

海口商业步行街外部空间测试及生态优化设计方法

陈 敬^{1,2}, 王 芳^{1,2}, 刘加平^{1,2}

(1. 省部共建西部绿色建筑国家重点实验室(西安建筑科技大学), 陕西 西安 710055; 2. 西安建筑科技大学 建筑学院, 陕西 西安 710055)

摘要: 在阴影区原理的基础上, 根据《热环境 根据 WBGT 指数对作业人员热负荷的评价》标准, 课题组对海口骑楼街区东西向的中山路和南北向的博爱北路进行了热环境参数测试。根据测试结果, 划定了有效阴影区、无效阴影区、热调节有效阴影区出现的时段, 并确定了热调节有效阴影区时段内日照区的最小范围。通过对日照区最小范围的绿化种植, 可以较为有效的调节街道的热环境状况。最后, 给出基于阴影区理论的生态步行街道的设计程序。

关键词: WBGT 指数、有效阴影区、热调节有效阴影区

中图分类号: TU14

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2018)04-0556-07

External space test and ecological optimization design method of Haikou commercial pedestrian street

CHEN Jing^{1,2}, WANG Fang^{1,2}, LIU Jiaping^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Green Building in Western China (Xi'an Univ. of Arch. & Tech.), Xi'an 710055, China;

2. School of architecture, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: Based on the shadow area theory and the standard of *Hot environments—estimation of the heat stress on workingman based on the WBGT-index*. The researchers carried out a test on thermal indexes at north-south Bo'ai North road and east-west Zhongshan Road in Qilou block of Haikou City. According to the test results, the time period of valid shadow area, invalid shadow area, thermal adjustment valid shadow area are delineated. The minimum range of the sunshine area in the thermal adjustment valid shadow area period is determined. Through the greening of the minimum range of sunshine area, the thermal environment of the street can be adjusted more effectively. Finally, the design procedure of ecological pedestrian street based on the theory of shadow area is given.

Key words: WBGT Index; valid shadow area; thermal adjustment valid shadow area

根据笔者对于阴影区现象的观察, 在论文《基于阴影区现象的亚热带商业步行街外部空间生态设计方法研究》中提出了阴影区理论中的无效阴影区、有效阴影区、热调节有效阴影区等几个重要的研究概念, 并借鉴 WBGT 指数评价方法对其研究的边界进行了界定。这为后续的研究建立了理论基础。尽管目前国内有部分学者也曾针对一些地区进行过基于 WBGT 指数的建筑外部空间环境的测试和相关的理论分析^[1-4], 但是这些测试更多的是基于测试-归纳-发现问题的研究模式, 而非本次研究的假设-测试-验证假设的研究模式。阴影区理论提出的相关概念在实际的商业步行街区中是否存在? 在时间与空间中是如何分布的? 对步行空间的使用是否有实际的影响? 这些问题都不太明确。因此需要通过对步行街区的实测来检验相关概念在自然环境中的实际状况, 从而检验

阴影区理论的有效与否。

1 研究对象、目的与方法

1.1 研究对象

本次测试研究选取的对象为海南省海口市传统骑楼街区中的中山路与博爱北路部分路段。选取的东西向的中山路段长度约 209.2 m, 路面宽度 12.05 m。街道两侧的围合界面为骑楼建筑, 层数一般为 2~3 层, 平均高度 11.2 m 左右。部分建筑高度达到 5~6 层, 高度在 18~21 m。两侧骑楼建筑下面的步行道宽度为 3.2 m。由于骑楼建筑的特殊性, 除了建筑顶部檐口遮挡太阳辐射的同时, 底部的骑楼步行道空间也会产生一定的影区(见图 1)。选取的南北向的博爱北路长度约 216.3 m, 路面宽度 10.35 m。街道两侧的围合界面为骑楼建筑, 层数一般为 2~3 层, 平均高度 10.6 m 左右。

收稿日期: 2017-4-11

修改稿日期: 2018-07-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(51508437, 5150913); 中国博士后科学基金特别资助项目(2015T81008)

第一作者: 陈 敬(1981—), 男, 博士, 副教授, 主要从事地域建筑及绿色建筑的研究。E-mail: 511628491@qq.com

部分建筑高度达到5~6层,高度在17~20 m。西侧骑楼建筑下面的步行道宽度为2.96 m,东侧步行道宽度为3.2 m^[5](见图2)。

选取这两条街道主要是基于以下几方面的考虑:①海口地处亚热带地区,常年高温多雨,平均气温在22~26℃^[6],具有一定的典型性。②中

山路和博爱北路分别是东西向和南北向的街道,是两种典型的研究工况。③中山路和博爱北路同为传统骑楼街区,选取骑楼街区进行研究,可以研究骑楼步行空间与阴影区之间的关系。④中山路和博爱北路为岭南地区典型的传统商业步行街区。



图1 中山路概况及测试步骤

Fig. 1 Zhongshan Road situation and test steps

1.2 研究目的

本次测试的目的在于通过合理的计划和方法来了解:

(1)检验影区理论在实际街区设计中的适用性。是否真实存在有效阴影区、无效阴影区、热调节有效阴影区。以及各自的范围及变化的规律。

(2)在热调节有效阴影区时段内如何确定相应的日照区范围,以便采用被动式调节措施(如种植植被)。

1.3 研究方法——WBGT指数测试法

WBGT指数测试方法主要是需要根据街区的具体情况,测试空气温度、自然湿球温度、相对湿度、风速、太阳辐射强度、太阳辐射条件下的WBGT(out)指数、在无太阳辐射条件下的WBGT(in)指数等相关参数。

在测试上选取街区的日出和日落之间的时间段作为主要的测试时间段。具体时间段则根据街区的实际情况来定。例如2016年8月6日海口的日出时间为6:14。但是由于周边建筑的遮挡,阳光照入东西朝向的街道的时间为7:00左右。而到下午18:00以后,街道已经没有阳光直接射入,因此测试的时间段为7:00~18:00。

在这个测试时间段内,又分为两种不同的情况进行分别测试研究:①使用WBGT指数仪测定在太阳辐射条件下的WBGT(out)指数,当WBGT(out)指数>31℃时,认定此刻在太阳辐射下活动的人达到了能够长期忍受的极限,即可能会出现中暑的反应^[7]。同时对比此刻太阳辐射的强度与之后的太阳辐射强度之间的关系,如果之后的太阳辐射强度继续呈现上升的趋势,则可以认为此刻

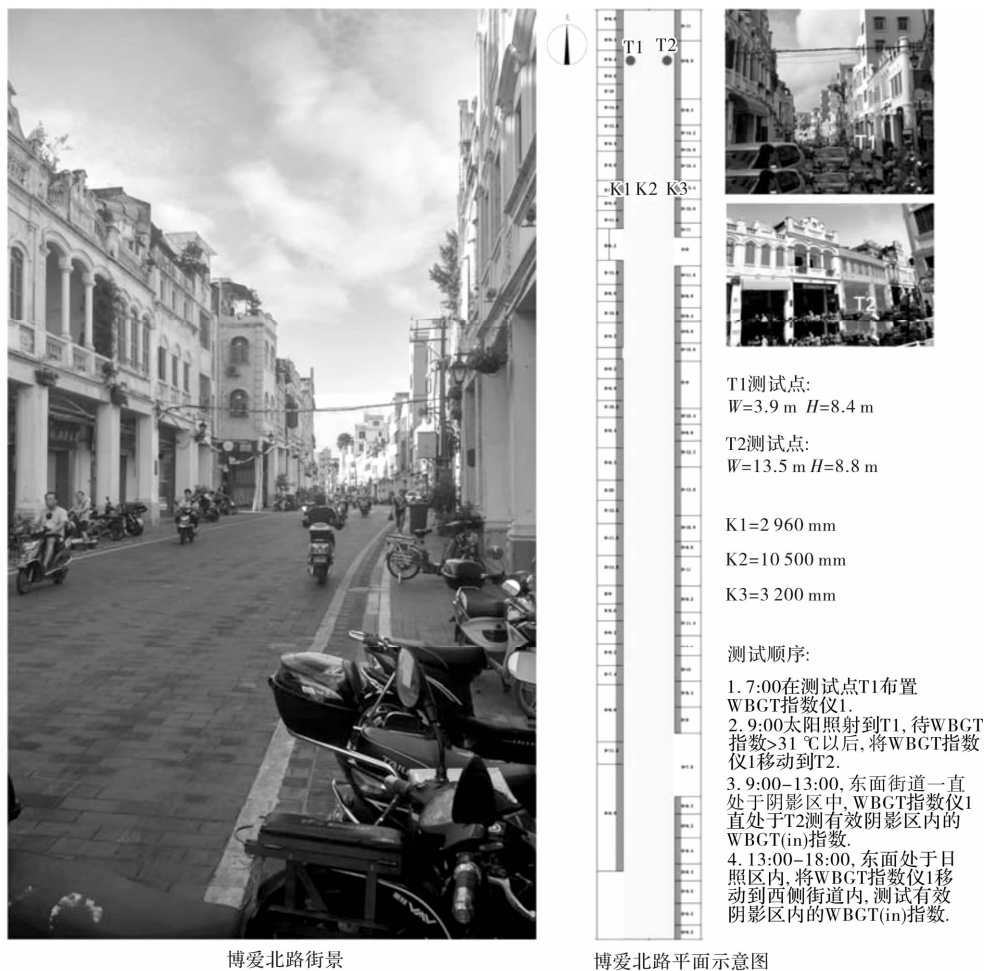


图2 博爱北路概况及测试步骤

Fig. 2 Boai North Road situation and test steps

出现的阴影区范围为有效阴影区范围。②出现有效阴影区之后, 将 WBGT 指数仪移动到有效阴影区中, 继续检测有效影区中的热压变化情况, 当在无太阳辐射条件下的 WBGT(in)指数(31 °C)的时段, 可以认定产生有效影区的时段, 当 WBGT(in)指数>31 °C, 则说明单纯依靠阴影区已经无法解决热环境问题, 需要加入其他设计手段进行调节。

2 测试过程

2.1 东西向街道(中山路)的研究工况

(1)测试街道的概况及测试步骤(见图1)

(2)相关气象参数测试数据

本次测试的时间段为2016年8月6日7:00~18:00。本次测试过程中记录了空气温度(T_a)、黑球温度(T_g)、自然湿球温度(T_{nw})、相对湿度(RH)、风速(V_a)、WBGT(out)(室外有太阳辐射)、WBGT(in)(室外无太阳辐射)、太阳辐射强度等测试数据。

(3)测试数据分析

从图3可以看出:7:10~8:00之间出现了较大的波动。这是因为在测试过程中, 在仪器的布点上先是将仪器布置在太阳辐射直接照射的条件下, 当7:40 WBGT(out)达到31 °C时, 认定其达到了人会中暑的边界条件。随后为了数据测试的稳定, 继续测试到8:00, 然后将仪器移动到没有太阳辐射的阴影区内。从图4的数据表明从8:10开始, 有效影区内的 WBGT(in)指数的变化范围除了在个别的时间点(比如17:00以及17:50~18:00)会高于31 °C外, 大多数时间的 WBGT(in)指数是低于31 °C的, 这说明在有效阴影区内在不采用外部设备调节的情况下是可以基本满足人长时间使用的。

2.2 南北向街道(博爱北路)的研究工况

(1)测试街道的概况及测试步骤(见图2)

(2)相关气象参数测试数据

为了验证在同一时间段内不同朝向街道的有效影区的变化规律, 本次测试的时间段同样为

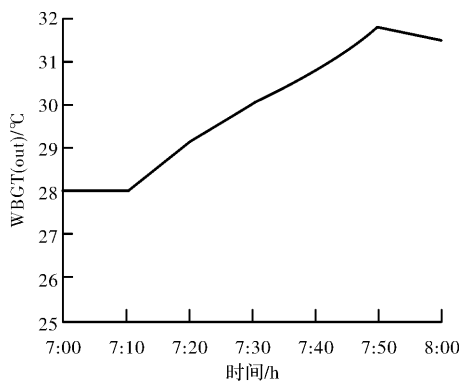


图3 中山路室外有太阳辐射 WBGT(out)时间段的热压指数变化

Fig. 3 Zhongshan Road outside WBGT(out) index change with solar radiation

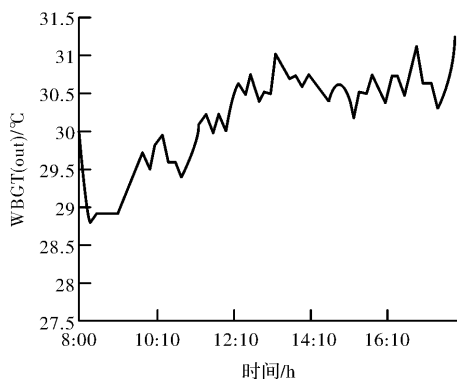


图4 中山路室外无太阳辐射 WBGT(in)时间段阴影区内的热压指数变化

Fig. 4 Zhongshan Road outside WBGT(in) index change in shadow areas without solar radiation

2016年8月6日7:00~18:00. 本次测试过程中记录了空气温度(T_a)、黑球温度(T_g)、自然湿球温度(T_{nw})、相对湿度(RH)、风速(V_a)、WBGT(out)(室外有太阳辐射)、WBGT(in)(室外无太阳辐射)、太阳辐射强度等测试数据。

(3) 测试数据分析

从图5可以看出: 温度波动较大的时间段出现在8:20~9:20这个时间段内. 这与东西向街道(中山路)出现的7:10~8:00的时间段不一致. 这主要是因为街道朝向的关系. 尽管东西向街道(中山路)在7:40的WBGT(out)指数就达到了31℃但在7:40南北向街道(博爱北路)因为建筑遮挡的关系, 整体还处在阴影区中, 而根据图5和实地对影区的观察的数据表明9:10是WBGT(out)达到了31℃, 而9:00~9:10这个时间段也是太阳照射到街道内出现的时间. 也就是说在南北向街道(博爱北路)中, 只要太阳一出来, WBGT(out)指数就已经超过31℃, 从这个时刻起产生的阴影区都是有效阴影区. 同样, 为了数据

测试的稳定, 继续测试到9:20, 然后将仪器移动到没有太阳辐射的阴影区内. 从图6的数据表明, 有效影区内的WBGT(in)指数的变化范围除了在13:40~14:10这个范围内超过31℃外, 其他时间段内的WBGT(in)指数<31℃. 也就是说13:40~14:10的时间段内, 即使在阴影区内也是无法有效解决热环境问题的, 需要通过一些其他的技术手段来进行环境调节.

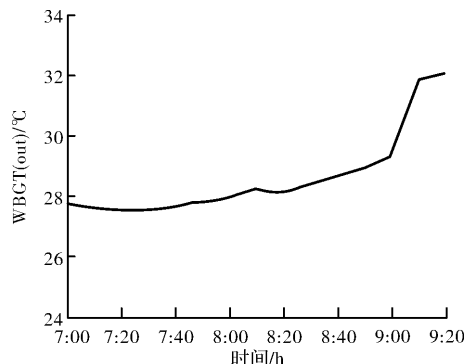


图5 博爱北路室外有太阳辐射 WBGT(out)时间段的热压指数变化

Fig. 5 Bo'ai North Road outside WBGT(out) index change with solar radiation

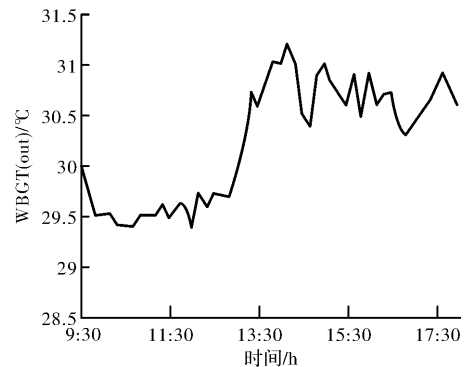


图6 博爱北路室外无太阳辐射 WBGT(in)时间段阴影区内的热压指数变化

Fig. 6 Bo'ai North Road outside WBGT(in) index change in shadow areas without solar radiation

2.3 主体步行街需要绿化种植的有效区域

关于主体步行街的有效影区在设计的时候可以进行如下考虑:

由于在有效影区的时段内存在WBGT(in)>31℃的情况, 所以存在需要进行热环境调节的有效阴影区^[6]. 在实际测试中, 只有南北向的博爱北路在13:40~14:10时段内情况较为突出, 因此这个时段的影区范围是可以被提炼出来的(见图7), 因此在热调节有效阴影区的范围内, 需要进行一些被动式的设计来缓解街区中的热环境状况, 确保在有效影区的时段内不会出现WBGT(in)>31℃的情况. 根据测试结果可以测定出当WBGT

(in)>31℃时的热调节有效阴影区及日照区的范围,这个时间段内导致出现热调节有效阴影区的主要原因在于日照区范围内吸收了过多的太阳辐射的能量,因此该时段的日照区范围是景观设计的主要范围。国内相关学者通过测试研究表明,在露天的广场或街道中,铺设草坪的方式相对于设置水池景观的方式能够更为有效的缓解室外空间的热环境状况^[8-12]。因此在这个时段的日照区范围内主要还是考虑通过种植草坪、灌木的方式来减少太阳辐射的影响。这种景观植被的种植方法,与以往步行街景观绿化设计并不相同^[13-15]。

3 基于有效影区理论的步行街道的设计程序

基于有效影区理论的步行街道的生态设计方法既可以用于对传统商业步行街或是具备成为商业步行街的潜力的普通街道进行改造,也可以针对新建的商业街区进行有效影区的规划。由于针对的对象不同,在设计的程序上也会有所差异。

3.1 对于现有街道的步行街道改造的设计方法

对于现有街道的步行街道的改造,其主要设计步骤如下:①对现有街道进行测绘,获取该街道每栋沿街建筑的高度、面宽、围合方式等方面的数据;②选取当地较为典型的极端气候时段进行为期一周的测试,测试时间段内最好为无云的

全晴天,以街道获得最强的太阳辐射为最佳研究工况。③根据 WBGT 指数测定仪,在典型气象条件下测定无效阴影区、有效阴影区、热调节有效阴影区的出现的时间段。④在测定无效阴影区、有效阴影区、热调节有效阴影区的出现的时间段的同时,测绘记录下这些不同影区的边界变化情况,尤其是热调节有效影区的边界变化情况。由于沿街建筑的高低变化所产生的影长不一致,应在对街区进行测绘的基础上,求出沿街建筑的平均高度,选取与平均高度最近似的一栋建筑作为基本测试点来测绘影区的变化情况。同时,对于街区中一些特别高或是特别低的建筑物产生的影区也进行测绘记录,因为特别高的建筑在一般情况下会形成的阴影要比平均高度的建筑的长,那么在相同时间点可以用的影区范围就越大,可以形成放大的节点性空间,而对于较低矮的建筑由于阴影较短,则应根据街区的实际使用情况考虑是否采取措施来弥补影长太短的缺陷。⑤测试的同时记录阴影区的变化范围以及观察街区中人的行为方式,分析人可能使用的空间与有效影区的关系,根据不同时段的活动情况来重新调整商业布局的方式。⑥对热调节有效影区的变化范围进行提炼,以绿化景观的方法对该时段的日照区域进行调整,以防止该时段日照区的太阳辐射对于有效影区的不利影响(见图7)。

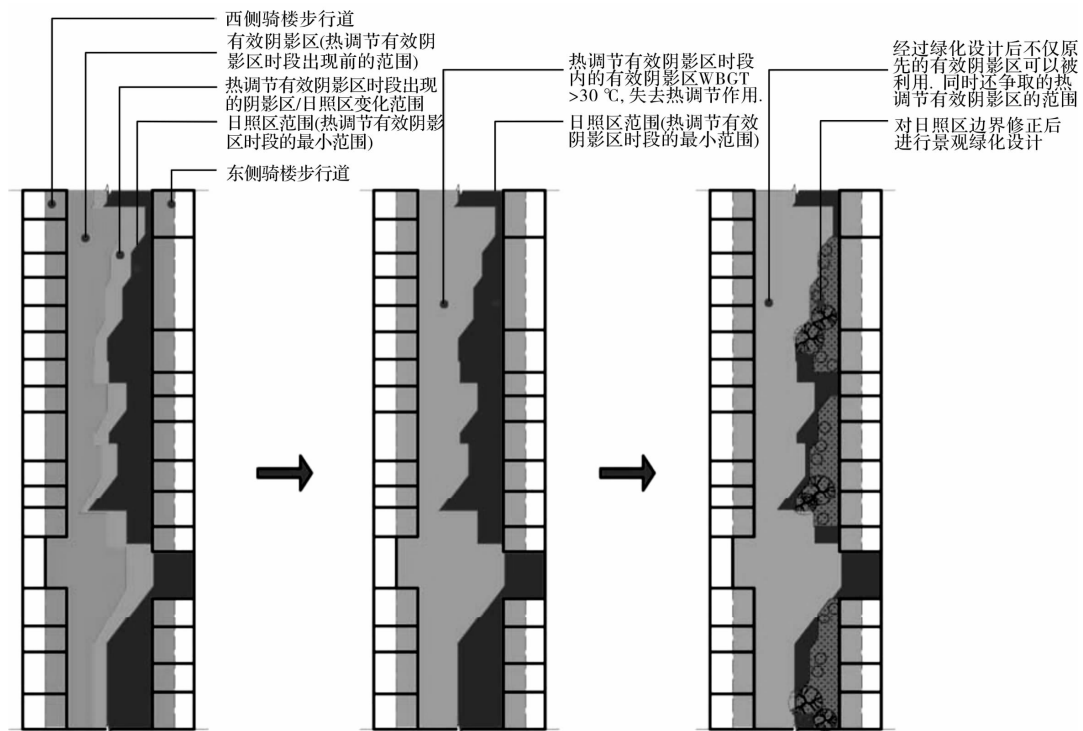


图7 主体步行街热环境调节有效影区内的景观设计

Fig. 7 Landscape design of available shadow area with thermal regulation of main walking street

3.2 对于新建街道的改造方法

对于新建步行街道的设计,其主要设计步骤如下:①在典型气象条件下对场地附近现有街道进行热环境测试,掌握现有街区中无效阴影区、有效阴影区、热调节有效阴影区出现的时间段。②在规划阶段确定街道的尺度与沿街建筑物的高度,并对之前测定的不同类型的影区出现的时间段带入新建街道进行模拟,根据新规划、设计的建筑物的体量和布局方式,分析其有效阴影区的边界变化状况,同时挑选出热调节有效阴影区的变化范围。③针对挑选出来的有效阴影区的可利用范围和热调节有效阴影区的变化范围,进行具体的业态布局考虑和相应景观设计。

4 结论

通过对有效阴影区相关概念的界定、实际街道的测试与测绘、有效阴影区测试方法的选用、对无效阴影区、有效阴影区、热调节有效阴影区、日照区等空间的提炼、以及对有效影区的有效设计范围、设计步骤等一系列问题的研究,可以得出如下的结论:

①无效阴影区、有效阴影区、热调节有效阴影区,是基于 WBGT 评价标准下,根据人在太阳辐射和非太阳辐射条件下的中暑可能性而提出的相关概念,在实际场地测试中是可以被明确测定到的。

②在不大规模改造现有城市街道的条件下,通过种植植被对街道中太阳辐射的吸收是调节街道热环境状况的主要手段。而通过本次研究给出的实验步骤,能够较为精确的划定出合适种植植被的区域,为建筑师、景观设计师提供设计的依据。

③对于在步行街中的商业行为而言,在南北向的步行街的下午的时段适合商业行为在室外的展开,而上午的时段则不合适。对于东西向的步行街,除了下午一小段时间外基本不适合室外活动的展开。

由于本次研究的生态设计方法是以海口骑楼步行街室外空间为例来展开的,而对于亚热带地区不同城市的地理纬度、气象条件、商业街区布局、建筑空间尺度的差异性,以及在评判街区热环境过程中所选取的 $WBGT(in) > 31\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的技术标准是否合适的问题,仍有待于通过进一步的深入研究来探讨。本次研究成果只是具有一定的代表性而非具有普世意义。但是在基础研究不断深化

的同时,在有效阴影区理论的指导下,按照一定的切实可行的操作步骤,有利于建筑师、景观设计师能够快速了解商业步行街区的热环境状况,并对其进行相应的改造设计,从科学合理的角度推动商业步行街的朝着更加生态化、人性化的方向发展。

参考文献 References

- [1] 陈荣,熊亚丽,程正泉,等. 广州地区 WBGT 指数监测与特征分析[J]. 广东气象,2010,32(4):67-69,72.
Chen Rong, Xiong Yali, Cheng Zhengquan, et al. WBGT index monitoring & its characteristic analysis in guangzhou area[J]. Guangdong Meteorology, 2010, 32(4):67-69, 72.
- [2] 贺启滨,高嘉明,董国朝,等. 基于 WBGT 和 SET * 指标的城市 CBD 热环境分析[A]//第九届国际绿色建筑与建筑节能大会论文集[C]. 北京:中国城市科学研究会,2013.
HE Qibin, GAO Jiaming, DONG Guochao, et al. Analysis of outdoor thermal environment in urban CBD areas based on WBGT and SET * [A]//Proceedings of the 9th international conference on green building and building energy conservation[C]. Beijing: Chinese Society for Urban Studies, 2013.
- [3] 杨心诚. 湿球黑球温度对高温环境的适用性及安全热暴露时长的研究[D]. 重庆:重庆大学,2014:19-21.
YANG Xincheng. Research on application of WBGT in hot environment types and safety exposure time[D]. Chongqing: Chongqing university, 2014:19-21.
- [4] 谭琳琳,甘永祥. WBGT 指数与中暑预防[J]. 中国高新技术企业,2008(22):182,185.
Tan Linlin, Gan Yongxiang. WBGT index and heat stroke prevention[J]. China High-Tech Enterprises, 2008(22):182,185.
- [5] 陈敬. 海口历史街区保护与再利用模式研究 [D]. 西安:西安建筑科技大学,2008:26-27.
Chen Jing. Research on Conservation and Utilization Model of Haikou Historic Conservation Area [D]. Xi'an: Xi'an Univ. of Arch. & Tech., 2008:26-27.
- [6] 侯伟,马明明,胡德强,等. 海口市近 60a 气候变化研究[J]. 热带作物学报,2016,37(10):2020-20 27.
HOU Wei, MA Mingming, HU Deqiang, et al. Research on climate changes in haikou in recent 60 years [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2016, 37(10): 2020-2027.
- [7] 中华人民共和国质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 热环境 根据 WBGT 指数 对作业人员热负荷的评价:GB/T 17244-1998[S]. 北京:中国标准出版社,1998.

- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Hot environments—Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index; GB/T17244-1998[S]. Beijing: Standards Press of China 1998.
- [8] 唐鸣放, 张恒坤, 赵万民. 户外公共空间遮阳分析[J]. 重庆大学学报, 2008, 30(3): 5-8.
TANG Mingfang, ZHANG Hengkun, ZHAO Wanmin. Analysis of Sun-shading for the external public space[J]. Journal of Chongqing Jianzhu University, 2008, 30(3): 5-8.
- [9] EDWARD Ng, CHEN Liang, WANG Yingna. A study on the cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong[J]. Building and Environment, 2012, 47(4): 256-271.
- [10] HASHEM Akbari, HAIDER Taha. The impact of trees and white surfaces on residential heating and cooling energy use in four Canadian cities[J]. Energy, 1992, 17(2): 141-149.
- [11] ZHENG Senlin, ZHAO Lihua, LI Qiong. Numerical simulation of the impact of different vegetation species on the outdoor thermal environment[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2016, 18(1): 138-150.
- [12] YANG Feng, STEPHEN S. Y. Lau, QIAN Feng. Urban design to lower summertime outdoor temperatures: An empirical study on high-rise housing in Shanghai[J]. Building and Environment, 2011, 46(3): 769-785.
- [13] 包志毅, 罗慧君. 城市街道绿化树种结构量化研究方法[J]. 林业科学, 2004, 40(4): 166-170.
BAO Zhiyi, LUO Huijun. The research method of quantifying the structure of urban street tree populations[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2004, 40(4): 166-170.
- [14] 王翠萍, 陈洋, 钟珂, 等. 城市街道空气质量与道路绿化形式的关系[J]. 城市环境与城市生态, 2003, 16(6): 7-9.
WANG Cuiping, CHEN Yang, ZHONG Ke, et al. Relationship between road planting patterns and urban air quality in streets[J]. Urban Environment & Urban Ecology, 2003, 16(6): 7-9.
- [15] 林青. 试论城市街道绿化形式的发展[J]. 海南大学学报(自然科学版), 1999, 17(3): 274-277.
LI Qing. Trial discussion on the development of landscape form in city street[J]. Journal of Hainan University(Natural Science), 1999, 17(3): 274-277.
- (编辑 桂智刚)

(上接第 548 页)

- [11] 方晰, 唐代生, 杨乐, 等. 湖南省林科院试验林场森林植被景观格局及破碎化分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2008(4): 107-112.
FANG Xi, TANG Daisheng, YANG Le, et al. Landscape pattern of the experimental forest farm run by hunan forestry academy and its fragmentation analysis[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2008(4): 107-112.
- [12] 林炳耀. 城市空间形态的计量方法及其评价[J]. 城市规划汇刊, 1998(3): 42-46.
LIN Bingyao. The measurement method and evaluation of urban spatial [J]. Urban Planning Forum, 1998(3): 42-46.
- [13] 苏伟忠, 杨桂山, 甄峰. 生态用地破碎度及演化机制: 以长江三角洲为例[J]. 城市问题, 2007(9): 7-11, 19.
SU Weizhong, YANG Guishan, ZHEN Feng. Ecological land fragmentation and its evolution mechanism: a case study of yangtze river delta area[J]. Urban Problems, 2007(9): 7-11, 19.
- [14] 周凯, 钱芳芳, 邹宇. 湖南省城镇空间时空压缩特征及其可视化表达: 基于时空图分析模型[J]. 地理科学进展, 2014(12): 1166-1175.
ZHOU Kai, QIAN Fangfang, ZOU Yu. Visualizing time-space compression of urban system in hunan province: a time-space mapping model[J]. Progress in Geography, 2014(12): 1166-1175.
- [15] 郑莘, 林琳. 1990 年以来国内城市形态研究述评[J]. 城市规划, 2002(7): 59-64, 92.
ZHENG Shen, LIN Lin. A review of studies on the urban morphology since 1990's [J]. City Planning Review, 2002(7): 59-64, 92.
- (编辑 桂智刚)