

城市热岛效应增温对环境气温的影响

马林¹, 孙艳云¹, 张钰祺², 王帅³, 于文博¹, 王若男¹,
韩冰⁴, 刘振宏¹, 李东宇¹

(1.辽宁省气象装备保障中心, 沈阳 110116; 2.辽宁省气象服务中心, 沈阳 110116;
3.辽宁省气象信息中心, 沈阳 110116; 4.大连市气象局, 辽宁大连 116011)

摘要: **目的** 研究城市热岛效应对环境气温的影响。**方法** 选用辽宁中西部地区中小城市及农村(CK)基准气候站1960—2015年的气温资料,采用数理统计学对照分析方法,对中小城市中气温年际变化特征及其城市热岛增温进行量化研究。**结果** 城市气温在20世纪80年代后期存在明显的气候“突变”特征,气温的“突变”主要来自于城市化热岛的影响。对照农村气温变化,城市热岛使年平均气温增高0.65℃,城市热岛效应为147.7%。城市热岛使春、夏、秋、冬四季平均气温分别增高0.41、0.41、0.72、0.80℃,四季城市热岛效应分别为59.4%、256.3%、450.0%和106.7%。在年变化中,城市热岛效应增温最大值在1月份,9月至翌年3月对热岛增温贡献最大。**结论** 气象监测站居于城市内,所测试的气温资料受城市热岛现象的影响,掩盖了自然气候变化的实际情况,造成气温监测结果偏高,致使农业及农业科研、土木建筑、桥涵建设在温度指标运用上受到影响。

关键词: 热岛效应; 增温; 气温

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2019.06.013

中图分类号: P461

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2019)06-0078-07

Warming Effect of Urban Heat Island Effect on Environment and Temperature

MA Lin¹, SUN Yan-yun¹, ZHANG Yu-qi², WANG Shuai³, YU Wen-bo¹,
WANG Ruo-nan¹, HAN Bing⁴, LIU Zhen-hong¹, LI Dong-yu¹

(1. Liaoning Meteorological Equipment Support Center, Shenyang 110116, China; 2. Liaoning Meteorological Service Center, Shenyang 110116, China; 3. Liaoning Meteorological Information Center, Shenyang 110116, China;
4. Dalian Meteorological Bureau, Dalian 116011, China)

ABSTRACT: Objective To study the influence of urban heat island effect on the ambient temperature. **Methods** Temperature data from 1960 to 2015 from the small and medium-sized cities and rural (CK) reference climate stations in central and western Liaoning was used to have quantitative study on the interannual variation characteristics of temperature in small and medium-sized cities and its urban heat island warming effect with the statistical comparative analysis method. **Results** In the late 1980s, the urban air temperature had obvious "abrupt changes" in climate, and the "abrupt changes" in air temperature mainly came from the influence of urbanization heat island. Compared with the rural temperature change, the urban heat island increased the annual average temperature by 0.65℃, and the urban heat island effect was 147.7%. Urban heat island increased the average temperature in spring, summer, autumn and winter by 0.41, 0.41, 0.72 and 0.80℃ respectively. The urban heat is-

收稿日期: 2019-03-19; 修订日期: 2019-05-12

基金项目: 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201206024); 中国气象局关键技术集成与应用项目(CMGJ2013M11)。

作者简介: 马林(1987—),女,辽宁铁岭人,研究生,工程师,主要研究方向为城市气象学。

通讯作者: 孙艳云(1972—),女,辽宁朝阳人,高级工程师,主要研究方向为气象科学。

land effect in four seasons was 59.4%, 256.3%, 450.0% and 106.7% respectively. In the annual change, the maximum warming value of urban heat island effect was in January, and the contribution to heat island warming was the greatest from September to March of the following year. **Conclusion** The meteorological monitoring stations are located in cities. The temperature data tested are affected by the urban heat island phenomenon, which masks the actual situation of natural climate change, resulting in high temperature detection results, thus affecting the application of temperature indicators in agriculture and agricultural scientific research, civil construction and bridge and culvert construction.

KEY WORDS: heat island effect; warming; temperature

城市热岛不仅仅影响城市的生活环境,给认知气候变化与气候评估带来误差,也给天气预报、农业科学研究、土木工程建筑业等学科的温度指标运用带来影响。中国有 3000 个左右中小城市,气象上基准气候站随城而建,开始建立在城郊,随着城市建设的不断扩展,基准气候站被城市所包围。在逐渐形成的城市热岛影响下,使基准气候站的气温观测值偏高于自然气温值,严重影响了对气候资源的评估及对气候变暖程度的正确判断。因此,研究城市热岛效应对环境气温的影响具有重要意义。有研究认为,20 世纪 80 年代至 21 世纪 00 年代是近百年来升温最快的阶段^[1-3],而这个期间也恰恰是城市扩张最快的时期^[4]。IPCC 预计 21 世纪末全球地表平均温度增温幅度在 1.1~6.4 °C 之间^[5]。郑艳萍^[6]、刘星燕^[7]、苏晓丹^[8]等研究唐山、张家口、嫩江平原气温变化特征时,使用了城市内基准气候站的气温资料,得出气温变化速率在 0.40 °C/10 a 左右。这些研究成果表现出气候变暖的特征,但也包含了城市热岛所产生的增温效应,其结果与实际气候变暖有一定偏差。段春峰^[9]、张爱英^[10]、张一平^[11]等研究了大城市增温贡献使基准气候站气温偏高的结果,说明了城市热岛对气温观测资料的影响。目前对中小城市热岛效应量化研究并不多见,因此,文中选择辽宁中西部地区,包括平原、沿海、丘陵等 15 个中小城市为研究对象,并以当地农村基准气候站建平、羊山为对照,量化分析城市热岛效应对气温影响,理性认知气候变暖的实际情景。研究结果将对气象情报预报、气候资源评价、农作物引种及科学研究、土木工程建筑等温度指标应用具有参考价值。

1 资料与方法

1.1 研究区概况

1) 城区基准气候站周边环境。沈阳地区西部城市、阜新、锦州、葫芦岛、朝阳和赤峰地区等 15 个中小城市位于辽宁中西部,包括平原、丘陵和沿海各地理类型。各个城市均设有国家基准气候站,始建于 20 世纪 50 年代。根据《基准气候站观测环境保护规定》要求,基准气候站周围的建筑物、树木和其他遮挡物边缘的距离,必须为遮挡高度的 10 倍以远。20

世纪 60、70 年代,城区建设发展缓慢,各城区面积不足 3~5 km²,基准气候站距离城市边缘在 3 km 以上,周边环境变化很小。自 1980 年城区面积开始拓展,1985—1990 年城区面积增加近 2~3 倍。在 20 世纪 80 年代后,建筑物结构、面积、高度变化迅速,高层建筑成为城市的主体。随着城市区域的扩展,基准气候站被城市所包围,基准气候站已经位于城市腹地。

2) 对照区基准气候站周边环境。建平镇、羊山镇隶属于朝阳市,位于农村。两个农村基准气候站始建于 20 世纪 50 年代末,截止 21 世纪 10 年代,周边环境变化仍然很小。建平镇位于赤峰、阜新、朝阳、叶柏寿及义县城区的中间位置;羊山位于朝阳、喀左、建昌、葫芦岛、锦州城区的中间位置。两个农村基准气候站周边环境的自然状态,作为城市热岛效应研究的对照(CK)具备代表性。

1.2 资料来源

本研究使用的资料为 1960—2015 年赤峰、叶柏寿、凌源、喀左、朝阳、北票、阜新、义县、新民、辽中、锦州、建昌、绥中、兴城、葫芦岛地区等 15 个城市基准气候站,及建平、羊山 2 个农村基准气候站近 56 年的气温资料。分别统计了月、季、年平均气温以及 ≥ 0 °C 积温,收集了各个市的城市建设面积资料作为参考。

1.3 分析方法

采用分段比较的方法探索城市热岛对气温的影响。通过 Mann-Kendall 突变检验、距平变化、气候变化速率^[12]等数理统计方法对数据处理,从 1960—2015 年长序列中分段剥离出城市热岛所引起的增温效应。

气温线性升高的计算公式为:

$$\Delta T_a = Na$$

式中: N 为年数样本; a 为气温速率,由一元线性方程求得。

城市热岛线性增温的计算公式为:

$$\Delta T_{\text{rea}} = \Delta T_{\text{ca}} - \Delta T_{\text{na}}$$

式中: ΔT_{ca} 、 ΔT_{na} 分别为城市气温线性升高、农村气温线性升高。

城市扩建气温突变增温的计算公式为:

$$\Delta \bar{T}_{bc} = (\bar{T}_{qc} - \bar{T}_{hc})$$

式中: $\bar{T}_{qc}$ 、 $\bar{T}_{hc}$ 分别为城市扩建气温突变点前后平均气温。

农村 (CK) 气温突变增温的计算公式为:

$$\Delta \bar{T}_{bn} = (\bar{T}_{qn} - \bar{T}_{hn})$$

式中: $\bar{T}_{qn}$ 、 $\bar{T}_{hn}$ 分别为气温突变点前后平均气温, 农村气温突变点是根据城市扩建气温突变时间节点而定。

城市热岛增温 $\Delta T_{rc} = \Delta \bar{T}_{bc} - \Delta \bar{T}_{bn}$, 城市热岛效应 $Q_{rc} = \Delta T_{rc} / \Delta \bar{T}_{bn} \times 100\%$ 。

2 结果分析

2.1 城市热岛对年平均气温的影响

如图 1 所示, 年平均气温年际变化呈升高趋势, 与全球气候变暖的变化趋势相吻合。从图 1a 分析得出, 城市年平均气温呈升高趋势, 气候倾向率为 $0.31^\circ\text{C}/\text{a}$, 序列相关系数 0.6969 ($P < 0.01$) 达到极显著水平, 城市年平均气温线性升高 1.74°C 。经 Mann-Kendall 突变检验和距平值变化分析, 城市年平均气温在 1987、1988 年存在显著突变。气候突变时间点与城市扩展、建设迅速时期相吻合, 各个中小城市基准气候站在 20 世纪 80 年代中后期相应被城市建筑物包围。因此, 城市的热岛效应在气候突变 (1988 年) 之后, 在气象资料中有明显的表现^[11,13-14]。气候突变之前, 1960—1987 年负距平概率占 42.9%, 正距平概率占 7.1%, 年平均气温为 8.64°C ; 气候突变之后, 1988—2015 年负距平概率占 8.9%, 正距平概率占 41.1%, 年平均气温为 9.73°C , 气候突变之后与突变之前相比, 年平均气温升高 1.09°C 。

如图 1b 所示, 建平、羊山基准气候站位于农村, 周边环境为没有改变的原始状态, 作为研究城市热岛效应的对照点 (CK, 简称农村)。在 1960—2015 年的时间序列里, 农村 (CK) 年平均气温存在升高趋势, 气候倾向率为 $0.08^\circ\text{C}/10 \text{ a}$, 序列相关系数为 0.2195 , 通过 $P < 0.10$ 检验水平, 1960—2015 年农村年平均气温线性升高 0.44°C 。经过 Mann-Kendall 突变检验和距平值变化分析, 在 1960—2015 年长序列中, 农村 (CK) 年平均气温不存在气候突变特征, 说明在气候变暖的情景下, 农村 (CK) 年平均气温随着时间变化呈波动升高趋势。如果依照城市气温气候突变点 1987、1988 年为界, 将农村 (CK) 气温序列分为 1960—1987 年和 1988—2015 年两部分, 1960—1987 年负距平概率占有 32.1%, 正距平概率占有 17.9%, 年平均气温为 7.09°C ; 1988—2015 年负距平概率占 12.5%, 正距平概率占 37.5%, 年平均气

温为 7.53°C 。1988—2015 年平均气温比 1960—1987 年平均升高 0.44°C 。

经以上结果分析, 城市与农村 (CK) 对照, 城市年平均气温在 1960—2015 年序列中, 受热岛影响, 气温气候倾向率提高 $0.32^\circ\text{C}/10 \text{ a}$, 年平均气温线性增温 (ΔT_{rc}) 升高 1.30°C 。气候突变 (1988—2015 年) 之后, 受城市热岛影响, 城市年平均气温升高 (即城市热岛增温 ΔT_{rc}) 0.65°C , 占城市年平均气温的 7.1%, 其城市热岛效应 (Q_{rc}) 为 147.7%。

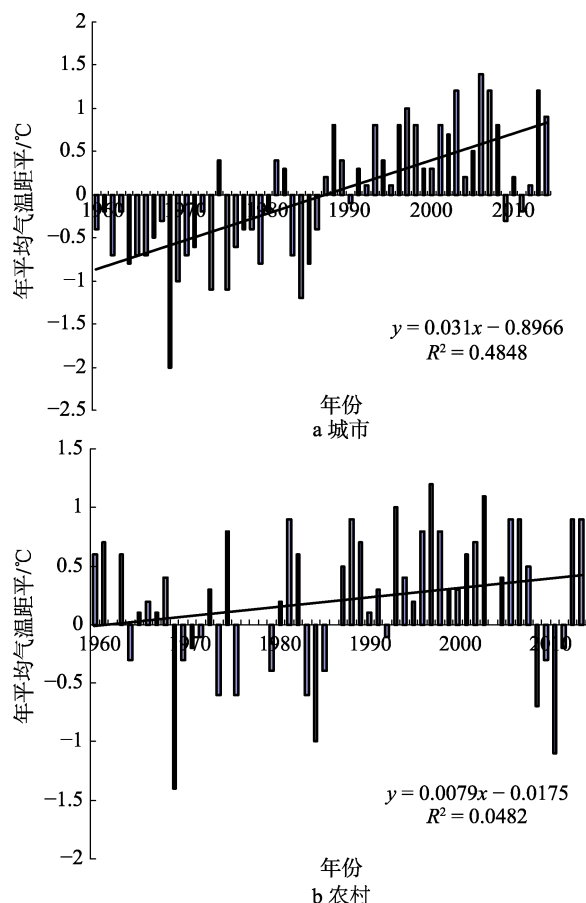


图 1 城市、农村年平均气温距平值变化趋势

2.2 城市热岛对四季气温的影响

2.2.1 春季

如图 2a 所示, 城市春季平均气温气候倾向率为 $0.32^\circ\text{C}/10 \text{ a}$, 序列相关系数 0.4811 ($P < 0.01$) 达到极显著水平, 线性升高 1.78°C 。经 Mann-Kendall 突变检验和距平值变化分析, 城市春季平均气温在 1987、1988 年存在显著突变, 与年平均气温突变点一致。1960—1987 年, 负距平概率占 32.1%, 正距平概率占 15.9%, 平均气温为 9.34°C ; 1988—2015 年, 负距平概率占 10.7%, 正距平概率占 39.3%, 平均气温为 10.44°C , 气候突变之后与突变之前相比, 春季平均气温升高 1.10°C 。

在1960—2015年的时间序列里,农村(CK)春季平均气温气候倾向率为 $0.19\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,序列相关系数 0.3030 ($P<0.05$)达到显著水平,1960—2015年春季平均气温线性升高 $1.09\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。经过Mann-Kendall突变检验和距平值变化分析,1987、1988年气候突变不显著。依照城市气候突变界限,1960—1987年,负距平概率占 26.8% ,正距平概率占 23.2% ,平均气温为 $8.62\text{ }^{\circ}\text{C}$;1988—2015年,负距平概率占 10.7% ,

正距平概率占 39.3% ,平均气温为 $9.31\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。农村(CK)春季气温在“突变”界限前后平均升高 $0.69\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

城市春季平均气温在1960—2015年序列中,受热岛影响,气温气候倾向率提升了 $0.12\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,平均气温线性增温(ΔT_{rca})升高 $0.69\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。气候突变(1988—2015年)之后,受城市热岛影响,春季城市热岛增温(ΔT_{rc}) $0.41\text{ }^{\circ}\text{C}$,占城市春季平均气温的 4.1% ,春季城市热岛效应(Q_{rc})为 59.4% 。

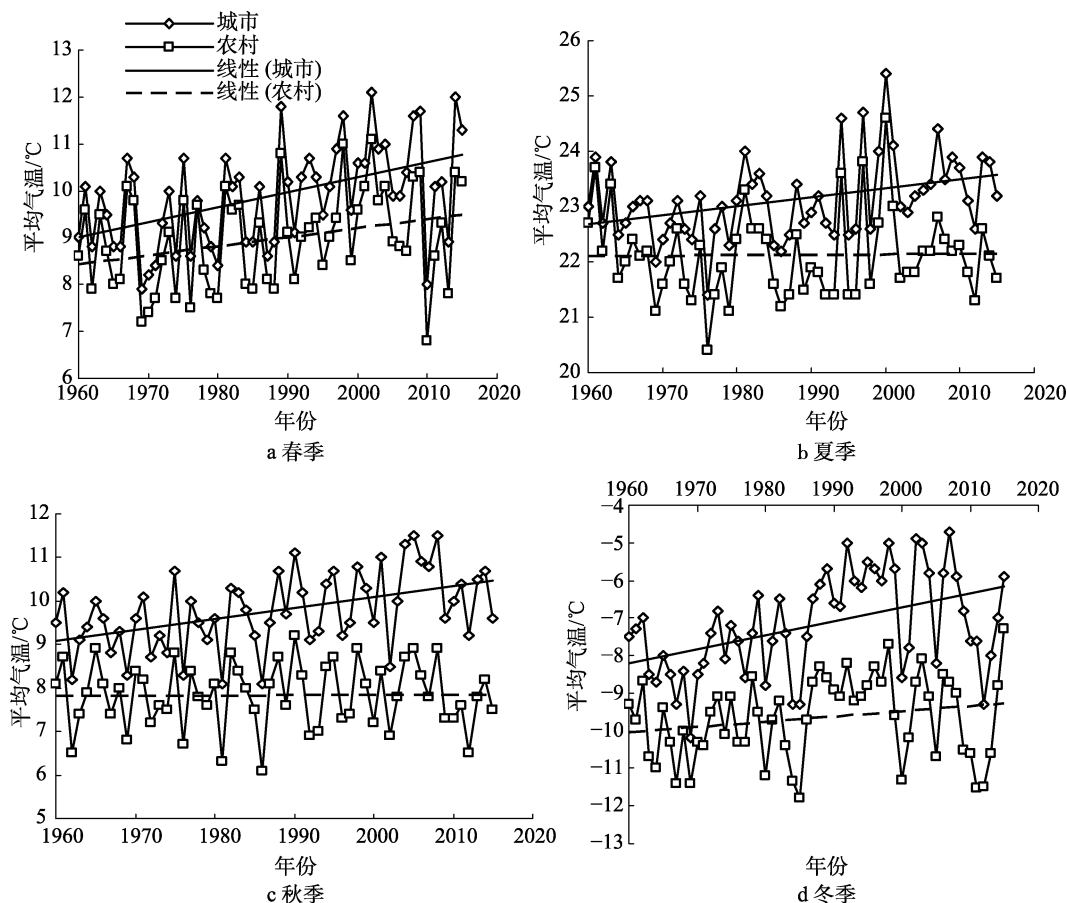


图2 城市、农村四季平均气温变化特征

2.2.2 夏季

如图2b所示,城市夏季平均气温气候倾向率为 $0.16\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,序列相关系数 0.3650 ($P<0.01$)达到极显著水平,线性升高 $0.90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。经Mann-Kendall突变检验和距平值变化分析,城市夏季平均气温突变点不明显。按照年平均气温突变点1987、1988年分界,1960—1987年,负距平概率占 32.1% ,正距平概率占 17.9% ,平均温度为 $22.85\text{ }^{\circ}\text{C}$;1988—2015年,负距平概率占 19.6% ,正距平概率占 30.4% ,平均气温为 $23.42\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，“突变”前后相比,夏季平均气温升高 $0.57\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

农村(CK)在1960—2015年的时间序列里,农村夏季平均气温气候倾向率为 $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,序列相关系数为 0.1730 ,没通过显著水平检验,平均气温线性升高 $0.04\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。经过Mann-Kendall突变检验和距平

值变化分析,农村(CK)不存在气候突变。依据城市气候突变点1987、1988年分界,1960—1987年,负、正距平概率各占 25.0% ,平均气温为 $22.04\text{ }^{\circ}\text{C}$;1988—2015年,负距平概率占 17.9% ,正距平概率占 21.4% ,平均气温为 $22.20\text{ }^{\circ}\text{C}$,夏季气温平均升高 $0.16\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

城市夏季平均气温在1960—2015年序列中,受热岛影响,气温气候倾向率提升了 $0.16\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,平均气温线性增温(ΔT_{rca})升高 $0.86\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。气候突变(1988—2015年)之后,受城市热岛影响,夏季城市热岛增温(ΔT_{rc}) $0.41\text{ }^{\circ}\text{C}$,占城市夏季平均气温的 1.6% ,夏季城市热岛效应(Q_{rc})为 256.3% 。

2.2.3 秋季

如图2c所示,城市秋季平均气温气候倾向率为

0.25 °C/10 a, 序列相关系数 0.4660 ($P < 0.01$) 达到极显著水平, 线性升高 1.40 °C。经 Mann-Kendall 突变检验和距平值变化分析, 城市秋季平均气温在 1987、1988 年存在显著突变, 与年平均气温突变点相同。1960—1987 年, 负距平概率占 37.5%, 正距平概率占 12.5%, 平均气温为 9.33 °C; 1988—2015 年, 负距平概率占 17.9%, 正距平概率占 32.1%, 平均气温为 10.21 °C。气候突变前后相比, 平均气温升高 0.88 °C。

在 1960—2015 年的时间序列里, 农村秋季平均气温气候倾向率为 0.01 °C/10 a, 序列相关系数为 0.0141, 没通过显著性水平检验, 平均气温线性升高 0.03 °C。经过 Mann-Kendall 突变检验和距平值变化分析, 农村不存在气候突变。依据城市气候突变点 1987、1988 年分界, 1960—1987 年, 负距平概率占 21.4%, 正距平概率占 28.6%, 平均气温为 7.76 °C; 1988—2015 年, 负距平概率占 21.4%, 正距平概率占 28.6%, 平均气温为 7.92 °C, 秋季平均气温微弱升高 (0.16 °C)。

在 1960—2015 年序列中, 受热岛影响, 气温气候倾向率提升了 0.22 °C/10 a, 平均气温线性增温 (ΔT_{rea}) 升高 1.37 °C。气候突变 (1988—2015 年) 之后, 受城市热岛影响, 城市热岛增温 (ΔT_{rc}) 0.72 °C, 占城市冬季平均气温的 7.3%, 秋季城市热岛效应 (Q_{rc}) 为 450.0%。

2.2.4 冬季

如图 2d 所示, 城市冬季平均气温气候倾向率为 0.37 °C/10 a, 序列相关系数 0.4533 ($P < 0.01$) 达到极显著水平, 线性升高 2.08 °C。经 Mann-Kendall 突变检验和距平值变化分析, 城市冬季平均气温在 1987、1988 年存在显著突变, 与年平均气温突变点相同。1960—1987 年, 负距平概率占 39.3%, 正距平概率占 10.7%, 平均气温为 -7.95 °C; 1988—2015 年, 负距平概率占 12.5%, 正距平概率占 37.5%, 平均气温为 -6.40 °C, 气候突变前后相比, 平均气温升高 1.55 °C。

在 1960—2015 年的时间序列里, 农村冬季平均气温气候倾向率为 0.14 °C/10 a, 序列相关系数为 0.2049, 通过 $P < 0.10$ 显著性检验水平, 平均气温线性升高 0.77 °C。经过 Mann-Kendall 突变检验和距平值变化分析, 农村冬季气温突变不显著。依照 1987、1988 年分界, 1960—1987 年, 负距平概率占 26.8%, 正距平概率占 23.2%, 平均气温为 -10.15 °C; 1988—2015 年, 负距平概率占 14.3%, 正距平概率占 35.7%, 平均气温为 -9.40 °C, 平均气温升高 0.75 °C。

在 1960—2015 年序列中, 受热岛影响, 气温气候倾向率提升了 0.23 °C/10 a, 年平均气温线性增温 (ΔT_{rea}) 1.31 °C。气候突变 (1988—2015 年) 之后, 受城市热岛影响, 冬季城市热岛增温 (ΔT_{rc}) 0.80 °C, 占城市冬季平均气温的 11.1%, 冬季城市热岛效应

(Q_{rc}) 为 106.7%。

2.3 城市热岛对各月气温倾向率的影响

城市气温气候倾向率的变化包含受大环境气候变暖引起的气温升高和小环境城市热岛影响气温升高这两部分, 而农村 (CK) 气温气候倾向率的变化则是单一大环境气候变暖影响的结果。如图 3 所示, 城市、农村 (CK) 各月平均气温气候倾向率存在较大的差异。城市各月气温倾向率幅度在 0.13~0.48 °C/10 a 之间, 10 月至翌年 6 月, 序列相关系数均通过 $P < 0.01$ 和 $P < 0.05$ 检验, 达到极显著和显著水平, 7、8、9 月序列相关系数通过了 $P < 0.10$ 检验水平。农村 (CK) 各月气温倾向率幅度在 0.00~0.28 °C/10 a 之间, 1—4 月序列相关系数通过 $P < 0.05$ 检验, 达到显著水平, 而 5—12 月未通过序列相关系数检验水平, 说明即使在气候变暖的大环境下, 农村 (CK) 气温的升高趋势并不显著。

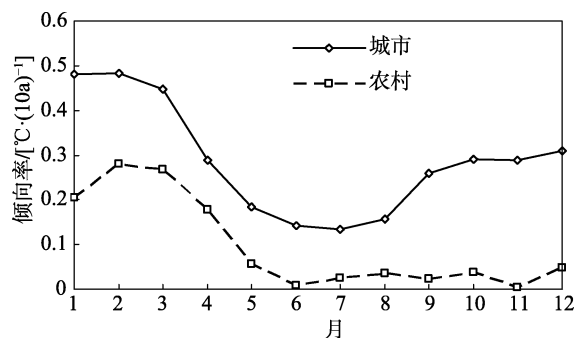


图3 城市、农村各月平均气温气候倾向率变化

2.4 城市各月线性增温与热岛增温

城市线性增温等于城市气温线性升高与农村 (CK) 气温线性升高之差, 代表气候变暖与城市热岛效应之和。各月线性增温与热岛增温变化曲线如图 4 所示, 城市线性增温各月变化在 0.62~1.49 °C 之间, 最高值出现在 1 月, 最低值出现在 7 月。9 月至翌年 3 月城市线性增温在 1.0 °C 以上, 5 月至 8 月线性增温在 0.62~0.72 °C 之间。城市热岛增温是通过城市建设发展与气候突变点 1987、1988 年前、后列差求得, 城市热岛增温小于线性增温。由图 4 可知, 城市热岛增温各月变化在 0.28~1.04 °C 之间, 最高值出现在 1 月, 5 月出现全年最小值。在年周期内, 相较夏半年, 冬半年更明显地表现出城市热岛增温, 9 月至翌年 3 月增温在 0.5 °C 以上, 而 4 月至 8 月增温在 0.28~0.45 °C 之间。在年变化中, 热岛增温出现两次转折。一是 4 月急速下降, 其主要原因是北方城市 4 月 1 日停止供暖, 建筑物群体减少对城市空间排放热量; 二是 9 月增温加速, 其主要原因是建筑物群体、黑色路面仍然保持着比农村 (CK) 较高的温度环境, 向城

市空间排放热量。

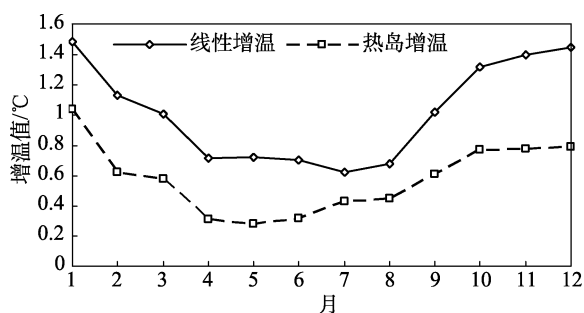


图 4 城市线性增温与城市热岛增温年变化

3 讨论

综合分析结果,在以农村基准气候站为对照的情况下,北方中小城市热岛效应在年、季、月不同时间尺度上增温明显。城市气温的“突变”主要来自于基准气候站周边环境的改变,即城市化热岛的影响。

1) 在 1960—2015 年中,城市热岛效应使得年平均气温的气候倾向率增加 $0.23\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,使城市年平均气温线性增温 $1.30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。以城市扩建期与气温突变点 1987、1988 年为界限,城市热岛效应使年平均气温增温 $0.65\text{ }^{\circ}\text{C}$,城市热岛效应增温占气候变暖增温的 147.7%。

2) 城市热岛效应在季节上存在较大的差异,春、夏、秋、冬四季,城市热岛使气候倾向率分别提高 0.12、0.16、0.24、 $0.23\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,四季城市热岛增温分别为 0.41、0.41、0.72、 $0.80\text{ }^{\circ}\text{C}$,四季城市热岛效应分别为 59.4%、256.3%、450.0%、106.7%。

3) 以月为时间尺度的气温年际变化,城市热岛增温最大值出现在最冷的 1 月份,最小值出现在 5 月份。城市增温效应冬半年大于夏半年,9 月至翌年 3 月增温效应平均在 $0.74\text{ }^{\circ}\text{C}$,4 月至 8 月增温效应平均为 $0.36\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,两个时间段相差 1 倍以上。

4 结论

1) 城市热岛事实存在,但人们对其认知还不完善。城市热岛所造成的影响弊大于利,主要体现在大气环境污染层面和极端天气现象增多。大城市因热岛效应引发雷电、暴雨、渍涝等极端天气现象最为明显,如北京 2012 年 7 月 21 日至 22 日遭遇有资料记载以来最强暴雨及洪涝灾害,城区降水量是城郊降水量 1.41 倍,受灾人口 190 万,经济损失近百亿。2018 年 7 月 17—18 日,北京市平均降雨 39.2 mm ,城区平均降雨 48.1 mm ,城区降水量增加 0.23 倍。沈阳市内在进入 21 世纪后,极端天气现象出现几率增加 21.0%,1995 年 7 月 29 日沈阳市内出现大暴雨,造

成街面积水,行人、车辆难以通行^[15]。

2) 城市热岛效应使得热力上升,城市上空云雾增加,引发雾霾等恶劣天气,有害气体、烟尘集聚,形成大气污染,严重影响城市居民正常生活和城市社会经济正常运转。

3) 1982 年中共中央、国务院提出了“允许农民进城”,实行市场经济体制,快速推进了中国的城市化进程^[16],截至 1990 年,各地县级以上气象基准站已经被城市楼房所包围。周边环境逐渐改变和被吞噬,形成城市“热岛”效应,直接对基准气候站气温观测数据产生影响。在分析辽宁省 15 个中小城市气象基准站气温年际变化时,气候“突变”的时间在 1986—1990 年之间,这与城市扩容扩建相吻合。

4) 基于农村气象基准站的建平和羊山周边环境改变甚微,能反应出正常气温变化的真实性。建平、羊山年平均气温年际变化较平稳,低于城市气温变化速率,变化趋势不存在气候“突变”现象。研究认为,气候突变的提法有待商榷,是否存在“突变”需要进一步研究;气候变暖、气温升高趋势事实存在,而升高的幅度则包含着“城市热岛”效应,比实际偏高,需要气温订正。就以上分析结果,城市年平均气温升高的幅度有 147.7% ((城市增温 - 农村增温) / 农村增温 $\times 100\%$) 来自于城市热岛效应。

4) 城市热岛效应使局地气温升高,给热量资源评价和研究带来假象,直接影响到农业生产和农业科学研究。依据以上的研究结果,热岛效应使年平均气温升高 $0.65\text{ }^{\circ}\text{C}$,全年的正积温增加 $237.3\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ ($0.65\text{ }^{\circ}\text{C}\times 365\text{ d}$),这与张富荣^[16]、安昕^[17]研究辽宁西部正积温增加 $230\sim 260\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 相接近。再者以朝阳(城内)和羊山(农村)基准气候站为例,城市扩建之前(1960—1987 年),朝阳站正积温年平均为 $3897.9\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,羊山站为 $4031.5\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,朝阳较羊山少 $133.6\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$;当城市扩建之后(1988—2015 年),朝阳站正积温年平均为 $4100.4\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,羊山站为 $4058.4\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,朝阳较羊山多 $42.0\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,城市热岛效应使朝阳(城内)正积温增加 $175.6\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 。这说明城市热岛效应带来的热量增加掩盖了气候变暖的真实性,这种假象可造成气象预报温度偏高,热量资源等值线偏北;造成农业引种、农作物温度指标鉴定偏高,导致推广应用上的误差。同时也直接影响到城市建设、土木工程、公路铁路桥涵建设中对施工时间、温度指标的掌控。

本研究选取辽宁中西部县、市中小城市作为研究对象,具有广泛的代表性。就全国来说,地级市有 334 个,县级市有 374 个,县城有 2800 多个,有 95% 以上基准气候站设在城市之内,气温资料均受热岛效应的影响。运用本研究成果可真实反映出大气温度的变化,城市热岛效应对测试温度的量差,在农业、工业、建筑业等各行业均有一定实用价值。

参考文献:

- [1] 任国玉, 郭军, 徐铭志, 等. 近 50 年中国地面气候变化基本特征[J]. 气象学报, 2005, 63(6): 942-956.
- [2] 张雪芹, 孙杨, 毛炜峰, 等. 中国干旱区气温变化对全球变暖的区域响应[J]. 干旱区研究, 2010, 27(4): 592-599.
- [3] 刘德祥, 董安祥, 邓振镛. 中国西北地区气候变暖对农业的影响[J]. 自然资源学报, 2005, 20(1): 119-125.
- [4] 刘琦, 蒋建斌. 中国城镇化建设中的问题与对策探析[J]. 大庆师范学院学报, 2015, 35(1): 21-23.
- [5] 秦大河, 罗勇, 陈振林. 气候变化科学的最新进展——IPCC 第四次评估综合报告解析[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(6): 311-314.
- [6] 郑艳萍, 高桂芹, 王秀玲. 唐山地区近 48 年农业气候资源变化特征分析[J]. 中国农学通报, 2010, 26(20): 318-323.
- [7] 刘星燕, 黄山江, 苗志成. 张家口近 48 年气温变化特征分析[J]. 中国农学通报, 2012, 28(32): 288-292.
- [8] 苏晓丹, 张雪萍. 黑龙江省近 56 年气温降水变化特征及突变分析[J]. 中国农学通报, 2011, 27(14): 205-209.
- [9] 段春锋, 廖启龙, 曹雯, 等. 以高山站为背景研究城市化对气温变化趋势的影响[J]. 大气科学, 2012, 36(4): 811-822.
- [10] 但尚铭, 但玻, 徐辉熙, 等. 成都市城市演变对热岛效应的影响分析[J]. 环境科学与技术, 2011, 34(7): 180-185.
- [11] 张一平, 李佑荣, 彭贵芬, 等. 昆明城市发展对室内外平均气温影响的研究[J]. 地理科学, 2001, 21(3): 272-277.
- [12] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [13] 周淑贞. 上海城市发展对气温的影响[J]. 地理学报, 1983, 38(4): 397-405.
- [14] 陈沈斌, 潘莉卿. 城市化对北京平均气温的影响[J]. 地理学报, 1997, 52(1): 27-36.
- [15] 姜晓艳, 张文兴, 张菁, 等. 沈阳城市化发展对市区气候影响及根据气候特点进行城市规划的建议[J]. 环境保护与循环经济, 2008(10): 36-40.
- [16] 安听, 孟鹏, 廖国进, 等. 沈阳市近 50a 10℃活动积温变化特征分析[J]. 气象科学, 2011, 31(z1): 145-148.
- [17] 张富荣, 尹洪涛, 张国林, 等. 辽宁西部热量资源及霜期变化特征[J]. 中国农学通报, 2015, 31(14): 183-187.