

文章编号:1004-8227(2011)02-0232-07

# 城市人为热排放分类研究及其对气温的影响

张弛, 束炯, 陈姗姗

(华东师范大学地理系地理信息科学教育部重点实验室, 上海 200062)

**摘要:** 随着城市化进程日益加速,城市热岛现象愈发严重。利用上海市近 50 a 各区县月均温数据,统计分析各区与崇明夏季每 5 a 均温差,发现热岛效应由市区中心向郊区延伸,范围越来越大,特别是 20 世纪 80 年代开始温差呈较大幅增加,城市热岛现象显著;在前人工作的基础上,分析热岛产生机制中的主要原因之一:城市中人为热排。绘制人为热排放流程图,并将城市人为热源进行分类,分析所有可能成为人为热排放源的设施以便定性及控制研究;对供给,消费和排出 3 种阶段的计算方法进行对比归纳,根据目的不同分别使用;分别计算燃油排热和燃煤排热以估算上海市人为热排放总量,统计上海市区和郊区的年均温及年均温差随时间变化及其与人为热排放之间的关系,发现两者之间有很好的相关性;最后就上海市夏季空调使用排热对上海市温度影响进行了定性研究,数字化上海市航片得到上海市建筑物分布图,假设楼层和空调密度之间存在相关性,发现空调排热与地面温度反演有着非常良好的一致性,同时也是造成上海城市高温的主要因素之一。

**关键词:** 城市热岛; 人为热源; 空调排放; 城市高温

**文献标识码:** A

人类活动对气候的影响在城市气候中表现最为突出。城市热岛效应指城市比周围地区温度高,是在城市化的人为因素(以下垫面性质的改变、过量温室气体等人为热的排放和大气污染等为主),以及局地天气气象条件共同作用下形成的<sup>[1]</sup>。从 20 世纪 70 年代开始,国内很多学者开始关注城市化进程带来的一系列城市现象,王传琛<sup>[2]</sup>,张景哲<sup>[3]</sup>,陈沈斌<sup>[4]</sup>,王今殊<sup>[5]</sup>等对城市热岛效应及形成机制进行了多方面研究;张穗等<sup>[6]</sup>利用武汉市的 LANDSA17 TM 图像对热红外波段遥感图像灰度值和地面温度之间的关系进行了定量的解译;周淑贞<sup>[7]</sup>,束炯<sup>[8]</sup>,江田汉和孙娟<sup>[9,10]</sup>等利用卫星气象资料、统计分析、系统聚类和 Morlet 小波变换等方法阐明了上海城市气候中五岛效应的形成过程和特征,对城市热岛日变化进行分类,总结得到了主要的两类变化规律,发现了热岛日变化的时间多尺度特征;刘玲、吴坤梯<sup>[11]</sup>等以合肥市为研究对象,利用趋势分析、主成分分析等方法系统分析了合肥城市热岛变化及与城市发展的关系。在温室效应和全球变暖的背景下,上海的城市热岛现象从 20 世纪 80 年代开始迅速扩展和增强,这与上海城市建设有明显的对应关

系<sup>[12]</sup>。随着近年来上海改革开放步伐加快,工业及服务业快速发展,全市陆域土地资源已几乎全部利用,导致土地供求矛盾日趋尖锐;农业用地迅速萎缩,耕地环境质量下降,建设用地规模不断增加,不仅用地结构发生了重大变化,热岛效应、土壤、水体、大气污染等一系列城市生态环境问题也凸现出来。

严重的城市热岛效应不但影响人们正常生活工作,还成为人们生活质量进一步提高和城市进一步发展的制约因素。本文着重研究了城市中所有可能热源,估算了人为热排放总量,并定性研究了建筑物空调排热对城市气温的影响,发现在人为热排放呈现逐年上升的趋势下,市区、郊区的年平均温度和年均温差从 1983 到 2009 年显著上升,可见人为热排放对于城市增温效应有着不可忽视的作用;2003 年以来,由于人为热排放量急剧增加,年均温总体呈波动中上升,但城郊温差呈现出减小趋势,说明不仅是市区,郊区受人为热排放影响也越加明显。

## 1 城市热岛现象加剧

人类活动对气候的影响在城市气候中表现最为

收稿日期:2010-04-15;修回日期:2010-05-28

基金项目:国家自然科学基金(40671176);上海市基础重点项目(08JC1408500)(072512021);上海市环保局重点项目(沪环科 09-26)。

作者简介:张弛(1982~),女,上海人,博士研究生,主要从事中尺度模式预报及城市气候方面研究。E-mail: missfragrancy@hotmail.com

突出。城市人口密集、高楼林立、公路交错、工厂、居民住宅、各种交通工具等不断消耗能源的同时释放出大量废热进入大气,使得城市年平均温度比郊区高 1℃ 以上,城市热岛效应显著。

图 1 中数值为各气象站与崇明气象站 7,8 两个

月份平均气温每 5 a 平均值之差。由图 1 中不难看出,热岛效应由市区中心向郊区延伸,范围越来越大,特别是 20 世纪 80 年代开始,各站点夏季与崇明气温差值呈较大幅度增加,温差进一步拉大,城市热岛现象越发显著。

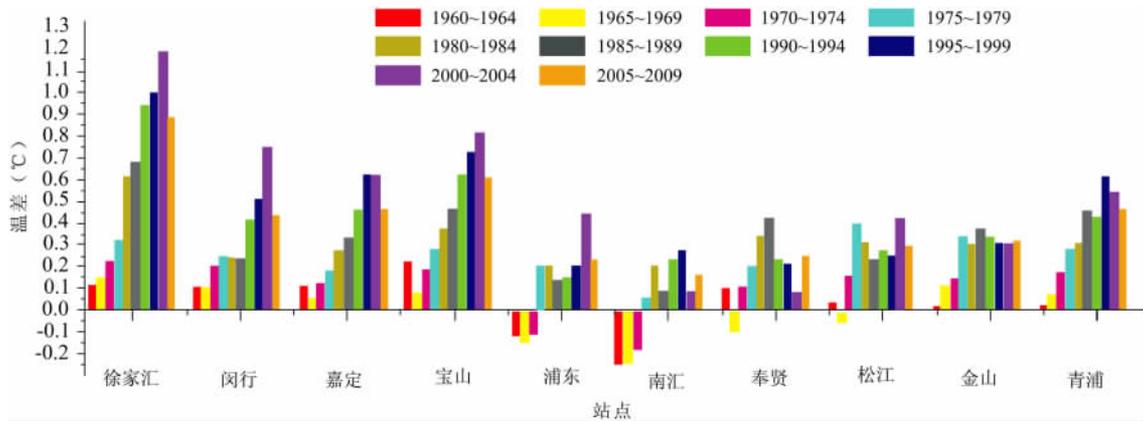


图 1 各站点与崇明温差年际变化

Fig. 1 Annual Temperature Difference Change Between Each Station and Chongming Station

据周淑贞等<sup>[13]</sup>研究表明,上海市城市下垫面热岛中心与城市人口分布和工厂分布相对应。城市中电、天然气、化工石油燃料等不断增多的能源消耗,形成并加剧了自然界的热量不平衡。这是导致城市热岛现象形成的一个重要原因。统计产生城市热岛现象的城市在能源消耗后向环境排放的人为热情况是非常具有现实意义的。

## 2 城市人为排热情况分析

城市能源系统极其复杂,调查城市人为排热,可以将受到人为排热的大气、水、土壤等作为环境媒体,用定量的方法调查它们的受热量。将人为排热划分为供给阶段、消费阶段、排出阶段 3 个部分,并分别进行整理说明,旨在明确如何较准确获取各不同阶段的热量排放情况(图 2)。

从能源供给量得到供给阶段的人为排热量叫供给能源量,从能源消费量得到的消费阶段的人为排热量叫消费能源量,从向环境排出的热量得到的排出阶段的人为排热量叫向环境排出的热量。向环境排出的热量指在能源消费量上再加上来自空调系统的空调排热和通风散热冷却水散热等的热量,具体描述如下。

供给阶段:根据能源供给量得到的能源发热量,作为城市全部的排热量。基本思想为获取城市内消耗的电力、天然气、石油等的供给量,并认为这些能

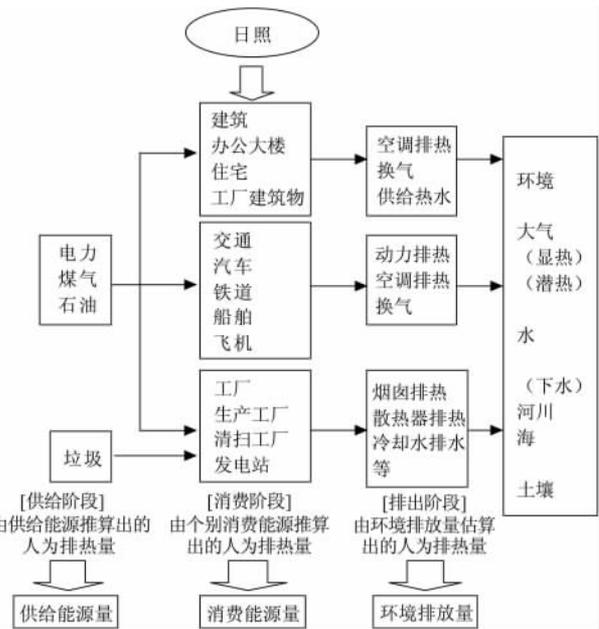


图 2 城市人工排热图

Fig. 2 Anthropogenic Heat Emission in City

源最后全部变成热量排到环境中去。

消费阶段:和供给阶段一样,考虑消费掉的能源最终全部转化为热量。基本思想为获取机器使用的电力、天然气、石油等能源的实际用量,并把这些量累加起来,得到城市全部人工排热。

排出阶段:将城市中每台机器排出的热量积累起来,就是都市人工排热总量。基本思想为直接检测例如居民住宅、工厂、汽车等使用的空调通过排气

管、排热管排放到大气、水等环境媒体中的热量。

从以上分析中可以发现,供给和消费阶段只有能源消费。而排出阶段的排热,例如空调机的排热其实已经包含了日照和人体排热等自然界热量。也就是说,理想环境下城市人为排热还要加上室内排到室外的热能部分。这 3 种定量计算热量的方法,

根据目的不同分别使用。比如,要得到城市的能源总量,要控制供给阶段;制定节能政策,测量各种能源消费状态,就要控制消费阶段;控制排出阶段要考虑日照和墙壁的散热等等,如果从数据入手,会发现排出阶段能够控制的数据十分有限。表 1 对 3 种定量计算方法进行了比较。

表 1 人工排热计算方法比较

Tab. 1 Comparison of Calculating Methods of Anthropogenic Heat

	供给阶段	消费阶段	排出阶段
内容	电力公司、煤气公司、以及石油销售公司向该地域供给的电力销售量,煤气销售量和石油销售量。	电力、煤气和石油产品在工厂和家庭被消费的阶段。例如,家庭使用测量电力的测电仪来掌握每天用的电力,以及汽车消耗的天然气。	由空调机和散热器向大气排出的热量,燃烧机器和供给热水器的废气冷却以及作为温排水向大气和水排出的热量。
特征	大致抓住该城市总体能源消费;人工排热总量计算比较方便,但空间时间分布很难把握。	与供给阶段相比,实际能量消耗产生的热量即是人工排热。优点在于可以把握空间、时间分布特性,不过,向哪个环境媒体排热必须推算。	与消费阶段相比,可以把握直接排放到环境媒体里的热。空调机的排热包括了建筑物照明和人体发热等自然热源。
计算方法和数据的特性	以销售量×发热量计算。空间、时间分布,排热处环境媒体,显热/潜热的比例等必须推算。	以消费量×发热量计算。作为时间单位的数据可以把握,个别需求的空间分布位置也可把握。排出前的环境媒体,显热潜热的成分等必须要推算。	从空调的排热计算、燃烧机器的热演算等中计算。例如像建筑物空调机这种集约排热的情况,时间单位、不同建筑、不同显热/潜热就可以作为人工排热因素进行把握。但是这样需要更多的实验数据。

### 3 上海市人为热排放与气温变化分析

为便于定量计算,以消费量×单位发热量计算为基本思想,利用消费阶段的能源消耗估算人为热排放总量。假定所有消耗能源最终以散热形式排放到各种环境媒介中,而整个城市能源消耗分为燃煤和燃油两大类,其中电力消耗也统计到燃煤消耗中,燃油消耗则主要由机动车产生。参考佟华等<sup>[14]</sup>计算人为热对北京热环境影响的方法,从上海市年鉴查找所需数据,统计自 1983 年以来上海市年消耗燃煤和燃油总量。

$$\text{人为热总量} = \text{燃煤排热} + \text{燃油排热} \quad (1)$$

$$\text{燃煤排热} = \text{燃煤消耗量} \times \text{能源加工转换率} \times \text{标准煤发热值} \quad (2)$$

$$\text{燃油排热} = \text{车年均行驶里程} \times \text{平均百公里油耗} \times \text{机动车保有量} \times \text{燃油发热值} \quad (3)$$

其中标准煤发热值采用国家标准 29 270 kJ/kg,车均行驶里程为  $2.5 \times 10^4$  km,百公里汽车油耗以 12.7 L 为标准,汽车尾气排出的废热为每克油 45 kJ<sup>[15]</sup>,能源加工转换率由 1983 年以前的 69.93% 缓慢上升至 2009 年的 71.25%<sup>[16]</sup>。选取龙华和崇明两个站点分别代表上海市区和郊区,统计 1983~2009 年年均温,两站点年均温差,计算人为热排放总量。

由图 3、图 4 可以看出,无论是城郊年均温还是城郊年均温差,都跟人为热排放量有着相似的变化,在人为热排放呈现逐年上升的趋势下,市区、郊区的年平均温度和年均温差分别由 1983 年的 15.975℃, 15.300℃ 和 0.675℃ 升至 2009 年的 18.458℃, 16.650℃ 和 1.108℃,可见人为热排放对于整个城市增温效应有着不可忽视的作用,同时可以发现,2003 年以来,人为热排放量急剧增加,城郊温差呈现出减小趋势,但年均温总体仍呈波动中上升,不仅是市区,郊区受人为热排放影响也越发显著。

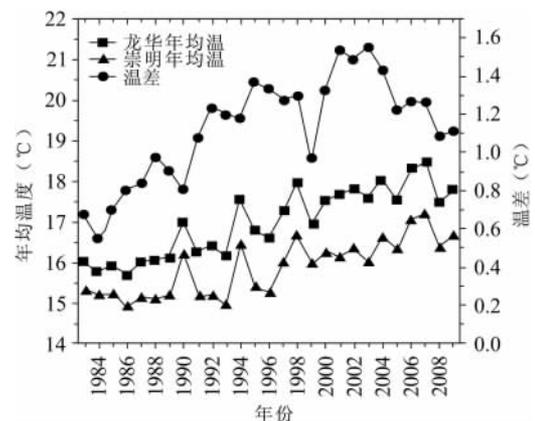


图 3 城郊年均温及年均温差变化

Fig. 3 Annual Average Temperature and Temperature Difference Change Between Urban and Suburb Areas

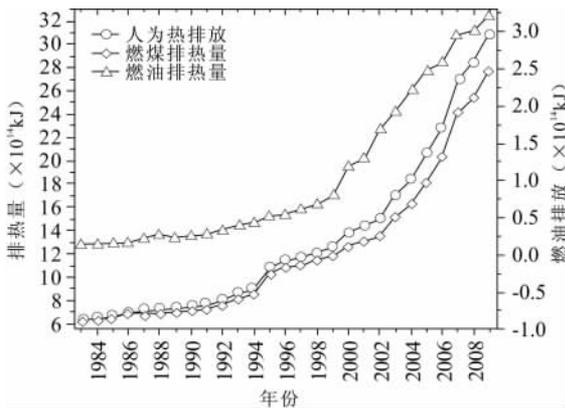


图4 燃煤、燃油排热及人为热排放总量年际变化

Fig. 4 Annual Change of Heat Emitted by Carbon, Fuel and Total Amount of Anthropogenic Heat

## 4 城市中主要人工排热源分类

### 4.1 建筑物

建筑物主要包括办公楼和家庭,由于各种机械以及家电产品,空调、热水器等的使用使其成为主要排热源。从排热的特性可以分为办公大楼、居民住宅和地下设施3个分类。

**办公大楼:**主要包括办公楼、商业设施、宾馆、学校以及其他主要营业用建筑,其能源消费排热中最主要部分为空调排热。

**居民住宅:**家电制品、空调、淋浴器的能源消耗相结合考虑,户建和集合住宅的排热状态要做不同的考虑。

**地下设施:**同样是商业设施,但是地下设施的日照和换气形式有所不同,考虑到地下设施特有的特性,必须要做另外的考虑。

### 4.2 交通

主要考虑使用内燃机作为动力的汽车、船舶、飞机、电动车及铁路(地上,地下)等。

**汽车:**汽车是交通中最大的排热源。可以通过汽油等的消费量计算其排热。不过,作为移动排热源,汽车与其他热源有一些差异,可理解为线源排热。同时,路灯等道路附带设施也可以认为是一种热源。

**铁路:**火车和汽车一样是移动的,所以要考虑车辆行走时能源消费产生的排热。由于地上和地下行驶场合不同,所以排放特征也不一样。另外,附带设施比如车站以及车站大楼和商业设施一体化的情况排热都会不同。

**船舶:**主要考虑港内停泊船舶以及航行船舶的

内燃机耗能排热。同时,港湾设施除了货物销售设施以外,制冷仓库等的能源消费和空调排热等也要被估计在内。

**飞机:**机场起飞和降落的飞机以及驻机中的飞机由于发动机消费的燃料变成排热源。同时,上下客人和运输货物的机场设施,以及由于照明设备等消费的电力等都可认为是热源。

### 4.3 工厂排热

由于工厂的生产工序被消费的能源,包括在清扫工厂被燃烧的垃圾和火力发电站中被燃烧的矿物燃料等,以及期间没被利用的作为废热向环境被排出的热量。

**工厂:**主要包括使用熔融炉和锅炉等燃烧设施的工厂,作为动力来源的化学反应,电力等生成的热量。另外,工厂的建筑物(比如照明和空调)排热、生产工序的能源消费、余热等都是人工排热源。

**清扫工厂:**未被利用的燃烧垃圾的能源,包括发电和热供给部分,考虑作为未利用热量向环境中排放,成为余热。

**发电站:**由作为被燃烧的矿物燃料的能源中排放出的烟,和由于机器损耗向大气排出的热以及作为温排水被水排出的热,都成为余热。

**污水处理场:**微生物的分解热和污泥焚烧设施等成为排热源。

### 4.4 其他排热

**建设工程:**建设工程现场使用的起重机、搬送机器等消费能源导致排热。

**废弃物填海造地:**填海造地处的物质分解伴随产生热量可成为能排热源。

由以上分析可见,要把握各种可能成为人为余热排放源是相当困难的,所以通过供给阶段算出所有消耗能源转化生成的热量是最简易有效的方法。虽然最终城市人为排热还包括日照、人体散热以及各种废热余热等,但这些热量在热量排放总量中相对较小,所以从能源供给角度出发可以最直观迅速反映城市人为热量排放状况。

## 5 城市建筑物人工排热分析

建筑物的消费阶段主要关注各种办公机器以及照明设备等的消费能源量,而在排出阶段则大致区分为空调排热、燃烧废气、通风排热及下水道排热。图5显示了建筑物向环境排出的热流动。

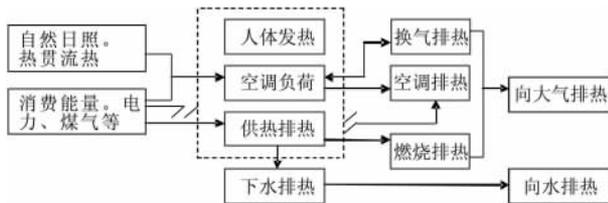


图 5 建筑物排放热的流动和构成

Fig. 5 Heat Flux and Composition Emitted by Construction

由图 5 可以看出,空调排热是建筑排热的重要组成部分。建筑物内部产生的热,通过日照和墙面进入的贯穿流经热等自然热源,照明和各种办公机器使用的电力的发热,厨房等使用的城市煤气和电力等的燃烧发热,建筑物内活动的人的人体发热,这些热,最终都将作为空调负荷通过空调机器外部被排出。并且使用空调机器必要的电力和城市煤气等的消费能源也将通过空调机器外部作为热向环境排放。

因此研究建筑能耗,关注空调排热就显得格外重要。2000 年以来,美国加州的几次大范围分区停电都是出现在气候反常的时候或是寒流、或是热浪侵袭。这说明,空调整冷或采暖给电网带来的不平衡负荷或冲击性负荷,是造成电力危机的主要原因之一<sup>[17]</sup>。

由表 2 可以看出,由于城市发展和人民收入的增高,城市居民用电量屡创历史新高,相应的空调拥有量也几乎呈直线上升趋势。到 2007 年底,上海每百户家庭拥有空调器 189 台,比 2000 年的 96 台增加了 97%<sup>[18~20]</sup>。上海市空调销量仍以每年新增 100 万台的速度递增。家用空调中电力空调占据几乎所有份额,电力空调中又以分体热泵型空调占绝对主导地位。而在空调使用高峰期,其用电量通常占到居民家庭用电量的 70% 以上。2006 年上海市居民用电比 2005 年增长 12.1%,增幅列全市之首,并首次超过第三产业(9.7%)、第二产业(6.0%)。而家庭空调用电增长则是上海居民家庭用电增长的主要因素。上海每年闹“电荒”的时候,4 成以上的用电负荷是空调产生的。

表 2 上海电网负荷特性表

Tab. 2 Power Networks Load in Shanghai

年份	最高温度 (°C)	最高负荷 ( $\times 10^4$ kW)	每百户拥有 空调数(台)
2001	35.7	1 110	96
2002	38.8	1 252	118
2003	39.6	1 359	136
2004	37.3	1 500	159
2005	39.0	1 668	175
2006	38.6	1 954	181
2007	39.6	2 121	186

以 2006 年数据为例<sup>[21,22]</sup>,空调使用月份特征为夏季高峰出现在 7、8 两个月份,这与上海平均气温最高月的时间一致(图 6);冬季高峰出现在 1 月份,与上海平均气温最低月一致。此结果与上海居民用电量曲线也有相同的特征。

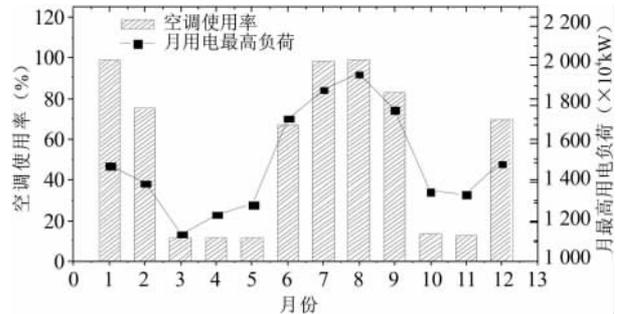


图 6 2006 年上海市各月空调使用率及用电最高负荷

Fig. 6 Utilization Ratio of Air-conditioning and Power Maximum Load of Each Month, Shanghai, 2006

为了得到更为直观的城市建筑空调排热状况图,在 Google Earth 的辅助下,利用 Arcview 软件将 2006 年上海市航片数字化,得到上海市所有居民住宅及办公楼建筑物,根据上海市建筑楼层特点,假设基本可以分为 1~6 层,6~12 层,12~18 层及 18 层以上 4 个等级。这 4 个等级中,又近似认为以 2 层别墅,6 层居民住宅,12 层小高层(包括居民住宅,办公楼及商场),18 层高层(主要为大型商务楼)为主。其余各楼层建筑则分别近似归于这 4 类主要楼层中。假设由于楼层不同导致相同土地面积上空调密度不同,比例与楼层比例相对应。楼层高的则认为空调密度相应大,排出热量集中;楼层低的空调密度小,排出热量相对较少。则得到以下示意图,图中白色线条为上海市道路,蓝色线条为内外环(图 7)。

由图 8 可以看出,上海市建筑空调排热集中的地区主要集中在外环以内,其中又以内环以内及内外环之间的浦西部分尤为突出。外环外建筑排热相对分散,并且强度较弱。这种特性与城市热岛现象也非常吻合。图 9 为利用 TM/ETM+6 数据反演出的 2000 年 6 月 14 日上海市外环以内地表温度,贯穿图中的蓝色带状物为黄浦江。

图 9 显示热场分布中高温区边界基本与外环轮廓一致,并以市中心为高温内核,地表温度呈圈状由此向外逐渐降低,形成明显的城市热岛效应。而由于黄浦江的阻隔,黄浦江东西两岸发展不平衡,城市热岛在空间上表现出不对称性,在城市中心区,浦西的地表温度明显高于浦东,尤其是内环线以内,浦西

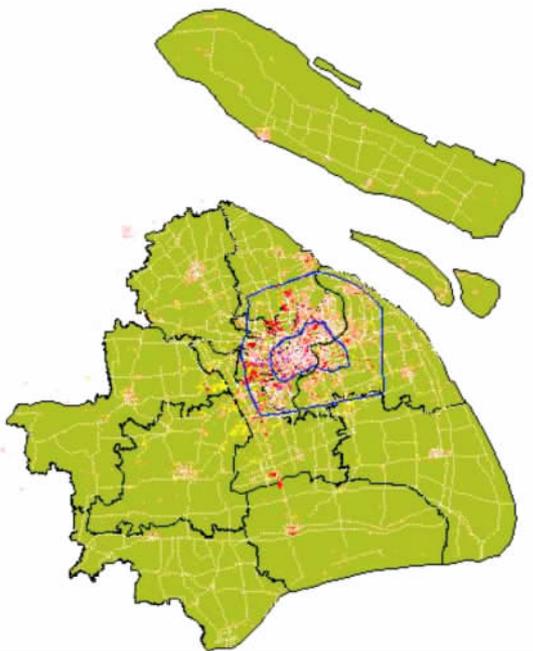


图 7 上海市建筑物空调排热示意图  
Fig. 7 Heat Emission of Air-conditioning by Constructions in Shanghai

黄浦江沿岸的老城区构成了整个城市的热岛中心,而浦东的高温区则主要集中在陆家嘴以南的黄浦江沿岸。与图 8 对照可以很容易的发现,建筑空调排热密度大的区域地面温度也相应高,地面温度高低和建筑物分布密疏有非常好的一致性。建筑物空调排热是影响近地面气温的重要因素。首先建筑物高度集中的水泥下垫面导致地表温度增加,地面和建筑墙面通过长波辐射和空气之间进行热量传递,加热近地层气温;同时大量的建筑物空调集中排热也使附近气温明显升高。正是由于这种双重作用,使

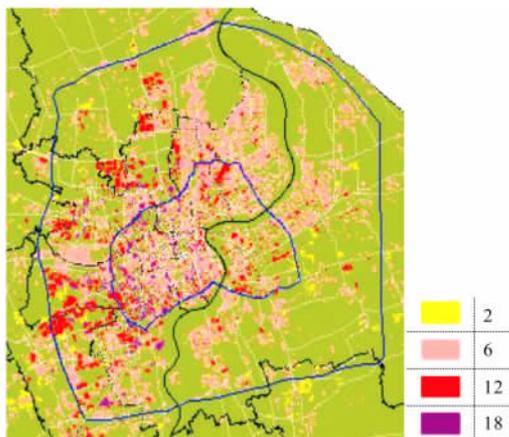


图 8 外环内建筑空调排热示意图  
Fig. 8 Heat Emission of Air-conditioning by Constructions Within Outer Ring

城市建成区的气温明显高于郊区的农田和绿地。因此在许多情况下,地温和气温在变化趋势上有非常良好的一致性<sup>[23]</sup>。图 9 中黄浦江两侧显示高温,但在图 8 中却无明显高层建筑物分布,这是由于黄浦江两侧是大量堆场,货物装卸码头和工业区,主要是宝钢和吴淞工业区以及杨浦码头,这些特殊下垫面构成由于大量的装载机械运作散热,车辆船舶行驶排热,以及地面物质的高吸热性共同作用形成了几个高温中心。城市地表的高温中心往往与人口、交通、工业等密集区相对应,而城市建筑物、道路、广场、大桥、待建用地等水泥、瓦片结构组成的城镇因子正是构成高温区的主导成分<sup>[24]</sup>。

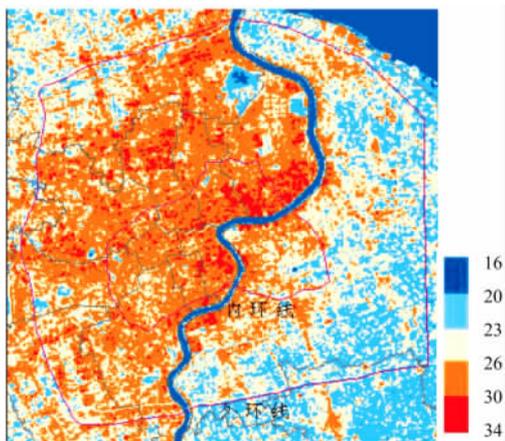


图 9 上海市外环内地表温度反演(°C)  
Fig. 9 Ground Temperature Retrieval Within Outer Ring in Shanghai (°C)

## 6 结论

(1)由近年来逐步加剧的城市热岛现象分析城市能源系统,将城市人为热量排放分为供给阶段,消费阶段和排放阶段 3 个典型阶段、并分析各个阶段不同特征。

(2)估算城市人为热排放总量,分析人为热排放对城市和郊区年均温以及年均温差产生的影响。

(3)分析城市中主要可能人为热排放源,分类归纳,根据分析认为从能源供给角度出发可以最直观迅速反映城市人为热量排放状况。

(4)着重讨论城市建筑物能耗,关注建筑物排热最重要部分——空调排热。数字化上海市航片得到所有建筑物分布图,通过假设空调密度与楼层高度相对应的方法估计上海市建筑物空调排热分布示意图。并利用 TM 数据反演地表温度,发现温度高低

与空调排热分布有非常良好的一致性。

提出了 3 种计算城市人为热源的方法,估算城市人为热排放总量并对城市建筑物空调排热进行了定性研究。所提出的 3 种方法如何更好的在实际中被运用,整个城市系统的人为热排放如何细分并掌握,都是亟待研究和探讨的问题。

## 参考文献:

- [1] 周淑贞,束炯.城市气候学[M].北京:气象出版社,1994:244~334.
- [2] 王传琛,刘际楹.杭州城市气候[J].地理学报,1982(37):164~173.
- [3] 张景哲,刘启明.北京城市气温与下垫面结构关系的时项变化[J].地理学报,1988(43):159~168.
- [4] 陈沈斌,潘莉卿.城市化对北京平均气温的影响[J].地理学报,1997(52):27~36.
- [5] 王今殊,李贵才,刘玉洁,等.北京地区陆表温度空间分布特征[J].测绘科学,2009(34):66~70.
- [6] 张穗,何报寅,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.
- [7] 周淑贞.上海城市气候中的“五岛”效应[J].中国科学:B辑,1988(11):1226~1234.
- [8] 束炯,江田汉,杨晓明.上海城市热岛效应的特征分析[J].上海环境科学,2000,19(11):532~534.
- [9] 江田汉,束炯,邓连堂.上海城市热岛的小波特征[J].热带气象学报,2004,20(5):516~522.
- [10] 孙娟,束炯,乐群.上海市城市热岛效应的时间多尺度特征[J].华东师范大学学报,2007,132(2):36~43.
- [11] 刘玲,吴坤梯,黄光瑞,等.合肥城市发展对热岛强度的影响[J].长江流域资源与环境,2008,17(1):88~93.
- [12] 丁金才,周红妹,叶其欣.从上海市热岛演变看城市绿化的重要意义[J].气象,2002,28(2):22~24.
- [13] 周淑贞,吴林.气象卫星在上海城市气候研究中的应用初探[C]//城市气候区域气候论文集.上海:华东师范大学出版社,1989:194~213.
- [14] 佟华,刘辉志,桑建国,等.城市人为热对北京热环境的影响[J].气候与环境研究,2004,9(3):409~420.
- [15] SMALL R D Environmental impact of fires in Kuwait[J]. Nature,1991,350:11~12.
- [16] 中华人民共和国国家统计局.能源年度统计数据[EB/OL].(1983~2009).http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2009/indexch.htm.
- [17] 龙惟定,张蓓红,钟婷.上海住宅空调能源的现状与发展[C]//全国暖通空调制冷2002年学术文集.北京:中国建筑工业出版社,2002:1999~2007.
- [18] 上海统计年鉴.城市建设主要年份用电量统计数据[EB/OL].(2000~2007).http://www.stats-sh.gov.cn.
- [19] 钟婷,龙惟定.上海市住宅空调的相关调查及其耗电量的估算[J].建筑热能通风空调,2003,22(3):22~24.
- [20] 王凡,许进.华东电网2004~2005年用电结构分析[J].华东电力,2005,33(11):16~19.
- [21] 于航,刘淑娟,李祎玮,等.从上海市民的居住生活习惯看能源消耗特征[J].上海节能,2006(6):26~30.
- [22] 上海电力公司电网运行情况[EB/OL].2006.http://www.sh.sgcc.com.cn.
- [23] 王宝军,施斌,姜洪涛,等.近30年南京市浅层地温场变化规律研究[J].高校地质学报,2009,15(2):199~205.
- [24] 周红妹,周成虎,葛伟强,等.基于遥感和GIS的城市热场分布规律研究[J].地理学报,2001,56(2):189~197.

## URBAN ANTHROPOGENIC HEAT CATEGORIZING AND ITS EFFECTS ON URBAN TEMPERATURE

ZHANG Chi, SHU Jiong, CHEN Shan-shan

(Key Laboratory of Geographic Information Science Ministry of Education, Geography Department of ECNU, Shanghai 200062, China)

**Abstract:** Urban heat island is more and more severe since urbanization develops rapidly. Month average temperature data of 11 districts in 50 years of shanghai was analyzed, and temperature difference of every 5 years between each station and Chongming was got, showing the extend of heat island from city center to rural areas, especially from 1980s, 20<sup>th</sup> century, with a larger increase of difference in temperature. On the basis of existed theories, one of the main mechanisms of heat island generation——anthropogenic heat emission, was analyzed. All possible heat resources and facilities in urban were studied and categorized based on the flow chart, then calculating methods of 3 phases were compared for different purposes. Heat emitted by carbon and fuel was calculated respectively, in order to estimate the total amount of anthropogenic heat. Meanwhile, annual average temperature of both downtown and suburb, temperature difference, and its relativity to anthropogenic heat were analyzed. Finally, effects on temperature by the usage of air-conditioning in summer of Shanghai were studied. The construction distribution of Shanghai was obtained from the digitizing. Supposing a relativity between floors and air-conditioning density, it was found that heat emitted by air-conditioning had a quite good consistency with surface temperature retrieval, which was also proved to be one of the main reason of high temperature in Shanghai city.

**Key words:** urban heat island; anthropogenic heat resource; air-conditioning emission; high temperature