

DOI:10.13718/j.cnki.xsxb.2019.09.017

城市热岛效应监测与典型强热岛区识别研究

——以北京市六环区域为例^①

葛荣凤¹, 许开鹏¹, 张力小², 王夏晖¹, 迟妍妍¹, 王晶晶¹

1. 生态环境部环境规划院, 北京 100012;
2. 北京师范大学 环境学院/环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 100875

摘要: 城市热岛效应(Urban Heat Island, UHI)是快速城市化进程中具有代表性的生态环境问题之一, 对局地气候、能源消耗、城市居民健康等均有深远影响. 城市热岛效应动态变化的有效监测及合理管控是改善人居环境与防范健康风险的重要条件. 该研究定义了热岛强度指数(HII)和热岛监测指数(UHEI), 以 2 期夏季 LnadSat-7 ETM+遥感影像为数据源反演地表温度(Land Surface Temperature, LST), 结合 GIS 空间分析与统计技术监测了北京市六环区域 2003 年及 2014 年热岛效应的动态变化, 识别了典型强热岛区. 研究结果表明: 1)2003 年至 2014 年, 六环区域内热岛效应呈现好转趋势, 中心城区强热岛区大面积减缓, 外围地区呈现明显恶化趋势; 2)依据热岛效应影响因素, 典型强热岛区可归类为裸露地表主导型、人为热源主导型及混合主导型; 3)典型强热岛区管控可从城市规划、增加绿量以及改变建筑物色彩 3 方面开展.

关键词: 热岛效应; 动态变化; 强热岛区; 影响因素; 减缓措施

中图分类号: X16 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5471(2019)09-0109-09

城市热岛(Urban Heat Island, UHI)是指由于城市建筑及人类活动引起热量在城区空间范围内积聚, 导致城郊间温差明显的现象^[1], 通常用城、郊间温度的差值作为热岛强度的表征指标. 21 世纪以来, 我国城市化进程发展迅速, 城市化水平由 2000 年的 36.22% 上升至 2018 年的 59.58%^[2]. 城市化通过基础设施建设、完善高质量教育配置、健全医疗和社会服务体系、优化休闲活动及资源、提供就业机会等诸多方式^[3], 推动社会进步和经济发展的同时, 也引发了一系列城市内部结构的变化, 诸如城市人口规模扩大, 城市高层建筑增多, 机动车辆、人为热源激增以及城市用地性质变迁等, 改变了城市内部热属性, 加剧了城市热岛效应^[4-5]. 作为城市热环境的显著表现之一^[6], 热岛效应实质上是一种人类活动引起的热环境污染, 其在加剧城市局地高温气候事件发生频率和强度的同时, 也改变了城市内部物候^[7], 加剧了城市大气污染^[8], 危害了人体健康^[9-10]. 此外, 热岛效应还增加了空调降温所产生的能耗^[11], 继而引发新的高温灾害, 形成恶性循环. 对城市热岛效应的动态变化进行有效监测和科学合理管控是当前城市高质量发展亟需解决的重要问题之一.

国内外学者对热岛效应影响机制、减缓理论及措施开展了大量研究. 目前采取的减缓措施主要包括两类: 一是通过降低能源消耗来减少人为热量的排放. 该类措施往往涉及到城市经济发展方式转型及人类生活方式的转变等诸多经济社会方面的复杂问题, 短时间内较难实施. 二是通过调整城市设计和结构相关因素, 包括提高屋顶及道路等的表面反照率^[12-13], 增加城市植被覆盖(屋顶绿化、城市公园、街道绿化等)^[14],

① 收稿日期: 2019-01-21
基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC0503004).
作者简介: 葛荣凤(1988-), 女, 硕士, 助理研究员, 主要从事区域生态评价与生态环境空间管控研究.
通信作者: 王夏晖, 研究员.

1 282.71 K. 热岛强度指数(*HII*)构建方法见文献[20]. 受限于遥感影像的不同年、季的影响,影像间 *HII* 的平行比较成为困扰国内外学者的难题. 徐涵秋等^[21]通过对不同年、月的两期遥感影像进行正规化处理及密度分割,有效降低了季节差异带来的误差. 但受影像内高低异常值及空间异质的影响,在进行 *HII* 比较时,仍不能充分反映热岛效应的空间分布特征. 本研究选取的 2 期遥感影像均选自夏季 7 月份,获取时间差为 2d,以 *HII* 绝对值进行热岛等级的定额划分,能够反映研究区内热岛的强弱趋势及人群的热耐受力,划分标准如表 1 所示.

表 1 城市热岛强度分区

UHI 分区	等级值(<i>G</i>)	<i>HII</i> 范围
低强度热岛区	1	$HII \leq -1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$
次低强度热岛区	2	$-1.5\text{ }^{\circ}\text{C} < HII \leq 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$
中强度热岛区	3	$0.5\text{ }^{\circ}\text{C} < HII \leq 2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$
次高强度热岛区	4	$2.0\text{ }^{\circ}\text{C} < HII \leq 3.5\text{ }^{\circ}\text{C}$
高强度热岛区	5	$HII > 3.5\text{ }^{\circ}\text{C}$

2.2 热岛转化监测方法

定义热岛监测指数(*UHEI*)用以表示研究区热岛效应动态变化特征,计算公式如下:

$$UHEI_i = G_{i,2003} - G_{i,2014}$$

式中: $G_{i,2003}$, $G_{i,2014}$ 分别为研究区像元 *i* 在 2003,2014 年的热岛等级. $UHEI_i > 0$, 表示相应像元 *i* 由 2003 年低热岛等级向 2014 年高热岛等级转变, 定义为 UHI 恶化区; 同理, $UHEI_i = 0$, 定义为 UHI 稳定区; $UHEI_i < 0$, 定义为 UHI 减缓区.

3 研究结果与讨论

3.1 北京市热岛效应监测结果分析

统计结果显示, 2003—2014 年间, 北京市六环内城市热岛时空格局演变特征明显且复杂. 就表征热岛强弱的直接指标 *HII* 而言, 六环内 *HII* 由 2003 年的 1.21 °C 下降至 2014 年的 1.04 °C, 其中 2 环、2—3 环、3—4 环、4—5 环围合区的降低强度分别为 1.91, 2.78, 2.08, 0.72 °C, 仅在 5—6 环围合区域内上升 0.35 °C. 对于不同行政区来讲, *HII* 仅在丰台、大兴、房山、昌平、通州以及顺义等北京城市建成区外围出现 0.23, 1.56, 2.01, 0.21, 0.37 及 0.13 °C 的幅度增长, 而在城市中心区, 如东城、西城、朝阳、海淀、石景山则呈现明显下降趋势, 其中西城区 *HII* 下降最为明显, 为 2.44 °C.

就热岛效应空间完整性特征而言, 2003 年高强度热岛区集中连片分布在四环内区域, 同时沿重要交通线路, 如长安街等向外辐射延伸, 2014 年分布则趋于零散化, 以 5—6 环围合区为主, 在南六环区域内出现了显著增强(图 2). 低强度热岛区则呈现明显增长趋势, 面积由 2003 年的 295.52 km² 上升至 2014 年的 392.18 km², 受高强度热岛区空间分布影响, 其在 5—6 环围合区内呈现破碎化分布. 以 0.5~2 °C 进行划分的中强度热岛区, 既释放了效应增强的高强度区, 又转变了效应减弱的低强度区, 面积由 2003 年 561.08 km² 小幅度下降至 2014 年的 500.46 km², 以圈层形式包围在高强度热岛区周围(图 2).

北京市热岛效应转变特征明显, UHI 减缓区面积为 829.22 km², 占比 36%, 集聚分布在五环内区域, 在 5—6 环围合区内破碎化分布. UHI 稳定区面积为 715.84 km², 占比为 31%, 在整个六环区域内分布较为均匀. UHI 恶化区面积为 733.63 km², 占比 33%, 主要分布在 5—6 环围合区内, 并在西南角连片显著存在. 总体来说, 北京六环内热岛效应减缓趋势显著, 呈现城市内部中心减缓, 外围恶化的变化态势(图 3), 与 *HII* 变化趋势以及高强度等级热岛区域的演变状态具有一致性(图 2).

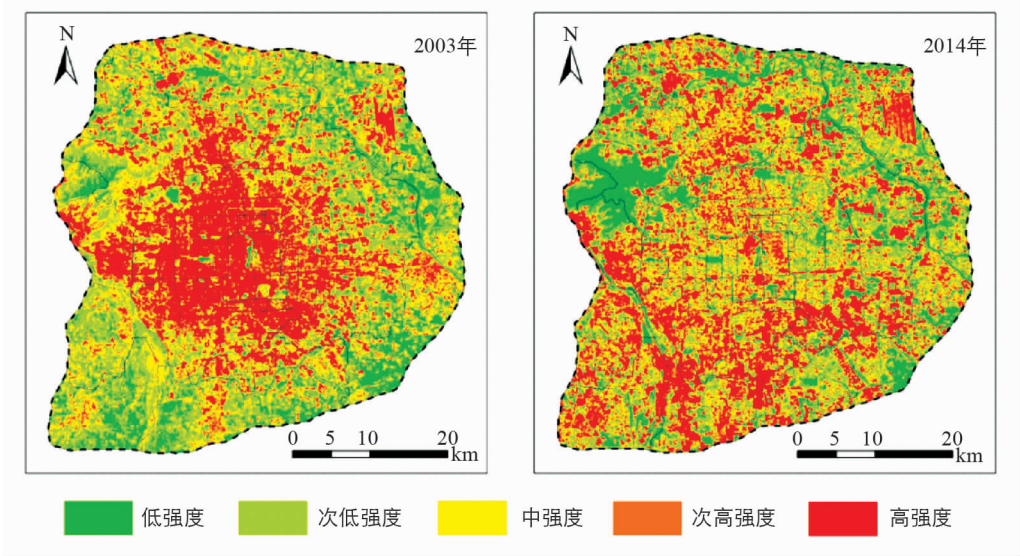


图 2 2003—2014 年北京六环热岛空间分布变化

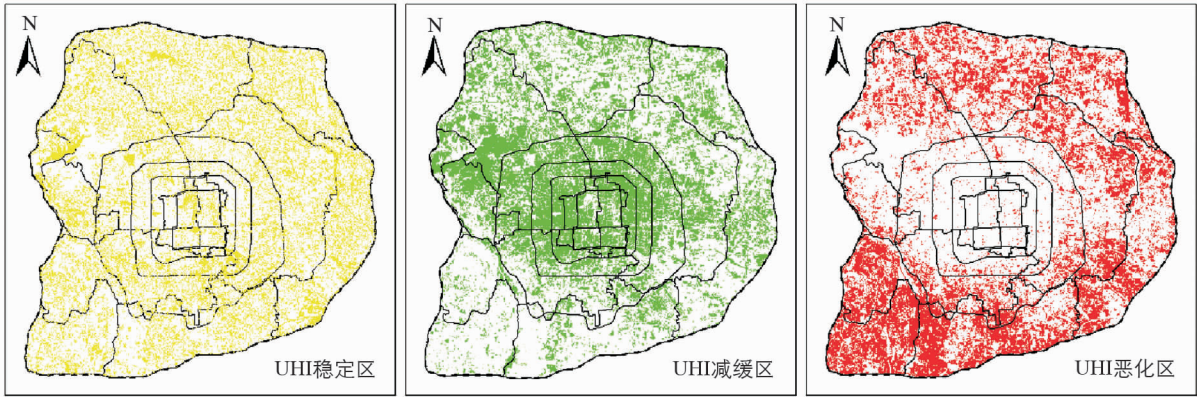


图 3 2003—2014 年北京市六环内热岛动态变化

3.2 北京市热岛效应强热岛区识别分析

以 $HII>3.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 进行划分的高强度热岛区,对城市生态环境,尤其是居民健康负面影响最为深远,是热岛效应防治中最为迫切的区域. 定义 2003 年等级为 5, 2014 年为非 5 的像元为消失强热岛区; 2003 年等级为非 5, 2014 年为 5 的像元为新增强热岛区; 2003 与 2014 年均为 5 的像元为持续强热岛区. 图 4 显示, 消失强热岛区面积为 266.10 km^2 , 环线围合区面积占比 2—3 环最高, 2 环内次之, 5—6 环最低, 空间分布以 2 环内区域为中心, 呈辐射状向外延伸, 东北部顺义飞机场, 南部大兴区以及北部朝阳区等均有少量零散分布. 新增强热岛区面积为 271.50 km^2 , 环线围合区面积占比 5—6 环最大, 为 13.57% , 其次为 4—5 环, 占比为 12.50% , 2 环内最低, 为 1.73% , 分布相对集聚, 以 5—6 环围合区分布为主, 且在南部大兴区大面积集聚. 持续强热岛区面积为 141.80 km^2 , 环线面积占比以 3—4 环最大, 为 15.71% , 其次为 2 环内, 为 15.01% , 5—6 环最低, 为 3.75% , 主要散落分布

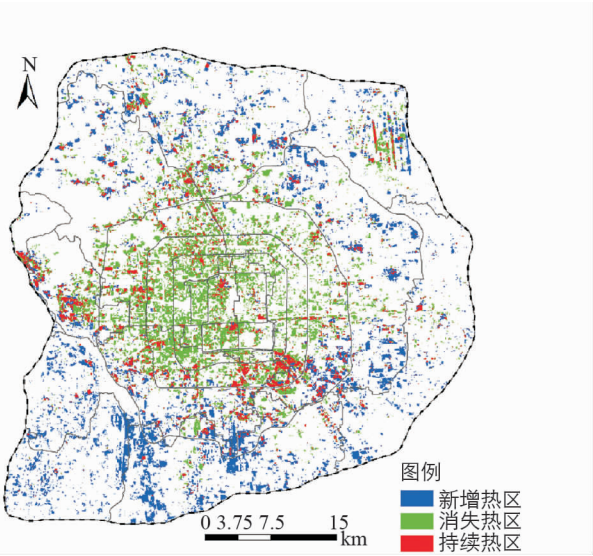


图 4 北京市六环区域高强度热岛区变化

于整个六环区域内,在四环东南角,六环正西部等均有明显分布.上述结论与 3.1 节结果具有一致,均呈现内部减缓,外围恶化的变化趋势.

持续强热岛区,即 2003 与 2014 年热岛等级均为 5 区域,是六环内热岛常年高值区,对其进行优先防治,能够有的放矢地减缓热岛效应.由图 4 中分离出持续强热岛区,以连成片面积 S 大小,即 $S<0.1\text{ km}^2$, $0.1\leq S<0.5\text{ km}^2$ 及 $S\geq 0.5\text{ km}^2$,进行区域划分,结果如图 5 所示.计算得出,六环内 $S<0.1\text{ km}^2$ 持续强热岛区总面积为 58.94 km^2 ,占比 22.46% ,由内环向外环环线围合区面积占比依次为 5.84% , 5.33% , 5.17% , 4.48% , 1.64% ,呈现点状零散分布,其中 2 环内最为显著(图 5). $0.1\leq S<0.5\text{ km}^2$ 持续强热岛区总面积较 $S<0.1\text{ km}^2$ 多,为 41.57 km^2 ,由内环向外环环线围合区面积占比依次为 3.05% , 1.69% , 3.26% , 4.23% , 1.12% ,以 4—5 环散落分布为主,分布呈现线状及片状(图 5). $S\geq 0.5\text{ km}^2$ 持续强热岛区总面积最低,为 37.20 km^2 ,由内环向外环环线围合区面积占比依次为 5.72% , 1.41% , 6.94% , 2.27% , 0.87% ,多分布在 3—4 环,呈现块状形态,空间分布则以东-西长安街以及南-北中轴线周边分布为主,并向西部及东南稍偏.

$S\geq 0.5\text{ km}^2$ 持续强热岛区与六环区域 Google 卫星地图空间叠置结果如图 6 所示.由图可清晰分辨出强热岛区所在的地理位置、周边地貌及地物,详情如表 2 所示.依据热岛影响因素,将其空间分布归结为 3 类.

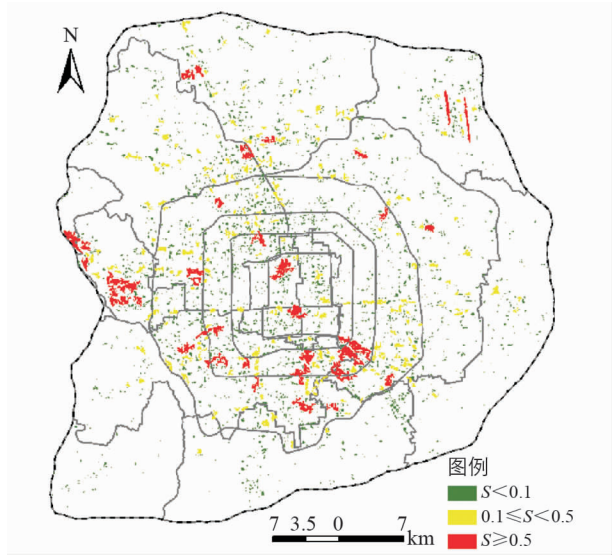


图 5 持续强热岛区分布情况

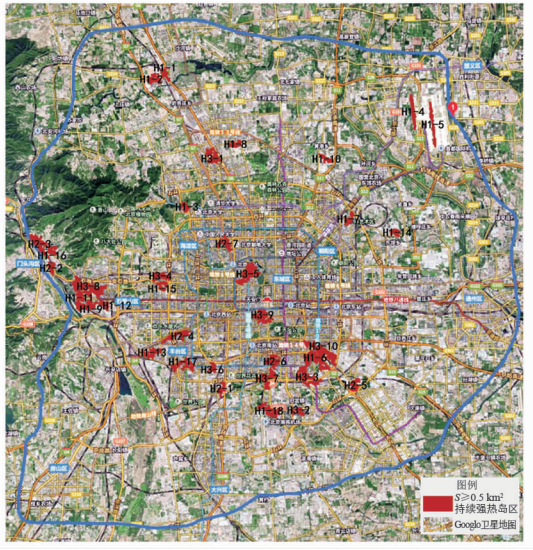


图 6 $S\geq 0.5\text{ km}^2$ 持续强热岛区 Google 卫星地图耦合图

- 1) 裸露地面主导型. 区域内大面积硬质地表呈现直接裸露状态,建筑密度高,铺装外表多为低反照率材料,绿化稀缺,植被覆盖率低;用地类型则多为高密度居民居住小区、工业场地、小型制造业、加工业工厂、大型公共服务场所等.以 H1-4、H1-5 北京顺义飞机场、H1-7 建材和制造业集聚区、H1-8、H1-9、H1-10 工业工厂、废旧工厂及裸露沙地等为典型代表.
- 2) 人为热源主导型. 区域多为交通枢纽或地铁途径地,交通流量大,小商品、副食、服饰批发等商业聚集地密集分布,人流量大,人为释放热量高.典型代表为新发地客运站、新发地农产品加工及副食批发为主的 H2-1,涵盖丰台赵公口车站及大红门纺织品批发地的 H2-6,囊括北京邮电大学、中国人民大学、中央财经大学等诸多教育机构的 H2-7 等.
- 3) 混合主导型. 区域内建筑密度大,大面积地表呈现裸露状态,同时交通及人流量大,人为释放热量高.典型代表为大型商业、制造业工厂及建筑小区兼具的 H3-2,小红门、肖村等城中村密集建筑群,北京顺达基业汽配等为主的商业服务场所的 H3-3.

表 2 S≥0.5 km² 持续强热岛区情况

类型	用地类型	类号	地物类型	代表地物
裸露地表主导型—H1	住宅用地	H1-1	高密度低矮建筑物	福田小区、沙河一通小区等。
		H1-2		二毛小区、沙河毛条小区等。
		H1-3	中密度新建住宅小区	挂甲屯住宅小区、一亩园小区等。
	商业服务用地	H1-4	大面积裸露硬质地表	顺义飞机场跑道。
		H1-5		顺义飞机场跑道。
		H1-6	高密度建筑群	嘉园、京成、京林、万和、金陶、金寨家园公寓。
		H1-7	密集建筑群，制造业、贸易公司，教育机构，大型广场等。	酒仙桥建材装饰市场、腾飞不锈钢、东山断桥铝门窗、湖北五金水暖、751D. PARK 北京时尚设计广场。
	工业用地	H1-8	小型制造业、加工业工厂	北京市建筑涂料厂、高渡美涂料公司等。
		H1-9	沙地、大型工厂	永定河滩图沙地、首钢搬迁后废弃工厂。
		H1-10	工业工厂	废弃工厂(制造业)。
	工业、住宅用地	H1-11	大型工厂、高密度住宅建筑小区。	首钢在用及废弃工厂、居住小区、金隅滨和园小区等。
		H1-12	大型露天广场、高密度住宅建筑小区。	北京锅炉厂、新星夜总会；阳光公寓、明清写字楼、家美公寓、盛安公寓、圆通快递石景山分公司。
	住宅、商业服务用地	H1-13	高密度建筑住宅小区、制造业、加工业、汽车维修服务公司。	五里店、曼克顿住宅小区；北京海德里汽配、双福盛钢材库、国兴汽车服务中心汽车修理厂。
		H1-14	城中村，高密度低矮建筑物，超市、综合商场、批发市场等。	东坝地区后街村、朝阳区东坝乡东风村委会、华联超市、方正公寓等。
		H1-15	高密度裸露硬质地表及建筑群等。	玉渊潭科技商务中心，中电兴发大厦、西联石材分市场、鸿达门窗等；永金里、永定路住宅小区。
	住宅、公共服务用地	H1-16	高密度建筑区	五里坨小区、三家店小区、北京煤炭工业学校。
	住宅、施工建设用地	H1-17	地铁 6 号线建设施工中；高密度居民建筑住宅小区。	新华街、道甲村、韩庄子、新村、新村二里小区等。
	交通、住宅、公共服务、施工建设用地	H1-18	南苑路与 G104 国道途径地，地铁 8 号线在建。高密度建筑住宅小区。	南苑北里小区、六营门小区；丰台区职业教育中心学校；航天博物馆、航天万源广场等。
人为热源主导型—H2	商业服务用地	H2-1	密集商业区，客运站、农产品加工、副食批发业等。	京城天地批发市场、新发地长途客运站、三义建材、新发地副食调料批发、北京国家现代农业科技城。
	交通、住宅用地	H2-2	阜石路与双裕路交叉处，城中村，高密度低矮建筑群。	石景山麻裕村
		H2-3	铁路交通要道，大型工厂。	首钢
	交通、工业用地	H2-4	四环路与京石高速交界处，高密度低矮密集建筑。	龙兴行汽修、东方泰恒汽车租赁公司、北京德泰昌机电设备供应站等。
	住宅、商业服务用地	H2-5	密集商业区、高密度建筑小区；各种小商铺，小型购物饮食密集分布。	义务小商品批发市场；亿家公寓、阳光公寓、冉昀大院；横街子村商业街，花墙子中心。
	住宅、商业服务用地	H2-6	交通枢纽，城中村。高密度低矮住宅小区，车站、体育馆、批发市场，纺织品生产、批发、销售集聚地。	邓村、马村、南木樨园小区；丰台赵公口车站、北京汽车光彩体育馆、大红门国际会展中心；北京大红门纺织品批发市场、北京鑫华恒祥布艺商行等。
			H2-7	地铁 13 号线大钟寺，教育机构，商贸业、金融机构，高密度低矮建筑群。

续表 2 $S\geqslant0.5\text{ km}^2$ 持续强热岛区情况

类型	用地类型	类号	地物类型	代表地物
混合主导型—H3	住宅、商业服务用地	H3-1	商业区、制造业工厂以及建筑小区等.	安宁里小区、天佑商务楼等.
		H3-2	高密度住宅建筑小区,公共娱乐场所;制造业及加工业.	清乐园、清逸西苑小区、隆盛台球城、华局工业园、北京市南郊电器器材厂、中国航天航天万源建筑.
		H3-3	地铁亦庄线途径,停战为肖村及小红门站,高密度低矮建筑,制造及加工业基地,建材市场,汽车销售公司等.	小红门乡肖村;北京中益粮油配送中心;宏兴建材、北京顺达基业汽配、北京奥特顺通汽配、依丽兰家具(城外诚店)、北京鑫康信达.
		H3-4	四环路与阜石路交叉处正西方向,高密度建筑群、娱乐设施密集,物流业、制造业汽车销售及维修业公司.	乐府江南、中吴家园;北京龙微葡萄酒博物馆,常聚泰茶楼;京粮广场;大钱市胡同、半壁店小区;北京百得利之星汽车销售有限公司、鑫荣泉大厦等.
		H3-5	交通枢纽,高密度低矮建筑,典型商业区,人流量大,地铁站集聚处.	平安里、新街口、积水潭、车公庄地铁站;三不老小区,大觉、西章胡同等;新华百货,长春大厦等.
	交通、住宅、商业服务用地	H3-6	地铁 10 号线纪家庙途径,高密度住宅小区、大型商业服务建筑群、小型超市,综合购物广场、政府及事业机构.	图郑王坟 280 号院、亿朋苑小区等;迷你世界展览馆、万兴国际家具广场等;中国地图出版社地图研究所、首都经济贸易大学等.
		H3-7	交通枢纽,地铁 8 号线在建.高密度建筑小区,建筑及装饰材料公司,娱乐场所,密集商业区大型.	江南宜家、北京正方盛五金洁具建材;大红门东前街小区;东华台球厅;皇家丽景贵族店、链家家具布艺生活馆等;中塔新兴通讯技术集团有限公司等.
		H3-8	地铁 1 号线古城-苹果园站途径,高密度住宅小区,零小型商业密集,新兴产业集聚地,教育机构等.	首钢杨庄居民区、首钢古北居民区等;笛造生物创新基地、古城创业大厦等;北京工业大学、首钢工学院、首钢地质勘查院地质研究所;首钢电机厂.
		H3-9	密集商业及住宅小区混杂区,教育机构,便民场所,政府办公场所.	大栅栏-前门商业区;北师大附属中学西区、北京第一实验小学;厂甸、东南园小区等.
		H3-10	便民批发市场,高密度居民公寓及小区;公共场所等.	大洋路市场豆制品、鱼肉、海鲜大厅;大洋路市场南区东方泰洋批发市场、活鱼批发、蔬菜批发;周庄嘉园小区等;国博文物鉴定中心分理处.

3.3 强热岛区减缓建议

由 3.2 节热岛效应主导因素分析可总结出,城市热岛的产生取决于城市不同功能区下垫面的热力属性,其增温效应构成城市热岛的“本底”,城市热源则使热岛的“本底”局部得到加剧,形成局部“Hot 区”.对城市热岛进行有效减缓,能够节省城市能源消耗,提高经济效益,改善生态环境,同时提高人居舒适度等.针对 $S\geqslant0.5\text{ km}^2$ 持续强热岛区提出减缓建议:1)对于裸露地面主导强热岛区,建议增加植被覆被,充分开发、利用闲置土地及空间种树植草等多种途径增加植被覆盖率.大力推广生物材料进行屋顶绿化增加绿量^[22],建议政府通过对屋顶绿化业主进行税收减免、提高额外容积率等方式进行财政支持.推广绿色建筑材料,进行色彩规划,尽量采用浅色铺装材料和涂料.2)对于人为热源主导和混合主导型强热岛区应以北京城市建设及生态环境保护规划为契机,合理规划内部结构,降低建筑密度.逐步转移污染严重和耗能较高的制造业及加工业.有序疏散人群,逐步将人口向六环外围区、县疏散,改善人居环境.

4 结 论

本研究通过反演 2 期夏季同月份遥感影像获取 LST 空间场,分析了北京市六环区域内 2003 年和 2014 年热岛效应变化特征,通过分离高强度热岛区识别出典型强热岛区,针对性地提出了减缓建议.研究发现:

- 1) 2003 年至 2014 年,六环内热岛效应呈现好转趋势, H_{II} 由 $1.21\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下降至 $1.04\text{ }^{\circ}\text{C}$,3 环以内中心城区热岛大面积减缓,外围则恶化趋势明显.
- 2) 高强度热岛区呈现 $S_{\text{新增强热岛区}}>S_{\text{消失强热岛区}}>S_{\text{持续强热岛区}}$ 现象,其中,新增强热岛区以 5—6 环围合区分

布为主,在南部大兴区大面积集聚;消失强热岛区集聚分布在城市内环区域内;持续强热岛区散落于整个六环区域内,3—4 环围合区内面积占比最高。

3) 块状面积 0.5 km^2 的典型强热岛区,呈现 3 类特征:裸露地面主导型,主要为高密度居民居住小区、工业场地、加工业工厂大型工业服务场所等,以北京顺义飞机场,建材、制造业集聚地为代表;人为热源主导型,主要为商业密集聚集地、火车站、汽车站等,以大红门批发市场、新发地农产品加工等为代表;混合主导型,主要为大型商业、制造业工厂及建筑小区等,以北京顺达基业汽配等为代表。

4) 为有效减缓热岛效应,在强热岛区内可尝试合理规划强热岛区内部建设,降低人口密度;增加强热岛区内植被覆盖,积极推广屋顶绿化;推广绿色建筑材料,进行建筑色彩规划等措施。

参考文献:

- [1] 阳文锐,李 锋,何 永. 2003—2011 年夏季北京城市热景观变化特征 [J]. 生态学报, 2014, 34(15): 4390-4399.
- [2] 国家统计局. 中华人民共和国 2018 年国民经济和社会发展统计公报 [N]. 人民日报, 2019-03-01(10).
- [3] SENANAYAKE I P, WELIVITIYA W D D P, NADEEKA P M. Remote Sensing Based Analysis of Urban Heat Islands with Vegetation Cover in Colombo City, Sri Lanka Using Landsat-7 ETM+ Data [J]. Urban Climate, 2013, 5: 19-35.
- [4] HANSEN T S. Spatio-Temporal Aspects of Land Use and Land Cover Changes in the Niah Catchment, Sarawak, Malaysia [J]. Singapore Journal of Tropical Geography, 2005, 26(2): 170-190.
- [5] GRIMM N B, FOSTER D, GROFFMAN P, et al. The Changing Landscape: Ecosystem Responses to Urbanization and Pollution across Climatic and Societal Gradients [J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2008, 6(5): 264-272.
- [6] YUE W Z, LIU X. Assessment on Heat Island Effect Based on Urban Regulatory Planning [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2016, 27(11): 3631-3640.
- [7] SUKOPP H. Urban Ecology — Scientific and Practical Aspects [J]. Urban Ecology, 1998: 3-16.
- [8] ANDERSON H R, DELEON A P, BLAND J M, et al. Air Pollution and Daily Mortality in London: 1987-92 [J]. BMJ, 1996, 312(7032): 665-669.
- [9] BRIDGER C A, ELLIS F P, TAYLOR H L. Mortality in St. Louis, Missouri, during Heat Waves in 1936, 1953, 1954, 1955, and 1966 [J]. Environmental Research, 1976, 12(1): 38-48.
- [10] UNGER J. Comparisons of Urban and Rural Bioclimatological Conditions in the Case of a Central-European City [J]. International Journal of Biometeorology, 1999, 43(3): 139-144.
- [11] AKBARI H, KONOPACKI S. Calculating Energy-Saving Potentials of Heat-Island Reduction Strategies [J]. Energy Policy, 2005, 33(6): 721-756.
- [12] IHARA T, KIKEGAWAY, ASahi K, et al. Changes in Year-Round Air Temperature and Annual Energy Consumption in Office Building Areas by Urban Heat-Island Countermeasures and Energy-Saving Measures [J]. Applied Energy, 2008, 85(1): 12-25.
- [13] SYNNEFA A, SANTAMOURIS M, LIVADA I. A Study of the Thermal Performance of Reflective Coatings for the Urban Environment [J]. Solar Energy, 2006, 80(8): 968-981.
- [14] ZHANG K X, WANG R, SHEN C C, et al. Temporal and Spatial Characteristics of the Urban Heat Island during Rapid Urbanization in Shanghai, China [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2010, 169(1-4): 101-112.
- [15] GIRIDHARAN R, LAU S S Y, GANESAN S, et al. Lowering the Outdoor Temperature in High-Rise High-Density Residential Developments of Coastal Hong Kong: The Vegetation Influence [J]. Building and Environment, 2008, 43(10): 1583-1595.
- [16] 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.
- [17] 林学椿,于淑秋. 北京地区气温的年代际变化和热岛效应 [J]. 地球物理学报, 2005, 48(1): 39-45.
- [18] 王今殊,李贵才,刘玉洁,等. 北京地区陆表温度空间分布特征 [J]. 测绘科学, 2009, 34(6): 218-220, 83.
- [19] 冯悦怡,胡潭高,张力小. 城市公园景观空间结构对其热环境效应的影响 [J]. 生态学报, 2014, 34(12): 3179-3187.
- [20] 葛荣凤,王京丽,张力小,等. 北京市城市化进程中热环境响应 [J]. 生态学报, 2016, 36(19): 6040-6049.
- [21] 徐涵秋,陈本清. 不同时相的遥感热红外图像在研究城市热岛变化中的处理方法 [J]. 遥感技术与应用, 2003(3):

129-133.

[22] ONDIMU S N, MURASE H. Combining Galerkin Methods and Neural Network Analysis to Inversely determine Thermal Conductivity of Living Green Roof Materials [J]. Biosystems Engineering, 2007, 96(4): 541-550.

On Monitoring and Identification of
Hot Spots of Urban Heat Island Effect
——A Case Study of the Sixth-ring Zone of Beijing

GE Rong-feng¹, XU Kai-peng¹, ZHANG Li-xiao²,
WANG Xia-hui¹, CHI Yan-yan¹, WANG Jing-jing¹

1. Chinese Academy of Environmental Planning, Beijing 100012, China;
2. State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, School of Environment,
Beijing Normal University, Beijing 100875, China

Abstract: Urban Heat Island (UHI) is one of the representative eco-environmental problems in the urbanization process, which has far-reaching negative impact to local climate, energy consumption and health of urban residents. It is an important condition to improve the living environment and prevent health risk to effectively monitor the dynamic change of UHI, identify its typical zones, conduct scientific and reasonable control. In this study, the Land surface temperature(LST) data, retrieved through the thermal infrared remote sensing image(Landsat 7 TIRS), were used as the spatial dataset. Furthermore, the dynamic change of UHI during 2003—2014 was monitored quantitatively in the sixth-ring region of Beijing, by analyzing HII and UHEI using statistical and GIS spatial analysis methods. The results show that 1) UHI in the sixth-ring region during 2003—2014 showed improving trend, in which ,the central city heat island slowed, peripheral deterioration trend is obvious; 2) On the basis of heat island effect factors, typical hot spots can be classified as the bare surface dominated, anthropogenic heat type and mixed type LED led; 3) Zone control can be done in three aspects of city planning, to increase the amount of green building and change color.

Key words: Urban Heat Islan; dynamic change; UHI hot spot; UHI mitigation; influence factor

责任编辑 包 颖