

# 城市气候 与 城市规划

中国地理学会 编

科学出版社

# 城市气候与城市规划

中国地理学会 编

科学出版社

1985

## 内 容 简 介

本书是中国地理学会 1982 年 9 月在厦门召开的城市气候学术会议论文的选编。内容包括：1. 城市气候国内外研究动态；2. 我国主要城市气候的特征以及各气候要素的时空分布规律；3. 城市气候与大气污染；4. 城市气候的大气候背景和小气候调节。可供气候研究和教学人员，城市规划、城市建设和环境保护等科研人员参考。

## 城市气候与城市规划

中国地理学会 编

责任编辑 刘卓澄

科学出版社 出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

\*

1985 年 6 月第 一 版 开本：787×1092 1/16

1985 年 6 月第一次印刷 印张：11 1/4

印数：0001—7,300 字数：259,000

统一书号：13031·2931

本社书号：4353·13—13

定 价： 2.70 元

## 前 言

中国地理学会于 1982 年 9 月在厦门召开了全国第一次城市气候学术会议。

城市气候是在不同的地理纬度、大气环流、海陆位置和地形所形成的区域气候的背景上,在人类活动特别是城市化的影响下而形成的一种特殊气候。它有两个特点:第一,城市的各气候要素,和其周围郊区显著不同;第二,城市的大气,含有高浓度的污染物。

首先,城市中由于街道纵横,建筑物鳞次栉比,高低不一,形成特殊的下垫面;其次,城市密集人口的生活和生产活动,消耗大量能源,排放很多“人为热”、“人为水汽”和污染物。这些,都使得气候要素产生显著变化:1. 大气透明度差,削弱了太阳辐射;2. 气温较高,形成“热岛”;3. 风速减小,风向随地而异;4. 蒸发减弱,湿度变小;5. 雾多、雨多、能见度差。这些气候要素的变化,有的对人类有利,有的对人类不利。

城市中最普通的空气污染物是一氧化碳、二氧化碳、二氧化硫、一氧化氮、二氧化氮、烟雾、碳氢化合物、光化学反应物等。几乎每一个城市,都由于这些污染物对人体、植物、橡胶、油漆、能见度的有害影响,而遭受到重大的经济损失。

在城市规划、城市建设和环境保护工作中,如能了解城市气候的特点及其与大气污染的关系,采取适当的措施,就可趋利避害,化害为利;否则,有可能造成不可弥补的损失。

我国城市规模日益扩大,城市数目日益增多的趋势难于阻挡,城市气候的问题必将日益突出和严重。因此,中国地理学会气候专业委员会在 1980 年成立了城市气候研究组,以推动我国城市气候研究的发展。这次厦门会议的召开,就是城市气候研究组工作内容之一。

这次会议共收到论文 48 篇,曾分别在大会或小会上宣读和讨论。会议认为,这些论文比较集中地反映了我国城市气候研究的水平,为推动这门新兴学科的发展,决定从中挑选一部分论文编辑出版,以便交流和宣传。当即成立编辑小组,其成员为周淑贞、张景哲、傅抱璞、瞿宁淑、丘宝剑、王传琛、朱瑞兆、张如一、王德辉、沈建柱、姚文权。编辑小组根据会议讨论情况和各小组的推荐,两次开会选定论文,并对入选论文逐篇提出修改意见,经作者修改后再作些文字上的润饰和删节。其中汇编的全部工作,由丘宝剑、王德辉、沈建柱三人完成。所有插图,均经郑战军加工或重绘,在此顺致谢意。

收入本文集的论文可分四类:1. 国内外城市气候研究现状的介绍;2. 我国某些城市气候特点以及城市对各气候要素(气温、风、降水和湿度、雾和能见度、日照和太阳辐射)的影响;3. 城市气候与大气污染的相互关系;4. 大气候背景和小气候改造。

由于编者水平有限,论文的取舍未必恰当;入选论文的修改,未能与作者一一交换意见。因此,错误在所难免,望有关同志鉴谅,并望读者批评指正!

编辑小组

# 目 录

|                                |                 |       |
|--------------------------------|-----------------|-------|
| 北京城市气温与下垫面结构关系的分析·····         | 张景哲、周一星、刘继韩     | (1)   |
| 北京城市环境和热岛·····                 | 徐兆生、周树秀         | (11)  |
| 北京城市的温度效应·····                 | 张如一、涂美珍         | (21)  |
| 杭州城市热岛的时间变化和空间分布特征·····        | 王传琛、刘际松         | (28)  |
| 广州低空逆温气候特征及其与大气污染的关系·····      | 刘攸弘、陈 琍、周小幸     | (34)  |
| 风与城市规划·····                    | 朱瑞兆             | (41)  |
| 北京城市风的初步分析·····                | 曲金枝             | (48)  |
| 上海城市对风的影响·····                 | 吴 林、周新民、祝炜平、范一胜 | (53)  |
| 城市对风速影响的分析·····                | 李怀瑾、朱超群         | (59)  |
| 北京城市环境对降水影响的初估·····            | 沈建柱、龚 琦         | (66)  |
| 重庆雾初探·····                     | 蒋国碧             | (78)  |
| 窗户朝向与街道间距、走向和太阳辐射的关系 ·····     | 傅抱璞             | (84)  |
| 西安市街道的日照和太阳辐射·····             | 陈明荣             | (92)  |
| 吉林市近地层风场与逆温层特征及其对大气污染的影响·····  | 阮贤舜、张 岩         | (99)  |
| 福州市空气污染与气象条件的关系·····           | 邓家铨             | (105) |
| 南京空气污染对太阳辐射的影响·····            | 沈觉成             | (110) |
| 江西赣州市各风向的污染几率及其与城市总体规划的关系····· | 刘继韩             | (116) |
| 广州地区的大气透明度与空气污染·····           | 黄伟峰、沈雪苹         | (122) |
| 上海城市气候中的四“岛”效应·····            | 周淑贞、张 超         | (128) |
| 洛阳城市气候特征初步分析·····              | 施其仁             | (138) |
| 乌鲁木齐的城市气候·····                 | 王 勇             | (145) |
| 广州城市气候初探·····                  | 杨士弘、张茂光         | (150) |
| 天安门广场的小气候和绿化问题初探·····          | 张景哲、周一星、刘继韩     | (160) |
| 我国城市气候研究概况·····                | 丘宝剑             | (163) |
| 国外城市气候研究现状·····                | 周淑贞             | (169) |

# 北京城市气温与下垫面结构关系的分析\*

张景哲 周一星 刘继韩

(北京大学地理系)

## 一、引言

城市气候是在区域气候的背景上受城市这一特殊下垫面的强烈影响所产生的局地气候。就拿城市的热岛现象来说,导致其产生的诸原因,如城市大量人为热量的释放;城市下垫面物质较大的热容量和较小的反射率;城市表面用于增温的热量多,用于蒸发的热量少;城市通风不良和上空污染盖层的存在等等都与城市下垫面的特殊性有关。

城市气温的高低受城市下垫面的影响,自理论上讲早被城市气候学家所公认。但是很少有人对实测的气温资料结合测点所在地的下垫面的结构进行过定量的分析和论证。T. J. Chandler 仅仅根据伦敦秋季夜晚路线观测的气温记录结合沿线的城市建筑强度<sup>1)</sup>,认为气温受测点周围 500 米半径范围内的“建筑强度”的影响<sup>[1]</sup>。从城市气候的角度看,测点气温究竟受多大范围下垫面结构的控制?不同时段的影响是否一样?仍属一个没有解决的理论问题。这一问题之所以涉及较少,原因之一在于城市下垫面以人工构筑面为主,其结构图式极为复杂。要解决下垫面结构和城市气温之间的相互关系,首先要从城市气候角度对下垫面进行分类和实际量测。A. H. Auer<sup>[2]</sup> 和 G. A. Marotz, J. C. Coiner<sup>[3]</sup> 曾作过城市气候研究利用航空像片进行城市下垫面分类的尝试,但在我国城市航片往往不易获得,代价也高,使应用受到限制。

鉴于上述,本文试图利用卫星象片对城市下垫面作城市气候研究所需的分类,并在此基础上探讨城市气温与下垫面结构之间的关系。弄清这种关系,将有助于揭示城市热岛形成的机制,并有助于建立城市气温模式,以期更好地预测和改造城市的温度环境。

## 二、资料的获得

本文分析所需的资料由两部分组成,一是北京建筑完成区和郊区不同观测点实测的气温资料;二是这些测点周围一定面积范围内的下垫面结构。

任何测点的气温在同一天气系统的影响下,一定程度上是测点小尺度范围内下垫面的产物,如天安门广场上分别位于铺砌面、草地和树下草地等不同下垫面上的测点所测出

---

\* 北京大学国家遥感中心技术培训部为我们提供了必要的大比例尺卫星象片,北京教育学院王永昌等同志参加了气温路线观测,在此我们谨表衷心的感谢。

1) T. J. Chandler 的“建筑强度”概念类似于我国常用的“总建筑密度”。他的建筑强度指数等于建筑区面积比重乘以建筑物平均高度。

的气温互不相同,就反映了同一天气系统下的三种不同的小气候环境<sup>[4]</sup>。同时,我们也认为,城市小气候是在城市气候的背景上产生的,任何测点的气温也受中等尺度范围内环境条件的制约。探讨测点气温受中等尺度下垫面影响的性质,只有在基本上排除了小尺度范围下垫面的差异对测点气温的影响时才有可能。我们通过把测点全部布置在建筑完成区内外的马路上,用小汽车携带半导体温度计,采用双程路线观测法,获得通风状况下的测点气温来实现上述目标。本文选用1981年7月22日14时、23时和1982年2月26日14时、21时的气温观测资料,分别代表北京夏、冬两季昼夜不同的四个时相。其时,均为小风或微风的晴朗天气。

由于城市下垫面结构的复杂性,无论用大比例尺地图或是通过实地量测来取得下垫面结构资料都有困难。我们采用经过放大和几何校正的五万分之一1978年6月份的北京市多波段假彩色合成资源卫星象片,作为下垫面结构量测的基础,以目视释译卫星象片为主,参考大比例尺地形图为辅,并在野外作了实地抽样验证。根据不同类型下垫面的热效应,确立了如下分析卫星象片图象时所用的分类体系(图1)。

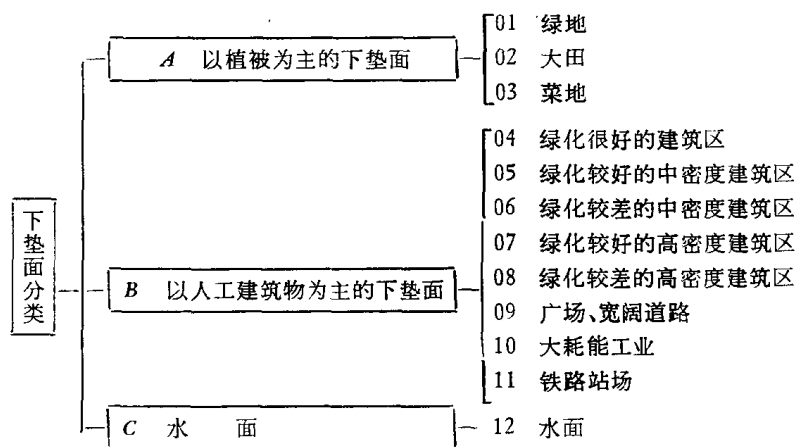


图 1

对这一分类需要说明的是：(1)A与B基本上可以代表郊区与城市两大类下垫面,前者简称自然下垫面,后者简称人工下垫面；(2)04—08虽然主要是按建筑区的绿化程度与建筑物的密集程度来划分的,它们在卫星象片上影象明显不同,但它们同时在某种程度上也具有互不相同的建筑形式、屋顶建筑材料、人口密度和人为热源,实际上是一种综合性很强的分类。例如高密度建筑区的主体是北京旧城区经大量插建的四合院平房建筑,砖瓦屋顶为主,人口密度极大,生活小热源多,其中绿化较好的部分,大多分布在内城,那里居住环境相对稍好,机关较多,工业较少；绿化较差的部分,大多分布在外城,居住环境稍差,混杂在居住区里的小工厂很多。中密度建筑区一般是以水泥板屋顶为主的楼房建筑区,人口密度、生活热源要少于高密度建筑区,其中绿化较好者,建成年代较早,树木冠幅较大,而新建的楼房建筑群绿树尚未成荫。绿化很好的建筑区一般人口和建筑密度小,植被覆盖率很高,以一些大的机关单位和高等学校为最典型。(3)并不是所有道路都能在卫星象片上量测面积,只有在宽度超过一个象元时才能在图象上明显区分开来,如北京新辟的二环路和部分长安街。其它较窄的道路被综合到上述各类建筑区中,行道树浓密成荫

者被归入绿地类(如机场路)。

量测某气温观测点附近的下垫面结构时,首先用绘有网格的透明聚酯薄膜模片(图2)迭置在卫星象片上,以中心点对准测点所在位置,模片的网格线与卫星象片上的南北东西方向相吻合。这里遇到的一个问题是应对测点四周多大范围内的下垫面结构进行分析,这是测点气温受多大范围下垫面结构影响的问题。我们首先参考 T. J. Chandler 的论点<sup>[1]</sup>,对测点四周 1 平方公里范围(比 500 米半径的面积略大)进行分析,并把测点附近 1 平方公里的地域取名为中心样方。

下垫面结构完全一样的中心样方,当它们处在建筑完成区内部、建成区边缘和建成区以外等不同位置时,中心测点的温度是否一样?为此我们还对测点四周 9 平方公里(比 1500 米半径的面积略大)范围内的下垫面结构进行分析,以弄清测点温度是否受更大范围内下垫面情况的影响。并称测点周围 9 平方公里的范围为大样方。中心样方正位于大样方的中央,外邻八个 1 平方公里的样方,简称外围样方。中心样方和每个外围样方内再分  $10 \times 10$  个小网格作为计量单元。中心样方内的 100 个小格按上述下垫面分类系统分别在卫星象片上释译归类,结果即得到中心样方内

各类下垫面所占的百分比值。每个外围样方的 100 个计量单元,只分出是否属于 **B** 类(人工下垫面)。把中心样方和每个外围样方的 **B** 类下垫面百分比值求平均值,即大样方人工下垫面的比重。通过以上方法,就得到测点四周两种不同范围内的下垫面结构的基本数据。

在所用的卫星象片图幅内,基本的观测点共 13 个,它们分散在北京市建筑完成区的内外,附近的下垫面结构互不相同,各具一定的代表性(图 3)。在对冬季水面作用的分析中还增加了 13 个辅助观测点。

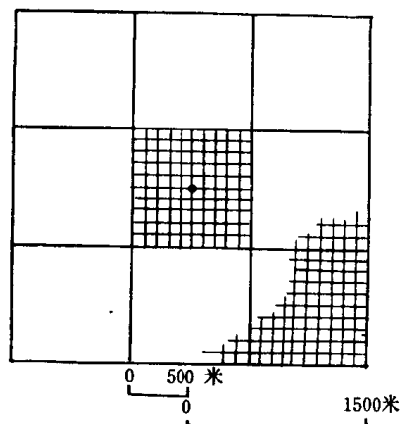


图 2 卫星象片释译模片的形式

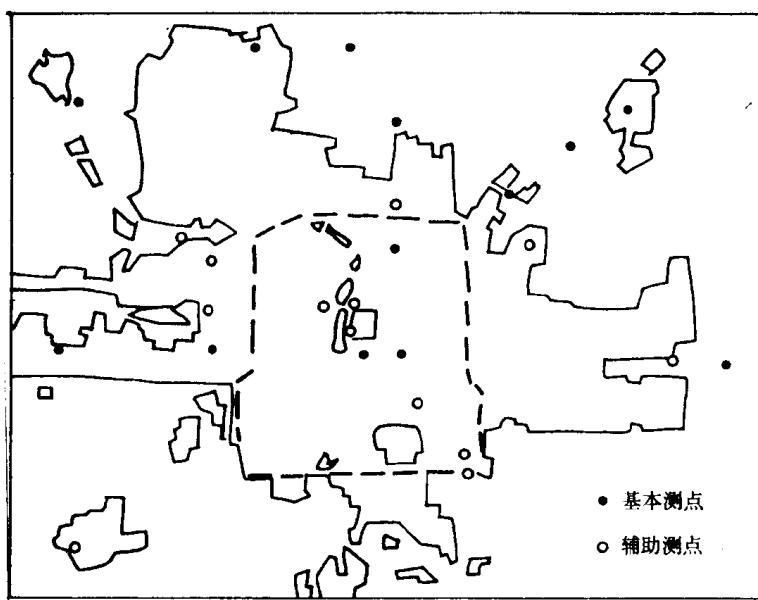


图 3 测点分布示意图

### 三、分 析

各种类型下垫面对气温产生不同的影响。但是从城市气候的角度看，城区与郊区气温的差异首先受人工下垫面与自然下垫面这两大类本质不同的下垫面类型组合结构的制约。

图 4、图 5 表示 13 个基本测点的气温分别与它所在的中心样方和大样方人工下垫面百分比值之间的线性回归结果。当方程式  $Y = a + bX$  中的  $X$  分别等于 100 和 0 时,  $Y$  值即分别代表城区和郊外气温的特征值, 它们的差值即某时相热岛强度的绝对值, 系数  $b$

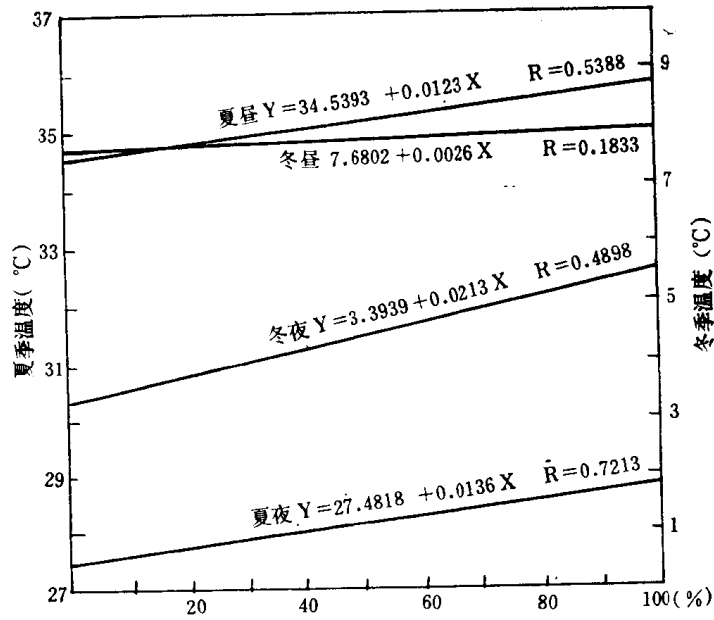


图 4 测点气温与中心样方人工下垫面比重的回归

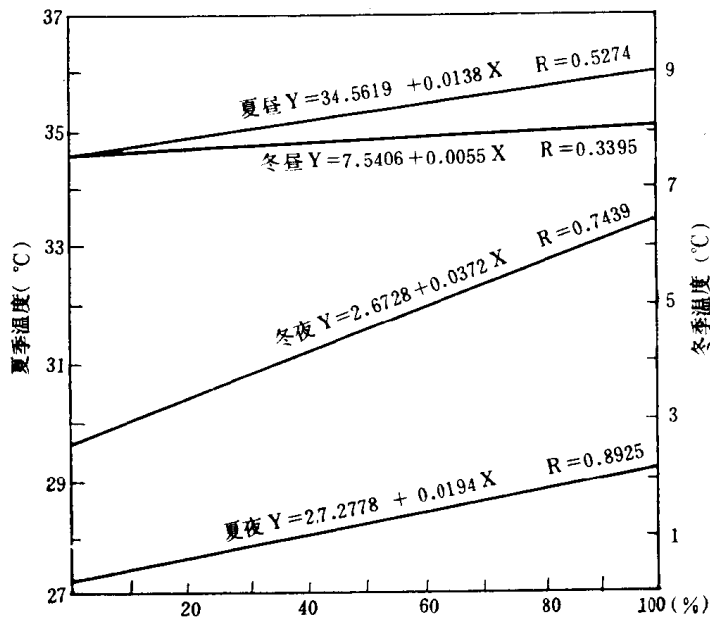


图 5 测点气温与大样方人工下垫面比重的回归

(斜率)的大小表示不同时相热岛强度的相对值。相关系数  $R$  表明温度与周围人工下垫面百分比值之间的相关程度,即测点之间温度的差异与测点周围下垫面结构变化间的关系的密切程度。

回归分析说明,在我们观测的四个时相,气温值随四周人工下垫面比重的增加呈上升趋势,全部为正相关。换句话说,这些时候北京均有城市热岛现象存在。热岛强度值大小的排列顺序为:

$$\text{冬夜} > \text{夏夜} > \text{夏昼} > \text{冬昼}$$

$$\text{中心样方 } b \text{ 值} \quad 0.0213 \quad 0.0136 \quad 0.0123 \quad 0.0026$$

$$\text{大样方 } b \text{ 值} \quad 0.0372 \quad 0.0194 \quad 0.0138 \quad 0.0055$$

热岛强度一般晚上大于白天,而冬季晚上一般大于夏季晚上,夏季白天一般大于冬季白天。这与我们1981年北京热岛强度的观测结果是一致的<sup>1)</sup>,其它研究单位的北京城市气温逐时观测记录同样证明了类似规律,已经有人对这种现象进行过解释<sup>[9]</sup>,这里不再赘述,我们重点分析以下四个问题:

### 1. 不同时相人工下垫面比重和气温的相关程度

不同时相的测点气温和人工下垫面比重之间的相关程度是不一样的。测点气温与中心样方人工下垫面比重之间的四个时相的相关系数值的排列顺序为:

$$\text{夏夜} > \text{夏昼} > \text{冬夜} > \text{冬昼}$$

$$R \text{ 值} \quad 0.7213 \quad 0.5388 \quad 0.4898 \quad 0.1833$$

这两个变量之间的相关程度的规律性可以概括为:

- (1) 夏季大于冬季,反映在夏夜大于冬夜,夏昼大于冬昼;
- (2) 晚上大于白天,反映在夏夜大于夏昼,冬夜大于冬昼;

(3) 就测点周围大体 500 米半径范围而论,只有在夏季晚上,测点与人工下垫面比重之间的相关程度较密切,即使显著性水平在  $\alpha = 0.01$  时,线性回归也相当显著<sup>2)</sup>。夏昼和冬夜相关性不明显,而在冬昼几乎可以说气温不随人工下垫面比重的上升而增高,即基本上不存在相关性,两种极端情况的散点图见图 6、图 7。

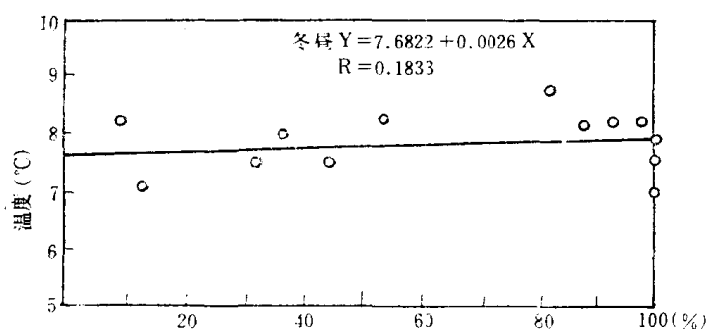


图 6 冬季白天测点气温与中心样方人工下垫面比重线性回归的散点图

1) 张景哲、刘继韩、周一星、王永昌: 北京市的城市热岛特征, 气象科技, 1982 年, 第 3 期。

2) 查相关系数检验表, 当样本数  $n = 13$ , 显著性水平分别在  $\alpha = 0.01$  和  $\alpha = 0.05$  时, 相关系数  $R$  分别大于 0.684 和 0.553 则回归显著。本文中回归显著性检验, 均用此法。

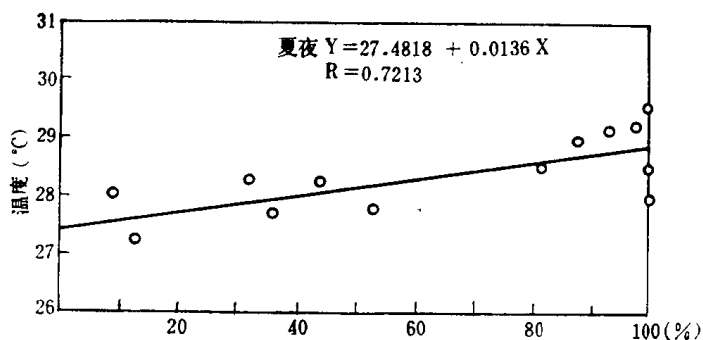


图7 夏季晚上测点气温与中心样方人工下垫面比重线性回归的散点图

我们初步认为,两要素的相关性夏季大于冬季,主要是因为夏季为植物生长旺季,这时城市下垫面与几乎全部为植被覆盖的郊区下垫面在综合热效应上的差异达到最大。相反,在冬季,北京除了针叶树外,其余乔、灌木全部落叶,整个郊区农田几乎全为裸地,这时以人工下垫面为主的城市与以自然下垫面为主的郊区相比,其下垫面的热效应虽然仍有不同,但差异相对说来就小多了。相关性晚上大于白天可能是因为无论冬夏,夜间的热岛强度均大于白天所造成。在白天,城、郊下垫面在太阳辐射下均处在吸热过程中,导致城、郊温差的主导因素是郊区蒸发耗热比城区大,热岛强度因而较小;到晚上,城、郊下垫面均处在放热过程中,城、郊的温差主要由于城市下垫面的贮热量多、放热量大所造成,热岛强度因而也大。在上述总的热量平衡的昼夜差异中,冬季因为太阳辐射弱,植被普遍凋零,城、郊下垫面之间无论在吸热、蒸发耗热、贮热和夜间放热方面的差异都比夏季缩小,所以总的说气温与下垫面之间的相关性比夏季低得多。而具体到冬季晚上,城市正处在取暖高峰,人工下垫面的人为热释放较多,使气温与人工下垫面比重的相关性略高。而冬季白天,在太阳辐射弱的北京冬昼一般多风,使城、郊之间人为热量释放上的差异也被大大削弱了,以至可以说冬季白天的测点气温与中心样方内的人工下垫面比重之间没有明显的关系。以上仅仅是我们初步的解释,造成这种差异的原因还值得深入研究。

## 2. 不同范围内人工下垫面比重与气温的相关程度

表1是大样方人工下垫面比重与气温之间线性回归相关系数与中心样方的比较。

表1 大样方与中心样方人工下垫面比重与气温回归  $R$  值的比较

|       | 夏 夜     | 夏 昼     | 冬 夜     | 冬 昼     |
|-------|---------|---------|---------|---------|
| 大 样 方 | 0.8925  | 0.5274  | 0.7439  | 0.3395  |
| 中心样方  | 0.7213  | 0.5388  | 0.4898  | 0.1833  |
| 差 值   | +0.1712 | -0.0114 | +0.2541 | +0.1562 |

对上表可作如下概括:

(1) 气温和大样方人工下垫面比重之间四个时相的相关系数的排列顺序,虽然与中心样方略有点变动(冬夜升居第二位,夏昼退居第三位),但相关系数夏季大于冬季,晚上大于白天的总趋势仍与中心样方一样。

(2) 夜间气温与大样方人工下垫面比重的相关系数均明显大于中心样方, 冬昼略有提高, 而夏昼稍有下降。

(3) 四个时相的大样方相关系数以夜间最高, 在显著性水平  $\alpha = 0.01$  时, 线性相关也非常显著, 而白天较低, 即使  $\alpha = 0.05$  的水平, 线性相关也不显著。

(4) 定由上可以肯测, 点气温与大小样方的人工下垫面比重之间的相关程度是因时相而不同的。夏夜和冬夜的测点气温不仅受大体 500 米半径范围内下垫面结构的影响, 也受 1500 米半径范围内下垫面结构的深刻影响。而在白天, 大样方下垫面结构则对测点气温影响很小或几乎没有影响。

这一关系产生的原因, 我们初步认为, 仍然要从不同时相城市热岛强度和城、郊的热效应差异中寻找。

3. “绿化很好的建筑区”(04)对城市气温的影响

城市绿地, 尤其在夏季, 具有明显的降温作用, 这是人所共知的。在我们获得的资料中还注意到几个在下垫面结构中“绿化很好的建筑区”比重较大的几个观测点气温显著偏

表 2 含有“绿化很好的建筑区”的若干测点的气温比较

| 测 点 名 | 中心样方人工下垫面 |          | 外围样方人工下垫面% | 夏季温度(°C) |      | 冬季温度 (°C) |     |
|-------|-----------|----------|------------|----------|------|-----------|-----|
|       | %         | 其中 04 类% |            | 白 天      | 晚 上  | 白 天       | 晚 上 |
| 四 道 口 | 100       | 74       | 54.5       | 34.6     | 27.9 | 7.0       | 3.6 |
| 陈 各 庄 | 100       | 35       | 39.4       | 35.9     | 28.4 | 7.9       | 4.2 |
| 王府井南口 | 98        | 22       | 98.0       | 35.1     | 29.2 | 8.2       | 6.9 |
| 交 道 口 | 100       | 0        | 91.0       | 36.4     | 29.5 | 7.6       | 5.5 |

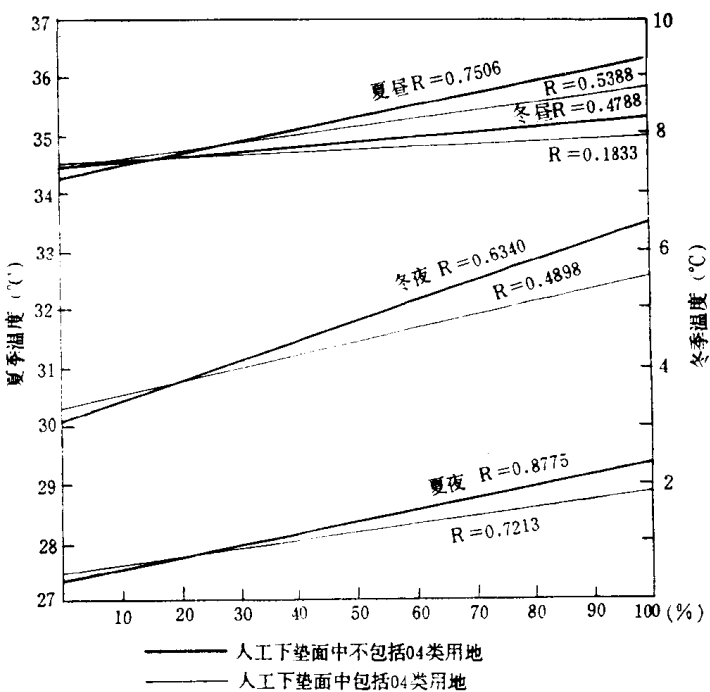


图 8 扣除 04 后的人工下垫面比重与气温之间线性回归的比较(中心样方)

低,这类用地具有与绿地相接近的作用,其中几个可比的测点如表 2。在 13 个基本测点中有 8 个测点的中心样方含有这类用地,如果从中心样方人工下垫面中剔除“绿化很好的建筑区”,把它归入自然下垫面,则所得的各时相气温与中心样方人工下垫面比重(不包括 04)之间的回归方程的斜率( $b$ )有不同程度的增加(图 8),气温与大样方不包括 04 类用地在内的人工下垫面比重之间的回归方程的  $b$  值也全有增加的趋势,只是因为在大样方中,04 类下垫面的比重比中心样方比重要小得多,所以  $b$  值上升的幅度也低一点。

当从人工下垫面中扣除 04 类用地后,除斜率  $b$  值有上升外,人工下垫面与气温之间的相关系数也都提高了(表 3)。

表 3 人工下垫面剔除 04 类用地后相关系数的对比

|     | 中心样方人工下垫面 |        | 大样方人工下垫面 |        |
|-----|-----------|--------|----------|--------|
|     | 包括 04     | 不包括 04 | 包括 04    | 不包括 04 |
| 夏 夜 | 0.7213    | 0.8775 | 0.8925   | 0.9251 |
| 冬 夜 | 0.4898    | 0.6340 | 0.7439   | 0.7796 |
| 夏 昼 | 0.5388    | 0.7506 | 0.5274   | 0.5937 |
| 冬 昼 | 0.1833    | 0.4788 | 0.3395   | 0.4509 |

上述的统计分析表明,假如北京市区没有绿化很好的建筑区,城市的热岛强度有增加趋势,而且在这种情况下,测点气温与大样方或中心样方内高、中密度建筑区所占的比重之间有更密切的线性相关,图 9 是其中相关性最高的一例。显然,“绿化很好的建筑区”在城市气温的形成中,和其它类型的人工下垫面不同,无论冬夏它都是一种降温因素,而不是增温因素。它的热效应性质与绿地更接近。因此用人工下垫面比重来解释或预测一地城市气温时,把绿化很好的建筑区看作降温因素而并入自然下垫面将更符合实际情况。

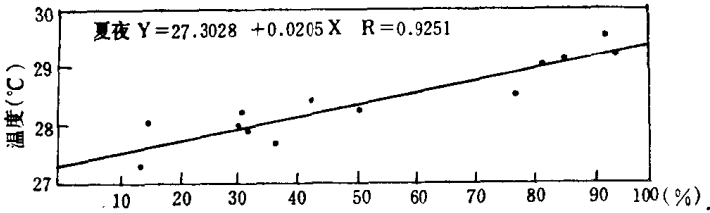


图 9 夏季晚上测点气温与大样方人工下垫面比重(不含 04)线性回归的散点图

#### 4. 水面的作用

一定面积的水体在夏季具有消暑降温的作用,特别是城市建筑完成区内的水体周围,在夏季常常是城市热岛中的一个低温区<sup>1)</sup>,北京的情况也是如此。

冬季的水体对气温起什么作用? 根据我们 1982 年 2 月底的观测和分析,河湖在已经解冻的状况下,水体表现出明显的增温作用。在包括 13 个辅助点在内的 26 个测点中,中心样方内水面大于 10% 的有 8 个点,没有水面或水面不足 10% 的有 18 个点,对这 18 个点的气温与中心样方人工下垫面比重作回归(图 10),再把另外 8 个水面比重较大的点与

1) 张景哲: 芜湖市的风象与城市气温,地理学论文集,第一辑,北京大学,1981。

这条回归线相比,在冬夜全部表现出较大的正偏差,各点的气温比不受水面影响或影响很小的各点回归线的计算值平均要高 1.26℃。冬季白天增温幅度较低,比计算值平均高 0.36℃。可见城市水体对气温的调节具有多么巨大的作用!当然这里说的只是北京冬季河湖已经解冻的情况,封冻时的水体热效应我们尚未获得必要的资料。

“水面”(12)和“绿化很好的建筑区”(04)对城市气温影响的分析启示我们,气温与下垫面结构的关系分析要十分注意下垫面的热效应性质。前面曾提到冬夜和冬昼气温与中心样方人工下垫面比重之间的相关性相当低,如果现在在中心样方人工下垫面比重中减去降温要素04类用地,加上增温要素12类用地,用冬季具有增温作用的全部下垫面比重之和分别和冬昼与冬夜的测点气温作回归分析,其相关系数有明显提高(表 4)。

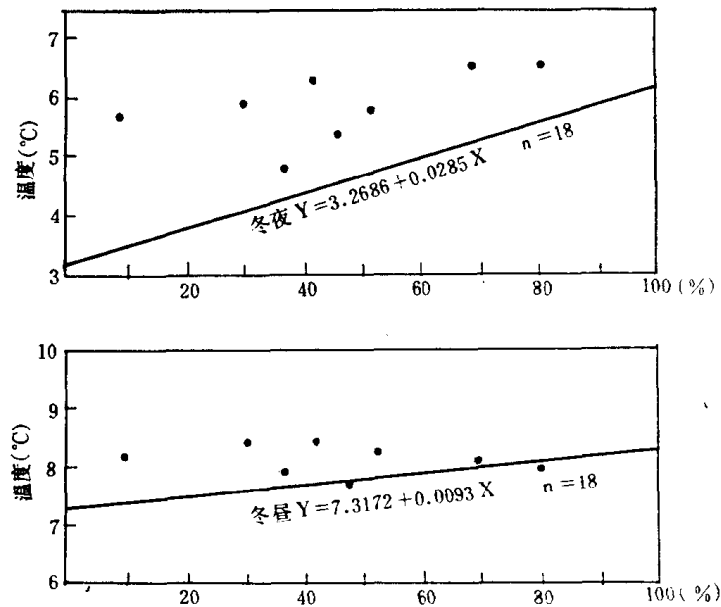


图 10 冬季解冻水体对附近测点的增温效应

表 4 气温和各类用地%的回归分析

|     | 气温与 B 类用地%的回归 |       | 气温与 (B - 04 + 12) 用地%的回归 |                    |
|-----|---------------|-------|--------------------------|--------------------|
|     | R 值           | 显著性检验 | R 值                      | 显著性检验              |
| 冬 夜 | 0.4898        | 不显著   | 0.7499                   | $\alpha = 0.01$ 显著 |
| 冬 昼 | 0.1833        | 不显著   | 0.5733                   | $\alpha = 0.05$ 显著 |

## 四、结论与展望

1. 卫星象片图象对城市下垫面结构的反映繁简适宜,是城市气候研究的良好工具。我们使用卫星象片的尝试证明,采用目视判读量测下垫面结构,数据资料分别进行回归分析的方法程序是可行的。如果测点增加,样方范围扩大,下垫面结构全部按细类计算,分析精度还可提高,可能还会有新的发现。但是这样,目视判读卫星象片的工作量就过大,今

后需用计算机对卫星象片图作象元分类加以解决。

2. 城市气温和测点周围人工下垫面比重的相关程度,随不同时相而变化。总的说来,就季节变化而论,二者之间的相关性夏季大于冬季,表现在夏夜时的相关性大于冬夜,夏昼时的相关性大于冬昼;就日变化而论,晚上二者之间的相关性大于白天,这表现在夏夜大于夏昼,冬夜大于冬昼。其中以夏夜的相关性最大,冬昼的相关性最小,而且无论对中心样方或大样方,无论对样方中包括或不包括“绿化很好的建筑区”等各种情况均属一样。

3. 城市气温与测点周围人工下垫面之间的相关程度随周围面积之大小而有变化。总的说来,夜间的相关系数是大样方大于中心样方,表现在无论是冬夜或夏夜,也无论是样方中包括或不包括“绿化很好的建筑区”均如此,其中以夜间气温与不包括 04 类用地的大样方人工下垫面比重相关性最高。而在白天,相关系数一般中心样方大于大样方,表现在气温与不包括 04 类用地的中心样方人工下垫面比重的相关系数均高于包括或不包括 04 类用地的各个大样方的相关系数。

4. 测点气温究竟受多大范围内下垫面结构的影响,应该通过更多的各时相不同半径范围内下垫面结构的对比分析才能确定,目前下结论还为时过早。但根据对北京的初步分析可以认为,夏昼和冬昼的测点气温差异用 500 米半径范围的下垫面结构来解释是合适的<sup>1)</sup>,而在夏夜和冬夜以 1500 米半径范围为好。T. J. Chandler 的结论对于伦敦秋夜也许是正确的,但是把这一结论引用到其它时相和地理环境不同的其它城市可能是不恰当的。

5. 通过不同时相、不同半径范围下垫面结构与测点气温的分析,可以肯定,城市气温和郊区气温的差异在很大程度上取决于人工下垫面和自然下垫面的组成结构。城市气温代表了以人工下垫面占优势的环境下的温度,气温随测点周围人工下垫面比重的上升而上升。但是这种相关趋势的显著程度变化极大( $R$  值从 0.9251—0.1833),概括各种情况的基本规律为:

$$\begin{array}{ccccccc} & \text{夏夜} & > & \text{冬夜} & > & \text{夏昼} & > & \text{冬昼} \\ R \text{ 值} & \text{大于 0.80} & & \text{大于 0.60} & & \text{大于 0.50} & & \text{小于 0.50} \end{array}$$

由于人工下垫面中的绿化很好的建筑区具有降温效应,水面在不同季节具有增温或降温的不同热效应,因此位于大面积水体和大面积绿化很好的低密度建筑区附近的测点气温可能偏离上述规律性。

## 参 考 文 献

- [1] T. J. Chandler, Urban Climatology and its Relevance to Urban Design, WMO No. 438, 1976.
- [2] A. H. Auer Jr., Correlation of Land Use and Cover with Meteorological Anomalies, J. Appl. Meteorology, 17: 636—643, 1978.
- [3] G. A. Marotz and J. C. Coiner, Acquisition and Characterization of Surface Material Data for Urban Climatological Studies, J. Appl. Meteorology, 12: 919—923, 1973.
- [4] 张景哲、周一星、刘继韩: 从小气候看天安门广场的绿化, 建筑学报, 1982年, 第 12 期。
- [5] 周明煜等: 北京地区热岛和热岛环流特征, 环境科学, 1980 年, 第 5 期。

---

1) 我们还做过四个时相的测点气温与 300 米半径范围人工下垫面比重(包括 04 和 不包括 04)间的相关分析, 结果相关系数均小于中心样方和大样方。因此, 500 米半径的结论对冬昼和夏昼可以成立。300 米半径下垫面结构的回归分析, 因篇幅所限从略。

# 北京城市环境和热岛

徐兆生 周树秀

(中国科学院地理研究所)

## 一、引言

城市热岛国外研究得较早较多<sup>[1]</sup>。近年来我国气象工作者和地理工作者也做了一些工作。由于我国正处在发展和建设时期,工业的布局,城市的合理规划与改建,环境的保护等课题都迫切需要城市气候工作者做出应有的贡献。本文根据北京市的远、近郊、首都机场、西郊机场等 23 个气象台站 1961—1981 年的观测资料(石景山、海淀、西郊机场建站时间较晚,仅有 4—7 年资料),以及国家气象局的五塔寺观象台 1953 年 6 月—1979 年 4 月(其中缺 1969 年 1 月—1972 年 6 月)资料和我们自建的 6 个观测点的资料。通过比较分析,从多年平均状况、季节分布、月及时的变化等现象,讨论了北京市区城市热岛的时空分布特征。

## 二、城市热岛特征

北京的城市热岛,无论从多年平均值,还是短期的观测值来分析,都是很明显的。北京城区存在着高温中心,这个高温中心,不仅仅出现在稳定的天气或某一时段中,而且多年平均的气候资料中也有充分的反映,其强度存在着明显季节变化和日变化。

### 1. 北京西郊五塔寺的气温变化

如何评价城市对气候的影响,当前大都采用:(1)同期的城市和农村差;(2)同期的上风区和下风区差;(3)同期的城、乡区域比较等。这些方法按照 Lowry<sup>[2]</sup>的意见都混有其它地理和自然变化的因子在内,不能充分说明城市的影响,最好的方法是作城市化前后的对比。有幸的是,五塔寺站点满足这个要求。五塔寺观象台,位于北京西直门外国家气象局院内,建立于 1953 年 6 月,当时周围比较开阔,建筑物较少,是能满足建站时的代表性、准确性和比较性要求的。随着年代的增长,城区建筑不断扩大,该站逐渐被建筑物所包围,以至于 1979 年 5 月不得不停止观测。从五塔寺 24 年(实际用 21 年完整资料)的观测资料分析中,可以清楚地看出人类活动特别是城市化对空气温度的影响。

从多年平均值来看,七十年代的平均温度比五十年代高出  $0.9^{\circ}\text{C}$ 。即近 30 年来年平均气温增高  $1.0^{\circ}\text{C}$  左右(表 1)。可以认为城市环境对温度的影响。假如比较同期的五塔寺和远郊区县台站的资料更能说明这点(表 2)。五塔寺 1975—1979 年比 1961—1968 年年平均气温增高  $0.4^{\circ}\text{C}$ ,而远郊区的顺义、怀柔、房山、延庆同期平均气温不但没有升高,还

有降低的趋势。由此可见城市化的影响明显存在。

表 1 五塔寺观象台年平均气温(°C)

| 1954—1960 年 | 1961—1968 年 | 1975—1979 年 |
|-------------|-------------|-------------|
| 11.4        | 11.9        | 12.3        |

表 2 五塔寺和远郊区年平均气温比较(°C)

| 年 代       | 五塔寺  | 顺义   | 怀柔   | 房山   | 延庆  |
|-----------|------|------|------|------|-----|
| 1961—1968 | 11.9 | 11.6 | 11.8 | 11.8 | 8.6 |
| 1975—1979 | 12.3 | 11.6 | 11.7 | 11.7 | 8.5 |

再从季节平均温度的变化来看,也显示出城市化造成的升温现象。从表 3 可以看出,一年中各季都出现增温现象。七十年代和五十年代相比,冬季增温最大,差 1.1°C。其次是春季和秋季,均为 0.9°C。夏季为 0.5°C。从气候平均来看,城市环境对夏温的作用较小。这个结果和城市热岛以冬季最明显,夏季小是相一致的。

表 3 五塔寺四季的平均气温(°C)

| 年 代       | 冬 季  | 春 季  | 夏 季  | 秋 季  |
|-----------|------|------|------|------|
| 1953—1960 | -3.2 | 12.4 | 24.7 | 11.8 |
| 1961—1968 | -2.6 | 13.2 | 25.0 | 12.2 |
| 1975—1979 | -2.1 | 13.3 | 25.2 | 12.7 |

由于全球性增温大致到 1945 年为止,1945 年以后则是全球性的降温<sup>[3]</sup>。而我们所采用的是全球降温时期的资料,所以是否是由于气候变化引起的升温问题可以排除。对比北京远、近郊同时期资料也可以说明这一点。表 4 为 1961—1970 年和 1971—1980 年各站前后 10 年平均温度状况,在近郊区都出现温度升高。而远郊区则无变化或降温(如昌平、平谷、密云)。近郊区的这些站都处在城市主要影响范围内,它们的升温是城市化的结果。而远郊区这些站前后各 10 年平均气温无变化或降温,充分证明气候变化的因素可以排除。而五塔寺及近郊的增温现象是由城市环境影响所造成的。

表 4 北京近郊和远郊各气象站的年平均温度(°C)

| 年 代         | 近 郊  |      |      |      |      | 远 郊  |     |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|             | 大兴   | 朝阳   | 丰台   | 机场   | 平均   | 房山   | 延庆  | 怀柔   | 门头沟  | 通县   | 昌平   | 密云   | 平谷   | 平均   |
| 1961—1970 年 | 11.2 | 11.4 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.6 | 8.4 | 11.6 | 11.7 | 11.3 | 11.8 | 10.9 | 11.5 | 11.1 |
| 1971—1980 年 | 11.7 | 11.7 | 11.5 | 11.5 | 11.5 | 11.6 | 8.4 | 11.6 | 11.7 | 11.3 | 11.7 | 10.7 | 11.3 | 11.0 |

## 2. 城市热岛的空间特征

根据 1961—1980 年,年平均气温资料分析,可以看出北京市郊较大范围内温度分布