

2015年唐山市域热岛效应四季特征分析

周家彬, 郭力娜, 张云鹏

(华北理工大学 矿业工程学院, 河北 唐山 063009)

摘要:采用2015年四季的Landsat 8 OLI遥感影像数据,利用ENVI, ArcGIS软件反演唐山市主城区地表温度并制图,结合NDVI(归一化植被指数)及地表覆盖类型,分析研究区热岛效应季节性特征。研究表明:唐山市夏季热岛效应明显,高温区面积最大,地表高温区域从城郊农用地域向中心建成区转移,自西向东、由南向北扩散,面积先增后减(按冬、春、夏、秋顺序)。其中南湖区域一直位于低温区,除此之外,春季与夏季、秋季与冬季对应的高、低温区分布情况几乎相反。密集建成区及其间交错的小规模绿地对地表温度升高贡献率最大,其后依次为农田、林地、水体。故南湖生态城的建设对于缓解城市热岛效应及调节气候平衡的作用明显,值得后期对南湖的生态效益开展研究。

关键词:唐山市;热岛效应;遥感温度反演;季节变化特征

中图分类号:TP79:X16 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-349X(2017)06-0008-06

DOI:10.16160/j.cnki.tsxyxb.2017.06.002

An Analysis of the Seasonal Characteristics of Heat Island Effect of Tangshan City in 2015

ZHOU Jia-bin, GUO Li-na, ZHANG Yun-peng

(College of Mining Engineering, North China University of Science and Technology, Tangshan 063009, China)

Abstract: Based on the Landsat 8 OLI remote sensing image data of four seasons (January, March, July, and October) in 2015, the authors of this paper simulated and mapped the surface temperature of the urban area Tangshan City with ENVI and ArcGIS, and analyzed the seasonal characteristics of heat island effect in the area, on the basis of the theories of NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) and land cover type. The results show that the heat island effect is obvious and the high temperature area is the largest in summer, that the high temperature zone shifts from the suburban agricultural area to the central urban area, from the west to the east and from the south to the north, and the area of the high temperature zone first increases and then decreases (in the order of winter, spring, summer, autumn), that The South Lake has always been in the low temperature zone, that the distribution of high or low temperature zones in spring and autumn is almost opposite to that in

基金项目:国家自然科学基金项目(50672009);国家自然科学基金项目(41671519, 41271535);北京市科技计划课题(z161100001116016);河北省教育厅优秀青年基金项目(YQ2014016)

作者简介:周家彬(1992-),女,湖北黄冈人,硕士研究生,主要从事土地利用变化与遥感研究。

summer and winter respectively, that the densely-populated areas and the small-scale green plots in them have the greatest contribution to the surface temperature increase, followed by farmland, forest land, waters, that The South Lake Ecological City has evidently alleviated the effect of urban heat island and helped to maintain the climate balance, and that the ecological benefit of The South Lake deserves further study.

Key Words: Tangshan City; heat island effect; simulation of remote sensing temperature; seasonal variation

0 引言

“城市”一词在《辞源》中解释为人口密集、工商业发达的地方^[1]。城市是区域经济、医疗、教育、文化等的突出代表,对城市发展的相关问题研究具有一定的社会意义。城市热岛是指城区温度高于市郊温度导致城区像凸起的岛屿的现象^[2]。城市热岛效应不仅会改变城市热量环境,影响区域气候、城市水文、空气质量等,进而影响生态平衡,还会影响到居民的正常工作、健康生活^[3-5],因而城市热岛问题需引起足够重视。唐山市是河北省中心城市,是环渤海新型工业化基地,是典型的矿业城市,改革开放以来,唐山市GDP几近稳居河北省第一,但唐山市人口大量增加^[6]、耕地快速减少、城市交通及城镇用地急剧增加^[7-9]、人为活动的干扰加大^[10-11]、由此导致土地结构和土地利用方式发生了较大变化。国内外的诸多研究表明,土地利用变化是城市热岛效应形成、演变的主要原因^[12],加之,水泥、瓦片结构的建筑物及构筑物等释放的热量多,而植被、水体等释放的热量少^[13],故唐山市域热岛不仅存在且热岛效应愈加明显。到目前为止关于唐山市热岛效应的研究相对较少,基于此,本文以城镇化发展变化显著的唐山市域为研究对象,借助2015年四季(1月(冬)、3月(春)、7月(夏)、10月(秋))的遥感数据,采用遥感(RS)、地理信息系统(GIS)技术,通过对重要的生态因子——地表温度的反演与分析,剖析唐山市域四季条件下的热岛情况,以期为合理的城市规划、城市生态可持续发展、缓解热岛效应提供参考意见。

1 研究区简介

研究区为河北省唐山市($117^{\circ}31' \sim 119^{\circ}19'$

$E, 38^{\circ}55' \sim 40^{\circ}28' N$)的路南、路北两区(图1),位于市辖区西南角,西、北与丰润区接壤,南临丰南区。



图1 研究区地理位置

据统计,唐山市1月的温度最低、7月温度最高,年平均气温约为 $12^{\circ}C$,且逐年升高^[14],至2011年,10年间的均温增速大于全国($0.22^{\circ}C/年$)和华北地区($0.25^{\circ}C/年$),为 $0.357^{\circ}C$,且该年最高气温升至 $40.5^{\circ}C$ ^[15]。为改善唐山的生态环境,1996年市政府在研究区南部开始建设全市最大的城市生态公园——南湖公园,其占地约 $28 km^2$,包括 $11.5 km^2$ 的水域及 $16 km^2$ 绿地。建成后,对唐山市的生态环境改善起到了重大作用,此后,唐山先后获得“联合国人居奖”“中国优秀旅游城市”“国家园林城市”“全国双拥模范城市”等荣誉,并于2016年举办了世界园艺博览会、金鸡百花电影节、中国—中东欧国家地方领导人会议、中国—拉美企业家高峰会^[16]。

2 数据来源与处理方法

2.1 数据来源

研究数据包括:①Landsat 8 OLI 遥感数据,源于地理空间数据云官网(<http://www.>

gscloud.cn /), 数据采集日期分别为 2015-01-19, 2015-03-24, 2015-07-14, 2015-10-02; ② 高分影像; ③ 谷歌地图; ④ 唐山市路南、路北区行政区划边界矢量图。研究区域遥感影像见图 2。

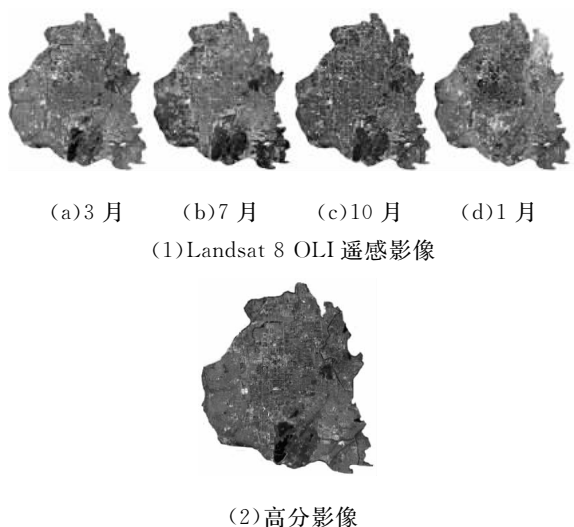


图 2 研究区遥感影像

2.2 技术与方法

利用 ENVI 软件进行影像预处理: 裁剪、辐射定标、大气校正、NDVI(归一化植被指数)信息提取。然后根据大气校正后的影像进行地表比辐射率计算、黑体辐射亮度计算、地表温度计算, 之后进行温度分层, 再结合 ArcGIS 软件进行制图、分析。

2.2.1 地表温度反演原理

采用大气校正法^[10,17]反演地表温度, 其模型为:

$$T_s = K_2 / \ln[1 + K_1 / B(T_s)] \quad (1)$$

式中, T_s 为地表温度; $B(T_s)$ 为同温度下黑体辐射亮度值, $B(T_s) = [L_\lambda' - L^\uparrow - \tau(1 - \epsilon)L_\downarrow] / C$, 其中 L_λ' 为热红外辐射亮度值, $L^\uparrow$ 为大气上行热辐射强度, $L_\downarrow$ 为大气下行热辐射强度^①, ϵ 为地表比辐射率; K_1 为辐射亮度, $K_1 = 774.89 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{ster} \cdot \mu\text{m})$; K_2 为辐射出射度, $K_2 = 1321.08 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{ster} \cdot \mu\text{m})$ 。

虽然通过气象监测站点获取的数据更接近地表真实温度, 但是此方式获取的数据有限且

依赖于专业人员的收集, 不利于工作的开展, 目前普遍认为采用遥感方式中的大气校正法反演地表温度, 在研究区较小且天气无云的情况下, 大气对地面温度空间分布的影响较小, 反演后的结果精度较为理想。

2.2.2 NDVI 计算

NDVI 能较好地表征地表植被覆盖度, 而地表植被覆盖对城市热岛有一定的影响, 故通过 NDVI 的计算来探究唐山市域的热岛与地表植被覆盖的关系, 进而提出合理减缓城市热岛的建议。Landsat 8 OLI 影像的 NDVI 计算模型如下:

$$NDVI = \frac{b5 - b4}{b5 + b4} \quad (2)$$

其中, $b5$ 为 Landsat 8 OLI 影像近红外波段, $b4$ 为 Landsat 8 OLI 影像红波段。

3 结果与讨论

3.1 研究区地表温度反演

据式(1)用 ENVI 软件处理得到研究区地表温度, 利用 ArcGIS 软件绘制地表温度空间分布现状图, 见图 3。经 ENVI 软件收集的地表温度(最高、最低、平均)见表 1。

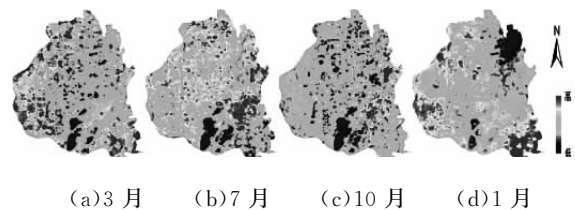


图 3 地表温度空间分布现状图

表 1 2015 年研究区四季地表温度遥感反演结果

温度/℃	3 月(春)	7 月(夏)	10 月(秋)	1 月(冬)
最高温	26.21	47.43	36.04	6.97
最低温	9.17	27.14	11.70	-5.19
均温	17.93	36.13	23.88	0.43
标准差	2.17	2.26	1.63	2.32

3.1.1 地表温度精度核检

由于太阳能的一小部分被地面吸收, 使地面增热, 因此对地面温度的测量得到的便是

① $L^\uparrow$, $L_\downarrow$, τ 在 NASA 官网(<http://atmcorr.gsfc.nasa.gov/>)中查得。

地表温度;地面经过辐射、传导、对流等把吸收的热量传递到空气中,致使空气升温,且这种升温方式比空气直接吸收太阳辐射增温(只能使气温升高 $0.015\sim 0.02\text{ }^{\circ}\text{C}$)的作用大很多。由于在传递的过程中,能量会有所损耗,故地表温度往往高于气温(空气温度)。根据气温①与地表温度(数据见表1)之间的模糊相关关系^[18]推算出的气温与真实气温对比结果见表2。

表2 2015年四季气温与模拟的地表温度对比结果

月份	真实最高气温	模拟最高气温	真实平均气温	模拟平均气温	真实最低气温	模拟最低气温
3月	24	24.6	15	15.6	10	9.7
7月	39	38.3	32	30.3	27	25.5
10月	25	25.1	19	21.5	13	12.9
1月	11	13.3	1	1.5	-3	-3.4

表2的数据可以看出,真实气温与模拟气温差距很小,故在一定程度上认为由遥感反演的地表温度的精度在误差允许范围内,即说明反演的地表温度数据有效。

3.1.2 地表温度分区

根据得到的地表温度进行高、中、低温度分区,并将高温区作为热岛,具体分区标准如下:

I. 低温区: $T_i \leq T - \sigma$;

II. 中温区: $T - \sigma < T_i \leq T + \sigma$;

III. 高温区: $T_i > T + \sigma$ 。

其中, T_i 为对应年份各像元温度值; $\bar{T}$ 为对应年份反演的地表温度平均值; σ 为对应年份反演的地表温度标准差(数值见表1)。

温度分区结果见图4。

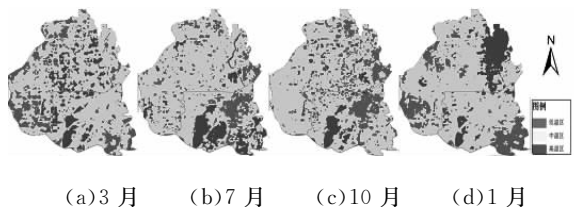


图4 温度分区结果

3.1.3 地表温度分区结果分析

结合图2—4及高分影像、谷歌地图发现地表温度分区结果如下。①高温区分布。春季,

高温区域分布散乱,主要位于研究区的建成区周围的农用地域,地表覆盖主要为植被;夏季,高温区集中在研究区北部、东部,其中在路南建成区处密集,空间上,高温区位于密集建筑群区;秋季,高温区与夏季高温区分布方位一致,但面积上有所减少,主要位于路南区建筑群及路北区的唐山钢厂;冬季,高温区集中于研究区东南角、西部、西南部,对比发现该区域均被大面积植被覆盖(冬季裸露区)。②低温区分布。春季,低温区分布于研究区中部、南部,分别为密集建筑群的建筑间隙、南湖水域;夏季,低温区集中在南湖水域及东南部农田区域;秋季,低温区空间分布广,几近覆盖整个研究区,结合遥感影像发现,低温斑块主要位于建筑间隙、植被覆盖区及南湖区域;冬季,地表温度较低区域主要分布在南湖区域及东北部陡河水域沿线。

综合对比分析图4发现,南湖水域一直位于低温区域;春、冬季,研究区东南部、西部及西北部的农田区域地表温度相对较高,而夏、秋季时,该区域温度相对较低;按冬、春、夏、秋顺序观察发现,地表高温区域从城郊农用地域向中心建成区转移,自西向东、由南向北扩散。在ENVI中统计最高温、最低温发现(结合表1),冬—春、秋—冬升降温速率相近,春—夏地表升温速率大于夏—秋降温速率,即整体上,地表升温能力大于降温能力。四季地表最高温点均位于路北区唐山爱信汽车零部件有限公司;地表最低温点位于南湖水域(3,7月)、路北区市特色农产品展销中心(10月)、路北区陡河水域及其周围的霜降空地(1月)。说明路北区四季地表温度变化幅度较大,而南湖区域地表温度变化相对稳定。结合谷歌地图发现,夏季地表高温区(最高达到 $47.43\text{ }^{\circ}\text{C}$)聚集在唐山市政府、路北区政府、唐山中医院、唐山博物馆、唐山的多所学校等地。说明商务区、学区、政府办公区、医院等地容易加剧地表温度升高,进而导致气温升高,热岛效应明显。

①历史气温数据查询见网站:Weather History & Data Archive / Weather Underground。

3.2 NDVI 与地表温度关系分析

夏季(植被生长良好)在研究区均匀、随机采集 100 个点,记录其 NDVI 值及对应反演的温度值,并结合相关文献资料分析其相互之间的联系^[18],结果如图 5 所示。在采集的过程中发现,城市周边的 NDVI 值明显高于市中心,而市中心的温度明显高于城市周围区域。图 5 的结果也验证了 NDVI 值与温度值存在线性相关关系,表现为 NDVI 值越高,温度越低。说明合理的城市绿化能有效降低地表温度。

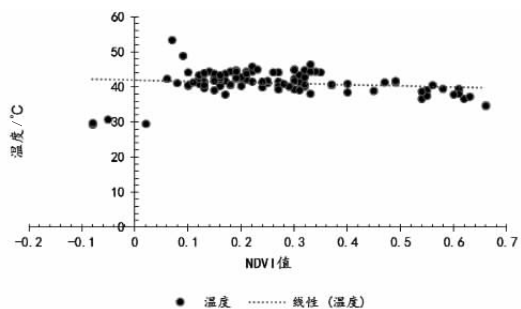


图 5 NDVI 值与地表温度关系

在 ENVI 中采用“Cursor Value”命令查看地表温度,结合研究区地表土地利用类型发现:
① 春季,居民区内小规模林地温度最高(23 °C),其后依次是农田(21 °C)、户外大型林地/裸地/居民区(15 °C)、水体(10 °C);
② 夏季,裸地温度最高(44 °C),其后依次是居民区(41 °C)、居民区内林地(40 °C)、农田(39 °C)、户外大型林地(36 °C)、水体(29.5 °C);
③ 秋季,居民区林地温度最高(24.5 °C),其后依次是农田、裸地、居民区、大型户外林地(22 °C)、水体(18.5 °C);
④ 冬季,居民区内小规模林地温度最高,平均温度为 5 °C,其后依次是农田/裸地(3 °C)、居民区(0.5 °C)、户外大型林地(-1 °C)、水体(-3.5 °C)。由此表明:① 大型林地能有效降低地表温度,而居民区的小型林地在一定程度上却会促使地表温度上升,故提倡将居民区的林地集中建设或扩建来降低热岛效应;② 市区的裸地在夏季温度最高,因此应充分将城市未利用地合理利用起来,如用来建设绿地。

4 结论

春季,唐山市主城区地表高温区分布在市郊农用地域,低温区主要分布在南湖区域及建成区建筑群间隙的绿地。而夏季的高、低温区分布情况几乎与春季相反,其高温区分布在建成区,低温区主要为南湖水域及东南角的农用地域。秋、冬季的高、低温区分布情况也差异较大,秋季高温区位于建成区,虽然最高温较夏季最高温差距相对较小,但高温区面积较夏季明显减少,其低温区覆盖面于一年中最广,主要位于南湖及植被覆盖地,而冬季的高温区位于大面积植被覆盖地,其低温区主要位于建成区及南湖。按冬、春、夏、秋顺序研究,发现地表高温区域从城郊农用地域向中心建成区转移,自西向东、由南向北扩散,面积先增后减,其中夏季高温区面积最大,热岛效应明显。

综合研究发现,密集建成区及其间交错的小规模植被覆盖区对地表温度升高促进作用显著,其次为农田、林地,最后为水体。故南湖生态城(其地表温度一直稳居当季低温区)的建设对于缓解城市热岛效应及调节气候平衡的作用明显,值得进一步对南湖的生态效益开展研究。建议城市在注重经济发展的同时注意合理利用土地,以期达到可持续发展的目的,提倡在居民区集中进行大面积绿化,并将工矿等废弃地合理利用。建议与唐山发展进程相似的城市借鉴南湖生态城的建设,提前预防生态失衡恶果的产生。

参考文献:

- [1] 百度百科. 城市[EB/OL]. (2017-05-26). http://baike.baidu.com/link?url=r4_31AjZ_11OrvDDodF_Dkh0OMeb7dlZRNfwCMoPZjSsHLMvV_Zz5Y-nbCd5adscuguAAXnNuygKUqhrW_lBFmuaoGiLSDex8G7nk_NbHtQwu.
- [2] 彭保发,石忆邵,王贺封,等. 城市热岛效应的影响机理及其作用规律——以上海市为例[J]. 地理学报, 2013, 68(11): 1461-1471.

- [3] 彭少麟,叶有华. 城市热岛效应对城市规划的影响[J]. 中山大学学报:自然科学版, 2007,46(5):59-63.
- [4] 黄梁美,邓超冰,黎宁. 城市热岛效应热点问题研究进展[J]. 气象与环境学报,2011, 27(4):54-58.
- [5] 肖荣波,欧阳志云,李伟峰,等. 城市热岛的生态环境效应[J]. 生态学报,2005,25(8): 2055-2060.
- [6] 2015 唐山统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2015.
- [7] 李子良,李新旺,门明新. 唐山市耕地占用与经济发展关系分析[J]. 中国土地科学, 2011,25(4):57-63.
- [8] 张军涛,杨荫凯. 唐山市土地利用结构变化分析[J]. 地理学与国土研究,2000,16(1): 93-96.
- [9] 张学儒,陈春,董坤. 基于 RS 与 GIS 唐山海岸带地区近 50 年土地利用格局时空特征分析[J]. 西北农业学报,2013,22(2):204-208.
- [10] 岳文泽,徐建华. 上海市人类活动对热环境的影响[J]. 地理学报,2008,63(3):247-256.
- [11] 王桂新,沈续雷. 上海城市化发展对城市热岛效应影响关系之考察[J]. 亚热带资源与环境学报,2010,5(2):1-11.
- [12] 苏伟忠,杨英宝,杨桂山. 南京市热场分布特征及其与土地利用/覆被关系研究[J]. 地理科学,2006,25(6):697-703.
- [13] 杨英宝,苏伟忠,江南,等. 南京市热岛效应变化时空特征及其与土地利用变化的关系[J]. 地理研究,2007,26(5):877-887.
- [14] 中国天气网. 唐山基本气候情况(据 1971-2011 年资料统计)[EB/OL]. (2016-08-22). <http://www.weather.com.cn/city-intro/101090501.shtml>.
- [15] 燕赵都市网. 唐山年平均气温 11℃,最高气温 40.5℃[EB/OL]. (2011-03-22). <http://www.yzdswnet.cn/>.
- [16] 百度百科网. 唐山[EB/OL]. (2016-08-22). <http://baike.baidu.com/item/%E5%94%90%E5%B1%B1/7529?fr=aladdin>.
- [17] 姚玉龙,刘普幸,陈丽丽. 基于遥感影像的合肥市热岛效应时空变化特征及成因[J]. 生态学杂志,2013,32(12):3351-3359.
- [18] 罗倬维. 气温与其地表温度的关系[EB/OL]. (2017-05-09). <http://www.doc88.com/p-6582875559493.html>.

(责任编辑:夏玉玲)