

基于卫星遥感的“城市热岛”分析

徐军昶 王 勇

(陕西省咸阳市气象局, 712000)

提 要: 利用2000年4月至2005年7月的卫星遥感资料, 采用Surfer软件分析了咸阳“城市热岛”年际变化及特征。结果表明: 利用气象卫星遥感监测城市热岛现象是可行和有效的, 咸阳市具有明显的热岛效应, 春季是一年中热岛发展最强的季节, 热岛效应有明显的日变化, 市中心商业区热岛效应最强, 并明显受地理环境的影响, 其影响范围是咸阳市城区面积的1.63~1.86倍。

关键词: 卫星遥感 Surfer软件 热岛效应

Analysis of “Urban Heat Island” Based on Satellite Remote Sensing

Xu Junchang Wang Yong

(Xianyang Meteorological Office, Shaanxi Province 712000)

Abstract: Satellite data from April 2000 to July 2005 and Surfer software technology are used to analyze the annual variation and the characteristics of “urban heat island” of Xianyang, Shaanxi. The results show that it is feasible and efficient to utilize the remote sensing of meteorological satellite to monitor the phenomenon of urban heat island. There are obvious heat island effects at Xianyang. Spring is the strongest season of heat island effects in a year. The effect has an obvious diurnal variation. The heat island effect at the downtown business district is the strongest, and the effect is obviously affected by geographical environment, with the range of effect as large as 1.63—1.86 times of urban area of Xianyang.

Key Words: satellite remote sensing surfer software heat island effect

引 言

城市热岛效应是一种城市市区气温比郊区高的现象,在近地面空气温度图上,郊区温度变化很小,而城区温度则很高,就像突出海面的岛屿,由于这种岛屿代表高温的城区,所以被称为城市热岛效应。城市“热岛”现象是多种因子综合作用的结果,主要因素是地表被覆无机化和人工排热器增加^[1]。周红妹^[2]、赵红旭^[3]、曾侠^[4]等都曾利用不同的方法开展特定天气型下的热岛分布的研究,表明城市热岛效应的研究对于监测与评价城市环境质量、城市规划、城市环境保护、进行城市绿地调查、建设“宜居城市”都有重要的意义和作用。

1 卫星遥感用于城市热岛研究的可行性

一切物质当它自身的温度高于绝对零度时都以电磁波的方式向外辐射能量。由辐射传输理论,在卫星通道上接收到的大气顶向上的热红外辐射强度可表示为:

$$I = \epsilon B(T_s)\tau_s + (1 - \epsilon)R_0 + R_U$$

式中 ϵ 为通道地面发射率, B 为通道黑体辐射强度, T_s 为地面温度, τ_s 为该通道从地面到卫星的路径上的透射率, R_0 为大气向下的有效辐射, R_U 为大气路径向上的辐射。温度的反演就是建立在本公式的基础之上。

NOAA 卫星有 5 个图像通道,波长分别为 $0.58 \sim 0.68 \mu\text{m}$ 、 $0.725 \sim 1.1 \mu\text{m}$ 、 $3.55 \sim 4.1 \mu\text{m}$ 、 $10.5 \sim 11.3 \mu\text{m}$ 、 $11.5 \sim 12.5 \mu\text{m}$,其中一、二通道接收来自下垫面对太阳的反射,可用来计算反照率,三通道为近红外通道,四、五通道为红外通道,接收来自下垫面的热辐射,由此得到下垫面的亮度温度,在晴空状况下,可用来反演地表温度^[5]。分

析咸阳市地表温度与地面空气温度(即气温),其相关系数达 0.87,因此亮度温度可用来很好地描述气温的变化。

监测城市热岛效应的方法很多,各有所长。定点观测值分析,其优点是观测精度高,缺点是定点观测值稀疏,空间代表性差;航空遥感方法有较大范围观测数据,在时间和空间上的可比性及代表性都优于常规方法,但费用大,难以实施。而气象卫星具有观测时相多,观测范围广,观测周期及观测时间短,能长期连续观测,资料同步性好,观测值密度大,均匀性好,图像显示直观,易于分析的优点。因此,利用气象卫星遥感监测城市热岛现象是可行的,而且实践证明也是有效的^[6]。

2 资料的选择与加工处理

由于卫星遥感的数据容易受云、太阳高度角、卫星扫描角、大气消弱等的干扰影响,因此要对遥感数据进行选择 and 加工处理,这主要包括对 NOAA/AVHRR 卫星资料进行质量检验、定位、定标处理,然后通过几何纠正、图像配准得到备用的局地数据集。

选取 2000 年 4 月至 2005 年 7 月的晴空过顶卫星遥感数据 187 张。读取与咸阳市区及郊区相应的 5 个测点的第四通道亮度温度,结合咸阳市自动站气温数据,建立回归方程:

$$Y = 0.8068X + 5.1622$$

其中, Y 为气温, X 为第四通道亮温。

选取咸阳市春、夏、秋、冬四个季节晴空过顶遥感数据进行处理,根据回归方程计算出相应的气温值,利用 Surfer 软件绘制等值线。

列表统计监测范围内城市及郊区的亮度温度值,计算出相应的温度值,包括城市及

郊区的最高、最低温度值，城市及郊区的平均温度值，城市及郊区的温差等。

3 咸阳城市热岛的年际变化及特征

图1是利用NOAA-16卫星遥感亮温数据反演的2005年4月28日14时卫星遥感气温等值线图。

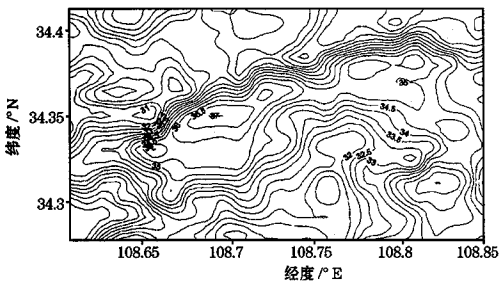


图1 2005年4月28日14时气温等值线图

(1) 图1显示咸阳市具有明显的热岛，热岛呈多中心非均匀特征，中部最强，东西较弱，热岛总体效应可由强、弱程度不同的次生热岛“合成”。咸阳市市区呈东东北—西西南走向，由东至西依次为石油化工工业区、能源建材基地、城市商贸中心区、高新技术产业开发区及电子出口工业区等。图中由东至西分布有4~5个热中心，而这与化工区、商贸中心区、电子工业区这些大量热源产生的区域在咸阳市区的分布刚好吻合。咸阳市中心经纬度为34.344°N、108.697°E，位于图中热岛效应最强的区域，这一区域是商业中心区，商场林立，建筑密集，人口集中，交通工具众多，能源消耗大且热量不易散发。图中最高温度37°C，其周边郊区的温度为31°C，温差6°C，热岛效应明显。

(2) 咸阳北接塬区，塬区与市区海拔高度相差62.8m，这里的温度变化梯度非常明显，市区北面有多个冷中心，这与塬区相对

平坦、地表多农作物、温度变化较小相对应。市区南部的温度变化梯度则相对较小，这与渭河从市区南部流过，渭河水体对城市小气候的影响有明显关系。可以看到，渭河流经之地，有明显的连续的冷中心。因此，咸阳市城市热岛效应明显受地理环境的影响。

(3) 图2是咸阳市城区与郊区四季平均温差日变化统计图，可以看出咸阳市的热岛效应呈明显的正效应，春季是咸阳市热岛效应在一年中发展最强的季节，夏、秋、冬三季则相对较弱。分类统计近几年的数据，春季平均温差为3.6°C，夏、秋、冬三季平均温差为2.5~2.7°C。春季的4月份最强，最大的温差可达7°C。

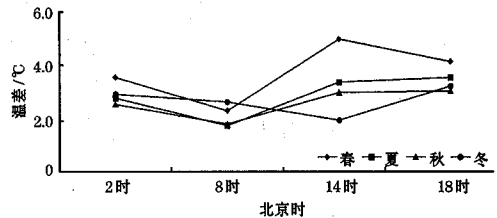


图2 咸阳市城区与郊区四季平均温差日变化

由图2可以看出，咸阳市的热岛效应有明显的日变化。春季清晨7、8时最弱，下午14时达到最强，然后逐渐减弱；夏、秋两季则是清晨7、8时最弱，夜间最强，下午14时强度仅次于夜间；冬季则与夏、秋、冬三季均有不同，夜间最强，且维持较长时间，次日凌晨2时至下午14时逐渐减弱，14时最弱，然后开始陡然增强，到夜间18时达到最强。这与冬季郊区下垫面植被变化明显异于春、夏、秋三季有关。

(4) 考虑到城市热岛效应的影响呈梯度分布，将郊区梯度变化较小的区域不考虑为城市热岛效应影响的范围，通过网格统计结合地理边界计算出咸阳市城市热岛效应的影

响范围可达 $70\sim 80\text{km}^2$ ，咸阳城区东西约 15km ，南北约 3km ，面积 43km^2 ，因此咸阳市热岛效应的影响范围是咸阳市城区面积的 $1.63\sim 1.86$ 倍。

4 结 语

(1) 利用气象卫星遥感监测城市热岛现象已经被实践证明是可行和有效的，利用晴空过顶资料反演气温值，在 Surfer 软件的基础上，可以很好地对城市热岛效应进行监测研究。

(2) 大量的数据分析表明，咸阳市有明显的城市热岛效应，热岛呈多中心非均匀特征，中部最强，东西较弱，热岛总体效应可由强、弱程度不同的次生热岛“合成”。春季是一年中热岛效应发展最强的季节，夏、秋、冬三季相对较弱。热岛效应有明显的日变化。咸阳市由东至西分布有 $4\sim 5$ 个热中心，市区北部的温度变化梯度非常明显，市

区北面有多个冷中心，市区南部的温度变化梯度相对较小，这些都与咸阳市的自然地理环境和城市功能分布相吻合，表明热岛效应明显受地理环境的影响，其影响范围可达 $70\sim 80\text{km}^2$ ，是咸阳市城区面积的 $1.63\sim 1.86$ 倍。

参考文献

- 1 刘玉洁, 杨忠东. MODIS 遥感信息处理原理与算法 [M]. 北京: 科学出版社, 2001: 198-201.
- 2 曾侠, 钱光明, 潘蔚娟. 珠江三角洲城市群城市热岛效应初步研究 [J]. 气象, 2004, 30 (10): 12-15.
- 3 周红妹, 丁金才. 气象卫星在上海市热场分布动态监测中的应用研究 [J]. 大气科学研究与应用, 1998, (5): 150-155.
- 4 赵红旭. 昆明市热岛效应卫星监测研究 [J]. 国土资源遥感, 1999, (4): 29-31.
- 5 董超华, 章国材, 邢福源等. 气象卫星业务产品释用手册 [M]. 北京: 气象出版社, 1999: 181-186.
- 6 刘安麟, 范建忠, 刘海英等. 农业遥感与农业气象研究 [M]. 北京: 气象出版社, 2000: 53-54.