

苏州市城市热岛效应现状 及对策研究

杨金彪



蘇州市氣象局
SUZHOU Meteorological Bureau

目 录

研究背景和主要工作

苏州城市热岛效应现状及影响分析

- 1、热岛效应的划分标准
- 2、主要研究目标和方法
- 3、主要研究数据
- 4、主要观测事实和结论

减弱城市热岛效应的几点建议

- 1、提高城市绿地覆盖率
- 2、提高城市水体覆盖率
- 3、优化绿化结构
- 4、合理规划城市总体布局
- 5、控制城市规模和人口数量

下一步工作



一、研究背景和主要工作



► **城市热岛效应**是城市因其下垫面和人类活动的影响，气温比其周围地区偏高的现象。高温的城区处于低温的郊区包围中，如同大海中的岛屿，人们把这种现象称之为城市热岛效应。

► 近年来，在全球气候变暖的背景下，随着我市城市化、工业化的快速发展，热岛效应有加剧的趋势。热岛效应的加剧，将造成**能源消耗增加，气候环境恶化，影响人体健康**，如果不加控制，会降低城市的宜居程度，给地方经济、社会发展带来不利影响。

SuZhou Meteorological Bureau

2005年市政府下达《苏州市创建国家生态园林城市实施方案》工作任务
2007年建成由5个城市站，2个对比站和1个特零温度站组成的热岛效应观测系统
2008年11月完成首份《苏州夏季城市热岛效应分析报告》
2010年1月正式发布《2004-2009年苏州城市热岛效应分析报告》

干将东路监测点



东山特零层观测站



干将西路监测点



娄葑第一中心小学监测点





二、苏州城市热岛效应现状及影响分析



1 热岛效应的划分标准

城市热岛效应强度(°C)

=城区气温的平均值(°C)-郊区气温的平均值(°C)

- 住建部制定的《城市园林绿化评价标准》(GB/T 50563-2010)指标
城市热岛效应强度(°C) $\leq 2.5^{\circ}\text{C}$
- 气温的平均值采用在6-8月间的气温平均值

(原来的标准为最高气温。2008年7月, 国家生态园林城市创建标准调研组来苏州调研时, 我局在提交的《关于对〈城市园林绿化评价标准〉的探讨》中, 建议采用城乡日平均气温的差值来表征热岛效应强度, 被采纳)

代表城市和郊区的资料

对代表性区域
进行多点观测，
取平均值

采用高精度卫星
遥感资料反演地
面温度，用地面
观测资料修正后
进行归一化处理。

主要研究目标和方法

研究目标

通过对历史资料的分析，研究苏州城市热岛的现状、特征及变化规律

通过对特零观测资料的分析，研究不同下垫面上温度的差异

通过调查苏州城市热源分布和数值模拟，确定人为热源、气象条件、下垫面性质在热岛效应中的贡献

通过对高精度卫星遥感资料与地面观测资料的对比分析，揭示城市热岛现象的宏观分布并数值化

定期向政府领导及政府相关部门提供热岛效应的客观评估，为控制热岛效应提供建议。

主要研究方法：观测资料对比法，卫星遥感分析法和数值模拟法。

3

主要研究数据

(1) 气温观测资料

年 份	市区代表站	郊区代表站
2004年	苏州	东 山
2005年	苏州	东山、相城、镇湖
2006年	苏州、苏州乐园	东山、望虞河、相城、 镇湖、黄埭
2007 ~2010年	苏州、苏州乐园、相门、学士街口、市实 小、娄葑一小、长桥街道	东山、望虞河、相城、 镇湖、黄埭

(2) 卫星资料

美国LANDSET 5/TM高精度资源卫星遥感资料，分辨率25米。

(3) 数值模拟数据和模式

使用数据：气候背景、工业能耗、居民能耗、交通能耗

数值模式：三维非静力区域边界层数值模式（NJU—RBLM）。

4

主要观测事实和结论

(1) 地面观测资料对比分析得到的事实和结论

1) 近20年以来,太湖地区的温度偏高的特征转变为以苏州城区为高温中心的分布,表明苏州城市热岛效应的显现。

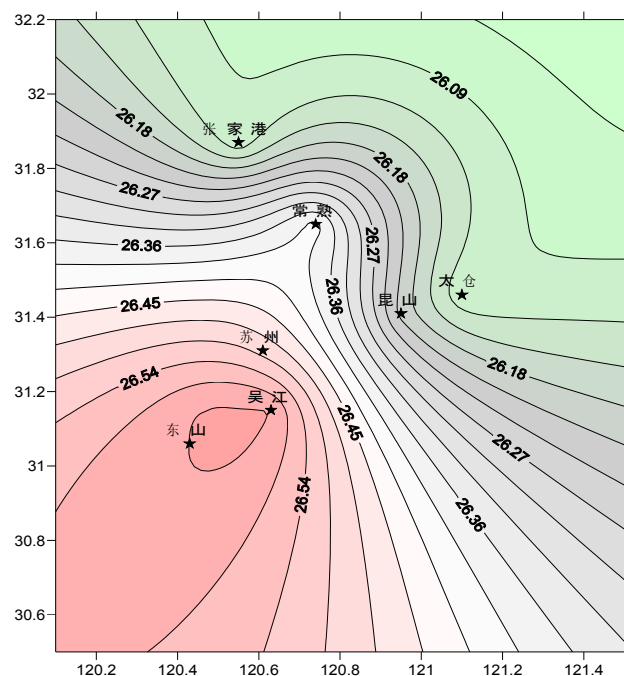


图: 1961~1990年夏季气温分布以环太湖地区为高值区向沿江方向逐渐递减—弧状分布, 东山比张家港高0.6°C。

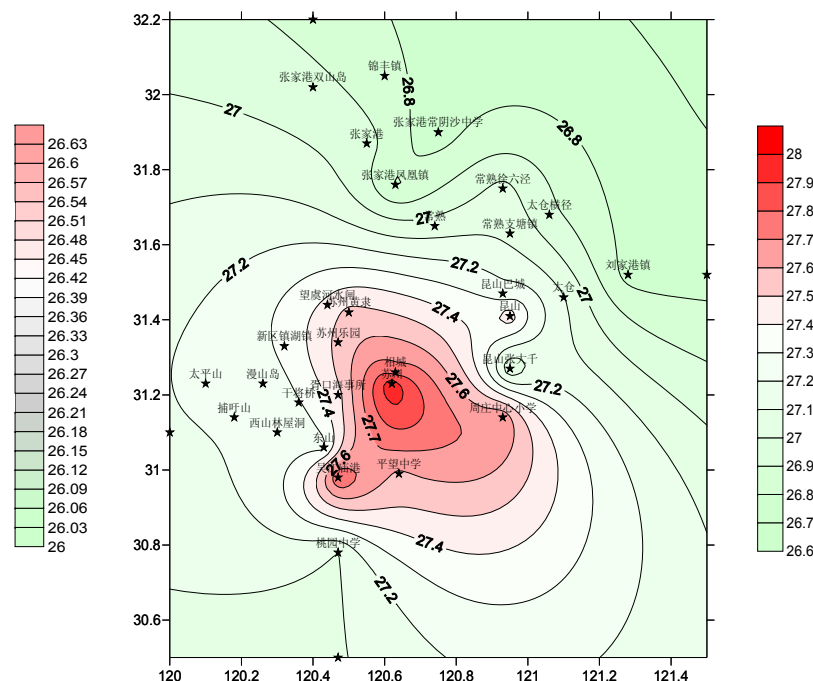
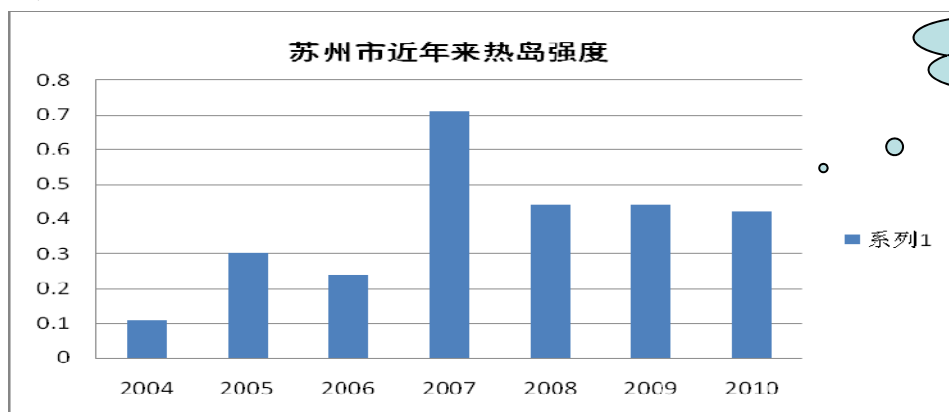


图: 2007至2009年夏季气温分布出现了多个高值中心, 高值区主体在吴中区—城区—相城南部一带, 呈西北-东南走向。

2) 近年来苏州热岛效应强度的年际分布

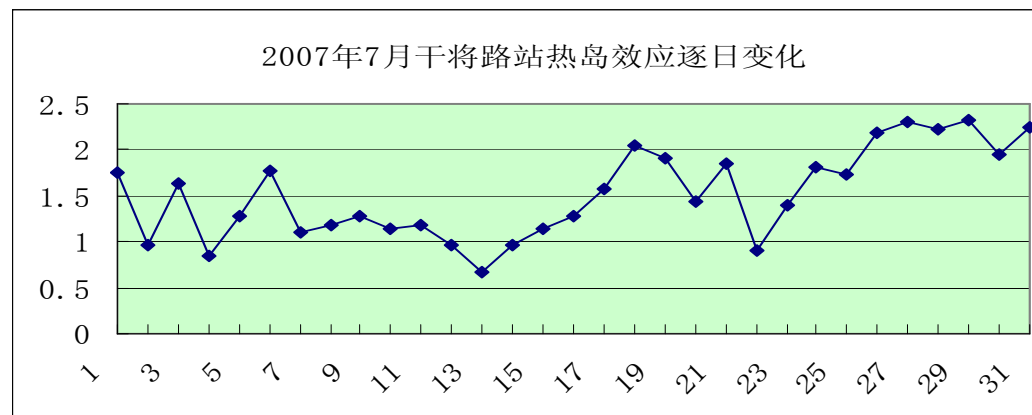
采用住建部《标准》，使用地面资料开展研究。苏州城市热岛效应强度年际不大。2004-2010年中最强的2007年为 0.71°C ，最弱的是2004年为 0.11°C ，7年平均为 0.38°C ，明显低于 2.5°C 的标准，



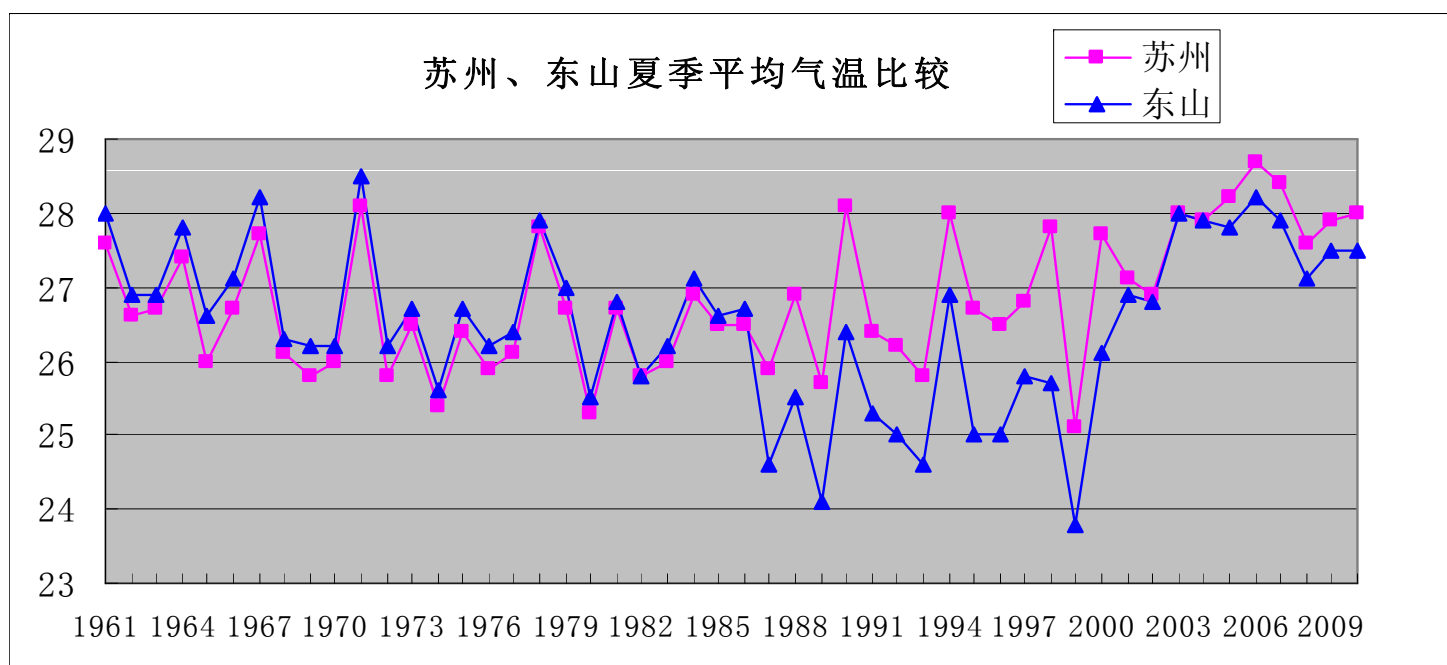
此数据为官方结论

需要指出的是：苏州城市热岛强度明显偏低，主要使用不同代表区域站点6—8月气温的平均值，因而差异较小，如果使用特定区域、时间的资料则情况大不同。

以干将路站为例，2007年夏季7月份平均热岛强度达 1.52°C ，最大热岛强度达 2.3°C ，见右图。



- 3) 近年来苏州热岛效应强度有所降低，并不意味着热岛效应的改善，相反意味着热岛向乡村扩展。

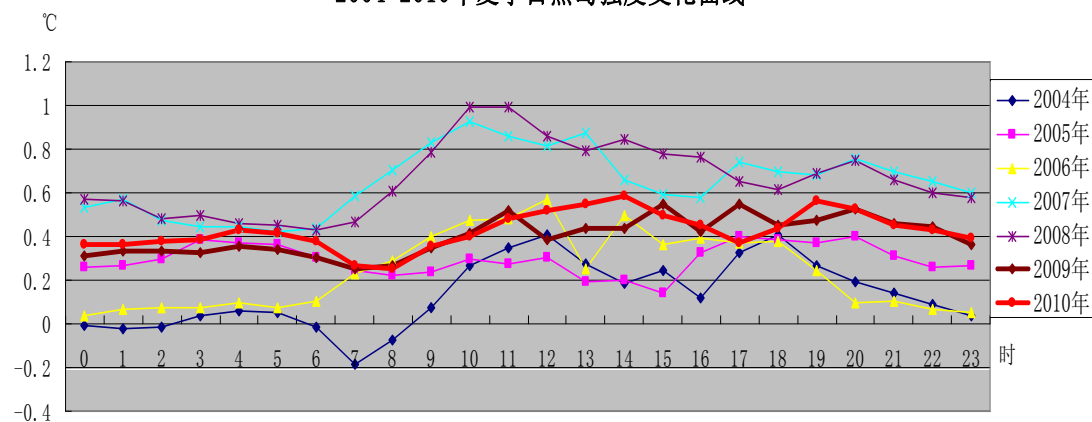


比较苏州东山的气温可见，1987年前城乡温差明显，1987—2000年苏州明显高于东山，2001年起两者差距再次缩小，但温度居于高位。说明，近年来苏州热岛效应强度不高，是由于郊区温度的上升更快的结果，并不代表热岛效应的改善，而是意味着城乡大热岛的形成，热岛效应出现新的特点。

4) 苏州热岛效应强度的日变化

苏州热岛效应呈现明显的峰值状分布特征，热岛效应强度白天均要明显高于夜间。

2004-2010年夏季日热岛强度变化曲线



5) 逐时热岛效应强度级别分布情况

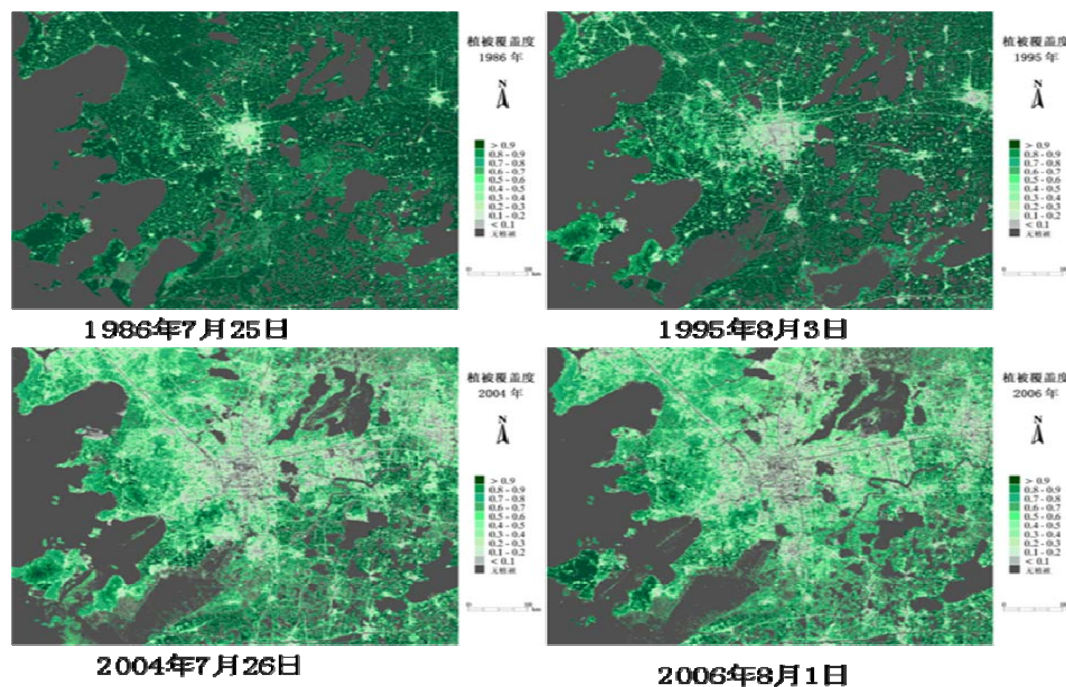
	<-0.5	-0.5-0.5	0.5-1.5	1.5-2.5	2.5-3.5
2006	6.13	61.68	29.08	2.70	0.41
2007	3.75	59.48	29.30	6.36	1.11
2008	8.56	65.71	22.71	2.61	0.41
2009	2.88	61.95	31.00	3.94	0.23
2010	4.03	61.45	29.90	4.12	0.50

由表分析可见，63%以上时次热岛强度小于0.5 °C，20-30%时次热岛强度在0.5-1.5 °C间，3-7%的时次热岛强度大于1.5 °C

(2) 由卫星遥感分析得到的事实和结论

▶ 通过对购入的美国**Landsat 5/TM卫星**的高精度（分辨率**25米**）遥感影像资料（**1986年、1995年、2004年和2006年**），进行地面温度反演订正，开展**土地类型、植被分布、地面温度**差值处理，分析城市化进程及对地表温度的影响，进而分析热岛效应的演变情况。

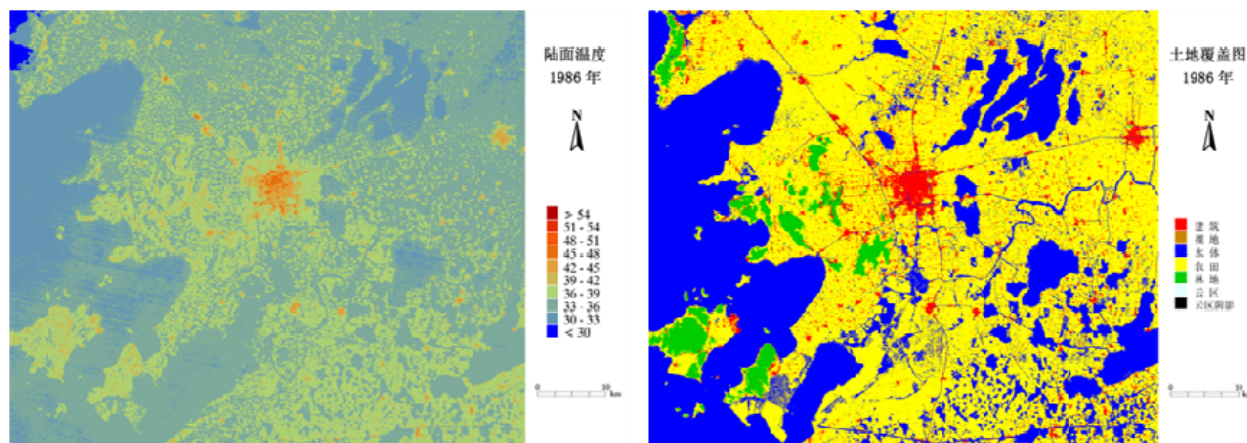
从**1986年到2006年**苏州
城乡植被覆盖率下降十分
明显



植被覆盖度指数空间分布图（中心区域：苏州城区）

Su Zhou Meteorological Bureau

►不同时期土地覆盖率和地表温度的对比



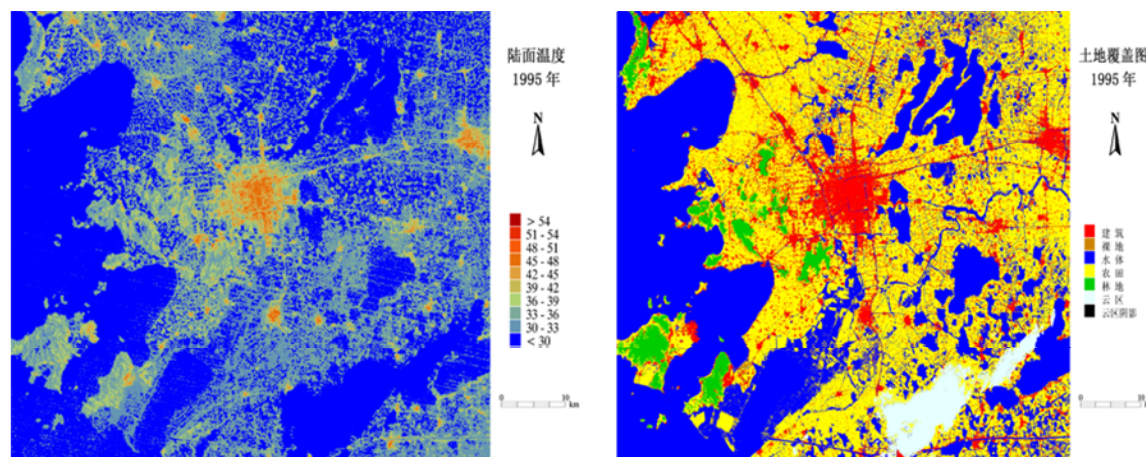
1986年7月25日

1986年

城市范围小, 地温高值区以苏州老城区为主, 城区的地表温值也不很高, 一般在48-54°C, 热岛效应范围比较小。

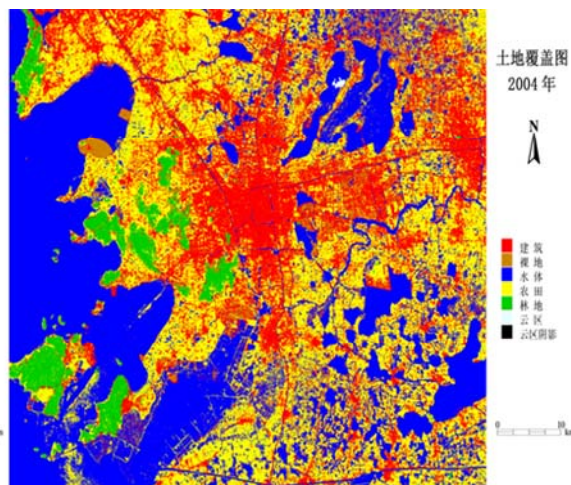
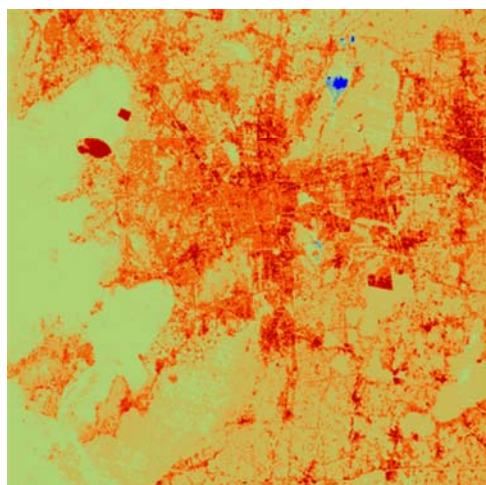
1995年

地表温度高值区范围与1986年相比有所增加, 以老城区为中心向四周扩展, 城市热岛效应范围开始扩大, 有些乡镇上形成了小范围的地表温度高值区。



1995年8月3日

Su Zhou Meteorological Bureau



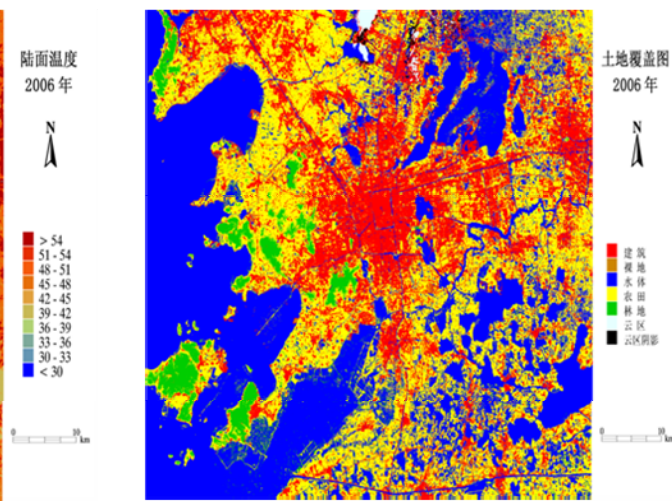
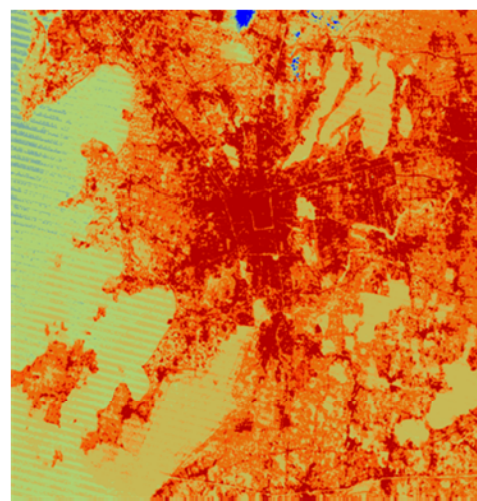
2004年

土地利用状况发生根本性变化，地表温度超过48°C的范围成数倍增加范围数倍增加，很多区域地表温度超过54°C，整体上貌似一个“大热岛”。

2004年7月26日

2006年

苏州地区的地温分布趋势与2004年基本一致，但整体地表温度高于2004年。超过54°C的范围几乎覆盖了整个城区及近郊，同时延及昆山、吴中、吴江及吴江北部地区。



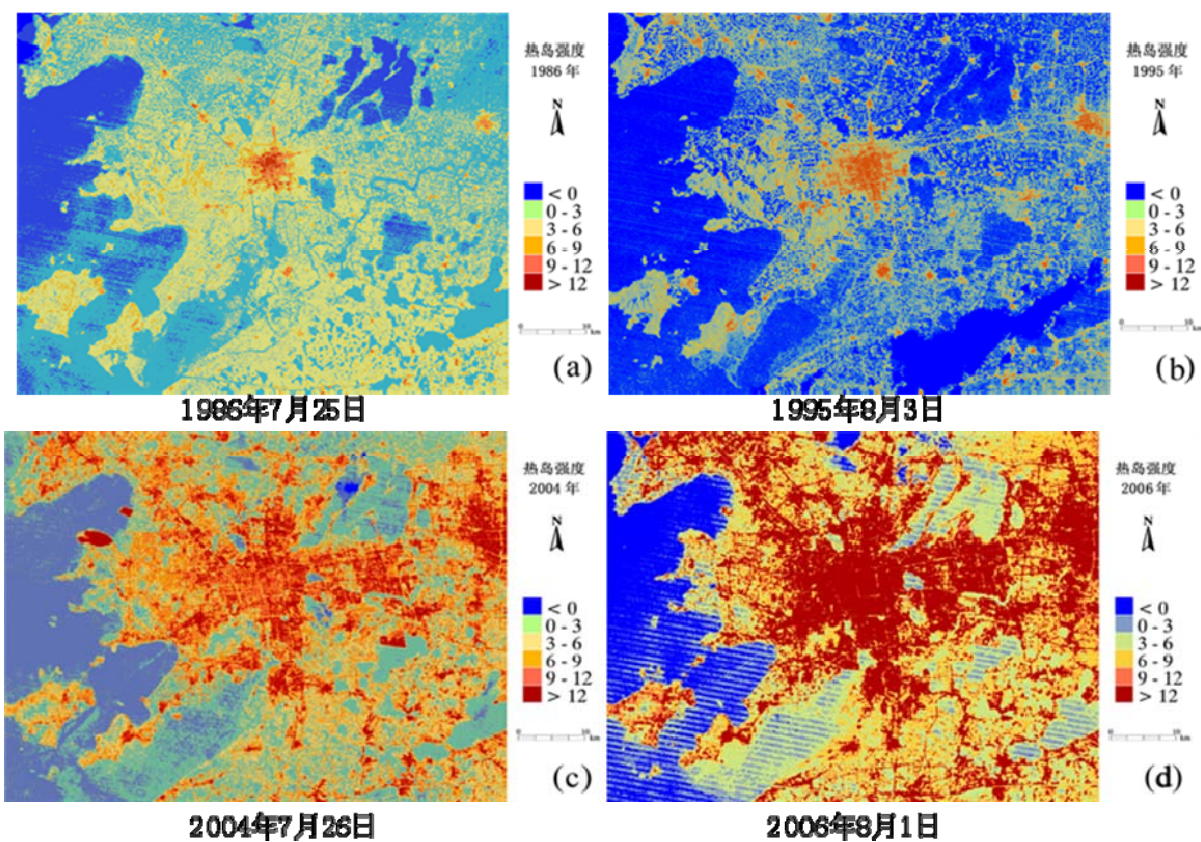
2006年8月1日

以上可见，城市扩张使得苏州植被覆盖率明显下降、城市地表温度的升高，高温范围扩大。

随着建设开发强度加大，高温区向城郊迅速扩展，造成了城乡温度差异变小，热岛效应强度反而下降了。

3) 基于卫星遥感的城市热岛指数分析

卫星遥感反演的地面温度，经过与实测资料订正后，将同期太湖平均温度作为本底温度，以不同网格点上的陆地地表温度与太湖湖体温度差作为地温距平，也能用来表征城市热岛效应的分布情况（注：卫星反演的是地表温度）。

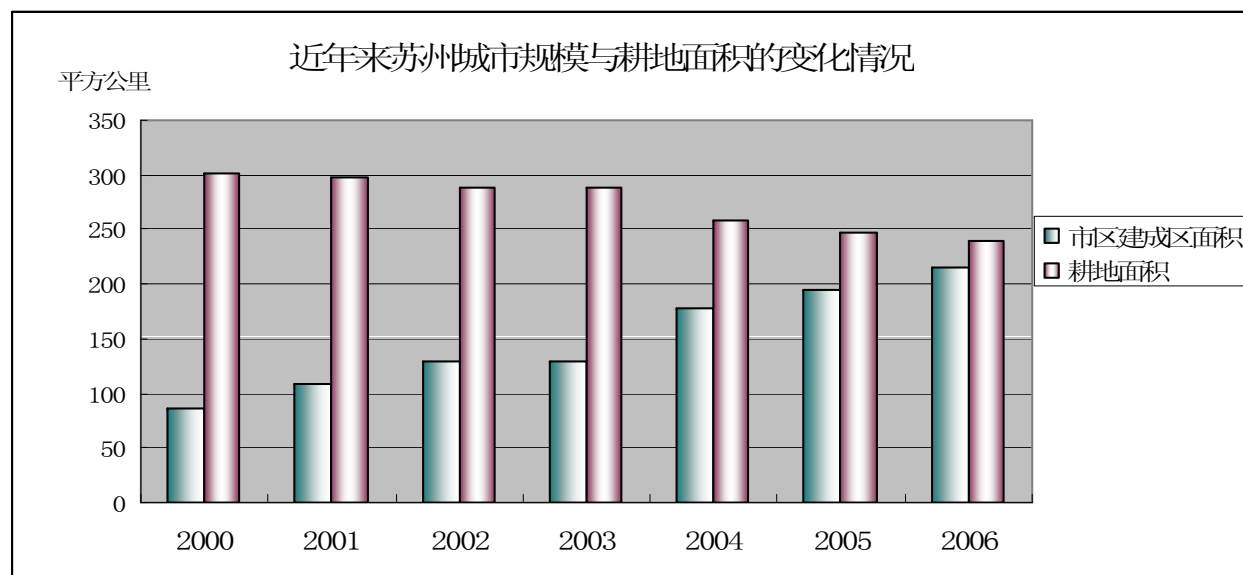


将地温距平按照下表分为6级，并将最高两个等级的面积比例之和定义为热岛分布指数。得到1986年、1995年、2004年和2006年的热岛分布指数分别为：4.87%、11.10%、37.87%和36.94%。

热岛强度	1级	2级	3级	4级	5级	6级
相对温度 (℃)	<0	0~3	3~6	6~9	9~12	>12

以上分析说明苏州区域整体的热岛效应在不断增强。研究还表明，对于苏州这种城市化程度较高、城乡温差不明显的地区，使用《城市园林绿化评价标准》列出的热岛效应强度指标，难以客观反映城市热岛的真实情况。

事实上，城乡区域温度的整体上升造成的负面影响，比单一的城市热岛现象更加不乐观。



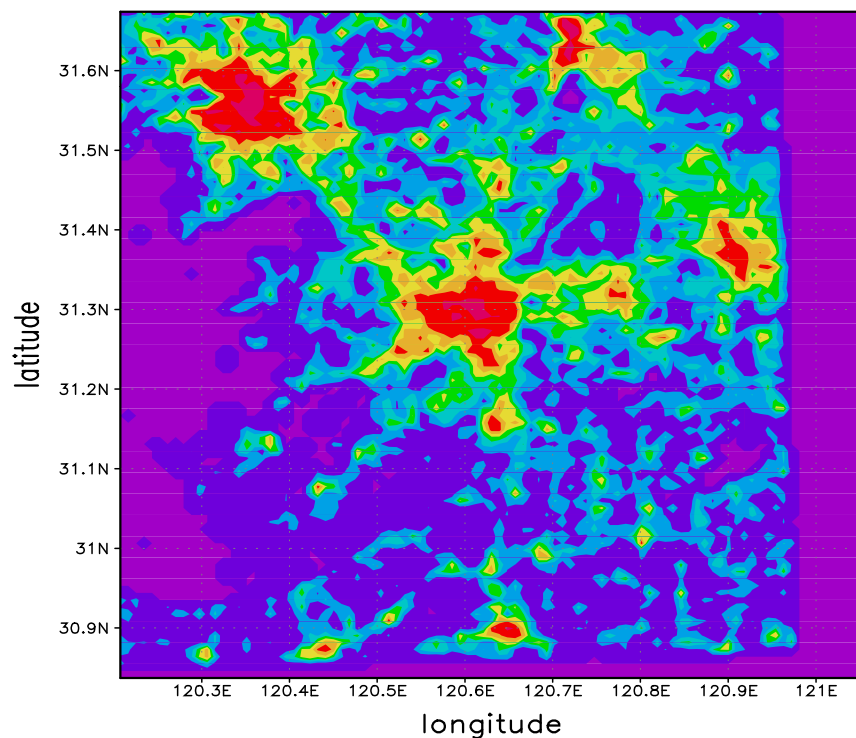
苏州建城区规模与耕地面积的变化

资料来源：市统计年表

2) 城市化对热岛效应的影响

通过数值模拟，得到1986年下垫面对苏州城市热岛的贡献为 0.44°C ，1995年为 0.73°C ，2006年为 1.36°C 。证明下垫面的类型是造成热岛效应的重要因素。

3) 人为热排放对热岛效应的影响



模拟08:00 苏州人为热排放分布 (单位: W/m^2)

城市人口密集、工业发达是造成城市热量集中的重要原因。我们通过对工业能耗、居民能耗、交通能耗的测算得到人为热排放总量，除以城市面积可以得到城市地区的日平均人为热通量密度32瓦/平方米。

按目前人为热的排放水平，热岛强度增加 $0.13\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，对热岛强度的贡献率为8.9%；如果排放水平增加一倍，则热岛强度增加 $0.32\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，对热岛强度的贡献率增加到21%。

4) 不同气象条件对城市热岛的影响

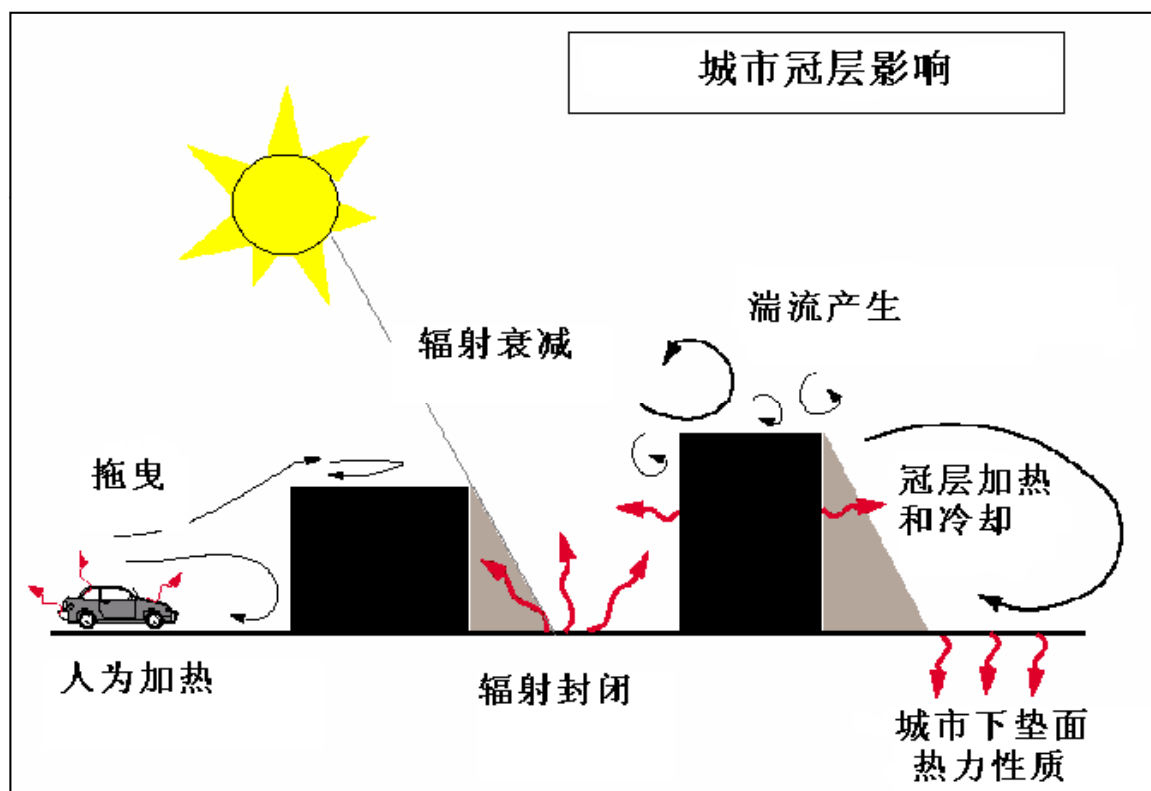
风速	→ 发生较强热岛 ($\geq 1.5^{\circ}\text{C}$) 时, 风速一般较小。
风向	→ 区域风向一致时, 热岛效应不明显; 风向乱时, 热岛效应强。
气温	→ 大于 0.5°C 的热岛基本都出现在温度较高的时期。
云量	→ 云量较多时, 较容易出现大于 0.5°C 以上热岛。

以上从数值模拟结果可以看出, 首先城市化引起的下垫面性质改变对热岛效应造成的影响最大; 其次, 城市人口增多, 热排放增加也是城市热岛强度增强的重要原因; 不同气象条件下, 热岛效应强度会相差较大。

由此可以看出, **改善下垫面性质是减弱热岛效应最重要的手段。**

5

影响热岛效应的其他因素



(1) 研究表明，城区密集的建筑群、纵横的道路桥梁，构成较为粗糙的城市下垫层、因而对风的阻力增大，风速减低，热量不易散失，增强热岛效应。

(2) 城市中的机动车、工业生产以及居民生活，产生了大量的烟尘、 SO_2 、 NO_x 、CO等排放物，致使城市大气吸收较多的红外辐射，产生温室效应，从而引起大气进一步升温。

有研究表明：空气中的水汽、温室气体、灰霾气溶胶的大量存在，形成了近地保温层，使得空气温度上升，并趋于均匀化。可能是我市城乡温度差异不大的重要原因。需进一步开展研究。

城市热岛效应又加剧了夏季的酷热，增加了制冷能耗，反过来又增强了热岛效应，形成恶性循环。2003—2010年，我市连续8年高温日数超过或接近20天，为前40年总和的2倍。2010年有4天最高温度超过 39°C ，并创历史极值。

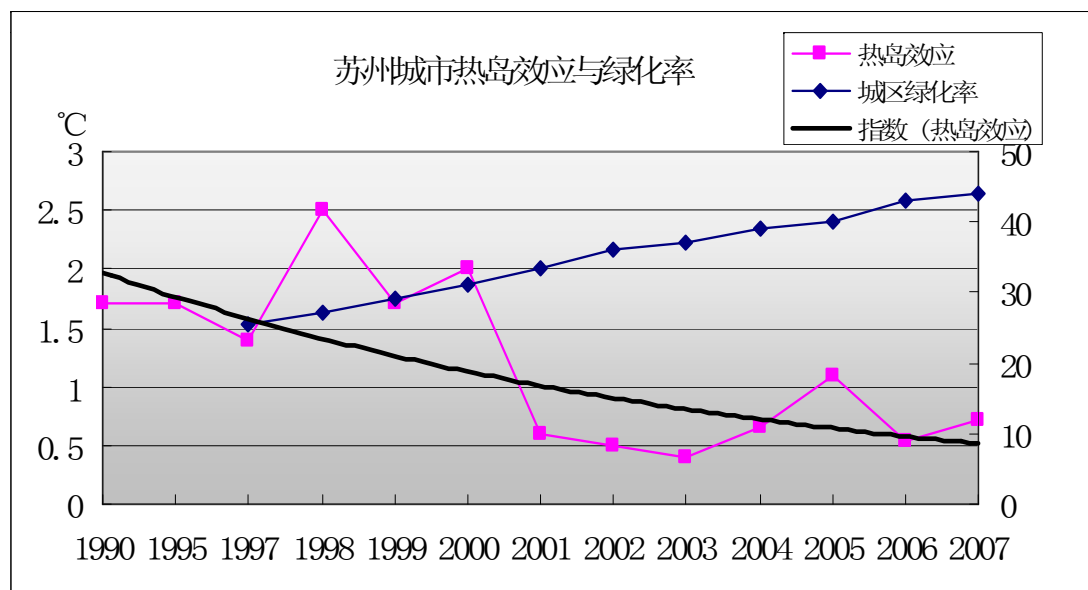


三、减弱城市热岛效应的几点建议



1、提高城市绿地覆盖率

提高城市绿化率是减轻城市热岛强度最有效的途径之一。绿化具有遮阳蔽荫、蒸发蒸腾、降低低热容量和对太阳热的吸收率的作用。研究表明，当一个地区绿化覆盖率超过30%时，**绿地**对热岛有明显的削弱作用，当绿化覆盖率大于50%，绿地对热岛的削弱作用极其明显。

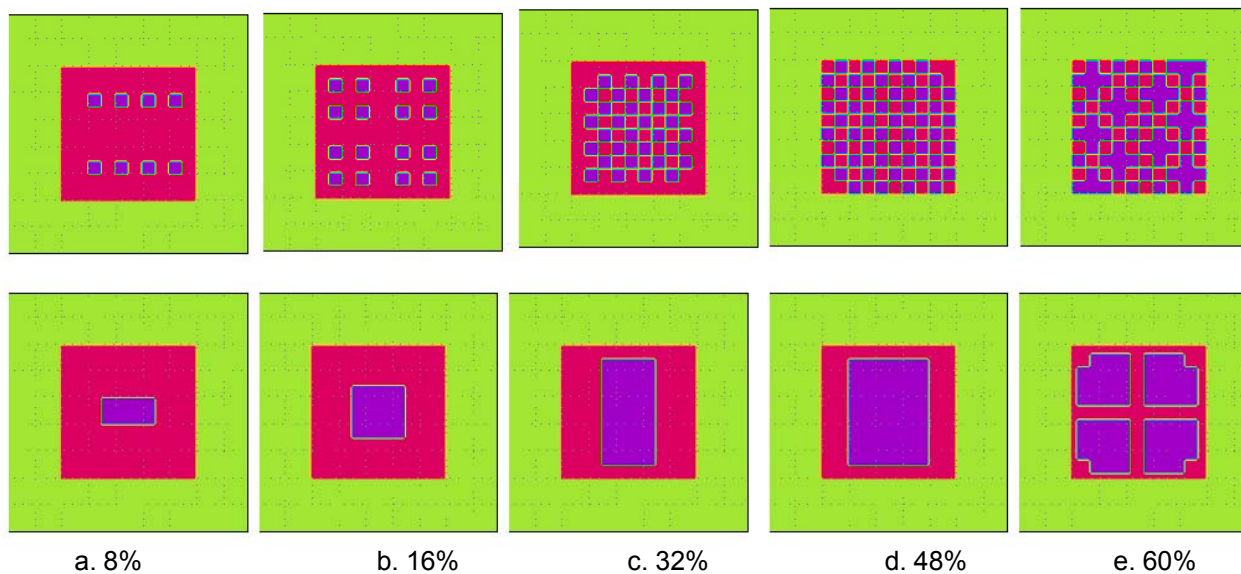


使用《苏州统计年鉴》中历年苏州城市绿化率资料与热岛效应强度的对比，可以看到，绿化率**>33 %**时，热岛效应明显下降。**提高城市绿化率还需要努力！**

2、提高城市水体覆盖率

水体、湿地特别是大型水体对调节城市区域气候极为重要。由于大型水体的热容量大，在气温升高时成为冷源；同时水体蒸发，带走潜热，有调节、降低城市温度的良好作用。

3、优化绿化结构



图、不同的城市绿地布局方案

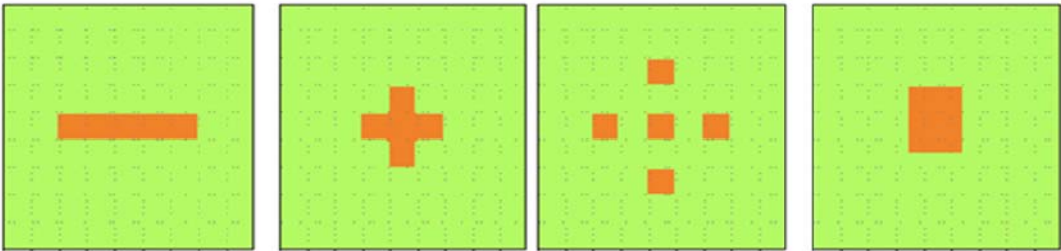
在规划城市绿化时,考虑植物配置和形态分布。**乔灌草复层种植结构**的绿地降温效果最好（其降温效益是单纯草地的2.6倍），其次为乔草型和灌草型绿地，草坪型的最低。

4、合理规划城市总体布局

在所有对城市气候环境起制约作用的城市规划要素中，城市的总体布局是一个最重要的制约因子。

(1) 城市建筑形态

对不同的城市建筑形态下热岛效应进行数值模拟。



a. 带状 b. 十字状 c. 组团 d. 点状集中式
城市总体布局理想控制数值试验方案（红色为城市区域，绿色为农田）

得到不同方案下的热岛强度

	带状	十字状	组团状	点状集中式
热岛强度	1.72	1.77	1.56	1.81

表、不同城市总体布局的夏季城市热岛强度（℃）

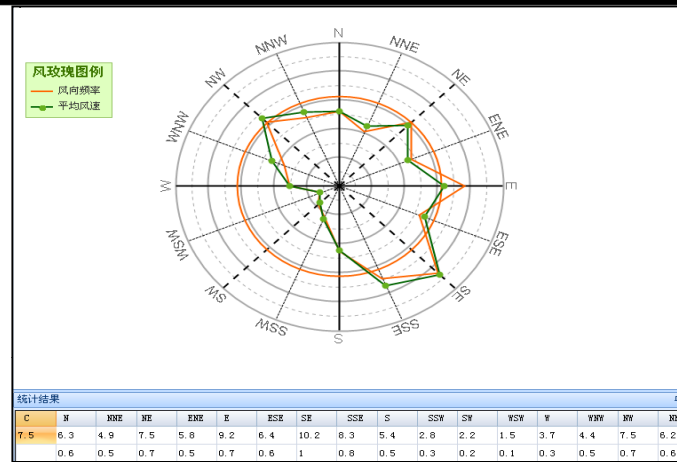
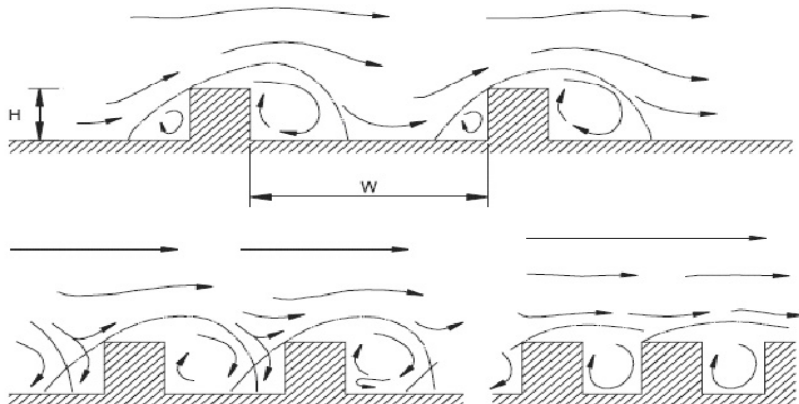
从城市热岛强度来看，组团状的城市热岛强度是所有方案中最小的，组团状布局方式对于调节夏季高温、改善城市气候有着非常明显的作用。

Su Zhou Meteorological Bureau

(2) 设置城市通风走廊

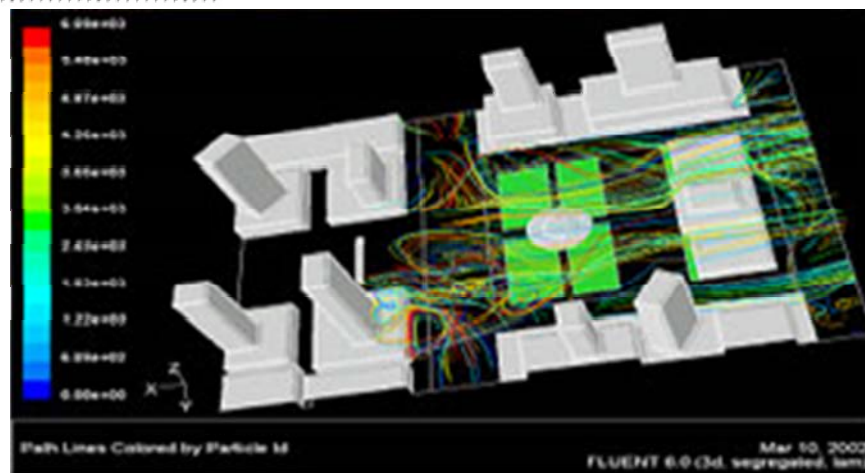
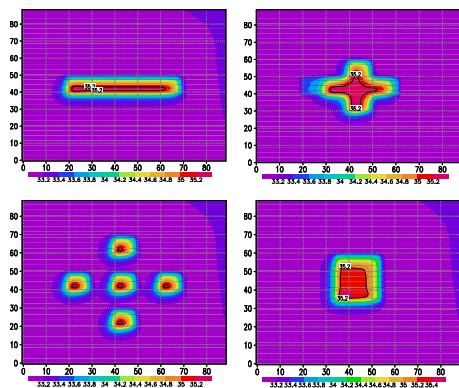
城市规划中，根据主导风向（见右风玫瑰图）设置**城市通风走廊**，在生态走廊中限定建筑密度和平均高度，提高绿化覆盖率，改善城市通风效果；有利于减轻热岛效应和大气污染。

(3) 城市街谷形态控制



对于中心城区，可以通过数值模拟气流通过，发现已有规划中的一些问题，指导新编规划中建筑物高度、颜色、体量和形状的控制。

模拟不同城市总体布局的夏季近地层气温

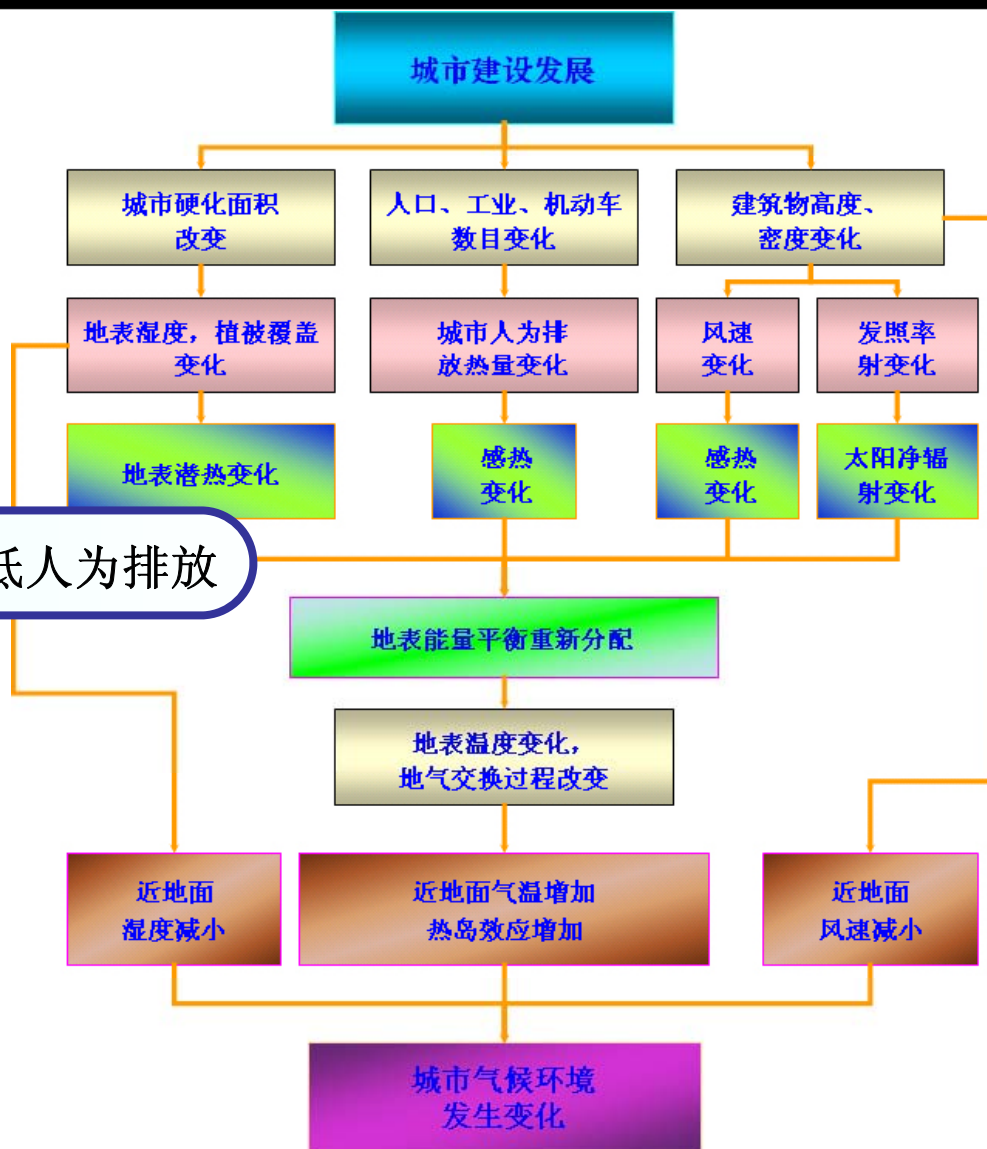


模拟城市建筑群中气流扩散情况

改变城市建筑物表面颜色，以白色或浅色为主，减少太阳辐射吸收，降低城市地表热容量；推进屋顶绿化和垂直绿化行动，在美化城市环境的同时，控制热岛效应，改善大气环境。

5、控制城市规模和人口数量，降低人为排放

合理地控制城市规模和市区的人口密度，节约资源、提高能源效率，优化城市交通，提倡绿色生活方式，对减少人为热的排放量有重要作用。同时注意改善能源配置和使用条件，大力开发太阳能、风能、水能等可再生而又无污染的能源。





四、下一步工作



热岛效应的监测和研究，是一项长期的工作。通过长期监测，定期评估，可以发现城市化、工业化过程出现的气候生态问题，可以客观检验生态建设的效果，为城乡规划、交通建设，工业布局、绿化工程、节能减排提供科学依据。



进一步开展部门合作，加密观测站网，深化研究工作

开展绿化布局生态效应研究，提高科学性和生态效益

推进城市不同功能区以及县级市区的热岛效应监测研究

深化特零层温度观测及卫星遥感资料的应用和研究

开展温室气体对热岛效应影响的研究

定期发布热岛效应研究报告，相关部门加强成果应用

这项研究是在市园林局、南京大学大气学院等相关部门的大力支持下完成，在此表示衷心感谢！由于研究工作是初步的，一定存在不少问题和缺陷，观点不一定都正确，欢迎大家批评指正！



Thank You !



蘇州市氣象局
SUZHOU Meteorological Bureau

2012.8.10