

FY-3气象卫星在城市热环境监测评估中的应用

刘勇洪

lyh7414@163.com

北京市生态气象与卫星遥感中心（北京市气候中心）

2018年11月13日

中国气象局北京区域气象中心



汇报内容

一、引言

二、FY-3 LST产品初步分析

三、城市热环境中应用

——热岛强度

——高温强度

——高温对电力及人体健康影响

——热岛容量

——热力景观分析

四、小结与讨论

中国气象局北京区域气象中心



1、引言——热岛

目前，城市热环境主要通过城市**热岛效应**（Urban Heat Island, UHI）来定量评估。

➤UHI常用研究手段：**气象观测**、**数值模拟**和**卫星遥感**。

(1) **气象观测UHI**：观测资料时效长、定点、准确、定量，一直被作为基础手段用于研究UHI的时空演变规律——**自动站气象资料**开始广泛应用（深圳、广州年热岛公报。。。）。

(2) **数值模拟**：能研究UHI现象和成因之间的物理本质，UHI模拟、形成机制及预测研究的一种重要手段；

(3) **遥感观测SUHI**：时间步性好、覆盖范围广、空间细节明显等特点，近20年已成为UHI空间研究的普遍手段——**地表城市热岛**（Surface Urban Heat Island, 简称SUHI）（Martin等，2015）。

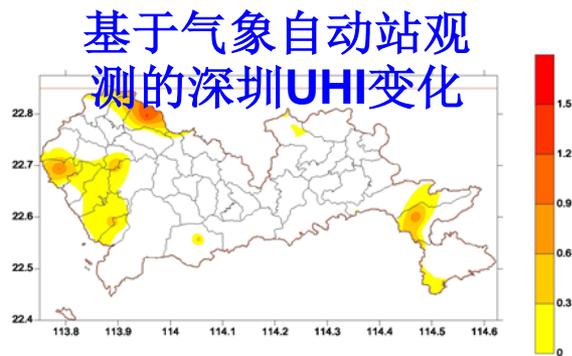
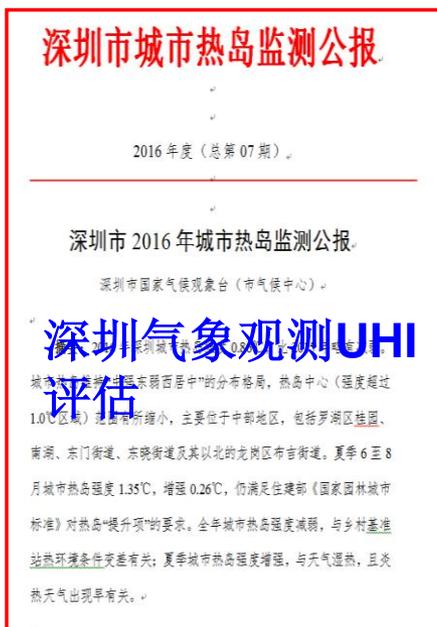
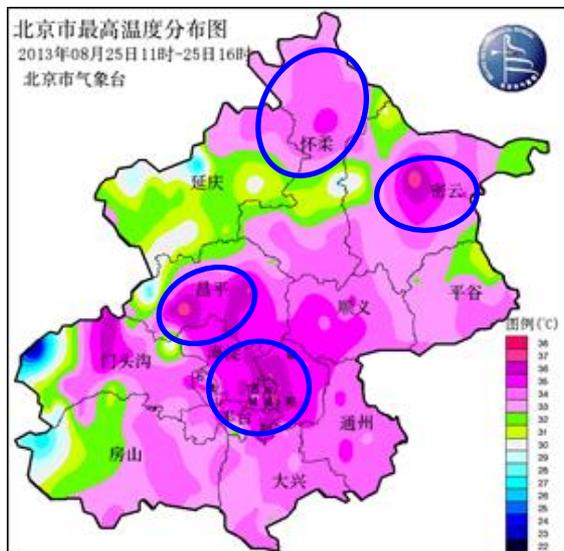
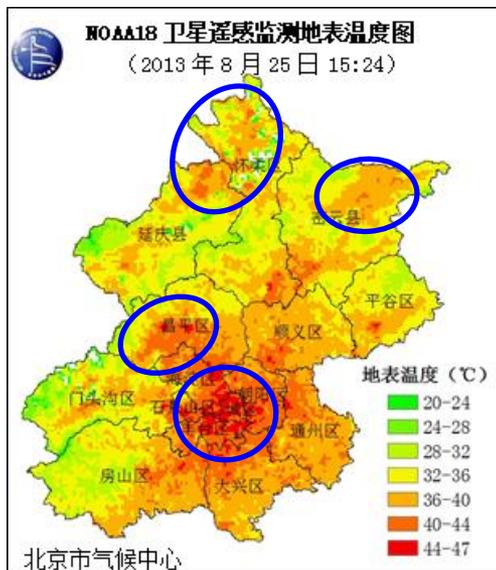


图4 2017年与2016年6至8月深圳城市热岛强度差值空间分布(单位: °C)



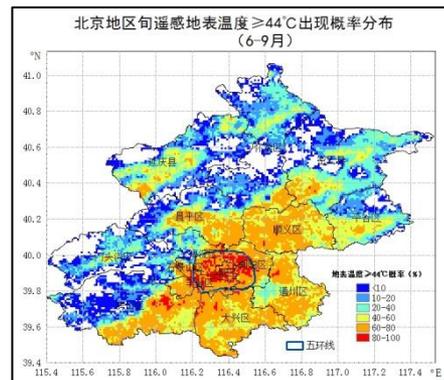
1、引言——高温

已有研究表明，基于气象卫星监测的陆表LST与气象站观测的气温在空间分布趋势上具有较好的一致性（刘勇洪等，2015；闫丽莉等，2012）。因此，可利用下午星FY-3B/D卫星遥感开展城市高温及高温影响评估。

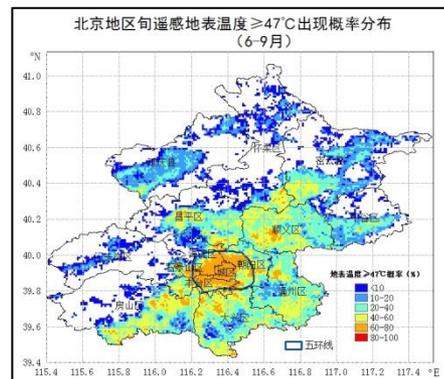


北京城市高温监测

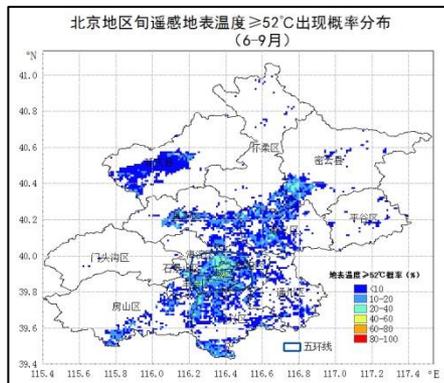
(左: NOAA18 2013-08-25 15:24 右: 自动气象站2013-08-25)



轻度高温



中度高温



重度高温

基于NOAA/AVHRR卫星的北京城市不同高温等级年发生概率

2、FY-3 LST产品初步分析

基于遥感观测的陆表温度（Land Surface Temperature，LST）是开展城市热环境研究的一个**关键指标**。

2008年5月我国新一代极轨气象卫星FY-3A发射成功，后续又陆续发射了FY-3B、FY-3C和FY-3D等卫星，已经形成了全球上、下午星的组网观测能力（张鹏等，2012）。目前，中国气象局通过“**风云卫星遥感数据服务网**”向全球免费提供FY-3A、FY-3B、FY-3C的全球 **$10^{\circ} \times 10^{\circ}$ LST分幅产品**，此外还通过“**新一代极轨气象卫星（风云三号）工程地面应用系统**”在气象局业务内网提供**5 min 数据段的LST产品**，使之在卫星过境半个小时后即可获得经过质量控制的LST产品，大大提高了LST卫星产品服务的实时性和可用性（卢乃锰等，2012）。

主要算法：**改进的Becker局地分裂窗算法**（董立新等，2012）。

验证分析：FY-3A LST在敦煌辐射校正场地两次验证误差为-0.17k和**1.77K**，与同时间过境的MODIS产品**均方根误差为2.64K**（董立新等，2012）。

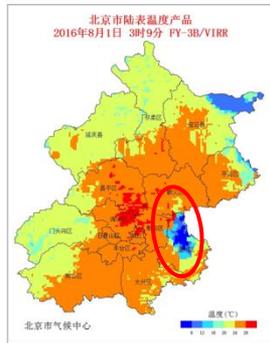
The screenshot displays the NSMCC website interface for LST data. At the top, there is a navigation bar with '卫星', '数据', '影像', '产品', '文档', and '工具' tabs. Below this, a '数据' section is active, showing filters for satellite types (FY-3D, FY-3C, FY-3B, FY-3A) and various instruments (VIRR, IRAS, MWTS, etc.). A '产品选择' section lists '陆表温度(LST)' as a selected product. Below this, a table provides details for the LST products:

产品名称	格式	分辨率	开始日期	结束日期	文件数	数据量(GB)	分辨率	质量报告
VIRR陆表温度日产品(白天)	HDF	1000M	2010-12-14	2018-10-14	1785581	16653.3	查看	
VIRR陆表温度日产品(夜间)	HDF	1000M	2010-12-14	2018-10-13	1761470	16428.4	查看	

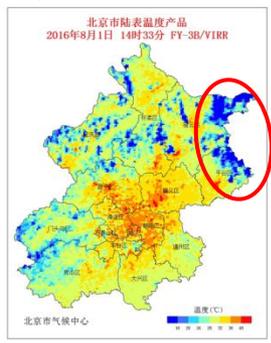
The interface also includes a '时间选择' section with date and time pickers, and a '空间范围' section with a map showing the selected geographic area.

图1 风云卫星遥感数据服务网站

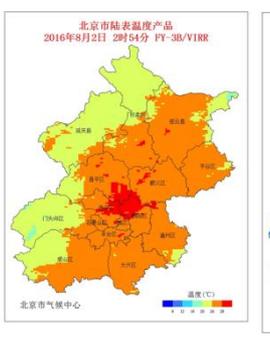
2016年8.1-8.10连续10天北京FY-3B LST质量分析



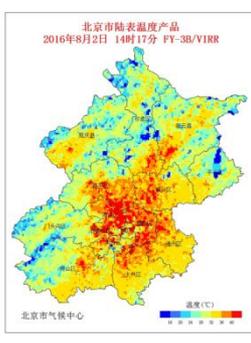
8.1夜晚



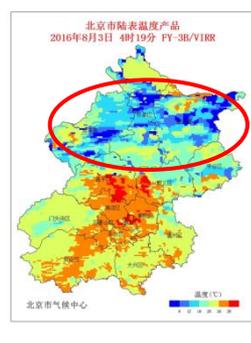
8.1白天



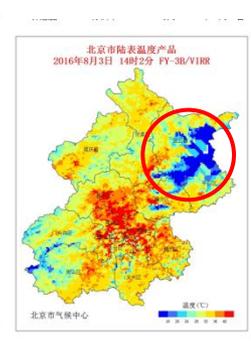
8.2夜晚



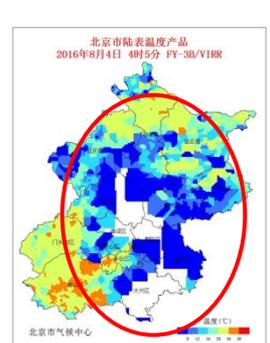
8.2白天



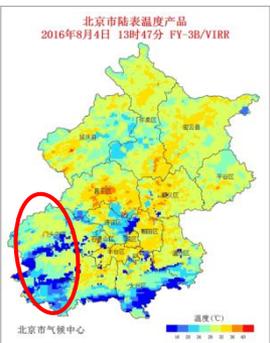
8.3夜晚



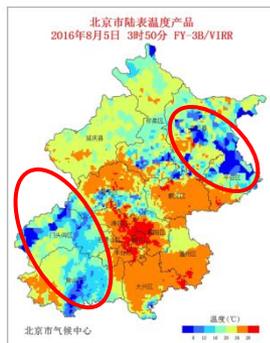
8.3白天



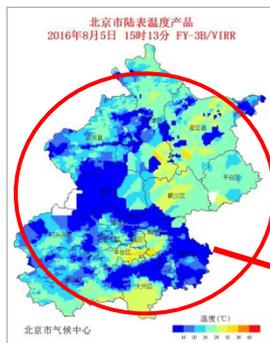
8.4白天



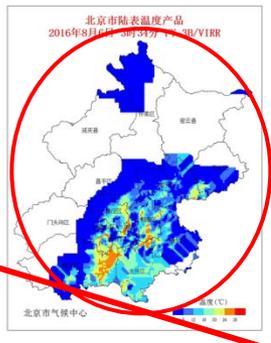
8.4白天



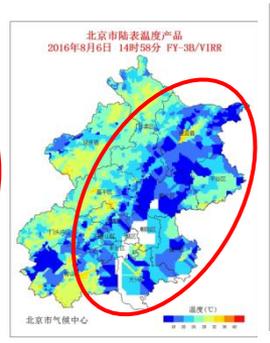
8.5夜晚



8.5白天



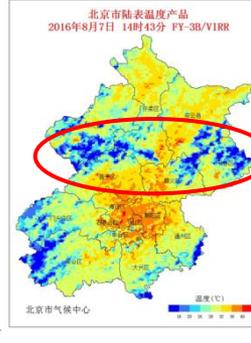
8.6夜晚



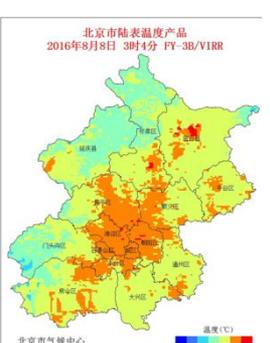
8.6白天



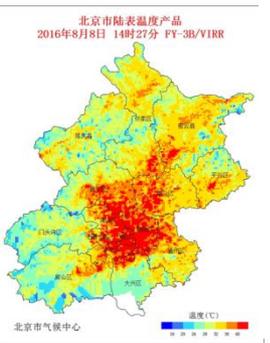
8.7夜晚



8.7白天



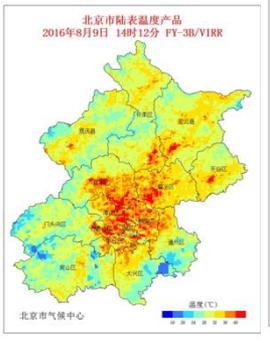
8.8夜晚



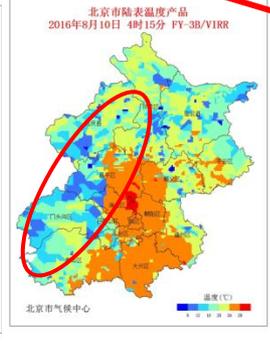
8.8白天



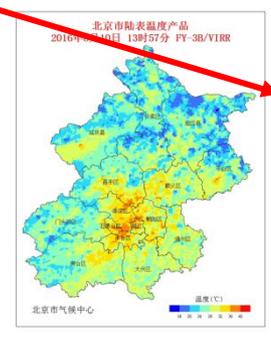
8.9夜晚



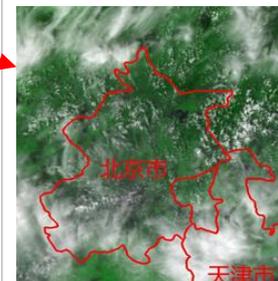
8.9白天



8.9夜晚



8.9白天



8.5白天
假彩色影像

分析：晴空天气LST质量较高，但有云情况下由于去云不干净导致存在较多LST低值。

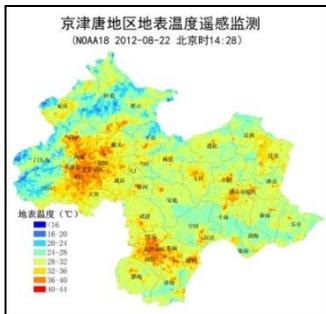
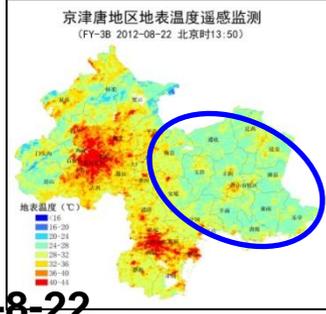
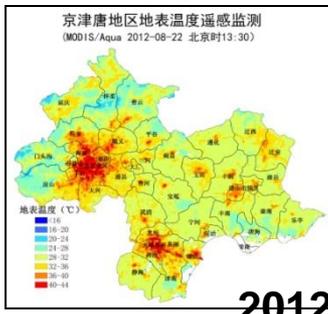
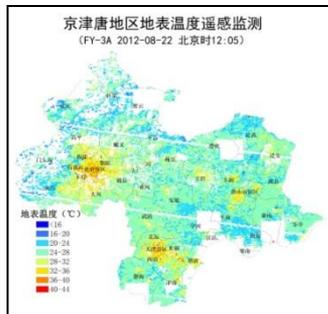
京津唐城市群FY-3A/B LST产品分析

FY-3A

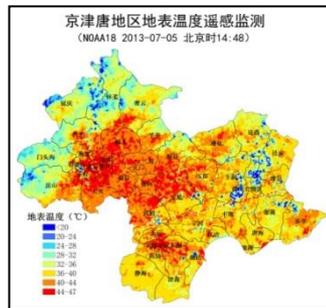
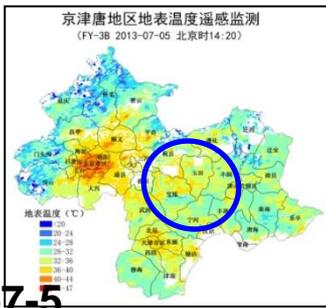
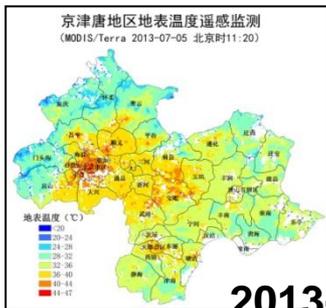
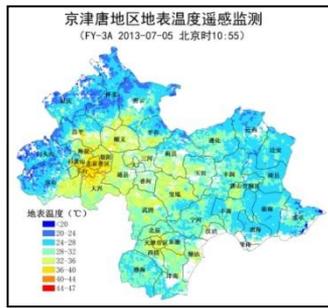
Terra/Aqua

FY-3B

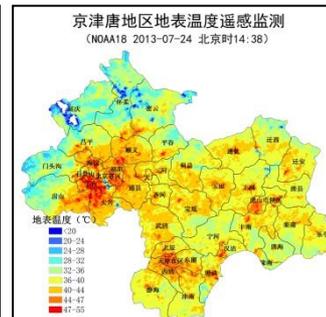
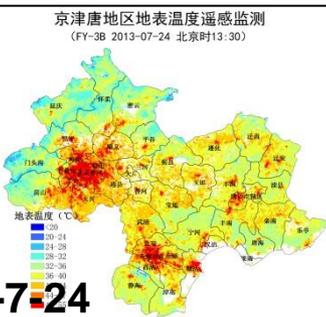
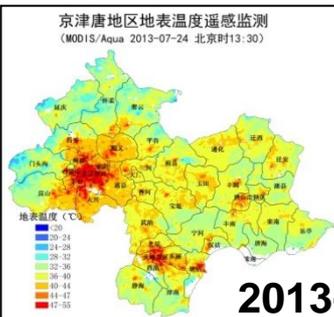
NOAA18



2012-8-22

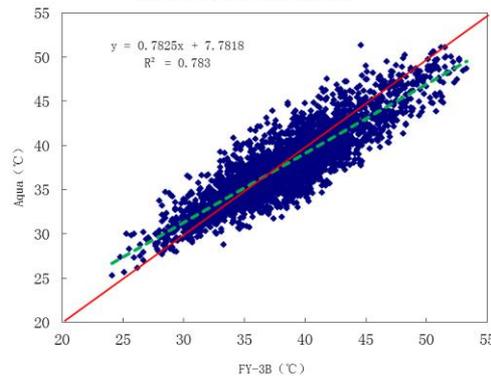


2013-7-5



2013-7-24

北京地区FY-3B与Aqua卫星LST结果对比
(2013年7月24日 北京时间13:30)

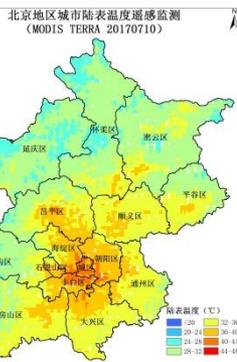


$R^2=0.78$
 $RMSE=4.07 K$

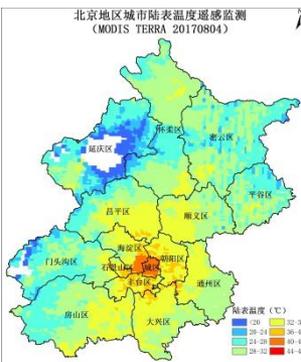
分析：(1) FY-3B LST多数情况下能反映城市温度空间分布；(2) 与MODIS/Aqua和NOAA LST产品相比，存在部分地区温度偏低的可能。

北京和广州地区典型日FY-3B/C LST产品分析

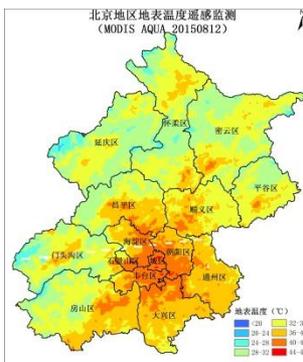
Terra



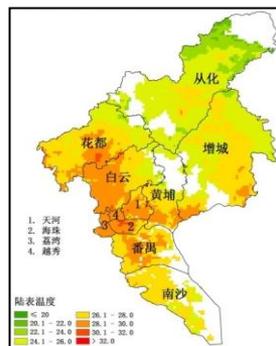
Terra



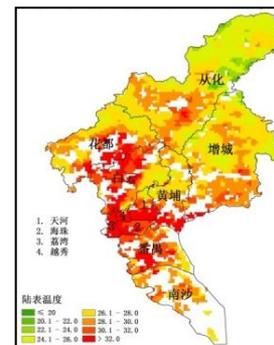
Aqua



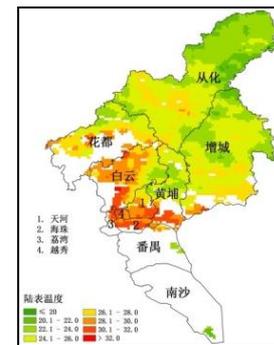
Aqua



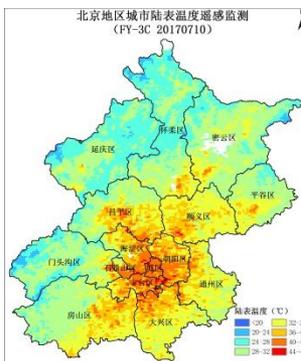
Aqua



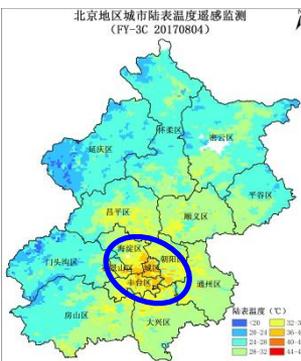
Terra



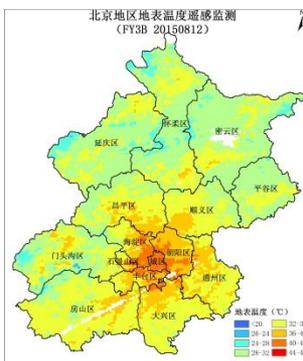
FY-3C



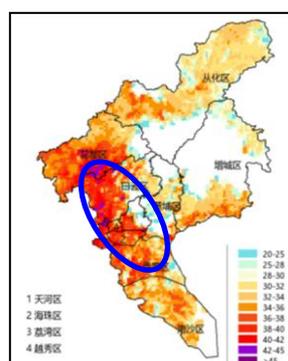
FY-3C



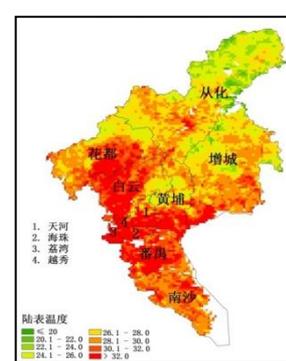
FY-3B



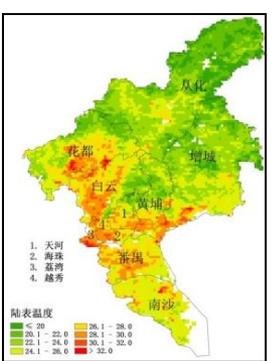
FY-3B



FY-3B



FY-3C



2017-07-10

2017-08-04

2015-08-12

2017-07-29

2017-10-24

2017-10-25

LST偏低

LST偏高

晴空质量偏好

分析：北京、广州地区FY-3B和FY-3C 反演LST空间分布趋势与MODIS较为一致，可有效反映热岛分布特征，但与MODIS相比存在质量不稳定情况。

3、城市热环境中应用——监测指标

➤ 监测指标

1、热岛强度SUHI值

$$SUHI_i = T_i - \frac{1}{n} \sum T_{crop}$$

2、热场强度HFII值

$$HFII_i = \frac{T_i - T_{\min}}{T_{\max} - T_{\min}}$$

3、高温强度LSHI

$$LSHI_{\text{下午星}} = f(Th_a)$$

表1 SUHI 监测等级划分

等级值	SUHI (日、时)	SUHI (季、年)	等级含义
1	≤-7.0	≤-5.0	强冷岛
2	-7.0~-5.0	-5.0~-3.0	较强冷岛
3	-5.0~-3.0	-3.0~-1.0	弱冷岛
4	-3.0~3.0	-1.0~1.0	无热岛
5	3.0~5.0	1.0~3.0	弱热岛
6	5.0~7.0	3.0~5.0	较强热岛
7	>7.0	>5.0	强热岛

表2 HFII 监测等级划分

等级值	HFII	等级含义
1	0~0.1	低温区
2	0.1~0.3	次低温区
3	0.3~0.7	常温区
4	0.7~0.9	次高温区
5	0.9~1.0	高温区

表3 LSHI 监测等级划分

等级值	LSHI	等级含义
1	f(Th35)~f(Th37)	轻度高温
2	f(Th37)~f(Th40)	中度高温
3	>f(Th40)	重度高温

3、城市热环境中应用——评估指标

➤ 评估指标

1、热岛比例指数

$$UHPI = \frac{1}{100m} \sum_i^n w_i p_i$$

2、高温比例指数

$$LSHP = \frac{1}{100m} \sum_i^n w_i p_i$$

3、其他热岛评估指标

(1) **SUHI**≥3℃热岛面积或比例

(2) 平均**SUHI**值

表3 热岛强度UHPI评估

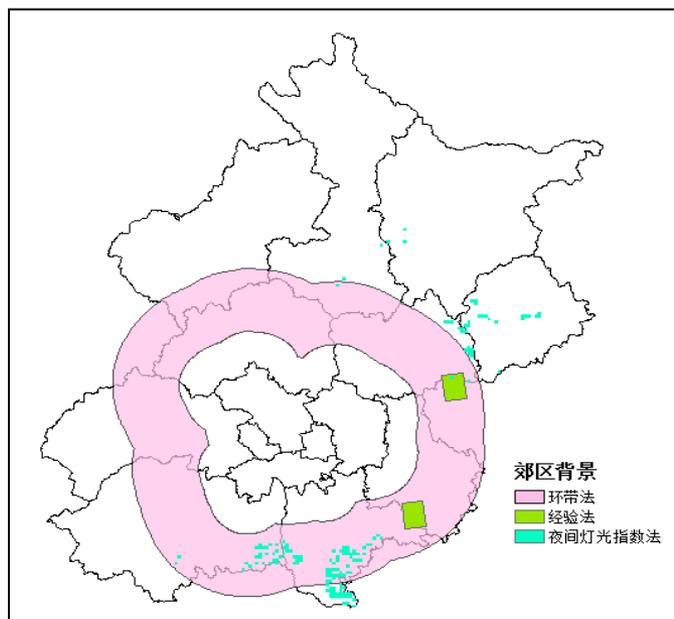
等级值	UHPI	评估等级AG
1	0-0.2	轻微或无
2	0.2-0.4	较轻
3	0.4-0.6	一般
4	0.6-0.8	较严重
5	0.8-1.0	严重

表4 高温强度LSHP评估

等级值	LSHP	评估等级AG
1	0-0.2	轻微或无
2	0.2-0.4	较轻
3	0.4-0.6	一般
4	0.6-0.8	较严重
5	0.8-1.0	严重

SUHI的估算——郊区背景的选择

北京不同郊区背景的选择



- 1、**经验法**：远郊区选择2块以上 $\geq 5 \times 5$ 像元面积高覆盖农田；
- 2、**环带法**：城市边界外围20-30km农田区域；
- 3、**夜间灯光指数DMSP法**：DMSP < 15 的高覆盖平原农田区域（刘勇洪等，2017）；

表5 不同郊区背景的城六区平均SUHI比较

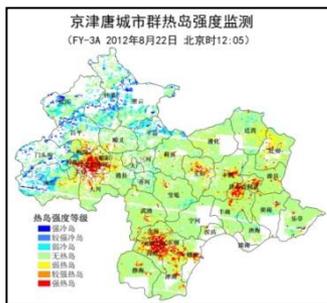
传感器	不同郊区背景	SUHI_20170710	SUHI_20170804	SUHI_spring	SUHI_summer	SUHI_autumn	SUHI_winter	平均
FY-3B	经验法	4.6	3.4	2.1	1.6	1.9	2.0	2.6
	环带法	5.6	4.2	1.8	2.4	1.8	2.4	3.0
	DMSP法	5.4	4.5	2.1	2.5	1.6	2.7	3.1
FY-3C	经验法	5.1	3.1	1.9	2.7	2.3	1.7	2.8
	环带法	5.3	3.5	1.6	2.1	2.2	1.7	2.7
	DMSP法	5.1	3.3	1.7	2.1	2.0	1.6	2.6

分析：对北京地区，FY-3 LST不同郊区背景下平均SUHI值估算误差在0.5℃之内，影响较小。

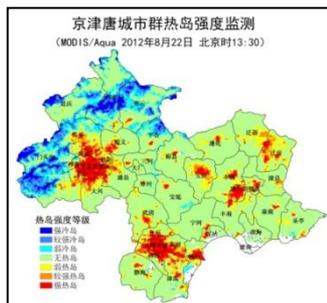
针对大尺度区域，推荐采用**夜间灯光指数DMSP法**

应用1：京津唐城市群热岛强度监测

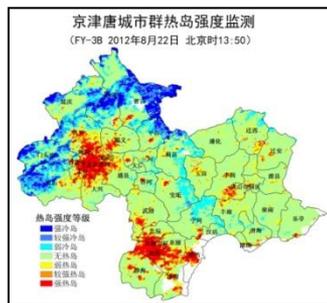
FY-3A



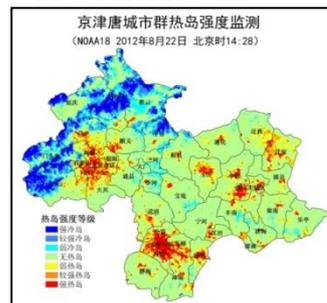
Terra/Aqua



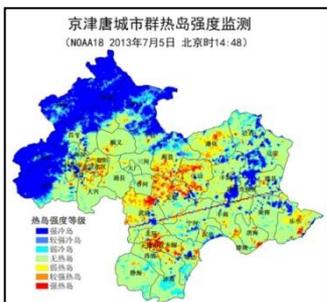
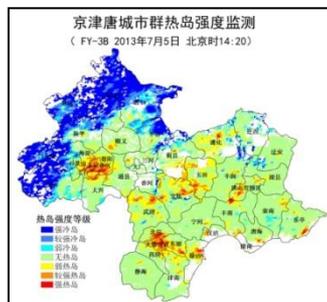
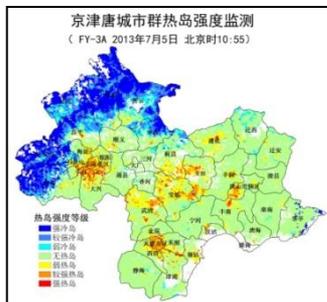
FY-3B



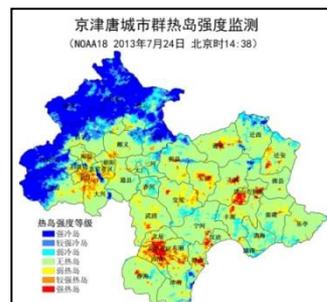
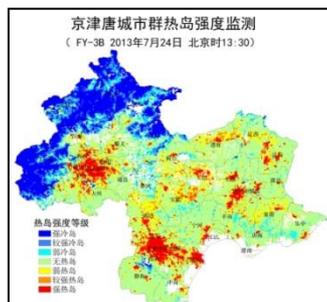
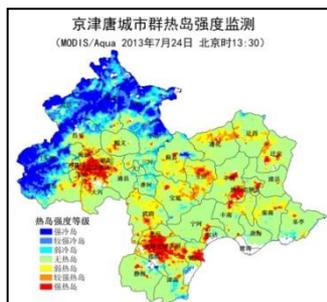
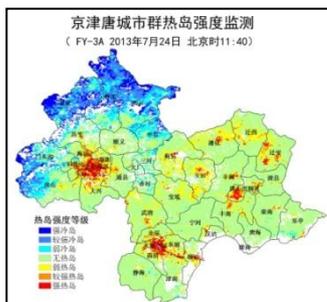
NOAA18



2012-8-22



2013-7-5



2013-7-24

分析：基于FY-3B卫星资料可有效监测城市热岛强度

应用2: 基于FY-3卫星的SUHI监测和UHPI评估

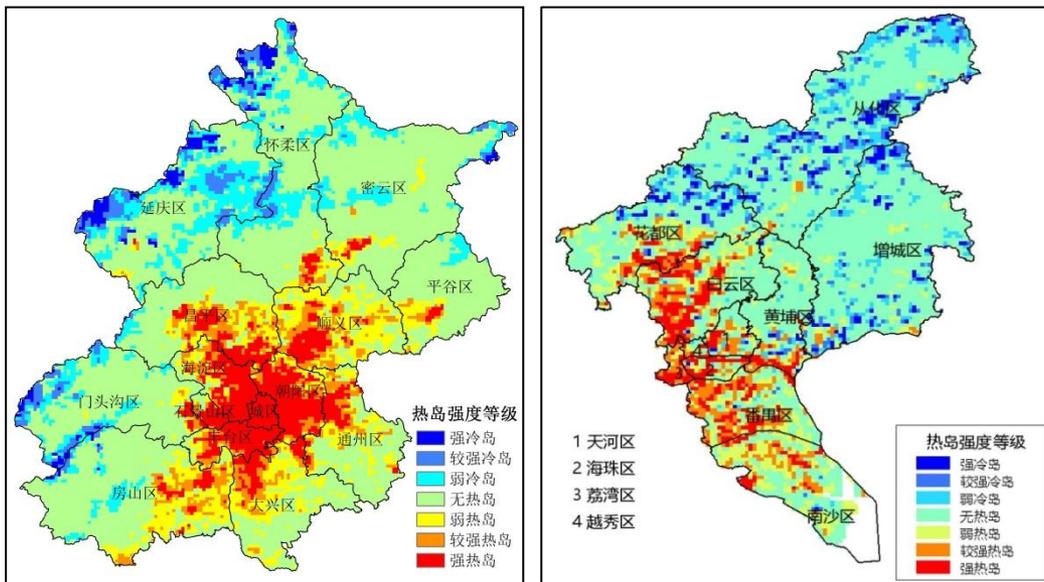


图2 基于FY-3B卫星的北京和广州SUHI等级监测 (左: 北京 2017-07-10 13:25 右: 广州2017-08-20 14:43)

分析: (1) 北京UHPI排名前三位的区分别是城区 (1.0)、朝阳 (0.79) 和丰台 (0.71), 分别评估为“严重”、“较严重”和“较严重”等级; (2) 广州城区荔湾热岛最重, UHPI为 0.88, 评估为“严重”等级; 海珠 (UHPI为0.67) 次之, 评估为“较严重”, 表明这些区域热岛现象较为严重。

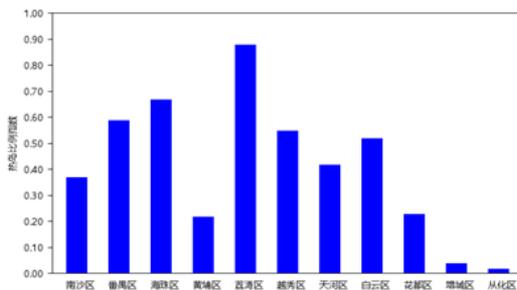
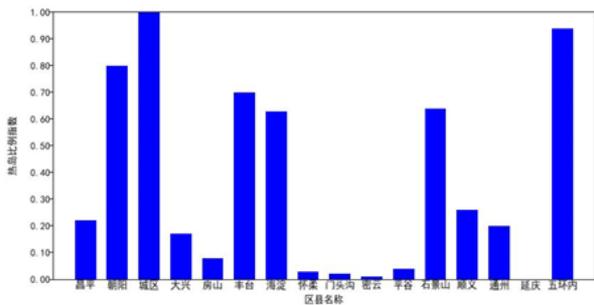


图3 基于FY-3B卫星的北京和广州各区UHPI评估 (左: 北京 2017-07-10 13:25 右: 广州2017-08-20 14:43)

生态环境遥感监测信息

2017年 第14期 (仅供内部参考)

北京气候中心 2017年8月4日

北京城六区出现高温与明显热岛效应

摘要: 我国 FY-3B 气象卫星遥感监测和气温监测显示: 8月4日北京市出现明显高温现象, 城六区大部分地区地表温度在 40℃以上, 占全市总面积的 3.6%, 占城六区总面积的 41.0%。城六区出现明显热岛效应, 城六区较强热岛和强热岛区占一半面积。

一、地表温度卫星遥感监测

利用 2017年8月4日 15时26分的我国 FY-3B 气象卫星资料反演的北京市地表温度监测图 (见图1) 上反映出: 北京市大部分平原地区地表温度在 30℃以上, 其中城六区地表温度在 40℃以上的占全市总面积的 3.6%, 占城六区总面积的 41.0%。地表温度较高的区域主要分布在海河低地, 植被覆盖率较好的西部、西北部和北部等部分山区, 大部分在 32℃以

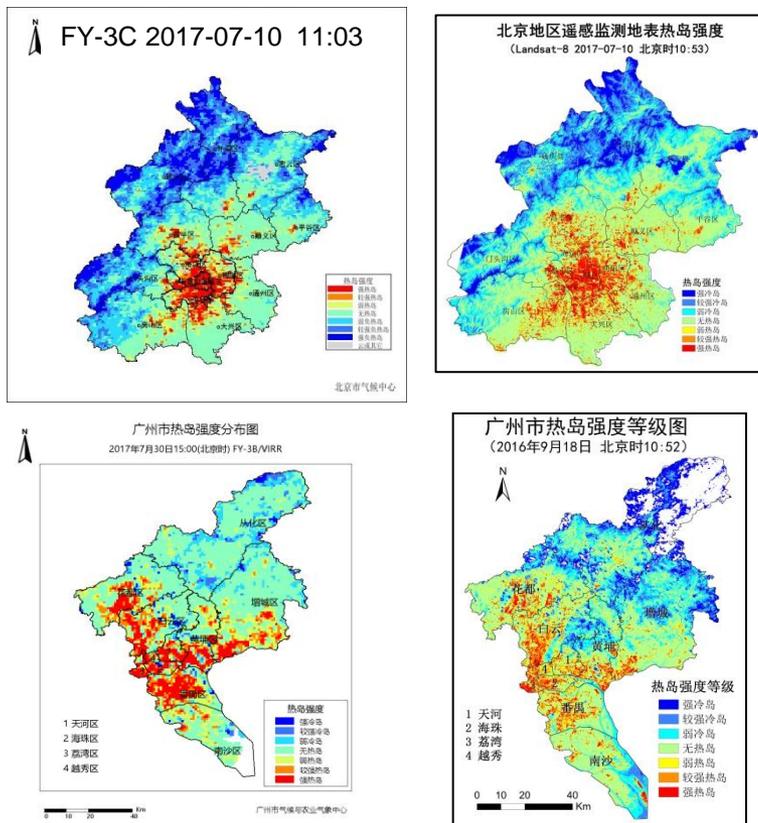
二、北京地区气温监测

利用北京市气象观测站的气温监测图 (见图2) 可知, 北京市大部分平原地区气温在 32℃~41℃之间, 城六区、昌平、顺义、通州、大兴等气温在 33℃以上, 高温天气现象明显, 气温空间分布趋势与卫星遥感监测的地表温度空间分布趋势 (图1) 基本一致。

三、城市热岛效应遥感监测

图1为利用 FY-3B 卫星资料对北京地区地表温度反演的结果 (见图1) 可见: 北京出现了明显的城市热岛效应, 城六区地表温度在 40℃以上的占全市总面积的 3.6%, 占城六区总面积的 41.0%。

分析：基于FY-3卫星和基于Landsat8的SUHI监测和UHPI评估



分析：基于FY-3C与基于Landsat8的北京热岛强度空间分布具有一致性。

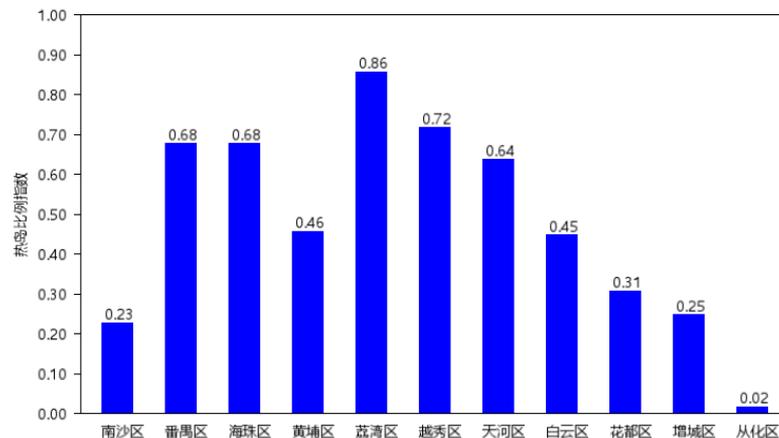


图13 基于FY-3B卫星资料的广州市各区UHPI评估 (2017-07-30 15:00)

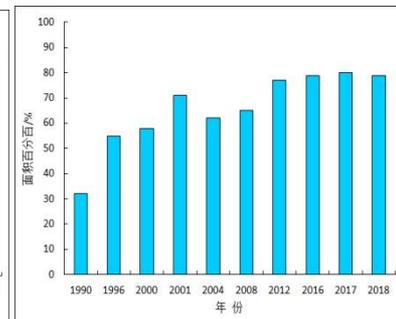
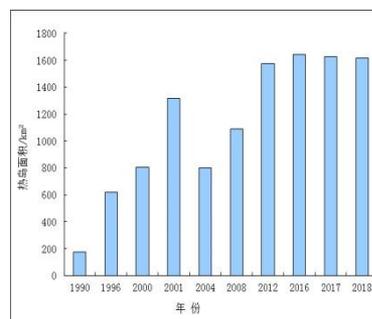
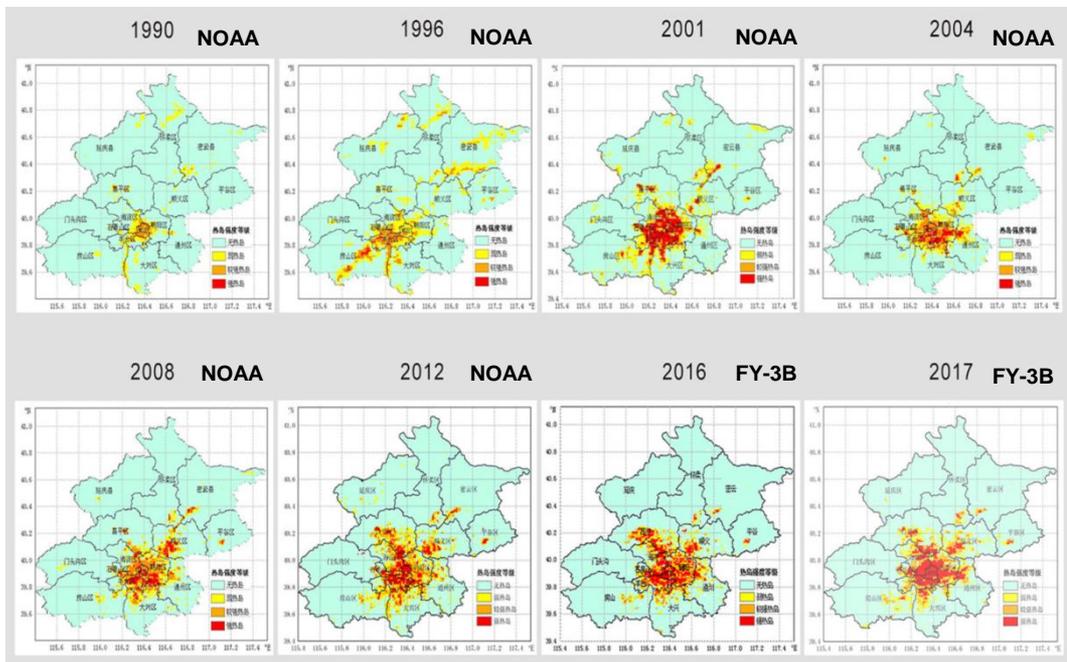
分析：与基于Landsat8卫星资料的UHPI评估结果类似，广州各区2017年7月30日排名UHPI评估排名前三位的分别是荔湾（0.86）、越秀（0.72）、海珠（0.68）和番禺（0.68），从化最小，为0.02。

表5 基于Landsat8的广州各区UHPI评估 (2016-09-18)

各区	南沙	番禺	海珠	黄埔	荔湾	越秀	天河	白云	花都	增城	从化
UHPI	0.11	0.32	0.51	0.19	0.75	0.54	0.38	0.28	0.17	0.06	0.01
评估等级	轻微	较轻	一般	轻微	较严重	一般	较轻	较轻	轻微	轻微	轻微

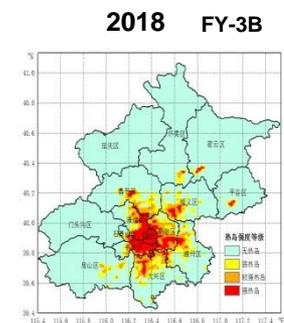
由于尺度效应，两种分辨率的UHPI值具有明显差异，但不改变空间分布强弱趋势。

应用3: 基于NOAA/AVHRR和FY-3卫星的北京SUHI监测



基于卫星观测的北京1990-2018较强以上热岛面积及城六区热岛面积百分比变化

决策服务：北京市委书记（政治局委员）蔡奇批示：



分析：北京热岛面积2016年前呈增加趋势（2001年后由于北京奥运，大面积的绿化改造减缓了2004和2008热岛），近3年已趋于稳定，2018年为1615km²，城六区热岛面积达到79%。

领导同志批示抄清

蔡奇同志5月5日批示：北京城市要坚持留白增绿，加强通风廊道建设，减轻热岛效应，不断改善人居环境。抄振江同志。

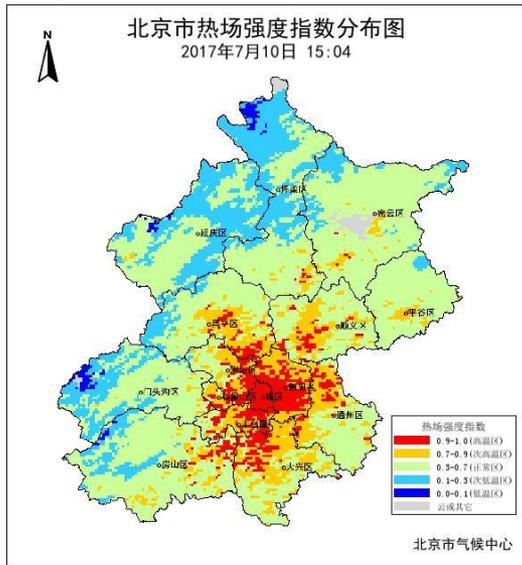
请张维田同志阅，并会同市绿委研究，在总书记批示中把减轻热岛效应，防止其向外扩散作为重点工作之一考虑，与生态规划衔接落实。

阅毕请退市委办公厅

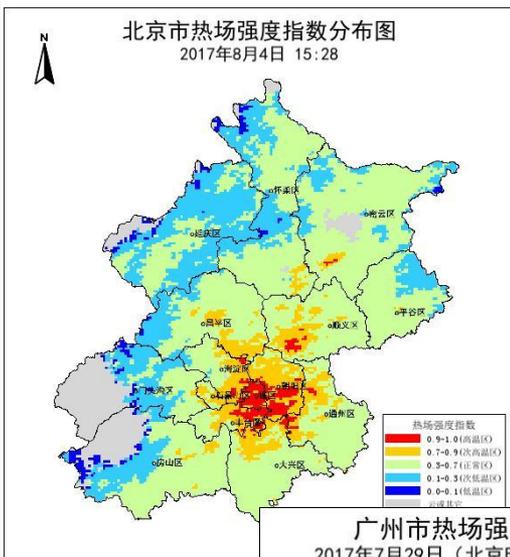
7/5

应用4：基于FY-3B卫星的热场强度指数监测

2017-07-10 15:04



2017-08-04 15:28

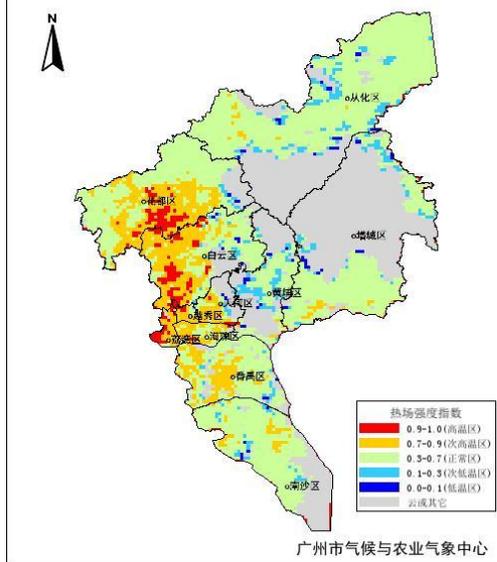


➤ 热场强度HFII值

$$HFII_i = \frac{T_i - T_{\min}}{T_{\max} - T_{\min}}$$

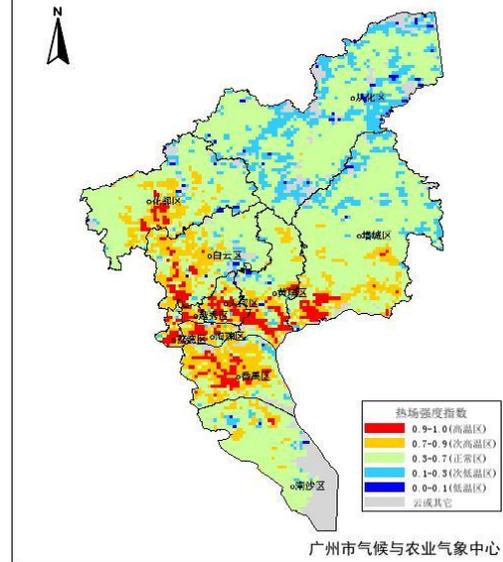
分析：北京城市地区的“高温区”和“次高温区”范围分别与城市强热岛和较强热岛范围分布较为一致，但广州城市地区的“高温区”范围明显小于强热岛范围，表明基于FY-3B卫星的热场强度指数虽然可有效反映城市热岛，但两者在确定热岛范围可能存在较大差异。

广州市热场强度指数分布图
2017年7月29日（北京时，15:15）FY-3B/VIRR



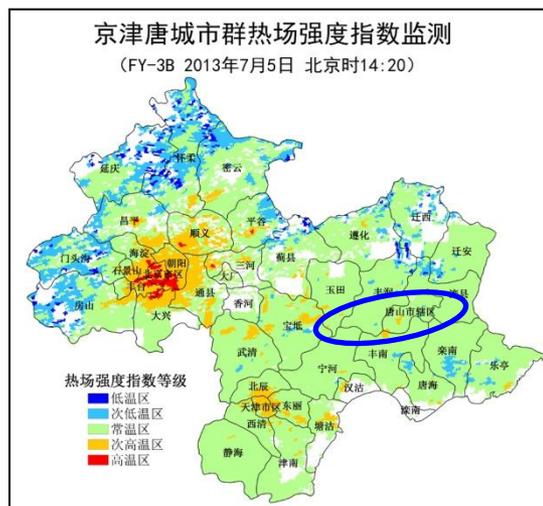
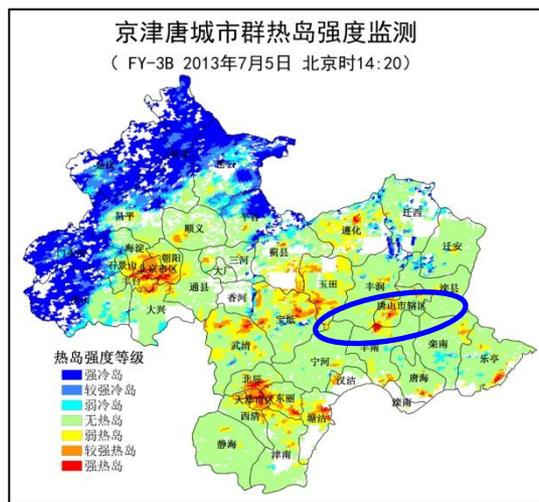
2017-07-29 15:15

广州市热场强度指数分布图
2017年7月30日（北京时，15:00）FY-3B/VIRR



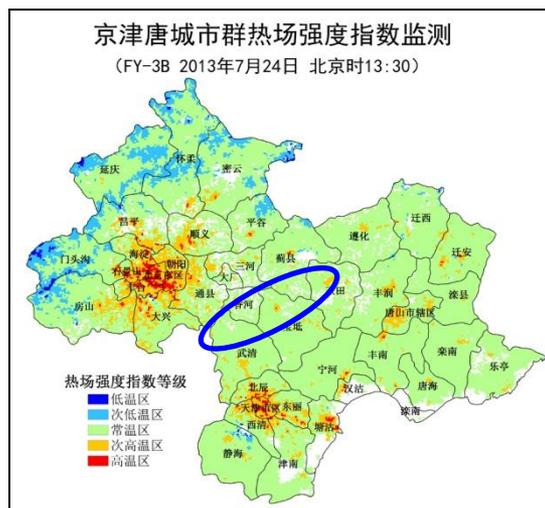
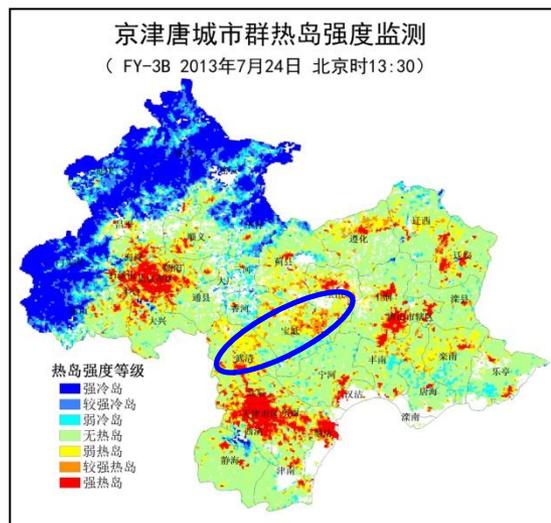
2017-07-30 15:00

分析：基于FY-3B的SUHI与HFII的差别



唐山出现较强热岛区域，但并非高温区。

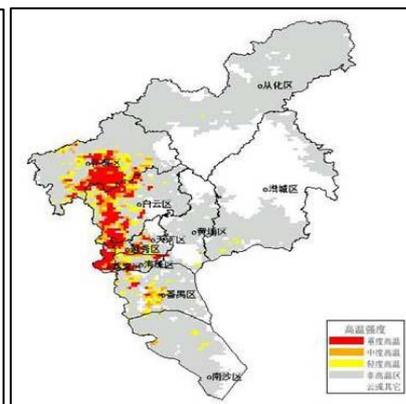
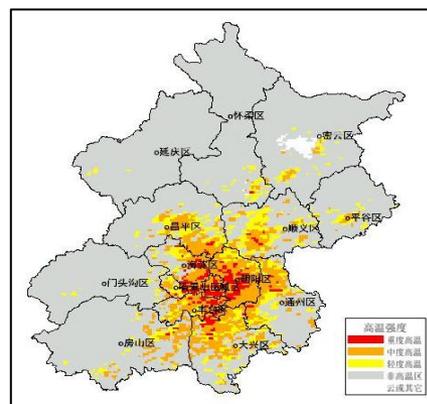
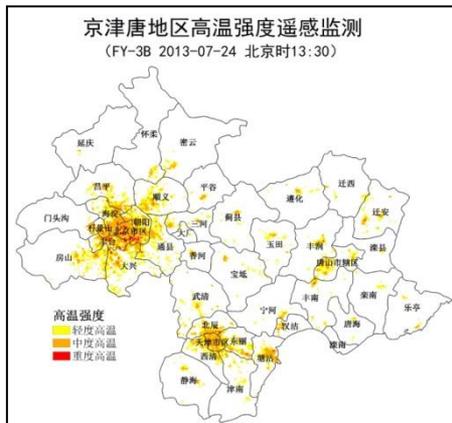
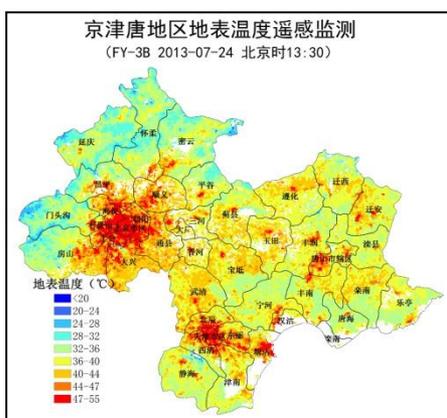
分析：(1) 热岛强度SUHI更多反映该城市温度与周边郊区温度距平的大小，热场强度指数HFII则反映该城市在整个区域中高温强度大小；



(2) 热岛强度指标高值区并不一定是高温区，热岛强度大小与高温并没有直接关系。这与Nina Schwarz (2011) 的研究结论类似。

天津的热岛强度大于北京，但其高温强度和范围小于北京

应用5: 基于FY-3B的高温遥感监测和评估



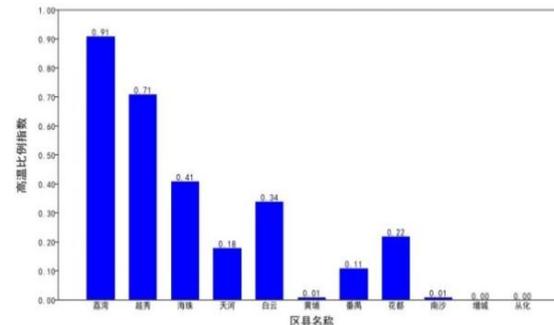
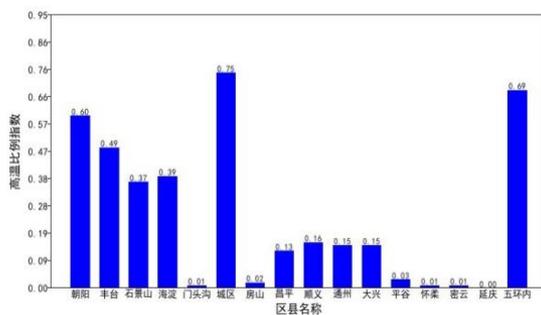
2013年7月24日北京、天津最高气温分别为38.2、38.0 °C，出现中度高温天气

基于FY-3B的高温强度监测

(左: 北京 2017-07-10 13:25 右: 广州 2017-07-29 15:15)

分析: 广州2017年7月29日高温强度排名前三位的分别是荔湾 (0.91)、越秀 (0.71) 和海珠 (0.41)，分别评估为

“严重”、“较严重”和“一般”等级。



(左: 北京 2017-07-10 13:25 右: 广州 2017-07-29 15:15)

应用6：基于FY-3B的高温对电力影响评估

北京电力气象敏感负荷条件指数

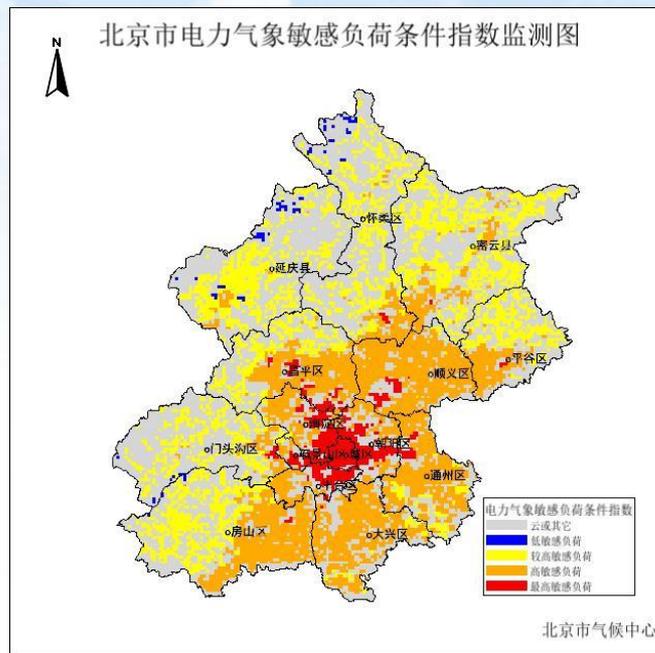
$$\text{MSLIG} = (T + (U - 30) / 15 - (V - 2.0) / 3.0) * K_j \quad T \geq 35^\circ\text{C}$$

$$\text{MSLIG} = (T + (U - 40) / 15 - (V - 2.0) / 3.0) * K_j \quad 25 \leq T < 35^\circ\text{C}$$

其中，T是气温、U是相对湿度、V是风速，KJ是格点的人口密度归一化后的值。利用回归模型建立FY-3B LST数据与卫星过境时的自动站气温T关系。

表 电力气象敏感负荷等级划分

级别	名称	强度解释	MSLIG范围	颜色
一级	低敏感负荷	基本负荷，或低敏感负荷	[7.0, 30.0]	蓝
二级	较高敏感负荷	较高敏感负荷	[-4.0, 6.0]或[31.0, 33.0]	黄
三级	高敏感负荷	高敏感负荷	[-17.0, -5.0]或[34.0, 36.0]	橙
四级	尖峰敏感负荷	最高敏感负荷	≤ -18.0 , 或 ≥ 37.0	红



2017年7月10日高温对电力负荷评估结果

应用7：基于FY-3B的高温对人体健康影响评估

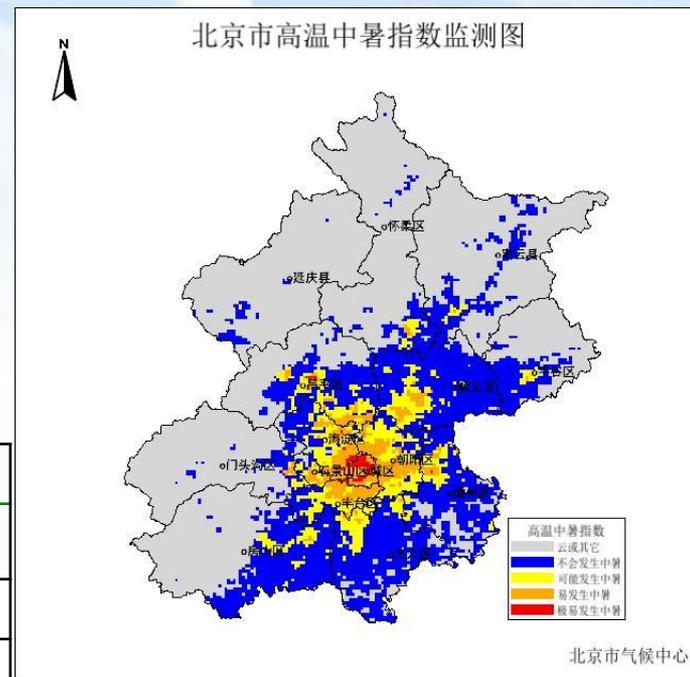
北京高温中暑指数

$$Y3 = -22.754 + 1.68 * (T_{max} - 35) + 0.71 * T \quad T_{max} \geq 35^{\circ}\text{C}$$

其中Y3是高温中暑指数，Tmax是最高气温，T是平均气温。
利用回归模型建立FY-3B LST数据与卫星过境时的自动站气温Tmax关系，利用白天和夜晚的FY-3 LST平均估算平均温度T。

表 高温中暑指数等级划分

等级	指数	名称	表征颜色	是否预警
1级	<1.0	不会发生中暑	—	否
2级	[1.0~3.0)	可能发生中暑	蓝	是
3级	[3.0~5.0)	较易发生中暑	黄	是
4级	[5.0~7.0)	易发生中暑	橙	是
5级	≥7.0	极易发生中暑	红	是



2017年7月10日高温中暑评估结果

3、城市热环境中应用——热岛容量

热岛容量可以描述为在一空间范围内热岛强度与相应面积的乘积之和，是一个表征热岛强度和面积的综合指标。

(1) 利用**高斯曲面模型**模拟热岛强度，求取**热岛容量**和**热岛中心**。

$$UHI(x, y) = a_0 \times e^{-U/2}$$

$$U = \left[\frac{(x-x_0)\cos\varphi - (y-y_0)\sin\varphi}{a_x} \right]^2 + \left[\frac{(x-x_0)\sin\varphi + (y-y_0)\cos\varphi}{a_y} \right]^2$$

$$V_{UHI} = a_0 \times \int_{-a_x}^{a_x} \int_{-a_y \times \sqrt{1-(x/a_x)^2}}^{a_y \times \sqrt{1-(x/a_x)^2}} e^{-[(x/a_x)^2 + (y/a_y)^2]/2} dy dx$$

x_0 、 y_0 为热岛中心位置

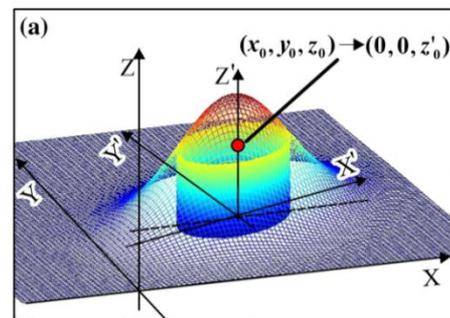


图. 高斯曲面模型

(2) 利用**日内温度循环模型**和土地**利用类型对FY-2G**（逐小时，5km）和**FY-3**（4个时次，1km）**模拟逐小时1公里LST**（日变化）。

$$T_s(t) = \begin{cases} T_0 + T_a \cos\left(\frac{\pi}{\omega}(t - t_m)\right) & t < t_s \\ (T_0 + \delta T) + [T_a \cos\left(\frac{\pi}{\omega}(t_s - t_m)\right) - \delta T] \exp\left(\frac{-(t - t_s)}{k}\right) & t \geq t_s \end{cases}$$

$$k = \frac{\omega}{\pi} \left[\tan^{-1}\left(\frac{\pi}{\omega}(t_s - t_m)\right) - \frac{\delta T}{T_a} \sin^{-1}\left(\frac{\pi}{\omega}(t_s - t_m)\right) \right]$$

5个未知参数，至少需要6个时次影像求解

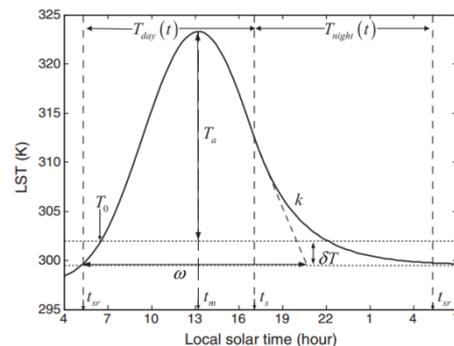
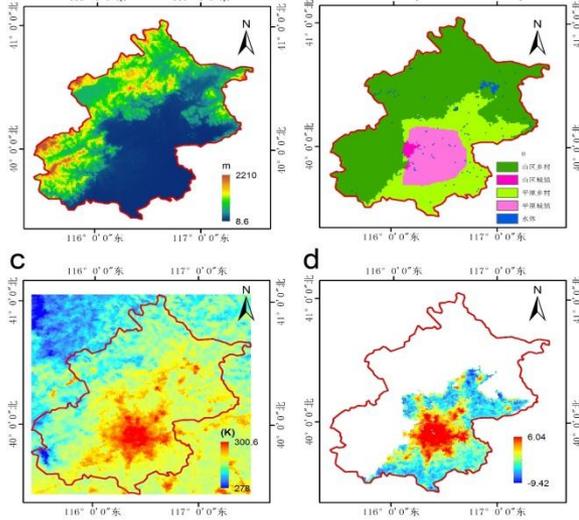


图. 温度日内循环模型

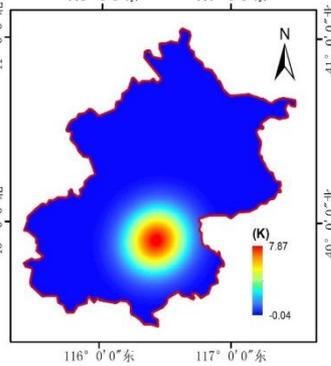
应用8: 基于FY-3B/C LST的热岛模拟及热岛容量估算

广州地区

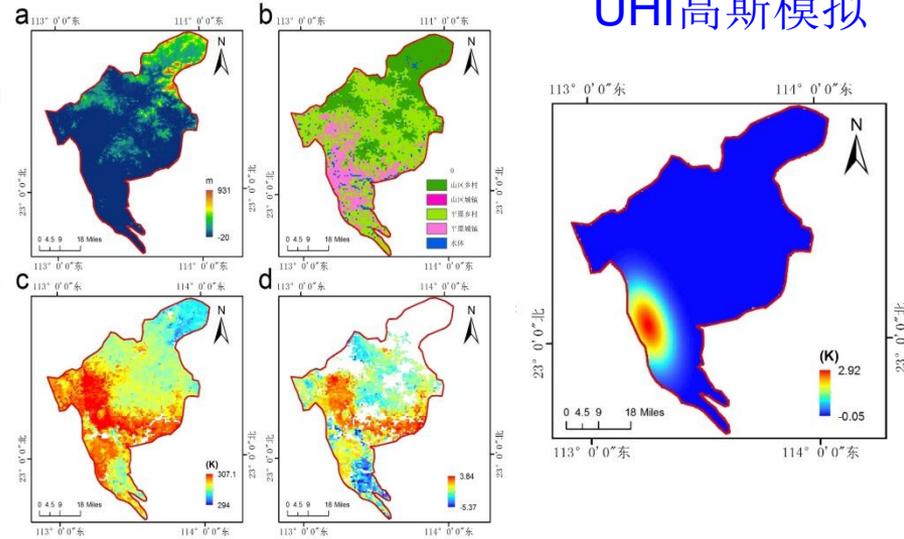
北京地区



UHI高斯模拟



UHI高斯模拟



FY-3C 2016-08-28 21:37

FY-3B 2016-07-25 03:15

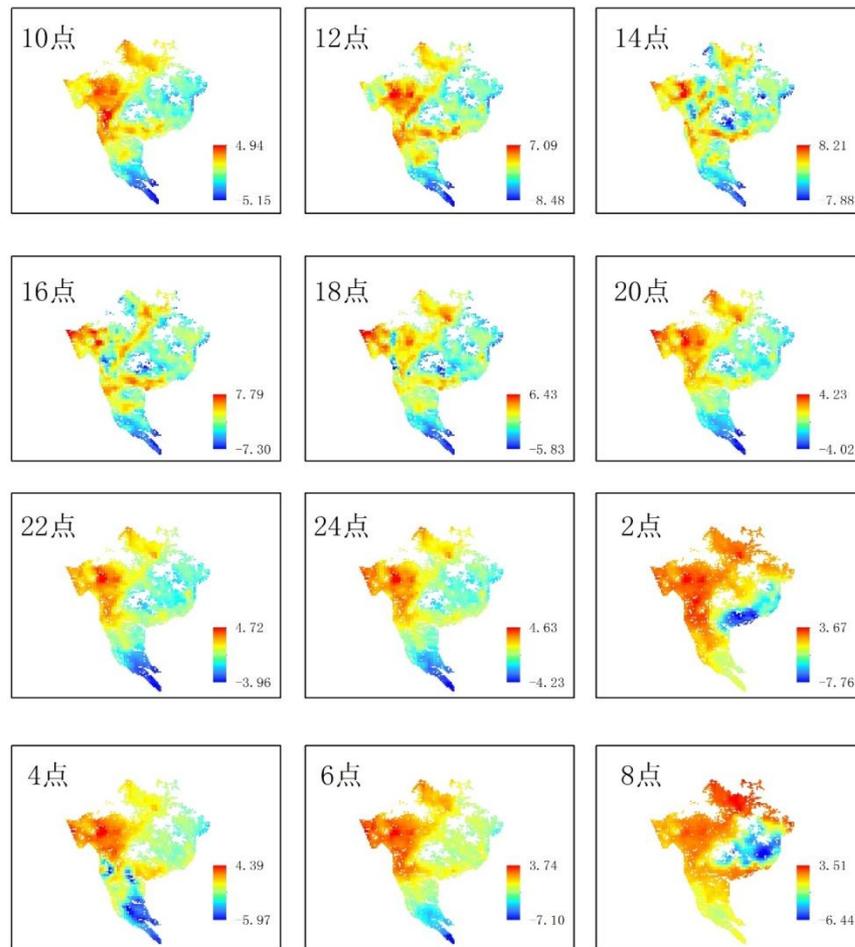
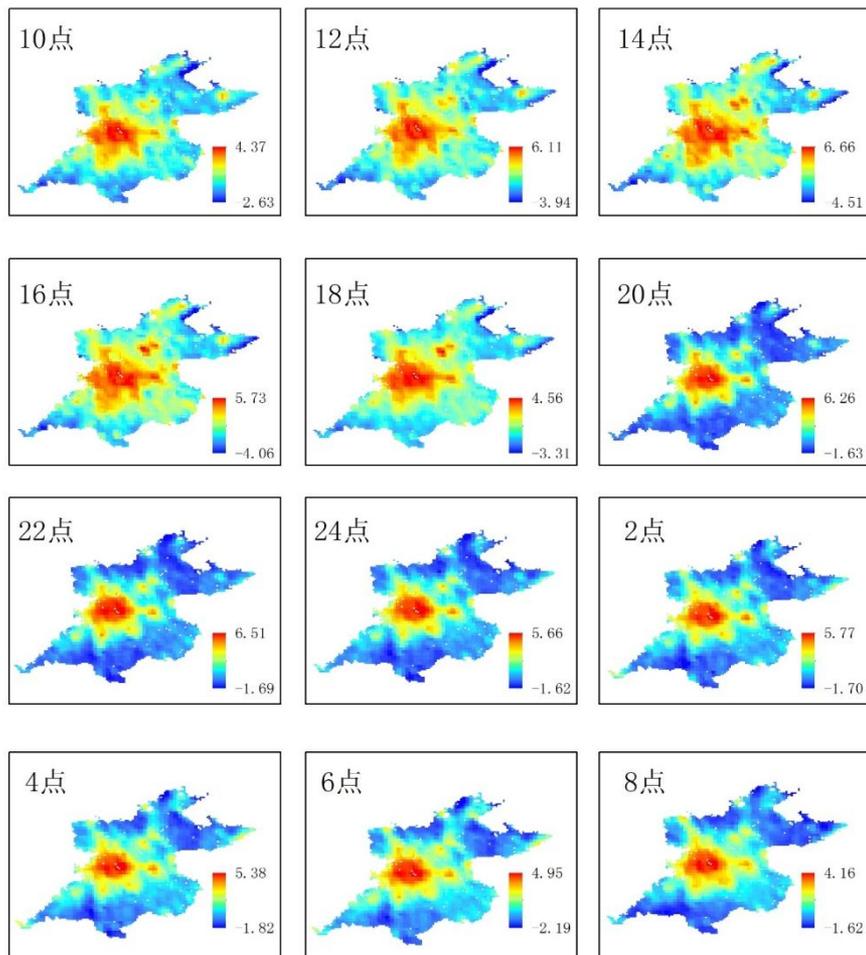
研究区	热岛面积 (km ²)	热岛容量 (km ² *K)	曲面拟合度系数	热岛中心温度 (K)	热岛中心UHI (K)
北京	574.5	3554.9	0.6624	300.6	7.9
广州	249.6	572.3	0.3355	306.6	3.0

分析: 针对北京这种以城市中心向四周扩展只有一个明显热岛中心的SUHI分布, 高斯模拟可以较好地模拟出热岛中心和热岛范围, 但对于广州这种可能存在多个热岛中心的SUHI分布, 高斯模拟并不能很好地模拟出番禺区和白云区的大片热岛范围。

基于FY-3与葵花8 LST的逐小时热岛模拟

北京2016年8月28日逐小时热岛模拟

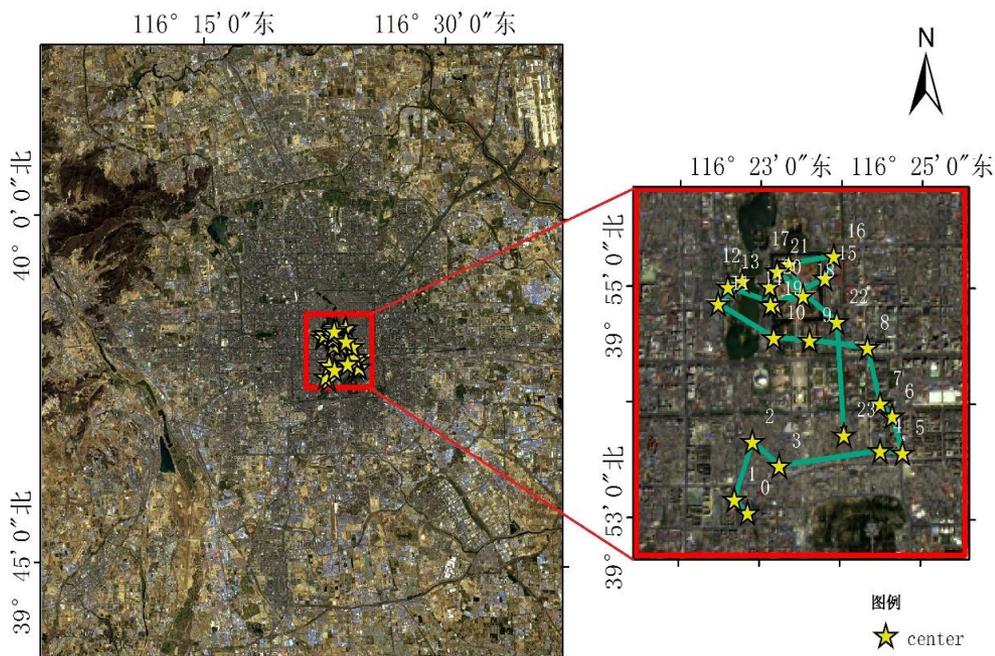
广州2016年7月24日逐小时热岛模拟



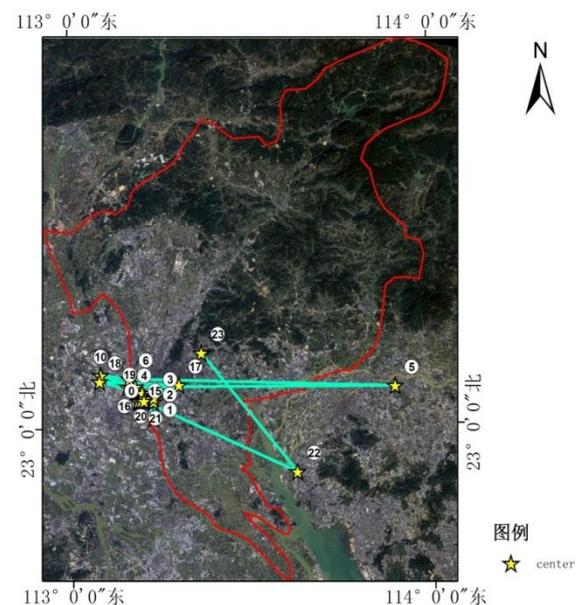
基于4景FY-3C 和FY-3B (1km) 与24景葵花8 (2km) 的融合模拟结果 (1km)

北京2016年8月28日逐小时 热岛中心轨迹变化

广州2016年7月24日逐小时 热岛中心轨迹变化



北京市城市热岛重心主要集中在二环内，在24小时内的变化不大。



广州市的热岛重心主要集中在西南平原地区，空间变异较大，这与空间布局和影像质量有关。

应用9：基于FY-3B卫星的热力景观格局分析

常用的热力景观指标主要包括：热力斑块密度、热力最大斑块指数、平均斑块分数维、热力分离度指数、热力多样性指数和热力聚集度指数。

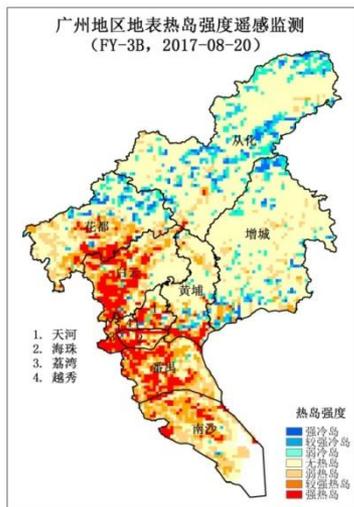
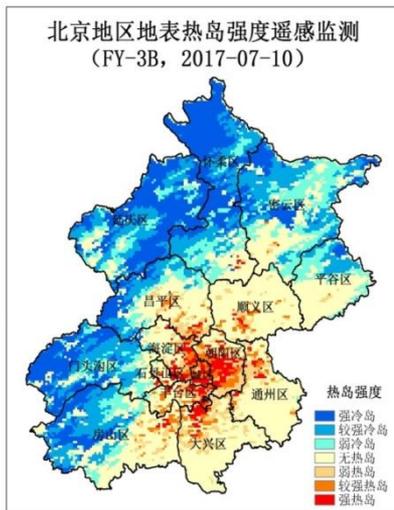


表2 不同热力类型水平上的景观格局对比

地区	热力斑块类别	斑块密度 PD	最大斑块指数 LPI	平均斑块分数维 FRAC_MN	分离度指数 SPLIT	聚集度指数 AI
北京	强冷岛	0.004	16.31	1.03	37.30	79.47
	较强冷岛	0.005	3.60	1.05	323.26	69.72
	弱冷岛	0.007	1.86	1.04	1049.53	62.20
	无热岛	0.010	31.51	1.03	10.06	78.10
	弱热岛	0.008	1.29	1.03	4317.40	52.60
	较强热岛	0.006	0.50	1.02	23323.31	47.47
	强热岛	0.003	1.06	1.03	7207.98	56.19
广州	强冷岛	0.012	0.19	1.01	53633	30.55
	较强冷岛	0.019	0.14	1.01	80282	19.86
	弱冷岛	0.027	0.33	1.01	24990	23.62
	无热岛	0.013	49.16	1.03	4.1317	77.53
	弱热岛	0.031	0.92	1.02	2683.5	39.24
	较强热岛	0.021	0.66	1.03	6129.1	37.99
	强热岛	0.007	2.69	1.03	726.79	61.24

表2 整体热力景观水平上的景观格局对比

地区	斑块密度 PD	最大斑块指数 LPI	景观形状指数 LSI	周长面积分数维 FRAC_MN	分离度指数 SPLIT	聚集度指数 AI
北京	0.043	31.51	20.10	1.52	7.66	71.93
广州	0.129	49.16	18.21	1.54	4.10	60.96

(1) 斑块密度分析表明：北京热力景观破碎度低于广州；(2) 最大斑块指数分析表明：广州优势热力类型斑块大于北京；(3) 景观形状指数分析表明，北京热力斑块形状较广州更复杂；(4) 周长面积分数维数分析表明：北京和广州热力斑块规则程度接近；(5) 分离度指数分析表明：北京热力斑块分散程度比广州大；(6) 聚集度指数分析表明，北京较广州由更少团聚的大斑块组成。

四、小结与讨论

- (1) FY-3 LST 存在**质量不稳定**情况，尤其是有云情况，未来还需改进LST反演算法；
- (2) 基于FY-3卫星的**陆表热岛强度SUHI、热岛比例指数UHPI、热场强度指数HFII、高温强度以及高温比例指数LSHI、热岛容量等指标对城市热环境评估均具有指示意义**，但不同的指标反映强弱不同，在具体评估中需要根据实际情况进行选择。
- (3) 基于卫星的热环境监测评估指标**尚没有统一的标准或规范**，未来如何结合气象观测标准或规范来开展基于卫星的热环境监测评估指标研究是需要研究的方向。

欢迎指正

中国气象局北京区域气象中心

