

# 城市气候地图的绘制及其在规划设计中的应用

张伟<sup>1,2</sup>, 张崇<sup>3</sup>, 王朝霞<sup>3</sup>

(1.西安建筑科技大学建筑学院, 陕西 西安 710055; 2.中联西北工程设计研究院, 陕西 西安 710082;

3. 西安交通大学建筑学系, 陕西 西安 710049)

**摘要:** 由于气象统计部门和城市规划部门之间缺乏沟通, 规划设计师和决策者缺乏相关的气象知识和气象信息, 目前部分城市的规划设计中缺乏对气象因素的考虑. 随着城市化的快速发展, 这一问题益严重. 而城市气候地图, 作为气候学科和建筑设计学科的交叉地带, 为问题的解决提供了帮助. 以收集的气象数据和土地利用的相关数据为基础, 综合考虑气候、土地利用、地形、绿化和热条件等因素的影响, 分层绘制城市气候地图, 并以数据分析和专业分析为基础进行评价和建议. 以北京主城区为例, 首先综述了北京的气候特点和近些年来气候变化, 细致阐述了北京主城区城市气候地图的绘制原理和过程, 并针对北京的相关特点, 提出了规划建议. 最终以北京大兴区为例, 探讨了城市气候地图在规划设计当中的应用, 并阐述了城市气候地图的应用前景.

**关键词:** 快速城市化; 城市气候地图; 城市规划建议

**中图分类号:** TU-856

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1006-7930(2014)02-0261-05

尽管气候对于城市化进程有着诸多方面的影响已经显而易见, 但是由于我国气象统计部门和城市规划部门之间缺乏沟通, 设计者们缺乏相关的气象知识和气象信息, 导致了如今城市整体设计缺乏对于气象因素的考虑, 进而影响到了人们的居住和生活环境. 因此, 迫切需要建立如何解决上述问题的方法. 吴恩融教授和他的博士生任超老师所带领的团队通过丰富的理论研究基础, 建立起城市气候图理论并针对香港的城市规划进行了实例研究. 本文则旨在应用城市气候图理论评估北京城市气候条件, 并为众多的城市规划者提供设计的指导方针. 首先, 分析了从中国天气网和中国气象科学数据共享服务网获得的气象数据以及从北京市规划部门网站的土地利用数据, 获得了对北京城市气候基本情况. 其次, 根据收集的数据, 分为四个图层绘制城市气候地图, 以说明气候、土地利用、地形和热条件等因素的影响. 最后, 对数据和专业分析为基础进行评价和建议, 力求减缓城市热岛效应对于北京气候的影响. 进而, 提出适用的规划建议, 以协助城市规划者和地方政府官员更好地规划城市未来的发展.

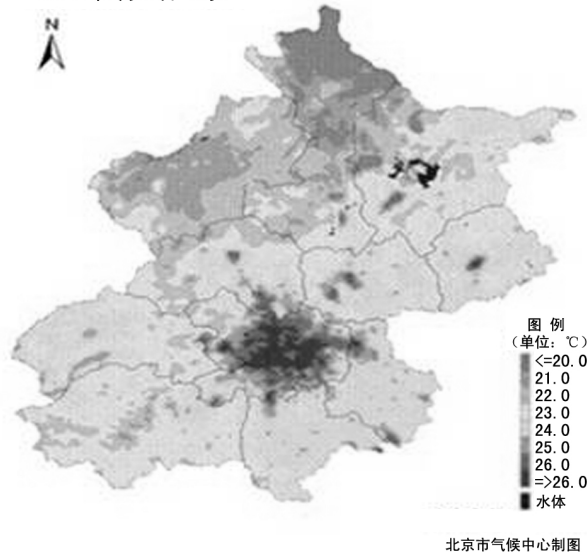
## 1 环境现状及基础数据

### 1.1 环境现状

北京, 旧称燕京、北平, 是中华人民共和国的首都, 是一座拥有三千余年历史、八百五十余年建都史的历史文化名城, 历史上有四个朝代在此定都, 以及数个政权建政于此, 荟萃了自元明清以来的中华文化, 拥有众多历史名胜古迹和人文景观. 北京拥有人口 2 200 万, 市域东西宽约 160 km, 南北长约 176 km, 全市土地面积 16 410 km<sup>2</sup>. 北京位于华北平原北部地区, 东北部与天津毗邻, 其余部分由河北省包围. 在地理上, 北京位于北纬 39°54', 东经 116°23' 以东.

随着城市化和人类活动的增多, 城市热岛效应在北京的影响也逐年加剧. 如图 1 所示, 北京市区的地

北京市地表亮温卫星遥感监测图  
(2004年7月27日10时)



北京市气候中心制图

图 1 北京市地表温度遥感检测图

Fig. 1 The satellite picture of Beijing earth surface thermal distribution (2004.07)

**收稿日期:** 2013-12-06

**修改稿日期:** 2014-03-03

**基金项目:** 陕西省科学技术研究发展计划项目 (2009KRM103)

**作者简介:** 张伟 (1971-), 男, 博士生, 国家一级注册建筑师, 主要从事建筑设计及其理论、建筑历史与理论等方面的研究.

E-mail: zhangwei\_arsenal@163.com

表温度明显高于周围郊区地表温度。同时根据气象资料显示,1951年~2007年北京市空气温度平均每十年上升 $0.39^{\circ}\text{C}$ ,明显高于国家平均值( $0.26^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ )和中国北部平均值( $0.33^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ )。从过去的100年的数据可以看出,北京的年降水量也较大。每年降水量介于242~1406 mm之间,变化率达到58%。这表明,北京年降雨量变化显著,这一现象可能带来的结果就是洪水和干旱的不规则发生。此外,每年北京盛行风主要来自北方,仅在夏季七八月份受西部山区影响,转为西南风,年平均风速约为2.6 m/s。

表1 北京基本气象数据  
Tab1. basic data of Beijing climate

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
每月最高温度 / $^{\circ}\text{C}$	12.9	19.8	26.4	33.0	36.8	39.2	41.9	36.1	34.4	29.3	22.0	19.5
月平均气温 / $^{\circ}\text{C}$	-3.7	-7.0	5.8	14.2	19.9	24.4	26.2	24.8	20.0	13.1	4.6	-1.5
每月绝对最低气温 / $^{\circ}\text{C}$	-18.3	-16.0	-15.0	-3.2	2.6	9.8	16.6	11.4	4.3	-3.5	-10.6	-15.6
月平均相对湿度 /%	44	44	46	46	53	61	75	77	68	61	57	49
月平均云量 /%	27	36	45	47	52	59	67	61	46	39	34	29
月总降雨量 /mm	2.7	4.9	8.3	21.2	34.2	78.1	185.2	159.7	45.5	21.8	7.4	2.8
主要风向	0	0	0	0	0	0	225	225	0	0	0	0
月平均风速 / $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	2.6	2.8	3.1	3.2	2.8	2.4	2.0	1.8	2.0	2.1	2.4	2.5

## 1.2 五个基本图层

为了分析北京城市气候状况,需要准备多个图层信息并对其进行评价。本研究主要集中关注于五个方面,包括天气资料(风向和风速),土地使用和绿化,地形和热环境(卫星图像)以及土地使用属性。在热环境方面,主要针对北京城市夏季气候数据,特别是北京城市热岛现象。由于所掌握的气象数据有限,我们通过分析每月的最高气温,最低气温和平均气温,平均相对湿度,平均风速,风向等的基本数据,进而绘制天气数据图层。分析的结果则通过图标的方式进行说明,表1即为统计结果。

由于北京市域范围过大,因此选择了六环以内的北京中心城区进行统计,并且按照500 m $\times$ 500 m的网格将北京城区进行划分,以便于后期的细致分析和说明。研究根据北京市规划局网站土地规划图纸进行分析和评估。从图例中可清晰的看出,土地使用图层(图2)将土地按属性分为六大类,商业建设用地大(大体量建筑),重工业用地,住宅建设用地(中体量建筑),城市公园和绿地,水域和机场仓储开放空间。而从最终绘制的土地利用现状图可以看出,北京中心城区大面积区域被大体量的商业类建筑和中型体量的住宅类建筑所占据,建筑密度较高。同时,远郊区主要用地则为城市公园和绿地以及重工业用地,建筑密度也相对较低。

第三图层(图3)为城市地形图,图示表明市区内大部分区域均为平原地区,仅有西部少部分地区为山区。第四图层则是根据2000年

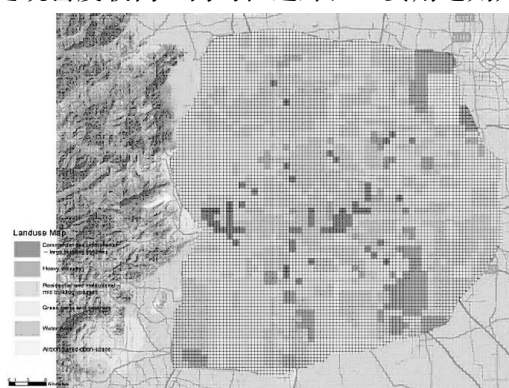


图2 北京用地属性分析图  
Fig.2 The land use map of Beijing

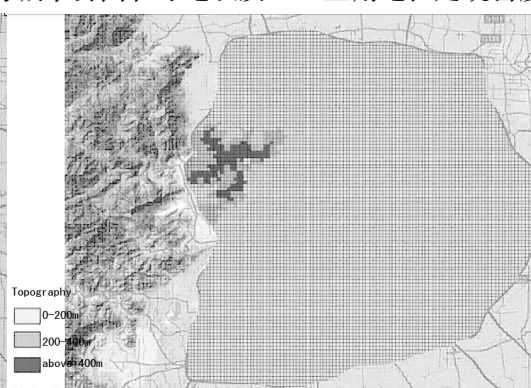


图3 北京地形分析图  
Fig.3 The topography map of Beijing

北京城市热岛监控遥感地图进行绘制的(图4),并结合近些

年来的北京城市用地属性的改变进行调整,以力求更加准确的表

明北京城市热岛效应对于北京的影响。从已经绘制的图中也可以清晰的看出城市中心区域与周边郊区地带的温度差异之大。最后一个图层(图5)展示了北京的绿化覆盖情况。

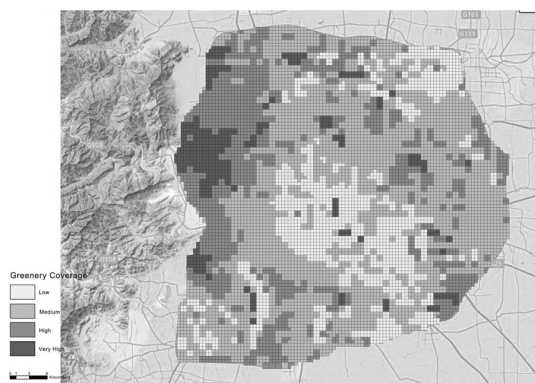


图4 北京热岛效应分析图

Fig.4 The urban heat island phenomenon of Beijing

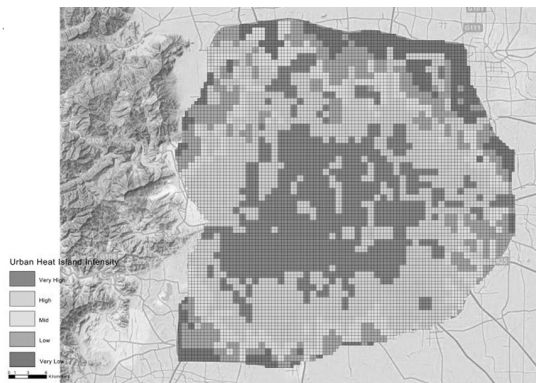


图5 北京绿化分析图

Fig.5 The greenery coverage of Beijing

## 2 结果

### 2.1 北京城市气候地图

图6即为北京城市气候地图。前文已述由于北京市的市域范围过大,因此在研究中,我们将范围划定在了六环以内的城市主要区域当中,但依旧涵盖了北京市中心区域和近年来重点发展的主要区域。如图例所示,图中包含了商业用地、居住教育用地、工业机场储藏用地、水资源用地以及绿化和农业用地,这五大用地属性的温度、风向等信息内容。本图按照 $500\text{ m}\times 500\text{ m}$ 的基本单元对北京市六环以内的约 $2\,703\text{ km}^2$ 的范围进行了相关信息的重叠绘制。

图中可以清晰的看出,五环以内的范围已经被高密度的建筑所覆盖,功能主要为商业金融用地和居住用地。同时其城市热岛效应也已经非常严重。综合考虑其他实际因素可以了解到,除了高密度的建筑以外,北京城市的交用地对于城市热岛效应和城市污染的影响也是十分严重的。市区内部仅有部分公园绿化用地的相对温度较低且污染较轻。随着近些年来北京大绿化工程的展开,北京五环与六环之间的绿化用地也有所上升,大面积的城市绿化和农业用地对于北京城市热岛效应和城市空气质量有很好的改善作用,特别是对北京的沙尘暴天气有了很好阻碍作用。另外,北京六环以内绝大多数用地都较为平坦,且图中表示出北京常年受到北风的影响,而在夏季七八月份则改为西南风。近些年来北京高密度的建筑已经使得北京市区内地表通风作用很差。本研究则旨在通过北京气候地图为北京的城市规划提供有关的气候信息和规划指导建议。

### 2.2 规划建议

根据北京市气候地图,提出以下城市规划建议:

(1) 如图所示,北京的绿化系统虽然已经相对完善,但是常年的绿化工作却没有改善恶劣的现状。结合其他相关数据可以总结出,主要的问题来自于交通,由于北京城市呈环状向外发展,因此内城的建筑和交通负荷过大。而环状交通又没有与绿化系统形成体系,没有互动关系,这成为了北京城市热岛效应和城市空气污染的首要因素。因此北京城市发展上可考虑手掌型发散的发展模式,在向四周辐射的主要干道中部种植绿植,并适当增加城市绿化率,改善城市居住状况。

(2) 综合图中可以看出,北京城市地形平坦,且常年受北风影响。同时北京气候特点为夏季炎热多雨,冬季寒冷干燥,因此综合考虑,北京需要在夏季引风以降低城市热岛效应,冬季挡风以保存城市热岛效应对气温的提升,从规划的大层面改善北京的城市通风状况。

(3) 从城市空间来看,北京城市布局为传统的正南正北型,不利于夏季西南风的引入。因此建议改善局部建筑的高度和方向,创造西南风引入的绿色通道,改善通风状况(目前气候地图中可看出仍没有引风通道)。另外在建筑南侧种植连续的绿化植被,以提供舒适的室外人行环境。而其他季节,特别是冬季,应当考虑挡风。通过加大建筑面宽,和建筑错动以减少风直接通过的面积,是一个很有效的做法,特别针对于改善北京春季的沙尘暴天气,应当特别推广。

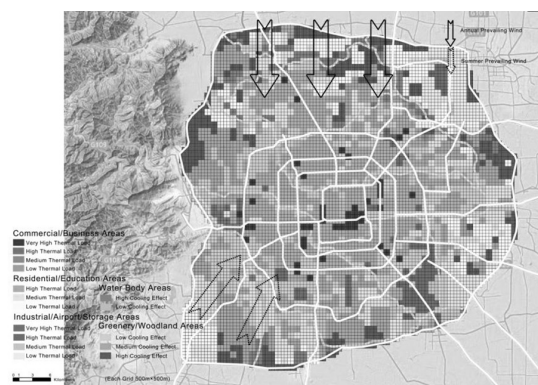


图6 北京城市气候地图

Fig.6 The urban climatic map of Beijing

### 2.3 实例研究

以北京西南部丰台区为例, 阐述城市气候地图的使用(图7)。本地块位于北京市区西南部, 西部临山, 地势平坦, 有利于夏季风的引入。然而从目前的建设现状来看, 这一部分区域主要为商业和居住用地, 绿化率较低且城市热岛效应严重。可通过现有建筑周边绿化调整和未来城市规划来改善通风现状。主要做法为引入西南部山区的风, 创建三条主要通风道, 并尽量改善各个道路和室外空间的微环境。进而调整西南部现有较差的通风现状, 将夏季西南风引入城市, 降低夏季城市热岛效应对北京的影响。

具体的做法是在需要引风的部分, 可通过改变建筑面宽和改变建筑朝向来调整风速和风向。同时一些低矮的建筑和城市开阔地带, 如城市公共建筑、城市广场、城市公园等等, 也有利于风的引入, 设计中应考虑将这类型空间联通设计, 为风的引入提供通道, 改变现有风环境。另外, 小型的绿化区域并不能够起到很好的降温效果。因此在不能增加绿化面积的前提下, 应当尽可能的将绿化集中设计, 这样对于周边区域的降温, 能够起到更加有效的作用。细节设计上, 也应当加入对于风的引入的思考, 比如设计小型通风口等等, 能够改善微环境的通风状况。总之, 应当针对不同地块的现状选取相应的方式进行规划设计。



图7 丰台区城市气候图提取  
Fig. 7 The UC-map of Fengtai

### 3 结论

随着城市的飞速发展, 快速城市化所带来的环境、污染等诸多问题正在困扰着众多城市设计者们。各个学科的学者们也竭尽所能的去解决这一问题。城市气候地图作为气候学科和建筑设计学科的交叉学科, 为这一问题提供了新的解决思路。我们以城市规划、城市气候的相关数据为基础, 进行城市气候地图的绘制, 并针对不同地区, 提出相应的解决方案, 使得设计师们能够据此进行有利于城市整体环境的设计。近两年间在吴恩融教授的主持下, 正在开展着相关知识的普及和主要城市气候地图的绘制工作, 也已经有所进展。本文则以北京为例, 希望能够填补这方面的空白, 真正对北京的整体环境改善带来积极的影响。当然, 由于研究时间和相关数据的缺乏, 我们对于北京城市气候地图的绘制和应用还较为浅显, 还有很多改善的余地, 需要后期更科学更系统的整合和完善。

### 参考文献 References

- [1] 中国天气网北京站. 城市气候及其变化[OL]. 中国天气网. 2009-09-24.  
Beijing, ChinaWeather Web. Urban climate and its change[OL]// <http://www.weather.com.cn/beijing/sdqh/qhkpbbh/09/69595.shtml>. 2009-09-24. <http://www.weather.com.cn/beijing/sdqh/qhkpbbh/09/69595.shtml>.
- [2] 中国天气网北京站. 一百多年来北京气温变化[OL]. 中国天气网. 2009-09-24.  
Beijing, ChinaWeather Web. Temperature changes of Beijing in the past 100 years [OL]// <http://www.weather.com.cn/beijing/sdqh/qhkpbbh/09/69593.shtml>. 2009-09-24.
- [3] 中国天气网北京站. 一百多年来降水的变化趋势[OL]. 中国天气网. 2009-09-24.  
Beijing, China Weather Web. Rainfalls changes of Beijing in the past 100 years [OL]// <http://www.weather.com.cn/beijing/sdqh/qhkpbbh/09/69594.shtml>. 2009-09-24.
- [4] 中国气象局, 国家气象中心. 中国(1971—2000年)气候标准值北京站[OL]. 中国气象数据共享服务网.  
China Meteorological Administration, the National Meteorological Center. China (1971-2000) climate standard value the Beijing Railway Station [OL]// <http://cdc.cma.gov.cn/shishi/climate.jsp?stprovid=%B1%B1%BE%A9>.
- [5] 林宪德. 都市气候: 探看都市气候的恶化及因应对策[J]. 建筑师(台湾), 1994(7): 86-89.  
LIN Xiande, Urban Climate: Urban Climate Deterioration and Countermeasures [J]. Taiwan Architect Magazine, 1994(7): 86-89.
- [6] 张兆明, 何国金, 肖荣波等. 北京市热岛演变遥感研究[J]. 遥感信息, 2005(6): 46-48  
ZHANG Zhaoming, HE Guojin, XIAO Rongbo, et al. A study of the Urban heat island changes of BEIJING city based on remote sensing[J]. Remote Sensing Information, 2005(6): 46-48.
- [7] 陈云浩, 李京, 李晓兵. 城市空间热环境遥感分析[M]. 北京: 科学出版社, 2004.  
CHEN Yunhao, LI Jing, LI Xiaobing. Remote sensing analysis of spatial thermal environment of the city[M]. Science Press, 2004.

- [8] 林宪德. 绿色建筑——生态·节能·减废·健康[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.  
LIN Xiande, Green building-ecological energy-saving waste reduction Health[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2007.
- [9] 顾朝林, 谭纵波. 气候变化与低碳城市规划 [M]. 南京: 东南大学出版社, 2009.  
GU Chaolin, TAN Zongbo. Climate change and low-carbon city planning [M]. Nanjing: Dong Nan university Press, 2009.

## Urban Climate Mapping and Its Application in Urban Planning

ZHANG Wei<sup>1,2</sup>, ZHANG Chong<sup>3</sup>, WANG Zhaoxia<sup>3</sup>

(1. School of Architecture, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China;

2. China United Northwest Institute for Engineering Design & Research, Xi'an 710082, China;

3. Department Of Architecture, Xi'an Jiao tong University, Xi'an 710049, China)

**Abstract:** Climate factor is not considered in some of the urban planning design with the lack of communication between the climatological statistical department and urban planning department. This issue is getting worse in the fast urbanization. Some of the urban planners and policy makers are lack of the basic climatological concepts and information. As interdisciplinary subject intersected by climatology and architecture urban climate mapping is an approach to solve the problem. Basing on the collected climatological data and land utilization information, urban climate map is drew by different layers considering with the influence from aspects including climate, land utilization, topography, planting, thermal conditions and etc.. Professional analysis, evaluation and recommendation are also given in the map. This paper takes Beijing city for example to discuss the theory and process of urban climate mapping. The climate characteristics and climate changes in Beijing are summarized. Recommendation on urban planning of Beijing is put forward. The application and prospect are explored by taking the planning of Daxing district in Beijing for instance.

**Key words:** fast urbanization; urban climate map; recommendation on urban planning

(本文编辑 沈波)

(上接第 255 页)

- [14] TOMONORI Sakoi, KAZUYO Tsuzuki, SHINSUKE Kato. Thermal comfort skin temperature distribution and sensible heat loss distribution in the sitting posture in various asymmetric radiant fields [J]. Building and Environment, 2007, 42(12):3984-3999.
- [15] NAKAMURA M T, YODA T, CRAWSHAW LI. Regional differences in temperature sensation and thermal comfort in humans [J]. Journal of Applied Physiology, 2008, 105(6):1897-1906.
- [16] LEE Joo Young, CHOU Chinmei, Mohamed saat. Cutaneous warm and cool sensation thresholds and the inter- threshold zone in Malaysian and Japanese males[J]. Journal of Thermal Biology, 2010, 35(2):70- 76.
- [17] YAO Ye, LIAN Zhiwei, LIU Weiwei. Experimental study on physiological responses and thermal comfort under various ambient temperatures [J]. Physiology & Behavior, 2008, 93(1/2): 310-321.

## Study on China climate and human thermal adaptation

LIN Yufan<sup>1,2,5</sup>, YANG Liu<sup>2</sup>, YAN Haiyan<sup>4</sup>, MAO Yan<sup>4</sup>, ZHENG Wuxing<sup>2</sup>, LI Honglian<sup>3</sup>

(1. School of Civil Engineering, Xi'an Univ. of Arch.& Tech. , Xi'an 710055, China; 2. School of Architecture, Xi'an Univ. of Arch.& Tech. , Xi'an 710055 ,China; 3. School of Information Control, Xi'an Univ. of Arch.& Tech., Xi'an 710055 ,China; 4. School of Architecture, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003 , China; 5. State Key laboratory of Science and Technology in West China(XAUAT), Xi'an 710055 ,China)

**Abstract:** In view of the vast territory and diverse climate in China, and the great difference will thermal adaptation of the indoor thermal environment between people in different regions, the paper analyzes the typical model research of thermal adaptation, summarizes some results on filed studies of thermal adaptation in China. It also probed into the problems and shortcomings of field studies from different angles. The paper proposes that the research of thermal adaptation could still solve some basic scientific problems.

**Key words:** climate; adaptation model; thermal adaptation; field study

(本文编辑 沈波)