

# 城市热岛强度与植被覆盖关系研究的理论技术路线和北京案例分析

程承旗<sup>1</sup>, 吴 宁<sup>1</sup>, 郭仕德<sup>1</sup>, 李树德<sup>2</sup>, 刘大平<sup>1</sup>

(1. 北京大学遥感与地理信息系统研究所, 北京 100871; 2. 北京大学环境学院, 北京 100871)

**摘 要:** 在城市环保和规划工作中, 热岛问题历来受到重视。在前人研究的基础上提出城市热岛研究中应用 TM 6 反演温度的计算方法, 同时对实现该方法的技术路线作了论述; 并且选取北京市作为实际案例分析, 产生了北京热岛景观图; 另一方面, 由于植被状况对城市热岛强度有重要作用, 本文产生了北京 NDV I 景观图, 在热岛和 NDV I 景观图的基础上采样分析, 得出热岛强度与 NDV I 之间的线性拟合关系, 为研究热岛和植被空间关系提供了新的思路。对于如何推进城市热岛/植被关系研究, 也给出了建议思路。

**关键词:** 热岛强度; NDV I 技术路线; 趋势

**中图分类号:** X171.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2004)03-0172-03

## A Study on the Interaction Between Urban Heat Island and Vegetation Theory, Methodology, and Case Study

CHEN G Cheng-qi<sup>1</sup>, WU Ning<sup>1</sup>, GUO Shi-de<sup>1</sup>, LI Shu-de<sup>2</sup>, LIU Da-ping<sup>1</sup>

(1. Institute of RS & GIS, Peking University, Beijing 100871, China;

2. School of Environment Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

**Abstract** Heat Island (HI) constitute one concern in urban regulation and environment protection. We develop a new Temperature-Derive method and apply it into Beijing case. HI map is created, NDV I map of Beijing is also produced, by TM images. To explore the relation between NDV I and HI, we sample on these two maps and find a linear equation for it. More data, including High Resolution Images are needed to advance our research and the opportunity is offered.

**Key words:** Heat Island; NDV I; technology route; trend

## 1 引 言

19 世纪初, 英国学者 Howard 发现伦敦市内的气温比郊区高, 此后各国学者陆续观测了许多大大小小的城市。结果无论中高纬度还是低纬地区都存在城市气温高于郊区的现象。由于城市高温区就像一个岛一样落在郊区低温的海洋上, 形象称之为“热岛”。

造成“热岛”的原因, 主要是城市下垫面性质被改变, 城市中混凝土、石块、柏油路面、建筑物屋顶等, 其导热性好, 热容量高, 能积蓄能量, 吸收和反射、辐射的热量大量被积聚、截留在不太流通的城市街道空间, 从而产生热岛效应。此外, 天气条件、地理条件也影响热岛形成。再者, 城市生产生活中消耗能源, 产生直接加热大气的人为热, 也给周围环境泄放大量热量; 温室效应也是城市热岛产生的原因之一(沈立新等, 2000)。

随着城市化进程加快, 城市热岛效应日益受到重视。近年来针对具体城市的热岛研究日益增多。如赵红旭利用气象卫星 NOAA/AVHRR 1、2、4 通道进行昆明市热岛效应监测(赵红旭, 1999), 邓莲堂等根据气象观测资料研究上海城市热岛的变化特征(邓莲堂, 2001), 陈二平等应用大气热力—

动力方程对太原市城市热岛进行数值模拟并讨论成因(陈二平, 2001), 李有等人探讨了郑州市深秋热岛效应(李有等, 2002), 张光智等人利用近 40 年的温度资料分析北京及周边地区城市尺度热岛特征及其演变(张光智等, 2002)。

而对于城市相关职能部门, 如环保局、规划局, 了解本市热岛强度分布从而为决策规划提供基本依据显得尤为重要, 同时城市植被作为影响热岛的一个重要因子, 它与热岛分布的空间格局关联也值得研究, 本文对此也作了尝试。本文以北京市 1999 年 Landsat TM 影像为基础资料, 分析了北京市区和郊区热岛相对强度分布; 由于地面植被往往对热岛强度产生重要影响, 本文计算了该地区的 NDV I, 对 NDV I 与热岛强度作线性相关分析。

## 2 理论基础和技术路线

### 2.1 亮度与温度

Landsat TM - 6 (10.4~12.6  $\mu\text{m}$ ) 波段是热红外波段, 对热异常敏感, 可用于热岛研究终辨别地表温度差异。TM - 6 波段的图像突出的是地物热辐射特性, 其特征表现为: 地物温度越高, 图上相应的色调越亮; 而温度越低色调就越

暗淡渐黑。根据李加洪(李加洪, 1998)的研究, TM 6 亮度值与地物辐亮度关系如下:

$$R_b = \frac{V}{225} (R_{max} - R_{min}) + R_{min}/b$$

(1)

式中:  $R_{max} = 1.896 \text{ mW}/\text{cm}^2 \cdot \text{sr}$ ,  $R_{min} = 0.534 \text{ mW}/\text{cm}^2 \cdot \text{sr}$ ,  $b = 1.239 \mu\text{m}$  ·  $R_b$  是辐亮度,  $V$  是亮度值。

根据普朗克公式, 黑体的分谱辐亮度与绝对温度有如下关系:

$$L_b(\lambda T) = \frac{C_1/\pi}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{C_2/\lambda T} - 1}$$

(2)

式中:  $C_1 = 3.7418 \times 10^{-16} \text{ W} \cdot \text{m}^2$ ,  $C_2 = 1.4388 \times 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{K}$ ,  $\lambda$  是中心波长, 对于 TM 6 而言  $\lambda = 11.5 \mu\text{m}$ 。

由于市区和郊区的下垫面是土或者其它混凝土结构, 其比辐射率往往接近于 1, 所以地物辐亮度  $R_b$  可近似于黑体辐亮度  $L_b$ , 此外, TM 6 影像没有经过大气纠正, 但是由于研究目的是热岛相对强度, 所以这种情况下, TM 6 反演出来的温度值不是地面真实温度, 但是其强弱趋势不变, 可以定量显示城市郊区温度对比, 从而提供相对热岛强度信息。于是, 联立(1)(2):

$$T = \frac{C_2/\lambda}{\ln(1 + \frac{C_1/\pi}{\lambda^5 [ \frac{V}{225} (R_{max} - R_{min}) + R_{min}/b ] })}$$

(3)

代入具体参数数值, 则

$$T = \frac{1.25113 \times 10^3}{\ln(1 + \frac{5.92 \times 10^8}{(13.62V/255 + 5.34) \times 10^6/1.239})}$$

(4)

2.2 NDVI(归一化植被指数)

绿色植被的光谱特征曲线显示(梅安新等, 2001): 可见光波段在  $0.45 \mu\text{m}$  (蓝)和  $0.67 \mu\text{m}$  (红)有两个吸收带, 在近红外波段( $0.7 \sim 0.8 \mu\text{m}$ )有一反射峰值。NDVI 是根据这两个峰谷设计的突出遥感影像植被特征的指数。

$$NDVI = \frac{TM_4 - TM_3}{TM_4 + TM_3}$$

(5)

2.3 技术路线

本研究利用遥感软件 ERDAS MAGNE8.4 建模模块, 根据上述模型进行数据分析处理。考虑到图像显示因素, 将(4)值加

上 19.6 以消除负值, 将(5)值域拉伸为(0, 255)。根据产生的温度强度图和 NDVI 图采样进行相关分析。过程如图 1 所示。

3 研究区背景

北京, 位于北纬  $39^\circ$ ; 东经  $116^\circ$ ; 华北平原西北边缘, 东南距渤海约 150 km。面积 16 800 多  $\text{km}^2$ 。北京的西、北和东北, 群山环绕, 东南是缓缓向渤海倾斜的大平原。北京平原的海拔高度在 20~ 60 m, 山地一般海拔 1 000~ 1 500 m, 与河北交界的东灵山海拔 2 303 m, 为北京市最高峰。境内贯穿 5 大河, 主要是东部的潮白河、北运河, 西部的永定河和拒马河。北京的地势是西北高、东南低。西部是太行山余脉的西山, 北部是燕山山脉的军都山, 两山在南口关沟相交, 形成一个向东南展开的半圆形大山湾, 称之为“北京湾”, 它所围绕的小平原即为北京小平原。

北京的气候为典型的暖温带半湿润大陆性季风气候, 夏季炎热多雨, 冬季寒冷干燥, 春、秋短促。年平均气温  $10 \sim 12^\circ\text{C}$ , 1 月  $-7 \sim -4^\circ\text{C}$ , 7 月  $25 \sim 26^\circ\text{C}$ 。极端最低  $-27.4^\circ\text{C}$ , 极端最高  $42^\circ\text{C}$  以上。全年无霜期 180~ 200 d, 西部山区较短。年平均降雨量 600 多 mm, 为华北地区降雨最多的地区之一, 山前迎风坡可达 700 mm 以上。降水季节分配很不均匀, 全年降水的 75% 集中在夏季, 7、8 月常有暴雨。

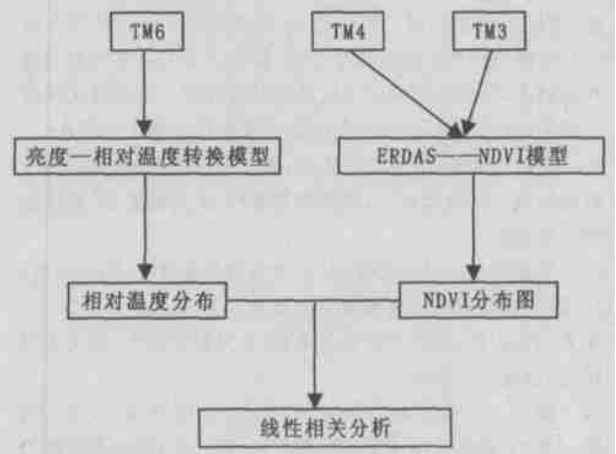
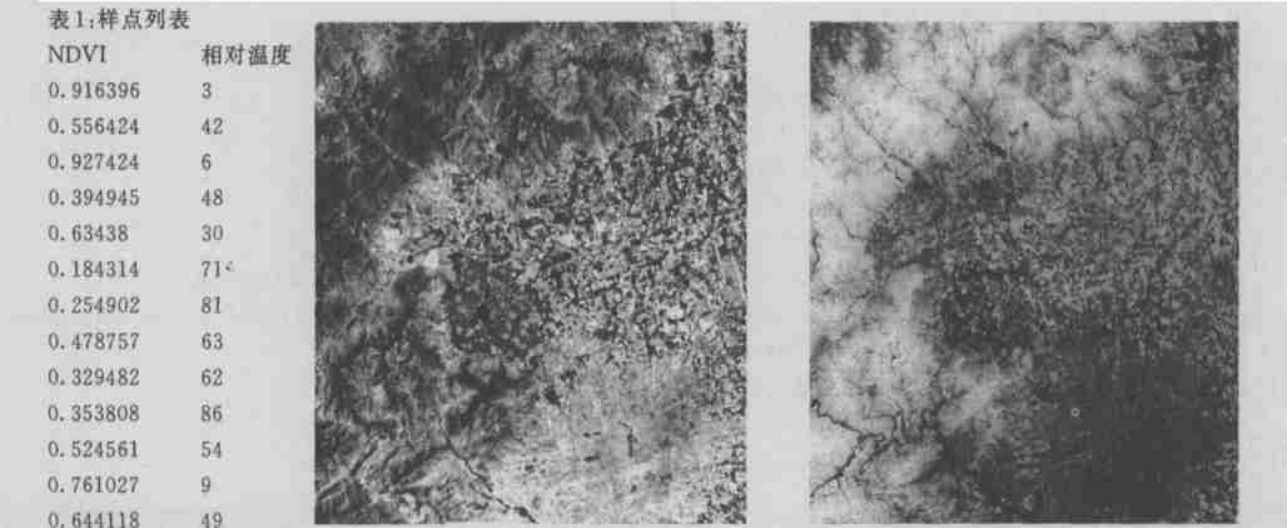


图 1 技术路线图



(注: 两张图中, 灰度从暗到亮表示像素值从大到小)

(a) 相对热岛强度分布 (b) NDVI 分布图

图 2 左: 相对热岛强度分布图; 右: NDVI 分布图

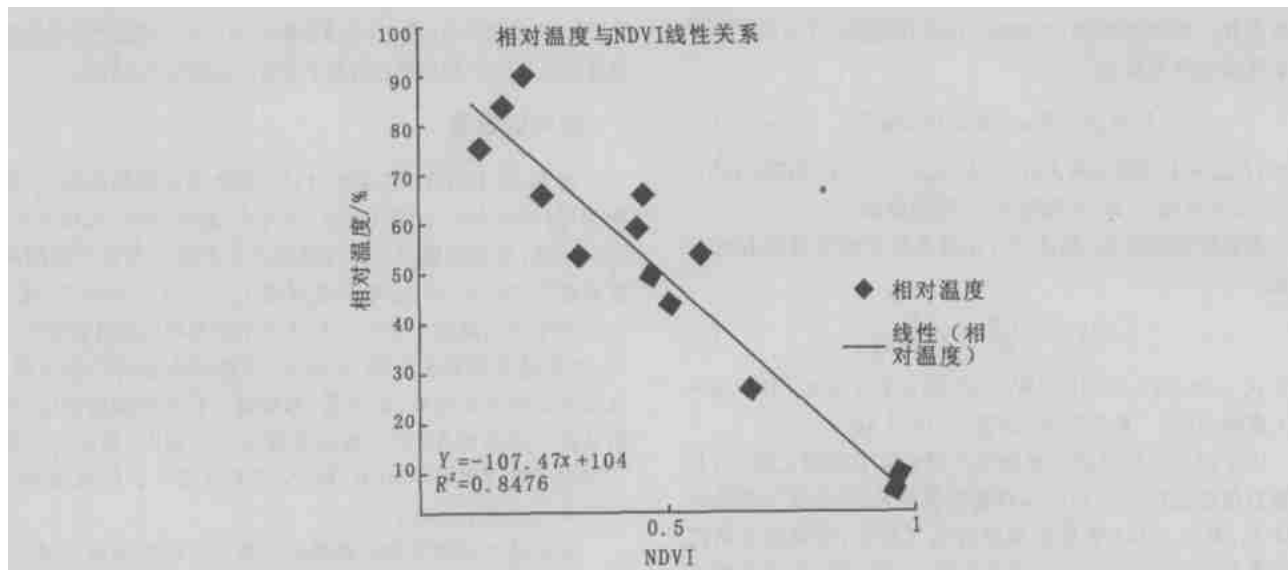


图 3 相对温度与NDVI线性趋势图

#### 4 北京市区郊区相对热岛强度与植被覆盖分析

从相对温度分布图可以看出, 图像左下部分的市区温度较高, 尤其是故宫北部的前门一带以及市区西部的石景山地区; 市区的西北部属于西山地区, 温度较低, 而北部和东南部分虽然总体相对温度低于市区, 但是仍有不少亮斑及温度较高地点, 从政区图判定大致属顺义区范围。由于顺义区毗邻朝阳, 受市区辐射影响较大, 城市化程度在郊区中较高。

左图西北部, 北部灰度值低, 表示相对温度低。原因在于该地区属于东灵山地区, 植被覆盖度好, 人为景观少, 城市化建设强度低。

右图是NDVI分布图, 反映出植被覆盖状况, 明显突现 3 个层次: 亮度最暗及植被覆盖度低的市区; 亮度最高的西山, 东灵山等山区, 植被覆盖状况最好; 此外就是昌平、顺义等郊区县, 植被状况居中。

对以上两张图进行采样, 趋势分析, 结果如下: 图 3 表明, NDVI 对相对温度有着重要影响, 换言之, 即地表植被与城市热岛关系密切。NDVI 值小, 即植被稀疏地区, 相对温度很高; 随着植被覆盖度的增加, 相对温度下降。尽管由于

#### 参考文献:

- [1] 沈立新, 鲍淳松 关于城市热岛问题的综述[J] 浙江林业科技, 2000, 20(3): 89- 92
- [2] 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- 33
- [3] 邓莲堂, 等 上海城市热岛的变化特征分析[J] 热带气象学报, 2001, 17(3): 273- 280
- [4] 陈二平, 等 太原市城市热岛的数值模拟及其成因浅析[J] 山西气象, 2001, (2): 26- 28
- [5] 李有, 等 郑州市深秋热(干)岛效应初探[J] 河南科学, 2002, 20(5): 553- 556
- [6] 张光智, 等 北京及周边地区城市尺度热岛特征及其演变[J] 应用气象学报, 2002, 13(增刊): 43- 50
- [7] Li Jiahong Study of relation between land-cover condition sand temperature based on landsat/TM data[J] Remote Sensing Technology and Application, 1998, 13(1): 18- 28
- [8] 梅安新, 等 遥感导论[M] 北京: 高等教育出版社, 2001. 38- 39

TM 6 未经定标处理, 该线性拟合不能显示真实温度与 NDVI 的关系, 但是它反映出一种趋势, 证实绿化对城市环境的重要性。

#### 5 结 论

TM 6 影像可以用于城市热岛研究, 反映其温度分布或者相对温度分布, 从而显示热强度, 为决策部门提供宏观数据支持。

本文提供的 TM 6 亮度值反演温度公式可以作为研究热岛的一种指标, 技术路线也可供相关人员参考。同时, 植被覆盖度往往成为影响城市温度的重要因子, 这在城市环境保护和规划中应予以重视。

当然, 本文的意图在于提供一种思路与技术方法, 可以应用于城市管理部门宏观上把握城市热岛问题。为达到更精确的热岛与植被关系研究, 可以考虑引入高分辨率卫星影像, 比如 SPOT 或者 QUICKBIRD, 对城市植被进行遥感影像分类, 并且引入景观生态学指数更加定量的描述和预测植被与热岛温度的关系。目前笔者已经与厦门市环保局开展热岛/植被关系研究, 相关也已经开展。