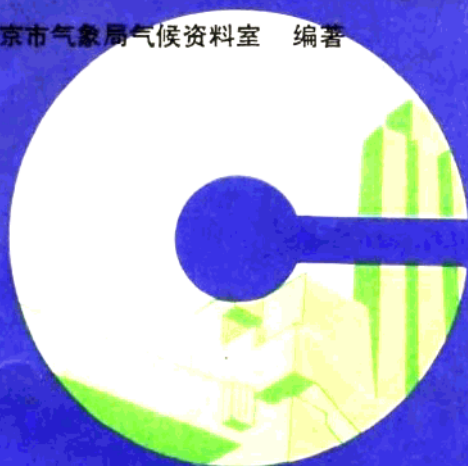


北京市气象局气候资料室 编著



北京城市气候



气象出版社

《中国城市气候丛书》编委会名单

主 编	朱瑞兆			
副主编	周诗健	张家诚	顾庭敏	钱林清
编 委	陈 松	韩玺山	陈榛妹	李兆元
	周陆生	王远忠	王长根	黄增明
	许朝斋	赵明明	潘小凡	赵家俊
	史定珊	朱诗武	顾庭敏	钱林清
	薛 桁	汤锁坤	朱祥康	洪 光
秘 书	陈云峰	殷 钰		

中国城市气候丛书

序

世界上已有三分之一以上的人口生活在城镇或城市，到本世纪末将可能达到三分之二。某些发达的资本主义国家现在已有80%以上的人口居住于城市。由于城市中的建筑面积不断扩大以及生活生产活动中排放大量的废气、废液、废渣和燃烧时放出的人为热等，因此不可置疑地人类改变了下垫面环境，从而对气候有很大的影响。所谓城市气候，就是在区域气候的背景上，由城市环境的气候效应而形成的独特气候。

随着城市环境和城市建设规划发展的需要，随着气候变化研究的需要，城市气候已日益成为国内外人们关注和研究的课题，特别是近二三十年来它的发展相当迅速。

国际上早在1959年就成立了“城市与建筑气候学研究小组”。1977年在比利时首都布鲁塞尔开会时，由世界气象组织、国际生物气象学会及国际建筑与规划联合会共同组成“城市及建筑气候常设委员会”，每三年举办一次讨论会。1985年12月第9次气候委员会对城市气候及其应用又作了若干决议。如决议认为需要考虑把气候与人类居住区的生活、经济和环境生态等方面联系起来，应当促进气候在土地利用，城市化和基本建设中的合理利用。关于城市气候研究工作，委员会认为，应努力推进热带城市气候工作，最终把重点放在应用方面，同时，在此基础上，城市气候从定性描述转而更物理化、定量化、最终达到能够预测。

世界气候计划(WCP)中的世界气候应用计划(WCAP)也包括有城市气候研究计划。世界气象组织(WMO)的气候委员会(CCI)也成立有城市与建筑气候小组。为了宣传城市气候的

重要性，WCP和WMO合作出版了“气候、城市化和人类”一书。

我国的城市气候研究工作起步较晚，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，会上共交流了48篇文章，涉及20多个城市。会后出版了《城市气候与城市规划》论文集，收集了25篇论文。中国气象学会和地理学会联合于1986年4月在桂林召开了第二次全国城市气候会议，有57名代表与会宣读了55篇论文，基本上反映了我国城市气候研究的现状和动向。

随着我国经济建设的蓬勃发展，在工业化步伐加快的过程中，城市不断扩建和新建，由城市化引起的气候变化已日益受到人们的关注，人类发展的进程与城市化的进程密切相关。因此，城市气候的研究具有重大的实用价值和重要的理论意义。

近年来，我国城市气候研究工作蓬勃开展，并且取得了很大成绩。城市气候研究的不断深入，使它在城市建设、城市规划、城市能源、城市水资源及环境保护等方面起着越来越重要的作用。

有鉴于此，我们决定组织编写一套《中国城市气候丛书》。它将及时总结我国城市气候的研究成果，并通过图书的媒介将成果推向社会，为国民经济各部门提供必要的资料和决策依据，充分发挥科学技术是第一生产力的作用。另一方面，《中国城市气候丛书》的出版也必将促进城市气候研究工作更深入广泛地开展。

1991年6月由气象出版社召集了《中国城市气候丛书》编写会议，正式成立了《丛书》编委会，决定由中国气象科学研究院朱瑞兆研究员为《丛书》主编，《丛书》各分卷的主编（1人）为编委会委员。同时讨论了《丛书》各分卷的写作提纲以及整个编写工作的进展。会议认为，我国幅员辽阔，气候多变，从长远观念出发，至少直辖市、省会、自治区首府等城市都能参加《丛书》的编写。为此，编委会决定《丛书》将分辑出版，每8—10个城市

为一辑，第一、第二辑将尽快出版，以便推动以后的编写工作。同时，也热忱地欢迎一些还没有参加《丛书》编写的城市能加入这一行列，与我们联系，以便列入以后各辑的出版计划中，使这套《丛书》能够更全面地反映我国的城市气候的研究成果和进展。

《中国城市气候丛书》

编审委员会

1991.10

前 言

北京是我们伟大祖国的首都，建国后城市规模逐渐扩大，近十多年来城市发展速度之快，史无前例。随着城市的发展，城市气温有愈来愈增高、湿度愈来愈减小的趋势，城市气候问题日益突出。

城市是建筑物和居民集中的区域。一方面由于水泥、沥青铺盖的地面透水性差，因此没有农村土壤表层那种水份贮存、蒸发过程。另方面，由于建筑物高耸，使得空气流动受到阻挡，导致风速减小，涡流增加，而在顺风的街道上产生狭管作用，使风速增大。

城市的下垫面吸收较多的太阳辐射，同时居民在生产 and 生活中大量使用燃料，产生人为热量，使得城市成为可观的热源，而城市热岛则是城市热源的主要表现。

由于风速减小，同时城市又向大气排放大量的污染物，因而污染物不易扩散，加上城市热岛环流，使城、郊之间产生污染物的恶性循环，故城市污染问题也日益被人们所关注。

城市下垫面粗糙度大，降水天气系统经过城市时，移速减慢，雨时延长。加上城市热岛效应促使城市大气层结不稳定，热力对流加强，同时城市污染物又提供了众多的凝结核，使得城市的对流性降水比郊区有所增多。

在城市特殊的下垫面和空气污染相互作用下，城市气候具有独特的性质。研究城市气候不仅有其实用价值，而且也有其理论意义。

《北京城市气候》一书是1986—1988年“北京城市气候”课题研究成果的总结。该课题是国家气象局气象科学研究院朱瑞兆主持的全国城市气候研究总课题的一个分课题，1985—1986年在国

家气象局气象科学研究所朱瑞兆研究员的领导下，张富国、姚华栋等同志在北京城区建立了六个地面气象观测点，组织了两年的气象观测。1986年底北京市气象局气候资料室正式将北京城市气候列为局内科研课题，课题组长张华林，成员有陈松、简涛、董金英；课题组与气象科学研究所张富国等同志合作，于1987年又组织了一年的城区地面气象观测，同时整理、统计了1985—1987年三年城区气象观测的原始记录，并在此基础上大量利用北京城、郊正规气象站以及低空探测资料进行分析研究北京城市气候。

《北京城市气候》一书是北京城市气候研究的较为系统的总结，内容包括两大部分：

第一部分是北京城市气候基本特征及其变化规律（第一章至第五章）；第二部分是应用城市气候（第六章），其中包括城市气候与大气污染、人体健康、城市规划、城市建设以及城市气候与市场商品供销的关系。这一部分还分析了北京城市主要气象灾害及其防御等。对于防灾减灾有一定的意义。

本书可为城市规划、城市建设与治理提供一些科学依据；对于城市天气预报、大气污染预报亦可提些背景依据。

本书由陈松、张华林、张富国、简涛编写。初稿经朱瑞兆、曹玉芬审阅后定稿，在科研和编写过程中曾得到他们的支持，同时还得到国家气象局气候基金委员会的资助，在此一并致谢。

北京市气象局气候资料室

《北京城市气候》编写组

1990年11月

CHINA'S URBAN CLIMATE SERIES

Beijing Urban Climate

Contents

Preface

Foreword

I. Beijing Urban Heat Island

1. Plane structure of the urban heat island
2. Vertical variation of the urban heat island
3. Circulation of the urban heat island
4. Weather conditions for the formation of the urban heat island
5. The structure of surface heat island revealed by satellite diagnosis
6. Influence of the urban heat island

II. Stability and Temperature Variations of the Urban Atmosphere

1. Temporal and spatial variations of various urban atmospheric stabilities
2. Urban low-level temperature inversion
3. Temperature effects of different urban underlying surfaces
4. Temporal and spatial distributions of temperature on different urban underlying surfaces

III. Humidity, Precipitation and Visibility in Beijing City

1. Features of Beijing urban humidity
2. Features of Beijing urban precipitation
3. Features of Beijing urban visibility

IV. Radiation Climatology Characteristics in Beijing City

proper and Suburbs

1. Radiation climatology characteristics in Beijing area
 2. Calculation of radiation in Beijing city proper and suburbs and their difference
 3. Solar radiation and air pollution in Beijing area
 4. Calculation of radiation balance in Beijing city proper and suburbs
 5. Calculation of heat exchange between surface and soil in Beijing area
 6. Calculation of land surface evaporation and heat of evaporation in Beijing city proper and suburbs
 7. Estimation of anthropogenic heat in Beijing city proper
 8. Characteristics of wall surface insolation in Beijing
- V. Analysis of Surface and Low-Level Winds in Beijing City
1. Urban surface wind
 2. Urban low-level wind
- VI. Climate Change in Beijing City
1. Effects of urban development on air temperature
 2. Changes of urban frozen-free season
 3. Effects of urban development on air humidity
 4. Effects of urban development on the precipitation
 5. Correlation analysis of climatic elements with urban development factors
- VII. Applied Urban Climate
1. Urban climate and atmospheric contamination
 2. Urban climate and urban construction
 3. Urban climate and people health
 4. Relations between urban climate and supply and demand of market commodities
- VIII. Major Meteorological Damages in Beijing City
1. Major meteorological damages
 2. Prevention of meteorological damages

北 京 城 市 气 候

目 录

前 言

第一章 北京城市热岛	(1)
一、城市热岛的平面结构	(1)
二、城市热岛的垂直变化	(8)
三、城市热岛环流	(12)
四、热岛形成的天气条件	(14)
五、卫星诊断地面热岛结构	(17)
六、城市热岛的影响	(19)
第二章 城市大气稳定度及温度的变化	(23)
一、城市各类大气稳定度的时空变化	(23)
二、城市低空逆温	(25)
三、城市不同下垫面的温度效应	(33)
四、城市不同下垫面温度的时空分布	(39)
第三章 北京城市湿度、降水及能见度	(44)
一、北京城市湿度特征	(44)
二、北京城市降水特征	(50)
三、北京城市能见度变化特征	(58)
第四章 北京城、郊辐射气候特征	(65)
一、北京地区辐射气候特征	(65)
二、北京城、郊辐射的计算及其差异	(69)
三、北京地区的太阳辐射与大气污染	(78)
四、北京城、郊辐射平衡的计算	(83)
五、北京地区地面与土壤热量交换值的计算	(86)
六、北京城、郊陆面蒸发量和蒸发耗热量的计算	(87)
七、北京城区人为热的估算	(91)
八、北京墙面日射特征	(91)

第五章 北京城市地面及低空风的分析	(95)
一、城市地面风	(95)
二、城市低空风	(100)
第六章 北京城市气候变化	(110)
一、城市发展对空气温度的影响	(111)
二、城市无霜冻期的变化	(116)
三、城市发展对空气湿度的影响	(117)
四、城市发展对降水的影响	(118)
五、城市发展因子与气候要素的相关统计	(119)
第七章 应用城市气候	(121)
一、城市气候与大气污染	(121)
二、城市气候与城市建设	(126)
三、城市气候与人体健康	(137)
四、城市气候与市场商品的供销关系	(146)
第八章 北京城市主要气象灾害	(152)
一、城市主要气象灾害	(152)
二、城市气象灾害的防御	(176)

第一章 北京城市热岛

城市热岛是城市气候中典型的特征之一。根据国内外学者的大量研究报导，世界上大、中、小城市，不论其纬度高低、位于沿海还是内陆以及地形、环境如何，都存在着城市热岛效应。

一、城市热岛的平面结构

城市中由于人口稠密，工业生产、家庭炉灶、交通运输所排放出的热量，直接增暖了市区大气；城市中建筑群密集，沥青和水泥路面比郊区的土壤、植被具有更大的热容量和导热率，使得城市储存了较多的热量；此外，城市空气中二氧化碳较多，阻挡了地面长波辐射的外逸。由于上述的种种原因，造成了同一时间城市气温比郊区高的现象，这就是所谓“城市热岛”效应。

北京属于暖温带半湿润半干旱季风气候。东城、西城、宣武、崇文四个城区总面积87.8平方公里，城区人口约239.4万人，人口密度每平方公里约27254人，最密的地方可达5—6万。

北京城、效年平均气温分布图如图1.1。

图中暖区的等值线分布形状基本上与城市规模的形状相似。年平均气温的热岛强度为 2.0°C ，比沈阳高 0.5°C 。这与城市规模、人口密度、建筑物密度、城市布局形状等有密切的关系。表1.1是国内六个城市的规模与城市热岛强度的统计资料。从表中可以看出，北方几个城市的年平均热岛强度与城区人口密度呈正相关，即沈阳、北京、西安、兰州四个城市中，北京人口密度最大，年平均热岛强度最大，沈阳与西安城区人口密度相近，年平均热岛强度同为 1.5°C ；兰州城区人口密度最小，热岛强度也最小。

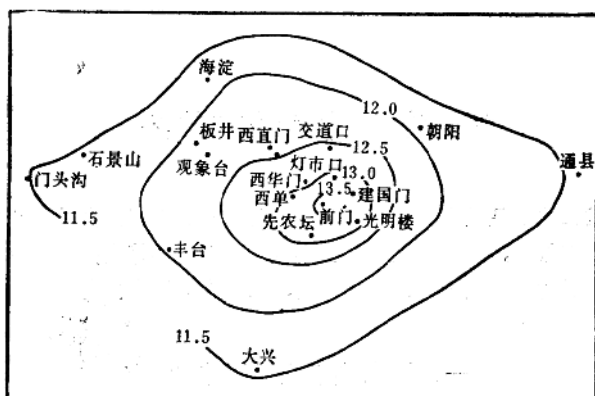


图1.1 北京城、郊年平均气温分布图(℃)(1987年)

表1.1 国内城市规模与城市热岛强度的关系

城市名称	项目	城区面积 (km^2)	城区人口 (万人)	城区人口密度 (人/ km^2)	年平均气温 热岛强度 ($^{\circ}\text{C}$)
沈阳		164	240.8	14680	1.5
北京		87.8	239.4	27254	2.0
西安		81	130	16000	1.5
兰州		164	89.6	5463	1.0
上海		140	603.61	43115	1.2
广州		54.5	300	55045	0.6—1.0

至于上海、广州城区人口密度都超过北方这四个城市，而热岛强度却不是最大这个问题，除了城市规模因素外还有不同气候区域的气候影响因素。上海、广州地处亚热带湿润气候区，比起北方来，阴雨天气和年雨量要多得多，而阴雨天气对于热岛强度有减弱的作用，有时还会使城区气温反而比郊区低。此外，南方城市

冬季由取暖而产生的人为热量要比北方少得多。因此，从全年平均状况来看，上海、广州虽然城市规模大，城区人口密度大，但热岛强度不如北京、沈阳及西安。

据Duckworth和Sandberg的观测资料统计如表1.2。从表中显然可以看出：旧金山城市规模最大，其夜间城乡温差亦最大，圣约瑟次之，帕洛阿尔托再次之。

表1.2 城市规模与城乡气温(夜晚)差别的关系

城 市 名 称	城市面积 (平方哩)*	居民人口数 (万人)	每平方哩 居民密度	夜晚平均城 乡气温差 (℃)
旧 金 山	45.1	78.4	17383	5.6—6.7
圣 约 瑟	14.8	10.1	6824	3.9—5.0
帕洛阿尔托	8.6	3.3	3837	2.2—3.3

* 1哩=1.6093公里，下同。

(一)城市热岛的平面结构及其强度的季节变化

城市热岛强度以城郊温差来表示。年、季(以1,4,7,10月分别代表冬、春、夏、秋季)平均城郊温差以城、郊年、季平均气温分布图图1.2—1.5中最里圈的等值线与最外圈的等值线的温差来表示。

北京年平均气温城、郊温差为 2.0°C ，年平均最低气温城、郊温差为 2.5°C ；逐月城、郊温差，9月至翌年2月较大，3月至8月较小。

北京城市热岛强度具有冬季最大，秋季次之，夏季最小的特点。

从冬季(1月)城、郊平均气温分布图上看，城、郊1月平均气温为 -3.0°C — -5.4°C ，城、郊温差 2.4°C ，为四季之冠。以前门为中心至西单、王府井、光明楼一带为暖中心。什刹海—北海—中南海一带以及先农坛，由于下垫面多为水面和空旷的公园，空气

流通，故气温较低，分别为孤立的低温区（见图1.2）。

在春季（4月）城、郊月平均气温分布图上，市中心气温为 15.2°C ，等值线的条数比图1.2明显的少而疏，城、郊温差 1.6°C ，热岛强度比冬季减小 0.8°C （见图1.3）。

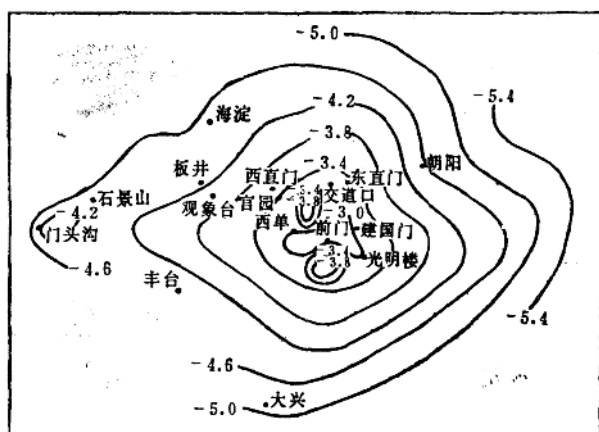


图1.2 北京城、郊1月平均气温分布图（ $^{\circ}\text{C}$ ）（1985—1987年）

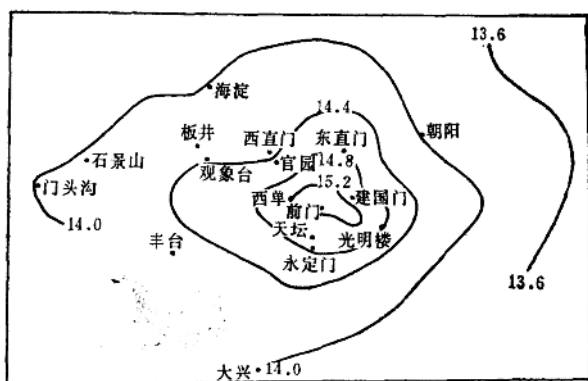


图1.3 北京城、郊4月平均气温分布图（ $^{\circ}\text{C}$ ）（1985—1987年）

夏季(7月)城、郊月平均气温分布图上的等值线条数比春季更少,热岛强度更弱,城、郊温差减至 1.2°C (见图1.4)。

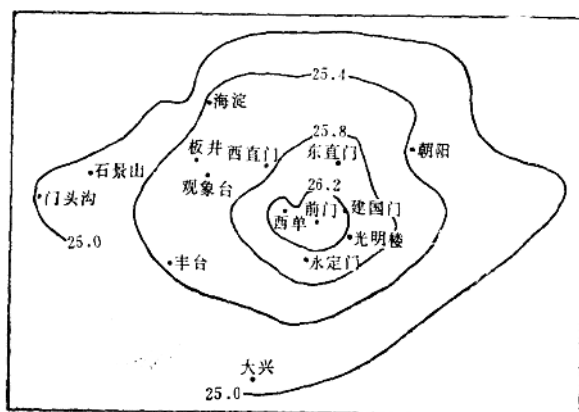


图1.4 北京城、郊7月平均气温分布图($^{\circ}\text{C}$)(1985—1987年)

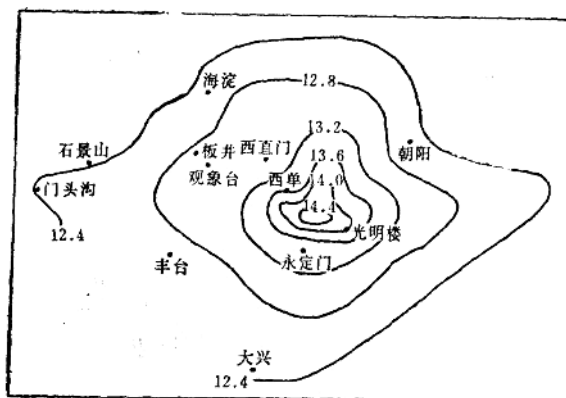


图1.5 北京城、郊10月平均气温分布图($^{\circ}\text{C}$)(1985—1987年)

到了秋季(10月),城、郊月平均气温为12.4—14.4℃,城、郊温差增至2.0℃,仅次于冬季(见图1.5)。

北京城市热岛强度季节变化的这个规律,同我国北方几个城市(沈阳、兰州等)是一致的。而与南方几个城市(上海、广州)不一致(见表1.3)。为比较方便,表1.3给出了北京、沈阳、兰州、乌鲁木齐、上海、广州六个城市的逐月热岛强度值。由表可以看出,北京城市热岛强度同我国北方几个城市(沈阳、兰州)一样,都是冬季最强,夏季最弱。唯乌鲁木齐与众不同,是夏季(7月)最强,冬末春初最弱。

表1.3 不同区域城市热岛强度(℃)的年、季变化

城市	热岛强度 (℃)	月 份												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
乌鲁木齐	43°47'		1.5	0.6	0.3	1.5	1.4	1.0	1.8	1.0	1.3	0.7	1.2	0.9
沈阳	41°46'		2.0	1.9	1.6	1.2	0.8	0.7	0.6	1.1	1.2	1.1	1.4	1.8
北京	39°56'		2.3	1.9	1.5	1.2	1.4	1.3	1.0	1.4	1.7	1.6	1.9	2.2
兰州	36°03'		2.4	1.3	0.9	0.6	0.5	0.2	0.1	0.1	0.2	0.5	0.8	1.0
上海	31°10'		1.3	0.4	0.4	0.6	0.1	-0.4	-0.2	0.3	1.0	2.4	2.0	1.6
广州	23°06'		1.6	0.7	0.3	0.4	0.6	0.8	0.3	1.1	1.0	1.0	1.2	2.3

上海则是秋季最强,夏季最弱;广州亦是冬季最强,但最弱的是春季。

北京及北方城市(如沈阳、兰州等)热岛强度冬强夏弱的原因主要是:(1)地处季风气候区,冬、夏季风转换明显。冬季受干冷的西伯利亚来的气团控制,湿度小,云量少,利于热岛的形成与发展。此外,冬季气温低,大气层结稳定,下垫面辐射冷却剧烈,尤其郊区,由于植被干枯,地表裸露,土壤冻结,空气流通,辐射冷却更强烈,因而郊区失热多于城区。而夏季阴雨天气