

北京城市热状况及热岛形成原因的探讨

徐兆生 沈建桂 王德辉

(中国科学院 地理研究所)
(国家计划委员会)

提 要: 本文利用1982—1985年期间在北京所设的城市气候站观测资料, 讨论了城市热状况, 指出城郊升降温速率的差异、城市建筑物的阻挡作用是形成城市热岛的原因之一。

主题词: 热岛 北京

国内外关于城市温度状况的研究很多, 城市是一个热岛这个意见是一致的。但是得出这个结论大多只是依据短时间的定点观测, 或是短时间的流动观测得出的^[1,2,3]。

在国内外文献中, 城乡温度差最大值出现的季节并不一致, 有的说是冬季, 有的说是秋季, 尚有争论。

由于所用的是短时定点和流动的观测资料, 因此, 关于城市和乡村中温度升降速率是否一致、有何差异。离城中心的远近与热岛强度变化是否有关等这些和城市热岛形成, 热岛的季节变化紧密相关的问题都未见讨论。

鉴于上述, 我们觉得对于城市温度状况, 城乡之间的平均温度, 最高和最低温度的差异, 出现的季节、时间、城乡温度升降的速率, 以及城市热岛形成的原因, 有必要作进一步的研究。

为了弥补过去对城市热状况研究仅用短时(几天)观测资料的不足, 我们自1982年7月起陆续在北京城区, 按照正规气候站的标准, 建立了7个城市气候测点, 从1982年7月—1985年6月积累了近三年的资料, 再加上海淀、朝阳、通县、石景山、丰台、大兴、昌平、房山等同期气象站的温度资料, 探讨了北京城市热状况及其季节变化。

一、北京城郊的温度

我们所讨论的范围, 大致西面以石景山, 东面以通县, 南面以南苑, 北面以清河为界。依据城郊的观测资料, 北京城郊年平均温度 $11.6-13.8^{\circ}\text{C}$ 。以西直门里新街口、东四、东单、崇文门、珠市口、菜市口和复兴门所围地区为热中心, 年平均温度 $>13.5^{\circ}\text{C}$, 自此向外温度递减, 温度等值线的形式与城市建成区的形状大致相吻合(图1)。尽管温度等值线围绕着建成区成闭合形状, 但城区四周的温度状况略有差异, 就我们所取的范围, 城区的外围西部要高于东部。年平均温度二者差 0.6°C (石景山 12.1°C , 通县 11.8°C)。城中心的温度比近郊

石景山约高 1.4°C ，比通县高 2.0°C 。

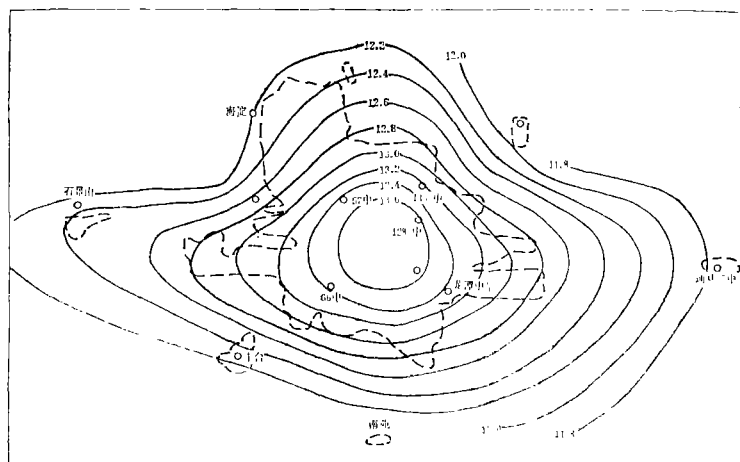


图1 北京城郊年平均温度($^{\circ}\text{C}$)

The annual mean temperature of Beijing city
and its suburbs

冬季(12—2月)，以1月最冷，2月次之，12月最暖。 -2.4°C 等温线所围的范围大致与年平均温度图上热中心所围的地区相一致。西单、天安门、王府井等处，月平均温度 -22°C 左右，温度自中心向周围递减。城区西部、西北角的温度比东部和西南角的温度要高。例如石景山、海淀(北洼村—北京气象台所在地)比通县高 $1.0-1.2^{\circ}\text{C}$ 。图2这和一般的推测(城市的下风方向，由于城市建筑物对西北冷气流的阻挡以及城市释放热羽的作用，可能造成升温)不同。看来城区周围的温度的高低，主要和距建成区远近有关。例如，紧靠城边的海淀北洼村的温度为 -3.7°C ，而离城10公里的通县则为 -4.9°C 。石景山地区，虽然也近10公里，而温度高于通县 1.0°C 。石景山地区的1月温度高，主要有二个原因：一个是

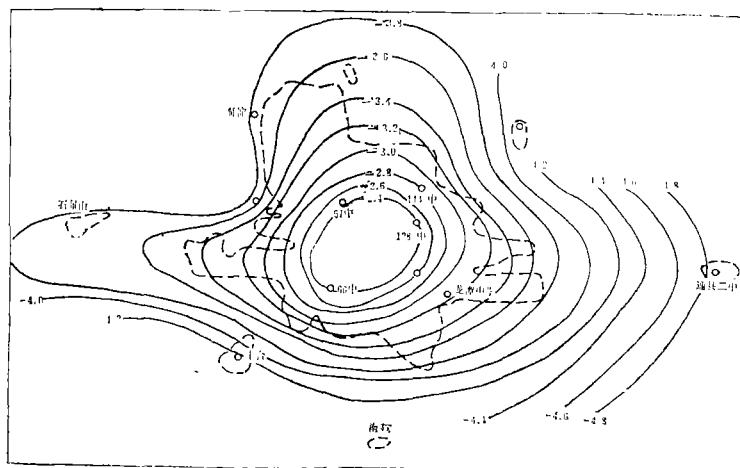


图2. 北京城郊1月平均温度($^{\circ}\text{C}$)

The mean temperature of Beijing city and its suburbs in January

石景山地区本身是一个重工业区，温度已含有城市化的影响；其次该区紧靠山区背风，温度应稍高。

春季（3—5月），城市热岛也很明显，从城市中心向四周递减。等温线分布形式与冬季相似，城郊平均气温3月 $4.2-6.4^{\circ}\text{C}$ ，4月 $13.2-14.8^{\circ}\text{C}$ ，5月 $19.8-22.0^{\circ}\text{C}$ 。春季城区升温较迅速，4月城区繁华商业中心平均气温高于 14.6°C ，5月可升至 22.0°C 左右。而郊外，如通县，丰台，清河等地则分别低于 13.4°C 和 20.0°C 存在明显的热中心（图3）。

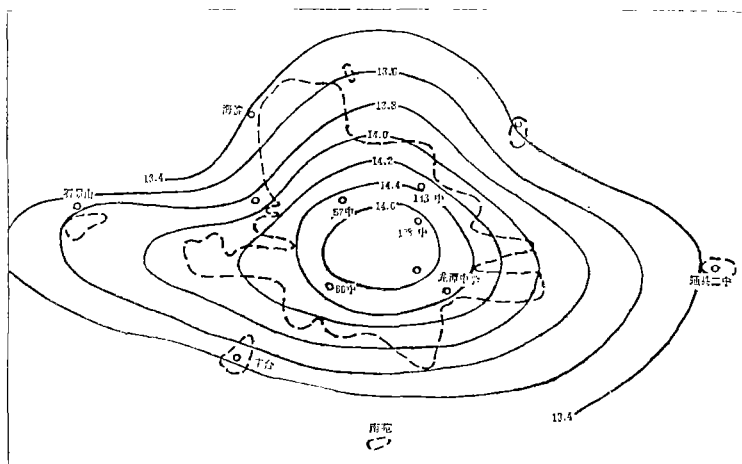


图3 北京城郊4月平均温度($^{\circ}\text{C}$)

The mean temperature of Beijing city and its suburbs in April

夏季（6—8月），城市温度也明显高于郊区，不存在夏季城市热岛不明显现象。温度由城中心向四周减。但城区周围的温度高低和离建成区距离远近的关系，不如冬季月份明显

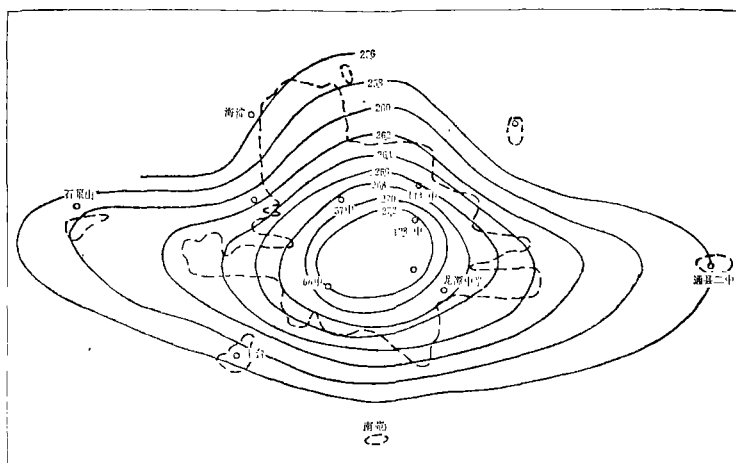


图4 北京城郊7月平均温度($^{\circ}\text{C}$)

The mean temperature of Beijing city and its Suburbs in July

(图4)。例如,离城近的朝阳7月为 25.8°C ,离城较远的通县也为 25.8°C ,6月二站差 0.4°C ,8月只差 0.1°C 。冬季月份(12—1月)二站差 $0.7—1.0^{\circ}\text{C}$ 。这可能是和山脉的挡风作用相似。冬季北京地区多西北风,离城区较近的朝阳相对比通县背风,温度明显高于通县。夏季多南风,这种作用消失,因此,夏季二地的温度差异很小或几乎不存在。

秋季(9—11月)秋高气爽,多晴空。如果说把夏季看作一年中有云条件下的城市热岛状况的话,那么秋季大致可代表晴空的情况,城市热岛的现象也很显著。也就是说北京的城市热岛现象一年四季都存在。9月是秋季中城市热岛现象最显著的月份。城中心部位(东单、前门、西单、西四、地安门所围的地区,9月平均温度 22.2°C 以上,比近郊地区高 2°C 以上(图5)。

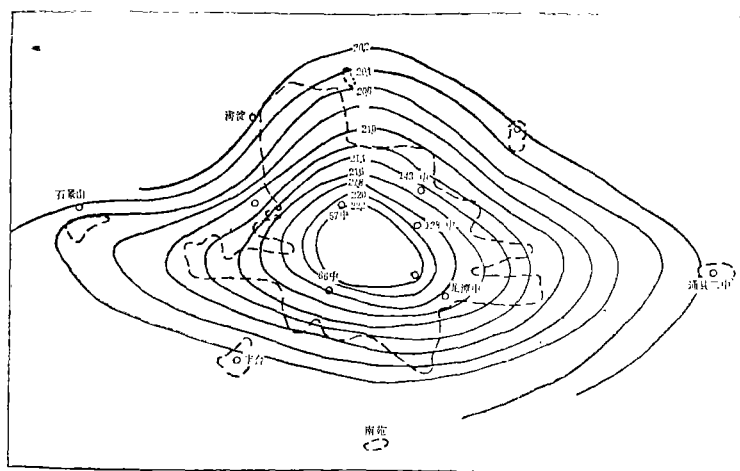


图5 北京城郊9月平均温度($^{\circ}\text{C}$)

The mean temperature of Beijing city and its suburbs in september

二、城郊平均、最高和最低气温的差异

从平均气温来看,北京四季城市热岛现象是明显的。但是,表示城市热岛现象可用不同的温度要素,除平均气温外,还可以用平均最高和平均最低气温等,但它们各自显示的热岛现象略有差异。本节企图通过上述三个要素的对比来表达它们所显示的城市热岛现象。这可使人们对城市热岛现象有更清楚的概念,所给出的城郊差值在实用上也是有意义的。

表1是根据1—12月各月的平均气温,平均最高温度和平均最低温度图上等值线得出的。各图的最里圈的温度作为城区中心温度,以此减去最外圈温度值(即图幅中最低的温度值)即得城区中心和郊区的温差。

从表1看出,城中心在和近郊区的月温差全年摆动在 $1.2—2.4^{\circ}\text{C}$ 之间,即城区中心气温比郊区高 $1.2—2.4^{\circ}\text{C}$ 。最大的温差出现在冬季,1月达 2.4°C 。最小温差出现在春、夏季。

城区和郊区平均最高温度,全年各月也都是城区比郊区高,不过最大温差并不是出现在

冬季, 而是出现在春、夏季节。1 月温差最小, 不足半度 (0.4°C)。过渡季节的月份, 5 月和 9 月, 城郊温差超过 1.5°C 。城郊最高温度的差异, 基本上随着季节而变化的。1 月 0.4°C , 2 月 0.8°C , 至 5 月达 1.6°C , 随后由于多云雨的影响, 温差略为减小, 至 9 月又达 1.6°C , 9 月以后温差又逐渐缩小。就季节而言, 冬季城郊最高温度差值约为 0.7°C , 春季约为 1.3°C , 夏季为 1.3°C , 秋季约为 1.2°C 。这些数字, 对于掌握城区的高温状况, 特别是夏季的高温状况是有用的。

表 1 北京城区中心温度及城区中心和郊区温差 ($^{\circ}\text{C}$)
The temperature (mean, maximum and minimum) of city
center in Beijing and the difference between city center and suburbs

温度 月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
气温	-0.4	-1.4	6.2	14.6	21.8	26.4	27.2	26.2	22.2	15.0	6.6	-0.6
差 值	2.4	1.8	1.8	1.2	1.8	2.0	1.6	1.2	2.0	1.4	1.8	2.2
最高温度	2.6	4.0	12.2	20.8	27.8	31.6	32.2	31.2	28.4	21.0	12.0	5.6
差 值	0.4	0.8	1.0	1.2	1.6	1.2	1.4	1.4	1.6	1.2	0.8	0.8
最低温度	-6.8	-5.4	0.4	8.6	15.8	20.2	22.6	22.0	10.4	10.0	1.6	-3.8
差 值	3.2	3.6	2.2	1.8	2.0	1.8	1.6	1.4	2.0	2.0	2.0	3.2

反映城郊温度差别最大的是最低温度, 它不但温差大, 而且最大温差和最小温差出现的季节与最高温度的情况相反。城郊平均最低温度的差值全年各月在 $1.1\text{—}3.6^{\circ}\text{C}$ 之间。冬季最大, 城区比郊区平均最低温度高 3.0°C 以上, 其次是春、秋季, 约高 2.0°C , 夏季最小约 1.6°C (表 1)。

三、城市热岛和城郊温度升降速率

城区的气温所以高于郊区, 其原因之一是由于城市的结构和下垫面的差异, 这种差异可能导致城郊温度升降速率的不同, 由于升降速率的不同而造成城市热岛强度的差异; 过去对上述问题的研究不够。

(一) 城郊温度升降和下垫面的关系

对春、秋过渡季节城郊温度升降速率的对比分析表明: 3 月—4 月的升温城区比郊区慢; 4—5 月的升温, 城区比郊区快 (表 2)。3—4 月城区的平均升温率为 0.283°C 每天, 郊区为 0.200°C 每天, 这就导致 4 月城市和郊区温差较小, 只有 1.2°C (表 1), 城市热岛强度相对较弱。4—5 月城区平均升温 0.232°C 每天, 郊区升温相对较慢, 平均升温 0.223°C 每天。5 月城郊温差增大, 城市热岛强度也相对增强。城郊温度升降速率的变化和下垫面的吸热和散热的性质有关。城区下垫面组成物质的热容量小, 吸热快失热也快。3 至 4 月辐射强度还没有达到最大值, 地面吸收了辐射转成的热能, 由于散热快, 很快就失去了。因此升温速

率不大。而郊区为土面,热容量相对比城区下垫面大,因此城区的升温速率略小于郊区。4月至5月由于太阳辐射强度增大(5月达到最大值),因此,城区下垫面吸热快而大,使城区的增温速率略快于郊区。这就是4月和5月相比,5月城郊温差大于4月,热岛强度大于4月的原因之一。

表 2 春季月份北京城区和近郊区升温速率(后月减前月)的比较

The rate of temperature raising in the months of
Spring of Beijing city and its suburbs ($^{\circ}\text{C}/\text{d}$)

	城 区			郊 区	
	4—3月	5—4月		4—3月	5—4月
新街口	0.287	0.235	海 淀	0.283	0.229
东 四	0.277	0.223	朝 阳	0.290	0.223
北京站	0.277	0.232	通 县	0.296	0.216
龙潭湖	0.287	0.232	平 谷	0.287	0.229
广安门	0.283	0.235	石景山	0.287	0.219
平 均	0.283	0.232	平 均	0.290	0.223

表 3 秋季月份城区和近郊区降温速率(后月减前月)的比较

The rate of temperature decreasing in the months
of autumn of Beijing city and its suburbs ($^{\circ}\text{C}/\text{d}$)

	城 区			郊 区	
	10—9月	11—10月		10—9月	11—10月
新街口	-0.235	-0.277	海 淀	-0.213	-0.280
东 四	-0.229	-0.283	朝 阳	-0.219	-0.293
北京站	-0.232	-0.283	通 县	-0.210	-0.290
龙潭湖	-0.216	-0.287	平 谷	-0.226	-0.297
广安门	-0.213	-0.273	石景山	-0.229	-0.283
平 均	-0.226	-0.280	平 均	-0.219	-0.290

秋季月份的降温情况和升温情况相反。城区温度的降温率,9—10月大于郊区,10—11月小于郊区(表3)。差异的原因和春季城郊升温速率差异的原因相似,即秋季,9—10月由于太阳辐射减弱,城市表面热容量小,郊区土壤的热容量则大些,因而郊区气温的降温速率小于城区。10—11月,由于太阳辐射强度又减弱,土面的热容量已不再是主要因子,相反,城市表面在白天还能吸收大量的辐射热,再加上城区自身的封闭系统,因此城区降温速率慢,而郊区旷野,风大散热快,郊区降温速率大于城区。

从表3可以看到,9—10月城区的平均降温速率为 -0.226°C 每天,郊区为 -0.219°C 每天,城市温度的降温速度快于郊区,这就导致10月城郊温差减小,热岛强度相对减弱。10—11月则相反,城市的降温速率慢于郊区,于是11月城郊温差又相应增至 1.8°C (表1),城市热岛强度增强。

(二) 热岛强度和城市建筑物的阻挡

城市建筑物的屏蔽阻挡作用对温度空间变化和城郊温度差异都产生了较大影响。一般是建筑物阻挡的地方的温度可能比无阻挡的地方的温度高，阻挡愈多，则温度可能就愈高，热岛强度就愈大。

下面我们以远离城中的距离表示阻挡的程度，并以此来讨论热岛强度和城市建筑物阻挡的关系。图 6 是各月城中心温度和离中心不同距离处温度的差值图。图中横坐标为离城中心（天安门广场）的距离，纵坐标为月份。图中的等值线为温度的差值，可以看出，距市中心愈远，温差愈大。换句话说，就是在有许多建筑物层层阻挡的城中心处温度高，由此向外，随着建筑物阻挡的减少，温度愈来愈下降。如果我们以 30 公里或 20 公里处郊区温度值，向中心每隔 5 公里求取城郊温差，就可发现愈向城中心二者温差愈大，也即热岛强度（以城郊温差来表示）愈强。这种现象是由于城市建筑物阻挡结果。自中心向外，随着城市建筑物的减少，城市热岛强度也随距离增大而减弱。由于受北京建筑区的形状的影响，因而不同方位温度减弱的程度不同。1 月城北 5 公里处，与城中心相比较，温度下降 1.0°C ，城南则约为 0.7°C ，城东为 0.5°C ，而城西则不足 0.5°C 。10 公里处，城南和城北比城中心温度约少 1.8°C ，城东少 1.7°C ，城西只少 0.7°C 。7 月城北 5 公里处比城中心少 0.8°C ，城南只少 0.2°C ，城东少 0.3°C ，城西只少 0.1°C 。10 公里处城北少 1.4°C ，城南少 1.0°C ，城东少 0.7°C ，城西也少 0.7°C 。上述事实说明，城市的温度及热岛强度和城市建筑物屏蔽阻挡有关。也说

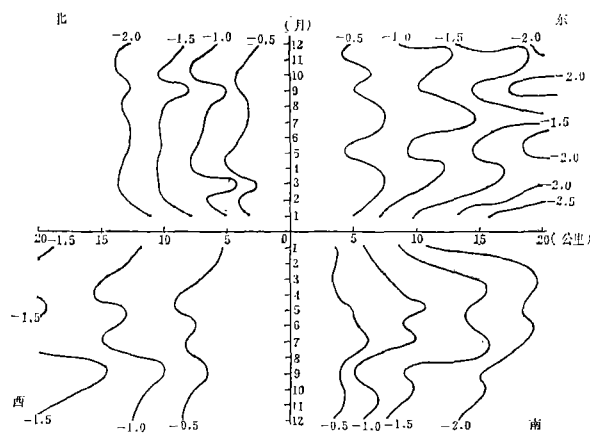


图 6 北京离城中心的距离与气温的变化

The variation of temperature in different direction and distances
from the city center of Beijing

明除下垫面等因素以外，城市建筑物的屏蔽阻挡作用是形成热岛的一个重要的因素。当外界空气进入这个系统时，受到系统中的建筑群的不断阻挡，使进入城市的空气不断受下垫面的增热。因此就出现愈往市中心气温愈高的现象。所以，我们认为城市建筑的屏蔽阻挡作用是形成城市热岛现象的很重要原因。它使风速减小，使地面吸收的热量不易散失，而形成热岛现象。

依据北京城区气候站的资料得到以下几点结果:

1. 北京城市热岛现象四季都存在。冬季最强,春、秋次之,夏季最弱。
2. 全年 1—12 月,不论是平均温度、最高温度还是最低温度都是城区高于郊区。平均气温二者差值摆动在 $1.2-2.4^{\circ}\text{C}$ 之间,冬季 1 月差值最大,夏季 8 月差值最小。平均最高温度二者差值摆动在 $0.4-1.6^{\circ}\text{C}$ 之间,过渡季节 5 月和 9 月最大,冬季 1 月最小。城郊温度差以最低温度为最大,差值摆动在 $1.4-3.6^{\circ}\text{C}$ 之间,冬季最大,夏季最小。
3. 城郊升降温速率有差异。3—4 月城区升温比郊区慢,4—5 月城区升温比郊区快。9—10 月城区降温比郊区快,10—11 月比郊区慢。城郊温度升降速率的差异是城市热岛强度变化的原因之一。
4. 通过城区温度和离城中心距离之间关系研究发现,城区的温度随离城中心的距离的增大而减小。自城中心等距离向不同方位衰减值的大小和城市建成区的形状相关。城市东西长、南北窄时则南北减值大,东西减值小。这些事实表明,城市建筑物的屏蔽阻挡作用是形成热岛很重要的原因之一。

参 考 文 献

- (1) 张景哲等:北京市的城市热岛特征,气象科学,第三期,1982年。
- (2) 周淑贞、张超:上海城市热岛效应,地理学报,37(4),1982年。
- (3) 相士弘、张茂光:广州城市气候初探,城市气候与城市规划,科学出版社,1985年。

AN ANALYSIS OF THE TEMPERATURE SITUATION AND THE CAUSES OF URBAN HEAT ISLAND IN BEIJING

Xu Zhaosheng Shen Jianzhu Wang Dehui

(Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences and
State Planning Commission of The People's Republic of China)

Subject Indexing: Heat island, Beijing

Abstract

In this paper, by using the data of seven city climate stations in Beijing which were set up by ourselves from 1982—1985, and the meteorological data of the suburbs in the same period, we discussed the situation of (mean, maximum and minimum) temperature and the causes of heat island, as the rate of temperature rises and drops and the level of obstruction affects the variation of temperature in the city and its suburbs. Generally, most articles investigated the phenomena of heat island with some days data, maybe three or four days, that obtained from moving observation. So it is difficult to analyse the rate of rising and dropping of temperature in the city and its suburbs, because

of the shortage of long period data. On the base of the city climate data from 1982-1985, we discussed the above-mentioned problems. The main results are obtained as follows,

1. The phenomena of heat island exist in four seasons of a year, but it is the strongest in the winter, the weakest in the summer, and spring and autumn is in the medium.

2. The mean, maximum and minimum temperatures in the city are higher than those in the suburb. The difference between the city and suburb is about $1.2-2.4^{\circ}\text{C}$ from Jan.-Dec. for mean temperature. Their difference is a maximum in January of the winter, a minimum in August of the summer. For maximum temperature, city temperature is only $0.4-1.6^{\circ}\text{C}$ higher than the suburb from Jan.-Dec. The maximum difference between city and suburb temperature appears in the monthes of spring and autumn, May and September. In the opposite with mean temperature, the difference is a minimum in January of the winter.

Although urban temperatures, regardless of mean temperature, maximum minimum temperature, are higher than that of suburb, the difference between the city and suburb minimum temperature is the greatest. Their difference is about $1.4-3.6^{\circ}\text{C}$ from Jan.-Dec. As the same as the mean temperature, the difference is a maximum in winter, a minimum in summer.

3. The rate of temperature rising and dropping also has a difference between the city and its suburbs. The rate of rising temperature in the city is slower than that in the suburb from March-April. It is opposite from April to May, the rate of temperature in the city is faster than that in the suburb, and the rate of temperature drops faster in the city than in the suburb from September to October and slower in the city than in the suburb from October to November. We found that different rates of temperature rising and dropping between the city and suburb is a reason which causes the formation of urban heat island of Beijing.

4. According to the research on the temperature of different distances from the city center, we found that the temperature is decreasing as the distance increases from the city center outwardly. The decreasing amount of temperature is not equal with distance outwardly in different directions. The decreasing amount with distance increasing from city center outwardly is smaller eastward or westward than southward or northward, because Beijing city is larger in width in east-west direction than that in south-north direction. This fact indicates that the level of city obstruction is an important factor in causing the formation of urban heat island.