

城市热岛效应监测方法研究进展^①肖荣波¹ 欧阳志云¹ 张兆明² 王效科¹ 李伟峰¹ 郑 华¹

(1. 中国科学院生态环境研究中心系统生态重点实验室, 北京 100085;

2. 中国科学院中国遥感卫星地面站)

提 要

城市热岛效应是一种由于城市建筑及人们活动导致的热量在城区空间范围内聚集的现象,是城市气候最明显的特征之一。由于城市热岛影响因素以及相互关系的复杂性,为了精确细致地描述其时空分布,人们采用了多种方法来研究城市热岛现象,主要归纳为:气象站法、定点观测法、运动样带法、遥感测定法以及模拟预测等。最后,认为各种测定方法都存在一定的缺陷,建议多种测定方法综合运用。

关键词: 城市热岛 气象站 定点观测 运动样带 遥感 模拟

引 言

城市热岛效应(urban heat island effect, 简称 UHI)是一种由于城市建筑及人们活动导致的热量在城区空间范围内聚集的现象,是城市气候最明显的特征之一。自从 Lake Howard 在 19 世纪初研究伦敦城市气候特征时首次发现后,城市热岛受到气象专家的广泛关注,世界上许多城市都相继开展了这方面的研究^[1,2]。造成城市热岛的原因及其相互关系十分复杂,为了精确细致地描述城市热岛时空分布,不同的学者所采用的监测方法有所差异,可以主要分为气象站法、定点观测法、运动样带法、遥感测定以及模拟预测等 5 种。

1 城市热岛的主要监测方法

1.1 气象站法

传统的热岛效应运用气象站历史数据,选取若干个温度指标,分析一个城市或区域在不同发展阶段热岛特征变化情况^[2]。气象站数据可以描述城市热岛的历史演变过程,

如 Prague 1775 年 1 月就开始有气温测量的连续记录;Klementinum 城市热岛从上世纪初到大约 1940 年增加量为 $0.07 \sim 0.08^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,到后来提到到 $0.1^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ^[3]。

1.2 定点观测法

根据城市热岛空间分布状况,定点观测可以从水平和垂直方向 2 个方面考虑。其中,城市热岛水平分布特征一般是选用城郊若干个典型的位置,进行数项温度气候指标的测定比较^[4];或者是利用横穿城市剖面进行观测研究^[5]。由于城市热岛不仅影响近地面温度,还会影响城市边界层内能量交换,具有明显的立体空间分布特征。城市气候立体特征研究多是使用探空气球、飞机等进行观测,观测高度在 100~7000m 范围。也有学者为了获取长期连续不断的城市与郊区气温垂直变化资料,将气温表安放在铁塔的不同高度,观测城郊气温垂直差异^[6]。张一平等利用气球悬挂温度传感,定时拉动气球观测不同高度的温度,能够获取较为丰富的数据,

① 中国科学院知识创新工程项目(KZCX3-SW-424、INF105-SCE-02-06)资助

分析了昆明城市热岛效应的立体分布特征^[7]。

1.3 运动样带法

运动样带法通常是在车辆上安装气温测定传感器(如 radiation-shielded resistance, 温度灵敏度为 0.01°C), 并连接着一个便携式的数据采集器。一般数据每 16s 采集一次, 车速保持在 $20\sim 30\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, 传感器安装在距车顶 0.6m, 距地面 1.45m 高处, 以避免发动机和尾气热量的影响^[8]。不同运动样带实验采样频率一般不同, 选择的传感器也有所差异。Kazimierz Klysik 等利用 Vaisala HMP-35 传感器, 同时安装在 5 部车上, 研究热岛空间格局^[9]。

1.4 遥感测定法

根据地物在不同波段辐射值的差异, 利用热红外传感器对城市地表温度进行大面积观测, 通过计算得到地物热量空间分布。热红外遥感的发展可以从 1962 年第一台红外测温仪诞生算起, 1978 年美国发射热惯量卫星(HCMM), 首次用卫星来观测地球表面的温度差异, 标志着热红外卫星遥感的发展^[10]。根据选用传感器平台的差异, 分为卫星遥测法和航空遥测法。不同的传感器, 其通道光谱信息和空间响应信息均不相同。对于大区域尺度的研究一般选用 NOAA/AVHRR, 其空间分辨率为 1.1km, 过境周期短^[11]。但为了获取详细的热岛空间分布, 许多学者常常选用 Landsat 的热红外波段 TM6 或者 ASTER 来评价城市热岛强弱^[12,13]。航空遥测法就是将热传感器安置在飞机或其它飞行器上进行飞行测定, 该方法可以根据试验设计进行, 不用受到卫星过境时间的限制。当前主要运用两种传感器: TVR (Thermal video radiometer) 和 ATLAS (Advanced Thermal and Land Applications Sensor)。它们在热噪声标识、重现性、稳定性、热敏感性和空间分辨率等方面具有很高的质量^[14]。

1.5 模拟预测

城市热岛效应常用研究模型有统计模

型、能量平衡模型、数值模型、解析模型和物理模型^[15], 可以简单归纳为数学模型和实验室模拟 2 类。前者有代表性的如 MMS、RBLM 等非静力平衡的区域边界模型。其中 MMS 是一个由 PSU 和 NCAR 发展起来的有限区域中尺度模拟系统, 具有非静力的动力框架和多重嵌套功能, 有多种云物理和边界层等物理过程及四维同化功能, 已广泛地应用于理论和实践研究^[16]。后者比较有代表性的是 Summers 以城市大小、人为能量释放比率、周围平均风速、温度梯度等为因素的一个简单的理论城市热岛模型, 用于预测夜间热岛混合高度以及热岛强度^[17]。另外, Streutker 的高斯模型^[18]、Mihalakakou 等人工神经网络模型^[19]等都为热岛的预测分析作了较好的尝试。

2 不同监测方法比较

不同城市热岛监测方法有其各自特点、优势与不足(表 1), 决定了城市热岛研究的具体目标和内容。利用气象站观测数据, 结合相应的数据统计和分析技术, 研究城市热岛的年相、季相、日相变化特征, 分析城市化过程中热环境的演变规律。定点观测和运动样带的方法, 可以对温度进行精确测定, 适用于城市热环境的定量研究。遥感监测可以进行大面积地表温度测定, 减少局部环境人为干扰, 直观定量的研究热岛特征。数字模型有效地揭示了城市热岛发展机理, 对城市环境未来演变进行预测和模拟。

3 研究展望

(1) 由于各种监测方法都存在一定的限制性, 所以在开展城市热岛研究时, 可以根据不同的研究目的和内容, 选择合理的实验方案, 以尽量避免、减少测定问题的产生。

(2) 随着高空间分辨率、高光谱分辨率和高时间分辨率传感器的发展, 利用热红外遥感技术进行城市热岛研究是一种趋势。但地表热红外辐射及比辐射率的方向性问题、非同温混合像元的分解以及多平台、多尺度数

表1 不同城市热岛监测方法比较^[10,15,20]

监测方法	优点	缺点	对策
气象站法	利用长期观测资料,研究城市热岛历史演变特征	(1) 气象站有限,空间分辨率低; (2) 选取不同的气象站,城市热岛强度研究结果差异较大; (3) 测点的变动(包括经度、纬度和高度的变动)、观测习惯的改变、测定仪器的误差等均影响热岛效应分析结论	选取多个有代表性的气象站数据进行综合分析;统一气象站观测仪器和观测习惯,避免选用位置变迁的气象站数据进行分析
定点观测法	精确比较不同位置温度的差异; 可进行同期其它气候因子的测定	(1) 工作量大; (2) 受局部环境影响较大,缺乏代表性; (3) 受到人力、物力限制,难以获取大面积温度场的分布	观测样地尽量一致,减少局地影响;规范观测人员实验操作,提高监测仪器的精度
运动样带法	可以利用有限的仪器获取多点的温度,便于进行城市温度场断面分析	(1) 温度不是同期测定,不便于比较; (2) 受到局部环境及交通工具影响,代表性较差	提高仪器的温度灵敏度;避免在外界温度变化剧烈时进行测定
遥感监测法	空间分辨率高,可以获得大面积温度场;监测快捷,更新容易	(1) 受到天气、云等影响; (2) 实际温度反演受到挑战; (3) 卫星遥感过境周期较长,时间分辨率低; (4) 航空遥感耗资大,一般城市不易开展	反演温度前去除云斑噪声的影响;加强温度与比辐射率分离、地表真实温度的模型反演等遥感理论研究
模型模拟	减少大量的现场观测,从理论上揭示城市热岛产生及其发展的机理	(1) 城市热岛复杂多变,模型通用性差; (2) 需要一定数量的观察数据为资源,但现场观察实验测试条件不易控制,重复性较差; (3) 实验室模拟不能代表实际复杂的城市环境; (4) 统计模型和能量平衡模型只能从宏观上考虑其影响因素,难以从时空上体现多种要素的作用过程	实验室模拟实验可以深入分析城市热岛机理及其规律,为其它模型提供实验验证数据;数值模型可以从时空上详细研究城市热岛的产生、发展、变化以及对产生环境的影响;不同城市由于城市环境差异较大,可以进行模型的校正,提高其精度和预测的准确度

据之间的整合等遥感理论问题急需解决^[10]。

(3)数值模型和实验室模拟将是城市热岛模拟的主要研究方向,但其它研究模型也有相当重要的地位,不同的研究模型从不同方面共同揭示城市热岛的发生、发展以及城市热岛对城市气候、城市环境的影响^[15]。

(4)综合运用多种测定技术,以保证数据准确、可靠。如严平在观测合肥城市热岛与绿化关系时,就运用基本定点逐时气象要素观测并配以流动观测车进行辅助观测^[21]; Hadas Saaroni 在测定以色列 Tel-Aviv 城市热岛空间分布特征时,同时运用了定点观测、运动样带以及直升机遥感观测技术^[22]。

参考文献

- 1 张书余. 石家庄市环境形态的热效应分析. 气象, 2002, 28(10): 18~21.
- 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. 气象, 2004, 30(10): 12~16.
- 3 Rudolf Brázdil, Marie Budíková. An urban bias in air temperature fluctuations at the Klementinum, Prague, The Czech Republic. Atmospheric Environment, 1999, 33: 4211-4217.
- 4 邓莲堂, 束炯, 李朝颐. 上海城市热岛的变化特征分析. 热带气象学报, 2001, 17(3): 273~280.
- 5 何云玲, 张一平, 刘玉洪等. 昆明城市气候水平空间分布特征. 地理科学, 2002, 22(6): 724~729.
- 6 De Marrais, G A. Vertical temperature difference observed over an urban area. Bulletin of American Meteorological Society, 1961, 42: 548~554.

- 7 张一平,何云玲,马友鑫等.昆明城市热岛效应立体分布特征.高原气象,2002,21(6):604~609.
- 8 János Unger, Zoltán Sümeghy, Judit Zoboki. Temperature cross-section features in an urban area. Atmospheric Research 2001,58: 117—127.
- 9 Kazimierz Klysik, Krzysztof Fortuniak. Temporal and spatial characteristics of the urban heat island of Łódź, Poland. Atmospheric Environment, 1999, 33: 3885—3895.
- 10 赵英时.遥感应用分析原理与方法.北京:科学出版社,2003:104~129.
- 11 Gallo K. P., McNab A. L., Karl, T. R., et al. The use of NOAA AVHRR data for assessment of the urban heat-island effect. International Journal of Remote Sensing, 1993,14: 2223—2230.
- 12 Kawashima S., Ishida T., Minomura M., et al. Relations between surface temperature and air temperature on a local scale during winter nights. Journal of Applied Meteorology, 2000,39: 1570—1579.
- 13 刘志武,党安荣,雷志栋等.利用 ASTER 遥感数据反演陆面温度的算法及应用研究.地理科学进展,2003,22(5):507~514.
- 14 Ben-Dor, E., Saaroni, H Airborne video thermal radiometry as a tool for monitoring microscale structures of the urban heat island. International Journal of Remote Sensing, 1997,18(14):3039—3053.
- 15 卢曦.城市热岛效应的研究模型.环境技术,2003,5:43~46.
- 16 杨玉华,徐祥德,翁永辉.北京城市边界层热岛的日变化周期模拟.应用气象学报,2003,14(1):61~68.
- 17 Summers, P. W. An urban heat island model—its role in air pollution problems, with application to Montreal. First Canadian Conf. on Micrometeorology, Toronto, ON, Canada, 1965.
- 18 D. R. Streutker. A remote sensing study of the urban heat island of Houston, Texas. International Journal of Remote Sensing, 2002,23(13): 2595—2608.
- 19 M. Stathopoulou, C. Cartalis, I. Keramitsoglou. Mapping micro-urban heat islands using NOAA/AVHRR images and CORINE Land Cover: an application to coastal cities of Greece. International Journal of Remote Sensing. 2004,25(12):2301—2316.
- 20 Thomas C Peterson. Assessment of Urban Versus Rural in Situ Surface Temperatures in the Contiguous United States: No Difference Found. Journal of Climate, 2003, 16(18): 2941—2959.
- 21 严平,杨书运,王相文等.合肥城市热岛强度及绿化效应.合肥工业大学学报(自然科学版),2000,23(3):348~352.
- 22 Hadas Saaroni, Eyal Ben-Dor, Arie Bitan, et al. Spatial distribution and microscale characteristics of the urban heat island in Tel-Aviv, Israel. Landscape and Urban Planning, 2000,48: 1—18.

Advances in Methodology of Urban Heat Island

Xiao Rongbo¹ Ouyang Zhiyun¹ Zhang Zhaoming²

Wang Xiaoke¹ Li Weifeng¹ Zheng Hua¹

(1. Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085;

2. China Remote Sensing Satellite Ground Station, Chinese Academy of Sciences)

Abstract

One of the most well known forms of anthropogenic climate modification is the phenomenon of urban heating. The ambient temperatures of numerous urban centers have been determined to be several degrees higher than the ambient air temperature of surrounding rural areas. This phenomena is referred to as the Urban Heat Island Effect (UHI), and is studied in many of the largest cities around the world. The relationships are very complicated between the intensity of the urban heat island and various effects. In order to describe its spatial and temporal characters with pinpoint accuracy, temperature measurements are acquired using various monitoring systems such as meteorological station data; conventional ground measurement at fixed location; mobile traverses survey, remote sensing as well as simulation. Because every measurement method has its limitation, integrated detective methods are suggested to be used.

Key Words: urban heat island meteorological station fixed location measurement mobile traverses survey remote sensing simulation