

城市绿色空间格局对山水冷岛效应的影响

——以长沙市核心城区为例

莫慧^{1a, 2} 肖通^{1a} 赵悦^{1a} 朱秋语^{1a} 李子贻^{1a} 李月琦^{1a} 杨文^{1a*} 周亮^{1a, b*1}

(1. 湖南师范大学 a. 资源与环境科学学院,

b. 地理大数据开发与应用湖南省重点实验室, 中国 长沙 410081;

2. 华中师范大学城市与环境科学学院, 中国 武汉 430079)

【摘要】: 绿色空间格局和热环境是与城市居民活动息息相关的重要元素, 绿色空间格局通过植被覆盖的程度和形态影响城市宜居环境, 而热环境则以地表温度的形式表现出来。本文利用 Landsat 8 OLI/TIRS 卫星遥感影像资料, 通过反演法得到长沙市核心城区植被覆盖情况和地表温度数据, 初步分析了长沙市植被覆盖度和地表温度的空间分布特征: 长沙河东地区主要为密集的建筑用地, 植被覆盖度显著低于多山多水的河西地区; 地表温度河西显著低于河东, 临水区域温度是低温中心区, 而地表温度最高值却位于研究区域最东——芙蓉区东部。同时植被覆盖度与地表温度之间的显著性系数为 0.00、相关性 R 值 0.167, 呈极显著负相关, 可见城市的宜居温度与植被覆盖度之间关系密切, 为建设更加优化的城市环境提供了数据支撑和理论依据。

【关键词】: 绿色空间 地表温度 长沙市 相关性

【中图分类号】 P461 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 2096-5281(2019)06-0018-05

国内冷岛的提出最早源于苏从先和胡隐樵 1989 年对沙漠绿洲和湖泊景观的气象研究, 随后 1991 年由刘万军将“冷岛效应”应用到城市中。目前国内对冷岛效应的研究多数停留在自然地理环境背景下, 如绿洲冷岛效应的遥感研究^[1]; 张掖绿洲冷岛效应时空格局的遥感分析^[2]。

绿色空间是城市的基本组成元素之一, 由园林、森林、滨水绿地以及立体空间绿化等在内的所有植被构成^[3]。城市绿色空间构成城市绿色基础设施, 形成城市的新陈代谢系统, 对维护城市的可持续发展发挥着非常重要的作用^[4]。

城市居民生活的热环境主要受地表温度的影响, 而居民生活环境周围的山体和水体由于自身的生态功能可使其周边区域地表温度有效降低, 产生城市冷岛。地表覆盖特征和景观格局特征的变化可间接导致地表温度发生变化, 从而影响城市的冷岛效应^[5,6]。我国现阶段的基本矛盾已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾。由此可见, 居民对

¹**基金项目:** 资源环境湖南省创新创业教育中心资助项目 (201813); 湖南省自然科学基金资助项目 (2019JJ40188); 湖南省教育厅重点项目 (16A129); 湖南省教育厅优秀青年项目 (18B029)

***通信作者,** E-mail: yw200832020105@163. com; alex_zl@qq. com

于其居住环境的要求日益增高，而地表温度是衡量区域热环境的重要指标之一，直接影响到区域内部宜居度^[7]。因此，研究城市绿色空间的分布对城市山水冷岛效应的关联性可为未来城市建设和科学规划提供参考依据，促进城市化的可持续发展，以达到城市宜居度相对最大化的目标。

1 研究区概况

长沙市位于我国中部地区，是湖南省省会，近年来正迅速崛起。作为具有发展潜力的中部城市之一，长沙市的人口密度正逐年增加。位于城区西部的岳麓山和贯穿南北的湘江为城市区域气候带来的冷岛效应不容忽视，其核心城区包括岳麓、开福、天心、雨花和芙蓉 5 大区。



图 1 长沙市核心城区区位图

本文选择长沙市为研究对象(如图 1)，以湘江江心洲——橘子洲的两端为南北两至，东西两至经度变化范围 $112^{\circ} 47' 50.305'' \text{ E} \sim 113^{\circ} 6' 48.52'' \text{ E}$ 为四至形成的“橘洲一带”为代表性区域进行相关性分析。区域内部包括湘江、岳麓山、梅溪湖等长沙最为典型的绿色空间部分，通过研究这部分的植被水体覆盖和地表温度之间的相关性，可有效揭示绿色空间与山水冷岛之间的关联，对于建设生态环境更加宜居的长沙市有重要意义。

2 研究数据来源及处理方法

本文利用地理空间数据云平台 Landsat 8 OLI_TIRS 卫星数字产品(时间为 2014 年 1 月 23 日，条带号 123，行编号 41 及 40)及长沙市行政区划图为基础数据。通过 ENVI5.1 及 ArcGIS10.2 软件处理影像资料，并获取研究区的植被覆盖度及地表温度等矢量化数据，利用 SPSS 软件对两者进行相关性分析。

2.1 植被覆盖度提取

依据植被覆盖度和 NDVI 之间存在极显著的线性相关关系，通常通过建立二者之间的转换关系，直接提取植被覆盖度信息^[8,9]。利用李苗苗等建立的像元二分法计算模型获取了精确度符合研究要求的植被覆盖度数据^[5]。具体计算公式如下

$$f_c = \frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{soil}}, \quad (1)$$

其中， $NDVI_{soil}$ 为完全是裸土或无植被覆盖区域的 NDVI 值， $NDVI_{veg}$ 则代表完全被植被所覆盖的像元的 NDVI 值，即纯植被像元的 NDVI 值。

2.2 植被类型数据提取

研究数据来源:地理空间数据云平台 2014 年 1 月 23 日 Landsat 8 OLI__TIRS 卫星数字产品，条带号 123，行编号 41，同时以长沙市核心区行政区划图为辅助地图。

数据处理软件:ENVICLASS, ENVI 和 ArcGIS10.2。

处理方法:提取五大区行政区划边界矢量文件，与遥感图像在 ArcGIS 软件中做掩膜叠加处理，得到剪裁完毕的遥感影像，利用 ENVI 软件做土地利用分类处理。

2.3 地表温度反演

卫星传感器接收到的热红外辐射亮度值 L_λ 由 3 部分组成^[8]:向上辐射亮度 $L_\uparrow$ ，地面辐射亮度穿过大气到达传感器的能量以及向下辐射到达地面反射的能量 $L_\downarrow$ ，其中热红外辐射亮度值 L_λ 的表达式可写为

$$L_\lambda = [\varepsilon B(TS) + (1-\varepsilon) L_\downarrow] \tau + L_\uparrow, \quad (2)$$

在式(2)中， ε 为地表比辐射率，TS 为地表真实温度(K), $B(TS)$ 为黑体热辐射亮度， τ 为大气在热红外波段的透过率。则温度为 T 的黑体在热红外波段的辐射亮度 $B(TS)$ 为

$$B(TS) = [L_\lambda - L_\uparrow - \tau(1-\varepsilon) L_\downarrow] / \tau\varepsilon. \quad (3)$$

在式(3)中，TS 参数可以用普朗克公式的函数获取：

$$TS = K_2 / \ln(K_1 / B(TS) + 1). \quad (4)$$

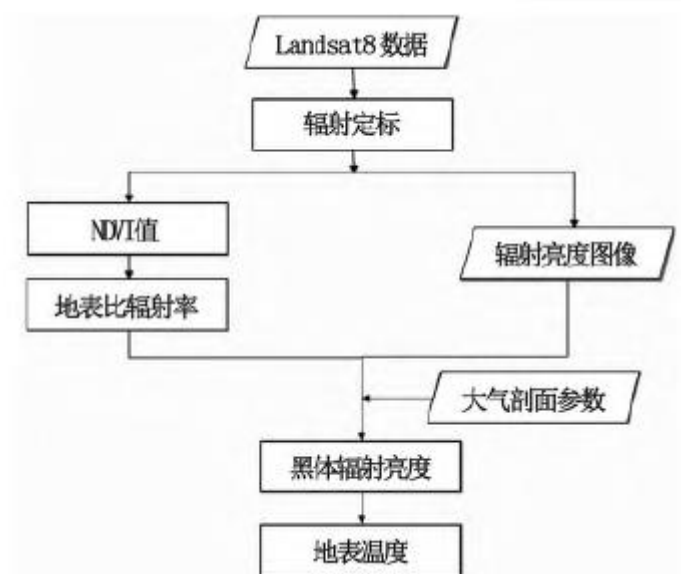


图 2 地表温度反演过程

对于 TM, $K_1=607.76W/(m^2 \cdot \mu m \cdot sr)$, $K_2=1260.56K$ 。

对于 ETM+, $K_1=666.09W/(m^2 \cdot \mu m \cdot sr)$, $K_2=1282.71K$ 。

对于 TIRSBand10, $K_1=774.89W/(m^2 \cdot \mu m \cdot sr)$, $K_2=1321.08K$ 。

可知此类算法需 2 个参数:大气剖面参数和地表比辐射率。大气剖面参数来源于 NASA 提供的网站,输入成影时间以及中心经纬度可以获取大气剖面参数。

公式(3)和公式(4)主要是使用 ENVI 软件中的 BandMath 工具来计算,具体的处理流程如图 2。

2.4 绿色空间格局与地表温度关联分析

根据空间地理位置对两种数据进行匹配,将植被覆盖度和地表温度分别以 $30m \times 30m$ 为单元格进行输出,并利用 SPSS 软件分析植被覆盖度和地表温度变化空间分布特征上的相关性,得到两组不同数据之间的显著性和相关性^[9]。

3 结果分析

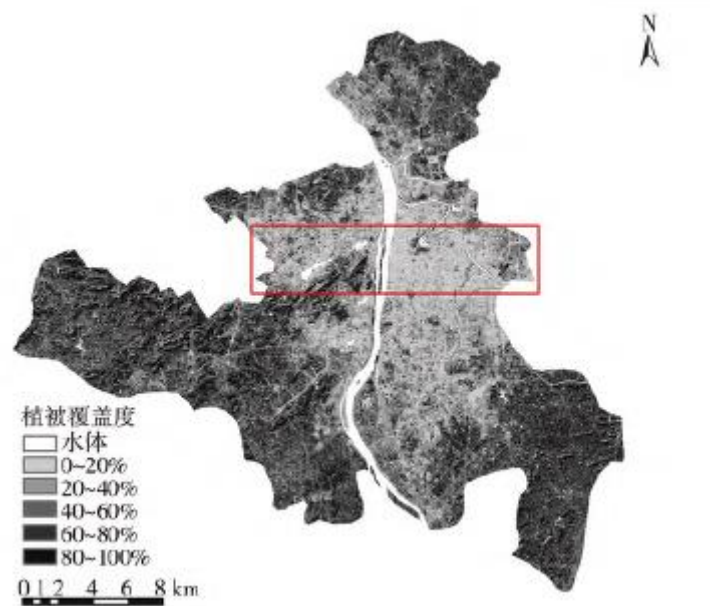


图3 2014年长沙市核心城区植被覆盖

3.1 绿色空间格局的结构特征

通过植被覆盖度对长沙市绿色格局特征进行分析(见图3),结果表明:在长沙市内5大主城区范围内,以湘江为界,植被覆盖度河西显著高于河东。其中,高植被覆盖主要集中在岳麓区西面人口密度较小区域和中部岳麓山风景区以及开福区北部一带,低植被覆盖度主要集中在天心区、芙蓉区、开福区南部、雨花区北部等建成区,建筑密度大因而植被覆盖度显著减小。

长沙市核心城区主要水体为湘江、梅溪湖、咸嘉湖,这些是冷岛效应的重要水体影响因素。湘江自南向北贯穿整个长沙市,沿湘江两岸植被覆盖度低,主要为人为建筑;其余两个湖泊水体均位于河西,河东区域水体较少且规模不大。

结合研究区土地利用特点及研究目的,参照《城市绿地分类标准》(CJJ/T85-2002),本文将2014年长沙市核心城区划分为4类:绿地、建筑用地、水体、其他用地。

2014年长沙市核心城区绿色空间占据了41.51%,绿化程度高,城市环境较好;建筑用地占据21.47%,主要分布于芙蓉区、开福区、岳麓区,绿色空间主要分布于岳麓区、天心区、雨花区。河西部分,岳麓山风景名胜区、洋湖湿地公园、绿色空间所占比例较高,岳麓山大学城主要为建筑用地;河东建筑用地占据大部分区域,芙蓉区分布最密集,只有最北端和南端为绿地。

在“橘子洲一带”(以橘子洲两端为南北界线的带状范围,见图3红框)典型区域内,湘江西面多为风景区和郊区,岳麓山为高植被覆盖度部分,以北有梅溪湖和其周围的建筑区;湘江东面为天心、开福、芙蓉3区的交界处,是长沙最繁华、人流量最大的区域之一,建筑密集,植被稀少,且水体微小。

研究区内植被覆盖度低的区域基本上都为发达的中心城区,人为建设用地面积占比大,因而植被所占据的空间范围小,高植被覆盖度广泛分布于郊区或者乡村、景区地带。

3.2 城市山水冷岛效应的空间分异特征

卫星的过境时间为 2014 年 1 月 23 日, 开始时间为 03:02:15, 结束时间 03:02:46。整个研究区域为长沙市中心城区, 最高气温和最低气温分别为 19℃和 3℃, 此时凌晨, 地表温度和气温正处于快速下降阶段。

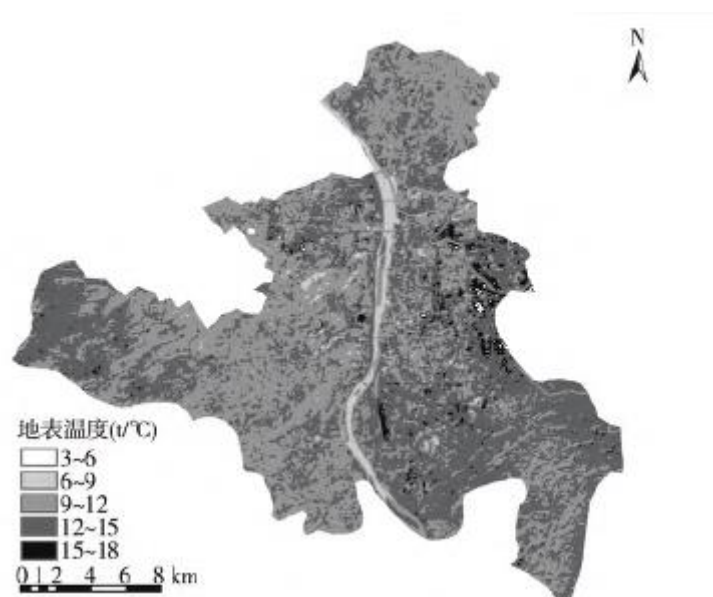


图 4 2014 年长沙市核心城区地表温度反演

由地表温度反演结果(图 4)可见, 总体上, 整个长沙市中心城区的温度分布格局具有明显的空间分异特征: 以湘江为界限, 湘江东部高、西部低, 但东面靠近湘江为低温区, 西面整体为相对低温区, 研究区最西端却是较高温区域, 温度分布从市区向周边郊区呈现多样化、形状复杂化。

长沙市中心城区的中部地区温度相对较低, 主要集中在河西、开福区北部和天心区南部, 温度范围为 5℃~11℃。高温区域主要集中在研究区域中部偏东和东部地区。中部偏东地区是长沙市经济发展最快的区域之一, 高楼矗立, 拥有大量的商业街, 绿色空间相对其他地区来说偏少; 东部芙蓉区温度属于研究区域内的极大值区域。

“橘洲一带”两岸地表温度呈现显著西低东高。湘江附近区域温度较低, 其主要原因推测为江风的作用以及周围楼宇较低, 使得湘江附近区域温度相对于其他地区来说较低。而在温度较高的河东区域也出现有温度相对低的沿江地带, 湘江两岸、岳麓山梅溪湖周边区域的地表温度皆低于同等条件下的其他区域, 在相对高温热环境中形成了独特的冷岛。湘江东面大致自江边向东温度升高, 芙蓉区东部属于高温区域。

3.3 绿色空间格局与地表温度的空间分布关系

以橘子洲为中心的两岸恰好是植被覆盖度与地表温度差异明显地区, 其中西岸包含岳麓山、梅溪湖两个长沙市绿色空间格局的主要组成, 且地表温度处于较低水平; 东岸为城市 CBD 区域, 植被覆盖度低, 人口密集, 地表热效应强。而东西两岸受湘江的冷却作用程度相同, 因此以橘子洲上下两端为两至截取的部分研究区域作为典型性分析区域。

利用 SPSS 软件对“橘洲一带”的植被覆盖度和地表温度 56110 个 30m×30m 象元数据。统计结果表明, 随着植被覆盖度增加, 地表温度主要呈降低趋势。对全部样本地表温度与植被覆盖度进行相关性分析, 得 R 值为 0.167, 显著性检验为 0.00, 达到极显著相关。植被指数与地表温度成显著负相关, 地表温度随植被覆盖度增大而减小。

芙蓉区东部是高温区域,而同样作为高密度建筑低植被覆盖区域的开福区南、天心区北部的临江区(包括五一广场、芙蓉广场、黄兴广场等地段),温度却较芙蓉区东部低,这是湘江对两岸的冷却作用使得人为活动程度甚至大于芙蓉区东的中部区域低于芙蓉区东部。同理,岳麓山北与梅溪湖区域温度显著低于周边区域,在岳麓区中部形成一个开口向西南方向的“冷舌”,冷岛作用十分明显。

参考文献:

- [1]师庆三,肖继东,熊黑钢,等.绿洲冷岛效应的遥感研究——以奇台绿洲为例[J].新疆大学学报(自然科学版),2006(3):334-337.
- [2]潘竞虎,张伟强.张掖绿洲冷岛效应时空格局的遥感分析[J].干旱区研究,2010,27(4):481-486.
- [3]陈康林,龚建周,陈晓越,等.广州城市绿色空间与地表温度的格局关系研究[J].生态环境学报,2016,25(5):842-849.
- [4]李锋,王如松.城市绿色空间生态服务功能研究进展[J].应用生态学报,2004,15(3):527-531.
- [5]谢苗苗,王仰麟,付梅臣.城市地表温度热岛影响因素研究[J].地理科学进展,2011,30(1):35-41.
- [6]陈爱莲,孙然好,陈利顶.绿地格局对城市地表热环境的调节功能[J].生态学报,2013,33(8):2372-2380.
- [7]GEORGESCU M, MOUSTAOU M, MAHALOV A, et al. Summer-time climate impacts of projected megapolitan expansion in Arizona[J]. Nature Climate Change, 2013, 3(1): 37.
- [8]GITELSON A A, KAUFMAN Y J, STARK R, et al. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction[J]. Rem Sen Environ, 2002, 80(1): 76-87.
- [9]GUTMAN G, IGNATOV A. The derivation of the green vegetation fraction from NOAA/AVHRR data for use in numerical weather prediction models[J]. Int J Rem Sen, 1998, 19(8): 1533-1543.
- [10]吴志刚,江滔,樊艳磊,等.基于 Landsat8 数据的地表温度反演及分析研究——以武汉市为例[J].工程地球物理学报,2016,13(1):135-142.
- [11]王蕾,张树文,姚允龙.绿地景观对城市热环境的影响——以长春市建成区为例[J].地理研究,2014,33(11):2095-2104.
- [12]贾琦.城市绿色空间演化及其冷岛强度遥感分析[D].天津:天津大学,2015.
- [13]刘勇洪,轩春怡,权维俊.基于卫星资料的北京陆表水体的热环境效应分析[J].湖泊科学,2013,25(1):73-81.
- [14]李俊杰,何隆华,陈杰.南京城市热场的卫星遥感分析[J].长江流域资源与环境,2005,14(6):760-763.
- [15]刘晓南.城市化背景下城市水体景观变迁及其环境生态效应[D].北京:中国科学院大学,2014.
- [16]徐双,李飞雪,张卢奔,等.长沙市热力景观空间格局演变分析[J].生态学报,2015,35(11):3743-3754.