

北京城市气温与下垫面结构 关系的时相变化^{*}

张 景 哲 刘 启 明
(北京大学地理系)

提 要

城市气温与城市下垫面结构的关系,是城市气候研究的关键性课题之一。本文利用 1982 年在北京市区 30 个观测点上所测得的春、夏、秋、冬四季昼夜八个时相的气温记录和 1983 年 5 月航测的北京市区下垫面资料,用多元回归和逐步回归的方法,对北京城市气温与下垫面结构的关系作了分析。分析结果表明:城市气温和城市下垫面结构中绿地、建筑物、水域三要素的相关程度,随着季节和昼夜的变化而变化。绿地的降温作用以夏季白天为最明显,建筑群的增温作用以冬季夜间为最明显。因为所有测点周围 500m 范围内都没有面积较大的水体,各时相气温与水域的相关程度都很小,这清楚地说明:城市内的小面积水体对其周围的气温并没有明显的调剂作用。

关键词 城市气候 北京 城市气温 城市下垫面结构 时相变化 多元
回归

一、引 言

城市气温与城市下垫面的关系是了解城市温度环境的关键科研课题之一。对这一课题的研究可以采用两种不同的方法:一种是在小尺度范围内观测研究某种下垫面影响气温变化的规律和机制;另一种是利用分布在整个城市范围内的大量观测点的气温记录和测点周围一定范围内的下垫面结构资料,进行二者之间的相关分析。采取后一种方法的为数较少,这主要是因为在城市内大量布点观测困难大,而且城市下垫面结构的资料也不易取得。1983 年我们曾用后一种方法对北京城市气温和下垫面结构的关系作初步分析,发现二者之间的关系因时相不同而变化^[1]。当时只用了冬夏两季昼夜四个时相的气温资料,所用的下垫面结构资料主要靠目视释译卫星象片得来的,而且只作了简单回归分析。本文在这个基础上,用春、夏、秋、冬四季昼夜八个时相的气温记录,和新的航测下垫面资料,选出与气温变化有密切关系的绿地、建筑和水域三种下垫面组成要素,采用多元回归分析法,对这一课题作了进一步的研究。

^{*} 尹红同志参加本课题的部分工作,特表感谢。

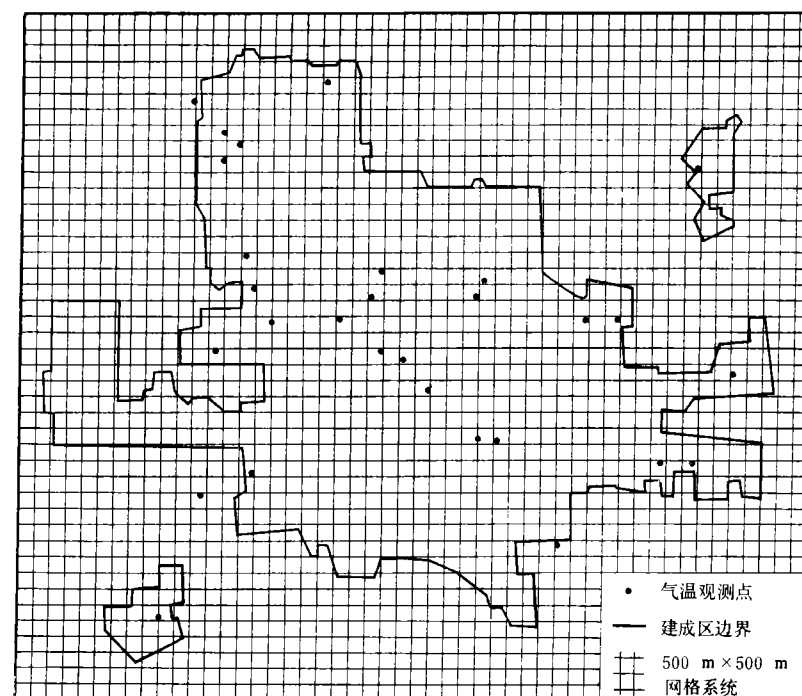
二、资 料 来 源

本文所用的原始资料包括两大部分：(一)下垫面结构资料。(二)气温观测资料。

下垫面结构资料是由北京市园林科学研究所提供的。用 1983 年 5 月的航片计算出来的以 $500\text{m} \times 500\text{m}$ 为单元的绿地覆盖率数据、以及建筑用地、水域、绿地三种下垫面因子的覆盖率等级图。三者皆按覆盖率大小分为 7 个等级(表 1)。

表 1 三种下垫面的覆盖率等级
Tab. 1 Grades of coverage of three types of urban surface in Beijing

下垫面 覆盖 率 等级	绿地	建筑	水域
1	0	0	0
2	<2.4%	<8%	<0.8%
3	2.4%—4%	8%—24%	0.8%—1.6%
4	4.1%—8%	24.1%—40%	1.61%—2.8%
5	8.1%—12%	40.1%—60%	2.81%—4%
6	12.1%—20%	60.1%—80%	4.1%—8%
7	>20%	>80%	>8%



北京市气温观测点位置图
Distribution of observation sites in Beijing

北京城市气温资料取自北京大学地理系城市气候小组 1982 年的实测记录。从 16 天的观测记录中选用了 4 月 23 日 14 时和 21 时, 7 月 1 日 14 时和 22 时, 10 月 14 日 14 时和 21 时以及 2 月 26 日 14 时和 21 时实测气温, 分别代表北京春、夏、秋、冬四个季节的白天和夜晚共八个不同时相的气温环境。为了尽量减少天气因素变化对气温的影响, 从而能更好的说明下垫面对气温的影响, 所选用的这些气温资料都是基本相同的天气状况(即晴天无云、风速 1—3m/s) 下测得的, 虽然测温日期和 1983 年 5 月航测下垫面的日期相隔 7—14 个月, 但因在这段不长的时期内, 北京的下垫面结构, 特别是各测点四周 500m 范围内的下垫面结构并没有明显的变化, 所以用这两组资料进行相关分析还是可行的。有这八个时相气温观测记录的共有 30 个测点, 几乎全部在建成区内(图 1)。这些测点大都落在 500m × 500m 的方格边缘。如果以测点所在的 500m × 500m 方格内的下垫面结构的数据为依据来计算下垫面结构对城市气温的影响, 会产生误差。因此, 我们用大体以测点为中心的 1000m × 1000m 范围内下垫面结构的数据, 分别计算出在 1000m × 1000m 方格内的绿地覆盖率、建筑覆盖率等级和水域覆盖率等级。

三、多元统计分析法的分析程序

为了研究下垫面结构中绿地、建筑和水域三个因子对气温的影响, 我们试图用多元回归和逐步回归方法加以分析。

1. 建模方法 设某个要素 y 受 k 个要素 x_1, x_2, \dots, x_k 的影响, 其内在联系是线性关系。通过 N 组观测, 得到一组数据为 $(y_\alpha, x_{\alpha 1}, x_{\alpha 2}, \dots, x_{\alpha k}), \alpha = 1, 2, \dots, N$ 。设多元回归的数学模型为:

$$y_\alpha = \beta_0 + \beta_1 x_{\alpha 1} + \beta_2 x_{\alpha 2} + \dots + \beta_k x_{\alpha k} + \varepsilon_\alpha$$

通过最小二乘法对 β 的估计, 可以得到回归模型:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i$$

y 代表城市中测点气温值, x 为下垫面结构因子指标。

2. 显著性检验 为了衡量城市测点气温与下垫面诸因子的相关性是否显著, 通常用 F 检验法或用复相关系数来衡量。本文采用前者。

3. 灵敏度分析和控制变量的选择 在研究中, 需要衡量各自变量 x_i 对 y 的影响程度。由于本文中 x_i 的单位不同, 所以不能通过偏回归系数 b_i 来比较。我们选用了标准回归系数 B_i 这一指标。

$$B_i = b_i \sqrt{\frac{l_{jj}}{l_{yy}}}$$

其中: $l_{jj} = \sum_{\alpha=1}^N (x_{\alpha j} - \bar{x}_j)^2$, $l_{yy} = \sum_{\alpha=1}^N (y_\alpha - \bar{y})^2$, $|B_i|$ 越大, 则 x_i 对 y 影响越大。一般情况下, 选择 $|B_i|$ 较大的因子作为控制变量。

4. 最优方程的建立 多元回归所建立的方程不能只看复相关系数的高低, 因为复相关系数的高低只能衡量所有自变量作为一个整体与 y 的相关程度, 不能保证所选入的各

因子都与因变量有较好的相关性。而一个合理的回归方程应该只包括显著的因子,对不显著的因子要进行剔除,建立所谓“最优方程”。而建立“最优方程”的有效工具便是逐步回归。我们根据逐步回归的思路,引进统计量 $T_i = \frac{\sqrt{P_i}}{S}$ (S : 剩余标准差, P_i : 偏回归平方和) 对给定的置信度 α 查自由度为 $n - k - 1$ 的 t 分布表, 得出临界值 t_α , 若统计值 $|T_i| \geq t_\alpha$, 则偏回归系数 b_i 与零有显著差异, 故可将 x_i 保留在方程中, 否则应把 x_i 去掉, 重新建立回归方程。一般来讲:

$T_i > 2$, 则认为 x_i 为重要因子

$T_i > 1$, 则认为 x_i 对 y 有一定影响

$T_i < 1$, 则认为 x_i 对 y 影响不大, 可以剔除

以上步骤是本文所用多元回归方法的全过程。

四、北京夏昼和夏秋城市气温与下垫面结构的典型分析

本文把北京市 1982 年春、夏、秋、冬四季, 昼夜八个时相, 位于建成区内的 30 个测点实测气温作为因变量。自变量则分别为测点周围 1000m \times 1000m 内的绿地覆盖率、建筑和水域的覆盖率等级即: y : 测点气温; x_1 : 绿地覆盖率, x_2 : 建筑覆盖等级, x_3 : 水域覆盖等级。建立多元回归方程:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^3 b_i x_i$$

现以 1982 年 7 月 1 日 14 时和 22 时的两个回归方程为例, 对它们的分析步骤作一完整的介绍。

(一) 夏昼 (1982 年 7 月 1 日 14 时)

1. 相关矩阵分析 相关矩阵反映了 y 与 x_1, x_2, x_3 四个变量之间两两相关的程度, 一般以两个变量之间的相关系数表示。具体结果如下 (对称矩阵)

$$\begin{matrix} & y & x_1 & x_2 & x_3 \\ \begin{matrix} y \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & & & \\ -0.75 & 1 & & \\ 0.472 & -0.437 & 1 & \\ -0.157 & 0.184 & -0.495 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

分析以上相关矩阵, 可以得出以下结论:

(1) 绿地和水域与测点气温呈负相关关系, 而建筑与之成正相关。

(2) 就与测点气温相关性大小而言, 绿地 ($|-0.75|$) > 建筑 ($|0.472|$) > 水域 ($|-0.157|$)¹⁾。

2. 利用多元回归和逐步回归方程进行气温与下垫面结构关系的统计分析多元回归方程为:

1) 水域与气温的相关性不明显, 将在第五节中加以说明。

$$y = 27.618904 - 0.093049x_1 + 0.231699x_2 + 0.027181x_3$$

$$R = 0.77 \quad B_1 = -0.67 \quad T_1 = 4.8$$

$$S = 0.581 \quad B_2 = 0.22 \quad T_2 = 1.4$$

$$F = 12.626 \quad B_3 = 0.08 \quad T_3 = 0.55$$

(1) 显著性检验 在 $\alpha=0.01$ 的水平下, $F_\alpha=4.64$ $\therefore F > F_\alpha$, 故回归方程显著相关。

(2) 影响因素主次的判别 由 B_i 可知, 下垫面结构三要素对测点气温的影响: 绿地 ($|-0.67|$) > 建筑 ($|0.22|$) > 水域 ($|0.08|$)¹⁾。

(3) 因子贡献分析

$T_1 > 2$, 可以认为绿地对测点气温有显著影响。

$T_2 > 1$, 建筑对测点气温有一定影响。

$T_3 < 1$, 水域对测点气温影响很小。

根据因子贡献分析, 对变量 x_3 予以剔除, 得到回归方程:

$$y = 27.942958 - 0.093493x_1 + 0.188688x_2$$

$$R = 0.767 \quad B_1 = -0.67 \quad T_1 = 4.89$$

$$S = 0.573 \quad B_2 = 0.18 \quad T_2 = 1.3, \quad F = 19.282$$

该方程为所选变量下的最优方程。

利用多元回归方程, 可以分别算出绿地和建筑两个因子对测点气温的具体影响程度:

I. 当其它条件不变时, 测点周围绿地覆盖率增加 10%, 测点夏昼气温下降约 $0.093 \times 10 = 0.93^\circ\text{C}$;

II. 当其它条件不变时, 建筑覆盖增加一个等级, 则测点夏昼气温将升高 0.23°C 。

(二) 夏夜 (1982 年 7 月 1 日 22 时)

1. 相关矩阵分析 相关矩阵数值如下:

$$\begin{array}{c} y \quad x_1 \quad x_2 \quad x_3 \\ \begin{array}{c} y \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{array} \begin{bmatrix} 1 & & & \\ -0.435 & 1 & & \\ 0.263 & -0.437 & 1 & \\ -0.018 & 0.184 & -0.485 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

可以看出, 夏夜下垫面结构各因子与测点气温的相关性质与夏昼相比并没有改变, 只是与气温的相关性有不同程度的降低。这可能是因为夜间绿地蒸腾作用大大减弱, 缩小了绿地和建筑物对气温影响之差别的结果。

2. 利用多元回归方程和逐步回归方程, 进行气温与下垫面结构关系的统计分析 多元回归方程为:

$$y = 24.735854 - 0.060253x_1 + 0.182893x_2 + 0.049722x_3$$

$$R = 0.457 \quad B_1 = -0.39 \quad T_1 = 2.02$$

$$S = 0.896 \quad B_2 = 0.16 \quad T_2 = 0.71$$

$$F = 2.289 \quad B_3 = 0.13 \quad T_3 = 0.66$$

(1) 显著性检验 在 $\alpha=0.1$ 水平下, $F_\alpha=2.31$, $\therefore F < F_\alpha$, 即方程在 α 水平下

1) 同上页脚注。

不显著。不难推得：夏夜与夏昼相比，测点气温受下垫面结构的影响程度有所降低。

(2) 影响因素主次的判别 有与夏昼完全一致的趋势，即对气温的影响程度：绿地>建筑>水域。

(3) 因子贡献分析

$T_1 > 2$ ，绿地为重要影响因素

$T_1, T_3 < 1$ ，可将 $x_2、x_3$ 剔除

得到逐步回归方程：

表 2 北京四季昼夜的城市气温与城市下垫面结
Tab. 2 Values of R, S, F, B_i and T_i in multiple regression and stepwise regression in Beijing by day and

A. 夏季 (7月1日) (Summer: July 1)

时 间 回 归	昼 (Day) (4:00)	夜 (Night) (22:00)
多元回归	$y = 27.618904 - 0.093049x_1 + 0.231699x_2 + 0.027181x_3$ $R = 0.77; S = 0.581; F = 12.626$ $B_1 = -0.67; B_2 = 0.22; B_3 = 0.08$ $T_1 = 4.8; T_2 = 1.4; T_3 = 0.55$	$y = 24.735854 - 0.06253x_1 + 0.1828x_2 + 0.049722x_3$ $R = 0.457; S = 0.896; F = 2.289$ $B_1 = -0.39; B_2 = 0.16; B_3 = 0.13$ $T_1 = 2.02; T_2 = 0.71; T_3 = 0.66$
逐步回归	$y = 27.942958 - 0.093493x_1 + 0.188688x_2$ $R = 0.767; S = 0.573; F = 19.3$ $B_1 = -0.67 \quad T_1 = 4.89$ $B_2 = 0.18 \quad T_2 = 1.3$	$y = 26.073259 - 0.067064x_1$ $R = -0.435; S = 0.874; F = 6.545$ $B_1 = -0.44 \quad T_1 = 2.56$
注*	$F_{\alpha=0.01} = 4.64 \therefore F > F_{\alpha}$ \therefore 该方程在 $\alpha = 0.01$ 水平显著相关	$F_{\alpha=0.1} = 2.31 \therefore F < F_{\alpha}$ \therefore 该方程在 $\alpha = 0.1$ 水平相关不显著

* 注为多元回归相关性检验(下同)

C. 秋季 10月14日 (Autumn: Oct. 14)

时 间 回 归	昼 (Day) (14:00)	夜 (Night) (21:00)
多元回归	$y = 18.109084 - 0.055444x_1 - 0.02003x_2 + 0.155527x_3$ $R = 0.633; S = 0.559; F = 5.787$ $B_1 = -0.5; T_1 = 2.97$ $B_3 = -0.07; T_3 = 0.42$ $B_2 = 0.19; T_2 = 0.97$	$y = 12.225818 + 0.008174x_1 + 0.505x_2 - 0.094851x_3$ $R = 0.649; S = 0.684; F = 6.31$ $B_1 = 0.06; T_1 = 0.36$ $B_2 = 0.49; T_2 = 2.58$ $B_3 = -0.28; T_3 = 1.64$
逐步回归	$y = 17.87028 - 0.055118x_1 + 0.18722x_2$ $R = 0.629; S = 0.551; F = 8.861$ $B_1 = -0.5; T_1 = 3$ $B_2 = 0.22; T_2 = 1.35$	$y = 12.533686 + 0.47678x_2 - 0.09571x_3$ $R = 0.647; S = 0.672; F = 9.726$ $B_2 = 0.46; T_2 = 2.71$ $B_3 = -0.28; T_3 = 1.68$
注	$F_{\alpha=0.01} = 4.64 \therefore F > F_{\alpha}$ \therefore 该方程在 $\alpha = 0.01$ 水平显著相关	$F_{\alpha=0.01} = 4.64 \therefore F > F_{\alpha}$ \therefore 该方程在 $\alpha = 0.01$ 水平显著相关

$y = 26.073259 - 0.0067064x_1$

$R = 0.435; S = 0.874; F = 6.545 \quad B_1 = -0.44; T_1 = 2.56$

查相关系数检验表,可知方程在 $\alpha = 0.05$ 水平下相关显著,在其它条件不变时,由多元回归方程可以算得: 当测点周围绿地覆盖率增加 10% 时,测点的夏夜气温将下降 0.6℃。

以上是以 1982 年夏季两个时相为例,所作的多元回归方程分析的全过程。在分析过程中,可以看出相关矩阵分析、因子主次判别分析 (B_i), 因子贡献分析 (T_i) 都可以反映

构关系的多元回归及逐步回归各项值(1982)
analyses for the relationship between urban temperature and urban surface structure
night in four seasons

B. 冬季 (2 月 26 日) (Winter: Feb. 26)

时 间 回 归	昼 (Day) (14:00)	夜 (Night) (21:00)
多元回归	$y = 7.879559 - 0.070922x_1$ $+ 0.239953x_2 + 0.014425x_3$ $R = 0.556; S = 0.856; F = 3.886$ $B_1 = -0.45; B_2 = 0.20; B_3 = 0.04$ $T_1 = 2.48; T_2 = 0.98; T_3 = 0.20$	$y = 4.759543 - 0.071837x_1$ $+ 0.272165x_2 + 0.105386x_3$ $R = 0.583; S = 0.809; F = 4.468$ $B_1 = -0.47; B_2 = 0.24; B_3 = 0.28$ $T_1 = 2.66; T_2 = 1.18; T_3 = 1.54$
逐步回归	$y = 9.603414 - 0.083673x_1$ $R = 0.531; S = 0.842; F = 10.985$ $B_1 = -0.53; T_1 = 3.31$	$y = 4.769543 - 0.071837x_1$ $+ 0.272165x_2 + 0.105386x_3$ $R = 0.583; S = 0.809; F = 4.468$ $B_1 = -0.47; B_2 = 0.24; B_3 = 0.28$ $T_1 = 2.66; T_2 = 1.18; T_3 = 1.54$
注	$F_{\alpha=0.025} = 3.67 \therefore F > F_{\alpha}$ \therefore 该方程在 $\alpha = 0.025$ 水平相关显著	$F_{\alpha=0.025} = 3.67 \therefore F > F_{\alpha}$ \therefore 该方程在 $\alpha = 0.025$ 水平相关显著

D. 春季 (4 月 23 日) (Spring: April 23)

时 间 回 归	昼 (Day) (14:00)	夜 (Night) (21:00)
多元回归	$y = 29.663472 - 0.009193x_1$ $- 0.131606x_2 - 0.132909x_3$ $R = 0.259; S = 1.204; F = 0.623$ $B_1 = -0.05; B_2 = -0.09; B_3 = -0.28$ $T_1 = 0.23; T_2 = 0.38; T_3 = 1.3$	$y = 24.887538 + 0.009467x_1$ $- 0.394573x_2 - 0.0471183x_3$ $R = 0.13; S = 2.513; F = 0.149$ $B_1 = 0.02; B_2 = -0.13; B_3 = -0.05$ $T_1 = 0.11; T_2 = 0.55; T_3 = 0.22$
逐步回归	$y = 28.668831 - 0.116017x_3$ $R = 0.248; S = 1.164; F = 1.837$ $B_3 = -0.25; T_3 = 1.36$	各因子与气温的相关性均不显著, 故方程略去
注	$F_{\alpha=0.1} = 2.31 \therefore F < F_{\alpha}$ \therefore 在 $\alpha = 0.1$ 水平,相关不显著	$F_{\alpha=0.1} = 2.31 \therefore F < F_{\alpha}$ \therefore 在 $\alpha = 0.1$ 水平,相关不显著

下垫面三因子对气温的影响程度,但它们之间也有一定的差别:相关矩阵分析可以反映出下垫面三因子与气温之间,以及三因子之间的相关程度,这种相关是变量两两之间的单因素相关。因子主次的判别反映的是下垫面三因子对气温影响大小的差异,揭示了下垫面三因子同时对气温影响时的主次关系,但它反映不出三因子之间的关系;而因子贡献分析(T_i)与前两者的主要差别在于它能决定哪些因子对气温影响不大,可以剔除,可见上述三种分析法是相互补充验证的。

五、北京城市气温与下垫面结构关系的多时相对比分析

为了清楚了解城市气温与下垫面结构的关系,不仅要每一季节的昼、夜不同时相作细致的分析,而且还必须进行多时相的对比分析,从而得出测点气温与下垫面结构相关关系的时相变化规律。为此,我们对北京春、夏、秋、冬四个季节、八个时相逐一作了多元回归和逐步回归分析(表2)。

另外,还将冬、夏两季绿地和建筑对测点气温影响的具体数值列表(表3),所有数据均按多元回归方程计算所得。通过对表2的分析发现下垫面结构与测点气温的相关程度春季最小,可以说基本无关。这一现象颇令人费解,目前尚难以定论,需要用更多的观测资料加以验证。因此,下面只限于对夏、秋、冬三个季节的对比分析。

1. 夏、秋、冬三季,绿化对气温的影响均很明显 夏、秋两季白天要大于夜晚,而冬天白天和夜晚却相差无几,几乎相等。上述现象是因为夏、秋两季夜晚绿色植物的蒸腾作用大大减弱;冬季北京除极少数的针叶树外,乔灌木全部落叶,草地干枯。绿地白天对气温的影响程度随季节变化的规律是:夏昼最大,冬昼最小。这种趋势与绿地的蒸腾作用夏季最盛、冬季最弱有关。

2. 冬、秋两季建筑对气温的影响夜间大于白天 这是因为冬季取暖夜间达到高峰,而人为热的释放又与建筑密集程度有关。秋季起主导作用的已不是人工热释放量,而是建筑材料的热容量,建筑材料白天贮热,夜间放热,放热的多少也与建筑密度有关。

3. 夏、秋、冬三季水域对气温的影响都很小 主要因为所选测点的 $1000\text{ m} \times 1000\text{ m}$ 范围内都没有较大面积的水体。说明城市内小面积水体对城市气温没有明显调剂作用。

4. 从下垫面结构对测点气温的总体相关性看:

(1) 白天 下垫面结构对测点气温的影响为: 夏昼 ($R = 0.77$) > 秋昼 ($R = 0.633$) > 冬昼 ($R = 0.556$) 造成这一现象的原因从表2不难看出,在不同季节的白天,下垫面结构各因子中均以绿地对气温的影响最大。可以认为:白天测点气温主要受绿地的影响,因而绿地对气温的影响也有如上述的趋势;下垫面结构与气温的总体相关性亦呈上述趋势。

(2) 夜晚 下垫面结构对气温的影响为: 秋夜 ($R = 0.649$) > 冬夜 ($R = 0.583$) > 夏夜 ($R = 0.457$) 这一趋势与白天明显不同。这是由于影响测点气温的下垫面各因子主次发生了变化。夜晚绿地的影响要比白天小,而同时建筑和水域的影响却都比白天有不同程度的提高。这样,夜间对测点气温的影响就不再是以绿地为主,其它两种下垫面因子的作用也相当重要。例如,冬夜大于夏夜,主要是因为冬夜与建筑有关。人工采暖释放

表 3 两种下垫面对气温增降影响的定量计算(℃)
Tab. 3 Decrease (increase) of urban temperature as the result of increase of coverage of green area (building area) in Beijing by day and night in four seasons (℃)

下垫面 季节	绿地覆盖率(%)							建筑覆盖等级						
	10	20	30	40	50	60	70	1	2	3	4	5	6	7
夏昼	-0.93	-1.86	-2.79	-3.72	-4.62	-5.58	-6.51	0.23	0.46	0.69	0.92	1.15	1.38	1.61
夏夜	-0.60	-1.2	-1.8	-2.4	-3.0	-3.6	-4.2	0.18	0.36	0.54	0.72	0.9	1.08	1.26
冬昼	-0.71	-1.42	-2.13	-2.84	-3.55	-4.26	-4.97	0.24	0.48	0.72	0.96	1.20	1.44	1.68
冬夜	-0.72	-1.44	-2.16	-2.88	-3.6	-4.32	-5.04	0.27	0.54	0.81	1.08	1.35	1.62	1.89

的人工热量对气温的影响要比夏夜大得多。

5. 从下垫面各因子在不同季节与气温的相关性(表 4)看：夏、秋、冬三个季节中，绿地均为负相关即为降温作用，建筑为正相关即为增值作用。水域大部分为负相关，而冬季出现了正相关。这是由于冬夜水体贮存的热量向周围大气释放，致使气温升高的结果。

表 4 下垫面三因子与气温的相关系数表
Tab. 4 Correlation coefficients between urban temperature and three types of urban surface in Beijing by day and night in four seasons

相关 系数 下垫面	季节							
	春昼	春夜	夏昼	夏夜	秋昼	秋夜	冬昼	冬夜
绿 地	-0.061	0.074	-0.75*	-0.435	-0.596	-0.204	-0.531	-0.542
建 筑	0.071	0.121	0.472	0.262	0.441	0.593	0.379	0.302
水 域	-0.248	0.021	-0.152	-0.018	-0.258	-0.51	-0.145	0.079

* 下划一道表示 $\alpha = 0.05$ 水平以上相关显著。

六、结 束 语

本文用多元统计分析法研究了北京城市下垫面结构与城市气温之间的关系。这一研究仅是初步探索。但由于样本精度不够，计算的结果可能会有某些误差。如建筑和水域只有覆盖率等级资料而无覆盖率数据，精度显然要差一些。从绿地覆盖率和绿地覆盖率

表 5 两种线性回归方程相关系数对比表
Tab.5 Comparison of two sets of correlation coefficients calculated by using grades of coverage of green areas and percentage of green areas in Beijing by day and night in four seasons

相关 系数 类别	季节							
	夏昼	夏夜	冬昼	冬夜	秋昼	秋夜	春昼	春夜
密度相关	-0.75	-0.435	-0.531	-0.542	-0.596	-0.204	-0.061	0.074
等级相关	-0.604	-0.455	-0.393	-0.525	-0.442	-0.031	-0.113	-0.045

等级与测点气温相关系数的比较(表 5)可知,等级相关较密度相关有降低的趋势,但对多数时相来说,下降的程度并不大。我们认为今后对类似问题作研究时,下垫面结构在可能的情况下,都应采用覆盖率;在采用多元统计分析法研究影响城市气温的因素时,同时考虑下垫面结构和区域天气状况两组因素会更有意义。

参 考 文 献

- [1] 张景哲等,城市气候与城市规划论文集 1—10,科学出版社,1985。
[2] 张尧庭等,多元统计分析引论,科学出版社,1982。

TEMPORAL VARIATIONS IN THE RELATIONSHIP BETWEEN URBAN TEMPERATURE AND THE STRUCTURE OF URBAN SURFACE IN BEIJING

Zhang Jingzhe (Ching C. Chang) Liu Qiming

(Department of Geography, Peking University)

Key words Urban climate; Beijing; Urban temperature; Urban surface structure; Temporal variation; Multiple regression

Abstract

Multiple regression and stepwise regression methods have been used to study the relations between Beijing urban temperature and the structure of urban surface during daytime and nighttime in different seasons. The data used in this study consisted of day and night temperatures observed on 30 observation sites during spring, summer, autumn and winter of 1982, and the coverage of green areas, building areas and water bodies in the 1000 m×1000 m area around each observation site. It was found out that Beijing urban temperature had significant positive correlation with the coverage of building areas and negative correlation with the coverage of green areas, but the degree of correlation varies from day to night and from season to season. It was shown that as the coverage of green areas increased, the decrease of temperature was most obvious in summer daytime, and as the coverage of building areas increased, the increase of temperature was most obvious in winter nighttime. It was also shown that the correlation between temperature and water body was very poor mainly due to the lack of large water body near the observation sites, which means that small water body in urban areas has no significant influence on urban temperature.