DOI:10.19789/j.1004-9398.2018.05.015

京津冀城市群热岛强度遥感监测及其城市规模效应分析*

张 旸[1,2] 胡德勇[1,2] 曹诗颂[1,2] 陈姗姗[1,2] 于 琛[1,2]

(1. 首都师范大学资源环境与旅游学院,北京 100048;
2. 首都师范大学资源环境与地理信息系统北京市重点实验室,北京 100048)

摘 要

本文利用MODIS月度地表温度产品(MOD11C3、MYD11C3)获取2001、2010和2016年京津冀城市群年平均和季平均地表温度数据,并结合夜间灯光数据和土地利用数据估算京津冀城市群各地级市城市热岛强度. 分别从年度、季度、月度三个方面分析京津冀城市群各地级市2001—2016年城市热岛情况,并结合城市发展规模对其进行相关分析,以期为京津冀城市群后期城市规划提供参考依据. 结果表明:2001—2016年间,京津冀城市群建成区面积扩大明显,且城市规模越大,建成区面积增长越大;京津冀城市群热岛强度与城市规模有关,一二线城市整体热岛强度高于三四线城市. 根据京津冀城市群年度数据分析得出,年平均夜间热岛强度高于日间热岛,且二者差异随城市规模扩大而减小;从季度数据可以看出,冬季夜间热岛强于日间热岛,而在夏季日间热岛和夜间热岛的强弱关系则与城市规模有关,城市规模越大,日间和夜间热岛强度之间差异增大;通过分析逐月数据发现,日间热岛呈现出夏季高、冬季低的特点,峰值多在8月份出现,而夜间热岛各月份间无明显变化.

关键词:京津冀城市群,城市热岛强度,遥感监测,建成区.
中图分类号:TP7

0 引 言

近年来,城市规模的不断扩大带动了经济和科技的发展,提高了居民的生活质量,但同时也带来了一系列城市气候问题,其中城市热岛问题愈发突出. 城市热岛主要指城市中心城区温度高于周边区域的现象[1]. 该效应对于空气质量、热舒适度、生物群落以及人类健康等[2-7]方面带来的影响日益增加. 而现在随着社会的发展,愈来愈多的人选择在城市生活,受城市热岛问题所影响的居民数量不断上升. 更有研究数据表明,2003年8月欧洲发生了大范围热浪事件,造成上万人死亡[8],而热岛效应进一步威胁到了居民身体健康,导致因高温造成的中心城区的死亡率要远高于周围区域[9-10].

随着遥感技术的不断提高,利用热红外遥感监测城市环境的方法已被广泛接受. 为区分以气温作为基础数据的城市热岛,有文献中将利用地表温度(land surface temperature,LST)计算的城市热岛称为地表城市热岛(surface urban heat island,SUHI)[11],在此简称城市热岛(urban heat island,UHI).

已有不少学者对城市热岛进行了研究,对于城市热岛的描述方式有所不同,大致分为两种,一种是对地表温度进行分级,另一种是通过城乡地表温度差异来表示热岛强度. 第一种方法大多是先求取地表温度,之后按照一定的分级方式将地表温度划分为不同等级,等级越高则表示热岛强度越大,如周甜甜等[12]采用密度分割法对地表温度进行等级分类,分析了青岛市城市热岛在日、季节及年际等时间尺度的变化规律和空间分布特征,发现青岛城市热岛具有昼弱夜强、冬强夏弱的特点,且热岛面积不断扩大,地表温度向高温化、集中化趋势发展;葛伟强等[13]依据直方图采用quantile分类法将热场分为20级,并采用GIS地理统计方法比较16个城市的强热岛面积分布,分析长三角城市群夏季热岛强度年际变化. 而第二种利用城乡地表温度差异表示热岛强度的方法首先需要确定建成区和郊区范围,求取两个区域的地表温度平均值差作为地表热岛强度. Zhou等[14]将与建成区同等面积的缓冲区范围定义为郊区,通过计算城乡地表温度差异获取城市

收稿日期:2017-12-11
* 国家自然科学基金面上项目(41671339).

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

热岛强度,以此定量分析中国 32 个主要城市每日和每季度城市热岛强度的空间变化以及其潜在机理. 刘勇洪等[15]则提出了一种基于地形、土地利用、植被覆盖和城市夜间灯光指数来确定乡村背景的 SUHI 估算方法,并建立了基于 SUHI 和热岛比例指数的城市热岛强度定量评估方法,将京津冀 11 个地级市根据中国城市规模新划分标准进行划分. 目前学者的研究成果表明,城市热岛强度与城镇位置和研究时间[14]、城镇人口[15]、不透水面聚集度[16]、交通密度[17]以及土地利用类型[18]等因素有着一定关联.

目前,对于城市热岛的研究已有很多,但对于城市群热岛的相关研究较少,且对于热岛的分析多为单个时间尺度,本文将城市热岛强度定义为建成区和郊区温度差异,分别从年度、季度、月度三个不同时间尺度分析京津冀城市群各地级市 2001—2016 年城市热岛强度情况,并从城市发展规模为入手点,对城市发展规模与城市热岛强度进行相关分析. 以期通过其得到京津冀城市群不同规模城市在不同时间尺度的城市热岛强度变化规律,为缓解京津冀城市群城市热岛效应提供参考依据.

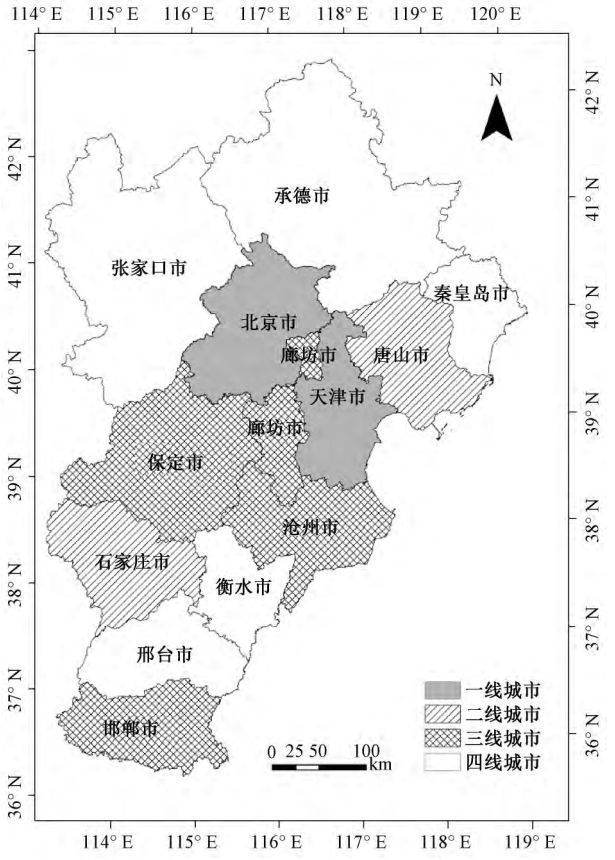


图 1　研究区概况图

1　研究区概况

京津冀城市群是我国的三大城市群之一,也是我国的文化、政治中心,拥有两个直辖市,北京市和天津市,地域面积约为 21.6 万 km^2. 该城市群地处中纬度欧亚大陆东岸,属于温带湿润半干旱大陆性季风气候[19],气候呈现夏季炎热多雨,冬季寒冷干燥的特点[20]. 近年来,由于人口增长、经济发展等因素影响,京津冀城市群建成区明显扩张,城市建成区的扩张导致大量自然地表转换为沥青、水泥等人工地表,从而引发一系列诸如城市热岛的环境问题.

京津冀城市群共有 13 个地级市,其中北京市、天津市为一线城市,城市常住人口数量较大,城市发展质量指数高于河北 11 个地级市[21],综合经济实力较高; 石家庄、唐山市为二线城市; 邯郸市、沧州市、保定市、廊坊市为三线城市; 邢台市、张家口市、承德市、秦皇岛市、衡水市为四线城市,如图 1 所示. 由于承德市和秦皇岛市区域不能获取符合研究要求数量的像元,固本文选取除这两个地级市以外 11 个地级市作为主要研究区域.

2　数据与研究方法

2.1　研究数据

本文选取 MODIS 地表温度产品 MOD11C3 作为日间(过境时间: 10:30 AM)和 MYD11C3 作为夜间(过境时间: 10:30 PM)地表温度数据. 获取了 2001、2010 和 2016 年 3 年间每月合成数据,共 72 期. 其中 MOD11C3 为 Terra 星的数据,MYD11C3 为 Aqua 星的数据. 以 Terra 星的 MOD11 产品为例,MOD11C3 产品是 MOD11C1 的月平均产品,空间分辨率为 0.05° × 0.05°. 而 MOD11C1 产品是将 MOD11B2 产品(空间分辨率 6 km)每日数据拼接后重采样至 0.05° × 0.05° 空间分辨率得到的. MODIS 温度产品精度较高,误差在 1 K 之内[22],适用于大、中尺度的区域地表热量空间分布状况研究[23]. 已有许多专家学者采用 MODIS 温度产品对对地表热环境进行分析[24-27].

同时本文利用夜间灯光数据(DMSP/OLS,空间分辨率: 1 km,2001 年、2010 年; Suomi-NPP VIIRS,空间分辨率: 0.5 km,2016 年),和土地利用数据(由“中国科学院资源环境科学数据中心”获取,空间分辨率: 1 km,2000 年、2010 年、2015 年)确定建成区

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

范围.

DMSP 搭载的 OLS 传感器提供了全球最长时间序列(1992—2014 年)夜间灯光对地观测数据,2011 年 10 月 Suomi-NPP 搭载的 VIIRS 传感器发射成功,该传感器空间分辨率较 OLS 有很大提高,且对夜间灯光具有更高的灵敏度. 近年来,夜间灯光数据已被普遍应用于城市发展等方面,成为一种快速客观的量测城市化水平的有力工具[27-30]. 本文 2001 和 2010 年选用 DMSP/OLS 夜间灯光数据,2016 年选用 Suomi-NPP VIIRS 夜间灯光数据.

中国科学院资源环境科学数据中心提供的土地利用数据是在科技部和科学院项目支持下完成的,该数据基于 landsat8 遥感影像,通过人工目视解译完成,包括耕地、林地、草地、水域、居民地和未利用土地 6 个一级类型以及 25 个二级类型. 本文主要利用城镇用地和土地利用用地两种类型对建成区进行提取. 该数据在国家土地资源调查、水文、生态研究中发挥着重要作用.

2.2 研究方法

2.2.1 建成区 - 郊区范围提取

建成区指市行政区范围内经过征用的土地和实际建设发展起来的非农业生产建设地段,它包括市区集中连片的部分以及分散在近郊区与城市有着密切联系,具有基本完善的市政公用设施的城市建设用地. 本文主要利用土地利用数据和夜间灯光数据对城市建成区范围进行提取. 主要方法如下:①提取 2000、2010 和 2015 年土地利用数据中城镇用地、交通用地及其他建设用地范围作为建成区范围主要数据. 根据数据实际情况,分别利用 2001、2010 和 2016 年夜间灯光数据设定不同的阈值,将大于阈值的范围作为提取建成区范围的补充数据,提高建成区 - 郊区范围提取精度,具体的夜间灯光数据阈值如表 1 所示. 将二者范围相结合,形成初步建成区范围. ②对初步建成区范围进行筛选,剔除主建成区周围的破碎斑块,得到最终建成区范围. ③以建成区主体区域为中心,向外缓冲 10 km 建立缓冲区作为郊区范围.

表 1 2001—2016 年夜间灯光数据阈值选取结果

年份	传感器	阈值
2001	OLS	44
2010	OLS	60
2016	VIIRS	3.76

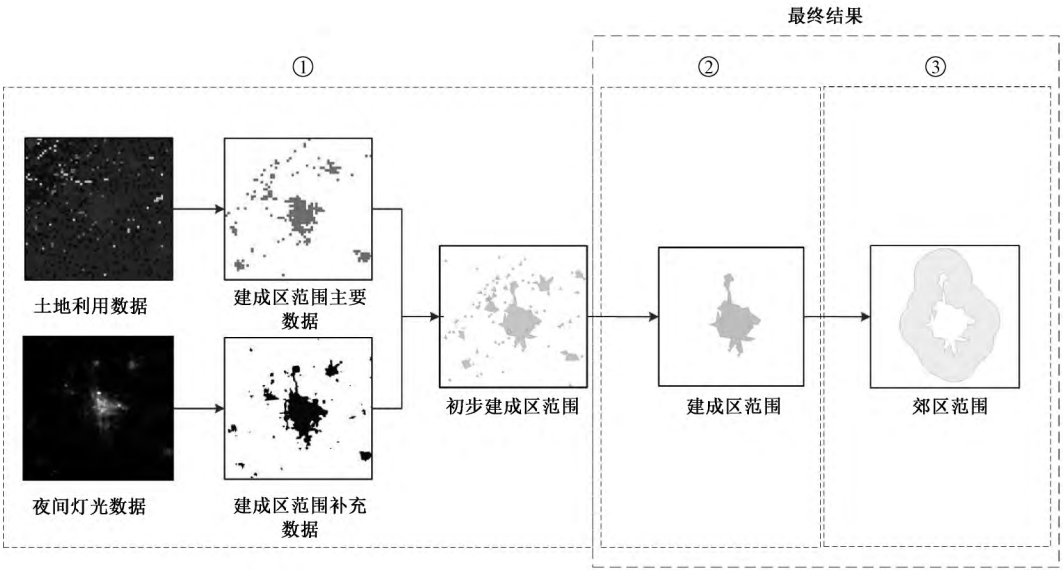


图 2 城市建成区 - 郊区范围提取流程图

2.2.2 城市热岛强度估算

定义城市地表热岛强度为建成区地表温度平均值与郊区地表温度平均值之差[31]:

$$UHI = LST_u - LST_s \quad (1)$$

其中,UHI 为城市热岛强度,LST_u 为建成区地表温度平均值,LST_s 为对应郊区地表温度平均值.

将 MODIS 地表温度产品单位统一转换成℃,并结合 MOD11C3 温度产品 QC 字段,提出数据中质量不合格像元,得到最终的地表温度数据. 利用地表温度月度数据,根据公式(1)分别求得 2001、2010 和 2016 年各地级市日间和夜间年平均、季平均和月平均热岛强度.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3　结果及其分析

3.1　京津冀城市群城市规模变化分析

图 3 为 2001、2010 和 2016 年的京津冀建成区范围,根据图 3 可以看出,2010—2016 年京津冀的建成区面积明显增加,其中一线大城市建成区面积扩大最为明显. 如表 2 所示,2001—2016 年京津冀各地级市建成区面积均扩大了约 2 ~ 3 倍,整体面积增长达到了5 206.65 km^2,其中北京市和天津市两个一线城市,建成区面积增长最为明显,分别扩大了 1 501.92 km^2 和 1 801.34 km^2,其余二、三、四线城市分别平均扩大了 361.78 km^2、169.81 km^2 和 92.42 km^2,可以看出建成区扩展面积和城市发展规模之间存在正相关,城市规模越大,建成区面积扩大范围越大.

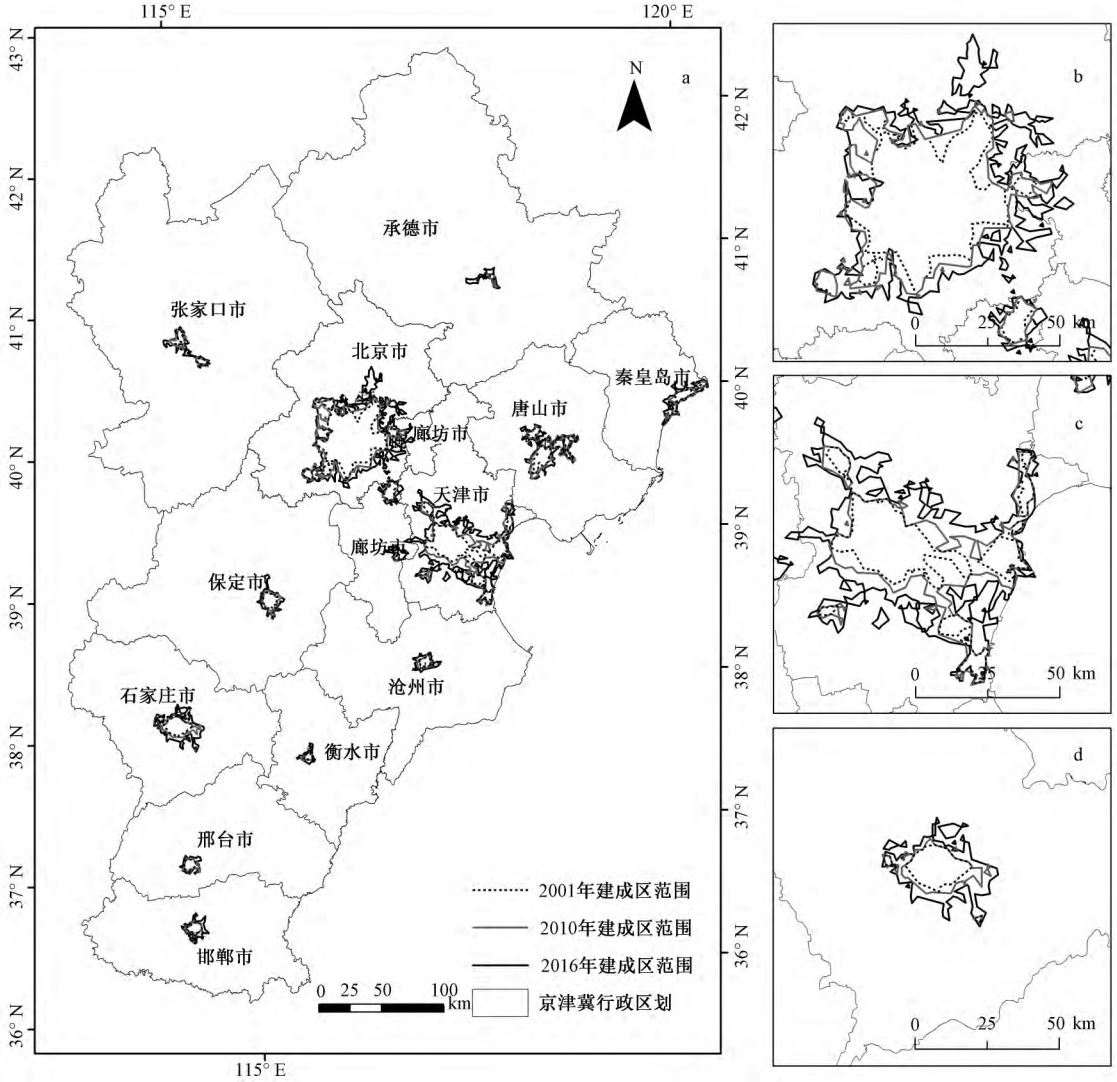


图 3　2001、2010 和 2016 年京津冀城市群建成区范围

(a. 京津冀建成区; b. 北京市建成区; c. 天津市建成区; d. 石家庄市建成区)

3.2　京津冀城市群城市热岛年际差异及其城市规模效应分析

根据城市热岛强度月度数据,分别统计 2001、2010 和 2016 年京津冀城市群各地级市日间和夜间年平均热岛强度,并结合城市规模对京津冀城市群年平均热岛强度进行分析. 为更好的分析不同城市规模热岛强度变化,将京津冀城市按一、二、三、四线城市划分,结果如图 4 所示: ①2001—2016 年京津冀城市群内整体建成区日间各地级市城乡地表温度差异在 - 0.5 ℃ ~ 1.5 ℃. 可以看出日间热岛效应与城市规模有一定关系,其中一线城市日间热岛效应较强,平均热岛强度达到 1.01 ℃; 而三、四线城市,日间热岛强度相较于一、二线城市来讲,明显较弱,平均热岛强度为

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

0.04 ℃.②京津冀城市群内整体夜间热岛相对于日间热岛强度更为明显,这与曹畅等[12]的研究结果相同.北京、天津两个一线城市,日间和夜间热岛强度差异并不明显,二者平均差异为0.2 ℃;而二、三、四线城市二者差异较大,平均差异达到0.76 ℃,其中三线城市二者差异最大,达到了0.89 ℃.可以看出城市发展状况对于城市日间和夜间热岛效应有着不同程度的影响.③2001—2016 年京津冀城市群一线城市热岛效应强度无明显变化,二、三、四线城市热岛效应强度呈无规律性变化,但整体来讲都具有夜间高日间低的特点.

表 2 京津冀城市群 2001—2016 年建成区面积 km^2

	2001 年	2010 年	2016 年	增长面积
北京市	1 891.79	2 439.63	3 393.71	1 501.92
天津市	1 060.51	1 614.41	2 861.85	1 801.34
石家庄市	229.89	315.65	617.51	387.62
唐山市	286.33	423.58	622.27	335.94
保定市	121.66	151.92	256.63	134.97
沧州市	61.50	84.40	168.51	107.01
邯郸市	80.47	89.45	203.82	123.35
廊坊市	139.36	199.95	453.28	313.92
邢台市	64.88	85.11	143.21	78.34
张家口市	73.91	136.52	217.49	143.57
衡水市	30.35	39.92	85.71	55.35
总体	4 148.34	5 755.13	9 355.00	5 206.65

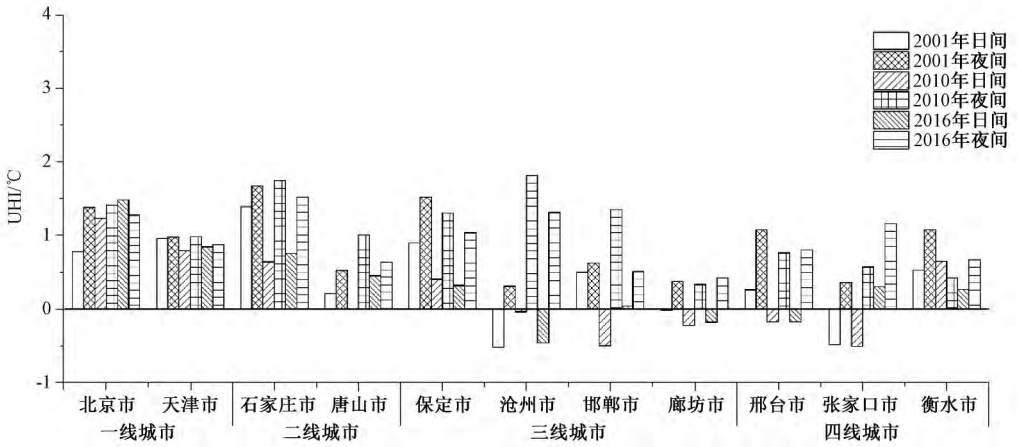


图 4 京津冀城市群各地级市 2001—2016 年年平均热岛强度

3.3 京津冀城市群城市热岛年内差异及其城市规模效应分析

为更好的对比京津冀不同规模城市在不同月份城市热岛变化情况,本文将城市按城市规模划分,求取不同城市规模月平均热岛强度(图 5),结果表明:①京津冀城市群日间热岛整体来讲在较冷月份(1—3 月、10—12 月)热岛效应并不明显,城乡地表温度差异较小.发展较好的一二线城市,日间城市热岛效应较三四线城市更为明显.②研究区整体日间热岛效应强度变化浮动较大,呈现夏季高、冬季低的特点,这与葛伟强等[13]和王靓等[16]的分析结果相似,且大部分城市在 8 月份左右出现峰值,热岛效应明显.可以看出,京津冀城市群夏季日间城乡温度差异较大,热岛效应明显.③京津冀城市群各规模城市整体夜间月度热岛强度差异不大,且各月之间变化幅度也不大,基本保持一致.在较冷月份夜间热岛相较于对应的日间热岛更为明显.

3.4 京津冀城市群城市热岛季节差异及其城市规模效应分析

本文求取了 2001—2016 年京津冀城市群内夏季(6—8 月)和冬季(12 月、1—2 月)平均地表温度,并根据城市规模对其进行划分,获得不同规模等级城市夏季和冬季的热岛强度,综合分析不同规模城市夏季和冬季城市热岛强度(图 6),可以看出:①随着城市规模提高,夏季日间和冬季夜间城市热岛强度均有不同程度增高,其中,夏季日间热岛强度明显增大,高规模城市相对于次一规模城市热岛强度分别上升了 0.5 ℃、0.75 ℃和 0.32 ℃,而冬季夜间热岛分别上升了 0.072 ℃、0.069 ℃和0.21 ℃.可以看出城市规模对于夏季日间和冬季夜间热岛效应有着一定影响,城市规模越大,热岛效应越明显.而对于夏季夜间和冬季日间热岛则无明显规律.②京津冀城市群范围内不同季节城市热岛效应有着明显差异,对于冬季来说,冬季夜间热岛强度明显强于日间热岛.而夏季热岛强度情况则根据城市规模的不同而有所差

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

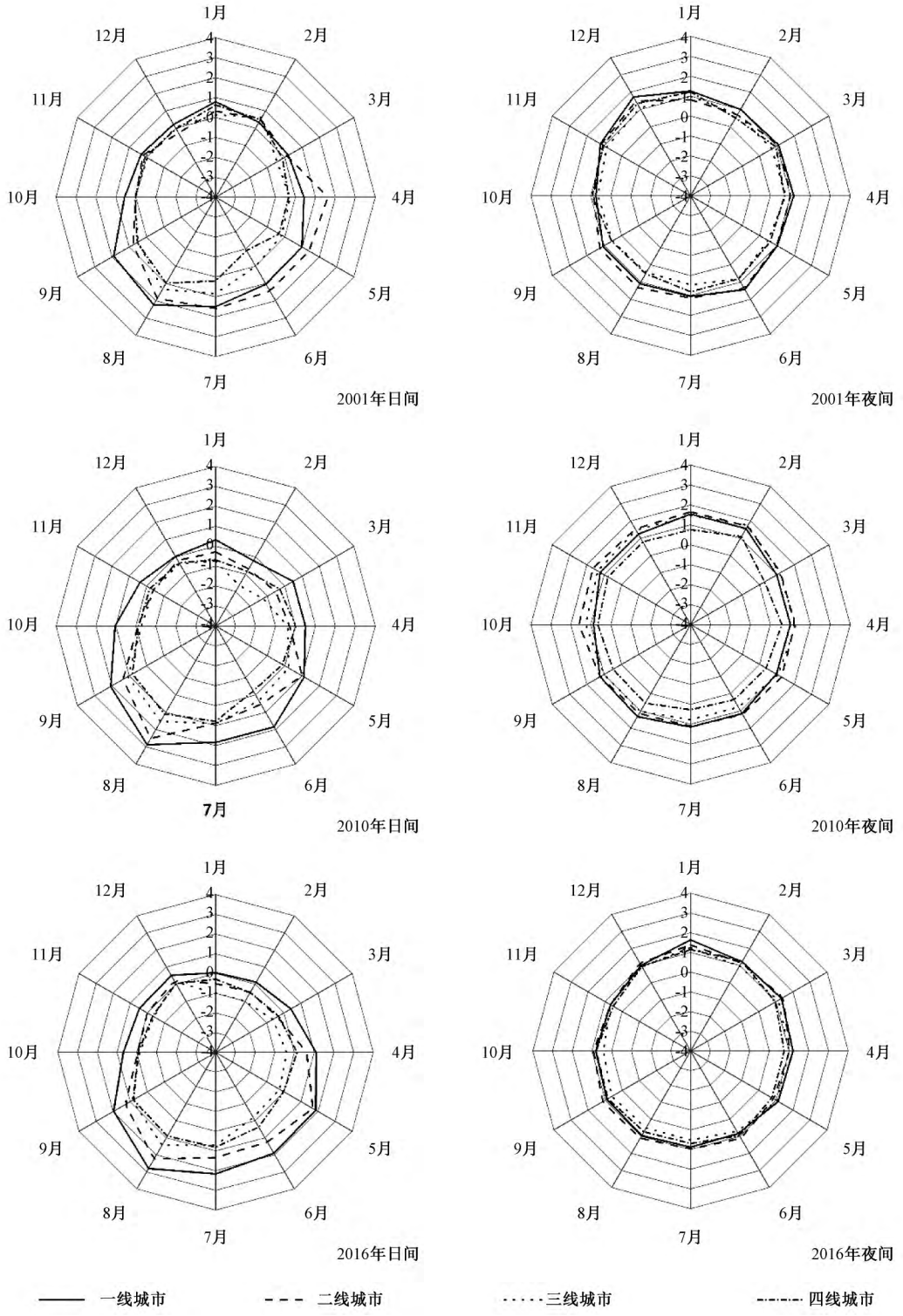


图 5　京津冀城市群不同规模城市 2001—2016 年月度热岛强度

异，一、二、三线城市日间热岛强度强于夜间热岛，且随着城市规模的降低，二者差异逐渐缩小，而对于四线城市来说，日间热岛强度低于夜间热岛. 可以看出，随着城市规模等级和人口数量的提高，夏季日间和夜间热岛强度之间差异逐渐扩大. 这一结论与年平均数据得出的城市规模越大，日间热岛与夜间热岛之间差异越小相反，可能由于时间尺度的差异. 在年平均角度来看，不仅是讨论夏季 3 个月的热岛强度，而是将一年 12 个月的热岛数据全部参与计算，求取平均值. 而在季度数据分析时，仅用了 6—8 月

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

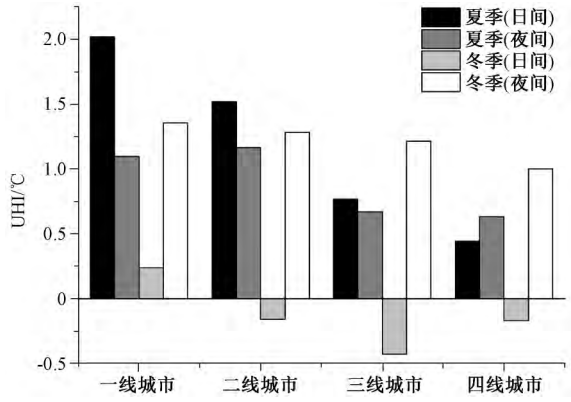


图6 京津冀城市群不同规模城市 2001—2016 年季度城市热岛强度

的数据求取平均值作为夏季热岛数据,重点是要看夏季城市热岛的特点,城市热岛从不同时间尺度分析得到的数据结果有所差异,在城市规划时,应根据实际需要的不同选取不同的时间尺度进行分析. ③城市热岛效应整体随城市规模扩大而增高,但不同规模等级城市夏冬两季四个时段间热岛效应不尽相同,存在一定差异. 京津冀城市群一、二线城市四个时段中,夏季日间热岛强度最大,而对于三、四线城市来说,冬季夜间热岛效应更为明显.

4 结 论

基于以上对于京津冀城市群 2001—2016 年城市热岛强度的定量分析表明:

(1) 京津冀城市群 2001—2016 年 16 年间,各地级市建成区面积均有明显增长,且建成区扩展面积和城市发展规模之间存在正相关,城市规模越大,建成区面积扩大范围越大.

(2) 京津冀城市群内整体夜间热岛相对于日间热岛强度更为明显. 城市规模越大,其热岛强度越大,而其日间与夜间热岛强度差异越小. 这可能是由于城市发展规模越大,对周边的影响越大,像北京、天津这类一线城市郊区发展程度可能高于二、三、四线城市,其夜间人为活动较多,也就导致大城市日间夜间热岛差异较小.

(3) 不同等级规模城市热岛效应在夏季和冬季虽然有一定差异,但大体上基本相同,热岛效应均随城市规模扩大而增高. 整体冬季热岛呈现“日弱夜强”现象,而夏季热岛则根据城市规模而有所差异,城市规模越大,日间热岛越强. 对于一、二线大城市来说在夏冬两季四个时段中,夏季日间热岛强度最大,而对于三、四线小城市来说,冬季夜间热岛效应最为明显.

(4) 通过月度数据得出,日间一、二线大城市热岛效应较三四线城市更为明显. 相较于夜间热岛,日间热岛效应强度变化浮动较大,呈现夏季高、冬季低的特点,且大部分城市在 8 月份左右出现热岛强度峰值. 而夜间各月热岛强度基本稳定,变化幅度不大.

综上所述,城市发展规模对于城市热岛强度有着明显影响,尤其是对日间热岛影响更为突出. 因此,应根据城市规模不同,设定合理的城乡规划方案,以期缓解城市热岛效应.

参 考 文 献

[1] Oke T R. The energetic basis of the urban heat island [J]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 1982, 108(455): 1 – 24.

[2] Ai M, Armstrong B G, Antonio G, et al. Methods to estimate acclimatization to urban heat island effects on heat- and cold-related mortality [J]. Environ Health Perspect, 2016, 124(7): 1016 – 1022.

[3] Imhoff M L, Zhang P, Wolfe R E, et al. Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA [J]. Remote Sensing of Environment, 2010, 114(3): 504 – 513.

[4] Wong K V, Paddon A, Jimenez A. Review of world urban heat islands: many linked to increased mortality [J]. Journal of Energy Resources Technology, 2013, 135(2): 82 – 90.

[5] 王建凯,王开存,王普才. 基于 MODIS 地表温度产品的北京城市热岛(冷岛)强度分析 [J]. 遥感学报, 2007, 11(3): 330 – 339.

[6] 税伟,陈志淳,邓捷铭,等. 耦合适应力的福州市高温脆弱性评估 [J]. 地理学报, 2017, 72(5): 830 – 849.

[7] 吴志丰,陈利顶. 热舒适度评价与城市热环境研究: 现状、特点与展望 [J]. 生态学杂志, 2016, 35(5): 1364 – 1371.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[8] Kovats S, Wolf T, Menne B. Heatwave of August 2003 in Europe: provisional estimates of the impact on mortality [J]. Eurosurveillance Weekly, 2004,8(11).

[9] Dousset B, Gourmelon F, Laaidi K, et al. Satellite monitoring of summer heat waves in the Paris metropolitan area [J]. International Journal of Climatology, 2011, 31(2): 313 - 323.

[10] Fouillet A, Rey G, Laurent F, et al. Excess mortality related to the August 2003 heat wave in France [J]. International Archives of Occupational & Environmental Health, 2006, 80(1): 16 - 24.

[11] 李元征,尹科,王亚婷,等. 地表城市热岛影响因素研究进展 [J]. 世界科技研究与发展, 2017(1): 51 - 61.

[12] 周甜甜,廉丽姝,李宝富,等. 基于遥感的青岛市城市热岛时空变化特征 [J]. 地球环境学报, 2017, 8(2): 157 - 168.

[13] 葛伟强,周红妹,杨何群. 基于 MODIS 数据的近 8 年长三角城市群热岛特征及演变分析 [J]. 气象, 2010, 36(11): 77 - 81.

[14] Zhou D, Zhao S, Liu S, et al. Surface urban heat island in China's 32 major cities: spatial patterns and drivers [J]. Remote Sensing of Environment, 2014, 152: 51 - 61.

[15] 刘勇洪,房小怡,张硕,等. 京津冀城市群热岛定量评估 [J]. 生态学报, 2017, 37(17): 5818 - 5835.

[16] 王靓,孟庆岩,吴俊,等. 2005—2014 年北京市主要城建区热岛强度时空格局分析 [J]. 地球信息科学学报, 2015, 17(9): 1047 - 1054.

[17] 林荣平,祁新华,叶士琳. 沿海河谷盆地城市热岛时空特征及驱动机制 [J]. 生态学报, 2017, 37(1): 294 - 304.

[18] 韩冬锐,徐新良,李静,等. 长江三角洲城市群热环境安全格局及土地利用变化影响研究 [J]. 地球信息科学学报, 2017, 19(1): 39 - 49.

[19] 张可慧. 全球气候变暖对京津冀地区极端天气气候事件的影响及防灾减灾对策 [J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(10): 122 - 125.

[20] 杨坤矗,毕润成,孙然好,等. 京津冀地区城市化发展时空差异特征 [J]. 生态学报, 2017, 37(12): 3998 - 4007.

[21] 李磊,张贵祥. 京津冀城市群内城市发展质量 [J]. 经济地理, 2015, 35(5): 61 - 64.

[22] Wan Z. New refinements and validation of the collection-6 MODIS land-surface temperature/emissivity product [J]. Remote Sensing of Environment, 2014, 140(1): 36 - 45.

[23] 高懋芳,覃志豪. 中国 MODIS 地表温度产品验证 [J]. 国土资源遥感, 2006, 18(3): 15 - 18.

[24] Jose L F R, Filho A J P, Karam H A. Estimation of long term low resolution surface urban heat island intensities for tropical cities using MODIS remote sensing data [J]. Urban Climate, 2016, 17: 32 - 66.

[25] Pandey A K, Singh S, Berwal S, et al. Spatio-temporal variations of urban heat island over Delhi [J]. Urban Climate, 2014, 10: 119 - 133.

[26] Zhao G, Dong J, Liu J, et al. Different patterns in daytime and nighttime thermal effects of urbanization in Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration [J]. Remote Sensing, 2017, 9(2): 121.

[27] 胡姝婧,胡德勇,李小娟,等. 京津冀都市圈热环境空间格局遥感分析 [J]. 国土资源遥感, 2009(3): 94 - 99.

[28] 董晨炜,曹宇,谭永忠. 基于夜间灯光数据的环杭州湾城市扩张及植被变化 [J]. 应用生态学报, 2017, 28(1): 231 - 238.

[29] 谢志清,杜银,曾燕,等. 长江三角洲城市带扩展对区域温度变化的影响 [J]. 地理学报, 2007, 62(7): 717 - 727.

[30] Imhoff M L, Bounoua L, Defries R, et al. The consequences of urban land transformation on net primary productivity in the United States [J]. Remote Sensing of Environment, 2004, 89(4): 434 - 443.

[31] Peng S, Piao S, Ciais P, et al. Surface urban heat island across 419 global big cities [J]. Environmental Science & Technology, 2012, 46(2): 696 - 703.

[32] 曹畅,李旭辉,张弥,等. 中国城市热岛时空特征及其影响因子的分析 [J]. 环境科学, 2017, 38(10): 3987 - 3997.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Monitoring Urban Heat Island Intensity of Beijing-Tianjin-Hebei Urban Agglomeration on Remote Sensing and its Relationship with Urban Scale

Zhang Yang[1,2] Hu Deyong[1,2] Cao Shisong[1,2] Chen Shanshan[1,2] Yu Chen[1,2]

(1. College of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048;
2. Beijing Key Laboratory of Resources Environment and Geographic Information System, Beijing 100048)

Abstract

Annual and seasonal average land surface temperatures of Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration in 2001, 2010 and 2016 were calculated based on the MODIS monthly land surface temperature product (MOD11C3/MYD11C3). First, the urban heat island (UHI) intensity of every prefecture-level city in this urban agglomeration is estimated with the data of night light and land use. Then, annual, seasonal and monthly analysis of the UHI intensity of different cities in Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration is made. The analysis results can provide some advices for the urban planning of Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration. The results showed that, from 2001 to 2016, the built-up area expanded significantly in Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration. The degree of built-up area expansion was increased with the city scales. The UHI intensity was related to city scale. The overall UHI intensity of the first and the second cities were higher than that of the third and the fourth cities. According to the annual data, the annual average UHI intensity of nighttime was higher than that of the daytime, and the difference between them increased with the city scale. Based on seasonal data, the UHI intensity of nighttime in winter was higher than that of daytime. In summer, the relationship between daytime and nighttime UHI intensity were related with the city scale. From the monthly data, the daytime UHI intensity was high in summer and low in winter. The peak of UHI intensity mostly appeared in August over the year. However, there was no clear change in the nighttime UHI intensity among the months. The larger the city scale, the smaller the difference between the intensity of daytime and the intensity of nighttime.

Key words: Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration, urban heat island intensity, remote sensing monitoring, built-up area.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net