

李娇,任国玉,任玉玉,等.2014.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,37(3):297-303.

Li Jiao, Ren Guo-yu, Ren Yu-yu, et al. 2014. Effect of data homogenization on temperature trend estimation and urban bias at Shenyang station [J]. Trans Atmos Sci, 37(3): 297-303. (in Chinese)

资料均一化对沈阳站气温趋势和城市化偏差分析的影响

李娇^{1,2,3}, 任国玉², 任玉玉², 张雷²

(1.南京信息工程大学 大气科学学院,江苏 南京 210044;2.中国气象局 气候研究开放实验室,北京 100081;
3.铁岭市气象局,辽宁 铁岭 112000)

摘要:利用国家气象信息中心 2013 年发布的逐日均一化气温资料,对沈阳站资料均一化处理前后平均气温和极端气温指数序列的线性趋势及其城市化影响偏差进行了比较评价。结果表明:1)资料均一化处理对日最高气温及其衍生的极端气温指数序列趋势估计的影响较弱,但对日最低气温及其衍生的极端气温指数序列趋势估计具有显著影响。2)经资料均一化处理,平均气温序列中的城市化影响偏差有所增大,平均最低气温序列中的城市化影响偏差增大尤其明显;与冷事件有关的极端气温指数序列的城市化影响偏差数值有所减小,与暖事件有关的极端气温指数序列的城市化影响偏差数值有所增加。3)资料均一化处理有效纠正了因迁站等原因造成的地面气温观测记录中的非均一性,但却在很大程度上还原了城市站地面气温观测记录中的城市化影响偏差。

关键词:气温资料;均一化;极端气温指数;城市化影响;气候变化

中图分类号:P467 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-7097(2014)03-0297-07

Effect of data homogenization on temperature trend estimation and urban bias at Shenyang station

LI Jiao^{1,2,3}, REN Guo-yu², REN Yu-yu², ZHANG Lei²

(1.School of Atmospheric Sciences, NUIST, Nanjing 210044, China;
2.Laboratory for Climate Studies, CMA, Beijing 100081, China;
3.Tieling Meteorological Bureau, Tieling 112000, China)

Abstract: Based on the homogeneous daily surface air temperature dataset in 2013 from the National Meteorological Information Center, the linear trends of mean temperature and extreme temperature indices and their urban biases at Shenyang station before and after homogenization were compared and evaluated. The result shows that homogeneity of temperature series exerts weak effect on the daily maximum temperature and the relevant extreme temperature indices trend estimation. Meanwhile, it exerts obvious effect on the daily minimum temperature and the relevant extreme temperature indices trend estimation. The result also indicates that the urban bias of annual mean temperature increases after homogenization, especially that of annual mean minimum temperature. However, the urban bias of extreme temperature indices relevant to cold events reduces while that relevant to warm events increases after homogenization. Therefore, homogenization can correct the non-uniformity of surface temperature observation data effectively such as relocation of weather stations but it also brings new urban bias to the observation records to a certain extent.

Key words: temperature series; homogeneity; extreme temperature indices; urban effect; climate change

0 引言

在国内的单站和区域尺度气候变化研究中,近年来对采用均一化地面观测资料给予了高度重视(Yan and Yang, 2001; 任国玉, 2003; Li et al., 2004; 任国玉等, 2005; Yan et al., 2010; 曹丽娟和严中伟, 2011; 周建平, 2013)。中国气象局国家气象信息中心发布的中国地面气温均一化数据集(Li et al., 2004), 在国内气候变化研究中得到广泛应用。2013 年发布了这个数据集的更新版本。Li and Yan (2009) 根据中国气象局国家气象信息中心的表面气温资料开展了资料均一化研究, 获得了均一化的最高和最低气温资料数据集。

气候变化分析采用均一化资料是必要的。但是, 最近利用早期版本均一化地面气温资料开展的研究, 发现位于城市附近的台站, 在资料均一化处理后, 其平均和极端气温指数序列中的城市化影响偏差变得更明显了(任国玉等, 2010; 张雷等, 2011; Zhang et al., 2014)。造成这个问题的可能原因是, 在 2004 年以前我国地面气温观测记录中的非均一性主要是由于城镇附近台站迁移造成的(Li et al., 2004; 任国玉等, 2010)。目前还不清楚, 在最新版本的均一化气温资料中, 是否仍然存在着城市化影响偏差被还原或增大的问题。

沈阳作为东北大城市的代表站, 历史上经历较多的站址迁移。选取沈阳站作为案例城市, 采用最新版本的均一化地面气温观测数据及经过质量控制的原始数据, 探讨资料均一化处理过程对沈阳站平均气温和极端气温指数序列趋势的影响, 着重比较评价均一化处理前后各个气温指数序列中城市化影响偏差的不同。

1 资料和方法

1.1 数据来源

沈阳站的逐日气温数据来自国家气象信息中心 2013 年发布的升级版均一化气温数据集。沈阳站对比气温数据、乡村站气温数据以及历史沿革资料同样来自国家信息中心, 对比资料经过严格质量控制, 但未做均一化处理。

1.2 分析方法

极端气温指数采用气候变化监测、检测和指数专家组的定义(Frich et al., 2002)。以 1971—2000 年为参考期, 使用 R-climdex 软件进行计算。本文选取其中的 10 个极端气温指数作为研究对象(表

1)。根据指数计算方法, 将霜冻日数、炎热夜数、结冰日数、夏季日数定义为绝对指数; 冷(暖)夜(昼)日数定义为相对指数; 暖(冷)日持续指数定义为持续时间指数。

表 1 本文所用的极端气温指数

Table 1 Extreme temperature indices used in this study

名称	定义	单位
霜冻日数	日最低气温 < 0 °C 的全部日数	d
结冰日数	日最高气温 < 0 °C 的全部日数	d
夏季日数	日最高气温 > 25 °C 的全部日数	d
炎热夜数	日最低气温 > 20 °C 的全部日数	d
冷夜日数	日最低气温 < 10% 分位值的日数	d
冷昼日数	日最高气温 < 10% 分位值的日数	d
暖夜日数	日最低气温 > 90% 分位值的日数	d
暖昼日数	日最高气温 > 90% 分位值的日数	d
热日持续指数	每年至少连续 6 d 日最高气温 > 90% 分位值的日数	d
冷日持续指数	每年至少连续 6 d 日最低气温 < 10% 分位值的日数	d

将城市站和乡村站气温变化速率的差值作为城市化影响偏差, 即城市化增温引起的绝对趋势偏差; 将城市化影响偏差与城市站气温趋势的比值作为城市化贡献率(周雅清和任国玉, 2005)。从城市化影响偏差和城市化贡献率两个方面探讨资料均一化处理对沈阳站地面气温趋势估计的影响。

参考站的选取综合考虑了资料序列长度、迁站情况、站址所在辖区人口数据、与目标站的距离、观测场附近探测环境等因素(任国玉等, 2010), 选取沈阳站附近的法库、康平站作为乡村站。两个观测站的站址信息如表 2 所示。康平站在 1982 年 9 月 1 日迁至康平县东关乡苏家岗村; 法库站在 1973 年 11 月 1 日由法库县小东门外迁至南门村。采用滑动 t 检验法对这两个站点的年平均、平均最低、平均最高气温序列进行均值突变检验。两站的平均气温和最低气温的不连续点出现在 1987—1989 年, 平均最高气温无不连续点, 该突变主要是由背景气候增暖引起的。但两站在迁站年份附近并未出现不连续点, 这表明迁站对两站气温序列的均一性未造成显著影响, 可以认为两站的气温序列是相对均一的。年平均(逐日)参考序列的建立方法采用两站与沈阳站均一化后的年平均(逐日)气温序列相关系数的平方值作为权重系数, 加权平均获得。

表2 用于本文研究的站址信息

Table 2 Information of the weather stations in this study

站号	站名	经度/E	纬度/N	海拔 高度/m	记录起 始年份	迁站记录	台站 类型	2000年 人口/个	站址环境
54342	沈阳	123°31'	41°44'	45.2	1953年	1970-10、1976-10、 1989-01、2006-06	国家站	601 489	城市郊区
54244	康平	123°2'	42°45'	119.6	1959年	1982-09	一般站	54 245	县郊
54245	法库	123°24'	42°3'	98.6	1957年	1973-11	一般站	52 218	县郊

2 均一化处理对气温趋势的影响

2.1 均一化处理前后平均气温趋势差异

图1给出了沈阳站均一化处理前后的年平均、平均最高、最低气温序列。其中,平均气温取为最高、最低气温的均值。可以看出,平均最低气温的订正幅度最大,平均最高气温的订正幅度微弱。订正后气温序列时间变化特征与气温非均一性的订正方法有关,城市不断发展导致气象台站逐渐向郊区迁移,使得气温下降,将气温值订正到目前台站所处位置后,造成迁站年份之前气温递减。年平均和平均最低气温订正前后的曲线交点出现在2006年,即沈阳站最后一次迁站出现的时间;平均最高气温的曲线交点出现在1989年,沈阳站在1989年1月由沈河区文化路2段2号迁至沈阳市东陵区五三乡营盘路12号,这说明1989年迁站对最高气温造成的影响较为明显,2006年的迁站对最高气温影响甚微。

表3给出了1951—2012年沈阳站气温均一化处理前后的线性趋势对比。将订正后与订正前的线性趋势差值定义为绝对偏差;绝对偏差与订正后趋势百分比的绝对值定义为相对偏差。订正前年平

均、平均最高、平均最低气温的线性趋势较微弱,除平均气温外均未通过显著性检验;订正后增温趋势则变得十分明显,分别为0.460、0.257、0.591 $^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$,均通过了0.05信度的显著性检验。其中,平均最低气温的绝对偏差和相对偏差最大,分别为0.444 $^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 和75.13%;平均最高气温的绝对偏差和相对偏差最小,分别为0.132 $^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 和51.36%。就沈阳站来说,资料非均一性使得平均气温的线性趋势被低估。

表3 1951—2012年沈阳站均一化处理前后年平均、平均最高和最低气温趋势差异

Table 3 The differences of trends of annual mean temperature, mean maximum temperature and mean minimum temperature before and after homogenization during 1951—2012 at Shenyang station

气温	订正前趋势/ ($^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{ a})^{-1}$)	订正后趋势/ ($^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{ a})^{-1}$)	绝对偏差/ ($^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{ a})^{-1}$)	相对偏 差/%
平均气温	0.195 ¹⁾	0.460 ¹⁾	0.265	57.61
平均最高气温	0.125	0.257 ¹⁾	0.132	51.36
平均最低气温	0.147	0.591 ¹⁾	0.444	75.13

注:1)表示通过了0.05信度的显著性检验。

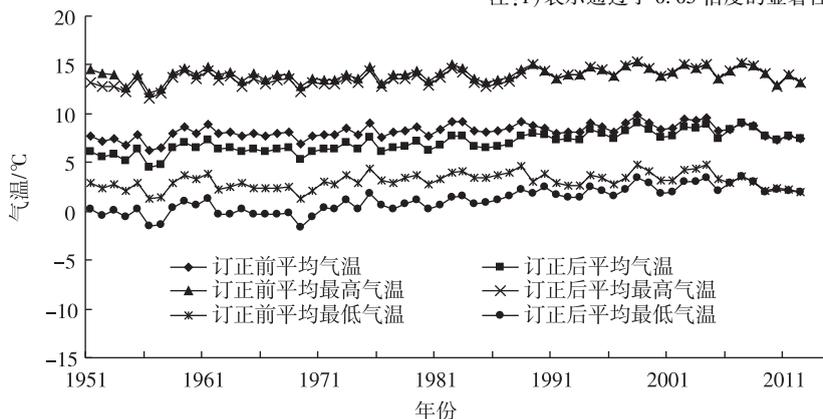


图1 沈阳站均一化处理前后的平均气温序列(单位: $^{\circ}\text{C}$)

Fig.1 The annual mean temperature series before and after homogenization at Shenyang station(units: $^{\circ}\text{C}$)

2.2 均一化处理前后极端气温指数趋势差异

订正前后极端气温指数线性趋势的对比(图 2)表明:无论订正前后,与冷事件有关的指数都呈下降趋势,如霜冻日数、结冰日数、冷夜日数、冷昼日数、冷日持续指数;与暖事件有关的指数都呈增加趋势,如夏季日数、炎热夜数、暖夜日数、暖昼日数、暖日持续指数。这与以往的研究相一致(Zhai and Pan, 2003; Qian and Lin, 2004; Ren et al., 2012)。同时,订正后的趋势变化更为显著。斜线直方图表明:订正后极端气温指数的线性趋势均通过了 0.05 信度的显著性检验;订正前除夏季日数和冷昼、冷(暖)夜日数外,均未通过检验。

表 4 给出均一化处理前后,1951—2012 年各个极端气温指数的线性趋势变化情况。就趋势大小来说,资料非均一性使得沈阳站冷指数的趋势变化被高估,绝对偏差为负;暖指数的趋势变化被低估,绝对偏差为正。其中,冷夜日数和暖夜日数的绝对偏差较大,绝对值分别为 8.80 和 7.17 d/(10 a),结冰日数、夏季日数和暖日持续指数的绝对偏差大小要小于 1.0 d/(10 a),一方面是这些指数的趋势变化原本就很微弱,另一方面说明资料非均一性对该指数趋势变化影响较小。霜冻日数、炎热夜数、冷(暖)夜日数、冷日持续指数以及暖昼日数的相对偏差均大于 70%。可见,订正前后,与最低气温有关的极端气温指数绝对(相对)偏差较大,与最高气温有关的极端气温指数绝对(相对)偏差较小。

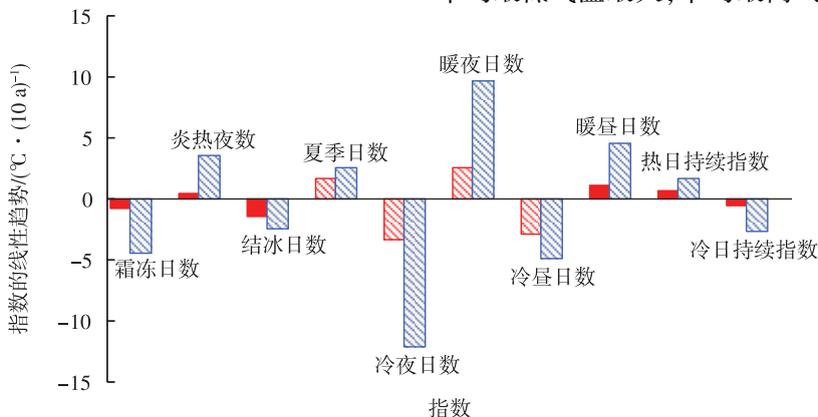


图 2 沈阳站均一化处理前后极端气温指数序列的线性趋势对比(单位: $^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$; 红色:订正前;蓝色:订正后;斜线:通过 0.05 信度的显著性检验)

Fig. 2 The comparison of linear trends of extreme temperature indices before and after homogenization (units: $^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$; red: before homogenization; blue: after homogenization; slant: significance of over 95% confidence level)

表 4 1951—2012 年沈阳站均一化处理前后极端气温指数的线性趋势及差值

Table 4 The linear trends and differences of extreme temperature indices before and after homogenization during 1951—2012 at Shenyang station

指数	订正前趋势/ ($^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$)	订正后趋势/ ($^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$)	绝对偏差/ ($^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$)	相对偏 差/%
霜冻日数	-0.74	-4.48 ¹⁾	-3.74	83.48
炎热夜数	0.47	3.54 ¹⁾	3.07	86.72
结冰日数	-1.48	-2.43 ¹⁾	-0.95	39.09
夏季日数	1.70 ¹⁾	2.52 ¹⁾	0.82	32.54
冷夜日数	-3.28 ¹⁾	-12.08 ¹⁾	-8.8	72.85
暖夜日数	2.55 ¹⁾	9.72 ¹⁾	7.17	73.77
冷昼日数	-2.85 ¹⁾	-4.86 ¹⁾	-2.01	41.36
暖昼日数	1.08	4.53 ¹⁾	3.45	76.71
热日持续指数	0.67	1.63 ¹⁾	0.96	58.90
冷日持续指数	-0.5	-2.64 ¹⁾	-2.14	81.06

注:1)表示通过了 0.05 信度的显著性检验。

3 均一化处理对城市化偏差分析的影响

3.1 均一化处理前后平均气温序列城市化影响差异

图 3 给出均一化订正前后平均气温的城市化影响偏差与标准误差线。均一化处理前,年平均气温的城市化影响偏差均为负,均一化处理后,均为正值。但无论订正前后,城市化影响偏差的绝对值以平均最低气温最大,平均最高气温最小。这与最低

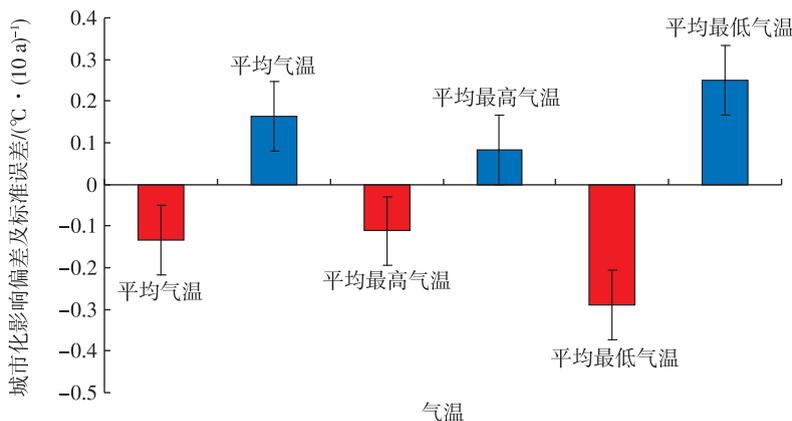


图3 沈阳站均一化订正前后年平均气温趋势变化的城市化影响偏差及标准误差线(单位: $^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$;柱状图:城市化影响偏差;黑实线:标准误差;红色:订正前;蓝色:订正后)

Fig.3 The urban bias of annual mean temperature before and after homogenization and its standard error (units: $^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$; histogram: urban bias; black solid line: standard error; red: before homogenization; blue: after homogenization)

气温受城市化影响明显的认识相一致(司鹏等, 2010)。订正前后平均最低气温的城市化影响偏差分别为 -0.289 、 $0.249 \text{ }^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$;平均最高气温的城市化影响偏差分别为 -0.112 、 $0.084 \text{ }^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$;年平均气温的城市化影响偏差分别为 -0.135 、 $0.163 \text{ }^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$ 。就沈阳站来说,资料非均一性对平均气温的城市化偏差定量估计在 $0.196 \sim 0.538 \text{ }^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$ 之间。就标准误差的绝对大小来说,订正前后平均气温城市化影响偏差估计的可信区间相差不大,参数估计精度近似。

均一化处理前沈阳站的城市化影响偏差均为负值,作为一个城市建设不断发展,城市规模不断扩大,人口数量众多的大城市,订正前的城市化负偏差并不符合城市站气温增暖趋势高于乡村站的一般认识。迁站等因素造成的非均一性显然对沈阳站城市化影响指标造成较大影响,采用未经均一化的数据来评估城市化对趋势变化造成的影响显然会造成错误的认知。但值得注意的是,均一化处理后的气温序列在一定程度上恢复了城市化造成的增温趋势(任国玉等, 2010; Zhang et al., 2014),这也给订正数据加入了新的系统性误差。

表5分析了均一化后沈阳站与参考站年平均气温的线性趋势差异。参考站年平均、平均最高(最低)气温的增温趋势分别为 0.246 、 0.122 、 $0.370 \text{ }^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$,沈阳站订正后的增温趋势则可以达到 0.409 、 0.206 、 $0.619 \text{ }^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$ 。可见,城市站年平均气温(包括平均最高、最低)序列的增温趋势均要高于参考站。除参考站的最高气温外,平均气温序

列均通过 0.05 信度的显著性检验。均一化处理后,平均气温的城市化影响偏差在 $0.084 \sim 0.249 \text{ }^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$;城市化贡献率在 40% 左右。

表5 城市化对沈阳站平均气温序列趋势变化的影响(均一化处理后)

Table 5 The influence of urbanization on the linear trends of average mean temperature after homogenization at Shenyang station

气温	参考站趋势/ ($^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$)	沈阳站趋势/ ($^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$)	城市化影响偏差 / $(^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1})$	城市化影响贡献率/%
平均气温	$0.246^{1)}$	$0.409^{1)}$	$0.163^{1)}$	39.85
平均最高气温	0.122	$0.206^{1)}$	$0.084^{1)}$	40.78
平均最低气温	$0.370^{1)}$	$0.619^{1)}$	$0.249^{1)}$	40.23

注:1)表示通过了 0.05 信度的显著性检验。

3.2 均一化处理前后极端气温指数序列城市化影响差异

图4给出资料均一化处理前后,极端气温指数城市化影响偏差的对比情况及标准误差线,可以清楚地反映城市化对不同指数趋势变化造成的不同影响以及同一指数在均一化处理前后城市化影响偏差变化情况。指数位于 0 值线以上代表城市化影响偏差为正;位于 0 值线以下代表城市化影响偏差为负;红色代表订正前;蓝色代表订正后。可见,均一化订正后,与冷事件有关的极端气温指数序列的城市化

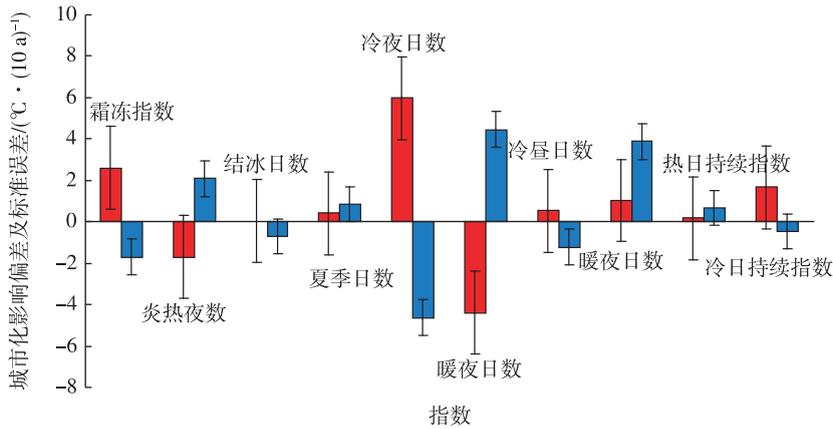


图 4 沈阳站均一化订正前后极端气温指数趋势变化的城市化影响偏差及标准误差线 (单位: $^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$; 柱状图: 城市化影响偏差; 黑实线: 标准误差; 红色: 订正前; 蓝色: 订正后)

Fig.4 The urban bias of extreme temperature indices before and after homogenization and its standard error (units: $^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$; histogram: urban bias; black solid line: standard error; red: before homogenization; blue: after homogenization)

影响偏差均为负值, 如霜冻日数、结冰日数、冷夜(昼)日数、冷日持续指数; 与暖事件有关的极端气温指数序列的城市化影响偏差均为正值, 如炎热夜数、夏季日数、暖夜(昼)日数、暖日持续指数; 符合中国大陆区域各极端气温指数城市化影响偏差整体上的数值特征(Ren and Zhou, 2013), 但订正前极端气温指数的城市化影响偏差分布无规律性。

均一化处理前后同一指数的城市化影响偏差数值表明: 均一化后, 冷指数的城市化影响偏差数值有所减小; 暖指数的城市化影响偏差数值有所增加。但极端气温指数城市化影响偏差的绝对大小分布在订正前后并无规律性。从标准误差线可以看出: 订正后极端气温指数序列的城市化影响偏差参数估计的精度远远高于订正前。

资料非均一性对沈阳站冷指数的城市化偏差影响的定量估计(订正后减去订正前)在 $-0.74 \sim -10.63 \text{ d}/(10 \text{ a})$ 之间; 暖指数在 $0.45 \sim 8.863 \text{ d}/(10 \text{ a})$ 之间; 对与最低气温有关指数的城市化偏差的绝对影响(订正前后绝对差值)为 $2.13 \sim 10.63 \text{ d}/(10 \text{ a})$; 对与最高气温有关指数的绝对影响为 $0.45 \sim 2.85 \text{ d}/(10 \text{ a})$ 。

表 6 反映了均一化后沈阳站及参考站的极端气温指数趋势变化情况对比。可以看出, 与城市化对平均气温序列造成的增温趋势不同, 城市化对极端气温指数趋势变化的影响呈现不同符号。订正后冷指数的城市化影响为负值; 暖指数的城市化影响为正值。同时, 参考站极端气温指数趋势变化的大小

都要小于沈阳站的趋势, 因此城市化实际上加剧了沈阳站极端气温指数的趋势变化幅度。就沈阳站来说, 相对于本地背景气候变化, 城市化使得冷指数的趋势变化被低估; 使得暖指数的趋势变化被高估, 并不能反映本地大尺度背景下极端气温指数序列真实的趋势变化。这与资料非均一性对极端气温指数趋势变化的影响相反。

对于参考站, 各极端气温指数的趋势变化在 $-7.31 \sim 6.68 \text{ d}/(10 \text{ a})$ 之间, 除结冰日数、夏季日数和暖昼(夜)日数外, 其他指数的趋势变化均通过了 0.05 信度的显著性检验; 沈阳站(订正后), 各极端气温指数的趋势变化在 $-11.95 \sim 11.14 \text{ d}/(10 \text{ a})$ 之间, 除结冰日数外, 各极端气温指数趋势变化均通过显著性检验。

城市化影响偏差以相对指数为最大, 绝对指数次之, 持续时间指数最小。因此, 就同类指数而言, 城市化对与最低气温有关的极端气温指数趋势变化影响相对较大(霜冻日数、炎热夜数、冷(暖)夜日数); 对与最高气温有关的极端气温指数趋势变化影响相对较弱(结冰日数、夏季日数、冷(暖)昼日数)。虽然选取的极端气温指数略有不同, 但这与周雅清和任国玉(2010)、张雷等(2011)、Zhou and Ren(2011)的研究相一致。此外, 城市化对持续时间指数的影响较为微弱。显著性检验结果表明: 结冰日数、夏季日数、冷(暖)日持续指数的城市化影响偏差未通过显著性检验。

表6 城市化对沈阳站极端气温指数序列趋势变化的影响
(均一化处理)

Table 6 The influence of urbanization on the linear trends of extreme temperature indices after homogenization at Shenyang station

指数	参考站趋势/ ($^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$)	沈阳站趋势/ ($^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$)	城市化影 响偏差/ ($^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$)	城市化影 响贡献 率/%
霜冻日数	-3.21 ¹⁾	-4.91 ¹⁾	-1.70 ¹⁾	34.62
炎热夜数	2.22 ¹⁾	4.31 ¹⁾	2.09 ¹⁾	48.49
结冰日数	-0.65	-1.35	-0.70	51.85
夏季日数	1.46	2.32 ¹⁾	0.86	37.07
冷夜日数	-7.31 ¹⁾	-11.95 ¹⁾	-4.64 ¹⁾	38.83
暖夜日数	6.68 ¹⁾	11.14 ¹⁾	4.46 ¹⁾	40.04
冷昼日数	-1.74	-2.96 ¹⁾	-1.22 ¹⁾	41.22
暖昼日数	1.28	5.16 ¹⁾	3.88 ¹⁾	75.19
热日持 续指数	1.21 ¹⁾	1.88 ¹⁾	0.67	35.64
冷日持 续指数	-1.26 ¹⁾	-1.73 ¹⁾	-0.47	27.17

注:1)表示通过了0.05信度的显著性检验。

4 结论

1)资料均一化处理对日最高气温及其衍生的极端气温指数序列趋势影响较弱,但对日最低气温及其衍生的极端气温指数序列趋势影响很大。

2)沈阳站是由于城市扩张导致迁站降温的典型案例,经资料均一化处理,平均气温序列的城市化影响偏差有所增大,平均最低气温序列城市化影响偏差增大尤其明显。资料非均一性对沈阳站平均气温的城市化偏差影响定量估计为 $0.196 \sim 0.538\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{a})$,同样以对最低气温的影响最大,最高气温的影响最小。

3)均一化处理前后沈阳站同一指数的城市化影响偏差表明:订正后冷指数的城市化影响偏差数值较订正前有所减小;暖指数的城市化影响偏差数值有所增加。资料非均一性对冷指数的城市化偏差影响定量估计为 $-0.74 \sim -10.63\text{ d}/(10\text{a})$;暖指数为 $0.450 \sim 8.863\text{ d}/(10\text{a})$;对与最低气温有关指数的城市化偏差的绝对影响为 $2.13 \sim 10.63\text{ d}/(10\text{a})$;对与最高气温有关指数的绝对影响为 $0.45 \sim 2.85\text{ d}/(10\text{a})$ 。

4)资料均一化处理有效纠正了因迁站等原因造成的地面气温观测记录中的非均一性,但却在很大程度上还原了城市站地面气温观测记录中的城市

化影响偏差,给数据加入新的系统误差。

参考文献:

- 曹丽娟,严中伟.2011.地面气候均一性研究进展[J].气候变化研究进展,7(2):129-135.
- 任国玉.2003.器测时期地面气温变化研究的现状和问题[J].气象,29(8):3-7.
- 任国玉,郭军,徐铭志,等.2005.近五十年中国地面气候变化基本特征[J].气象学报,63(6):942-956.
- 任国玉,张爱英,初子莹,等.2010.我国地面气温参考站点遴选的依据、原则和方法[J].气象科技,38(1):85-98.
- 司鹏,李庆祥,李伟,等.2010.城市化对深圳气温变化的贡献[J].大气科学学报,33(1):110-116.
- 张雷,任国玉,刘江,等.2011.城市化对北京气象站极端气温指数趋势变化的影响[J].地球物理学报,54(5):1150-1159.
- 周建平,孙照渤,倪东鸿,等.2013.中国气象台站迁移对年平均气温均一性的影响[J].大气科学学报,36(2):139-146.
- 周雅清,任国玉.2005.华北地区地表气温观测中城镇化影响的检测和订正[J].气候与环境研究,10(4):743-753.
- 周雅清,任国玉.2010.中国大陆1956~2008年极端气温事件变化特征分析[J].气候与环境研究,15(4):406-417.
- Frich P, Alexander L V, Della-Marta P, et al.2002. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century[J].Climate Res,19:193-212.
- Li Q X, Liu X N, Zhang H Z, et al.2004. Detecting and adjusting on temporal inhomogeneity in Chinese mean surface air temperature data[J].Adv Atmos Sci,21(2):260-268.
- Li Z, Yan Z W.2009. Homogenized daily mean/maximum/minimum temperature series for China from 1960—2008[J].Atmos Oceanic Sci Lett,2(4):237-243.
- Qian W H, Lin X.2004. Regional trends in recent temperature and indices in China[J].Climate Res,27:119-134.
- Ren G Y, Zhou Y Q.2013. Urbanization effect on trends of extreme temperature indices of national stations over Mainland China, 1961—2008[J].J Climate,27:2340-2360.
- Ren G Y, Ding Y H, Zhao Z C, et al.2012. Recent progress in studies of climate change in China[J].Adv Atmos Sci,29(5):958-977.
- Yan Z W, Yang C.2001. Influence of inhomogeneity on the estimation of mean and extreme temperature trends in Beijing and Shanghai[J].Adv Atmos Sci,18(3):309-321.
- Yan Z W, Li Z, Li Q X, et al.2010. Effects of site change and urbanization in the Beijing temperature series 1977—2006[J].Int J Climatol,30:1226-1234.
- Zhai P M, Pan X H.2003. Trends in temperature extremes during 1951—1999 in China [J]. Geophys Res Lett, 30 (17): 1913. doi: 10. 1029/2003GL018004.
- Zhang L, Ren G Y, Ren Y Y, et al.2014. Effect of data homogenization on estimate of temperature trend: A case of Huairou station in Beijing Municipality[J].Theor Appl Climatol,115(3):365-373.
- Zhou Y Q, Ren G Y.2011. Change in extreme temperature event frequency over mainland China, 1961—2008 [J]. Climate Res, 50: 125-139.

(责任编辑:张福颖)