不稳定，并且多次发生突变，在 2012 年以后≥10℃积温初日出现了显著的提前趋势。

3.3. ≥10℃积温的终日变化特征

通过 1960~2019 年昆明地区≥10℃的积温终日变化图(图 5)可以看出这 60a 间昆明地区≥10℃的积

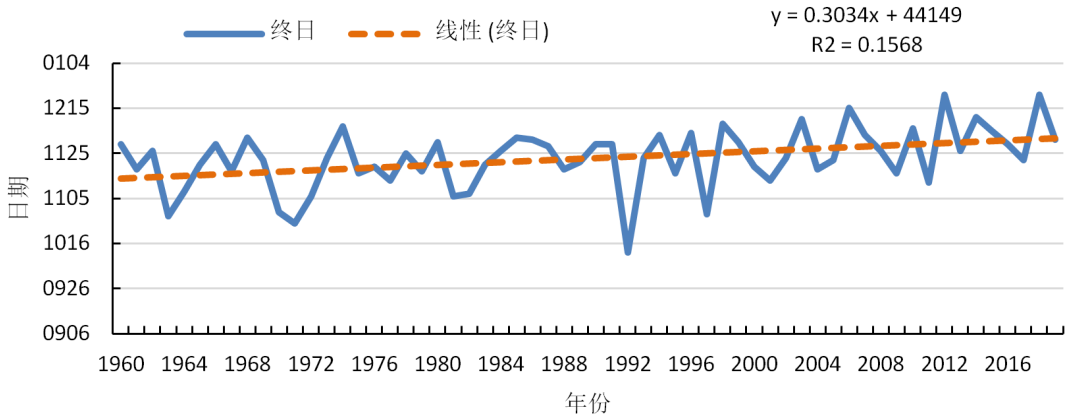

Figure 5. 1960 - 2019 the daily trend of accumulated temperature ≥10˚C in Kunming
图 5. 1960~2019 年昆明地区≥10˚C的积温终日变化趋势

温终日有一定的延后推迟的迹象，≥10℃的积温终日最早发生在 1992 年的 10 月 12 日，最晚发生在 2018 年和 2012 年，都发生在 12 月 21 日，从回归方程的线性变化来看，≥10℃的积温终日结束时间在以 3.0 d/10a 的速度在向后推后的，其回归方程的相关系数 r = 0.396，对其进行 T 检验(表 3)，其 T 统计量 3.881 大于其 T 临界值 2.002，可见该相关系数通过了显著性检验，即昆明地区≥10℃的积温终日显著推后。

Table 3. Correlation Coefficient t test of the regression equation for the daily variation of accumulated temperature ≥10˚C in Kunming from 1993 to 2019
表 3. 昆明地区 1993~2019 年间≥10˚C的积温终日变化回归方程相关系数 T 检验

项目	数值
相关系数	0.396
T 统计量	3.881
T 临界值	2.002

结合 M-K 突变检验结果(图 6)来看，正序列曲线 UF 在 1990~1997 年之间与负序列曲线 UB 存在多个交点，曲线 UF 在 2006 年突破 α = 0.05 的临界值，之后一直持续上升，可见≥10℃积温终日在 1990~1997 年之间很不稳定，变化幅度较大，多次发生突变，最后从 2006 年开始≥10℃的积温终日便出现了显著的推后趋势。

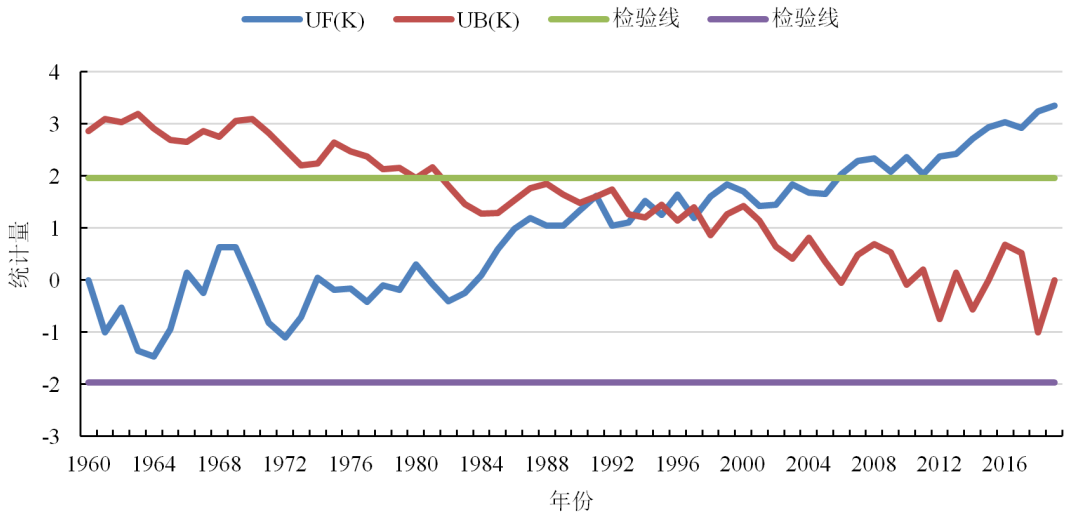

Figure 6. 1960 - 2019 detection of a sudden change in accumulated temperature of ≥10˚C in Kunming
图 6. 1960~2019 年昆明地区≥10˚C的积温终日突变检验

3.4. ≥10℃积温的持续日数变化特征

通过 1960~2019 年昆明地区≥10℃的积温持续日数变化图(图 7)可以看出这 60a 年间昆明地区≥10℃的积温持续日数在不断地增长，增长的波动较大，≥10℃积温持续日数最短为 1971 年的 225 d，最长为 2012 年的 331 d，两者相差 106 d，从回归线性方程来看≥10℃的积温持续日数增长速度为 7.6 d/10a，其回归方程的相关系数 r = 0.558，对其进行 T 检验(表 4)，其 T 统计量 6.392 大于其 T 临界值 2.002，可见该相关系数通过了显著性检验，即≥10℃的积温持续日数显著增长。

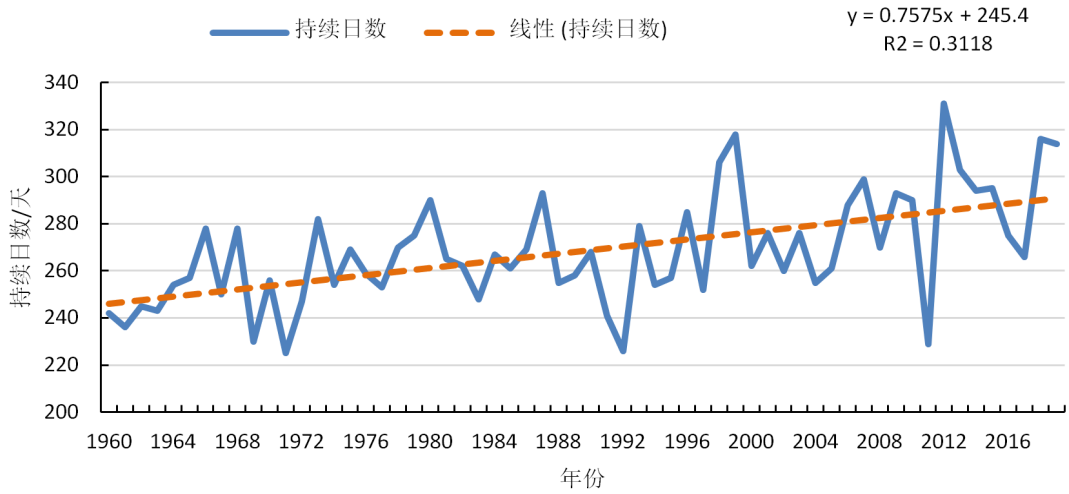

Figure 7. 1960 - 2019 trend of accumulated temperature persistence days ≥10˚C in Kunming area
图 7. 1960~2019 年昆明地区≥10˚C的积温持续日数变化趋势

Table 4. Correlation Coefficient t test of cumulative temperature duration variation regression equation in Kunming area ≥10˚C
表 4. 昆明地区≥10˚C的积温持续日数变化回归方程相关系数 T 检验

项目	数值
相关系数	0.558
T 统计量	6.392
T 临界值	2.002

结合 M-K 突变检验结果(图 8)来看，其正序列曲线 UF 与正检验线有 6 个交点，最早发生再 1980 年，最后一次发生在 1998 年，正序列曲线与逆序列曲线也有多次交点，最后一次发生在 1995 年。可见≥10℃积温持续日数每年变化波动较大，特别是在 1980~1998 年之间。在 1995 年≥10℃积温持续日数有一个突变性的增加，在 1998 年后≥10℃积温持续日数增长趋势显著。

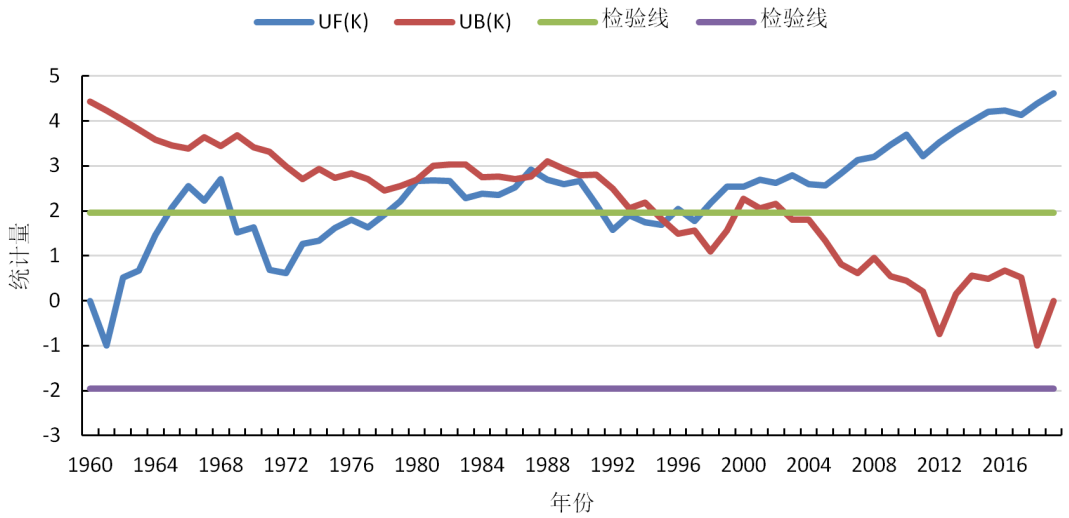

Figure 8. 1960 - 2019 sudden change test of accumulated temperature duration days ≥10˚C in Kunming area
图 8. 1960~2019 年昆明地区 10˚C的积温持续日数突变检验

4. 结论

通过对昆明地区 1960~2019 年的≥10℃积温的年际变化、初日变化、终日变化和持续日数变化特征分析，得到如下结论：≥10℃的积温年际变化均显著增加，增加变化率为 185.5℃/10a；在 1994 年前后发生突变，突变前后≥10℃的积温增长了 619.1℃。≥10℃的积温初日在 1960~2019 年整体上在显著地提前，特别是在 2012 年以后≥10℃积温初日出现了非常明显的提前趋势。≥10℃的积温终日随着年份显著地推后，特别是在 2006 年开始≥10℃的积温终日出现了非常明显的推后趋势。≥10℃的积温持续日数随着年份是在显著地增加的；在 1995 年≥10℃积温持续日数有一个突变性的增加。

参考文献

[1] 丁一汇, 戴晓苏. 中国近百年来的温度变化[J]. 气象, 1994, 20(12): 19-26.

[2] 普宗朝, 张山清. 近 49 年乌鲁木齐地区农业热量资源时空变化[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(2): 243-252.

[3] 王锋, 宗晓鸿, 田世芹. 黄河三角洲地区热量资源变化特征分析[J]. 中国农业资源与区划 2019, 40(9): 101-108.

[4] 王喆, 祁栋林, 严应存, 等. 近 56 年青海省≥0℃热量资源的时空变化特征[J]. 干旱地区农业研究, 2018, 36(6): 216-223.

[5] 张宝林, 高聚林, 王志刚, 等. 内蒙古玉米主产区农业热量资源变化及其对策探讨[J]. 农业资源与环境学报, 2019, 36(6): 757-765.

[6] 张华, 王岚, 刘剑刚, 等. 吉林省热量资源的时空变化特征[J]. 自然灾害学报, 2018, 27(5): 169-178.