

# 城市热环境及其微热环境的改善<sup>\*</sup>

柳孝图 陈恩水

(东南大学建筑系, 南京 210096)

余德敏

邵铁如

(镇江市气象局, 镇江 212003) (镇江市科学技术协会, 镇江 212001)

**摘要** 以苏南 5 市县 30 年来热环境诸因素的变化资料为依据, 分析城市区域特征所引起的热环境诸因素的变化趋势, 介绍包括规划城市区域的道路网、控制建筑物布局的密度、以及城市绿化和水面等在内的城市规划和建筑设计措施对于改善城市区域微热环境的效用。

**关键词** 城市发展, 热环境, 热岛效应, 微热环境改善。

城市化是城市人口集聚和分布、土地利用方式、工业化水平及趋势的综合表述。其与城市热环境有关的特征主要是: 城市区域有高密度聚居的非农业人口, 集中了高强度的经济活动以及在总体上不同于未开发状态(例如森林、植被、土壤)的人工构筑的下垫面(例如密集和高低错落的房屋建筑以及与之交错分布的道路网、广场等)。在城市区域上空则有较多的积云和含有较多污染粉尘、悬浮物的大气层。

## 1 城市热环境

热环境是指包括空气温度、空气湿度、太阳辐射、气流速度(风速)等诸项因素组成的与人们身体健康、工作效率直接有关的物理环境条件。

### 1.1 城市区域环境的热质交换

天然下垫面在白天吸收的太阳辐射分别用于加热空气、土壤和植物, 以及蒸发水体; 如果土壤不是过分干燥, 通过树木和其它植被的蒸腾作用将吸收大部分的热量, 植被的存在也减少了土壤中贮存的热量。然而在城市区域可以蒸发和蒸腾的水分则少得多, 几乎所有的太阳辐射必然用于加热空气和实体材料; 人工构筑的下垫面在白天贮存的热量将在夜晚释放出来。此外, 在城市区域聚居的人新陈代谢产生的

热量以及人们维持正常生活(尤其在冬季)、各种经济活动燃烧矿物燃料所产生的热是城市区域特有的热源。高层建筑和街道所构成的‘城市峡谷’中的风速减少, 也减少了向外围的散热。成片树林、植被可以控制日辐射和风、降水、空气湿度, 植物不仅能够搜集各种方式的降水, 还能够把水分引出地面并向空气中蒸腾; 成片树林也有助于净化空气。这些都是城市区域所缺少的。

地球表面(下垫面)在总的能量贮存中是最重要的能量转化部位。下垫面的温度与各种能量流(包括显热、潜热等)的影响有关, 城市区域的热环境是其独特的下垫面的空间变化及与其上覆盖的空气层相互作用的结果。

### 1.2 城市热环境

苏南是我国经济发达、城市化进程最快的地区之一。表 1、表 2、表 3 及表 4 为苏南 5 市、县 30 年来热环境诸因素的变化。这些变化固然包含了大的气候背景自身的变化, 但是由 5 市分别与其邻近的县比较, 及市、县平均值的比较, 则可以看出城市化导致的市区与郊区热环境的差异。表 5 为无锡市的热环境因素在过去 30 年间不同时期的变化比较, 可以看出最近 10

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金资助项目

收稿日期: 1996-07-12

表 1 苏南 5 市、县各时期日照时数年平均值及变化趋势/h

年 份	苏州	无锡	常州	镇江	南京	吴江	江阴	溧阳	丹阳	江宁	区域平均	
											市	县
1961– 1969	2083	2097	2167	2193	2280	2139	2287	2205	2202	2217	2164	2210
1970– 1979	1969	2027	1967	2056	2053	2123	2090	2017	2018	2142	2014	2078
1980– 1992	1779	1937	1917	2003	1921	1994	1986	1974	1883	1988	1911	1965

表 2 苏南 5 市、县 11、12、1、2 四个月各时期平均温度及变化趋势/

年 份	苏州	无锡	常州	镇江	南京	吴江	江阴	溧阳	丹阳	江宁	区域平均	
											市	县
1961– 1969	6. 1	5. 4	5. 5	5. 3	5. 0	6. 3	5. 4	5. 5	5. 0	5. 4	5. 5	5. 5
1970– 1979	6. 2	5. 7	5. 8	5. 6	5. 1	6. 1	5. 6	5. 5	5. 2	5. 5	5. 7	5. 6
1980– 1992	6. 5	6. 1	6. 2	5. 9	5. 3	6. 2	6. 0	5. 7	5. 4	5. 7	6. 0	5. 8

表 3 苏南 5 市、县各时期相对湿度年平均值及变化趋势/%

年 份	苏州	无锡	常州	镇江	南京	吴江	江阴	溧阳	丹阳	江宁	区域平均	
											市	县
1961– 1969	80. 5	80. 0	79. 0	76. 0	76. 5	81. 0	80. 0	81. 5	81. 0	76. 5	78. 3	80. 0
1970– 1979	79. 0	80. 0	77. 0	76. 0	76. 5	81. 5	80. 0	82. 0	81. 5	77. 0	77. 7	80. 0
1980– 1992	78. 5	78. 0	76. 0	75. 0	76. 0	81. 0	78. 5	81. 5	80. 0	75. 6	76. 7	79. 3

表 4 苏南 5 市、县各时期风速年平均值及变化趋势/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

年 份	苏州	无锡	常州	镇江	南京	吴江	江阴	溧阳	丹阳	江宁	区域平均	
											市	县
1961– 1969	3. 78	3. 46	3. 27	3. 59	2. 46	3. 61	4. 07	3. 29	3. 30	3. 68	3. 31	3. 59
1970– 1979	4. 06	3. 40	2. 85	3. 67	2. 82	3. 12	3. 20	2. 88	3. 20	3. 35	3. 36	3. 15
1980– 1992	3. 09	2. 44	2. 59	2. 75	2. 53	2. 82	2. 70	2. 55	2. 82	2. 24	2. 68	2. 63

表 5 无锡市 1961– 1992 年间不同时期热环境诸因素的变化比较

不同时期的差值	全年日照时 数/h	冬季 4 个月平 均气温/	全年平均相 对湿度/%	全年平均风 速/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	全年雾日 数/d
1970– 1979/1961– 1969	– 70	+ 0. 3	0	– 0. 06	+ 8. 0
1980– 1992/1970– 1979	– 90	+ 0. 4	– 2. 0	– 0. 96	+ 15. 0

多年随着经济发展和城市发展速度的加快,热环境诸因素的变化也更显著.

表 6 为苏南 5 市、县各时期雾日年平均值及变化趋势. 可以看出一般在 1980– 1989 年的雾日数增加较多,县比市增加更快,也从一个侧面看出县镇工业生产排放煤烟、粉尘的影响.

表 6 苏南 5 市、县各时期雾日数年平均值及变化趋势/d

年 份	苏州	无锡	常州	镇江	南京	吴江	江阴	溧阳	丹阳	江宁	区域平均	
											市	县
1961– 1969	24	17	27	22	22	18	23	29	24	13	22. 5	21. 5
1970– 1979	27	25	32	24	23	24	35	39	38	13	26. 2	29. 8
1980– 1989	29	40	33	28	26	44	40	56	54	20	31. 2	42. 8

1. 3 城市区域热岛效应

热岛效应是城市区域热环境的最具代表性特征. 图 1 为 1995 年秋季在南京测量的结果所反映的城市中心与郊区日气温的差别. 就全

年而言,南京夏季日最高气温高于 35 的炎热天气,城区比郊区多 2.2d;冬季日最低气温低于- 5 的严寒天数城区比郊区少 4.4d;一日中气温的变幅,城区比郊区少 0.7 ;同期观测的极端最高气温,城区比郊区高 0.9 ;极端最低气温,城区比郊区高 2.9 .南京城区的年雾日比郊区多 11d,年蒸发量少 125.5mm<sup>[1]</sup>.

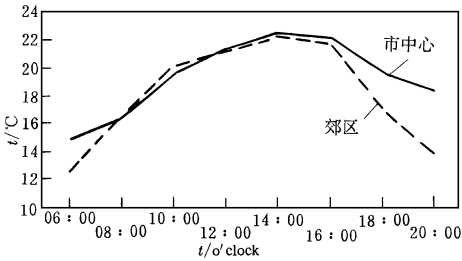


图 1 南京秋季的热岛效应(1995-10-28 测量)

一些学者的研究表明,城市上空的煤烟、粉尘以及其它浮悬物,使城市区域接受的太阳辐射只相当于农村的 80% - 85%<sup>[2]</sup>.图 2 为南京的太阳辐射年际变化,呈现出下降的趋势.

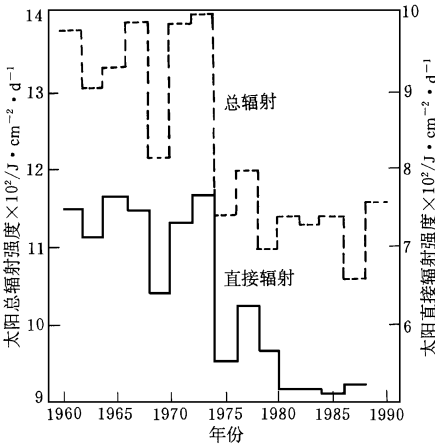


图 2 南京 1960- 1990 年太阳辐射强度的年际变化

2 城市微热环境的改善

2.1 城市区域微热环境的差异

城市区域的下垫面是以人工构筑的下垫面为主的与天然下垫面的复杂组合,包括高低错落的房屋建筑、不同尺度的道路、停车场、院落、公园、坡地、湖泊、河流及港口等,在同一个市区内的各个地区的微热环境都与其邻近地段的环

境条件密切相关.

相当于人们在地面上从事各种活动的高度范围里的微热环境大致可以归纳为 3 类:①公园、林荫道路以及河流或湖泊的附近地带,是具有很好的蒸发和蒸腾作用的表面,在夏日无风、晴朗的天气,相对较为凉爽,一天里的温度变化较小;②无树木的街道、广场、停车场等,都是无遮挡地朝向天空,这些地区的微热环境比较干燥,夏日中午很热,至晚间气温有所降低;③街道和环绕在较高的建筑物周围的院落,这里对太阳辐射的遮挡较多,因而夏日中和下午的气温相对较低,晚间的温度变化也不明显.图 3 为国外学者测量的城市区域的 3 类不同地区微热环境的气温日变化及相互间的差异,与上述分析符合<sup>[2]</sup>.

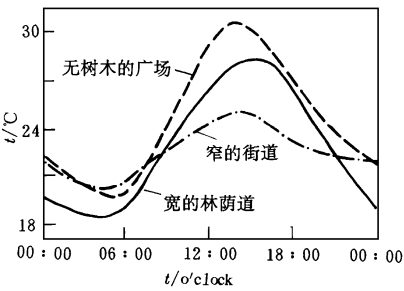


图 3 城市区域的三类不同地区 8 月初气温的日变化及相互间的差异

2.2 房屋建筑的密度、建筑群的布局

日本学者指出,当风速在 1m/s 以下时,热岛强度与城市区域的房屋建筑密度之间大致成线性关系,其表达式为:

$$\Delta T_{u-r} = 0.95 + 0.16X$$

式中,  $\Delta T_{u-r}$  为城区气温与郊区气温的差值,  $X$  为在观测地点 100m<sup>2</sup> 地区范围内的建筑密度.如果建筑密度增加 10%,城乡温度差将增加 0.16<sup>[3]</sup>.

在城市区域里的各种形状的高低错落的房屋建筑的组合,对于城市区域里的风产生了复杂的影响.图 4 为 2 种典型的情况,4(a)表示气流被汇集于由房屋建筑构成的“管道”产生狭管效应,使风速有所增加;4(b)表示建筑物的布置与风向垂直,在建筑物的迎风面和背风面产

生压力差,出现了不希望有的横向气流<sup>[4]</sup>.因此,在建筑群之间拟新建房屋和拆除房屋要考虑对气流带来的影响.

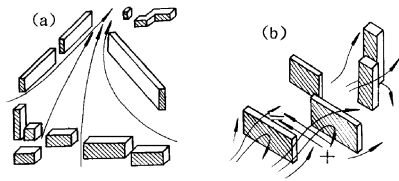


图 4 建筑物周围的气流特征分析示意图

2.3 城市道路网

道路的宽度及走向决定了建筑物接受日照的时间.在北方寒冷地区从居住区的日照考虑,如果使城市道路采取南北向和东西向的中间方位(即与子午线偏斜一定的角度),用地规整的居住区内各朝向的住宅均可有较好的日照条件.地处北纬 50 以上的英国许多城市的干道是不规则地由市中心向外辐射,见图 5.这些干道以不同的方向相互连接,结果出现了许多大致是梯形的地块,所有这些地块几乎都有一个面以不大于 30 的角度朝南,从而改善了冬半年的日照条件<sup>[5]</sup>.

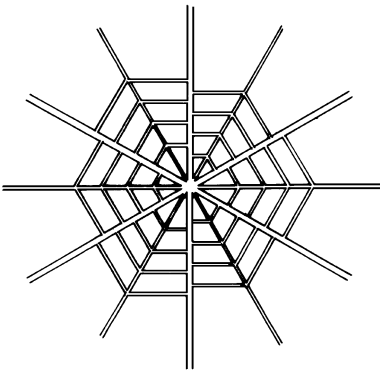


图 5 英国许多城市的辐射状道路及道路网围成的梯形地块

2.4 城市的绿化

绿化对太阳辐射有较好的反射与吸收,叶面对水分的蒸腾作用带走了热量并增加周围地区的空气湿度.在相对湿度不大的情况下,增加相对湿度也就给人以降温的实际感受.成片绿地与邻近的建成区之间因 2 处的升、降温速度不一,可以导致出现速度达 1m/s 的局地风即

林源风.依有关的测量和理论分析,绿化覆盖率每增加 10%,气温降低的理论最高值为 2.6%,在夜间可达 2.8%;在绿化覆盖率达到 50%的地区,气温可以降低近 5℃,这就基本上消除了城市热岛效应<sup>[6]</sup>.在冬季树木有助于阻挡寒风的侵袭.

随着 5d 工作制的实行,城市居民在居住区户外的活动时间明显增多.居住区户外地面铺装条件对人们在户外逗留的热舒适(尤其是夏季炎热地区)有直接的影响.表 7 为 1995 年夏在大暑日连续 11d 对苏南城市区域地面不同铺装的温度及同时刻气温的测量结果.由于不同材料的热特性,沥青地面和水泥地面在晚间向外散发的热量也最多.

表 7 1995 年夏季大暑日连续 11d(07-20—07-31)对苏南城市区域地面铺装 在 14:00 测量的表面温度及空气温度/

铺装类别	最 高	最 低	11d 的平均值
沥青地面	57.0	48.2	53.95
水泥地面	54.3	46.2	51.36
草 地	49.4	42.0	47.03
空气温度	35.0	33.8	34.42

绿化能够吸尘,提高大气透明度.城市区域大气中含有的各种污染物不仅影响日辐射强度、日照时数,而且直接危害人体健康.据统计南京市在距地面为零至 35m 低空因燃煤排放的悬浮微粒约占 4/5.当含尘空气通过数行乔木组成的林带后,大颗粒降尘的阻滞率为 23%—52%,小颗粒飘尘的阻滞率为 37%—60%.表 8 列出了北京市不同地区飘尘浓度的测量结果<sup>[6]</sup>.植物减轻大气污染的作用还与污染物的种类和浓度、防护绿地与防护目标的相对位置、植物的配置方式以及地形、气象等因素有关.

表 8 北京市不同地区飘尘浓度比较/mg·m<sup>-3</sup>

用地类别	6 月	2 月	12 月	平 均
公共用地	0.135	0.337	0.507	0.356
工业区	0.222	0.544	0.760	0.508
商业区	0.344	0.604	0.702	0.550
散居居民点	0.199	0.463	0.654	0.439
对照点(十三陵)	0.102	0.176	0.204	0.161

2.5 城市的水面

水面对于城市区域空气温度的稳定和调节都有明显的作用. 此外由于水、陆的热效应不同导致水面与陆地表面受热不均, 引起局部热压

差而形成昼间向陆地、夜间向水面的昼夜交替的水陆风. 表 9 为在南京测量的玄武湖公园内、外的气温、湿度及风速的比较.

表 9 南京玄武湖公园及玄武门外(市区) 1995-08-17 测量结果的比较

观测地点	空气温度/			相对湿度/ %			风速/ m · s <sup>-1</sup>		
	最高	最低	日均	最高	最低	日均	最高	最低	日均
玄武湖公园	33. 6	27. 9	31. 4	85	63	71. 2	1. 6	< 0. 5	< 1. 0
玄武门外(市区)	35. 0	28. 1	32. 5	90	60	69. 3	1. 5	< 0. 5	< 1. 0
差值	- 1. 4	- 0. 2	- 1. 1	- 5. 0	+ 3. 0	+ 1. 9	+ 0. 1	0	0

3 小 结

城市化和高质量的环境条件都是人们所追求的, 但其间存在着相互矛盾的一面. 随着城市化进程的加快, 城市区域热环境诸因素出现的明显变化是弊多利少. 结合热舒适考虑的城市规划、建筑设计等措施, 可以在不同程度上改善城市区域里各个地区的微热环境.

致谢 本文引用了江苏省有关城市的气象资料, 在此表示感谢.

参 考 文 献

1 南京市地方志编纂委员会办公室编. 南京简志 · 南京: 江

苏古籍出版社, 1986: 59  
2 Gary O Robinette et al. . Landscape Planning for Energy Conservation· New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc. , 1983: 18- 19  
3 周淑贞等. 城市气候学导论. 上海: 华东师范大学出版社, 1985: 117  
4 Henderson A Sellers et al. . Contemporary Climatology. England: Longman Group U K Ltd. 1986: 294  
5 Dean Hawkes et al. . Energy and U rban Built Form. Cambridge: Centre for Configurational Studies. Anchor-Brendon Ltd. 1987: 45  
6 于志熙. 城市生态学. 北京: 中国林业出版社, 1992: 139, 148

敬 告 作 者

为了进一步促进学术交流和科研成果的应用与推广, 《环境科学》自 1997 年第 1 期开始入编《中国学术期刊(光盘版)》, 凡在《环境科学》上发表的论文, 将同时在《中国学术期刊(光盘版)》上刊载. 《中国学术期刊(光盘版)》免收作者版面费, 并免费提供作者论文被引用率统计

资料(联系地址: 北京清华大学立斋《学术电子出版物》编辑部, 邮编: 100084, 电话: 62595612 或 62545086)。凡不同意自己论文在《中国学术期刊(光盘版)》上刊载的作者, 请在来稿上注明。

本刊编辑部

the lake; studies on the succession of phytoplankton; assessment of the fishery potential on the basis of phytoplanktonic primary productivity; determination of the standing crop and production of zooplankton; studies on the function of organic detritus in the system and the top-down effects of fish on the system, etc.

**Key words:** Lake Donghu, ecology, structure and functioning, top-down effects.

#### **Thermal Environment of Urban Area and The Improvement of Its Micro-thermal Environment**

Liu Xiaotu and Chen Enshui (Dept. of Architecture, Southeast University, Nanjing 210096), Shao Tieru (The Association for Science and Technology of Zhenjiang City 212001): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(1), 1997, pp. 54–58

On the basis of the change of thermal environmental factors in several cities and counties of southern part in Jiangsu province, this article analyzed firstly the changing trend of thermal environmental factors that caused by the urbanization, then introduced the effects for improving micro-thermal environment of habitation by using the measures including the planning of road network in urban area, the control of density of the buildings, the greenery and the waters in the urban area.

**Key words:** development of the cities, thermal environment, heat island effect, improvement of micro-thermal environment.

#### **The Photolysis Character of Methyl Bromide and Tribromomethane in the Presence of Hydrogen Peroxide**

Zhong Jinxian, Zhang Deqiang (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085), Chen Dazhou (Chinese Center for Certified Reference Materials, Beijing, 100013): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(1), 1997, pp. 59–61

Under simulated atmospheric condition, photolysis for  $\text{CH}_3\text{Br} + \text{H}_2\text{O}_2$  and  $\text{CHBr}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$  systems were studied.  $\text{H}_2\text{O}_2$  was irradiated by 253.7nm UV and produced OH radicals. The OH radicals can initiate photooxidation of  $\text{CHBr}_3$  and  $\text{CH}_3\text{Br}$ . The products of photooxidation were determined by a fourier transform infrared spectroscopy with 20m long path cell. The products were  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_2\text{O}$  and  $\text{H}_2\text{O}$  for  $\text{CH}_3\text{Br} + \text{H}_2\text{O}_2$  system,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{COBr}_2$  for  $\text{CHBr}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$  system, based on those results the mechanisms of photooxidation were suggested.

**Key words:** photolysis, OH radicals, brominated methanes.

#### **The Effect of Parents Smoking on the Urinary Concentration of 1-Hydroxypyrene of Children**

Zhao Zhenhua (Beijing Municipal Research Academy of Environmental Protection, Beijing 100037), Tong Jingyi (Shanxi Provincial Children's Hospital, Taiyuan 030013): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(1), 1997, pp. 62–64

Using the urinary 1-hydroxypyrene as a biological index, the effect of parents smoking on the content of 1-hydroxypyrene in the pupils' urine was investigated. The 1-hydroxypyrene level in 234 urine specimens of pupils from 4 urban districts was determined, and the ambient air in these districts was synchronously sampled and analyzed for the content of benzo(a)pyrene (BaP). It was found that the content of urinary 1-hydroxypyrene of the pupils is significantly correlated with the ambient concentration of benzo(a)pyrene in the corresponding region where the school is located. For the groups of pupils whose parents smoke the urinary level of 1-hydroxypyrene are always higher than that of the groups with non-smoking parents, but the t-tests indicate that the difference is not statistically significant due to small populations.

**Key words:** smoking, urinary 1-hydroxypyrene, benzo(a)pyrene.

#### **Primary Study on Sulfur Capture in Coal Briquet Combustion by $\text{Fe}_2\text{O}_3$ Promoting**

Zhang Lianguan, Chen Siwei et al. (China Chemical Industry Economic and Technical Development Centre, Beijing 100723): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(1), 1997, pp. 65–67

According to the ignition point of sulphur in coal, the sulphur capture reaction process was divided into two stages in this paper. It was found that sulphur capture in coal ash mainly happened in stage of below 500 °C. Relationship between time of raising temperature and fraction of sulphur capture was obtained that time of raising temperature must be below 30 min. It was found that the more  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  was used, the more  $\text{CaSO}_3$  changed into  $\text{CaSO}_4$ . The actual process of sulphur captured in coal ash was simulated through the reaction  $\text{CaO} + \text{SO}_2 + 0.5\text{O}_2 \rightarrow \text{CaSO}_4$ . At last some special experiments were designed and proved that  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  mainly promoted the reaction  $\text{CaO} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{CaSO}_3$ .

**Key words:** coal briquet, sulphur capture,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

#### **Study on the Synthetizing Building Materials by Steam Curing Asbestos Tailings**

Lu Zhongyuan, Wang Haibin et al. (Southwest Institute of Technology, Mianyang 621002): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(1), 1997, pp. 68–69

A Study on synthetizing the building materials by steam curing from asbestos tailing have been done in the present thesis. The effects of calcined temperature of the raw materials, the additions on the properties of products have been studied in this paper. The results showed that function of the material are the best when optimum temperature of pretreating the asbestos tailing is 950 °C and component in the material is 90% for the asbestos tailing and component in the material is all 5% for MA and NB.

**Key words:** asbestos tailings, building materials, steam curing.