

2005年7月珠三角地表温度场的 遥感监测分析

张月维 何全军 赵晓利 吴永琪

(广州气象卫星地面站, 510640)

提 要: 城市热环境及其热效应是当前城市气候与环境最为重要的研究内容之一。分析地表温度 (LST) 是研究热环境的一个有效手段。选取 2005 年 7 月中旬高温期间 MODIS 数据, 利用推广分裂窗算法反演 LST, 采用最大值合成方法制作珠江三角洲地区热场分布序列图。结果发现: 珠三角地区增温初期的高温区主要分布在珠三角外围的城市, 呈由外向内的增温过程; 珠三角地区沿河道区域的增温幅度最高最快, 增温盛期的地表最高温度主要分布在河网密集地区; 城市化和工业化程度高的市区热岛效应明显。研究结果符合目前珠三角经济区的发展状况, 对城市区域布局 and 规划有积极意义。

关键词: 台风 珠三角 地表温度场 遥感

A Remote Sensing Monitoring and Analysis of Land Surface Temperature at Pearl River Delta in July 2005

Zhang Yuewei He Quanjun Zhao Xiaoli Wu Yongqi

(Guangzhou Meteorological Satellite Ground Station, 510640)

Abstract: The thermal environment and thermal effect is one of the most important contents in city climate and environment researches. The land surface temperature (LST) is an efficient way to research thermal environmental problem of earth surface. Based on the MODIS data in the middle ten days in July 2005, the LST images are retrieved by the generalized split-window algorithm, the distribution image of the thermal field is made by the maximum value composing method. The conclusion indicates that the high temperature distributes

mainly in the Pearl River Delta periphery in the early of calefaction. In addition, the calefaction around the river grows fastest-highest. In full flourish of calefaction, the highest temperature appears mostly around the areas where the densities of river net are high. The urban heat island effect is more evident in urbanization and industrialization cities. These findings accord with the recent development situation in Pearl River Delta, and it will do help to the city planning and construction.

Key Words: typhoon Pearl River Delta land surface temperature remote sensing

引言

夏季高温天气是促使热岛效应加剧的罪魁祸首,异常高温对人体健康和心理健康构成直接影响。人工热源的增加,城市中绿地、林木和水体的减少以及城市大气污染物的增多是出现城市异常高温的一个主要原因。城市化进程中产生的热效应在城市环境、社会和经济之间矛盾表现得日益突出。

近年来广东地区高温天气频繁发生,引起了多方面的关注。尤其在2004和2005年出现大范围、长时间的异常高温现象,给城市的正常发展和居民的正常生活带来极大不便。作为广东经济、社会发展核心的珠江三角洲地区,异常高温天气带来的危害极为严重,如广州市在2004年7月1日最高气温 39.1°C ,2005年7月18日最高气温高达 39.0°C ,都突破了历史最高纪录,而且由于高温导致人员伤亡事件多例,说明高温天气已经成为一种城市灾难^[1]。

卫星遥感是研究城市热环境的最好信息源,国内外许多学者利用热红外遥感资料进行城市热岛问题的研究,取得了一系列的成果。在国内包括上海^[2,3]、武汉^[4]、成都^[5]、深圳^[6]和广州^[7]等许多大都市都有研究人员利用遥感技术进行此方面的研究。

陆地表面温度(Land Surface Temperature,简称LST)反演是卫星遥感应用的方向之一,它是基于热红外遥感技术获得的地面温度,是地球表面能量平衡和温室效应

的一个很好的指标。利用LST进行下垫面热场研究是个很好的手段。MODIS数据以其多光谱、高光谱分辨率和数据免费播放的特点在国内外被广泛使用,处于热红外波段31和32通道是计算LST的最佳选择。本文以珠江三角洲地区为研究目标,通过遥感的手段,结合实测数据对2005年7月高温期间的地面热环境变化进行分析研究。

1 研究区域简介

珠江三角洲地区位于广东省核心地带,范围在 $21.5^{\circ}\sim 24^{\circ}\text{N}$ 、 $112^{\circ}\sim 115.5^{\circ}\text{E}$ 之间。区域内包括河流、平原、台地、丘陵、低山和中山等多种地形地貌。目前珠三角地区已发展为一个典型的经济发达地区,拥有密集的都市群,包括广州、深圳、珠海、佛山、江门、东莞、中山、惠州、肇庆9市及所辖县、市、区,总面积 $4.17\times 10^4\text{km}^2$,其中城镇人口2920万(2000年)^[8]。两院院士周干峙认为,珠三角已经发展成为高密度的连绵网络状的大都市地区,这是我国城市化发展到当前的最高形式^[9]。图1(见彩页)所示是珠三角地区的假彩色遥感影像图,图像上白色为市边界线,灰色部分为城镇,绿色为植被覆盖的山地。

2 数据选择和数据处理

2.1 数据选择

选取2005年7月高温现象发生期间7

月11—20日的MODIS 1km分辨率数据。为了连续监测地表增温过程,我们同时选用Terra和Aqua资料,在时间上相互补充。虽然两颗星的过境时间不同,但从反演结果看,达到了研究的预期效果。

2.2 数据处理

对MODIS数据作适当的预处理后,选取等经纬度投影方式,利用MODIS通道1和2进行云和水检测处理,采用推广分裂窗算法对通道31和32进行LST计算,然后把数据插值为500m分辨率,进行密度分割,叠加行政边界和线状水系地理信息数据,制作广州市热场分布图。推广分裂窗算法^[10,11]如下:

$$T_s = C + \left(A_1 + A_2 \frac{1-\epsilon}{\epsilon} + A_3 \frac{\Delta\epsilon}{\epsilon^2} \right) \frac{T_{31} + T_{32}}{2} + \left(B_1 + B_2 \frac{1-\epsilon}{\epsilon} + B_3 \frac{\Delta\epsilon}{\epsilon^2} \right) \frac{T_{31} + T_{32}}{2}$$

$$\epsilon = (\epsilon_{31} + \epsilon_{32})/2 \quad \Delta\epsilon = \epsilon_{31} - \epsilon_{32}$$

其中: ϵ_{31} 、 ϵ_{32} 通过地表类型的差异从查找表中查找, T_{31} 、 T_{32} 为第31、32通道的亮温;随着由水汽含量、大气下界温度、传感器高度角组成的区间不同,方程的系数 C 、 A_1 、 A_2 、 A_3 、 B_1 、 B_2 、 B_3 不断变化,两次迭代运算,不同组合值的系数从系数查找表中得到。

3 地表温度场分析

3.1 天气背景

7月中旬受副热带高压稳定控制,广东省大部分地区持续出现晴热高温天气,另外,第5号台风海棠于7月12日8时(北京时,下同)在关岛东北部洋面上生成,生成后向偏西方向移动,强度逐渐加强,14日14时加强成台风,其移动路径如图2

(见彩页)所示。16—19日随着台风海棠的临近,其外围下沉气流和副热带高压的共同影响,高温炎热天气进一步加剧、范围进一步扩大,18、19日大部分市县连续两天刷新入夏以来的气温最高值,19日台风海棠在福建登陆,广东省东部和北部气温有所下降,但中部和西南部地区高温加剧^[13]。

3.2 LST分析

选用最大值合成方法^[12]对11—19日的LST作逐日合成(其中缺13日数据),该方法能有效地消去云的污染并将高温信息保存下来,突出下垫面热场格局的发展和分布。图3(见彩页)为选取的14—19日合成图,其中蓝色代表水系,白色代表云。

对比分析LST反演序列图,从以下三个方面对珠江三角洲地区下垫面热场进行分析:

(1) 综观珠三角地区的整个增温过程,呈现一种由外围首先发展最后包围中心的趋势。这种局部增温不但受副热带高压和台风海棠的登陆带来的下沉气流影响,还与珠三角的地貌有直接关系。气象资料表明高温加剧、高温范围扩大主要发生在16—19日,因此我们将16日之前称为增温初期,17日之后称为增温盛期。可以发现在增温的初期,由于肇庆市、从化市、花都市、东莞市、惠州市和江门市(下称为A区)地貌多为台地、丘陵和低山,空气流通性差,气温上升比较明显;而广州市、佛山市南海区(下称B区)分布在珠三角平原,临近珠江入海口,空气流通性较好,整个地区的气温上升发展较为平缓^[14,15]。在增温盛期,由于台风海棠的逼近,外围下沉气流进一步稳定,海平面温度大幅上升,城市化进程更高的B区,热岛效应更加明显,B区温度急剧上升,气温明显超过A区。增温盛期的地表温度场与曾侠等^[16]根据气象站资料,研究

得出的珠江三角洲都市群热岛强度呈明显的马蹄形分布,呈中间强、周围弱的分布格局的论断相吻合。

(2) 珠三角地区的增温一个比较明显的现象是沿河网发展,且河网密集的地区要比河网稀疏的地区增温快和增温幅度高,这主要和珠三角地区的城镇分布和工业区发展有关。广东人大都有“以水为财”^[17]的思想,城镇多分布在河道两岸,随着珠三角地区多年来经济的高速发展,促使城镇一再扩大,向沿江两岸不断扩展。下垫面的改变,植被的破坏,加剧了城市的热岛效应。另外珠三角地区的经济发达地区主要集中在广州、佛山、东莞、深圳等城市,从地理分布位置可以发现这些城市恰好都处于珠江流域的河网密集地区,并且城镇和工业区密度大,最典型的就是广州市、佛山市,以及沿珠江东岸一带分布的东莞市工业区。因城市和工业区自身产生的热量远高于郊外,再加上高温天气影响,导致热效应更为显著,城市集中度高地区的增温更快且增温幅度更高,这从 LST 时序图可以明显观察到。同时我们还选取了 2004 年 8 月一次高温天气过程期间的 MODIS 资料制作反演图(图 4,见彩页)作进一步对比分析,发现结果完全一致。

(3) 城市内部高温和城市发展结构一致,城市中心区域的增温程度高于外围区域。在中心区域,城市化程度相对较高、人口密度大和植被覆盖率低,而外围区域则相反。在图 3e、f 和图 4 上,珠三角都市群中城市化发展较高的广州市中心城区热岛效应明显,而从化、花都、增城、番禺 4 个区市热岛强度较弱;珠江入海口东边东莞市和深圳市的增温比较集中,增温幅度较大,西边的番禺、中山市和珠海市增温比较分散,增温幅度相对较小。

4 小 结

本文利用 LST 反演对 2005 年 7 月高温期的珠三角城市群热场进行分析,结果表明:

(1) 副热带高压和台风海棠外围下沉气流的共同作用直接导致这次高温现象的发生,是这次高温过程发生的天气背景。

(2) 地形地貌影响热场分布。珠三角城镇群以广州为中心的周围城市在增温初期的升温幅度高于中心城区,增温趋势从外到内。

(3) 城镇群的分布决定热场分布格局,珠三角地区沿河网增温现象明显,且城市化、工业化程度越高,热效应越显著。

(4) 城市内部高温和城市建成区格局一致,高温区主要分布在商业化程度较高、人口密集地区。

本文研究结果符合目前珠三角经济区的发展状况,说明利用热红外遥感卫星技术进行城市热环境监测的效果显著,可为城市建设的选地、规划发展提供科学依据,同时也为其他城市的发展研究提供参考。

参考文献

- 1 洪巧俊. 高温唤出应急保障机制 [M]. 广东: 南方日报, 20040820.
- 2 丁金才, 周红妹, 叶其欣. 从上海市热岛演变看城市绿地的重要意义 [J]. 气象, 2002, 28 (2): 22-24.
- 3 陈云浩, 王洁, 李晓兵. 夏季城市热场的卫星遥感分析 [J]. 国土资源遥感, 2002, 11 (4): 55-59.
- 4 张穗, 何报, 杜耘. 武汉市城区热岛效应的遥感研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2003, 12 (5): 445-449.
- 5 房世波, 张新时, 董鸣. 基于热红外遥感的城市热场形成机制及特征分析——以成都市为例 [J]. 应用技术, 2005, 10 (82): 52-54.
- 6 钟保彝. 深圳的城市热岛效应 [J]. 气象, 1996, 22 (5): 23-24.
- 7 何全军, 吴志军, 张月维. 利用 MODIS 热红外数据

- 进行广州市夏季热场分析 [J]. 遥感技术与应用, 2005, 20 (5): 501-505.
- 8 王晓云, 汪光焄, 陈鲜艳等. 珠江三角洲城镇群发展规划与大气环境研究 [J]. 城市规划, 2005, 29 (12): 29-32.
- 9 何静文. 珠三角的脊梁在哪里? [OL]. 解读珠江三角洲发展规划. 南方网, 20050222.
- 10 Wan Z, Dozier J. A Generalized Split-window Algorithm for Retrieving Land Surface Temperature from Space [J]. IEEE Transacting on Geoscience and Remote Sensing, 1996, 34 (4): 829-905.
- 11 刘玉洁, 杨忠东. MODIS 遥感信息处理原理与算法 [M]. 北京: 科学出版社, 2001: 198-232.
- 12 董超华. 气象卫星业务产品释用手册 [M]. 北京: 气象出版社, 1999: 147-151.
- 13 李春梅, 黄珍珠. 农业气象情报 [M]. 北京: 中国气象局预测减灾司、国家气象中心, 20050801.
- 14 刘明光. 中国自然地理图集 [M]. 北京: 中国地图出版社, 1997: 165-167.
- 15 叶汇, 梁薄. 珠江三角洲 [OL]. 中国大百科全书智慧藏 (网域版). 台湾: 智慧藏学习科技股份有限公司, 2001.
- 16 曾侠, 钱光明, 潘蔚娟. 珠江三角洲都市群城市热岛效应初步研究 [J]. 气象, 2004, 30 (10): 12-16.
- 17 周翠玲, 李大华. 城市文化资源与广州城市风格 [J]. 开放时代. 2004 年增刊.

张月维等：2005年7月珠三角地表温度场的遥感监测分析

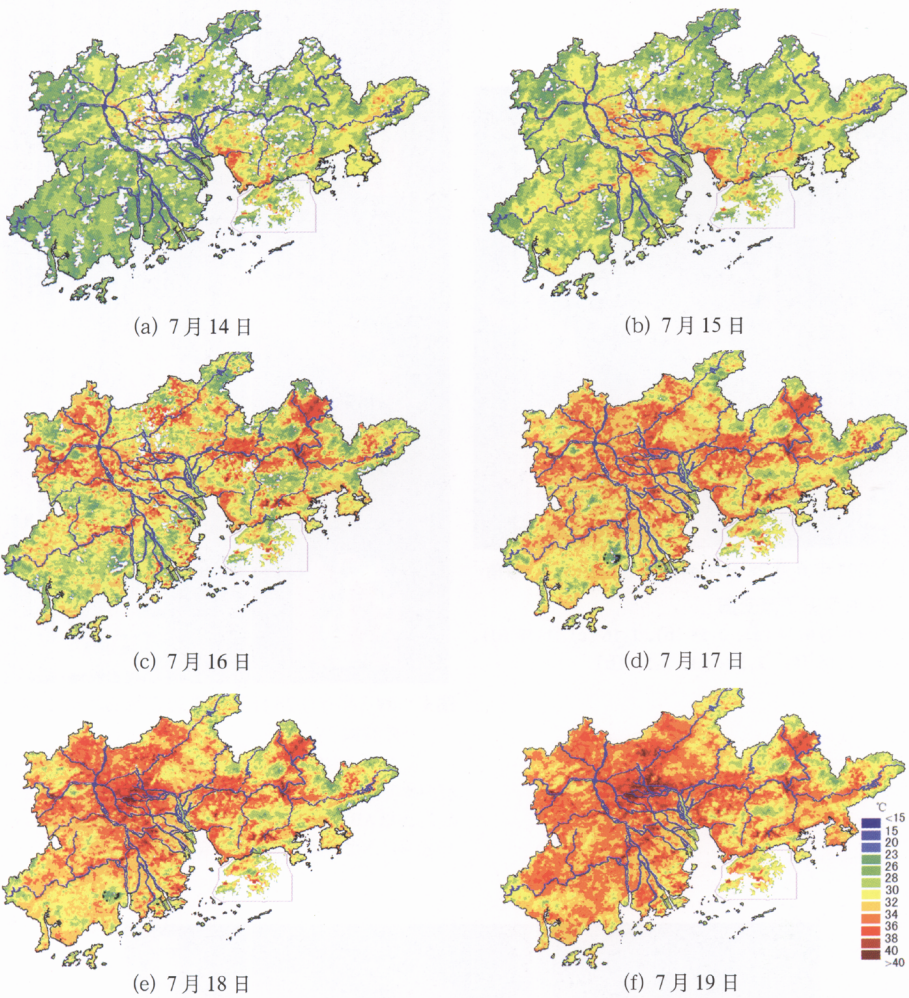


图3 2005年7月珠三角LST图

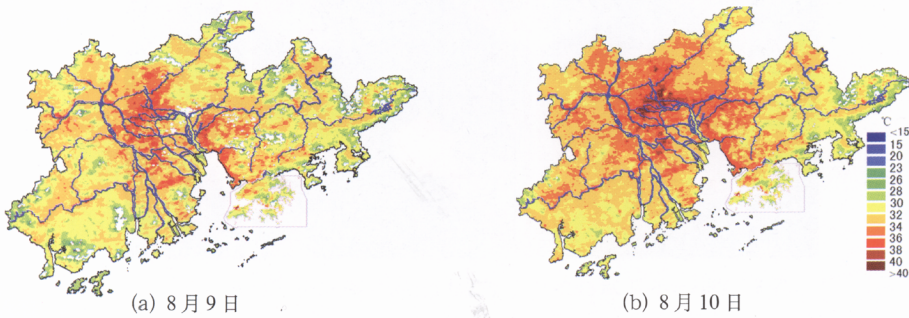


图4 2004年8月珠三角LST图