

文章编号: 2096-1618(2018)05-0585-07

近56年遂宁市气温变化特征及成因分析

詹万志¹, 陈佳², 宋雯雯¹

(1. 四川省气象服务中心, 四川 成都 610072; 2. 遂宁市气象局, 四川 遂宁 629000)

摘要:利用线性倾向估计法、滑动平均法、小波分析法、突变分析法等对遂宁市1961–2016年气温变化特征进行分析,结果表明:近56年来,遂宁市年平均气温呈上升趋势;春、秋、冬季和年平均一致,而夏季呈下降趋势。遂宁市年平均气温存在准25 a、10~15 a以及4~8 a周期,且主要以13 a周期变化为主。气温突变分析表明年平均气温发生了突变,突变时间为1992年;季节上只有秋季发生了突变。年平均最高气温、春季和秋季平均最高气温都呈上升趋势,夏季和冬季平均最高气温呈下降趋势。年和四季平均最低气温都呈上升趋势,增暖在最低温度上更加明显。日较差为减小趋势,遂宁热日数增加,而冷日数明显减少。气温与各要素相关性分析表明,气温与降水日数呈明显负相关,和降水量相关性不明显。夏季气温与降水日数、降水量呈现明显的负相关,与日照时数呈现明显的正相关。

关键词:气温;变化周期;趋势分析;遂宁

中图分类号:P423.3

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2018.05.017

0 引言

IPCC第五次气候变化评估报告指出,全球地表持续升温,在1880–2012年,全球平均地表温度升高了0.85℃^[1]。在全球气候变化的大背景下,中国各地气温也有显著变化,许多学者对不同地区气温进行了研究^[2–4]。张卉等^[5]研究了山西省近49年来的气温变化,指出山西省年及四季气温均呈上升趋势。唐国利等^[6]分析了南京44年温度变化,指出南京平均温度显著上升,其中冬季增暖幅度最大,但夏季呈变凉趋势。曾波等^[7]研究了中国南方地区冬季气温,得到南方地区冬季整体呈升温趋势,日最低气温上升趋势最大,而上升幅度最大为地形复杂海拔较高的青藏高原、云南和川西地区。梁晓妮等^[8]分析了杭州极端气温,指出杭州市近60a的气温呈一致升高趋势,极端高温阈值和极端低温阈值的升高及极端高温日数的增多;极端冷事件显著减少,暖事件显著增多。对于四川省气温变化,张勇等^[9]分析了乐山市平均气温,得到其年、季平均气温有上升趋势,秋季增暖最明显,冬季次之,春夏季变化最小。毛家勋等^[10]分析了攀枝花市33年气温变化趋势,指出该地区年平均气温呈现弱的下降趋势,与全球升温趋势相悖。遂宁市位于四川盆地中部丘陵低山地区,涪江中游,属典型的四川盆地亚热带湿润季风气候,同时也是成都平原城镇群和成都经济区的重要组成部分。在全球变暖的背景下,随着城市化

建设的加快,了解遂宁市气温如何变化,对进一步研究四川盆地气候变化具有重要意义,也可以为合理利用气候资源以及农业生产提供技术支撑和科学依据。

1 资料与方法

气温资料来源于遂宁市气象局根据逐日气温和降水观测资料统计整理的1961–2016年的年、季平均气温、平均最高气温、平均最低气温、平均日较差以及降水量、降水日数、日照时数等。采用线性倾向估计、滑动平均法、小波分析法、突变分析等方法分析了近56a遂宁市气温变化特征及趋势。

2 结果分析

2.1 气温变化特征分析

1961–2016年遂宁市平均气温为17.3℃,年平均最高气温21.5℃,年平均最低气温14.3℃,极端最高气温40.3℃,极端最低气温–3.8℃。

2.1.1 平均气温的年代际变化

遂宁市年平均气温具有明显的年代际变化。从图1可以看出,20世纪60年代至80年代,年平均气温呈下降趋势,70年代至80年代平均气温下降了0.2℃。90年代开始年平均气温迅速上升,相比80年代上升了0.5℃,21世纪年平均气温相比20世纪90年代又略有下降。由此可见,遂宁市年平均气温年代际变化呈波动状态,20世纪80年代处于低温阶段,90

收稿日期:2018-06-05

基金项目:高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室科技发展基金资助项目(省重点实验室2018–重点–03,省重点实验室2018–青年–10)

年代气温上升趋势显著。

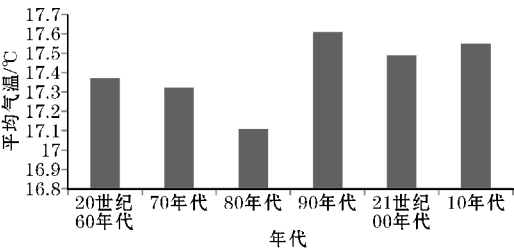


图1 遂宁市不同年代年平均气温变化

2.1.2 平均气温的年际变化

图2为遂宁市年平均温度随时间变化趋势。可以看出,近56 a遂宁市年平均气温呈升高趋势,气温倾向率为 $0.05\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。从5 a滑动平均曲线可以看出,20世纪90年代以前,5 a滑动平均值处于多年平均值以下,90年代以后,高于平均值,21世纪初达到极值,说

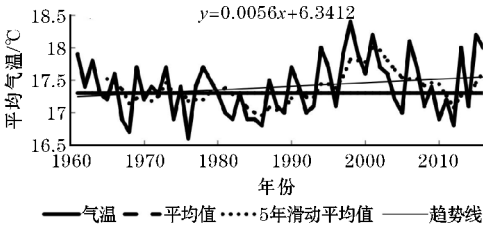
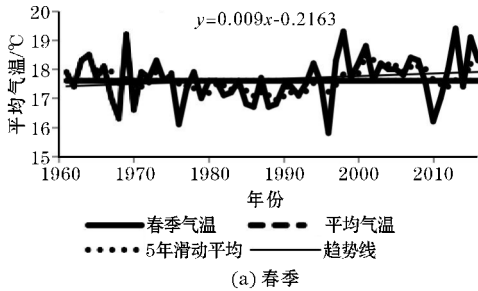
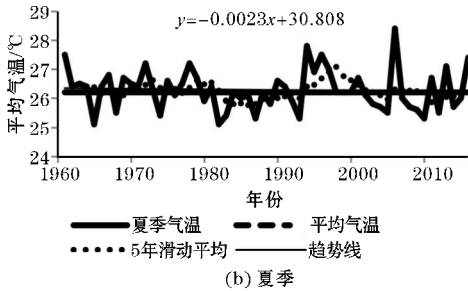


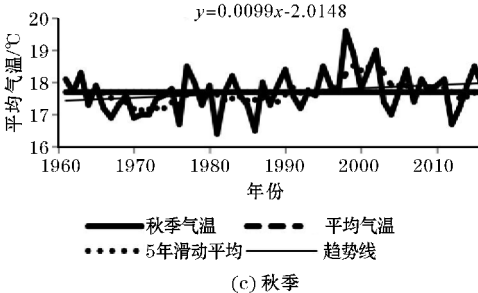
图2 1961–2016年遂宁市年平均气温年际变化曲线



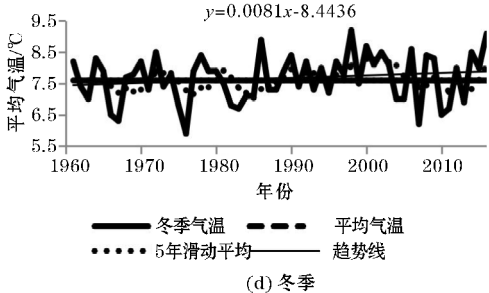
(a) 春季



(b) 夏季



(c) 秋季



(d) 冬季

图3 1961–2016年遂宁市不同季节年平均气温年际变化曲线

2.1.4 年平均气温的周期变化

运用小波变换法对遂宁市年平均气温的周期变化进行分析。图4为1961~2016年遂宁市年平均气温小波变化。等值线为正代表气温偏高,等值线为负代表气温偏低,零表示突变点。从图4(a)中可以看出,遂宁市年平均气温主要存在4~8 a、10~15 a和25 a的周期。在10~15 a时间尺度上,周期震荡显著,年平均气温经历了高一

明遂宁市年平均气温为变暖趋势。定义 $V_t > 0$ (V_t 为5 a滑动平均值与多年平均值之差)为偏暖期, $V_t < 0$ 为偏冷期,20世纪90年代中期以前为偏冷期,之后为偏暖期。最低气温出现在1976年,为 $16.6\text{ }^{\circ}\text{C}$,最高气温出现在1998年,为 $18.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

2.1.3 平均气温的季节变化

遂宁市春季气温总体呈上升趋势,气温倾向率为 $0.09\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ (图3),21世纪以前春季气温处于偏冷期,之后为偏暖期。2013年出现了近56 a最高值,达到 $19.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。夏季气温总体呈下降趋势,气温倾向率为 $0.02\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,20世纪80年代以前气温偏暖,80年代至90年代气温偏冷,90年代中期以后,气温急剧变暖,波动明显。夏季气温最高的是2006年,达到 $28.4\text{ }^{\circ}\text{C}$,最低的是1987年和2010年,都为 $25.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。秋季气温呈上升趋势,气温倾向率为 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,90年代以前为偏冷期,90年代中期以后为偏暖期。其中1998年为近56 a秋季气温最高的年份,达到 $19.6\text{ }^{\circ}\text{C}$,1981年为秋季气温最低的年份,气温值为 $16.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。冬季气温也呈上升趋势,气温倾向率为 $0.08\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。5 a滑动平均显示80年代后期以前为偏冷期,以后为偏暖期,近56 a冬季气温最低的是1976年,为 $5.9\text{ }^{\circ}\text{C}$,最高的是1998年,为 $9.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

低—高一低13个循环交替。2016年后小波系数等直线未闭合,说明未来几年内平均气温将继续处于偏高的时期。对于4~8 a的时间尺度来说,有更多的气温偏高期和偏低期循环交替,气温突变点增多。由遂宁市年平均气温的小波方差可以看出(图4b),小波方差存在3个峰值,分别对应着6 a、13 a、25 a的周期,其中以准13 a周期最为突出,说明年平均气温在13 a左右的周期震荡最强。

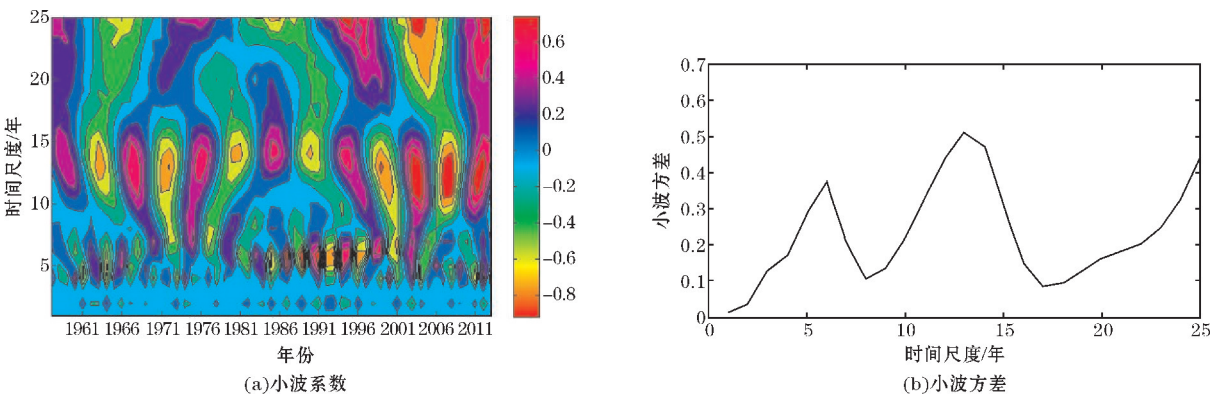


图4 1961–2016年遂宁市年平均气温小波变化

2.1.5 年平均气温的突变分析

利用MK检验法对年平均气温进行检验。图5为近56 a遂宁市年平均气温突变分析。从图中可以看出,20世纪60年代气温下降,70年代气温略有回升,80年代初期气温又下降,20世纪90年代初期开始,年平均气温上升趋势显著。在 $P<0.05$ 显著水平上,UF和UB两条曲线的交点在1991–1993年前后。因此近56 a遂宁市气温冷暖交替具有突变特征,突变点为1992年。

2.1.6 各季气温的突变分析

由各季气温突变分析表明(图6),遂宁市春季气温20世纪90年代以前呈下降趋势,从90年代中期开始呈上升趋势,但没有明显的突变点。夏季气温呈下

降趋势,也没有明显的突变点。秋季气温70年代以前呈下降趋势,70年代开始上升趋势十分明显,90年代后期超过了临界值。根据UF和UB两条曲线交点,可以看出秋季气温的突变时间从1985年开始。冬季气温从80年代后期开始呈上升趋势,但突变不明显。

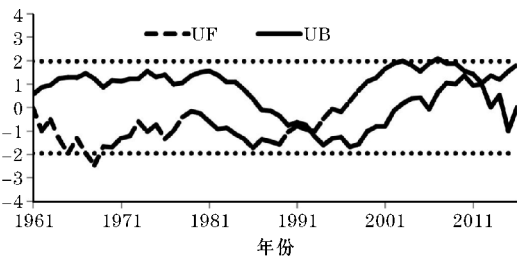


图5 1961–2016年遂宁市年平均气温突变分析

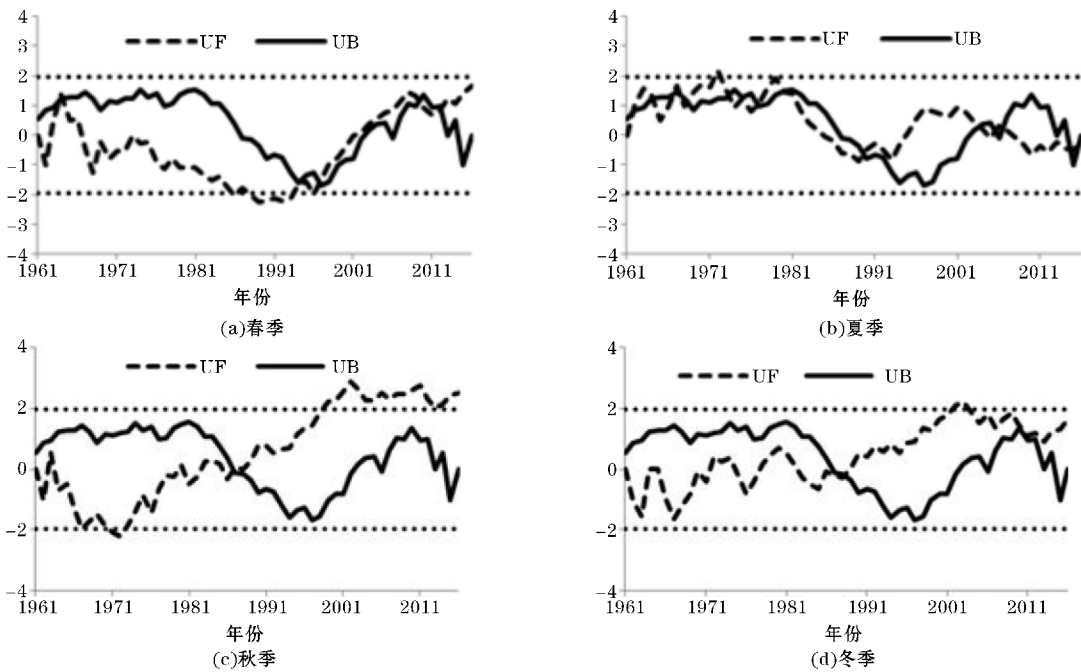


图6 1961–2016年遂宁市各季气温突变分析

2.2 最高气温变化趋势

最高气温反映了某地的炎热状况。图7是遂宁市最高气温距平随时间变化曲线。由图中可以看出,平均最高

气温整体呈上升趋势,气温倾向率达到 $0.02\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。春季和秋季最高气温变化趋势与年平均一致,气温倾向率在 $0.09\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 左右,大于平均最高气温。夏季和冬季呈下降趋势,气温倾向率分别达到 $-0.03\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 和 $-0.04\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。

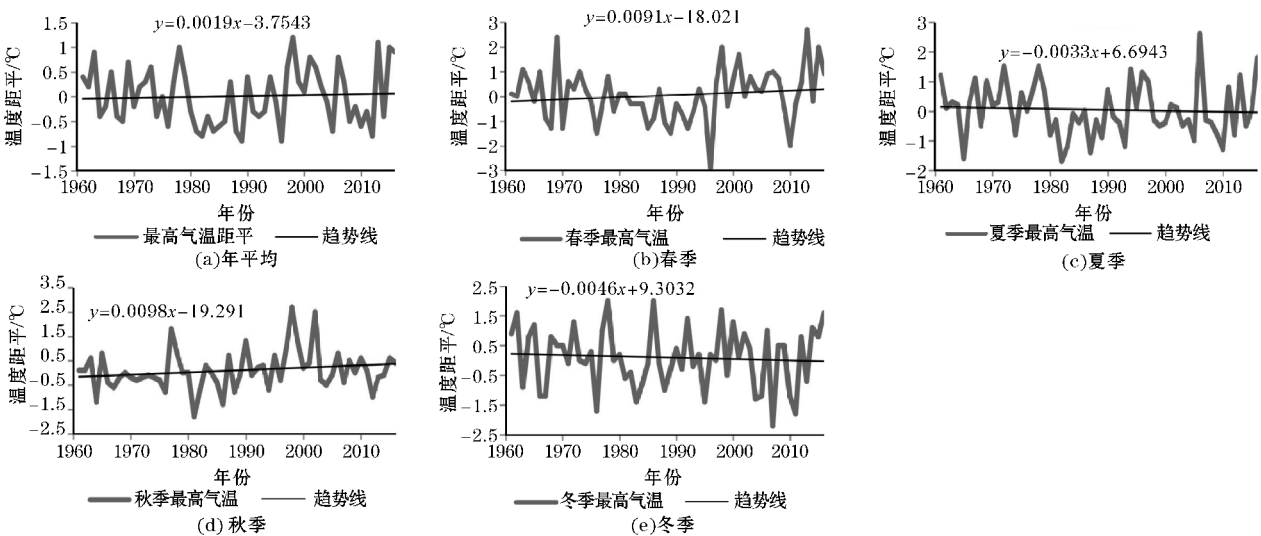


图7 1961–2016年遂宁市最高温度距平随时间演变曲线

表1给出了遂宁夏季温度每10年平均值。从表中可以看出,20世纪60年代和70年代夏季平均最高气温为31.3℃,80年代、90年代、00年代分别为30.34℃、30.98℃、30.73℃,相比60、70年代下降了0.3℃~1℃。近55 a遂宁市平均温度为上升趋势,而夏季温度为下降趋势,说明在气候变暖的同时,遂宁的夏季比以前变凉。

表1 遂宁夏季温度每10年平均值/℃

年 温度	1961–1970	1971–1980	1981–1990	1991–2000	2001–2010
最高温度	31.13	31.3	30.34	30.98	30.73
最低温度	22.62	22.58	22.52	23.13	22.69
平均温度	26.38	26.43	25.91	26.54	26.08

2.3 最低气温变化趋势

图8为遂宁平均最低气温距平随时间演变图。可以看出,遂宁年平均最低气温呈明显上升趋势,气温倾向率为0.1℃/10 a。春、夏、秋、冬四季和平均温度一致,都在上升,增暖幅度最大的是冬季,幅度达到0.2℃/10 a,其次是春季和秋季,增暖幅度在0.1℃/10 a左右,最小的是夏季,为0.05℃/10 a。对比最高气温变化趋势可以看出,最低温度上升趋势大于最高温度,说明增暖在最低温度上更加明显。

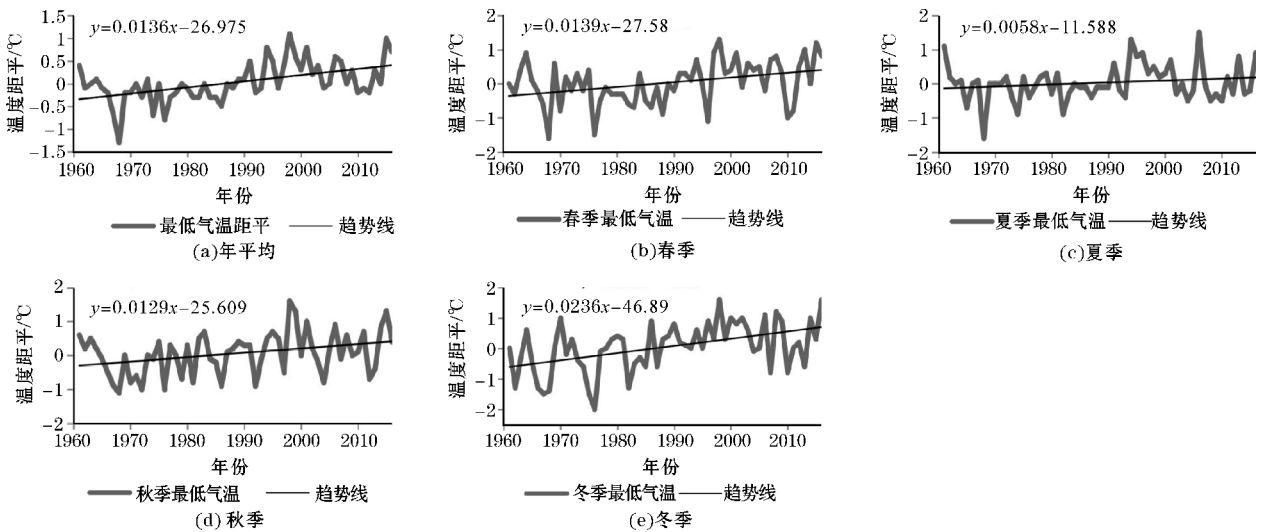


图8 1961–2016年遂宁市最低温度距平随时间演变曲线

2.4 平均日较差变化趋势

遂宁市年平均日较差和四季日较差均为减小趋势(图 9)。其中年平均日较差减小率为 $-0.1\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,对比最低气温变化可知,其减小幅度与最低气温升高幅度一致,说明最低气温变化对气温日较差变化有较大贡献。遂宁春、夏、秋、冬四季日较差减小率分别为

$-0.06\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$, $-0.09\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$, $-0.03\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$, $-0.2\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,冬季减小最多,夏季次之,秋季最少。上述分析表明,随着气候增暖,遂宁的温度趋向于温和,特别是在温度条件比较极端的冬、夏二季,这种特点更为明显。对比最高温度和最低温度变化可发现,日较差变小是因为最低温度上升幅度大于最高温度的幅度,但夏季则是由于最高温度的显著下降。

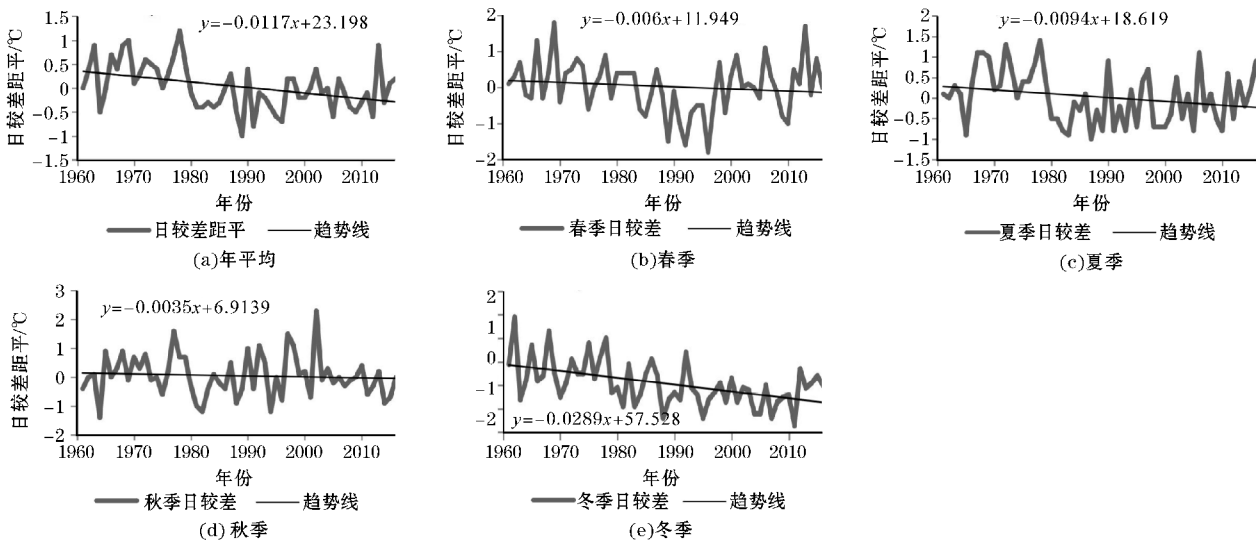


图 9 1961–2016 年遂宁市平均日较差距平随时间演变曲线

2.5 热日数和冷日数变化趋势

热日数和冷日数分别反映出炎热天气和寒冷天气的变化特点。按照最高温度 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为热日和最低温度 $\leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为冷日的标准,统计了热日数和冷日数并分析了其变化特征。由图 10 可知,遂宁热日数呈增加的

趋势,其增加率为 $0.5\text{ d}/10\text{ a}$,而冷日数呈明显减少趋势,其减小率为 $1\text{ d}/10\text{ a}$ 。冷日数显著减少与最低温度上升一致。热日数增加趋势与年平均最高气温趋势一致,但与夏季平均最高气温下降趋势相反,说明气温总体趋于温和,但极端天气出现次数增多。

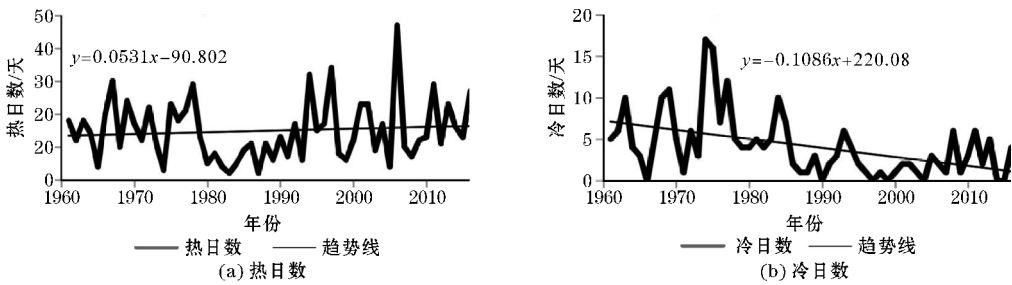


图 10 1961–2016 年遂宁市热日数和冷日数随时间演变曲线

3 气温与降水和日照的关系

降水和日照是影响气温变化的重要因素。从气温、降水、日照的相关系数可知(表 2),气温与降水日数呈明显负相关,且通过了显著性检验,说明降水日数增多使气温下降明显。其中最高气温、平均气温与降水日数关系最密切,最低温度相关程度略低。降水量和气温相关性不明显。日照时数与最高气温呈明显正相关,且通过了显著性检验,日照时数越长,最高气温

越高,但其与最低气温、平均气温相关性也不明显。

表 2 遂宁市年平均气温、降水、日照的相关系数			
温度	降水日数	降水量	日照时数
最高气温	-0.58 *	-0.14	0.45 **
最低气温	-0.46 *	-0.09	-0.18
平均气温	-0.58 *	-0.2	0.25

注: * 表示相关系数通过 0.05 水平检验, ** 表示相关系数通过 0.01 水平检测

由气温分布可知,气温总体呈上升趋势,但夏季气

温呈下降趋势,因此着重分析夏季气温变化的原因。由夏季气温、降水、日照的相关系数可知(表3),夏季气温与降水日数、降水量呈现明显的负相关,且基本都

表3 遂宁市夏季平均气温、降水、日照的相关系数

温度	降水日数	降水量	日照时数
最高气温	-0.66 **	-0.6 **	0.7 **
最低气温	-0.44 **	-0.3 *	0.28 *
平均气温	-0.64 **	-0.57 **	0.63 **

注: * 表示相关系数通过0.05水平检验, ** 表示相关系数通过0.01水平检验

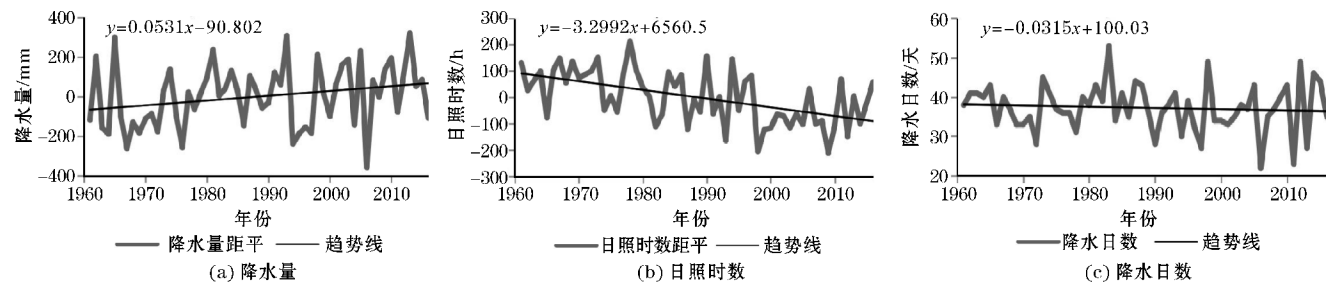


图11 1961-2016年遂宁市夏季降水量等随时间变化曲线

4 结论

利用遂宁站气温观测资料分析了遂宁市近56 a气温变化特征,得到以下结论:

(1)近56年来,遂宁市年平均气温呈上升趋势。温度年代际变化明显,20世纪80年代最冷,90年代最暖。气温季节变化显示春、秋、冬季和年平均变化趋势一致,呈上升趋势,而夏季呈下降趋势。

(2)遂宁市年平均气温存在准25 a、10~15 a以及4~8 a周期,且主要以13 a周期变化为主。气温突变分析表明年平均气温发生了突变,突变时间为1992年。季节上除了秋季发生了突变,时间为1985年,其余季节都没有明显的气候突变。

(3)年平均最高气温、春季和秋季平均最高气温都呈上升趋势,夏季和冬季平均最高气温呈下降趋势。年和四季平均最低气温都呈上升趋势,增暖在最低温度上更加明显。年平均日较差和四季日较差均为减小趋势。遂宁热日数呈增加的趋势,而冷日数呈明显减少趋势。

(4)气温与各要素相关性分析表明,气温与降水日数呈明显负相关,和降水量相关性不明显。夏季气温与降水日数、降水量呈现明显的负相关,与日照时数呈现明显的正相关。近56 a遂宁夏季降水量呈增加趋势,而日照时数和降水日数呈现下降趋势。

通过了0.01的显著性检验。与日照时数呈现明显的正相关,其相关系数也通过了显著性检验,并且最高气温与日照时数关系最密切。因此夏季降水日数越多,降水量越大,日照时数越短,气温越低,反之则越高。

图11给出了遂宁夏季降水日数、降水量、日照时数变化曲线,可以看出,近56 a遂宁夏季降水量呈增加趋势,增加幅度为24.3 mm/10 a,而日照时数和降水日数呈现下降趋势,其减小趋势分别为32.9 h/10 a和0.3 d/10 a。由于日照时数与最高气温关系最密切,日照时数的减小直接影响夏季气温下降。

参考文献:

[1] 沈勇平,王国亚. IPCC 第一工作组第五次评估报告对全球气候变化认知的最新科学要点[J]. 冰川冻土,2013,35(5):1068-1076.

[2] 范兰,吕昌河,杨彪. 近15a中国气温变化趋势分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2014,8(5):34-38.

[3] 郭渠,孙卫国,程炳岩,等. 重庆市气温变化趋势及其可能原因分析[J]. 气候与环境研究,2009,14(6):646-656.

[4] 徐宗学,孟翠玲,赵芳芳. 山东省近40a来的气温和降水变化趋势分析[J]. 气象科学,2007,27(4):387-393.

[5] 张卉,郭慕萍,赵双巧,等. 1960-2008年山西省气温变化特征[J]. 气象与环境学报,2012,28(2):16-21.

[6] 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.

[7] 曾波,闫彩霞,余莲. 我国南方地区1960-2009年冬季气温分析[J]. 高原山地气象研究,2016,36(2):46-51.

[8] 梁晓妮,雷俊,骆月珍,等. 1955-2014年杭州极端气温和降水指数变化特征[J]. 气象与环境科学,2016,39(3):68-74.

- [9] 张勇,段修荣.乐山市近50年气温和降水变化趋势分析[J].高原山地气象研究,2008,28(3):68-71.
- [10] 毛家勋,姜波,尹雪梅.攀枝花市区33年气温变化趋势研究[J].高原山地气象研究,2011,31(1):61-65.

Analysis on the Characteristics and Causes of Temperature Change in Suining City in Recent 56 Years

ZHAN Wan-zhi¹, CHEN Jia², SONG Wen-wen¹

(1. Sichuan Meteorological Service Centre, Chengdu 610072, China; 2. Suining Meteorological Bureau, Suining 629000, China)

Abstract: The variation characteristics of atmospheric temperature during 1961–2006 in Suining city was analyzed by using linear trend estimation method, moving average method, wavelets analysis and abrupt analysis. The results showed that in the past 56 years, the average temperature of Suining city was on the uptrend, and the average temperature in spring, autumn and winter was on the uptrend but downtrend in summer. There is a 25-years quasi-cycle, a 10–15 years cycle and a 4–8 years cycle for the annual mean air temperature. The abrupt analysis of temperature showed the yearly average temperature mutated in 1992, and in season only for the autumn. Yearly average maximum temperature and average maximum temperature of spring and autumn was on the uptrend, and average maximum temperature of summer and winter was on the downtrend. The yearly and seasons average minimum temperature was on the uptrend, and the warming was significant on the minimum temperature. The diurnal temperature range was on downtrend. The number of hot days in Suining city was on uptrend, and the number of cold days was significant on downtrend. The correlation analysis between temperature and other factors showed significant negative correlation between temperature and number of precipitation days, and temperature had no significant correlation with precipitation. The temperature in summer had significant negative correlation with number of precipitation days and precipitation, and significant positive correlation with sunshine duration.

Keywords: temperature; change cycle; trend analysis; Suining