

# 基于卫星资料的京津冀城市群热岛研究

刘勇洪

lyh7414@163.com

北京市气候中心 北京市气象局卫星遥感应用中心

2017年4月26日

# 主要内容

- ◆ 引言
- ◆ 研究区域和数据
- ◆ 研究方法
- ◆ 结果分析
- ◆ 结论与讨论

该研究受” 高分气象遥感应用示范系统（一期）“资助

# 一、引言—SUHI

- **城市热岛效应**（urban heat island effect, 简称**UHI**）最初定义为城市中的气象台站观测的气温明显高于外围郊区或乡村的现象，近年来已扩展至遥感观测的城市陆表温度高于郊区或乡村的现象，通常把这种主要通过卫星观测的城市热岛称之为**地表城市热岛**（Surface Urban Heat Island, 简称**SUHI**）（Martin等，2015）。
- **SUHI**作为**UHI**形成的直接驱动因子，通过地表与大气边界层进行热交换，尽管两者并没有简单的对应关系（Voogt等，2003），但**通过改变地表与大气之间关系来缓解UHI**是一种有效途径（Clinton等，2013）。
- 在利用**SUHI**开展城市热岛评估时，常用的估算方法有**城乡二分法、均值-标准差法**与**正规化法或归一化法**。其中城乡二分法最为普遍，在采用城乡二分法计算**SUHI**时，**难点在于郊区参考站或背景地区的确定**（Ren等，2011；Martin等，2015）。
- 近年来，中国城镇化迅速，分布于大城市周边的郊区卫星城镇扩展迅速，**如何提取城镇化影响最小的乡村背景**是前面临的一个技术难点。

## 引言

研究数据  
研究方法  
结果分析  
结论讨论

# 一、引言—乡村背景

## ➤ 乡村背景的选择

(1) **人为主观法**：主观选择典型乡村农田区域，王建凯等（2007）及叶彩华（2010）估算北京SUHI

(2) **环带法（缓冲区法）**：选择离城市中心一定距离范围内区域，Schwarz等（2011）估算欧洲263个城市SUHI，Peng等（2012）估算全球419个大城市SUHI，Zhou等（2013）估算北京SUHI

(3) **植被覆盖与不透水盖度法**：根据两者定量阈值选择，Imhoff等（2010）估算美国38个城市的SUHI，刘勇洪等（2015）估算京津唐SUHI。

## ➤ 问题

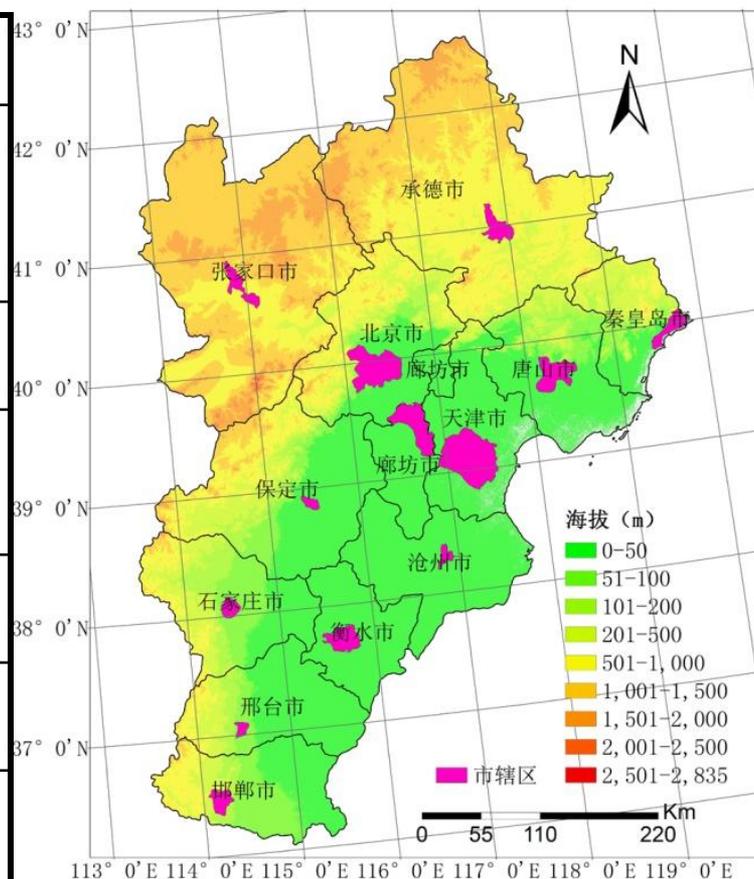
环带法未考虑地形与小村镇因素；国内未建立标准植被覆盖与不透水盖度数据集。由于乡村背景选择的问题导致SUHI估算结果差异明显：如董良鹏（2014）和Du（2016）关于长三角城市群热岛SUHI变化规律差别甚大。Wang等（2015）得出中国南方白天SUHI强于北方白天的令人怀疑的结论。

## 二、研究区域和数据

表1 研究数据

数据类型	时间	用途
MODIS卫星陆表温度产品 (MOD11A2, YD11A2)	2003-2014全年	SUHI分析
NOAA陆表温度产品	1994全年	SUHI分析
DMSP/OLS卫星资料	2013全年	乡村背景选择
植被指数 (MOD13A3)	2013全年	乡村背景选择
数字高程 (DEM)		乡村背景选择
社会经济资料 (国内生产总值、城镇人口数、电力用量、机动车保有量) 及	2013年	SUHI分析

研究区域



对京津冀11个平原城市及市辖区进行热岛评估

### 三、研究方法—乡村背景选择

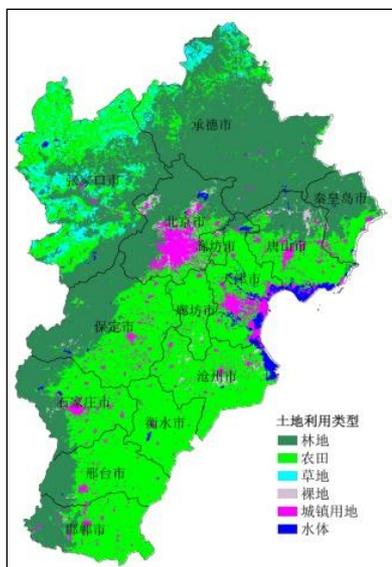
▶ 乡村背景选取方法：估算指标的简便性、易获取性和通用性

(1) 平原（平坝）：与城市所在区域高程差别 $\leq 50$  m，可由DEM计算

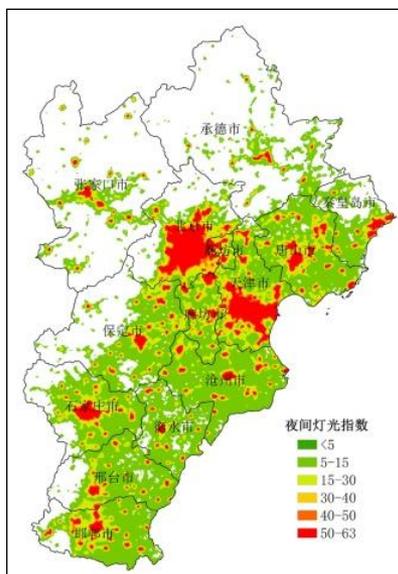
(2) 农田类型；可从MODIS土地覆盖分类产品（MCD12Q1）获取

(3) 夜间灯光指数 $\leq 15$ ：可以确定基本不受人类活动影响。

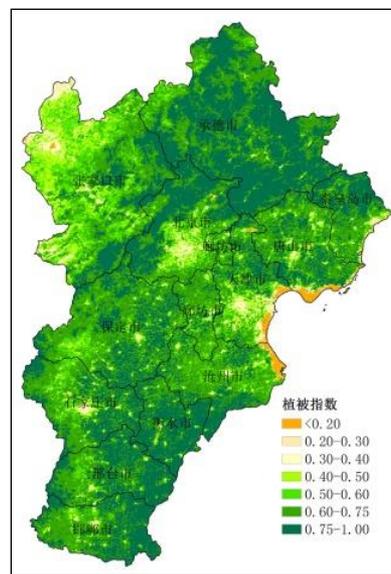
(4) 最大植被指数 $\geq 0.7$ ：可以确定不含水体及村镇的高植被覆盖区。



土地利用



夜间灯光指数



最大植被指数



乡村背景

分析：夜间灯光指数高值区（值在50—63）面积明显大于城镇用地区域，显示周边大量农田受城镇化影响大，已不适宜作乡村背景区。

# 三、研究方法—热岛评估

表2 SUHI等级划分

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

## ➤热岛强度

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

## ➤热岛比例指数

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

## ➤评估指标

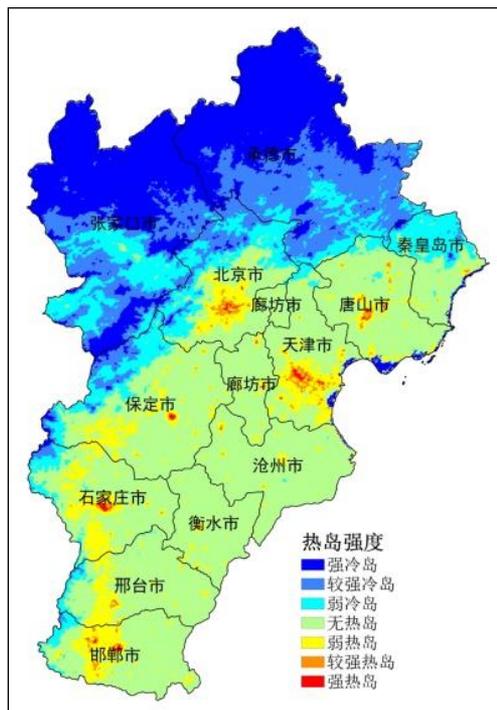
- (1) **SUHI≥3.0热岛面积 (RHA)**
- (2) 中心城区**SUHI均值**评估  
(**SUHI\_CA**)
- (3) 中心城区**UHPI**评估 (**UHPI\_CA**)

表3 热岛强度UHPI评估

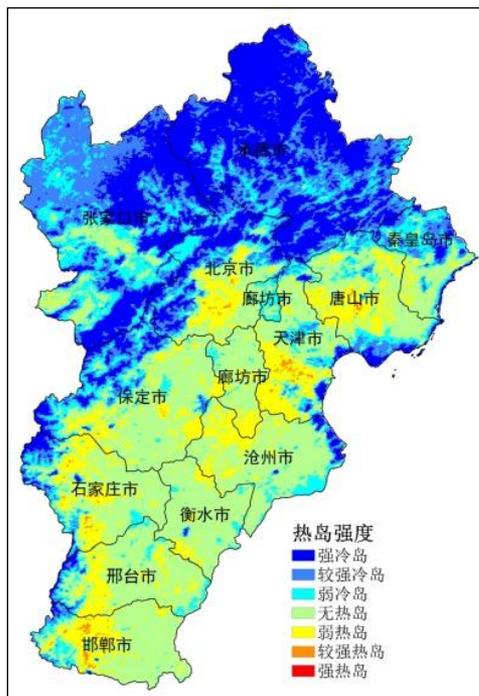
等级值	UHPI	评估等级含义
1	0-0.2	轻微或无
2	0.2-0.4	一般
3	0.4-0.6	较严重
4	0.6-0.8	严重 7
5	0.8-1.0	非常严重

## 四、结果分析—一年平均SUHI评估

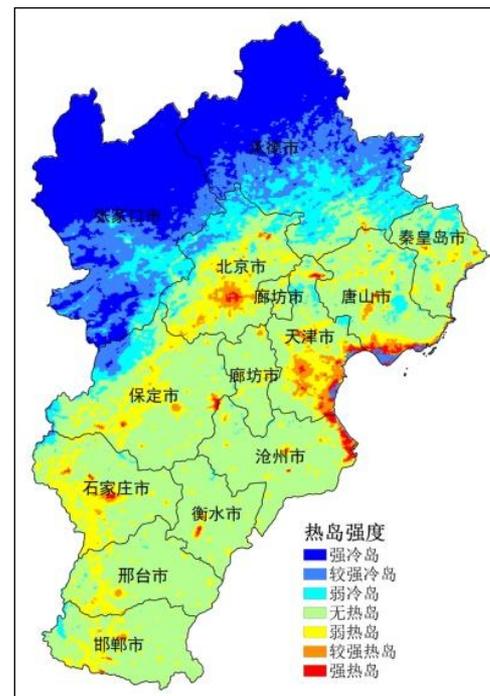
京津冀地区2010-2014年均



全年



白天



夜晚

分析：（1）年均：大部分农田地区无热岛，大部分山区林地则呈冷岛，太行山山前地区受地形和较低植被覆盖影响，出现弱热岛现象；各大中城市地区均出现热岛效应，部分特大以上城市如北京、天津和石家庄等城市出现强热岛；（2）年均夜晚SUHI大于白天（与气象观测较为一致）。

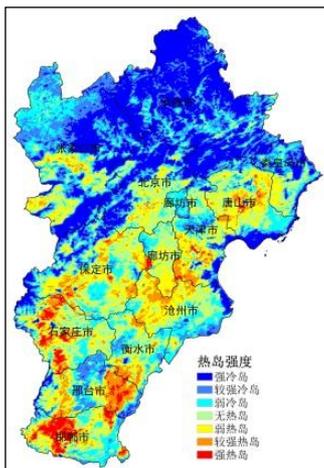
## 四、结果分析—一年平均SUHI评估

城市	较强热岛以上面积RHA /km <sup>2</sup>	中心城区地表热岛强度SUHI_CA /°C	中心城区热岛比例指数UHPI_CA	热岛评估等级AG
北京	433	2.3	0.62	4
天津	640	2.3	0.64	4
石家庄	223	3.6	0.82	5
唐山	243	2.0	0.56	3
廊坊	37	0.3	0.07	1
保定	90	3.3	0.74	4
沧州	24	1.4	0.46	2
衡水	20	0.6	0.12	1
邢台	63	2.6	0.72	4
邯郸	134	2.1	0.66	4
秦皇岛	19	0.3	0.14	1

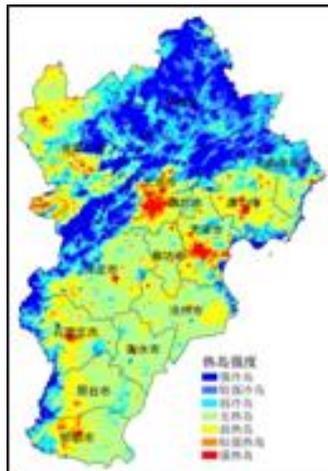
分析：（1）天津、北京、唐山、石家庄、邯郸RHA较大；（2）石家庄、保定、邢台、北京、天津SUHI\_CA和UHPI\_CA较大；（3）各城市UHPI\_CA平均值为0.50，总体AG为3级（较严重），其中5级（非常严重）和4级（严重）的城市有6个，占到54%，表明京津冀城市群中心城区年均热岛总体都比较严重。

# 四、结果分析—季平均SUHI评估

春季白天



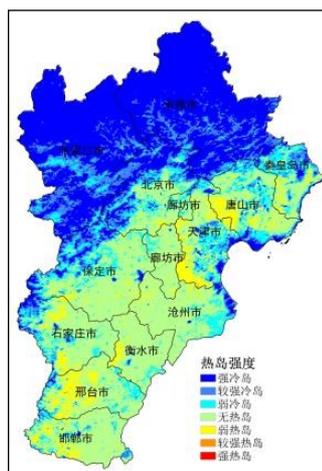
夏季白天



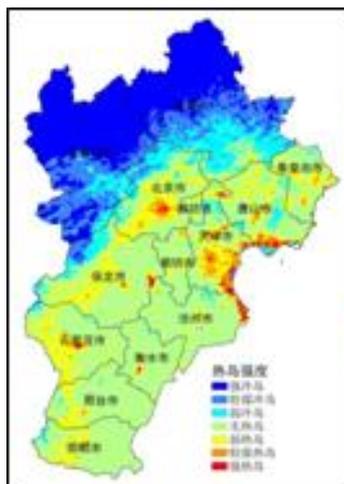
秋季白天



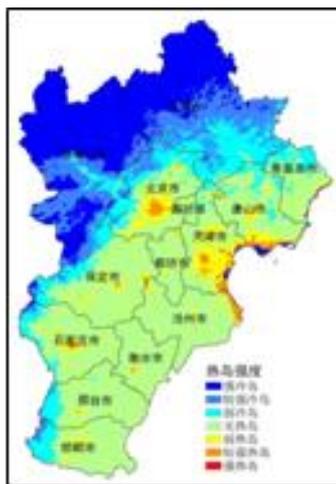
冬季白天



春季夜晚



夏季夜晚



秋季夜晚



冬季夜晚



(1) 白天:  
夏季最强,  
冬季最弱,  
且存在冷岛  
现象;

(2) 夜晚:  
冬季最强,  
夏季最弱,  
与气象观测  
一致。

(3) 京津  
冀SUHI在  
夜间与气象  
观测具有更  
好相关性。

## 四、结果分析—夏季白天SUHI评

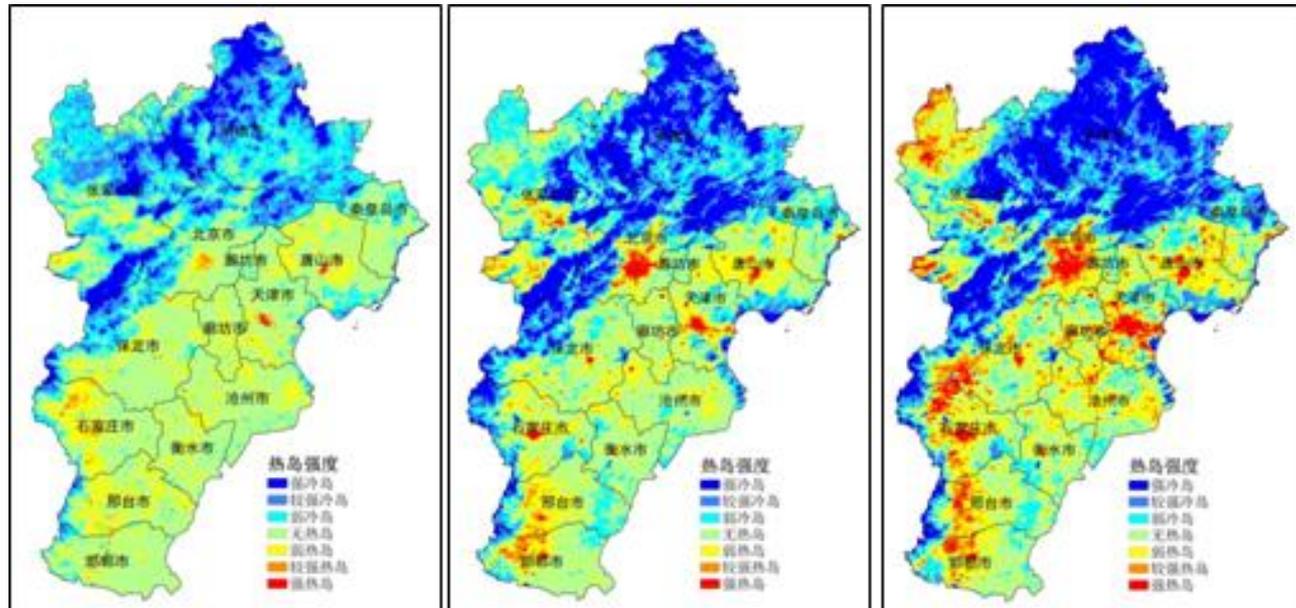
估

城市	较强热岛以上面积RHA/km <sup>2</sup>	较强热岛以上面积比例P_RHA/%	中心城区热岛强度SUHI_CA/°C	中心城区热岛比例指数UHPI_CA	热岛评估等级AG
北京	2351	14	4.3	0.81	5
天津	1883	16	3.6	0.65	4
石家庄	611	4	4.3	0.87	5
唐山	889	7	3.2	0.70	4
廊坊	247	4	0.8	0.23	2
保定	382	2	4.5	0.83	5
沧州	195	1	2.4	0.57	3
衡水	105	1	1.1	0.29	2
邢台	247	2	3.5	0.81	5
邯郸	380	3	2.5	0.68	4
秦皇岛	96	1	2.3	0.32	2

分析：（1）RHA和P\_RHA排名前三：北京、唐山、天津，整个京津冀城市群RHA为7386 km<sup>2</sup>，占行政区域面积的5.8%；（2）11个平原城市SUHI\_CA和UHPI\_CA平均值分别为3.0°C和0.61，保定、北京、石家庄位列前三；（3）3级（较严重）以上城市占到73%，表明夏季白天京津冀城市群各中心城区热岛总体都很严重。

# 四、结果分析—SUH时间变化

京津冀地区夏季白天SUHI



1994年

2004年

2014年

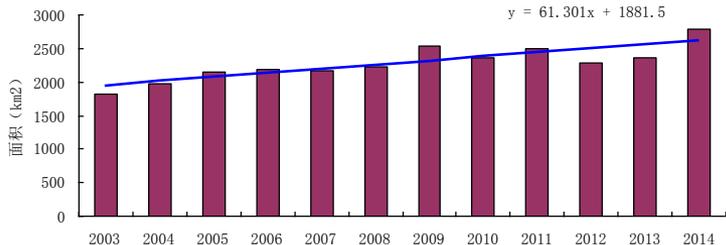
京津冀城市热岛时间变化表

年份	强热岛以上面积HHA/km <sup>2</sup>	中心城区地表热岛强度SUHI_CA/°C	中心城区热岛比例指数UHPI_CA	热岛评估等级AG	京-津热岛距离/km
1994	190	1.2	0.29	2	94
2004	1975	2.6	0.58	3	79
2014	4539	3.2	0.69	4	52

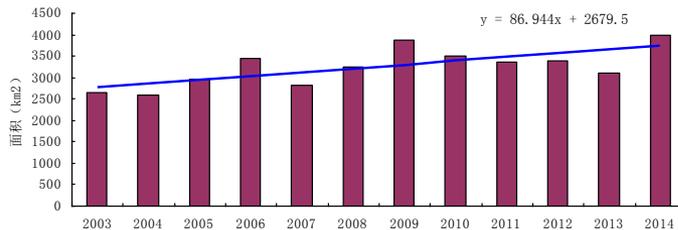
引言  
区域数据  
研究方法  
结果分析  
结论讨论

# 京津冀主要城市年均热岛面积变化趋势（2003-2014）

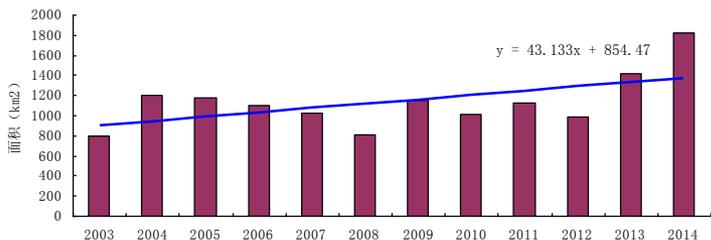
北京地区年均热岛面积变化趋势



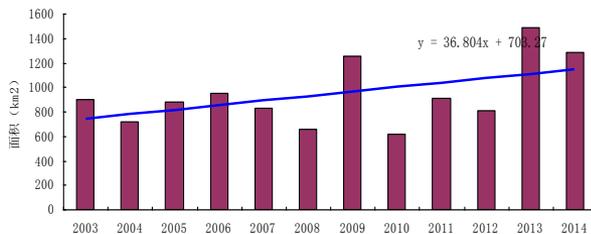
天津地区年均热岛面积变化趋势



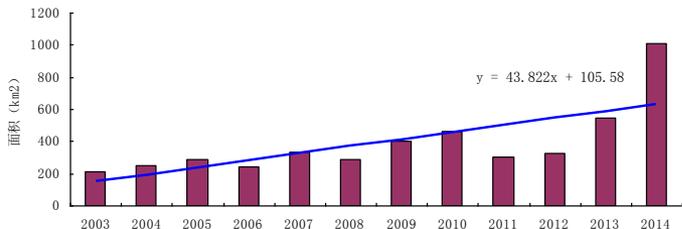
石家庄地区年均热岛面积变化趋势



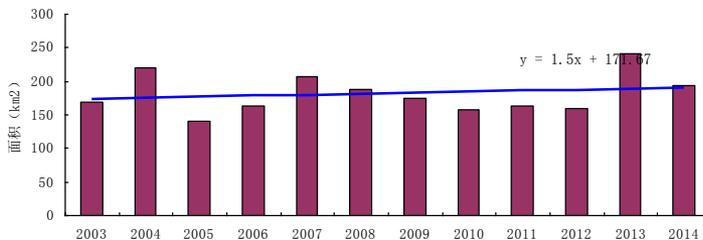
保定地区年均热岛面积变化趋势



廊坊地区年均热岛面积变化趋势



秦皇岛地区年均热岛面积变化趋势

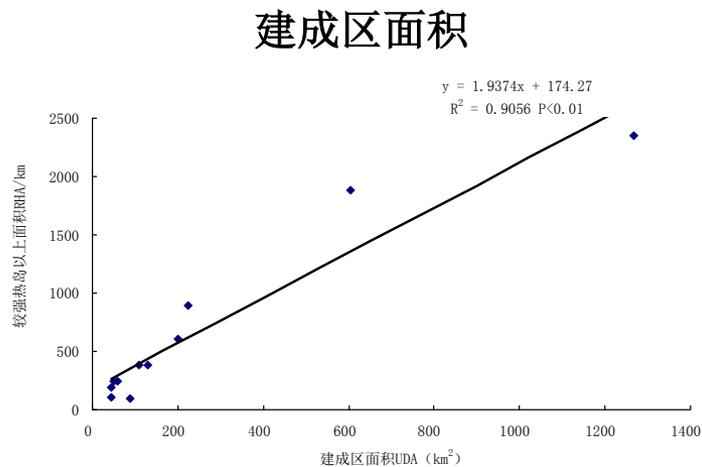
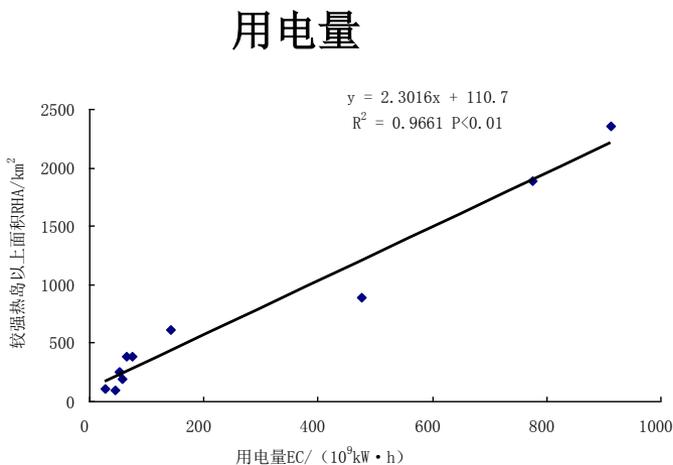
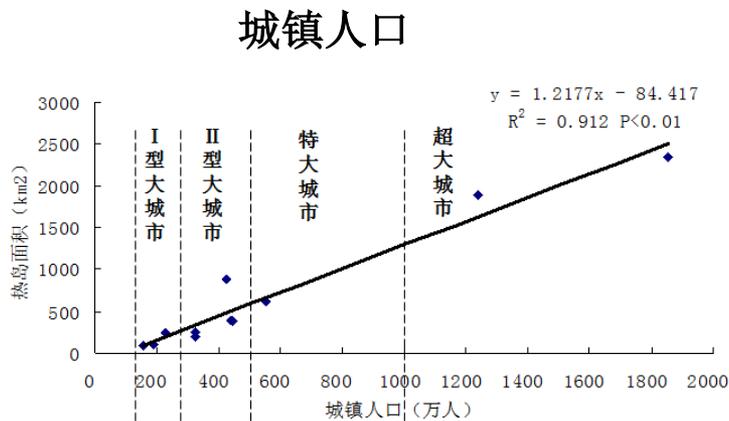
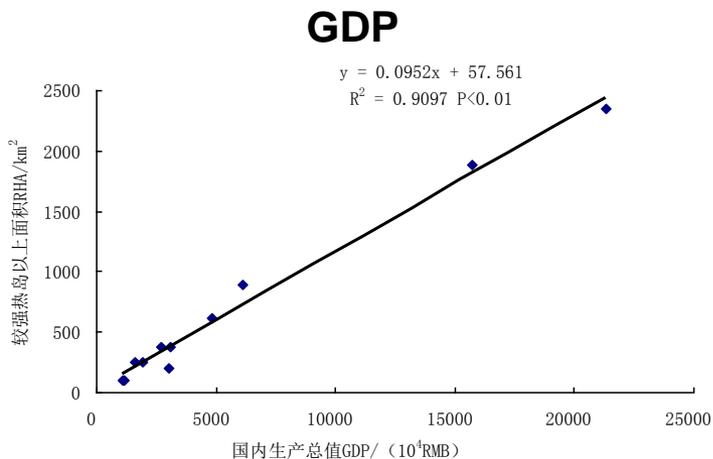


分析：京津冀大部分城市年均热岛面积均呈增加趋势，其中年均增加热岛面积最大的为天津（86km<sup>2</sup>/a），其次是北京（61km<sup>2</sup>/a），石家庄也达到43km<sup>2</sup>/a，而秦皇岛增加很少（2km<sup>2</sup>/a），张家口和承德没有明显增加。2014年热岛面积和强热岛面积排前三位的分别是：天津、北京和石家庄。

地区/热岛面积 (km <sup>2</sup> )	北京	天津	唐山	廊坊	保定	石家庄	沧州	衡水	邢台	邯郸	张家口	承德	秦皇岛
年均增加面积	61	86	23	44	37	43	38	47	58	57	0	0	2
2014年全部热岛	2791	3985	1580	1013	1288	1823	840	540	1525	1310	3	0	193
2014年强热岛	58	113	47	10	22	75	3	5	0	46	0	0	0

# 四、结果分析—SUHI与社会驱动因子关系

引言  
区域数据  
研究方法  
结果分析  
结论讨论



分析：拟合模型决定系数 $R^2$ 均在**0.9**以上（均达到**0.01**显著水平），显示京津冀城市群**经济规模**、**人口规模**、**用电量**和**建成区面积**与城市热岛有明显的正相关关系，意味着控制人口规模与城市规模、减少能耗可有效缓解热岛效应。

# 五、结论与讨论

## ➤ 结论

- 1、本文建立的较为简便的**SUHI**估算方法能**有效监测**城市群热岛时空变化；
- 2、京津冀城市群**热岛总体比较严重**，最强季节近**5**年平均**SUHI**为**3.0** °C，**RHA**为**7386 km<sup>2</sup>**（占行政区域面积的**5.8%**），其中北京、天津、石家庄和唐山热岛较重；**社会经济驱动因子**显著影响京津冀城市热岛强弱。
- 3、北京和天津之间需建立“绿色生态屏障”，防止形成”**京津区域热岛群**”。

## ➤ 讨论

- 1、**不同气候带**城市热岛很可能呈现与京津冀城市群不一致的时空分布；
- 2、由于白天陆表温度与气温形成原理上的差异，使得由卫星遥感估算的**SUHI**与气象台站观测的**UHI**特征变化**并不具有一致性**，如何统一、协调好两种观测手段来更加合理、准确表达热岛强弱还有待研究。

谢 谢!