

西安市热岛效应变化特征与城市人口发展研究^{*}

张宏利^{1,3}, 陈 豫², 张纳伟锐⁵, 孟小绒¹, 胡 伟⁶, 杨改河⁴

(1. 陕西省西安市气象局, 西安 710016; 2. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100; 3. 西北农林科技大学 资源与环境学院; 4. 西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨陵 712100; 5. 陕西省西安中学 西安 710016; 6. 新疆生产建设兵团农五师八十一团, 新疆 博乐 833411)

摘 要:通过城郊对比分析,使用 1959 - 2007 年 3 个指标值(月平均气温、平均最低气温、平均最高气温)表征西安市热岛效应,引入突变分析法对近 49 a 西安市热岛效应历年、季节变化特征及其原因进行分析。结果表明:西安热岛效应年变化趋势呈直线型,升温率为 $0.322 / 10 \text{ a}$,存在 1980 年、1993 年两个突变年,热岛效应上升的主要贡献是低温升高;西安热岛效应季节变化,春季最强,冬、夏季次之,秋季最弱;西安热岛效应与人口数量之间有很强的线性关系,城市发展影响热岛效应季节变化,表现为春季最大,冬、春次之,夏季最小。

关键词:西安市;热岛效应;城市人口发展

中图分类号:P423.3

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2009)04-0131-06

Variation Characteristics of Heat Island Effect and Urban Population Development in Xi 'an

ZHANG Hong-li^{1,3}, CHEN Yu², ZHANG Na-wei-rui⁵, MENG Xiao-rong¹, HU Wei⁶, YANG Gai-he⁴

(1. Xi 'an Meteorological Bureau, Shaanxi Province, Xi 'an 710016, China; 2. Forestry College, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 4. College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 5. Xi 'an High School, Shaanxi Province, Xi 'an 710016, China; 6. Agricultural 5th Division 81 Regiment of Xinjiang Production and Construction Corps, Bole, Xinjiang 833411, China)

Abstract:Based on the comparative analysis of city and suburbs, using data of Xi 'an urban heat island effect from 1959 to 2007, the introduction of sudden change analytic method and every year 's urban population of Xi 'an, 49 years ' seasonal changing characteristics of heat island effect in Xi 'an and their causes were analyzed, which indicated that: Xi 'an heat island effect rose up in a form of straight line at $0.322 / 10 \text{ a}$ and there were two sudden change years, namely 1980, 1993. The main contribution to the heat island effect is the rise of relatively low temperature. Xi 'an heat island effect changes seasonally, the strongest in spring, followed winter and summer, and autumn the weakest. There is a strong linear relationship between the heat island effect and population. The city 's development has an impact on the seasonal changes of heat island effect, the strongest in spring, followed in winter, and summer and autumn the lowest.

Key words:Xi 'an; heat island effect; urban population development

在城市化进程中,中国的城市气温越来越高^[1],已引起社会各界的广泛关注。城市气温的增高一般认为主要有两方面因素,气候变暖和城市热岛效

应^[2]。气候变暖著述颇多,而城市热岛效应研究中,国内城市气候研究者在研究区域的选择上,主要集中在北京、上海等特大型城市^[3-5]。在城市热岛效应

^{*} 收稿日期:2008-10-31

基金项目:国家重大基础预研项目(2005CCA05300)

作者简介:张宏利(1964 -),男,陕西城固县人,硕士,主要从事应用气象及气候分析方面的研究。E-mail:zh1669@sina.com

通信作者:杨改河(1957 -),男,陕西耀县人,教授,博士生导师,主要从事资源与环境生态方面的研究与教学。E-mail:ygh@nwsuaf.edu.cn

研究方法上,主要从城市的空间、时间尺度加以研究。在时间尺度的研究中,前人对城市热岛效应指标常用平均气温单指标,往往忽视了城市热岛效应的其它指标,突变分析及不同的季节性变化涉及较少。为此,作者以平原型大城市——西安为例,通过城郊对比分析法,引入信噪比参数,对西安市热岛效应历年、季节变化特征进行了分析,并讨论其成因。

1 资料及其处理

西安位于东经 107°40′ - 109°49′,北纬 33°39′ - 34°45′。现辖 9 区 4 县,总面积 9 983 km²,总人口 830.5 万人。境内南部为秦岭山区,北部为渭河平原,东临华山,西连太白山。东西长 204 km,南北宽

116 km。属暖温带半湿润大陆性季风气候,四季分明,多东北风。

整理西安站 1959 年 1 月至 2007 年 12 月的月平均气温、平均最低气温、平均最高气温资料,同时把与西安地理条件近似、城市化水平低的郊县 - 蓝田站作为区域气候背景,做城郊对比分析(两站基本情况详见表 1)。将西安市近 49 a 各月平均气温、平均最低气温、平均最高气温要素值,扣除作为背景值(趋势变化及气候变暖)的同期蓝田站相应值,得到西安城区相应各月的热岛效应值,分别用热岛效应、热岛效应和热岛效应值表示,用 1 月、4 月、7 月、10 月分别代表冬、春、夏、秋季,对西安市热岛效应进行历年、四季的分析。

表 1 西安站与蓝田站(气候背景)基本情况一览表

站名	纬度	经度	海拔高度/ m	建站日期 (年-月)	到西安城中心 距离/km	现城区人口/ 万人	代表区域
西安	34°18′N	108°56′E	397.5	1951-01	5	549	西安城 9 区
蓝田	34°10′N	109°19′E	540.2	1959-01	50	5	西安城郊县

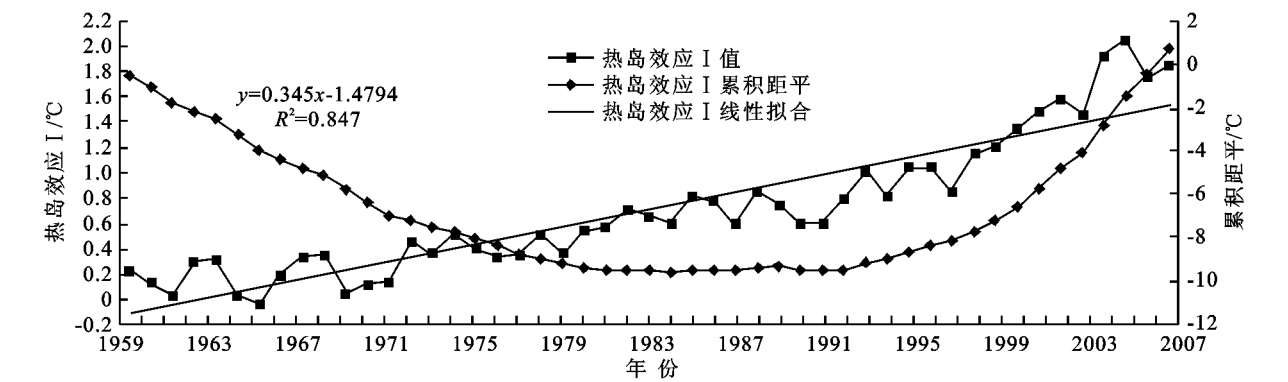


图 1 西安市热岛效应 及突变分析

2 西安市热岛效应变化

2.1 年变化

(1)趋势变化。从图 1 可以看出,西安市热岛效应 年平均为 0.7 ,历年的变化趋势呈直线型,其升温率为 0.322 /10a,升温幅度最大为 20 世纪 90 年代以后,最小为 20 世纪 60 年代。最高年为 2004 年,值为 2.1 ,最低年为 1960 年、1964 年、1965 年,值为 0.0 。

(2)突变分析。所谓突变,即在较长的要素序列中,从一个平均值到另一个平均值期间的急剧变化,表现为状态的不连续性。对突变的分析常采用简单实用的信噪比参数检验法^[6],而信噪比用累积距平^[7]曲线来作判断参考。对于时间序列 x,其任意时刻 t 的累积距平表示为:

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

其中 $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$

将 n 个时刻的累积距平值全部算出,即可绘制累积距平曲线进行相应的分析。

根据图 1 热岛效应 累积距平曲线,寻找西安热岛效应 的突变年代。分析得出,西安在 1980 年、1993 年为热岛效应 变化转折点。为检验这 2 个转折点是否存在突变,计算转折年相临气候段的平均值之差 |y₁ - y₂|与标准差 (s₁ + s₂) 的比值记为 S/N,称为信噪比,规定 S/N > 1 时,则认为该年发生了气候突变,否则,认为是一次转折。计算结果表明,1980 年 S/N = 1.464,1993 年 S/N = 1.168 上述两点都通过了 0.001 置信水平的检验,故认为西安在 1980 年、1993 年热岛效应 发生了突变。

在西安热岛效应 1959 - 2007 年的序列值中,明显存在 3 个阶段,分别是 1959 - 1979 年、1980 - 1992 年、1993 - 2007 年,对应 3 个阶段的热岛效应 平均值为 0.3、0.7、1.4 。

(3) 热岛效应值 、 、 比较。西安市热岛效应 、 、 年值变化情况见图 2,从图中明显看出,在 1980 年以前,热岛效应 、 、 变化趋势及幅度没有明显变化,只是热岛效应 略高于热岛效应 ,

。1980 年以后,热岛效应 、 、 变化趋势及幅度有了明显变化,热岛效应 > 热岛效应 > 热岛效应 , 、 上升幅度较大, 只是维持 1980 年以前水平(平行 x 轴小起伏滑动)。充分表明西安城市热岛效应年值变化是平均最低气温()、平均气温()变化在起主要作用,而平均最高气温()变化所起作用较小。

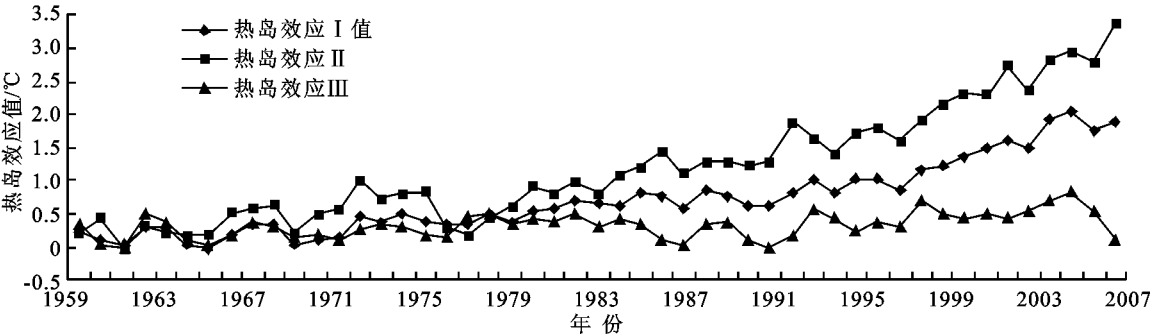


图 2 西安市热岛效应 、 、 年值变化

2.2 季节变化

2.2.1 热岛效应 图 3、4 显示,在近 49 a 西安城市热岛效应的变化中,冬、春季热岛效应 平均值为 1.1、1.0,增幅显著增加,最大值达到 3.1、3.4,其变化曲线几乎都在年均线以上,在 1980 年以后变化幅度增大,特别是 2002 - 2007 年,平均幅度达到 2.4、2.8,冬、春季比较,春季最强,冬季

次之。而夏、秋季热岛效应 平均值为 0.3、0.4,增幅最大值只有 1.7,其变化曲线几乎都在年均线以下,在 1980 年以后变化幅度只是有所增大,2002 - 2007 年平均幅度达到 1.1、1.3,夏、秋季比较,秋季强于夏季。四季比较,冬、春季明显强于夏、秋季。

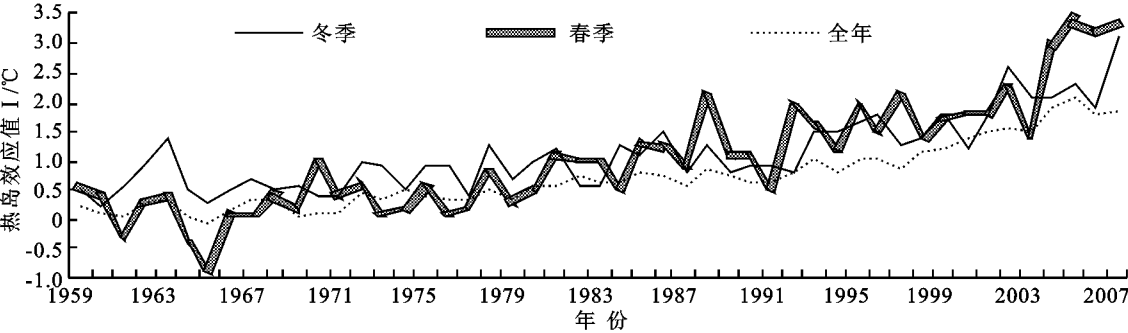


图 3 西安市热岛效应 冬、春季变化

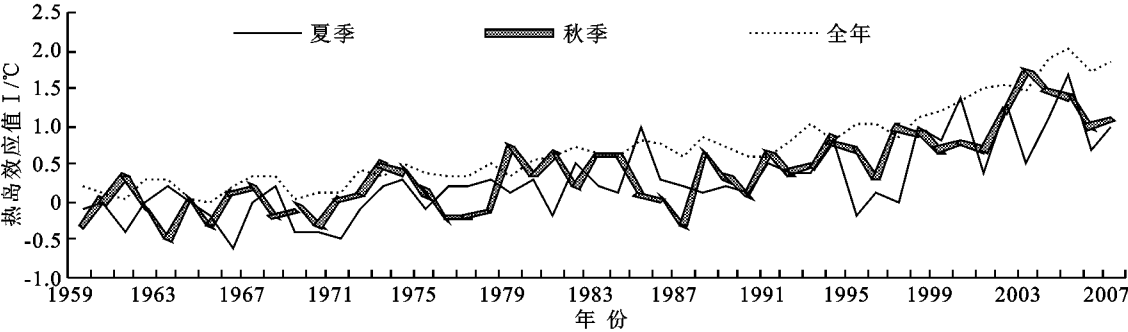


图 4 西安市热岛效应 夏、秋季变化

2.2.2 热岛效应 图 5、图 6 表明,冬、春季热岛效应 平均值为 1.6、1.7,增幅大幅度增加,最

大值达到 4.3、5.4,其变化曲线 1980 年以后都在年均线以上,在 1980 年以后变化幅度增大,特别

是 2002 - 2007 年,平均幅度达到 3.2、4.5,冬、春季比较,春季最强,冬季次之。

而夏、秋季热岛效应 平均值为 0.5、0.7,增幅最大值只有 2.7、2.4,其变化曲线几乎都在

年均线以下,在 1980 年以后变化幅度只是有所增大,2002 - 2007 年平均幅度达到 2.2、1.7,夏、秋季比较,夏季强于秋季。四季比较,冬、春季明显强于夏、秋季。

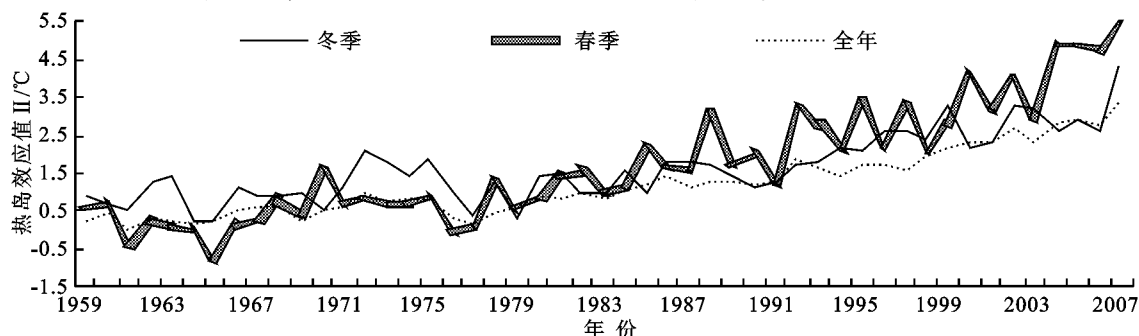


图 5 西安市热岛效应 冬、春季变化

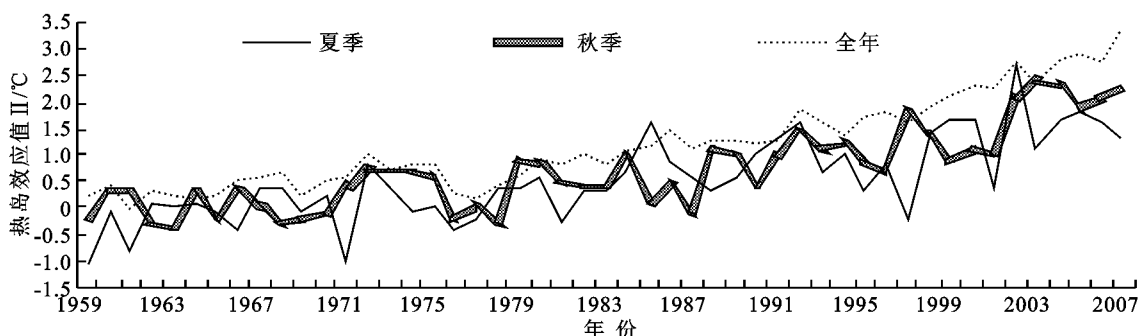


图 6 西安市热岛效应 夏、秋季变化

2.2.3 热岛效应 由图 7、图 8 看出,冬、春季热岛效应 平均值为 0.2、0.5,增幅较小,最大值只有 1.1、1.2,其变化曲线都在年均线附近波动,在 2002 - 2007 年间属上升阶段,平均幅度达到 0.7、1.0,冬、春季比较,春季较强,冬季次之。

而夏、秋季热岛效应 平均值为 0.4、0.1,增幅最大值只有 1.6、0.7,其变化曲线几乎都在年均线上下摆动,只有夏季在 2002 - 2007 年间,有所增幅,达到 0.7,夏、秋季比较,夏季略强于秋季。四季比较,冬、春季略强于夏、秋季。

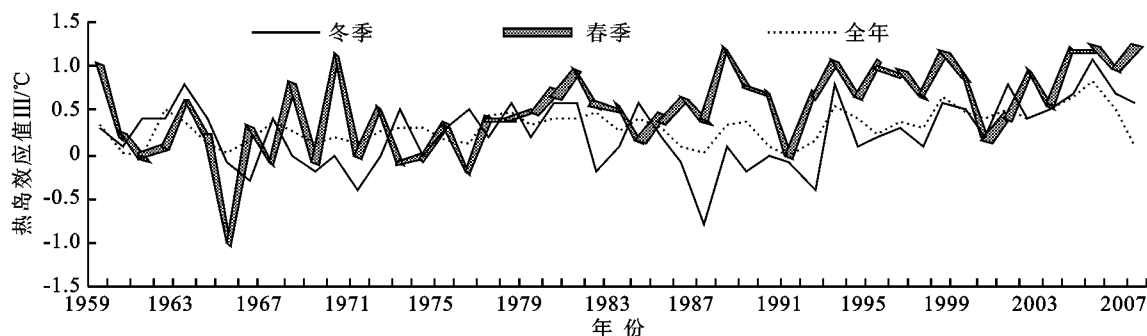


图 7 西安市热岛效应 冬、春季变化

3 西安市四季热岛效应 与城区人口分析

衡量城市发展非常重要的指标是城市人口增长以及城市用地面积增加,而后者往往与城市人口之间存在着很强的相关性,因此,在讨论城市热岛效应与城市发展的关系时,重点考察城市热岛效应与城市城区人口之间的关系。城市热岛效应的诱因主要

是城市人为热排放、城市下垫面性质变化以及城市上空的大气状况等因素^[8]。城市人为热的排放在中国北方地区有着明显的季节性变化,由于冬季取暖的需要,导致人为热量的排放较其它地区、其它季节有所增加。人为热量排放多少的指标往往很难精确量化,但其与人口数量之间却有着很好的相关关系,即人口数量越多,城市人为热的排放就越多^[9]。

由图 9 可以看出,西安市城区人口由 1959 年的

192 万人增加到 2007 年的 549 万人,在最近的 50 年增加了 2.85 倍,并在最近 20 年,其增长率达到 7.25 万人/a。通过各个季节的热岛效应与城市人口数量的散点图(图 10)以及计算的结果(表 2)发

现,各个季节热岛效应与人口数量之间有很强的相关性,均能通过 0.001 的显著性水平检验。下面是根据图 10,分析了西安市各个季节热岛效应与城区人口关系特点及原因分析。

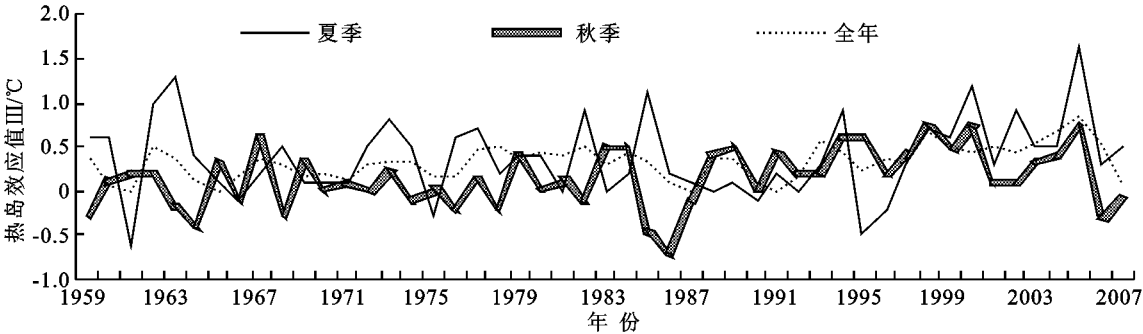


图 8 西安市热岛效应 夏、秋季变化

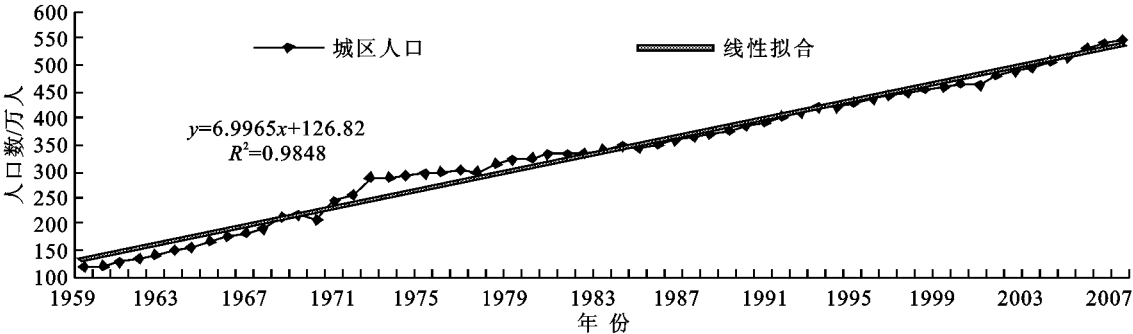


图 9 西安市城区人口历年变化率

表 2 西安市城区人口与热岛效应 统计关系				
月份	代表季节	相关系数	回归分析 R^2	线性回归方程
1	冬	0.7985	0.8723	$y = 0.0879x - 20.429$
4	春	0.8500	0.7225	$y = 0.0879x - 22.571$
7	夏	0.7078	0.5009	$y = 0.0377x - 11.383$
10	秋	0.7980	0.6368	$y = 0.0438x - 12.652$

3.1 冬季

西安市的热岛效应在最近 20 a 有显著的增强,与城市化水平的提高,城市人口的增加有很强的相关性。西安市在 1949 年以后的城市发展过程中,城市人口迅速增加,近 20 a 增长尤甚,导致冬季西安市的取暖和其它人为热的排放逐渐增多。另一方面,冬季大气层结相对稳定,上空存在较多的大气污染物,其大量吸收太阳辐射和大气辐射能,烟尘、悬浮颗粒物导致大气逆辐射增强,使冬季热岛效应增加。但是,冬季太阳辐射小,太阳能增热贡献较少,加之近年来西安二环内禁止烧煤及相关的“蓝天”措施,相比春季来说,增温效应略小,使相关系数略小于春季。

3.2 春季

高楼的拔起、城市道路的修建及各种方式引起的绿地面积相对减少等原因在一定程度上造成了城市热岛效应。由于西安市的城区扩张,以水泥等建

筑材料为主的地面代替了原来的庄稼地、林地或裸地,下垫面的性质发生了改变,所以它们的热力性质明显不同于原地。水泥等建筑材料吸收太阳辐射能后迅速增热,向周围大气发出地面长波辐射,促使周围大气快速升温。由于在春季太阳辐射、下垫面而导致的长波辐射能比冬季多,这种效应致使春季的热岛效应值明显高于冬季。

3.3 夏季

西安市城市人口的增加,加之太阳辐射最强,导致该季热岛效应值上升明显。但夏季比其它季节降水量大,0.1 mm 日数多等影响,使夏季相关系数比其它季节要稍低。

3.4 秋季

该季热岛效应与城市人口的相关系数几乎与冬季相等,而且呈上升趋势。临近冬季,各种影响冬季热岛效应的要素逐渐起作用,从而使相关系数高于夏季低于春季。

城市热岛效应与城市人口的相关性分析可知,西安市冬、春、夏、秋季热岛效应与人口的相关性都比较高,都有随城市发展而继续升高的趋势。由于西安市自然、环境、城市发展等特点,造成了城市热岛效应春季大于冬、秋季,冬、秋季大于夏季,而春、冬、秋季差异不明显的特点。

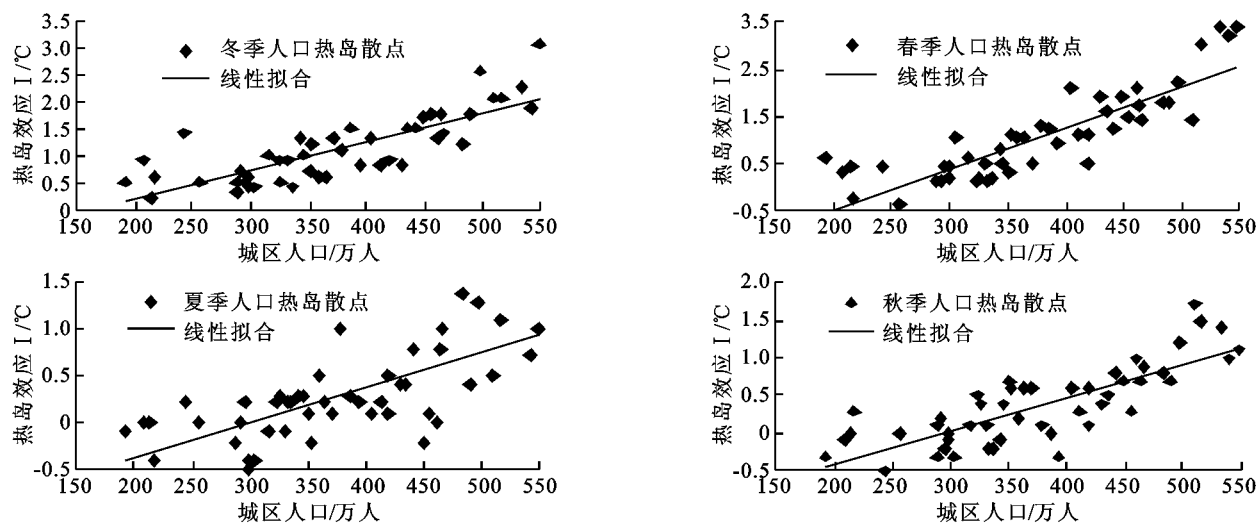


图 10 西安市热岛效应 与城区人口关系

4 结论与讨论

(1) 西安市近 49 a 来热岛效应增加趋势在年变化、季节变化上存在着明显的差异,在城区人口增加为表征的城市发展中,变化趋势各有其特点。

(2) 热岛效应 年变化趋势呈直线型,其升温率为 $0.322 / 10a$,变化幅度最大的阶段为 20 世纪 90 年代以后,年变化存在 1980 年、1993 年突变年份。在热岛效应 、 、 年变化中, $> >$,说明西安市城市热岛效应上升中,低温升高是其主要贡献,高温影响不明显。

(3) 热岛效应 、 、 存在明显的季节变化,有冬春 $>$ 夏秋 $>$ 冬春 $>$ 夏秋 $>$ 冬春 $>$ 夏秋 的规律,说明西安市热岛效应春季最强,冬、夏季次之,秋季最低。热岛效应方式上,平均最低气温增温最大,平均气温次之,平均最高气温最小。

(4) 西安市四季热岛效应 与人口数量之间有很强的线性关系,春季城市发展影响最大,冬、春次之,夏季最小。热岛效应的快速增加主要原因为城市人口增加和城市人为热排放量增多所造成的,其次为下垫面硬化因素影响。

参考文献:

- [1] Houghton J T Ding Yihui ,D Griggs. Climate Change 2001 [C]// The Scientific Basis Summary for Policy-makers and Technical Summary of Working Group I Report. Cambridge :Cambridge University Press ,2001 : 1-98.
- [2] 任福民,翟盘茂. 1951 - 1990 年中国极端气温变化分析[J]. 大气科学, 1998, 22 (2) : 217-227.
- [3] 林炳怀,杨大文. 北京城市热岛效应的数值试验研究[J]. 水科学进展, 2007, 18 (2) : 258-263.
- [4] 宋艳玲,张尚印. 北京市近 40 年城市热岛效应研究[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11 (4) : 126-129.
- [5] 孙娟,束炯,乐群. 上海市城市热岛效应的时间多尺度特征[J]. 华东师范大学学报:自然科学版, 2007 (2) : 36-43.
- [6] 延军平,胡小晖,刘登伟,等. 秦岭南北环境响应程度比较[M]. 北京:科学出版社, 2006:33-34.
- [7] 康丽莉,顾骏强,樊高峰. 兰江流域近 43 年气候变化及对水资源的影响[J]. 气象, 2007, 33 (2) : 71.
- [8] 周淑贞,束炯. 城市气候学[M]. 北京:科学出版社, 1994:244-339.
- [9] 李卓仑,王乃昂,轧靖,等. 近 40 年兰州城市气候季节性变化与城市[J]. 高原气象, 2007, 26 (2) : 588-589.