

城市热岛效应对城市规划的影响^{*}

彭少麟, 叶有华

(中山大学有害生物控制及资源利用国家重点实验室, 广东 广州 510275)

摘 要: 在综合分析城市热岛效应的基础上, 论述了城市热岛效应对城市规划的影响。城市热岛效应是城市化形成的特殊城市气候, 是现代都市的典型气候特征之一。城市热岛效应具有明显的时空分布特征, 它的形成与城市下垫面性质和城市能耗等许多因子有关。城市热岛效应对城市空气动力学、城市森林规划、城市色彩规划、城市能源规划以及城市规模等方面都具有极大的影响。城市规划部门和有关专家应根据城市热岛效应的形成机制及其时空分布特征, 制定合理的城市规划, 以期最大限度地消除或缓解城市热岛效应, 实现经济、社会和自然的和谐发展。

关键词: 城市热岛效应; 城市规划; 影响

中图分类号: X32 Q14 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2007) 05-0059-05

根据我国新版的《城市规划编制办法》, 城市规划是政府调控城市空间资源、指导城乡发展与建设、维护社会公平、保障公共安全和公众利益的重要公共政策之一。《不列颠百科全书》也指出, 城市规划是一项政府职能, 是一种职业实践, 也是一项社会运动。城市规划具有政策性、综合性、长期性、地方性、可操作性等特点。城市规划基本上是脱胎于建筑学和工程学, 因此, 城市规划还具有研究起点高的特点。迄今为止, 我国学者在城市规划的如下几个方面作了大量的研究, 如城市规划理论、数字化对城市规划的影响、景观规划、园林绿化规划、生态城市规划、多元空间特色规划、能源战略规划、交通规划、色彩规划、城市规模以及水环境规划等^[1-8]。也有一些学者认为, 可持续的人居环境研究是城市规划的发展方向之一^[9], 要从多学科或跨学科角度来研究城市规划^[10]。我国学者对城市规划的研究是广泛的, 然而, 很少有学者从城市热岛效应角度来研究城市规划。虽然有学者对城市规划的存在问题与对策进行了分析^[8], 但他们也忽略了城市热岛效应对城市规划的影响。作为城市的一种普遍气候现象, 城市热岛效应对城市规划具有极大的影响。正确认识城市热岛效应对城市规划的影响, 对合理管理城市具有积极的意义。因此, 本文拟对城市热岛效应进行综合论述后, 探讨城市热岛效应对城市规划的影响。

1 城市热岛效应的时空分布特征及成因分析

城市热岛效应是指当城市发展到一定规模, 由于城市下垫面性质的改变、大气污染以及人工废热的排放等使城市温度明显高于郊区, 形成类似高温孤岛的现象^[11]。城市热岛效应提高了城市温度, 降低了城市舒适度, 影响了城市居民的健康, 也增加了居民的经济负担^[12]。

1.1 城市热岛效应的分布特征

城市热岛效应是一种典型的城市气候, 它具有明显的时空分布特征。在时间上, 它表现出明显的周期变化, 即年变化、季节变化和日变化。国外研究表明城市热岛效应正以每年 0.01℃的速度上升, 我国珠江三角洲地区热岛效应的增幅更大, 近 10 年来以平均每年 0.04℃的幅度上升^[13]。多数研究表明秋冬季热岛效应强, 夏季热岛效应弱; 晴朗无风条件下表现出夜间热岛强, 午间热岛弱^[14]。在空间上, 城市热岛效应主要表现为水平变化和垂直梯度变化。城市热岛效应在人口密集、经济活动强度大和建筑物密集的地区表现明显, 并呈现热岛效应强度沿市中心向郊区递减的趋势^[11-13], 有的地区因市区环境改善也出现市中心热岛缓解, 热岛效应从市中心向城郊转移的现象^[15]。白天热岛效应垂直变化不明显, 夜间热岛效应随高度的增加而降

^{*} 收稿日期: 2006-11-08
基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30670385); 教育部重大资助项目 (403037); 广东省林业局科技推广资助项目 (2007)

作者简介: 彭少麟 (1956年生), 男, 教授, 博士生导师, E-mail: ssps@mail.sysu.edu.cn

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

低,并在一定的高度出现“交叉”^[11]。

1.2 城市热岛效应的成因分析

城市热岛效应的形成与许多因子有关。综合国内外文献,城市热岛效应主要与如下因子有关:

①城市下垫面。城市热岛效应随城市下垫面性质的变化而变化。植被覆盖率高,湿地面积大,热岛效应强度小或热岛效应不明显;混凝土覆盖率高,大量太阳辐射被吸收,热岛效应增强。②城市建筑物密度和负荷。高密度的建筑物增加了太阳辐射的直接吸收和太阳辐射反弹吸收,增强了热岛效应;建筑负荷与城市热岛效应呈正相关。③城市能耗。城市大量的能耗增加了表面大气的温度,也使热岛效应增强^[16-17]。④城市空气动力学。大量研究表明,城市空气动力学与城市热岛效应紧密相关。当表面大气风速较小或静风时,热岛效应明显且有加强的趋势^[18-19],典型的热岛环流也发生在弱风或静风,有强逆温的晴夜^[20]。⑤城市热岛效应与大气悬浮颗粒物、城市水循环、城市立体绿化以及城市大气污染也存在一定的关系^[11, 21-24]。此外,城市建成率、几何形状、城市规模和城市地理位置也与热岛效应存在明显的相关关系^[18, 25]。

2 城市热岛效应对城市规划的影响

城市热岛效应的形成给城市规划部门提出了新的挑战。为了建立一个人与自然协调持续发展的宜居城市,如何消除城市热岛效应是城市规划者应考虑的一个重要内容。城市热岛效应的时空分布特征及其成因分析为城市规划提供了参考依据。下面从城市空气动力学、城市色彩、城市森林、城市能源和城市规模五个方面论述城市热岛效应对城市规划的影响。

2.1 城市热岛效应对城市空气动力学的影响

这里所讨论的城市空气动力学是指在大气边界层中风的流动特性尤其是湍流扩散规律、各种颗粒物在大气中的扩散规律、风与各种结构物和人类活动间的相互作用以及由风引起的物质和能量的迁移等。

城市热岛效应与城市空气动力学的相关关系主要表现为:城市风速小,大气层结稳定,不利于热量的散发,有利于热岛效应的形成^[26-28];不利于通风的城市地貌、不合理的城市布局、高密度和高负荷的建筑导致通风不良,热量难以扩散,也有利于热岛效应的形成^[29-30];不合理的道路设置和粗糙的下垫面导致涡流加剧,废热迂回环流,热岛加强^[29]。根据城市热岛效应与城市空气动力学的关系,城市布局规划应在如下几个方面加强规划:

选择通风流畅的地形进行城市建设;因地制宜,对城市的各个功能区进行合理布局,尤其是工业园区和商业带的布局;调整和完善旧城区的建设与布局;控制建筑物的高度和密度,尤其是在城市的顺风口和逆风口,应避免高大建筑物和高密度建筑物对风的阻挡而导致大量热量和温室气体滞留;有江、河、湖、海分布的城市,要充分利用江河湖海的风以及水能降温增湿特点,在它们的沿岸留出足够的空间,让风和水汽能进入城市;主干道路的走向应与城市主导风向一致,同时还应对大量交通进行有层次的划分,对车辆进行分流,这样风可以迅速将城市大量集聚的热量、温室气体以及悬浮颗粒物分散,减少尘罩作用,降低热岛效应。

2.2 城市热岛效应对城市色彩规划的影响

城市色彩,是指城市公共空间中所有裸露物体外部被感知的色彩总和,由自然色和人工色两部分构成。早在19世纪70年代,“城市”作为色彩载体的问题就引起了国际学术界的关注。但是,由于长期以来在城市色彩领域观念上的滞后和研究水平上的差距,城市色彩处于随意的状态,造成了“色彩”在城市景观中的缺失^[31]。近年来,城市色彩规划引起了城市规划部门及学者们的重视,然而在确定城市的主色调中,专家们主要考虑的是城市色彩是否继承了历史文脉,是否和谐美观^[32-33],几乎没有考虑色彩对城市热岛效应的影响,在部分地区的色彩规划中体现的更是长官的意志。

城市热岛效应与城市色彩的相互关系主要通过色彩的反射率来体现,这是因为不同颜色的物体对光的反射率不一致,从而导致城市的热平衡不一致。一般认为,白色物体的反射率为64%~92.3%,灰色物体的反射率为10%~64%,黑色物体的反射率不足10%。研究表明,不同颜色的水泥的反射率也不一致,深灰色水泥对太阳光的反射率是13.23%,浅灰色水泥的反射率是32.76%,褐色水泥的反射率是30.06%,石棉水泥的反射率是39.35%^[34]。城市下垫面颜色深,反射率低,吸收的太阳辐射热大,吸收的太阳辐射能又通过长波辐射的形式释放到表面大气,使表面大气升温,热岛效应增强^[35]。

集聚的城市混凝土建筑物和沥青柏油路面具有明显的增温效应,浅色的建筑材料和地面铺张材料能够有效的降低热岛效应。深色的建筑物吸收大量热量的同时,增加了室内空调的能耗,也导致热岛效应加剧。因此,在城市色彩规划中,除了考虑城市的文脉与和谐美观外,还应考虑色彩与城市热岛效应的关系,尽量用浅色的材料和涂料。

2.3 城市热岛效应对城市森林规划的影响

这里沿用彭镇华^[36]关于城市森林的定义，即城市森林是指城市地域内改善城市生态环境为主，促进人与自然协调，满足社会发展需求，由以树木为主体的植被及其所在的环境所构成的森林生态系统，是城市生态系统的重要组成部分。城市森林的组成成分包括全部的绿地和各种水体，郊区的片林，护路林、河道林、农田防护林、水体等。

城市热岛效应与城市森林的相互关系主要体现在两个方面：城市森林能够有效的截留太阳辐射，降低大气表面温度，缓解热岛效应（包括因减少空调能耗引起的热岛下降）^[37]；城市森林通过蒸散能够增加大气水汽，从而降低热岛效应。国内外学者对城市森林做了大量研究^[38-40]，但是城市森林规划仍然处于被动的“填空状态”，通常是牺牲森林来满足建设。同时，森林比重小、结构不合理、立体绿化不足以及湿地环境被破坏等问题依然存在。因此在城市规划中，应充分认识城市森林的重要性，加强城市规划中的森林规划。城市森林应从如下几个方面进行规划：

增加城市森林的比重，使其覆盖率达到 30%~50%。研究表明，当一个区域的绿化覆盖率达到 30%，热岛强度明显减弱；绿化覆盖率大于 50%，热岛缓解现象极其明显^[41]。另有研究也表明，城市森林覆盖率每增加 10%，气温降低的理论最高值为 2.6%，当覆盖率达到 50%时，气温降低的理论最高值可达 13%，若夏季最高日气温为 38℃，可降低气温 5℃，基本可以消除“城市热岛效应”^[42]。与 30%~50%的城市森林覆盖率相比，我国的森林规划面积还相差很远，因此在城市规划中，应增加城市森林的比重，使其覆盖率达到 30%~50%。

进行合理的城市森林结构搭配。目前盛行草坪热，种植名贵树种。草坪遮荫效应差，不能大幅度减少太阳的直接辐射热，草坪的叶面积较林木小，蒸腾小，其环境效应较差^[36 43]，不能有效的缓解或消除热岛效应^[18]。种植名贵树种需要高的成本投入，而且难以养活，其降温致湿的效果也不太理想。因此在城市森林规划中应舍弃大量种植草坪和一味攀比种植名贵大树的不合理做法，进行合理的乔灌木搭配，尤其是乡土树种的种植。

加强立体绿化。由于城市用地紧张，城市森林规划中除了进行水平方向森林规划外，同时应向城市立体绿化方向发展。城市有大量的水泥或混凝土屋顶、墙体、立交和边坡，这些裸露表面为立体绿化提供了可能。发展立体绿化是缓解城市热岛效应

的重要方法，也是增加绿化面积和绿化总量较为有效的方法。

最大限度保护自然湿地，努力构建人工湿地。城市化导致大量的城市农田、水塘、湖泊、内河、沼泽等湿地减少或消失，从而使城市蓄存降水的湿地减少，也使湿地与空气的接触面积和降温范围减小或消失。混凝土堆砌的不透水建筑、道路和广场，使大量的降水直接通过排水网流失。湿地的减少或消失，天然降水的白白流失，致使城市失去了通过蒸发带走城市热量，降低热岛效应的机会及水通过促进林木生长，间接降低热岛效应的可能性。虽然城市管理者在这方面做了一些补救措施，如建立保护区、公园或在社区建立喷泉、人工小溪或人工瀑布，但这些措施能够落实的极其有限，其影响范围也比较小。因此有学者认为，在城市建设中将原来的湿地进行改造、铺换，无益于城市热岛效应的缓解^[38]。相反，要在大力保护原有湿地的基础上（包括城郊湿地的保护），在城市进行人工湿地的构建，这是降低热岛效应的有效方法^[44]。

2.4 城市热岛效应对城市能源规划的影响

城市大量的能耗对城市热岛的形成起十分重要的作用，是导致城市热岛效应的主要原因^[34 45]。因此，有必要通过加强城市能源规划来调节能源消耗，降低热岛效应。这里以降低空调能耗为例，探讨城市应如何通过能源规划来缓解热岛效应。

城市空调能耗是城市能耗的重要组成部分，有学者认为降低空调能耗是降低城市热岛效应的重要途径^[44]。目前，空调直接节能技术仍然较落后，需要不断的改进；间接节能技术没有相应政策的支持。现代城市规划可以从如下几个方面来降低空调能耗：①改进建筑空调技术。有学者认为可以通过改进空调设备来达到降低能耗，如制定更好的制冷能效标准，改进空调的零件，提高空调节能^[38]。②积极探索和推广新能源利于技术，如地源热泵技术，它通过循环液在封闭地下埋管中流动，实现系统与大地之间的传热，它是一种可持续发展的建筑节能新技术。1998年美国能源部颁布法规，要求在全国联邦政府机构的建筑中推广应用地源热泵供热空调系统。为了表示支持这种节能环保的新技术，美国总统布什在他的得克萨斯州的宅邸中也安装了这种地源热泵空调系统（见 2001年 5月 18日《参考消息》）。③在城市大力构建城市森林，在建筑的外围进行立体绿化。Kikagawa等^[40]的研究表明，在建筑周围种树可以节省因制冷而消耗的能源的 4%~40%。④在屋顶及墙体加盖铺装材料或滤光遮阳的“双层表皮”来降低建筑物温度，从而

减少空调能耗。⑤使用浅色的建筑材料或涂料。采用高反射率的浅色屋顶可比暗色屋顶减少 40% 的空调用电量, 其降温效果十分明显^[24]。⑥制定相应的政策法规, 推动降低空调能耗措施的落实。

空调能耗只是城市能耗的一方面, 城市规划中应改进能源消耗设备如机动车辆和锅炉等的构件, 更新能源使用方法, 提高能源使用效率, 减少能源损耗。在条件允许的城市, 应推广和普及使用太阳能和生物能, 减少煤和石油等不可再生能源的消耗, 降低热岛效应。

2.5 城市热岛效应对城市规模规划的影响

城市热岛效应与城市规模有一定的相关性。有学者认为城市扩展是城市热岛效应形成的主要原因^[24]。据研究, 1 万人口城市的热岛强度可达 0.11°C , 10 万人口的城市热岛效应可达 0.32°C , 100 万人口的城市热岛效应可达 0.91°C ^[23]。丁金才等^[27]在上海的研究结果也表明, 热岛强度与城市规模相关性明显。因此, 城市规划中, 必须对城市规模进行规划, 将城市的人口数量控制在一定范围之内。

3 讨 论

城市热岛效应对城市规划的影响是多方面的, 上面论述的只是其中的几个重要方面。为了消除或缓解城市热岛效应, 减少这种潜在的危害, 城市规划部门和有关专家应根据城市热岛效应形成的原因及其分布的时空特点, 在尊重城市历史文脉的基础上, 充分考虑城市热岛效应对城市规划的影响, 制定合理的城市规划, 以期最大限度地消除或缓解城市热岛效应, 实现经济、社会的和自然的和谐发展。

参考文献:

- [1] 李建军. 保持我国城市规划学的科学本质——有感于当前我国城市规划实践的若干现象[J]. 城市规划学刊, 2006 4: 8—16
- [2] 罗名海. 城市规划数字化及其综合研究框架[J]. 武汉大学学报: 工学版, 2003 36(3): 26—30
- [3] 罗彦, 周春山. 50 年来广州人口分布与城市规划的互动分析[J]. 规划研究, 2006 7: 27—31
- [4] 孙志军. 城市规划应高度重视水环境保护——以抚顺市为例[J]. 能源及环境, 2006 11: 78—79
- [5] 汪天雄. 生态城市的规划原则探讨[J]. 规划, 2006 8: 44—46
- [6] 杨曾宪. 城市色彩规划设计的意义及原则[J]. 城市规划与设计, 2004 1: 45—48
- [7] 张新长. 基于 GIS 的城市规划专题制图[J]. 中山大

学学报: 自然科学版, 1997 36(4): 94—98

- [8] 邹德慈. 什么是城市规划[J]. 城市规划, 2005 25(11): 24—27 34
- [9] 吴志强, 于泓. 城市规划学科的发展方向[J]. 城市规划学刊, 2005 6 2—10
- [10] 邹经宇, 林琚, 薛玉彩, 等. 以跨学科架构分析与认识城市规划设计空间[J]. 武汉大学学报: 工学版, 2003 36(3): 31—36
- [11] 彭少麟, 周凯, 叶有华, 等. 城市热岛效应研究进展[J]. 生态环境, 2005 14(4): 574—579
- [12] SARRAT C, LEMONSU A, MASSON V, et al. Impact of urban heat island on regional atmospheric pollution[J]. Atmospheric Environment, 2006 40: 1743—1758
- [13] 曾侠, 钱光明, 潘蔚娟. 珠江三角洲都市群城市热岛效应初步研究[J]. 气象, 2004 30(10): 12—16
- [14] 宋艳玲, 张尚印. 北京市近 40 年城市热岛效应研究[J]. 中国生态农业学报中国生态农业学报, 2003 11(4): 126—129
- [15] 张新刚, 周斌, 王珂. 杭州市热岛效应的遥感监测[J]. 科技通报, 2004 6: 501—505
- [16] SAILOR D J, LU L. A top-down methodology for developing diurnal and seasonal anthropogenic heating profiles for urban areas[J]. Atmospheric Environment, 2004 38(17): 2737—2748
- [17] FAN H L, SAILOR D J. Modeling the impacts of anthropogenic heating on the urban climate of Philadelphia: a comparison of implementations in two PBL schemes[J]. Atmospheric Environment, 2005 39(1): 73—84
- [18] 汤惠君. 广州市大气污染分布规律[J]. 地理研究, 2004 23(4): 495—503
- [19] GRIDHARAN R, LAU S S Y, GANESAN S. Nocturnal heat island effect in urban residential developments of Hong Kong[J]. Energy and Buildings, 2005 37: 964—971
- [20] GARSTANG M, TYSON P D. The structure of heat island[J]. Review of Geophysical Space Physics, 1975 13: 139—165
- [21] BAK J J, KMYH, CHUM H Y. Dry and moist convection forced by an urban heat island[J]. Journal of Applied Meteorology, 2001 40: 1462—1475
- [22] 周凯, 叶有华, 彭少麟, 等. 城市大气总悬浮颗粒物与城市热岛[J]. 生态环境, 2006 15(2): 381—385
- [23] KARL T R, DIAZ H F, KUKLA G. Urbanization: its detection and effect in the United States climate record[J]. Journal of Climatology, 1988 1: 1099—1123
- [24] 徐涵秋, 陈本清. 不同时相的遥感热红外图像在研究城市热岛变化中的处理方法[J]. 遥感技术与应用, 2003 18(3): 129—134

[25]

MASMOUDI S MAZOUZ S Relation of geometry vegetation and thermal comfort around buildings in urban settings the case of hot arid regions [J]. Energy and Buildings 2004 36 710—719

[26]

BORNSIEN R D Observation of the urban heat island effect in New York City [J]. Journal of Applied Meteorology 1968 7 575—582

[27]

丁金才, 张志凯, 奚红, 等. 上海地区盛夏高温分布和热岛效应的初步研究 [J]. 大气科学, 2002 26 (3): 412—421

[28]

陈志, 俞炳丰, 胡汪洋, 等. 城市热岛效应的灰色评价与预测 [J]. 西安交通大学学报, 2004 38(9): 985—988

[29]

GMONIB Climate considerations in building and urban design USA John Wiley & sons 1998

[30]

SANTAMOURISM Energy and Climate in the Urban Built Environment [M]. UK James & James 2001

[31]

游涛. 城市道路景观色彩研究 [J]. 江苏城市规划, 2006 7 24—26

[32]

万敏, 吴新华. 城市色彩规划中的若干问题 [J]. 规划师, 2004 7 60—62

[33]

吴薇, 刘红红. 城市环境中的色彩景观规划 [J]. 重庆建筑大学学报, 2006 3 33—35

[34]

RACNETAP FABIANA L F Measurement of albedo and analysis of its influence the surface temperature of building roof materials Energy and Buildings 2005 37 295—300

[35]

AKBARIH KONOPACKIS Calculating energy saving potentials of heat island reduction strategies [J]. Energy Policy 2005 33 721—756

[36]

彭镇华. 城市森林 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2003

[37]

史欣, 吴统贵, 徐大平, 等. 广州帽峰山森林公园的“冷岛”效应分析 [J]. 中国城市林业, 2005 3(3): 46—48

[38]

申绍杰. 试议“凉爽城市”的建设 [J]. 长安大学学报: 建筑与环境科学版, 2004 21(3): 38—41 59

[39]

WONG N H CHEN Y Study of green areas and urban heat island in a tropical city [J]. Habitat International 2005 29 547—558

[40]

KIKEGAWA Y GENCHI Y KONDO H et al Impacts of city block scale countermeasures against urban heat island phenomena upon a building's energy consumption for air conditioning [J]. Applied Energy 2006 83 649—668

[41]

李延明, 郭佳, 冯久莹. 城市绿色空间及对城市热岛效应的影响 [J]. 城市环境与城市生态, 2004 17 (1): 1—4

[42]

于志熙. 城市生态学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1992

[43]

欧阳勋志, 廖为明, 刘国华. 城市森林绿地建设的生态学思考 [J]. 江西农业大学学报: 自然科学版, 2002 24(5): 671—674

[44]

王惠想, 张伟捷. 建筑空调能耗与城市热岛效应 [J]. 河北建筑科技学院学报, 2004 21(1): 23—27

The Influence of Urban Heat Island on Urban Planning

PENG Shao lin YE Youhua

(State Key Laboratory of Biocontrol Sun Yat sen University Guangzhou 510275 China)

Abstract: The influence of urban heat island (UHI) on urban planning was analyzed based a simple summary of UHI. UHI is one of the typical urban climates in metropolis resulted from urbanization. Clear spatio-temporal characteristics of UHI were found in cities. UHI is linked to many factors like substrate and energy consuming. Several aspects were analyzed to discuss the effect of UHI on urban planning including urban aerodynamics, urban forest, urban color, urban energy and urban scale. The impact of UHI on urban planning is significant. In order to mitigate UHI and achieve a harmonious development of economy, society and nature, the department of urban planning and expert should make a reasonable urban planning according to the distribution and formed mechanism of UHI.

Key words: urban heat island (UHI); urban planning; effect