

周晓宇,赵春雨.辽宁省新旧气候平均值变化及影响分析[J].沙漠与绿洲气象,2023,17(3):149-156.

doi: 10.12057/j.issn.1002-0799.2023.03.020

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



辽宁省新旧气候平均值变化及影响分析

周晓宇,赵春雨*

(沈阳区域气候中心,辽宁 沈阳 110166)

摘要:根据辽宁省61个气象站1961—2020年逐日气温和降水量数据,对比分析1991—2020年和1981—2010年新旧气候平均值变化及对辽宁省气候业务的影响。结果表明:1—11月平均气温、平均最高气温、平均最低气温均升高;10—12月降水量增幅最大。年及四季平均气温、平均最高和最低气温均升高,增幅自东部和西部山区向中部平原地区增大,中部区域增幅最为显著;平均气温和平均最高气温均以春季增幅最大,平均最低气温夏季增幅最大。年、夏季和秋季降水量减少,春季和冬季增加;7—8月降水量总体减少,东部山区和大连沿海地区降水量增加;7月下旬—8月上旬降水量增加,辽宁西部和南部地区增幅最大,为5%~6%,北部地区增幅最小。气候平均值改变后,四季平均气温及降水量评价等级均发生了变化。

关键词:气候平均值;气候业务;气候变化;辽宁省

中图分类号:P468

文献标识码:A

文章编号:1002-0799(2023)03-0149-08

气候影响评价是运用现代气候学原理和方法,对某一天气候事件给人类社会、经济发展、自然生态等带来的影响进行科学分析与评价,定性判断其利弊影响^[1]。在现行中国气候影响评价业务中,通常以气候要素与气候平均值的距平进行评价。气候平均值是指某个气候周期的平均值,可作为对照比较长期气候观测变化的稳定基准^[2]。世界气象组织认为30 a的长度可以消除气候的年变化,于1956年提议以历史上最近整30 a的30个样本平均值作为相应气候要素常年值的参考点,并每10 a更新一次。根据世界气象组织的规定,已陆续采用了1961—1990年、1971—2000年和1981—2010年3个气候平均值。选用不同的气候平均值做参考,对气候要素的评价必然会不同,而冷暖和旱涝是一个适

时的概念,对气候评价不能离开反映当前阶段气候态的平均值作为参考点。我国于2002年、2012年陆续启用了1971—2000年和1981—2010年的气候平均值,很多学者围绕平均值的调整对气候业务的影响进行了探讨。王永光^[3]、王秀文等^[4]分析了1961—1990年气候平均值更替为1971—2000年气候平均值后对中国气候业务和中期预报业务的影响。1981—2010年气候平均值启用后,林婧婧等^[5]选取不同气候态对中国基本气象要素的影响进行了定量分析,针对气候平均值变化对东北^[6]、西北^[7]、西南^[8]以及其他地区^[9-11]气候业务的影响也开展了研究。气候平均值的改变对农业气象灾害^[12]和农业种植区划^[13-14]也有一定程度的影响。

IPCC自1990年开始已连续发布6次评估报告,1990年IPCC第一次评估报告^[15]指出,近百年(1861—1989年)全球平均地表温度上升了0.45℃,2014年第五次评估报告^[16]发布时全球平均地表温度(1880—2012年)已上升了0.85℃,2021年第六次评估报告^[17]指出,2011—2020年全球地表平均温度比1850—1900年升高了1.09℃,虽然观测资料来源和计算方法不同,但近百余年来全球温度升高

收稿日期:2021-11-24;修回日期:2022-05-11

基金项目:中国气象局创新发展专项(CXFZ2021J047);中国气象局气候变化专项(CCSF201841、CCSF202013)

作者简介:周晓宇(1984—),女(蒙古族),高级工程师,主要从事气候变化、气象灾害风险评估研究。E-mail: xiaoyuz80@sina.com

通信作者:赵春雨(1968—),女,正高级工程师,主要从事气候变化研究。E-mail: springraincen@163.com

已是不争的事实。根据我国气候业务的规定,2022 年 1 月 1 日起,气候业务中 30 a 气候平均值将由 1981—2010 年更新为 1991—2020 年,由于 2011—2020 年和 1981—1990 年 2 个时段气候要素的差异,以及全球气候的持续变暖,必然导致 1991—2020 年和 1981—2010 年 2 个时段气候平均值的差异。本文以辽宁省 61 个气象站 1961—2020 年的气象观测数据,分析启用新气候平均值后,辽宁省基本气候要素的变化以及对气候业务的影响,以期对辽宁省气候评价业务提供参考。

1 数据和方法

选取辽宁省 61 个气象站 1961—2020 年逐日平均气温、最高和最低气温以及降水量数据,分析 1991—2020 年新气候平均值相较于 1981—2010 年旧气候平均值引起的气温和降水要素变化,分别称为“气温变化”和“降水量变化”。平均气温、平均最高和最低气温变化以新旧气候平均值的差值(ΔT 、 ΔT_1 、 ΔT_2)表示,降水量变化以新旧气候平均值的差值(ΔP)与旧气候平均值的比值表示($\Delta P/P_{81}$, P_{81} 为 1981—2010 年降水量气候平均值)。将辽宁省分为辽东、辽西、辽南、辽北和辽中 5 个区域,并分析对各区域的影响。

在分析气候平均值变化对气温和降水量评价的影响时,参照辽宁省现行气候业务中气温和降水异常等级判别标准(表 1),气温等级评价(ΔA)以气温距平表示,采用(气温评价值-气温气候平均值)计算;降水量等级评价(ΔR)以降水距平百分率表示,采用(降水量评价值-降水量气候平均值)/降水量气

候平均值 $\times 100\%$ 计算。

表 1 气温、降水量评价标准及等级

序号	气温标准/ $^{\circ}\text{C}$	气温等级	降水量标准/%	降水等级
1	$\Delta A < -4.0$	异常偏低	$\Delta R \geq 80$	异常偏多
2	$-4.0 \leq \Delta A < -2.0$	明显偏低	$50 \leq \Delta R < 80$	显著偏多
3	$-2.0 \leq \Delta A < -1.0$	偏低	$25 < \Delta R < 50$	偏多
4	$-1.0 \leq \Delta A \leq 1.0$	正常	$-25 \leq \Delta R \leq 25$	正常
5	$1.0 < \Delta A \leq 2.0$	偏高	$-50 < \Delta R < -25$	偏少
6	$2.0 < \Delta A \leq 4.0$	明显偏高	$-80 < \Delta R \leq -50$	显著偏少
7	$\Delta A > 4.0$	异常偏高	$\Delta R \leq -80$	异常偏少

2 结果分析

2.1 对气温和降水量平均值的影响

2.1.1 月气温和降水量

1991—2020 年气候平均值下,1—11 月平均气温、平均最高气温、平均最低气温均较 1981—2010 年增温,均以 10 月增幅最小;平均气温和平均最高气温均以 3 月增幅最大,分别为 0.5 和 0.6 $^{\circ}\text{C}$,平均最低气温以 2 和 3 月增幅最大,均为 0.5 $^{\circ}\text{C}$ 。月降水量中,1、3、4、7 和 9 月降水量均较旧气候平均值减少,1 月减少最多,达 19%;2、5、6、8、10—12 月均增加,2、11 和 12 月增幅均在 10%以上,以 11 月最多,为 27.1%(图 1)。

2.1.2 年及四季气温

2.1.2.1 平均气温

辽宁各地年平均气温新旧气候平均值差值均为正值(图 2a),中部平原地区增温大于其他区域,差值超过 0.5 $^{\circ}\text{C}$,东部和西部山区增幅较小,差值为

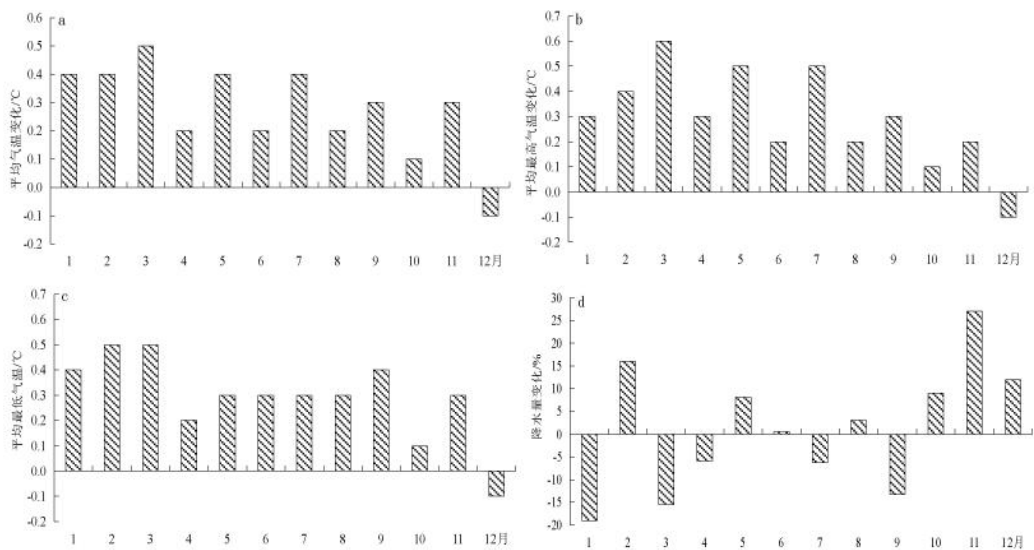


图 1 辽宁省平均气温(a)、平均最高气温(b)、平均最低气温(c)和降水量(d)新旧气候平均值差值月变化

0.1~0.2℃,其他大部地区增幅以0.2~0.3℃为主。

辽宁省春季(图2b)平均气温差值均为正值,东部山区增幅最小,在0.2~0.3℃,其他大部地区为0.3~0.5℃。夏季(图2c)全省大部地区增幅以0.2~0.3℃为主,辽阳和沈阳南部增幅超过0.4℃。秋季(图2d)与夏季类似,辽西、东部山区东部增幅为0.1~0.2℃,辽宁中部平原地区和南部沿海地区增幅为0.2~0.3℃。冬季(图2e)大部地区均增温,增幅为0.1~0.3℃。四季平均气温增幅最多的站点均为辽宁中部平原的苏家屯。

由表2可知,辽东、辽西、辽南、辽北和辽中5个区域年及四季平均气温的新旧气候平均值差值均为正值,均以辽中增幅最大,增幅略有差异。辽东春季和夏季气温增幅相同,大于年度、秋季和冬季;辽西春季增幅最大,年度和冬季次之,夏季和秋季最小;辽南增幅春季最大,夏、秋季次之,年度、冬季最小;辽北增幅春季最大,年度、夏季次之,秋、冬季最小;

辽中春季增幅最大,年度、夏季和冬季次之,秋季增幅最小。5个区域中,辽中年及四季平均气温增幅最显著,以春季增幅最大,其他季节变化略有差异。

2.1.2.2 最高气温

辽宁省年平均最高气温新旧气候平均值差值均为正值(图3a),增幅以0.2~0.3℃为主,苏家屯和兴城增幅最大,均为0.5℃。四季平均最高气温均以苏家屯增幅最大,新旧气候平均值差值春季和冬季均为0.8℃,夏季和秋季均为0.7℃。辽东、辽西、辽南、辽北和辽中5个区域年及四季平均最高气温的新旧气候平均值差值均为正值(表2);年度以辽中增幅最大,为0.4℃,春季辽西和辽中增幅最大,均为0.5℃,夏季各区域差异不大,秋季以辽东和辽中增幅最大,为0.3℃,冬季以辽南最大,为0.3℃。对于各个区域的气温增幅,辽东春季最大,冬季最小;辽西春季最大,秋季最小;辽南春季、夏季、冬季增幅较大,年度和秋季增幅较小;辽北春季和夏季最大,冬

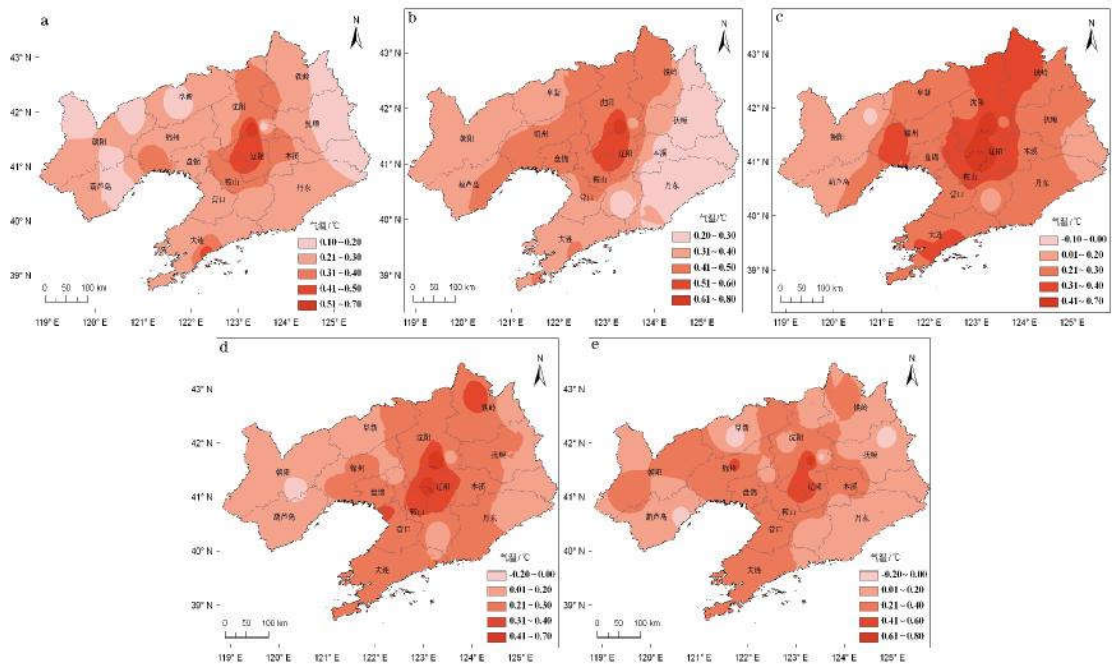


图2 辽宁省年(a)、春季(b)、夏季(c)、秋季(d)和冬季(e)平均气温新旧气候平均值变化

表2 辽宁省5个区域平均气温、平均最高气温、平均最低气温新旧气候平均值变化℃

	辽东			辽西			辽南			辽北			辽中		
	ΔT	ΔT_1	ΔT_2	ΔT	ΔT_1	ΔT_2	ΔT	ΔT_1	ΔT_2	ΔT	ΔT_1	ΔT_2	ΔT	ΔT_1	ΔT_2
年	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3	0.2	0.2	0.4	0.4	0.2
春季	0.3	0.4	0.1	0.4	0.5	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.6	0.5	0.5
夏季	0.3	0.3	0.3	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4
秋季	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
冬季	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	0.2	0.4	0.2	0.4

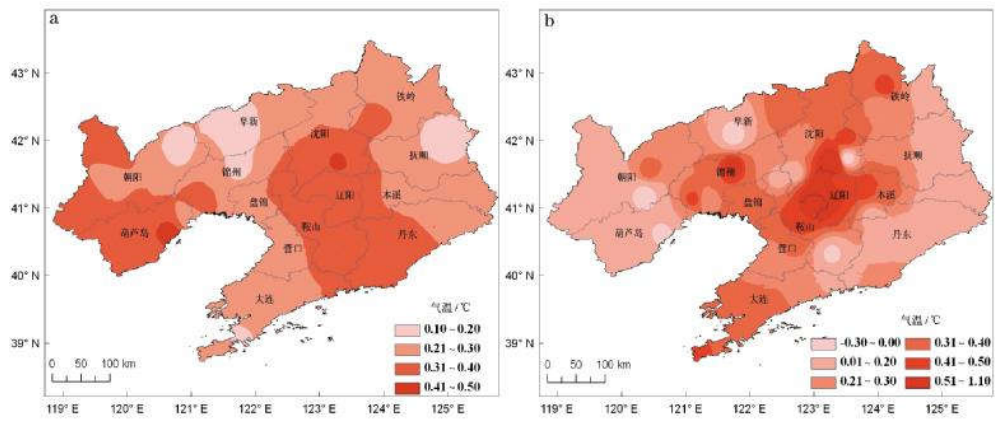


图3 辽宁省年平均最高气温(a)、最低气温(b)新旧气候平均值变化

季最小;辽中增幅春季>年度>夏、秋季>冬季。5个区域均以春季平均最高气温增幅最大;辽中除冬季外,其他季节均为增幅最大。

2.1.2.3 最低气温

新气候平均值下,辽宁省大部地区年平均最低气温均升高(图3b),东西部山区增幅为0.1~0.2℃,中部平原增幅较大,为0.3~1.1℃。5个区域年度及四季平均最低气温新气候平均值下均增温(表2),年度以辽南增幅最大,为0.4℃,四季增幅均为0.2℃,春、冬季均以辽中增幅最大,为0.5℃,夏季为辽中和辽南,秋季为辽南,增幅均为0.4℃。对于各个区域,辽东夏季增幅最大,春季最小;辽西春、夏季>年度>秋、冬季;辽南年度、春季、夏季和秋季增幅均为0.4℃,冬季为0.3℃;辽北春季和夏季>年度、秋季和冬季;辽中春季增幅最大,年度最小。5个区域除辽中外,其他4个区域夏季均为升温最显著区域。

2.1.3 年、四季、盛夏及主汛期降水量

新气候平均值下,年降水量(图4a)除辽西西部、辽宁北部和大连西部有所增加,其他大部地区均较旧气候平均值减少。四季降水量新气候值较旧气候值减少的站点范围分别为49%、63.9%、52.5%、18.0%,即夏季和秋季降水量全省总体减少,春季和冬季总体增加。四季降水量变化显著区域各不相同,春季(图4b)沈阳、铁岭、丹东南部和大连地区降水量增加,大连部分地区增幅超过10%;夏季(图4c)除辽西西部、辽宁北部和大连南部地区增加,其他大部地区均减少,减少以0.1%~4.9%为主,大连皮口减少最多,为9.3%;秋季(图4d)除东部山区和南部沿海地区降水量增加,其他大部分地区均减少,以0.1%~4.9%为主;冬季(图4e)全省大部分地区降水量均增加,增幅自西向东增大,沈阳北部和铁岭北部

增幅最显著,在20%以上(表3)。

盛夏(7—8月)是全国大洪水出现频率最高的时段,盛夏降水对农作物的生长起着重要的作用,对农作物的品质和产量也有着重要的影响。辽宁省夏季降水约占全年降水总量的50%以上(1981—2010年气候平均值),新气候平均值下,盛夏降水量占全年降水量的比例减少了0.6%,全省70%以上的站点盛夏降水量减少,以偏少10%~20%为主;沈阳西部、鞍山北部、大连南部和东部山区盛夏降水量较旧气候平均值偏多。当使用新气候平均值进行盛夏降水评价时,东部山区和大连沿海地区呈偏少变化,而其他地区呈略偏多变化。“七下八上”(7月下旬至8月上旬)是东北地区降水最集中的时段,也是防汛的最关键时期。新气候平均值下,辽宁省67%的站点主汛期降水量均有所增加,增幅为0.4%~19.1%。

从区域分布看,年度和春季辽东、辽西和辽中降水量均减少,春季辽南增幅较大,达6.4%;夏季辽东、辽南和辽中降水量减少,辽中减少较多,辽西和辽北增幅接近;秋季辽西和辽中降水量减少,其他3

表3 辽宁省5个区域年及四季降水量新旧气候平均值变化 %

	辽东	辽西	辽南	辽北	辽中
	$\Delta P/P_{81}$	$\Delta P/P_{81}$	$\Delta P/P_{81}$	$\Delta P/P_{81}$	$\Delta P/P_{81}$
年	-0.9	-0.7	0.3	1.5	-2.9
春季	-0.7	-3.8	6.4	1.4	-1.0
夏季	-2.3	1.0	-1.8	0.8	-3.7
秋季	3.2	-4.1	2.3	2.0	-3.9
冬季	9.3	0.0	6.6	19.0	9.0
盛夏	-3.2	0.4	-1.3	0.8	-4.7
主汛期	1.6	5.5	4.7	0.5	2.8

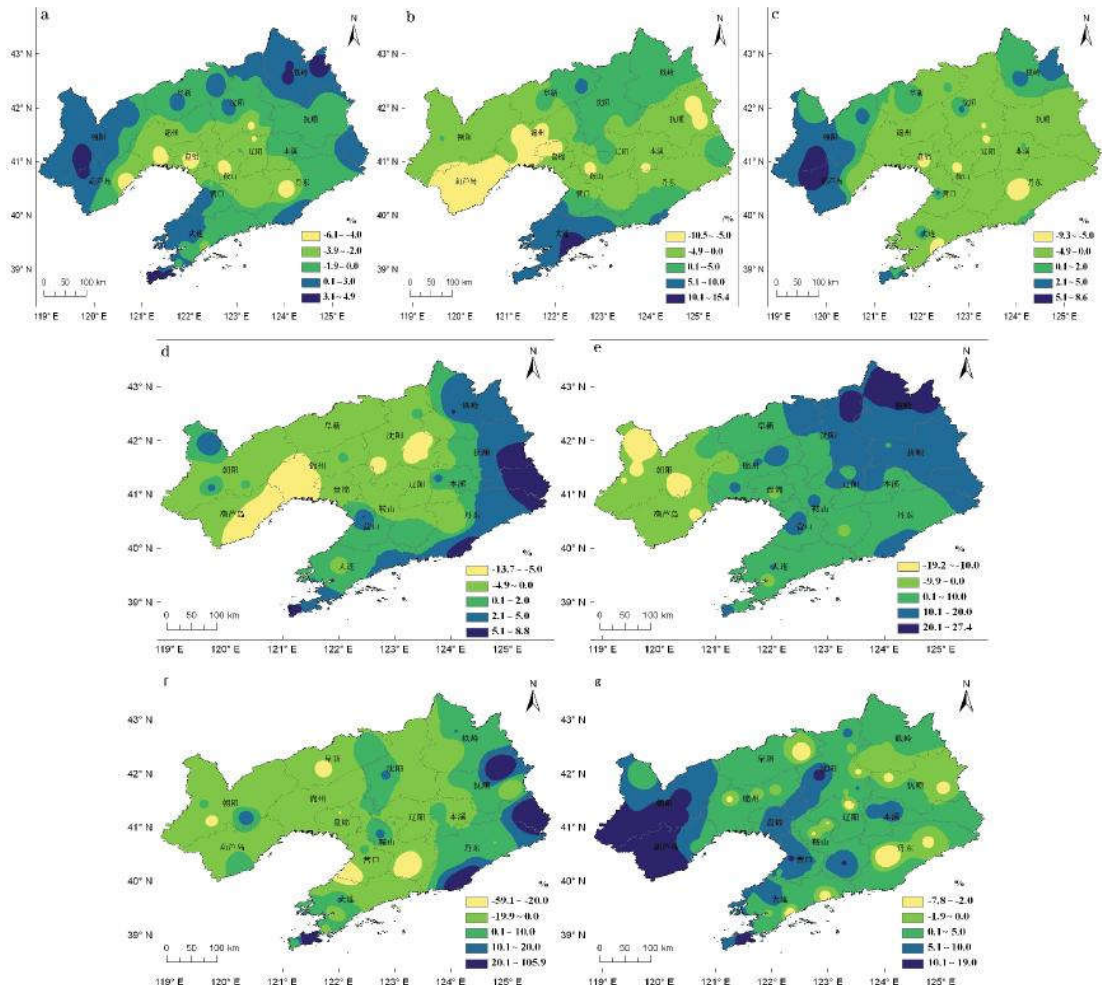


图4 辽宁省年(a)、春季(b)、夏季(c)、秋季(d)、冬季(e)、盛夏(f)和主汛期(g)降水量新旧气候平均值变化

个区域均增加;冬季辽西无明显变化,其他4个区域降水量均增加,辽北增幅最大,为19%。对于各个区域,辽东年度和春季降水量减少幅度相近,均低于夏季,冬季增幅大于秋季;辽西降水量减少秋季>春季>年度,夏季增加,冬季无明显变化;辽南夏季降水量减少,春季和冬季增幅接近,大于秋季和年度;辽北为年度和四季降水量均增加的唯一区域,增幅冬季>秋季>年度和春季>夏季;辽中除冬季降水量增加,其他季节均减少,以秋季减少最多。5个区域降水量变化各区域各季节各有不同。新气候平均值下辽西和辽北盛夏降水量略有增加,辽东、辽南和辽中均减少。5个区域主汛期降水量均增加,增幅分别为辽西>辽南>辽中>辽东>辽北。

2.2 对气候评价业务的影响

2.2.1 冷暖冬

以冬季平均气温距平 $\geq 1^{\circ}\text{C}$ 为暖冬标准,1981—2010年气候平均值下有14个年份冬季平均气温距平 $\geq 1^{\circ}\text{C}$,为暖冬,采取新气候平均值后,暖

冬年份为11 a,1972、2008和2018年冬季平均气温距平 $<1^{\circ}\text{C}$,不符合暖冬的标准。以冬季平均气温 $\leq -1.5^{\circ}\text{C}$ 作为冷冬标准,采用新气候平均值后,冷冬年份由15 a增加到20 a。使用新气候平均值后,暖冬年份减少5%,而冷冬年份增加8%(图5)。

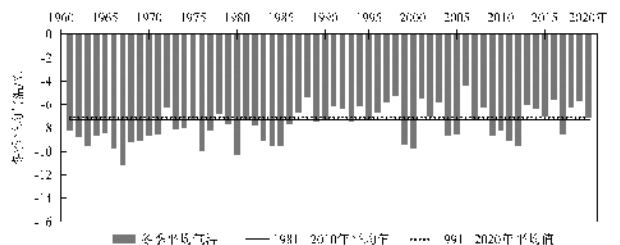


图5 1961—2020年辽宁省冬季平均气温年际变化

2.2.2 对气温、降水评价等级的影响

2.2.2.1 对气温等级的影响

气候平均值的改变会影响气候影响评价结果,根据辽宁省气候评价业务中气温等级评价标准(表1),以1991—2020年和1981—2010年2个时段气

候平均值为基准,1、4、7和10月分别代表冬季、春季、夏季、秋季,分析1961—2020年辽宁省年和四季平均气温等级评价结果的变化,探讨新旧气候平均值的改变对气温等级评价的影响。

采用旧气候平均值,年平均气温评价等级55 a正常,1 a偏高,4 a偏低;采用新气候平均值后,气温正常年份为44 a,15 a偏低,1 a明显偏低;新旧气候平均值更替后,1 a由偏低转为明显偏低,1 a由偏高转为正常,12 a由正常变为偏低。从偏离气候平均值的变化来看,年平均气温有5 a由高于气候平均值转变为低于气候平均值,评价等级不变。在采用新气候平均值评价辽宁省气温等级时,有23%年份评价等级向偏低1级变化。

四季平均气温评价等级的变化,在1961—2020年1月有3 a由明显偏高到偏高,2 a偏高到正常,4 a偏低到明显偏低,1 a明显偏低到异常偏低,有10 a评价等级发生变化,占全部年份的17%,均偏低1级。4月,有6 a由正常到偏高,2 a偏高到正常偏高,5 a由偏低到正常,有13 a评价等级偏高1级,占全部年份的22%。7月,有10 a由正常到偏高,1 a偏低到正常,1 a偏高到明显偏高,12 a评价等级偏高1级,占全部年份的20%。10月,有3 a由正常到偏高,1 a偏低到正常,1 a偏高到明显偏高,1 a明显偏低到偏低,有6 a评价等级发生变化升高了1级,占全部年份的10%。采用新气候平均值后,辽宁省四季平均气温评价等级均发生了变化,夏季、秋季和冬季均偏高1级,向正距平变化,发生概率分别为17%、22%和20%;冬季偏低1级,向负距平变化,发生概率为10%。

2.2.2.2 对降水等级的影响

根据降水等级评价标准(表1),旧气候平均值

下,全省降水距平百分率正常年份为51 a,5 a偏多4 a偏少;新气候平均值下,正常年份为51 a,偏多和偏少分别为5和3 a,1 a显著偏多;1 a由偏少转为正常,1 a由正常转为偏多,1 a由偏多转为显著偏多。从偏离气候平均值的变化来看,年降水量有2 a由高于平均值转变为低于平均值,评价等级不变。采用新气候平均值评价辽宁省年降水量时,降水量的评价等级也会发生变化,向偏高1级变化。

四季降水量评价等级的变化,在1961—2020年1月有6 a由正常转为偏多,3 a由异常偏少转为显著偏少,5 a由显著偏少转为偏少,4 a由显著偏多转为异常偏多,5 a由偏少转为正常,2 a由偏多转为显著偏多和异常偏多,即1961—2020年有25 a 1月降水评价等级发生变化,占全部年份的40%,其中有24 a评价等级偏高1级,1 a偏高2级,其他35 a评价等级不变。4月,有3 a由正常转为偏多,1 a显著偏少到偏少,1 a偏少到正常,1 a显著偏多到正常偏多,1 a由偏多到显著偏多,有8 a评价等级偏高1级,占全部年份的13%。7月,3 a由偏少转为正常,3 a由显著偏多转为异常偏多,3 a由正常转为偏多,1 a由偏多到显著偏多,共计13 a评价等级偏高1级,占全部年份的22%。10月,1 a由偏少转为显著偏少,5 a由正常到偏少,6 a由偏多到正常,2 a由显著偏多到偏多,3 a由异常偏多到显著偏多,即有17 a 10月降水量评价等级偏低1级,占全部年份的28%。4个季节中,冬季、春季和夏季降水量向偏高1级变化,发生概率分别为40%、13%和22%;秋季向偏低1级变化,发生概率为28%。

2.2.3 对极端气候事件的影响

图6为1961—2020年高温(日最高气温 $\geq 33^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 35^{\circ}\text{C}$)日数、低温(日最低气温 $\leq -25^{\circ}\text{C}$)日数和

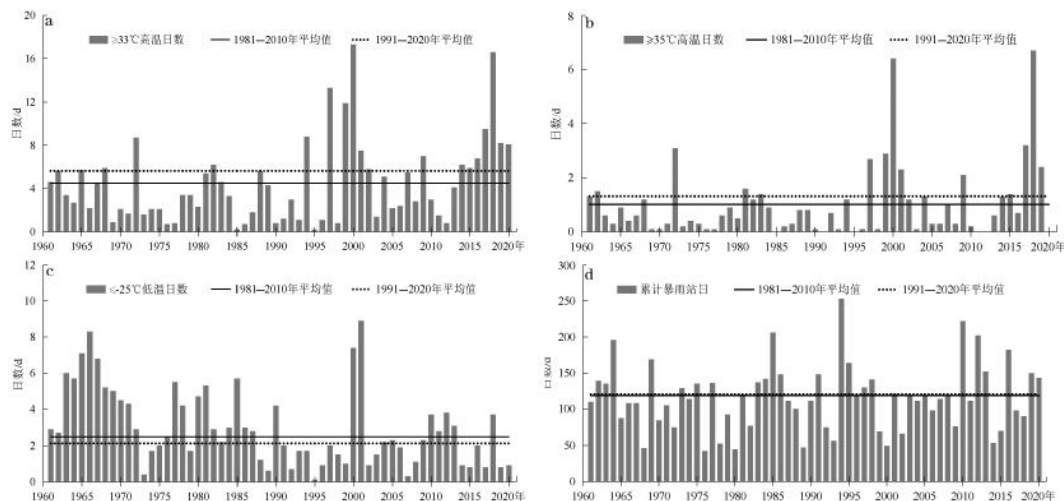


图6 1961—2020年辽宁省高温日数(a、b)、低温日数(c)、累计暴雨站日数(d)年际变化

累计暴雨(日降水量 ≥ 50 mm)站日数年际变化。 ≥ 33 °C和 ≥ 35 °C高温日数、累计暴雨站日数新旧气候平均值差值分别为 1.1、0.3 和 1.7 d,采用新气候平均值后,在 60 a 中分别有 6、7、4 a 由偏多转为偏少,其他年份趋势不变,但距平绝对值向偏少变化。低温日数采用新气候平均值后有所减少(-0.4 d),有 3 a 由偏少转为偏多,距平绝对值向偏多变化。

3 结论和讨论

(1)1991—2020 年新气候平均值下,1—11 月平均气温、平均最高和最低气温均较 1981—2010 年旧气候平均值增温;降水量全年有 7 个月增加,秋末冬初(10—12 月)增幅最大。

(2)辽宁省年及四季平均气温、平均最高气温、平均最低气温新气候平均值均较旧气候平均值增加,增幅自东部和西部山区向中部平原地区增大。全省 5 个区域,平均气温和平均最高气温均以春季增幅最大,平均最低气温夏季升温最为显著(除辽中地区);年及四季平均气温、平均最高气温均以辽中升温最为显著(除冬季平均最高气温为辽南),平均最低气温各季节变化略有差异,春季、夏季和冬季最大增幅均位于辽中。

(3)辽宁省年降水量新气候平均值较旧气候平均值减少,春季降水量总体增加,以辽南增幅最大,夏季和秋季降水量总体减少,以辽中和辽西减少最多,冬季各区域降水量均增加(辽西无明显变化)。全省 70%以上的站点盛夏降水量减少,以 10%~20% 为主,东部山区和大连沿海地区降水量增加;全省大部分地区主汛期降水量增加,辽西西部和大连南部增幅在 15%以上。辽东、辽南和辽中盛夏降水量均减少,减幅为 1%~5%,辽中区域减少最多,辽西和辽北略增加;主汛期降水量 5 个区域均增加。

(4)采用 1991—2020 年气候平均值后,将影响辽宁省气候评价业务。在冷暖冬评价时,暖冬年份减少 5%,冷冬年份增加 8%。四季平均气温评价时,夏季、秋季和冬季均偏高 1 级,发生概率分别为 17%、22%和 20%,冬季偏低 1 级,发生概率为 10%;四季降水量评价等级也会发生变化,冬季、春季和夏季降水量向偏高 1 级变化,发生概率分别为 40%、13%和 22%;秋季向偏低 1 级变化,发生概率为 28%。在极端气候事件评价时,高温日数和累计暴雨站日数偏少年份、低温日数偏多年份增加,分别向负距平和正距平变化。

(5)新旧气候平均值更替后,辽宁省增温显著地

区位于中部城市群的中心区域,为城市化程度较高地区。敖雪等^[18]对辽宁省气温变化趋势中的城市化影响研究发现,城市化对平均气温、平均最低气温和平均最高气温的变化贡献率至少在 7%以上。由于城市化影响,一些台站会进行台站迁址,对有过站址迁移的台站气温资料进行均一化处理,发现虽然能够有效纠正气温观测资料的非均一性,但却还原了城市化的影响偏差,给数据加入了新的系统误差^[19]。1981—2010 年旧气候平均值变更为 1991—2020 年新气候平均值后,城市化、资料均一性等对辽宁省气候要素的变化以及气候要素等级评价结果中的贡献,需要继续深入研究探讨。

参考文献:

- [1] 中国气象局.《气候影响评价业务规定(修订)》[Z].2020.
- [2] 世界气象组织.WMO 气候平均值计算指南[R].2017.
- [3] 王永光.多年平均值的改变对中国气候业务的影响[J].气象,2002,28(8):41-43.
- [4] 王秀文,李月安.新气候平均值在中期预报业务中的应用[J].气象,2003,29(1):43-45.
- [5] 林婧婧,张强.中国气候态变化特征及其对气候变化分析的影响[J].高原气象,2015,3(6):1593-1600.
- [6] 房一禾,赵春雨,王颖,等.新、旧气候态的差异及对东北地区气候业务的影响[J].气候变化研究进展,2016,12(3):193-201.
- [7] 林婧婧,张强.中国西北地区气候态变化对极端天气监测的影响[J].中国沙漠,2016,36(6):1659-1665.
- [8] 王劲廷,马振峰,杨小波,等.新旧气候平均值的差异及其对西南气候业务的影响[J].高原山地气象研究,2014,34(1):46-50.
- [9] 白素琴.不同气候平均值对气候评价业务的影响[J].沙漠与绿洲气象,2016,10(1):88-94.
- [10] 郝全成,杜尧东,李芷卉.广东省 1981—2010 年气候平均值的变化及其影响分析[J].广东气象,2018,40(4):1-5.
- [11] 孙爽,高原,裴宇航,等.黑龙江省 1981—2010 年气候平均值的变化及对气候评价的影响[J].黑龙江气象,2014,31(2):1-3.
- [12] 纪瑞鹏,于文颖,武晋雯,等.气候平均值变化对辽宁水稻延迟型冷害评估结果的影响[J].应用生态学报,2015,26(6):1695-1703.
- [13] 马振玉,姜会飞.最热(冷)月时段温度作为农业种植区划指标的探讨[J].中国农业大学学报,2021,26(9):63-73.
- [14] 李雪洋.气候变化背景下基于 GIS 的辽宁省玉米气候区划研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2020.
- [15] 赵宗慈,王绍武,罗勇.IPCC 成立以来对温度升高的评估与预估[J].气候变化研究进展,2007,3(3):183-184.

- [16] IPCC. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge : Cambridge University Press, 2014.
- [17] IPCC. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge : Cambridge University Press, 2021.
- [18] 敖雪, 崔妍, 翟晴飞, 等. 辽宁省气温变化趋势中的城市化影响研究[J]. 冰川冻土, 2020, 42(3): 1067–1076.
- [19] 李娇, 任国玉, 任玉玉, 等. 资料均一化对沈阳站气温趋势和城市化偏差分析的影响[J]. 大气科学学报, 2014, 37(3): 297–303.

Analysis of Changes in the Old and New Climate Averages and Impacts in Liaoning Province

ZHOU Xiaoyu, ZHAO Chunyu

(Regional Climate Center of Shenyang, Shenyang 110166, China)

Abstract Using daily temperature and precipitation data of 61 meteorological stations in Liaoning province from 1961 to 2020, the changes of the old and new climate averages for 1991–2020 and 1981–2010 and the impacts on climate operations in Liaoning province were compared and analysed. The results show that: The average temperature, average maximum temperature and average minimum temperature increased from January to November; the largest increase in precipitation occurred in October to December. The average temperature, average maximum and average minimum temperature in annual and four-seasons all increased, from the mountainous areas in the east and west to the central plains, with the most significant increase in the central region; the average temperature and average maximum temperature all increased most in spring, with the average minimum temperature in summer. The annual, summer and autumn precipitation decreased, and the precipitation in spring and winter increased; the precipitation in July to August decreased, but the precipitation increased in the eastern mountainous area and the coastal area of Dalian. During late July to early August, the precipitation increased by 5%–6% in western and southern area, and the least in northern area. With the change of climate averages, the evaluation grade of average temperature and precipitation in four seasons all changed.

Key words climate average; climate operations; climate change; Liaoning province