

粤港澳气候与健康专题交流会

广州市热环境特征以及基于精细网格 的热舒适指标研究

潘蔚娟

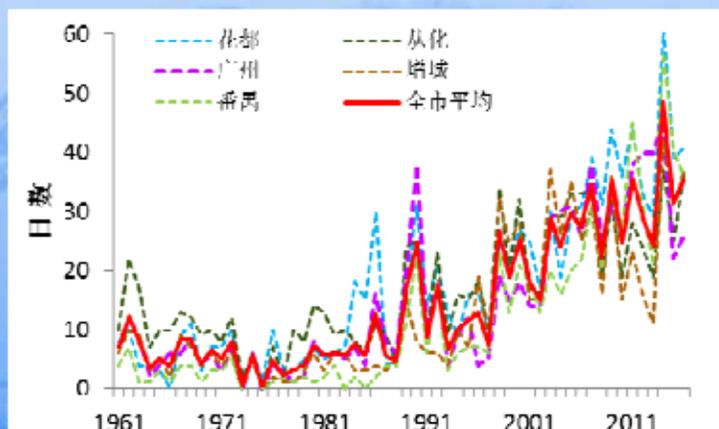
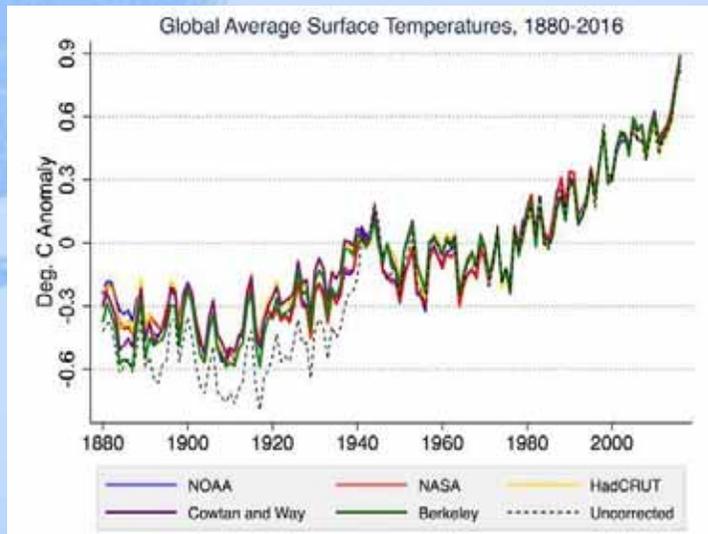
广州市气候与农业气象中心

2018年1月22日，香港

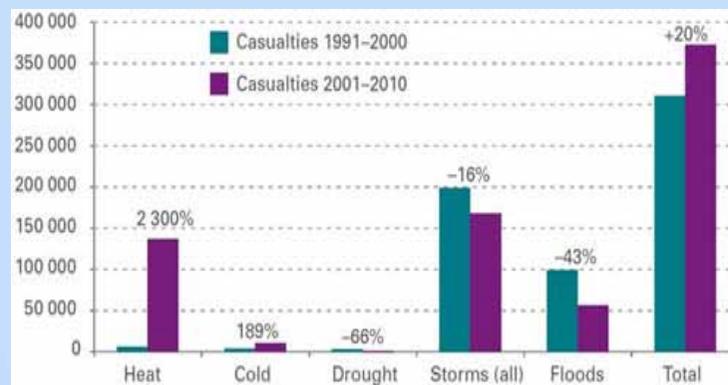
主要内容

- 1 研究意义
- 2 广州市热环境特征
- 3 基于精细网格的热舒适指标
- 4 讨论

1. 研究意义



各类气象灾害造成的死亡率及其增长率
(1991-2000年和2001-2010年)



高温事件的灾害演化链

高温特征

- 强度强
- 频率高
- 持续时间长
- 有明显增多趋势

广州特征

- 建成区建筑密度高，高蓄热体多，通透性差
- 下垫面改变，绿地、林木和水体的减少
- 特大城市，经济、人口集中度高，社会活动多
- 人为热排放多
- 位于珠三角城市群

机体散热困难

热应激反应—中暑、热昏厥以及热浮肿等症状/烦躁心理

心脑血管疾病疾病发病率、超额死亡率增加/工伤事故增加/工作效率降低

制冷降温需求

用水用电增加

供水供电压力、能源需求增加/超出负荷能力断水断电—中暑风险增加/

促进光化学反应

NO_x、VOCs、CO等臭氧前体物在大气中经过一系列复杂的光化学反应生成的二次污染物

臭氧超标，空气质量恶化

热灼伤/热平衡失调/鱼塘水质恶化

植物光合作用、物质输送等机能受影响/禽畜代谢紊乱/鱼塘溶氧量不足

水稻高温逼熟减产，瓜果蔬菜发育不良、林木和果树灼伤/奶牛蛋鸡减产/塘鱼浮头死亡



极端高温

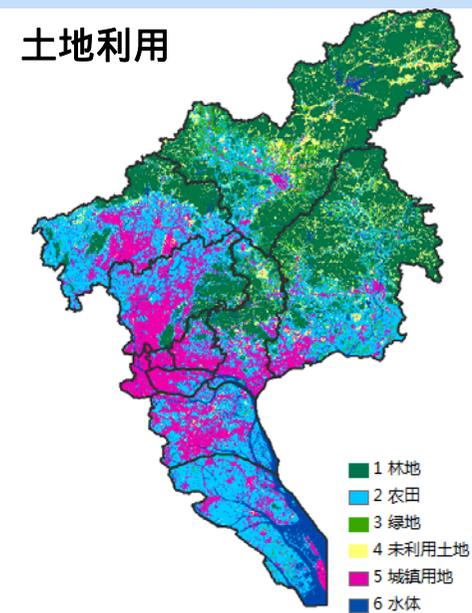
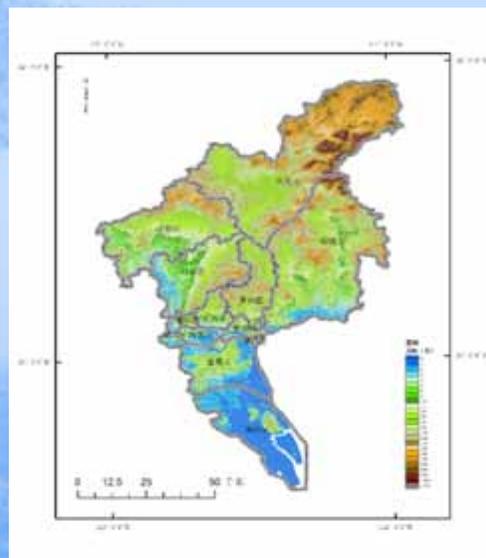


持续时间

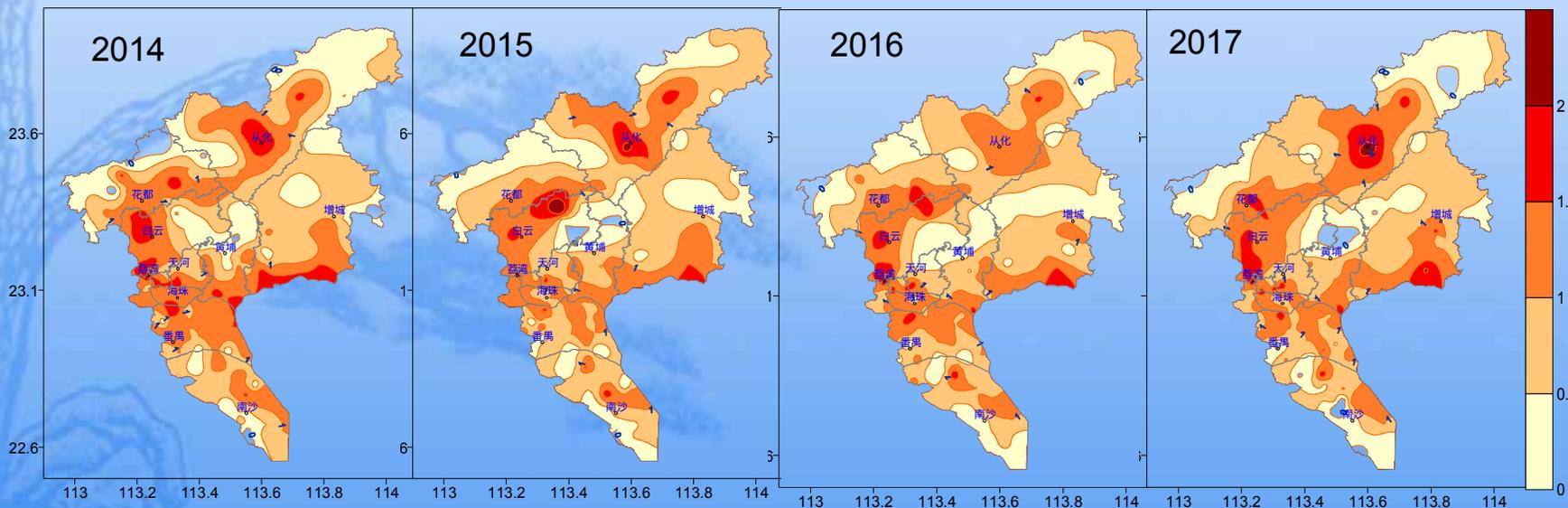
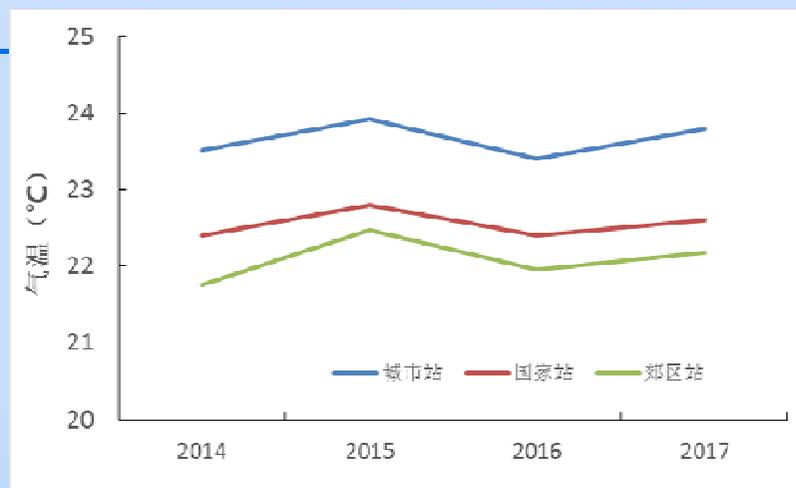
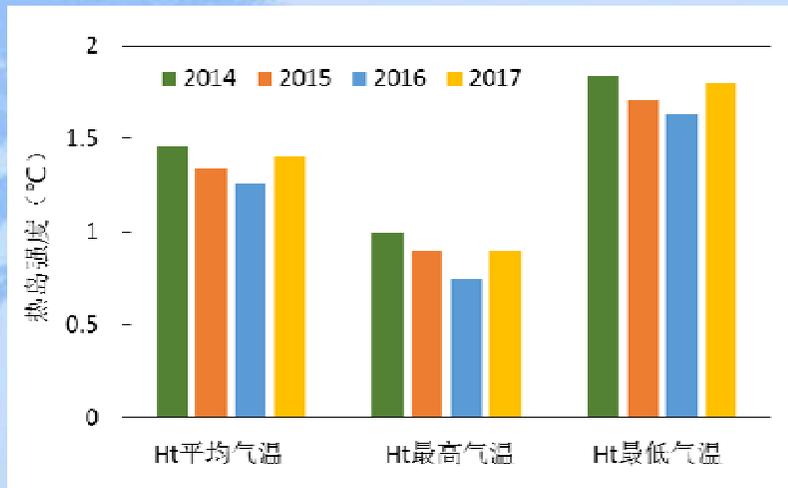


风、相对湿度等其他气象要素

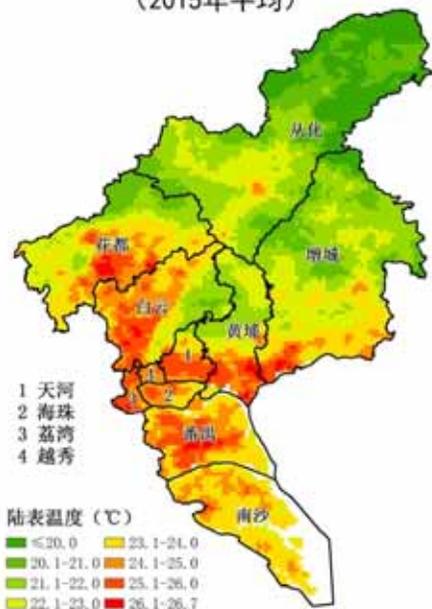
2. 广州热环境特征



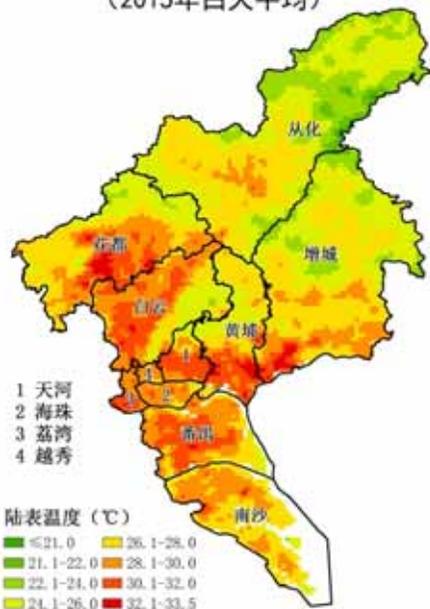
广州市年平均气温热岛强度



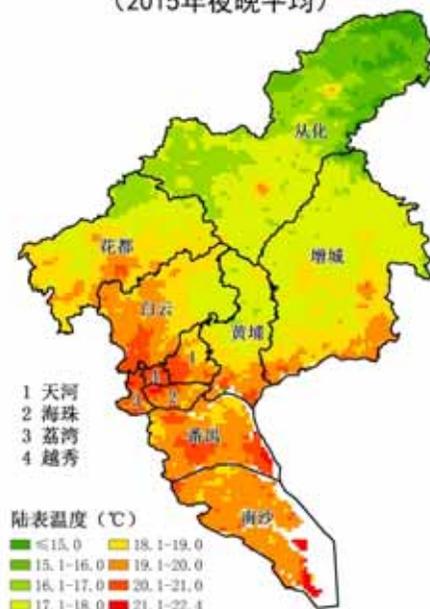
广州地区城市陆表温度遥感监测
(2015年平均)



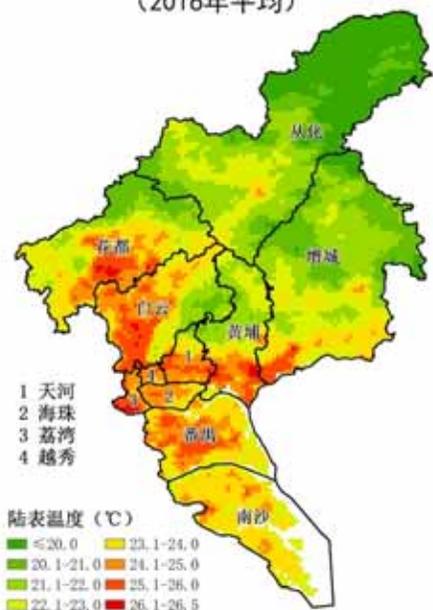
广州地区城市陆表温度遥感监测
(2015年白天平均)



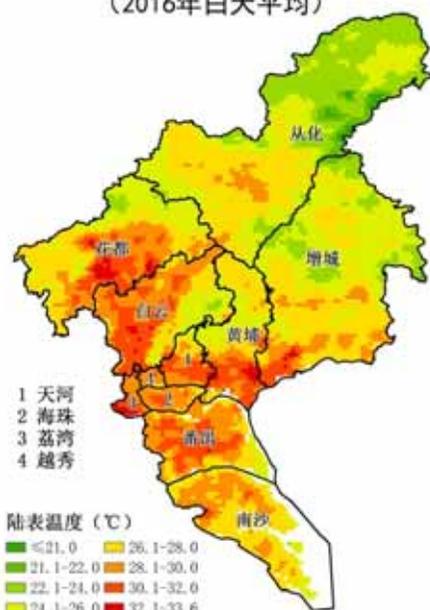
广州地区城市陆表温度遥感监测
(2015年夜晚平均)



广州地区城市陆表温度遥感监测
(2016年平均)



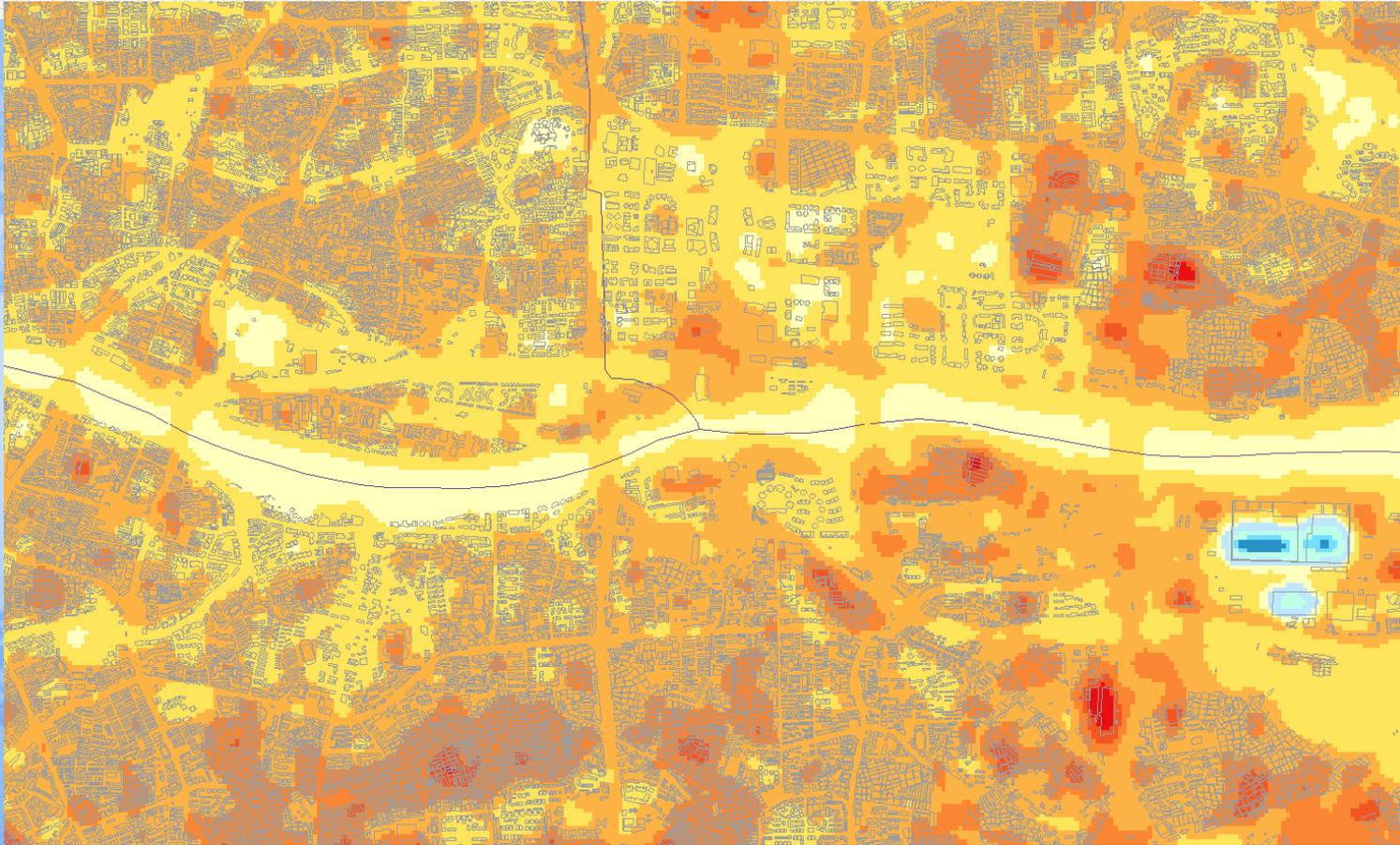
广州地区城市陆表温度遥感监测
(2016年白天平均)



广州地区城市陆表温度遥感监测
(2016年夜晚平均)

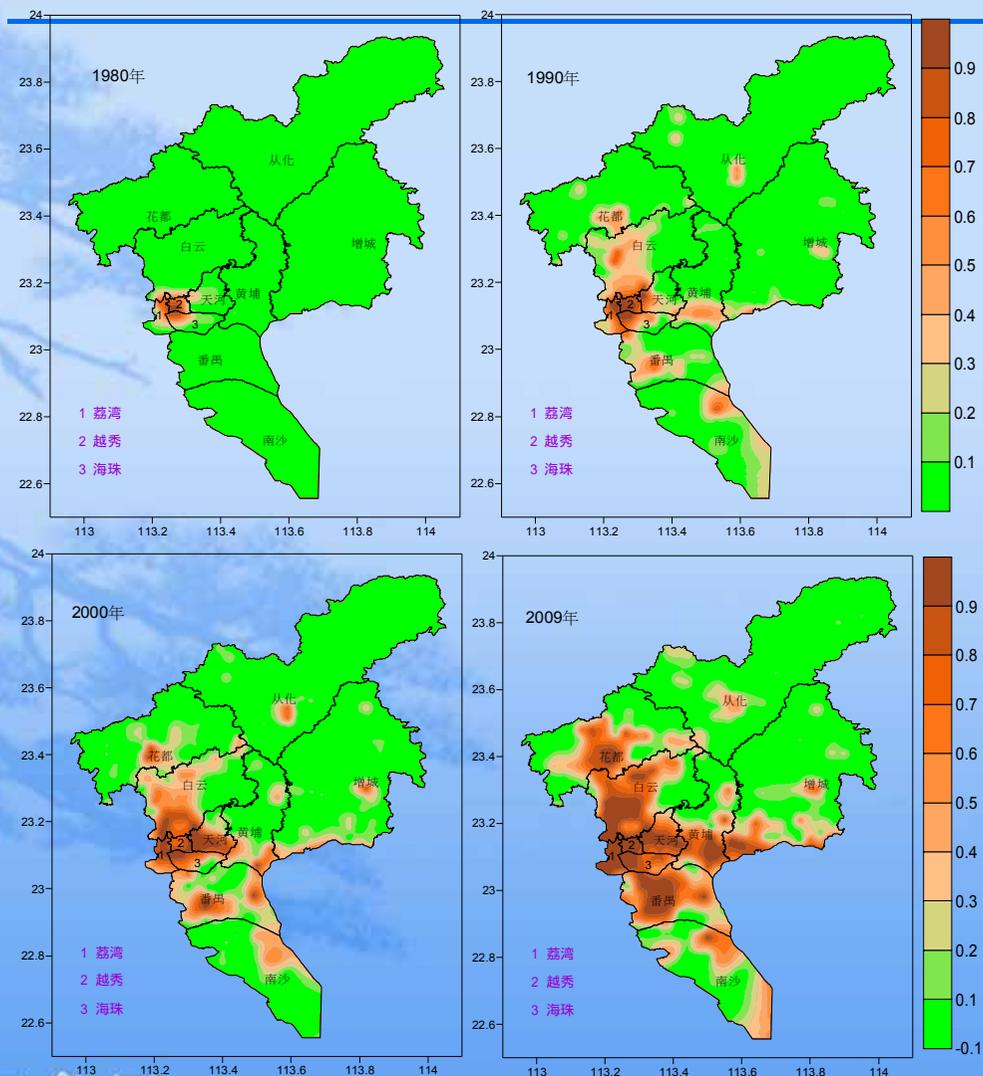


2017年10月23日热环境特征

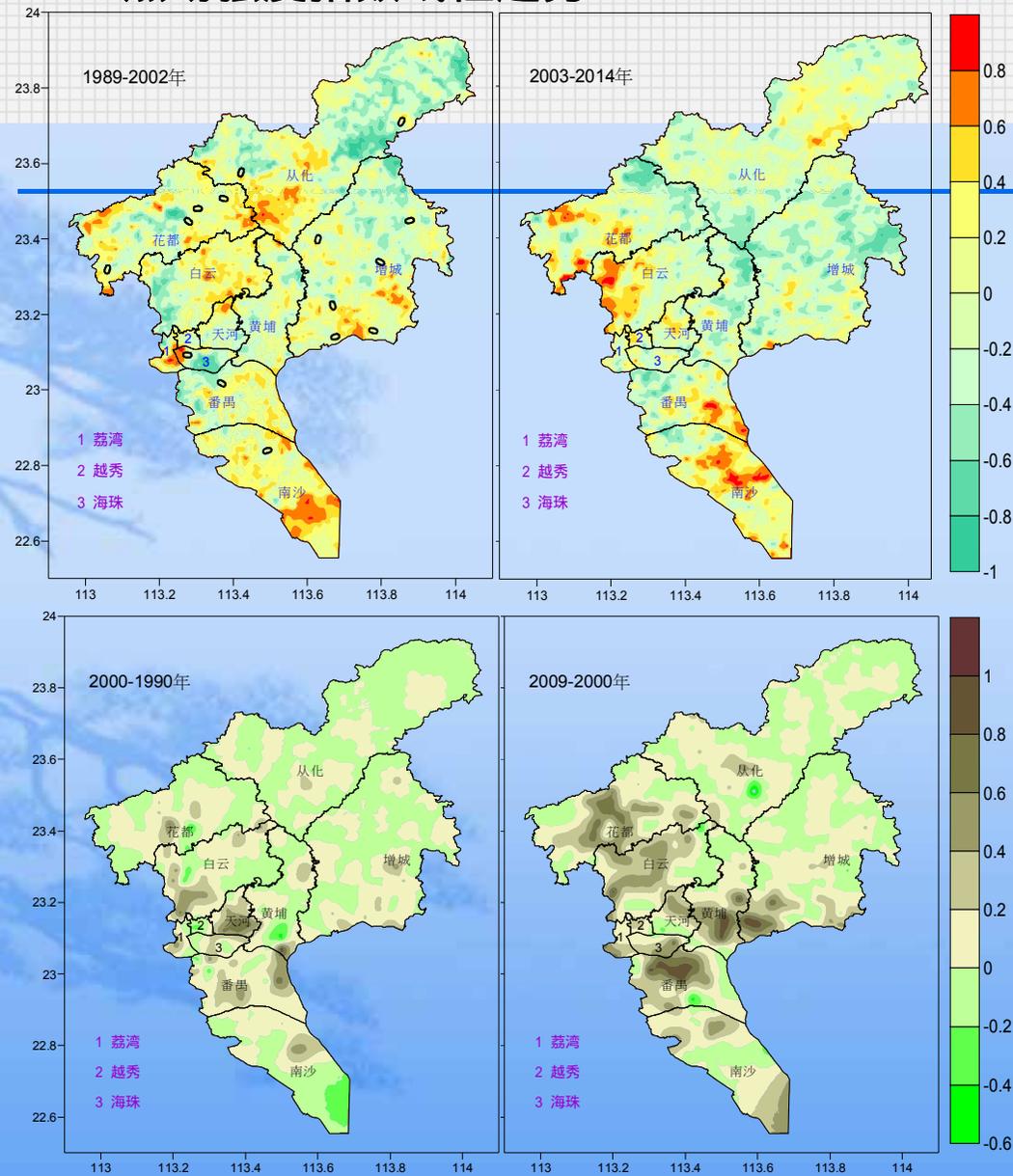


城市化进程影响热环境分布格局

广州市城镇和建设用地覆盖度分布

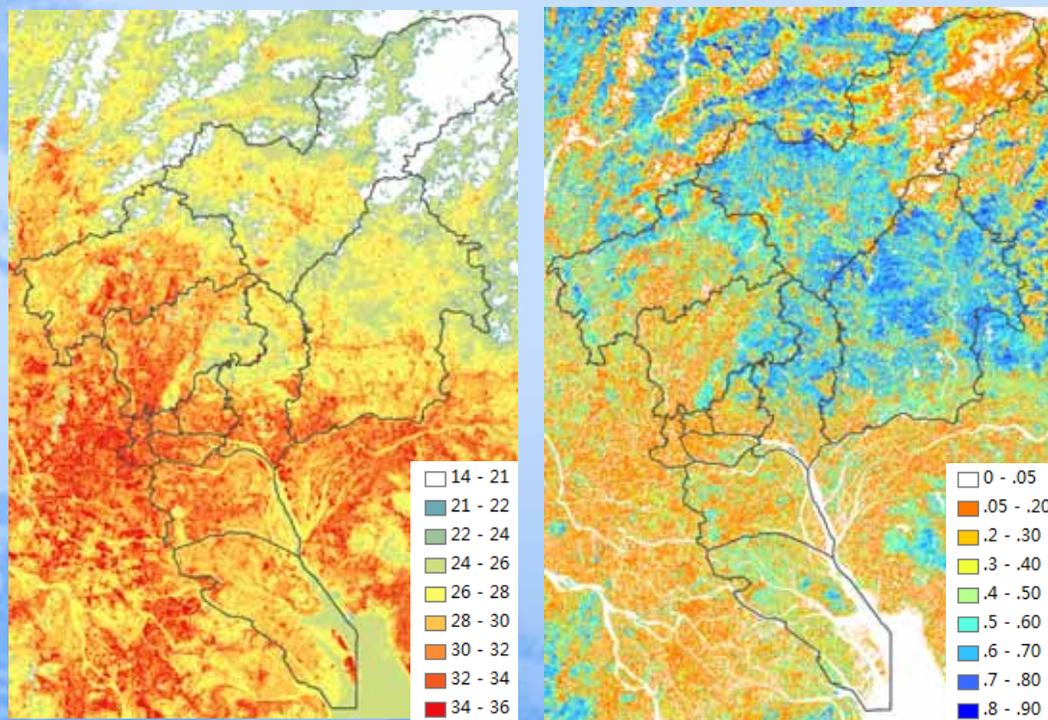


热场强度指数线性趋势



城镇和建设用地覆盖度的变化

2016年9月18日LANDSAT-8卫星遥感监测
地表温度（左，单位： ）和植被覆盖度



（白色区域为云区）

3. 基于精细网格的热舒适指标

炎热指数：（《高温热浪等级》（GB/T 29457-2012）推荐方法）

是热应力的舒适指标，温湿指数的一种表示方法，反映人体在相对湿度与气温共同作用下的实际感受。

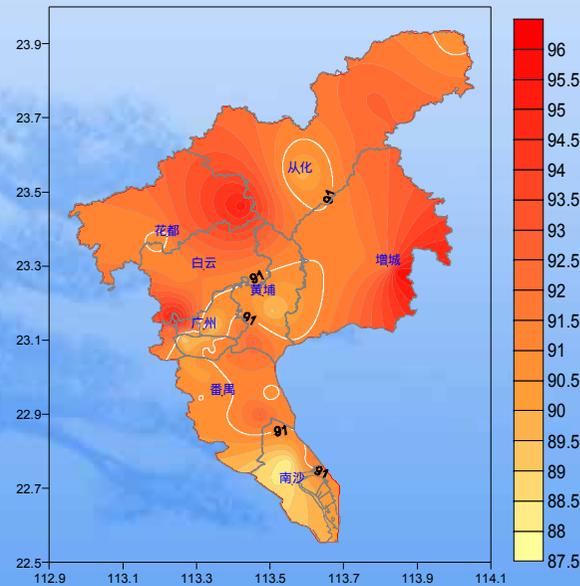
$$It = 1.8 \times T_{\max} - 0.55 \times (1.8 \times T_{\max} - 26) \times (1 - RH) + 32$$

T_{\max} 为日极端最高气温，单位：；RH 为日平均相对湿度，单位：%。

- 利用2001-2016年6-9月的日极端最高气温和日平均相对湿度资料计算逐日炎热指数。
- 对此样本序列进行升序排列。分别取第96，92，87和75分位数作为当地炎热指数的分级阈值。

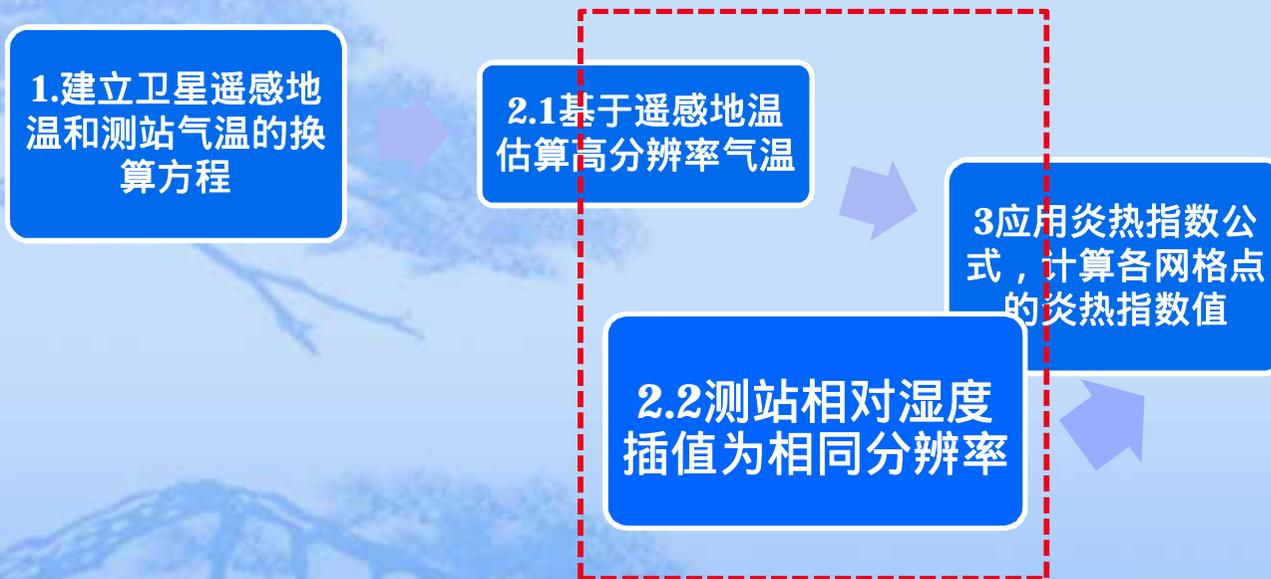
炎热指数等级划分表

| 区域 | 分级标准 | | | |
|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|
| | 热 | 很热 | 炎热 | 酷热 |
| 中心城区 | $89.5 > It \geq 88.7$ | $90.1 > It \geq 89.5$ | $90.7 > It \geq 90.1$ | $It \geq 90.7$ |
| 花都 | $90.4 > It \geq 89.5$ | $90.8 > It \geq 90.4$ | $91.5 > It \geq 90.8$ | $It \geq 91.5$ |
| 增城 | $91.3 > It \geq 90.2$ | $91.9 > It \geq 91.3$ | $92.7 > It \geq 91.9$ | $It \geq 92.7$ |
| 从化 | $91.2 > It \geq 90.1$ | $91.9 > It \geq 91.2$ | $92.7 > It \geq 91.9$ | $It \geq 92.7$ |
| 番禺、南沙 | $90.3 > It \geq 89.5$ | $90.8 > It \geq 90.3$ | $91.5 > It \geq 90.8$ | $It \geq 91.5$ |



2017年7月25-31日平均炎热指数分布

基于精细网格的热舒适指标



卫星遥感数据估算气温方法

- 单因子统计法；
- 多因子统计法（地理位置参数，下垫面类型，湿度，建筑参数）；
- 神经网络法；
- 温度-植被指数法；
- 地表能量平衡法。

单因子回归方法

原理：大气对地面长波辐射吸收能力强，气温的变化主要受到地表温度的热量传递的影响。所以，单因子统计法依据地表温度和气温的高度相关关系，建立遥感反演地表温度与近地表气温的一元线性回归方程。

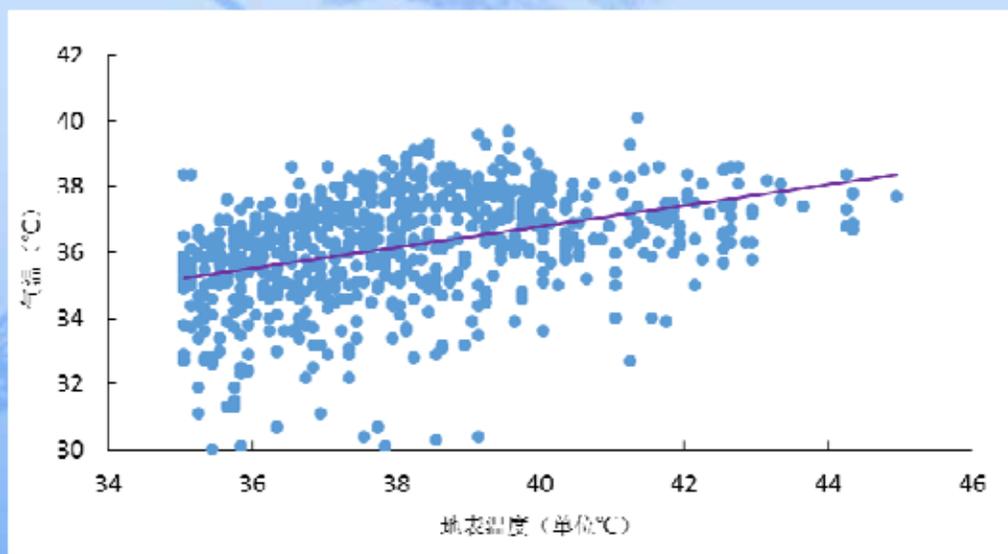
$$T_a = a_0 + a_1 * x$$

式中 T_a 为估算的气温值， x 为地表温度值， a_0 和 a_1 是回归系数。

该方法计算简单，原理清晰，得到了广泛的应用。（Chen 等，Kawashima, Jones等，刘勇洪等）。

地温-气温一元方程

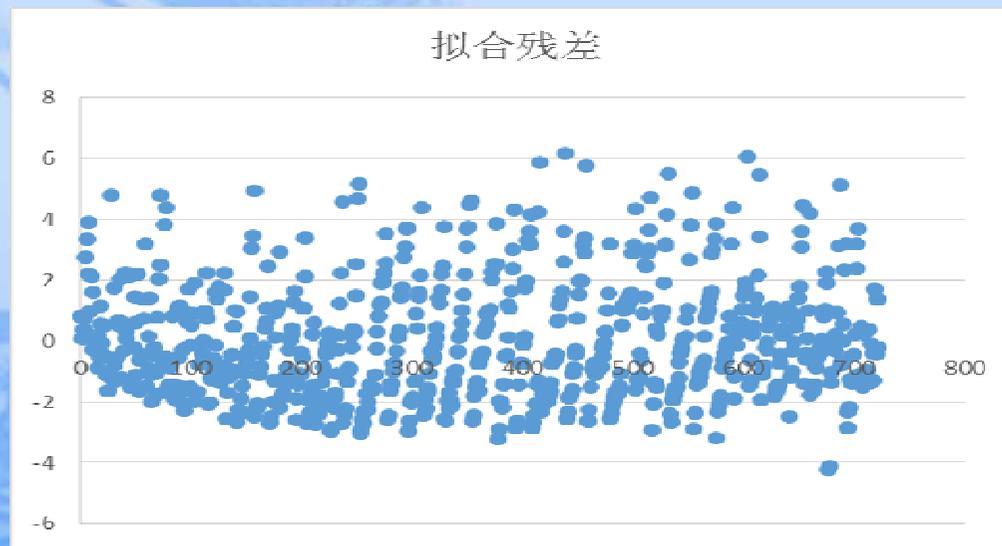
以2017年夏季晴空日FY-3B卫星反演的地表温度和广州市观测站同时次最高气温——对应分别作为自变量和因变量，以晴空日的地表温度 ≥ 35.0 的点作为样本，共得到722个样本点。



2017年6-8月晴空高温日：6月6、11、26-28日，7月11/29/30日，8月6-8、20、21、26日共14日。

气温和遥感地温的一元回归方程

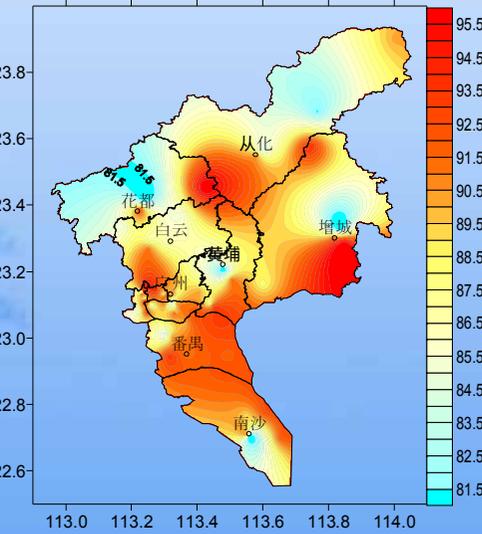
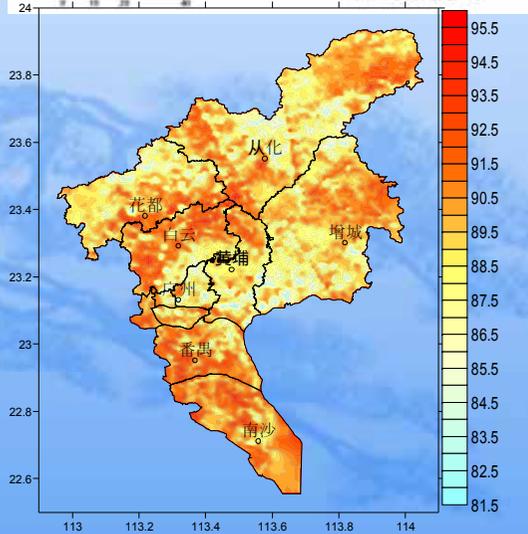
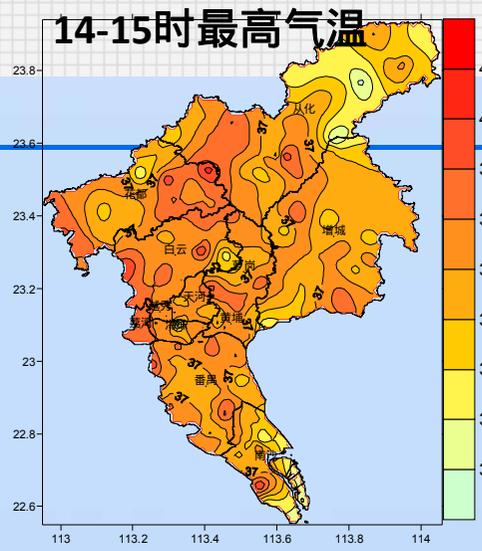
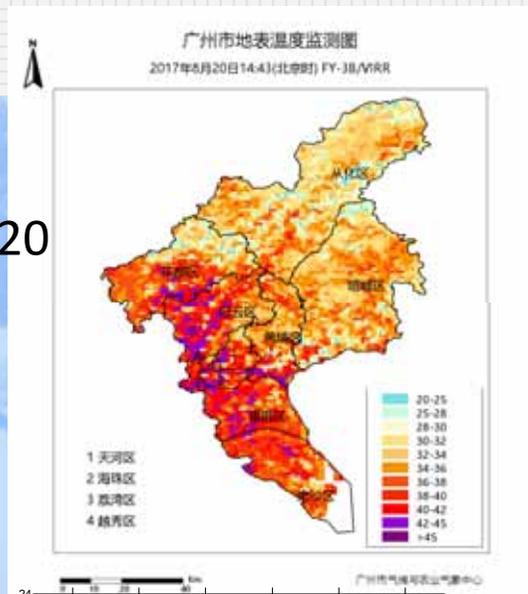
$$T_a = 24.08 + 0.32 * x$$



- ◆ 复相关系数是0.15
- ◆ 标准误差是1.51°C
- ◆ 有84.4%的点（609个点）预测值和观测值误差在2°C以内。

基于精细网格的炎热指数

2017年8月20



炎热指数分布 (左: 基于FY-3地温, 右: 基于气温)

4. 讨论

不足：

- 一元回归过于简单，对不同地理环境/下垫面/天气状况的差异未能表达。
- 南方地区晴空样本太少。
- FY系列卫星自身偏差。
- 炎热指数阈值需要相关健康统计数据验证。

下一步计划：

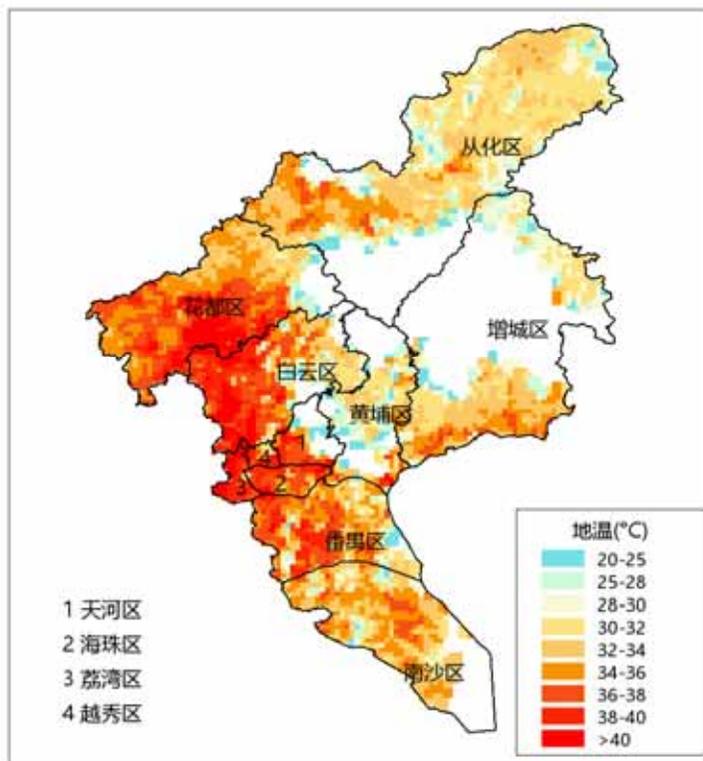
- 根据 NDVI 分布信息对研究区不同下垫面进行分类，结合地表温度分布信息，建立不同下垫面条件下的地温-气温转换模型，最后使用地温-气温转换模型反演气温，并利用气温观测数据对模型精度进行精度验证。
- 利用卫星过境时间相近时刻的气象站点的气温，作为气温的插值点。运用克里金插值法，采用交叉验证的方法，对比三种插值方法对气温插值的精度。
- 基于统计方法的气温反演模型依赖于建模数据所获取的时间和地点，建模时需要有代表性的、足够多的数据样本来提高模型精度，可移植性较差。



Thank You !

广州市地表温度监测图

2017年7月29日15:15(北京时) FY-3B/VIRR



- 1 天河区
- 2 海珠区
- 3 荔湾区
- 4 越秀区

0 10 20 40 Km

广州市气候与农业气象中心