

不同地被类型对城市热环境的影响研究

李翔泽, 李宏勇, 张清涛, 邱国玉*

北京大学环境与能源学院, 广东 深圳 518055

摘要: 近些年来我国城市热环境急速恶化, 特别是 2013 年我国南方多地出现突破历史极值的极端高温天气, 严重影响了居民正常生活。本研究以深圳为例, 运用气象站定点观测方法并首次引入运动样带观测方法对深圳市典型地被类型的气温进行监测、分析, 探讨不同地被类型对城市热环境的影响。气象站定点监测实验从 2011 年 6 月至今, 持续样带监测实验开始于 2011 年 6 月结束于 2013 年 7 月。本研究详细纪录了深圳市西丽大学城及其周边有典型地被类型的气温、太阳辐射、风向、风速等气象数据。根据不同城市景观分选出 5 种不同的典型城市地被类型: 城市景观水、城中村、商业区、城市绿地、郊区。利用观测获得的具有高空间分辨率和高时间分辨率的实验数据对 5 种不同的地被类型进行分析比较, 结果表明: 5 种不同城市景观的温度差异明显, 商业区温度 > 城中村温度 > 城市景观水区域温度 > 城市绿地温度 > 郊区温度。城市绿化和景观水对城市热岛有明显的缓解作用, 城市景观水可缓解城市热岛强度 0.9 °C, 城市绿地可缓解城市热岛强度 1.57 °C。城市绿地的降温效果比城市景观水好, 比城市温度的缓解效果强 0.67 °C。人类的周期性活动对区域城市热岛强度有明显的影响。一周时间内, 商业区、城中村、城市景观水、城市绿地的城市热岛强度均呈“U”字形。周末四种地被类型的热岛强度比工作日要高, 分别高出 0.65 °C、0.57 °C、0.26 °C、0.21 °C。

关键词: 热环境; 城市热岛效应; 地被类型; 运动样带; 城市景观

中图分类号: X16

文献标志码: A

文章编号: 1674-5906 (2014) 01-0106-07

引用格式: 李翔泽, 李宏勇, 张清涛, 邱国玉. 不同地被类型对城市热环境的影响研究[J]. 生态环境学报, 2014, 23(1): 106-112.
LI Xiangze, LI Hongyong, ZHANG Qingtao, QIU Guoyu. Study on reducing effect of different urban landscapes on urban temperature [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2014, 23(1): 106-112.

近些年来我国城市高温天气出现的天数逐渐增多。特别是 2013 年 7 月以来, 我国南方多地出现了突破历史极值的极端高温天气。本次高温呈现出持续时间长、影响范围广的特点。据国家气候中心以及中国气象网的资料显示, 今年夏季以来, 高温天气覆盖了我国江南、江淮、江汉、黄淮及重庆等地的 19 个省(区、市)。其中江南、江淮、江汉及重庆 8 省(市)平均高温日数达 28.8 d, 较常年多出一倍以上, 平均最高气温达 35.6 °C, 为 1951 年以来之最。我国中东部地区有 305 个观测站日最高气温突破 40 °C, 浙江新昌极端最高气温达 44.1 °C。有 477 站次日最高气温突破历史极值, 为历史同期最多。今年 7 月, 南方部分地区平均气温与历史同期相比偏高 2 °C 至 4 °C, 8 月份偏高 4 °C 至 6 °C。全球性的气候变迁是出现大规模的高温现象的重要原因, 同时, 城市热岛效应也是城市高温的另一重要原因。

城市热岛 (Urban Heat Island, UHI) 是城市热环境的评价指标之一, 是 Howard (HOWARD, 1833)

于 19 世纪提出的。城市热岛效应是指当城市发展到一定规模时, 城市下垫面性质的改变、大气污染及人工废热等行为使热量在城区范围内聚集, 导致城区温度明显高于郊区, 形成高温岛屿的现象 (黄伟峰和朱冠友, 1988)。随着城市化进程的加快, 我国的城市热岛现象也日益明显 (张恩洁等, 2007; 张恩洁等, 2008; 唐国利等, 2008; 程好好等, 2009; 赵小峰和叶红, 2009)。城市化是影响城市热岛效应的重要因素 (林学椿等, 2005; 唐国利等, 2008), 而人类在城市化的过程中扮演了及其重要的角色。城市景观是聚集的建筑物、产业经济、人居社区以及被分割覆盖的自然及半自然的水体和绿色植被之间的网络组合 (陆大道, 1999)。不同的城市景观会对城市热岛效应产生不同程度的影响。关于不同城市景观对城市热岛效应的影响研究有很多, 包括增加绿地面积、铺设浅色屋顶和路面、降低人工热排放、增加通风、合理设计建筑、遮阴、屋顶洒水和安装太阳能发电设备等 (RIZWAN 等, 2008)。水的潜热非常大, 而绿地的植被蒸腾以潜热的方式

基金项目: 深圳市哲学社会科学“十二五”规划 (125A037; 125A019); 深圳市发改委新能源学科建设扶持计划

作者简介: 李翔泽 (1988 年生), 男, 硕士研究生, 主要从事气候变化以及城市热岛效应方向的研究。E-mail: xiangzeli.lxz@gmail.com

*通讯作者: 邱国玉 (1963 年生), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事环境与能源信息工程方向的研究。E-mail: qiuqy@pkusz.edu.cn

收稿日期: 2013-10-15

可吸收大量热量,从而有效地降低绿地周边地区的温度(CA等,1998;TONG等,2005;YU和HIEN,2006)。

本研究把城市景观分为城市商业区、城中村、城市景观水、城市绿地以及郊区5种。为了深入研究人为活动对城市热岛强度的影响,以及找到有效缓解城市热岛效应的方法,针对5种城市景观,本文提出两个假设:(1)由于水体比热高,并且容易发生相变,可以吸收和释放大量的热量,故假设水体比其他城市景观有更好的降温效果;(2)城中村中高楼层林立,道路狭窄,人口密集,绿化情况很差,故假设5种城市景观中城中村的的城市热岛强度最强。

1 研究区概况

深圳市位于 $113^{\circ}46' \sim 114^{\circ}37' E$, $22^{\circ}27' \sim 22^{\circ}52' N$ 。深圳地势东部高,西北低,大部分地方为低丘陵地,中间分布着一些平缓台地,西部沿海一带为滨海平原。深圳市下辖罗湖、福田、南山、盐田、保安、龙岗等10个行政区。南山区位于深圳经济特区西部,全区总面积 167.05 km^2 ,2011年年末常住人口109.99万人(深圳市南山区统计局,2011)。其中,西丽镇18.8万人,人口密度4005人/平方公里(深圳市南山区2010年第六次人口普查数据)。该区以发展高新技术产业为主,辖区地势南北高,中部低。地形以丘陵、台地和滨海平原为主。

选择北大深圳研究生院的镜湖作为城市景观水研究。镜湖是一个占地约 9600 m^2 ,最深处约20cm的接近圆形的城市景观水池。围绕镜湖的是北大深圳研究生院的5栋宿舍楼、食堂、超市以及部分教学楼。

其它4种城市景观选自运动样带实验,如图1



图1 运动样带不同地被类型样地俯视图(图中红线代表样带路线)

Fig.1 Top view of different urban landscapes (the red line is routes)

所示。

左上是郊区:位于深圳市西丽大学城东门附近, $113^{\circ}58.05' \sim 113^{\circ}58.22' E$, $22^{\circ}35.29' \sim 22^{\circ}35.43' N$,以自然植被覆盖为主,人流车流较少。右上是城市绿地:位于北京大学深圳研究生院H栋周围, $113^{\circ}58.33' \sim 113^{\circ}58.19' E$, $22^{\circ}35.82' \sim 22^{\circ}35.74' N$,有一定的车流量和人流,绿化与楼房配比很好。左下是城中村:西丽平山村,是一个城中村, $113^{\circ}57.63' \sim 113^{\circ}57.87' E$, $22^{\circ}35.19' \sim 22^{\circ}35.26' N$,其特点是人口密集,周围高楼林立,绿化程度非常低,道路狭窄,车辆较少。右下是商业区:西丽的镇中心, $113^{\circ}56.99' \sim 113^{\circ}57.11' E$, $22^{\circ}35.05' \sim 22^{\circ}35.12' N$,其特点是人类活动集中区,绿化很少,道路宽阔,车流量非常大。

2 研究方法

采用定点观测法与区域样带观测相结合的方法。

2.1 定点观测法

定点观测法是指在选定的位置安放仪器获取气象数据,定点观测法的研究区域一般较小,关注小区域内的微气候,有利于研究特定的城市景观对城市热岛的影响。比如:邓莲堂等(邓莲堂等,2001)对上海市的研究,唐罗忠等(唐罗忠等,2009)在南京市的研究,都采用了定点观测法。本实验采用定点观测法研究城市水体对城市热岛的影响,将3对Cu-Co热电偶(检测水体的表面温度,每秒钟测量一个数值),以及1个Davis Vantage Pro 2小型无线自动气象站安置在镜湖中心。在Davis Vantage Pro 2气象站中融合了雨量采集器、温度传感器、湿度传感器以及风力计。气象站整机的工作环境为 $-20^{\circ}C$ 到 $70^{\circ}C$,每1分钟测量一个数据。所有的实验数据均通过CR1000数据采集器纪录并自动整合给出各个指标每10min的平均值。同时,每天观察天气情况,主要关注云量、太阳强度,用来辅助自动气象站数据准确确定天气情况。

2.2 区域样带观测

运动样带法是指在机动车辆上安装气温、气象以及定位仪器,连接便携式数据采集器,在固定的路线重复观测,以得到具体的实验数据。不同的运动样带实验,所采取的仪器以及采样频率都有所不同,例如Kazimierz Klysik等(KAZIMIERZ和KRZYSZTOF,1999)利用Vaisala HMP-35传感器,同时安装在5部车上,研究热岛的空间格局。本实验使用电动自行车作为移动观测工具,在车上装载Cu-Co热电偶和GPS定位系统,使用CR1000数据采集器,实现数据的自动记录。组装图如图2。

样带位置位于深圳市南山区西丽大学城附近,

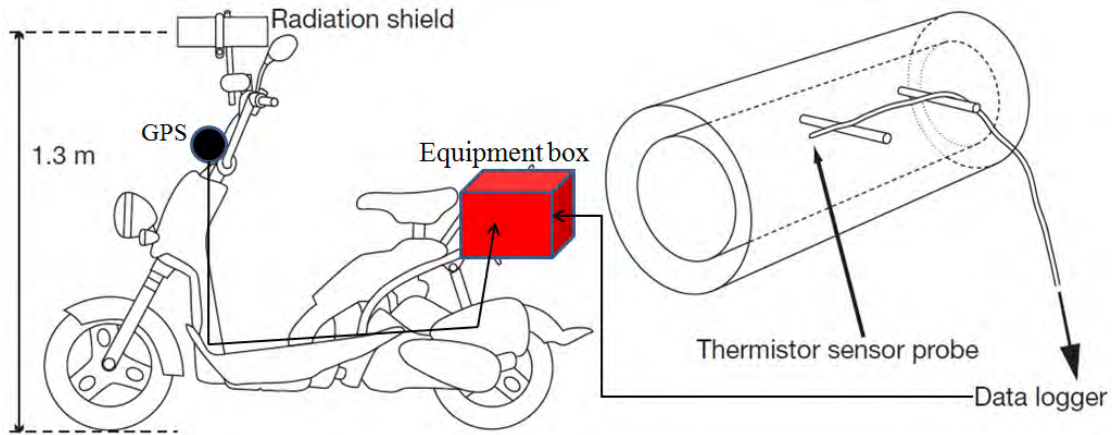


图 2 运动样带实验设备示意图

(底图来源: YOKOBORI & OHTA (YOKOBORI 和 OHTA, 2009), 本实验组设计、组装、安置各项仪器)

Fig.2 Thermistor sensors and GPS device mounted on the observation e-bike (Revised from Yokobori & Ohta, 2009)

以西丽大学城北大园区 E 栋为起点, 途径大学城图书馆、平山村、西丽镇, 绕道清华深研院, 最后回到 E 栋, 全长约 8 km (如图 3 所示)。每 2 h 观测一趟, 昼夜连续观测, 车速为 15 km/h, 每次耗时 30 min 左右, 热电偶每秒钟输出一个数值, 数据采集器记录时间间隔为 5 s。样带上设置了 12 个计时点, 用秒表记录到达每一个点位的时间, 以保证速度的稳定。本实验纪录的数据包括途经路线的经纬度、气温、风速, 样带路线如图 3 所示, 图中红线为样带路线, 红线左右两侧取 150m 内景观为研究区域。

3 结果与分析

本文选取了 2011 年 7 月、8 月、9 月、10 月以及 11 月的观测数据进行分析。城市热岛强度在每年的冬季会达到最强, 但是从今年夏季的城市高温现象来看, 夏季的城市热环境对人们日常生活影响更大。所以本文选择了深圳市温度最高的 5 个月份,

以此来探究高温季节中不同地被类型对城市热环境的影响。

3.1 5 种城市景观全天整点热岛强度

如图 4 所示, 横坐标是整点时刻, 纵坐标是定点观测的温度以及样带实测的温度。从图 4 可知, 在 5 种城市景观中的气温高低次序为: 商业区>城中村>城市景观水>城市绿地>郊区。

根据城市热岛强度的计算公式:

$$UHI = T_{\text{城区}} - T_{\text{郊区}}$$

如上公式所示: UHI 是城市热岛强度, $T_{\text{城区}}$ 是指城区的气温, $T_{\text{郊区}}$ 是指城市郊区的气温。

从行政区划的角度, 本研究区没有明显的城区郊区之分, 但是为了计算出城市热岛强度, 本研究根据城市郊区的特点选出一块样地作为郊区。选该块样地为郊区的原因有: 1、从图 3 可以看到绿地



图 3 运动样带路线示意图 (图中红线为样带路线)

Fig.3 The schematic of belt transect routes (the red line is routes)

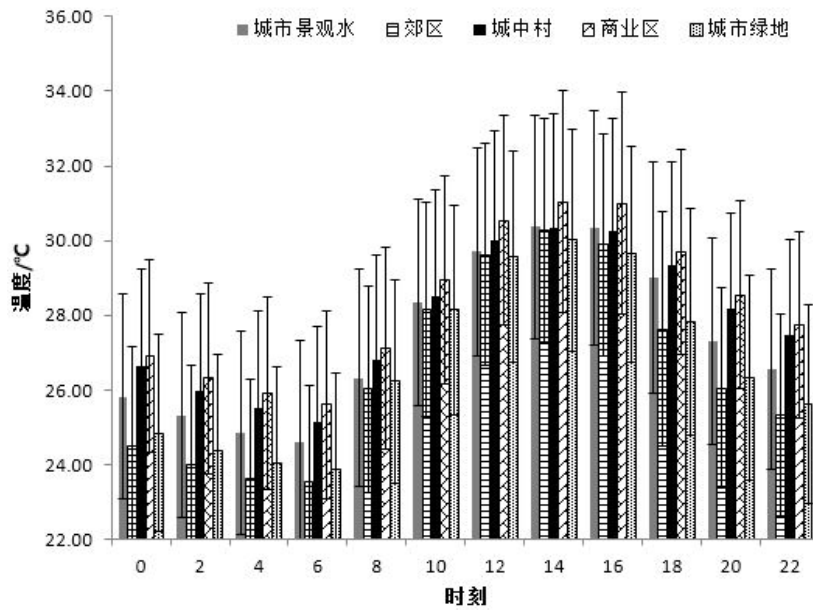


图4 5种城市景观平均气温图(误差棒正负各是一个标准差)

Fig.4 5 kinds of urban landscape's average temperature

样块植被覆盖率很高;2、此样地没有高层建筑,通风效果好;3、此样地人流车流量都比较小;4、通过数据统计,发现此样地的气温相对偏低。根据以上分析,下文的城热岛强度计算方法就是用各种城市景观的气温减去郊区的气温,得图5。

如图5所示,横坐标是整点时间,纵坐标是城市热岛强度。4种城市景观一天的城市热岛强度均呈现明显的“U”字形变化。在凌晨0点左右达到最

高,在中午12点左右达到最低。这与前人的研究结论相一致。一些研究认为出现这个现象的原因是:城市建筑物的密集和地面硬化程度高使得城区比郊区具有更小的热容量和更快的吸收率,所以城市大气在日间存储了较多的热量。同时城市人为热源的释放远比郊区多,因此造成同一时间城区气温普遍高于郊区。日间由于太阳辐射增温使得城郊近地层对流加强,热量的垂直和水平交换比夜间强,故

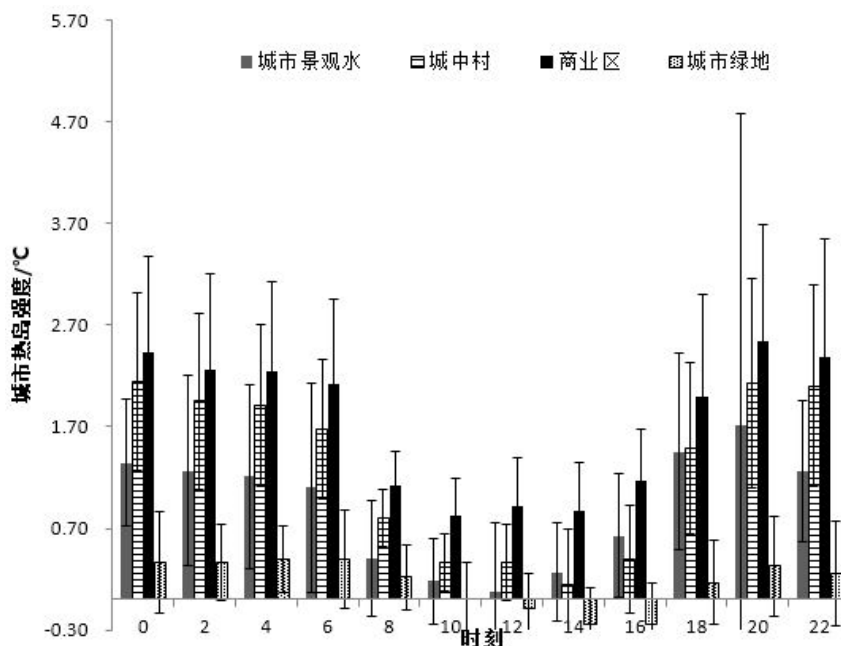


图5 5种城市景观全天整点热岛强度图(误差棒正负各是一个标准差)

Fig.5 5 kinds of urban landscape's urban heat island intensity

白天郊区热岛效应较弱。到了夜间,城市空气中大量的CO₂等温室气体及颗粒污染物更多地吸收地面长波辐射,使空气中的热量不易散失,因此夜间城市、郊区温差迅速增大。

根据目前的研究文献,日城市热岛强度在2点钟左右达到最高。因此在下文中的研究中,主要选取2点和14点的数据作为对照。

3.2 5种城市景观2点与14点热岛强度

如图6所示,左图是每天2点气温图,右图是每天2点的热岛强度图;如图7所示,左图是每天14点的气温图,右图是每天14点的热岛强度图。图6、7使用两个典型的时间点展示了白天与黑夜的气温、热岛强度的对比。14点的气温平均比2点的高5.20℃(表1),热岛强度比2点的低1.20℃(表2)。从图6、7还可得知,凌晨2点的气温、热岛强度的区分度都相对14点的好,且本研究所选择的样地分层效果较佳,大致表现为商业区的热岛强度最高、城中村次之、镜湖第三、城市绿地最低。

图5、6、7的结果否定了本文的两个假设。即:假设水体比其他城市景观有更好的降温效果;假设现在城市中城中村的城市热岛强度应该最大。从图9可知,城市绿地对城市热岛效应的缓解作用比城市景观水更强,校园的气温比镜湖气温低约0.75℃;商业区的城市热岛强度最高,比城中村高约0.45℃,比校园高约1.57℃。

表1 5种城市景观2点钟与14点平均气温

Table 1 5 kinds of urban landscape's temperature at 2 o'clock and 14 o'clock

时刻	郊区	景观水	城中村	商业区	城市绿地
2点钟	25.32℃	24.02℃	25.99℃	26.31℃	24.36℃
标准差	2.75	2.65	2.60	2.55	2.60
14点钟	30.28℃	30.37℃	30.32℃	31.04℃	30.01℃
标准差	3.00	2.99	3.06	2.96	2.95

表2 5种城市景观2点钟与14点钟平均热岛强度

Table 2 5 kinds of urban landscape's urban heat island intensity at 2 o'clock and 14 o'clock

时刻	景观水	城中村	商业区	城市绿地
2点钟	1.27℃	1.95℃	2.27℃	0.36℃
标准差	0.95	0.87	0.94	0.47
14点钟	0.27℃	0.15℃	0.86℃	-0.24℃
标准差	0.48	0.54	0.49	0.36

综上所述,城市景观水可减缓城市热岛强度0.9℃,城市绿地可减缓城市热岛强度1.57℃。城市绿地的降温效果比城市景观水好,比城市景观水的减缓效果强0.67℃。分析原因,虽然水体能在短时间内吸收和释放大量热量,但城市景观水的面积以及水体的体积都是有限的,且城市水体白天吸收的部分热量会在夜晚释放到大气中,使得夜晚城市温度下降不明显。然而,城市绿地系统有很好的分层,相比景观水体,相同的占地面积,绿地可以

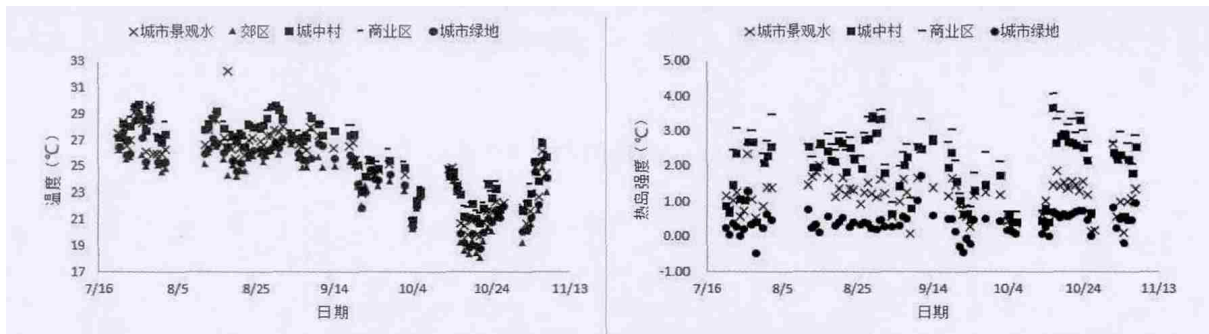


图6 5种城市景观2点平均温度与平均热岛强度图

Fig.6 5 kinds of urban landscape's temperature and urban heat island intensity at 2 o'clock

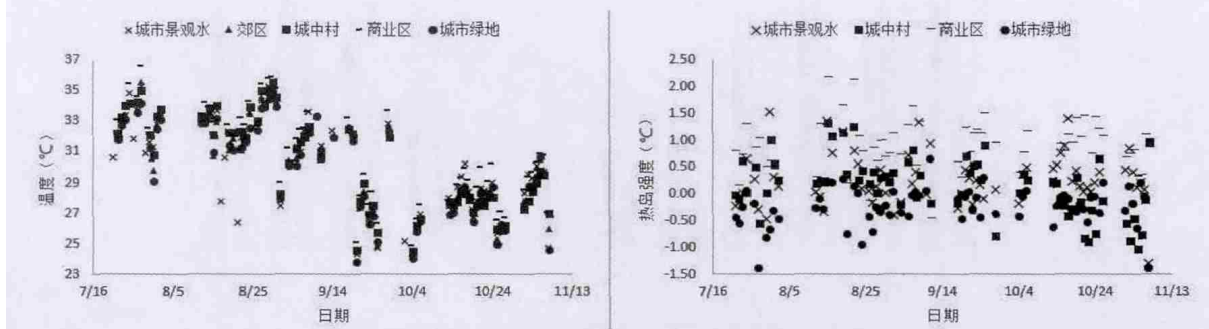


图7 5种城市景观14点平均温度与平均热岛强度图

Fig.7 5 kinds of urban landscape's temperature and urban heat island intensity at 14 o'clock

多出更多蒸发面积且远远大于景观水面积。因此, 绿地具有更好的降温效果。

3.3 人类周期活动对城市热岛强度的影响

除以上研究之外, 本研究还发现热岛强度跟人类周期性的活动有密切的关系。现今人们正常的生产生活活动是以一周为周期, 周一至周五工作, 周末两天休息。根据上文的研究发现, 凌晨的热岛强度区分比较明显, 于是做出图 8、9。

如图 8 所示, 2 点钟热岛强度图, 纵坐标是热岛强度, 横坐标是星期。从图 8 发现, 热岛强度在每周周末达到最高, 而周三热岛强度最低。然而, 周三城市景观水的热岛强度有一个明显的上升, 推

测是由于本实验样地位于北大深圳研究生院的宿舍区, 师生的日常活动规律跟社会人士不尽相同。从图 8 可以看出, 一周时间内, 不同景观的城市热岛强度都呈现出“U”字形变化。商业区、城中村、城市景观水、城市绿地 4 种景观在周六、周日的热岛强度都比周一到周五高, 分别高出 0.65°C 、 0.57°C 、 0.26°C 、 0.21°C 。

4 结论

通过数据的处理, 不同样地的对比。我们可以得出如下结论:

(1) 5 种城市景观的气温高低次序为: 商业区>城中村>城市景观水>城市绿地>郊区。商业区、城

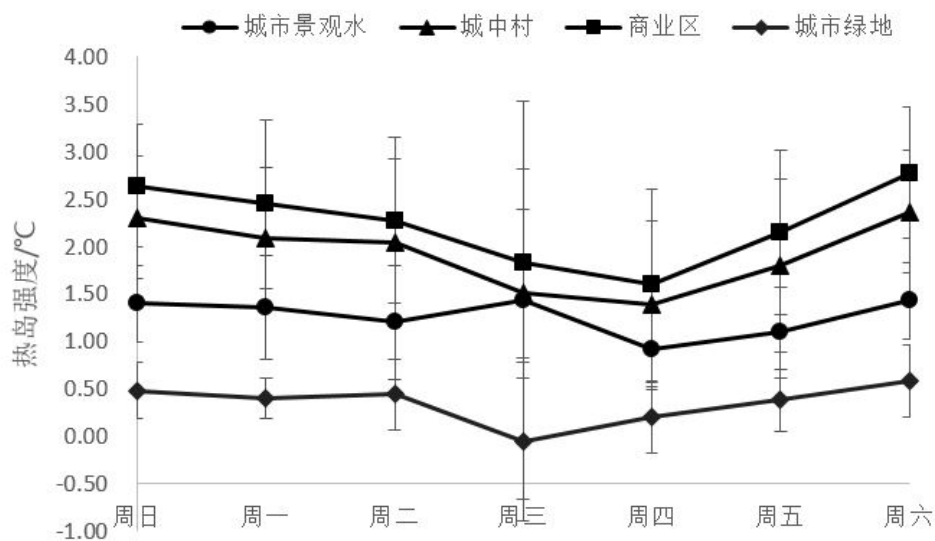


图 8 5 种城市景观 2 点钟热岛强度图 (误差棒正负各是一个标准差)

Fig.8 5 kinds of urban landscape's urban heat island intensity at 2 o'clock

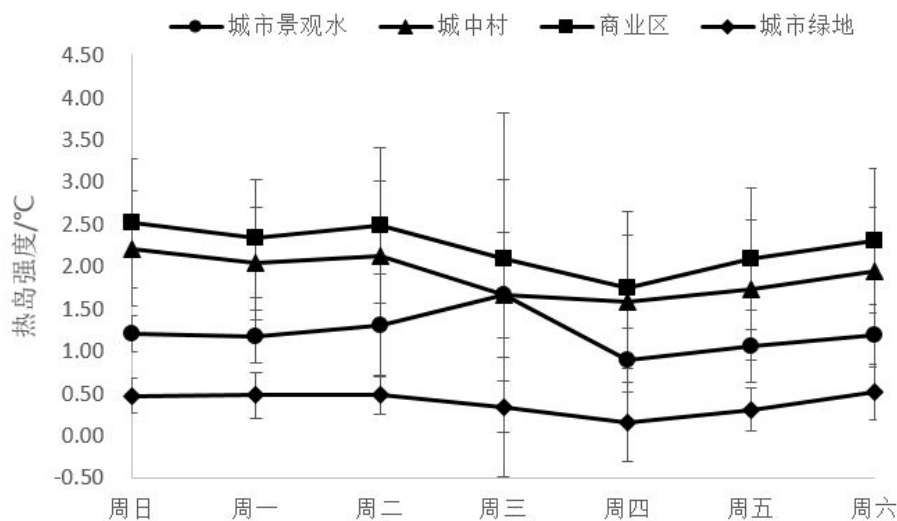


图 9 5 种城市景观 4 点钟热岛强度图 (误差棒正负各是一个标准差)

Fig.9 5 kinds of urban landscape's urban heat island intensity at 4 o'clock

中村、城市景观水、城市绿地 4 种城市景观一天的城市热岛强度变化规律基本一致,均呈现明显的“U”字形变化。城市热岛强度在每天夜晚达到最大值。

(2) 城市绿化和景观水对城市热岛效应有明显的缓解作用,城市景观水可缓解城市热岛强度约 0.9 °C,城市绿地可缓解城市热岛强度 1.57 °C。城市绿地的降温效果比城市景观水好,对城市温度的缓解效果比城市景观水强 0.67 °C。因此,绿地具有更好的降温效果。

(3) 人类的周期性活动,对区域城市热岛强度有明显的影响作用。一周时间内,不同城市景观的城市热岛强度均呈现“U”字形变化。商业区、城中村、城市景观水、城市绿地 4 种城市景观在周末的热岛强度都比周一至周五高,分别高出 0.65 °C、0.57 °C、0.26 °C、0.21 °C。

参考文献:

- Ca V.T., Asaeda T., Abu E.M. 1998.Reductions in air conditioning energy caused by a nearby park [J]. *Energy and Buildings*, 29: 83-92.
- Howard L. 1833. *The Climate of London: Deduced from Meteorological Observations, Made in the Metropolis and at Various Places around it.*
- Kazimierz K., Krzysztof F. 1999.Temporal and spatial characteristics of the urban heat island of Lodz Poland [J]. *Atmospheric Environment*, 33: 3885-3895.
- Rizwan A.M., Dennis Y.C.L., Liu C. 2008.A review on the generation, determination and mitigation of urban heat island [J]. *Journal of environmental sciences*, 20: 120-128.
- Tong H., Walton A., Sang J., et al. 2005. Numerical simulation of the urban boundary layer over the complex terrain of Hong Kong [J]. *Atmospheric environment*, 39: 3549-3563
- Yokobori T., Ohta S. 2009.Effect of land cover on air temperatures involved in the development of an intra-urban heat island [J]. *Climate research*, 39: 61-73.
- Yu C., Hien W.N. 2006.Thermal benefits of city parks [J]. *Energy and buildings*, 38(2): 105-120.
- 程好好,曾辉,汪自书,等. 2009. 城市绿地类型及格局特征与地表温度的关系--以深圳特区为例[J]. *北京大学学报: 自然科学版*, 2009, 45(3): 495-501
- 邓莲堂,东炯,李朝颐. 2001.上海城市热岛的变化特征分析[J].*热带气象学报*, 17(3): 273-280.
- 黄伟峰,朱冠友.1988.深圳特区的城市气候[J].*中山大学学报: 自然科学*, 7(2): 57-63.
- 林学椿,于淑秋,唐国利. 2005.北京城市化进程与热岛强度关系的研究[J].*自然科学进展*, 15(7): 882-886.
- 陆大道,1999.区域发展及其空间结构[M]. 北京, 科学出版社: 68-97.
- 唐国利,任国玉,周江兴. 2008.西南地区城市热岛强度变化对地面气温序列影响[J]. *应用气象学报*, 19(6): 722-730.
- 唐罗忠,李职奇,严春风,等. 2009.不同类型绿地对南京热岛效应的缓解作用[J].*生态环境学报*, 18(1): 23-28.
- 张恩洁,张晶晶,赵昕奕,等. 2008.深圳城市热岛研究[J].*自然灾害学报*, 17(2): 19-24.
- 张恩洁,赵昕奕,张晶晶. 2007.近 50 年深圳气候变化研究[J].*北京大学学报:自然科学版*, 4, 535-541.
- 赵小锋,叶红. 2009.热岛效应季节动态随城市化进程演变的遥感监测[J].*生态环境学报*, 18(5): 1817-1821.

Study on reducing effect of different urban landscapes on urban temperature

LI Xiangze, LI Hongyong, ZHANG Qingtao, QIU Guoyu*

School of Environment and Energy, Shenzhen Graduation School of Peking University, Shenzhen 518055, China

Abstract: Through continuous belt transect monitoring from June 2011 to July 2013 and fixed-point weather station monitoring from June 2011 to the present, we have recorded the temperature, sun radiation, wind direction, wind speed and other metrological data in detail at Xili University Town, Shenzhen, and other representative locations in its neighborhood. According to different ground covers, we have selected 5 different urban landscapes, including urban waterscape, village in the city, shopping center, urban greenness and suburb. According to the monitoring results, the periodical activities of human beings exert a significant effect on strength of the local urban heat islands. For different urban landscapes, the temperature of Saturday and Sunday is higher than that of working days from Monday to Friday. The temperature difference between the 5 different urban landscapes is significant, i.e. shopping center > village in the city > urban waterscape > campus > urban greenness > suburb. At the same time, compared with shopping center, urban waterscape can reduce the strength of local urban heat island by about 0.9 °C, and urban greenness by about 1.57 °C. **Abstract:**

Key words: urban thermal environment; urban heat island; belt transect monitoring; urban Landscapes