

高红燕,梁佳,张曦,等. 西安四季变化的差异性及阶段性特征[J]. 陕西气象,2021(1):33-39.

文章编号:1006-4354(2021)01-0033-07

西安四季变化的差异性及阶段性特征

高红燕^{1,2},梁佳¹,张曦¹,王丹¹,郭杨¹

(1. 陕西省气象服务中心,西安 710014;

2. 陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室,西安 710016)

摘要:基于1951—2018年的西安国家基本气象站逐日平均气温资料,采用气候学的四季划分标准及数理统计方法,分析了西安市四季初日的迟早、持续日数的长短及初日和持续日数的阶段性变化特征。结果表明:西安四季平均初日分别为春季3月21日、夏季5月23日、秋季9月8日、冬季11月6日,春、夏季初日提前趋势比秋、冬季的推后趋势明显;四季持续日数分别为64 d、105 d、59 d、137 d,典型的冬、夏季长,春、秋季短,冬、夏季持续日数分别是秋季的2.3倍、1.8倍。西安四季的初日和持续日数具有明显的阶段性,四季初日和持续日数年际变化除冬季初日分3个阶段外,其余均为2个阶段;春、夏季初日第二阶段较第一阶段分别早12 d、14 d,秋季初日则晚5 d,而冬季第三阶段比第一、第二阶段晚6 d和4 d;春、冬季持续日数第二阶段较第一阶段分别短6 d、17 d,夏、秋季长16 d、3 d;进入第二阶段,春、秋季持续日数相当,冬季从第一阶段比夏季长43 d变为10 d,夏、冬季持续日数趋于接近。

关键词:四季变化;四季初日;持续日数;阶段性

中图分类号:P467

文献标识码:A

在全球增暖背景下,城市的急速扩展产生的热岛效应导致城市气温发生了显著变化^[1-2],同时也对四季开始的迟早、持续日数的变化产生了影响^[3-5],势必对能源、农业、环境、生活等具有影响。因此对城市季节的初日和持续日数的变化研究具有重要的应用价值。

关于四季的划分方法有多种^[6-8],有以地球绕太阳轨道运行位置的天文学标准来划分四季,以春分、夏至、秋分、冬至为四季的起始日,有以农历和结合农业生产的24节气中的立春、立夏、立秋、立冬为四季的初日划分四季,现在最常用的四季划分法是以公历法划分四季,不同地区季节初日、持续日数一致,按照此方法划分的季节无法反映季节变化的区域差异,对四季长短分布不均的地域并不适合。张宝堃^[9]在1934年提出符合自然

景象的物候法划分中国气候四季标准,至今仍是四季气候研究的重要参考依据;刘抗^[10]等在此基础上融入了海拔高度,避免了单一判断标准所产生的个别站点季节缺失情况;2012年中国气象局制定《气候季节划分法》(QX/T 152—2012)的行业标准^[11],此方法考虑了出现少于四个季节的地区特征(如常夏、常冬、无夏、无冬、常春等),同时综合了物候法划分的优点,用连续5 d滑动平均气温判断四季初日,如果四季初日与平均初日比较提前(推后)15 d以上,需作二次判断,此方法减少了物候法偏早或偏晚现象的次数。而中国地域广阔,无论用那种方法划分四季,气候季节性特征区域差异大,季节长短也不尽相同。研究发现,近半个世纪以来,中国的不同区域四个季节的特征也出现一定的异常,中国北方、湖北、浙江、北

收稿日期:2020-07-07

作者简介:高红燕(1966—)女,陕西延川人,学士,高级工程师,从事应用气象研究和业务工作。

基金项目:陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室(2020G-10);陕西省自然科学基金项目(2019JM-342)

京^[12-15]等多地的四季初日和持续日数发生了变化,春、夏季初日提前,秋、冬季初日推迟,冬、春季持续日数缩短,夏、秋季持续日数增长的特征。西安作为西北地区最大的城市,四季也同样呈现显著的变化。对西安的气温变化及城市热岛效应已有了大量的研究^[16-19],但对西安利用气候法划分四季还未进行系统的研究,基于此,本文针对气候法划分西安四季的初日、持续日数的变化展开研究,可充实西安城市气候变化的研究,为工农业生产和气象服务提供参考依据。

1 资料的选取和方法

1.1 四季划分标准

采用《气候季节划分法》(QX/T 152—2012)^[1]的标准计算西安四季的初始日和持续日数,四季逐日平均气温符合滑动平均连续 5 d 阈值的第一个值则为初日的第一天,四季阈值分别为 10 °C、22 °C,气温区间分别为春、秋季 10~22 °C,夏季 ≥22 °C,冬季气温 ≤10 °C。如果根据上述判定的初日比平均初日早 15 d 以上,需作二次判断,则需计算至再一次出现连续 5 d 滑动平均气温达到阈值,两次过程之间,满足季节阈值范围的日数 ≥ 不满足的阈值范围内的日数,则以初次判断的初日为准,否则以第二次判断的初日为准。平均初日为所有年份的初日平均;季节初日至下一个季节初日的前一天为季节持续日数。初日和持续日数的等级划分标准为:每年初日与平均初日差异在 ±15 d 以上是特早或特晚,±(5~15)d(包括等于 15 d)之间属于偏早或偏晚,±5 d(包括等于 ±5 d)内属于正常;持续日数与平均持续日数的差异在 ±15 d 以上属于特长或特晚,±(5~15)d之间属于偏长或偏短,±5 d 内属于正常。

1.2 资料的选取和研究方法

西安国家基本气象站受城市发展的影响迁移至泾河,泾河站 2005 年开始观测,2014 年 1 月 1 日起由泾河站代表西安国家基本气象站。

为了分析迁站对四季初日和持续日数的影响,应用 2005—2013 年西安站与泾河站 9 年的同期气温资料对比了两站四季初日和持续日数的差异。结果表明两站初日出现在同一天占 72%,初

日不同日出现春季有 4 a、夏季 3 a、秋季 1 a、冬季 2 a,春、夏季明显多于秋、冬季。春、夏季初日不同日的 7 a 中,西安比泾河早 1 d 的有 6 a,晚 1 d 的有 1 a;而秋、冬季西安比泾河均晚 1 a。两站四季持续日数相同的年份占 53%,西安与泾河站持续日数比较:西安夏季 4 a 均比泾河长 1 d,冬季 5 a 均短 1 d,春季(5 a)、秋季(3 a)各有不同,差异均为 1 d,主要原因是受季节的初日和结束日的迟早的影响。虽然两站的初日和持续日数有不同步,差异均为 1 d,对初日和持续日数的研究影响不明显,可以忽略不计。因此,逐日平均气温 1951—2013 年选取西安站,2014—2018 选取泾河站,通过距平、累积距平法,分析西安市近 68 a 来四季初日和持续日数的变化趋势,诊断发生突变的时间点,确定西安四季初日和持续日数的阶段性。四季初日(持续日数)距平是每年的初日(持续日数)与平均初日(平均持续日数)的差值,初日(持续日数)距平负值为提前(缩短),正值为推后(增长)。累积距平计算公式如下:

$$\hat{x} = \sum_{i=1}^t (x_i - \bar{x}), t = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

式中, \hat{x} 为累积距平, \bar{x} 为平均值, n 为总年数。

2 结果分析

2.1 四季初日特征及变化趋势的阶段性

2.1.1 四季初日特征 四季初日是通过日平均气温连续 5 d 滑动平均达到阈值来确定,受日平均气温波动的影响而动态变化。表 1 给出了西安四季初日及等级的变化,西安四季平均初日分别为:春季 3 月 21 日、夏季 5 月 23 日、秋季 9 月 8 日、冬季 11 月 6 日,最早/最晚初日分别出现在 3 月 4 日/4 月 14 日、5 月 2 日/6 月 15 日、8 月 27 日/9 月 23 日、10 月 21 日/11 月 20 日,最早和最晚分别相差 41 d、44 d、27 d 和 30 d。从四季初日的早晚等级来看,四季初日正常年份占总年份的比例分别为 38%、34%、63%、47%,秋、冬季正常比例高于春、夏季,秋季正常年份最多,夏季最少。偏早/偏晚占比分别为 28%/24%、18%/31%、

21%/16%、22%/29%，每个季节都有偏早或偏晚出现，少于正常年份。特早/特晚占比分别为4%/6%、10%/7%、0%/0%、1%/0%，春、夏季初日特早、特晚明显多于秋、冬季，夏季出现的最多，特晚初日秋、冬季未出现，秋季是唯一未出现特早、特晚的季节。

四季初日波动明显，春、夏季初日波动大于秋、冬季，夏季初日波动最大，秋季波动最小(图1)。从气候倾向率可知(表1)，春、夏季初日呈提前趋势，秋、冬季初日呈推后趋势。气候倾向率夏季为 $-2.7 \text{ d}/10 \text{ a}$ ，春季为 $-1.8 \text{ d}/10 \text{ a}$ ，秋、冬季气候倾向率均为 $1 \text{ d}/10 \text{ a}$ 。由四季初日距平年际变化(图1)可发现，2000年以后春季初日19 a中有16 a早于平均初日，2 a晚于平均初日，1 a与平均初日基本相同，偏晚的年份主要出在1999年

以前。1994年以后夏季初日25 a中有20 a早于平均初日，4 a晚于平均初日，1 a与平均初日基本相同，比正常初日偏晚的年份主要出现在1993年以前。采用《气候季节划分法》得到的春、夏季初日主要出现在3月、5月，均出现在公历法的春季(3—5月)期间，而西安春季(3—5月)的线性增温趋势达到 $2.20 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ a}$ ，是其它季节的2~4倍^[19]。西安年平均气温升温突变发生在1994年，春季气温变暖尤为明显^[17]，这也许是春(2000年后)、夏(1994年后)季初日提前的主要原因。秋季初日1986年以前提前占多数，1987年以后推后占多数。冬季与夏季相反，2001年后初日18 a中有14 a晚于平均初日，3 a早于平均初日。2000年以前呈波动变化。这种变化是否与西安城市化发展及气候变暖有关，有待于进一步研究。

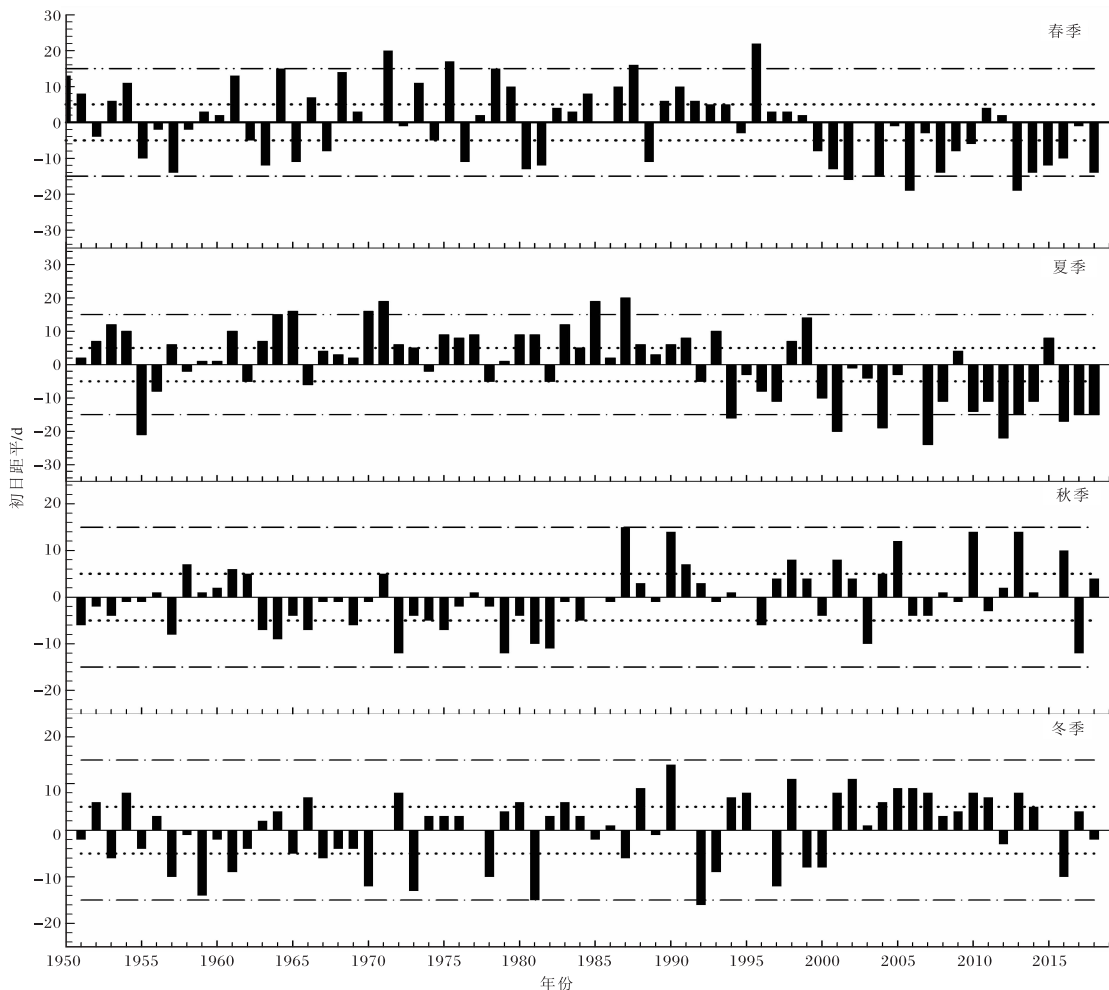


图1 1951—2018年西安四季初日距平及早晚等级(点线为偏早/偏晚界线;点划线为特早/特晚界线)

表 1 1951—2018 年西安四季初始日及等级变化趋势

季节	四季初始日日期			气候倾向率 /(d/10 a)	四季初始日早晚等级/a				
	平均日期	最早(出现年份)	最晚(出现年份)		特早	偏早	正常	偏晚	特晚
春季	3月21日	3月4日(2006,2013)	4月14日(1996)	-1.8*	3	19	26	16	4
夏季	5月23日	5月2日(2007)	6月15日(1987)	-2.7*	7	12	23	21	5
秋季	9月8日	8月27日(1972,1979,2017)	9月23日(1987)	1.0*	0	14	43	11	0
冬季	11月6日	10月21日(1992)	11月20日(1990)	1.0*	1	15	32	20	0

注: * 表示通过 0.01 的显著性检验。

2.1.2 四季初日变化趋势及阶段性特征 累积距平是一种常用的由曲线直观判断变化趋势的方法,从曲线明显的上下起伏可以判断其长期的演变趋势及持续性变化,并可以诊断出发生突变的大致时间^[20]。初日累积距平曲线呈上升趋势表示距平值增加即为初日推后趋势,下降趋势则表示距平值减小即为初日提前趋势。由图 2 可知:春、夏季初日的变化趋势一致,先上升后下降,即初日先推后再提前的趋势;秋季初日变化趋势与春、夏季相反,先提前再推后的趋势;冬季为先提前后平稳波动再推后的趋势。累积距平的变化趋势的转折点即为变化趋势的突变点,春季初日的突变时间点为 2000 年,夏季 1994 年,秋季 1987 年,冬季初日有两个突变时间节点,分别为 1972 年和 2000 年。

根据初日累积距平的突变时间确定四季初日的阶段性划分(表 2),四季初日的每个阶段变化趋势均通过了 0.05 的显著性检验。春季第二阶段平均初日比第一阶段早 12 d,差异显著;夏季两个阶段的差异与春季一致,平均初日第二阶段比第一阶段早 14 d,差异比春季更加突出;秋季的阶段性差异与春、夏季相反,第二阶段平均初日比第一阶段晚 5 d;冬季初日出现了三个阶段,第一阶段在 20 世纪 70 年代以前呈提前趋势,第二阶段处于平稳波动阶段,第三阶段平均初日比第一、二阶段分别晚 6 d、4 d。总之,秋、冬季初日的阶段性变化较春、夏季明显,春、夏季初日第二阶段比第一阶段偏早明显,秋、冬季初日则为偏晚。

2.2 四季持续日数特征及变化趋势的阶段性

2.2.1 四季持续日数特征 四季持续日数的长短与初日的起始日和结束日的迟早有关,表 3 和

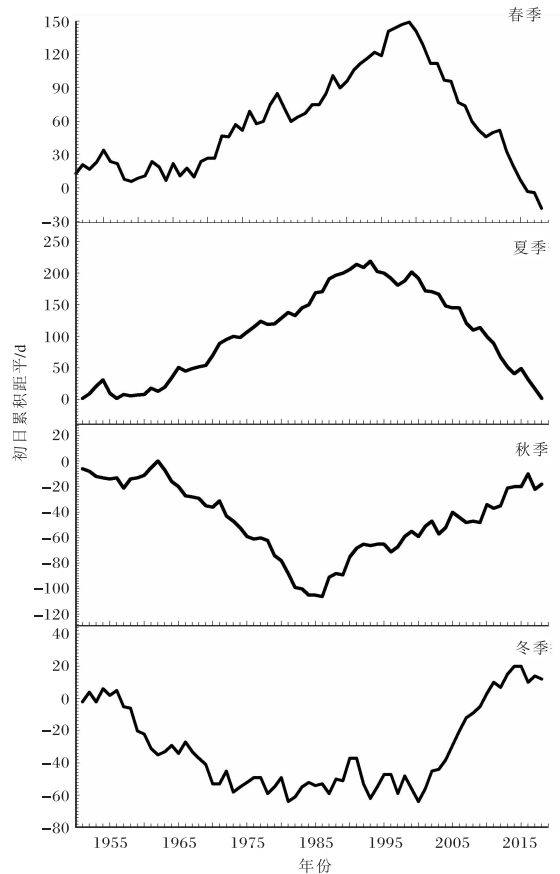


图 2 1951—2018 年西安四季初日累积距平

图 3 给出了四季持续日数的长短和等级,春、夏、秋、冬季平均持续日数分别为 64 d、105 d、59 d、137 d,长短差异明显。典型的冬、夏季长,平均持续日数均在 3.0 月以上;冬季持续日数长达 4.5 月以上,比第二长的夏季长 32 d;春、秋季短,均少于 3.0 个月;夏、冬季分别是秋季的 1.8、2.3 倍。四季最短/最长持续日数分别为 32 d/84 d、81 d/134 d、38 d/79 d、109 d/159 d,春、夏、秋、冬季最长和最短差异分别为 52 d、53 d、41 d、50 d;四季持续日数长短波动明显,除秋季外,其它三季最早

表 2 1951—2018 年西安四季初日、持续日数的阶段变化

季节	阶段	初日			持续日数		
		时间段	平均日期	差值/d	时间段	平均日数/d	差值/d
春季	第一阶段	1951—1999	3月26日	-12	1951—1991	67	-6
	第二阶段	2000—2018	3月14日		1992—2018	61	
夏季	第一阶段	1951—1993	5月31日	-14	1951—1989	98	16
	第二阶段	1994—2018	5月17日		1990—2018	114	
秋季	第一阶段	1951—1986	9月5日	5	1951—2001	59	2
	第二阶段	1987—2018	9月10日		2002—2018	61	
冬季	第一阶段	1951—1972	11月3日	2	1951—2000	141	-17
	第二阶段	1973—1999	11月5日		2001—2018	124	
	第三阶段	2000—2018	11月9日		4		

注:阶段差值为后一个阶段减去前一个阶段。

表 3 1951—2018 年西安四季持续日数及等级变化趋势

季节	持续日数/d			气候倾向率 /(d/10 a)	持续日数长短等级/a				
	平均	最短(出现年)	最长(出现年)		特短	偏短	正常	偏长	特长
春季	64	32(1955)	84(2015)	-0.9*	6	15	24	16	7
夏季	105	81(1964)	134(2013)	3.6*	8	19	20	11	10
秋季	59	38(1987)	79(1972)	0.0*	4	13	28	20	3
冬季	137	109(2006)	159(1982,1996)	-2.7*	9	16	18	19	6

注:*均通过0.01的显著性检验

最晚差异均超过 50 d。从四季持续日数变化的气候倾向率来看,春、冬季呈缩短趋势(气候倾向率为 -2.7 d/10 a),夏季呈增长趋势(气候倾向率达到 3.6 d/10 a),秋季无变化。从持续日数等级特征可知,四季持续日数正常年占总年数的比例分别为 39%、35%、41%、26%,春、秋季正常年高于夏、冬季,冬季正常年最少;四季偏短/偏长年占比分别为 22%/24%、28%/15%、19%/25%、24%/28%,夏季偏长比例最小;特短/特长年占比分别为 9%/10%、12%/15%、6%/4%、13%/9%;四季均有特短/特长年份出现,夏季特长年最多,秋季特长和特短年均最少。

2.2.2 四季持续日数变化趋势及阶段性特征

采用与初日同样的方法来确定持续日数年际变化趋势和阶段性。从图 4 可知,春、冬季持续日数变化趋势一致,呈先增长后缩短的趋势。夏季恰恰

相反,呈先缩短后增长的趋势。秋季变化趋势弱于其它三个季节,先平稳波动,后微弱增长。春、夏、秋、冬持续日数的时间转折点即突变时间分别为 1992、1990、2002、2001 年,均出现在 1990 年以后。

根据四季持续日数变化趋势的突变时间来划分其阶段(表 2)。春、夏季的阶段性转折相差 2 a,秋、冬季阶段性转折点相差 1 a。夏、冬季持续日数变化幅度明显大于春、秋季,四季持续日数无论是长期趋势还是阶段性趋势均通过了 0.05 的显著性检验。第二阶段与第一阶段比较,持续日数春、冬季缩短,夏、秋季增长,第一阶段冬季比夏季长 43 d,春季比秋季长 6 d。进入第二阶段后,冬季短 17 d,夏季长 16 d,二者差异从第一阶段的 43 d 变为第二阶段的 10 d;春季短 6 d,秋季长 3 d,春季比秋季长 7 d。致使进入第二阶段后春季与秋季持续日数变为一致,均为 61 d。

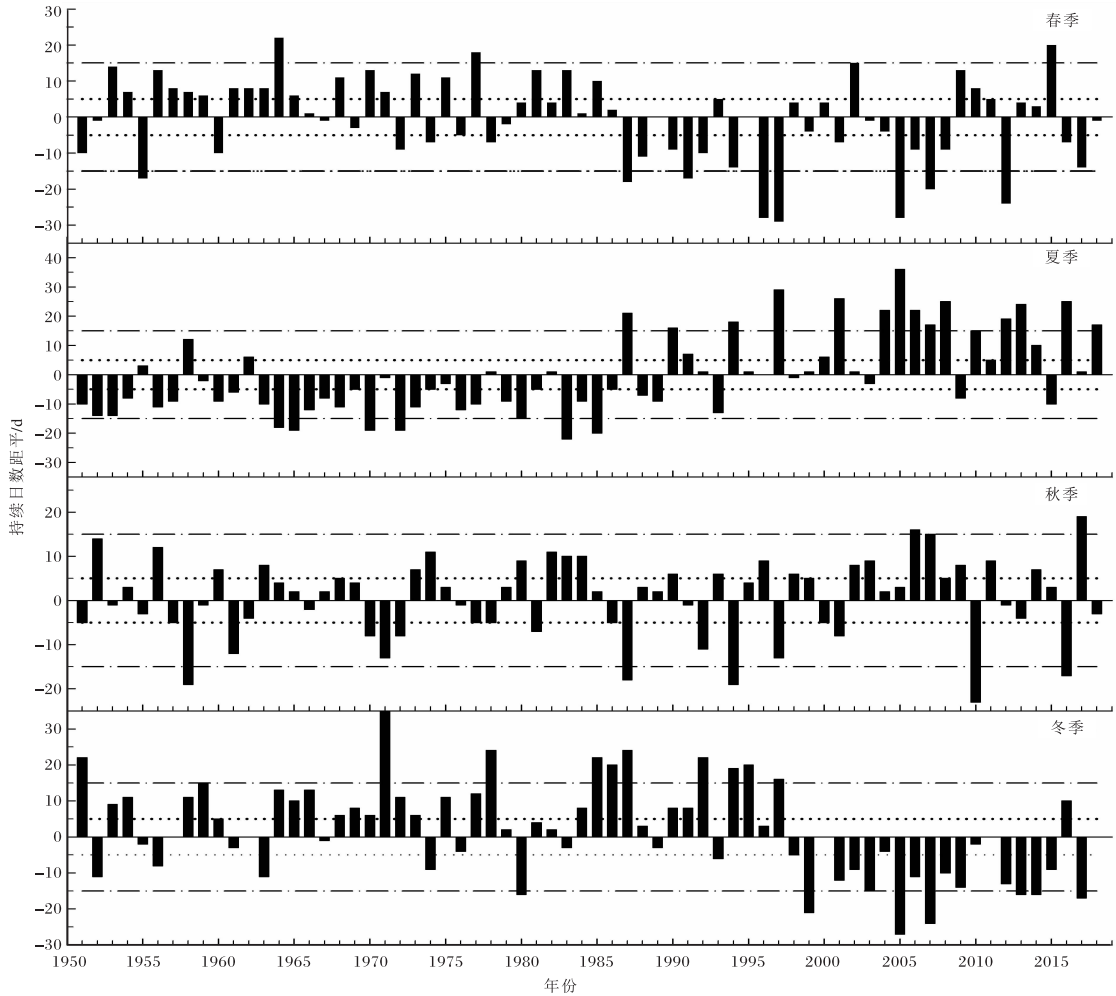


图3 1951—2018年西安四季持续日数距平及长度等级(点线为偏长/偏短界线;点划线为特长/特短界线)

3 结论和讨论

利用1951—2018年西安国家基本气象站逐日平均气温资料,采用《气候季节划分法》划分标准和数理统计方法,对西安市四季的初日和持续日数的变化趋势、等级、阶段性进行分析,揭示了西安市四季初日和持续日数的变化趋势,分析了初日和持续日数阶段性的特征。主要结论归纳如下。

(1)西安春、夏季初日呈提前趋势,秋、冬季为推后趋势。西安初日变化的气候倾向率,夏季为 $-2.7 \text{ d}/10 \text{ a}$,春季为 $-1.8 \text{ d}/10 \text{ a}$,秋、冬季均为 $1 \text{ d}/10 \text{ a}$ 。四季初日的迟早等级变化具有明显的差异性,夏季特早(晚)初日出现最多,其次是春季,秋季初日等级变化最小,未出现特早(晚)初日。

(2)四季初日的变化除冬季为3个阶段外,其余三季均为2个阶段,四季初日的阶段性转折点春、冬季变化的时间节点一致(2000年),夏、秋季

初日转折点均早于春、冬季。春、夏季初日第二阶段比第一阶段分别早12 d、14 d,阶段性变化幅度较大;秋、冬季阶段差异较小,秋季第二阶段比第一阶段晚5 d,冬季初日第三阶段比第二、第一阶段分别晚4 d、6 d。

(3)春、冬季持续日数呈缩短趋势,夏、秋季呈增长趋势,夏季增长幅度明显,气候倾向率达到 $3.6 \text{ d}/10 \text{ a}$;冬季缩短趋势明显,气候倾向率为 $-2.7 \text{ d}/10 \text{ a}$ 。四季持续日数长短等级比初日的差异性明显,特短(长)四季均有出现,正常持续日数出现比例均小于初日。

(4)四季持续日数的变化均为2个阶段,第二阶段与第一阶段比较,春、冬季持续日数分别短6 d、17 d,夏、秋季长16 d、3 d。第二阶段春、秋季持续日数一致,夏、冬季从第一阶段相差43 d到第二阶段的10 d,夏、冬季持续日数趋于接近;持

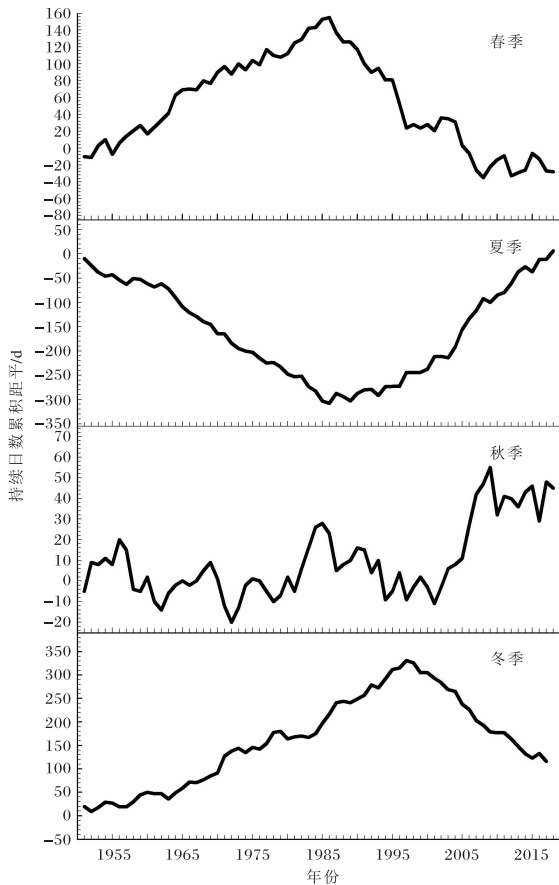


图4 1951—2018年西安四季持续日数累积距平

续日数的阶段性转折点春、夏季分别出现在1992年、1990年,秋、冬季转折点分别出现在2002年、2001年。持续日数除了受初日的影响外还与结束日的迟早有关。

参考文献:

- [1] 杨萍,刘伟东,王启光,等.近40年我国极端温度变化趋势和季节特征[J].应用气象学报,2010,21(1):29-36.
- [2] 敖翔宇,谈建国,支星,等.上海城市热岛与热浪协同作用及其影响因子[J].地理学报,2019,74(9):1789-1802.
- [3] 林中立,徐涵秋.近20年来新旧“火炉城市”热岛状况对比研究[J].遥感技术与应用,2019,34(3):521-530.
- [4] 刘雪梅,高小红,贾伟.基于遥感影像的近30年西安市热岛效应时空变化[J].地球环境学报,2019,10(2):166-176.
- [5] 杨琳,钟保舜.热岛效应对四季变化的影响[J].气象研究与应用,2007,28(3):18-19.
- [6] 张静,吕军,项瑛,等.江苏省四季变化的分析[J].气象科学,2008,28(5):568-572.
- [7] 姜燕敏,梁艳,沙欣欣.气候变暖对长三角地区四季长度的影响[J].干旱气象,2012,36(4):570-574.
- [8] 郁珍艳,吴利红,高大伟,等.浙江省四季划分方法探讨[J].气象科技,2014,42(3):474-481.
- [9] 张宝堃.中国四季之分配[J].地理学报,1934,1(1):1-47.
- [10] 刘抗,李照荣,张敏,等.中国西北四省区四季变化时空特征[J].干旱气象,2018,36(5):767-775.
- [11] 气候季节划分:QX/T 152—2012[S].
- [12] 赵俊虎,封国林,张世轩,等.近48年中国的季节变化与极端温度事件的联系[J].物理学报,2011,60(9):842-850.
- [13] 严登华,耿思敏,罗先香,等.中国北方地区四季的时空演变特征[J].地理科学,2011,29(9):1105-1110.
- [14] 刘海涛,杨洁,叶彩华.全球变暖下1951—2014年北京地区的季节变化[J].中国农学通报,2016,32(27):141-148.
- [15] 陈涛,袁智生,李超,等.湖南省近54年四季变化特征[J].气象科技,2017,45(5):851-85.
- [16] 卞子浩,马超群,王迪,等.西安地区热岛效应与景观生态格局相关性研究[J].干旱气象,2016,34(2):342-348.
- [17] 张文静,吴素良,郝丽,等.西安城市热岛效应变化特征分析[J].陕西气象,2019(1):18-21.
- [18] 金丽娜,曲静,翟园,等.西安近63年气候变化特征综合分析[J].陕西气象,2014(3):17-20.
- [19] 高红燕,蔡新玲,贺皓,等.西安城市化对气温变化趋势的影响[J].地理学报,2009,64(9):1093-1102.
- [20] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,2013:43-44.