

doi:10.11835/j.issn.1674-4764.2018.04.007



# 南海岛屿气象参数与建筑能耗分析

徐云飞, 李琼, 孟庆林, 赵立华

(华南理工大学 亚热带建筑科学国家重点实验室, 广州 510640)

**摘要:**分析了海洋气候下东沙群岛、西沙群岛和南沙群岛中部分岛屿的温湿度、风速风向和太阳辐射等气象参数特征,并与临近陆地城市(广州、三亚)进行对比;通过 DeST 软件模拟比较了典型居住建筑和办公建筑在陆地站点和岛礁站点的能耗差异。结果表明,岛礁温湿度较高且年较差小,全年保持相对高温高湿,年平均风速高于陆地站点,太阳辐射多分布在强辐射范围,对于居住建筑和办公建筑岛礁建筑能耗均远高于陆地。

**关键词:**南海;岛礁;气候;能耗;建筑节能

**中图分类号:**TU111.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-4764(2018)04-0042-06

## Meteorological parameters and building energy consumption analysis of South China Sea islands

*Xu Yunfei, Li Qiong, Meng Qinglin, Zhao Lihua*

(State Key Laboratory of Subtropical Building Science, South China University of Technology, Guangzhou 510640, P. R. China)

**Abstract:** The meteorological parameters such as temperature, humidity, wind speed, wind direction and solar radiation in the Dongsha Islands, Xisha Islands and Nansha Islands were analyzed and compared with the neighboring land cities (Guangzhou and Sanya). The difference of energy consumption between typical residential and office buildings at land and island reef sites were compared by DeST. The results indicated that the islands are relatively in high temperature and humidity all the year round. The annual average wind speed is higher than that of the land site. The solar radiation is mostly intense radiation. The energy consumption of islands are much higher than land sites for both residential and the office buildings.

**Keywords:** South China Sea; reefs; climate; energy consumption; building energy-saving

中国南海地区的热带海洋性季风气候与大陆存在显著差异,而南海地区在建筑热工设计分区中被

归入夏热冬暖地区<sup>[1]</sup>。对南海气象的研究多集中在气象领域<sup>[2-6]</sup>,而在岛礁资源开发和旅游发展等领域

**收稿日期:**2017-09-26

**基金项目:**国家自然科学基金(51590912,51778237);广东省自然科学基金(2015A030306035);亚热带建筑科学国家重点实验室自主课题(2016KC19);香江学者计划(XJ2013017);中国博士后科学基金(2014M560662)

**作者简介:**徐云飞(1991-),男,主要从事建筑热工研究,E-mail:arxyf@mail.scut.edu.cn。

李琼(通信作者),女,副研究员,博士生导师,E-mail:arliqiong@scut.edu.cn。

**Received:**2017-09-26

**Foundation item:** National Natural Science Foundation of China(No. 51590912,51778237); Natural Science Foundation of Guangdong Province (No. 2015A030306035); Independent Subject of State Key Laboratory of Subtropical Building Science (No. 2016KC19); Hong Kong Scholar Program(No. XJ2013017); China Postdoctoral Science Foundation(No. 2014M560662)

**Author brief:** Xu Yunfei(1991-), main research interest: building thermal engineering, E-mail: arxyf@mail.scut.edu.cn.

Li Qiong (corresponding author), associate researcher, doctoral supervisor, E-mail: arliqiong@scut.edu.cn.

也只提及整个南海的宏观气候特征<sup>[7-8]</sup>,鲜有对该地区岛屿进行建筑气象分析的研究。对南海岛礁建筑能耗的研究更为匮乏,只能从海南岛<sup>[9-10]</sup>以及越南<sup>[11]</sup>、马来西亚<sup>[12-14]</sup>、新加坡<sup>[15-16]</sup>等周边国家加以推测。随着近年南海岛礁建设进程的加快,南海岛屿上的房屋建筑和常住人口在不断增长<sup>[17-18]</sup>。笔者旨在探究南海岛屿建筑气象特征,以及海岛与陆地气候的差异对建筑能耗的影响。

## 1 岛礁和气象台站基本信息

目前南海岛礁的建筑设计仍参照夏热冬暖地区的设计标准执行,而南海海洋气候与陆地气候存在很大不同,笔者选取两个夏热冬暖地区的典型城市——广州和三亚作为陆地站点,与南海岛礁站点进行气象数据的对比分析。岛礁站点主要包括东沙群岛中的东沙岛,西沙群岛中的永兴岛和珊瑚岛,南沙群岛中的南北子岛、太平岛、南威岛和广雅滩。这些岛屿在所在群岛中具有代表性,其气候特征在很大程度上体现出所在群岛的气候特征。岛屿及数据基本信息如表 1 所示。

表 1 岛屿及数据基本信息  
Table 1 Islands and data information

台站名	岛礁或城市	时间步长/h	所用数据年份	所属区域
BAIYUN INTL	广州	3	2007—2016	广东
SANYA	三亚	3	2007—2016	海南
DONGSHA DAO	东沙岛	3	2006—2015	东沙群岛
XISHA DAO	永兴岛	3	2007—2016	西沙群岛
SANHU DAO	珊瑚岛	3	2007—2016	西沙群岛
SONG TU TAY	南子岛	6	2000—2001、2008—2016	南沙群岛
NANSHA DAO	太平岛	3	2006—2015	南沙群岛
TRUONG SA	南威岛	3	2007—2016	南沙群岛
HUYEN TRAN	广雅滩	6	2007—2016	南沙群岛

## 2 各站点气象要素分析

温度、相对湿度、风速、风向等数据来自美国国家大气与海洋管理局(NOAA)。各台站数据采集的时间间隔以及所用数据年份见表 1,其中,时间间隔为 3 h 的数据采集时刻为北京时间 2:00、5:00、8:00、11:00、14:00、17:00、20:00、23:00;时间间隔 6 h 的数据采集时间为北京时间 2:00、8:00、14:00、

20:00。部分岛屿剔除了数据缺失严重的年份,而以相邻年份代替,所选年份的数据比较完整。由于美国国家大气与海洋管理局(NOAA)缺少南海岛屿的太阳辐射数据,故选取《建筑节能气象参数标准》(JGJ/T 346—2014)<sup>[19]</sup>中南海岛屿的典型气象年太阳辐射数据进行分析。

### 2.1 各站点温湿度分析

处理数据时,先将某站一年中每天的数据取平均值,得到全年的日均值,进而求出该站 10 a 的逐日平均值,再由此得出该站各月气象参数的最高值、平均值及最低值等数据以供分析。各站点月平均温湿度分布如图 1 所示。

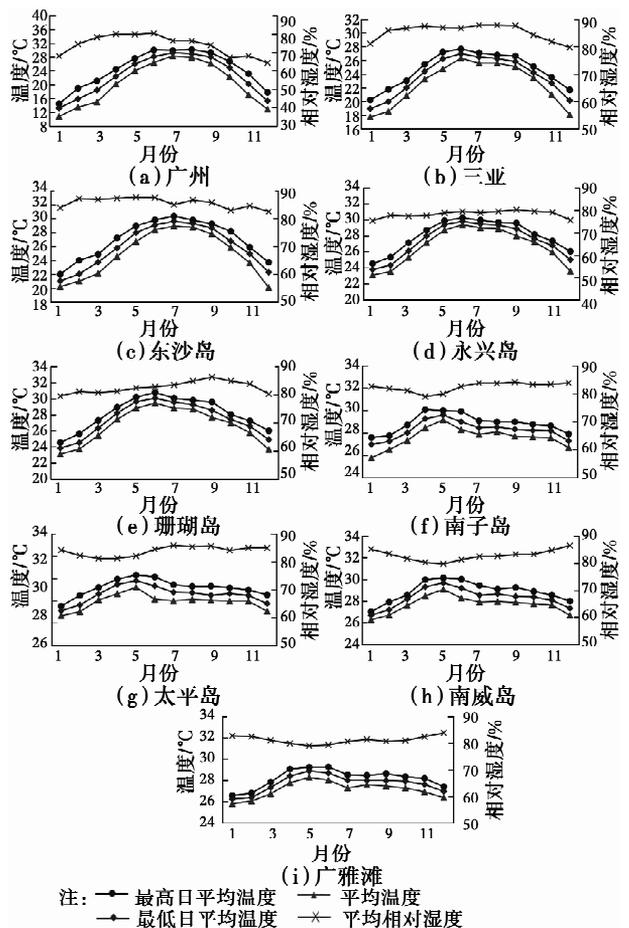


图 1 各站点月平均温度和月平均相对湿度分布

Fig. 1 Monthly mean temperature and monthly mean relative humidity distribution for each station

由图 1(a)可知,广州的年平均气温为 22.6 °C;最热月 7 月平均气温 29.2 °C,最高 29.9 °C;最冷月 1 月平均气温 13.2 °C,最低 10.8 °C;年平均相对湿度为 73.9%。由图 1(b)可知,三亚的年平均气温 23.7 °C 左右;最热月 6 月平均气温 27.0 °C,最高 27.6 °C;最冷月 1 月平均气温 18.9 °C,最低 17.7 °C;年平均相对湿度 85.3%。由图 1(c)可知,东沙

岛年平均气温为 25.9℃;最热月 7 月平均气温 29.6℃,最高 30.4℃;最冷月 1 月平均气温 21℃,最低 20.1℃;年平均相对湿度为 85.7%。由图 1(d)、(e)可知,西沙群岛年平均气温约为 27.4℃;最热月 6 月平均气温 30℃,最高 30.8℃;最冷月 1 月平均气温 23.9℃,最低 23.1℃;年平均相对湿度 80%左右。由图 1(f)~图 1(i)可知,南沙群岛年平均气温在 28℃左右;最热月 5 月平均气温 29.1℃,最高 29.8℃;最冷月 1 月平均气温 26.8℃,最低 26.2℃;年平均相对湿度 82%左右。可见,海岛年平均温度比广州高 3.3~5.4℃,比三亚高 2.2~4.3℃;最热月平均温度除三亚稍低,广州与各海岛站点较为接近,分布在 29~30℃之间;海岛最冷月平均温度要比广州高 7.8~13.6℃,比三亚高 2.1~7.9℃;年平均相对湿度除广州较低,三亚与各海岛均在 80%以上。

各站点年平均温度、气温年较差和年平均相对湿度如图 2。海岛年平均温度明显高于陆地站点,其中太平岛比广州高 6.0℃;相反,海岛的气温年较差远小于陆地站点,其中东沙岛为 8.6℃,西沙群岛为 6.1℃,南沙群岛约为 2.7℃,而三亚为 8.1℃,广州为 16℃。

可见,南海岛礁常年处于相对高温高湿状态,其最冷月平均温度远高于 10℃,最热月平均温度均高

于 29℃,即已超出文献[1]中夏热冬暖地区主要分区指标的范围。

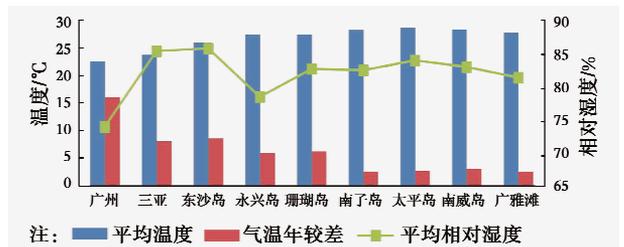


图 2 各站点年平均温度、气温年较差和年平均相对湿度对比

Fig. 2 Annual mean temperature, annual range of temperature and annual mean relative humidity

## 2.2 各站点风速风向分析

各站点数据不取平均值,均以原始数据统计。各站点风速、风向特征统计如表 2 所示。各海岛及三亚全年主导风向主要为东北向,夏季主导风向多为西南向,冬季主导风向多为东北向。而广州全年主导风向为北向,夏、冬季主导风向分别为东南、北向。年平均风速及季节风速整体上随纬度的降低而增大,海岛的年平均风速、冬夏季平均风速及冬夏季主导风向风速均明显高于广州,而与三亚差异不大。海岛多属于海洋季风气候,且海拔低、周边空旷,而广州、三亚是城市地貌,山丘、建筑较多,所以海岛上的风速明显高于陆地。

表 2 各站点风向、风速特征统计表

Table 2 Wind direction and wind speed of each station

台站	全年主导风向	年平均风速/ ( $m \cdot s^{-1}$ )	夏季主导风向	夏季主导风向平均 风速/( $m \cdot s^{-1}$ )	夏季平均风速/ ( $m \cdot s^{-1}$ )	冬季主导风向	冬季主导风向平均 风速/( $m \cdot s^{-1}$ )	冬季平均风速/ ( $m \cdot s^{-1}$ )	所属区域
广州	N	2.6	SE	2.2	2.1	N	3.2	2.6	广东
三亚	ENE	3.7	WSW	4.3	3.6	ENE	6.2	5.5	海南
东沙岛	NE	4.1	SSW	3.9	3.8	NE	7.5	7.0	东沙群岛
永兴岛	NE	3.8	SSW	5.2	4.3	NE	4.5	4.1	西沙群岛
珊瑚岛	NE	3.5	S	3.1	3.1	NE	5.6	4.9	西沙群岛
南子岛	NE	3.4	SW	5.1	4.1	NE	5.1	4.7	南沙群岛
太平岛	ENE	4.3	SW	7.0	5.8	NE	5.1	5.0	南沙群岛
南威岛	NE	4.5	SW	5.3	4.7	NNE	8.9	7.8	南沙群岛
广雅滩	NE	5.9	WSW	7.8	7.1	NE	9.7	9.1	南沙群岛

## 2.3 各站点太阳辐射强度分布

太阳辐射强度数据取自《建筑节能气象参数标准》(JGJ/T 346—2014)。此标准中的台站数量少于前文,但仍在各群岛中都有分布,能够反映出岛礁与陆地的差异。各台站在典型气象年的直射太阳辐射强度占比统计如图 3(a),统计方法为先计算每小时

的直射太阳辐射占总太阳辐射的比例,然后按每十个百分点为一档统计各档出现的小时数,按此方法分别对各台站进行统计。借此可查看各台站直射太阳辐射占总太阳辐射的比例分布。各台站总太阳辐射强度分布情况统计如图 3(b),按每 100 W/m<sup>2</sup>为一档,分别统计各台站总太阳辐射强度在每一档出现的小时数。

广州、三亚、东沙岛和永兴岛的直射太阳辐射主

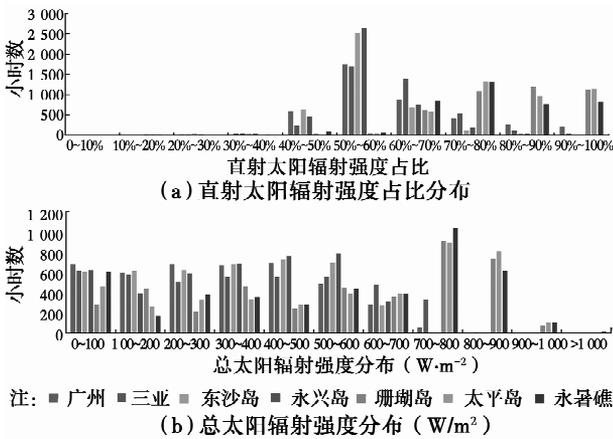


图3 各站点全年太阳辐射强度统计

Fig. 3 Annual solar radiation intensity statistics of each station

要占总辐射的40%~70%，其中占总辐射的50%~60%的小时数最多，广州和三亚在1700 h以上，东沙岛和永兴岛在2500 h以上，其次是占总辐射的60%~70%的小时数；而珊瑚岛、太平岛和永暑礁绝大多数时刻的直射太阳辐射占比超过60%，且多集中在70%~100%，即这些岛屿一年中晴天较多，直射辐射强烈。

广州、三亚、东沙岛和永兴岛的总太阳辐射多小于700 W/m<sup>2</sup>，即主要分布在0~700 W/m<sup>2</sup>，除三亚外极少有大于700 W/m<sup>2</sup>；而由珊瑚岛往南的站点则呈现低辐射少、强辐射多的分布特点，其总太阳辐射强度大于700 W/m<sup>2</sup>的小时数较多，且700~800 W/m<sup>2</sup>小时数最多，如图3(b)，即这些站点白天多数时间太阳辐射强烈。一方面是因为岛屿的云量较陆地站点少，岛屿年平均云量为5~6成，而广州、三亚则为7成；另一方面城市的工业排放、汽车尾气等污染较为严重，大气中悬浮颗粒物等粉尘较多<sup>[20]</sup>。

### 3 各站点建筑能耗分析

室外气象参数是建筑能耗的决定性因素之一，同类建筑在不同气候区建筑能耗的高低一定程度上反映了区域的气候差异，而气候差异通过气象参数体现。南海岛屿的各气象参数与夏热冬暖地区的陆地站点有较大的差异，这些差异对建筑能耗存在影响。

目前，南海岛屿的建筑设计主要参照夏热冬暖地区的建筑设计标准，建筑形态多借鉴海南省的建筑形态，故选取海南地区的典型居住建筑和办公建筑模型<sup>[8-9]</sup>，分别使用DeST-h、DeST-c模拟比较居住建筑和办公建筑在陆地、海岛等不同站点的能耗。其中，对于南海岛屿，气象参数采用《建筑节能气象

参数标准》中的典型气象年数据，将其导入DeST气象参数数据库进行建筑能耗模拟。

居住建筑模型<sup>[8]</sup>层高3 m，共8层，总建筑面积1381 m<sup>2</sup>。办公建筑模型<sup>[9]</sup>层高3.4 m，共5层，总建筑面积1741 m<sup>2</sup>。建筑平面图如图4所示，表3、表4分别为主要围护结构构造及热工参数。

同一居住建筑和办公建筑在不同的陆地、海岛站点的全年累计冷负荷指标如图5所示。由图5可见，随着纬度的降低，居住建筑和办公建筑的全年累计冷负荷指标总体上呈增大趋势。对于居住建筑，珊瑚岛、太平岛、永暑礁的建筑能耗已达到广州的2倍，约是三亚的1.22倍。对于办公建筑，南沙群岛站点的全年累计冷负荷指标也接近广州的2倍。因此，岛礁常年的高温高湿气候对建筑能耗影响显著。

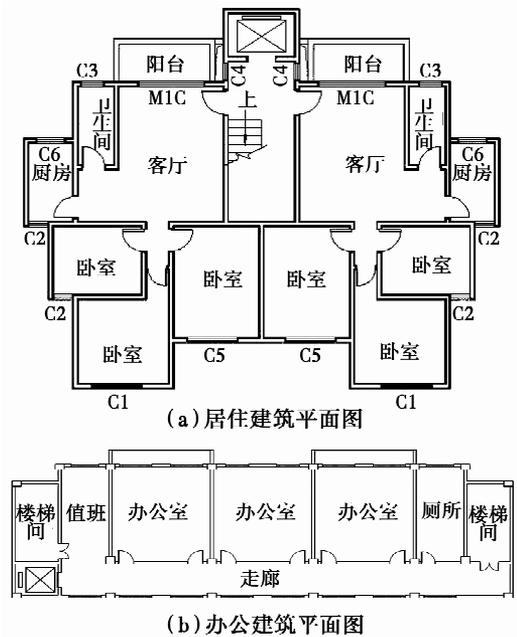


图4 建筑平面图

Fig. 4 Building layouts

表3 居住建筑模型主要围护结构构造及热工参数  
Table 3 Main envelop enclosure structure and thermal parameters of residential building model

围护结构	主要构造	传热系数/ (W·(m <sup>2</sup> ·K) <sup>-1</sup> )
屋面	细石混凝土+水泥砂浆+聚氨酯防水 涂料+膨胀珍珠岩+钢筋混凝土	1.66
外墙	水泥砂浆+加气混凝土砌块+水泥 砂浆	1.26
外窗	普通铝合金窗加单片普通玻璃；窗墙 比：东0.02，西0.02，南0.32，北0.32； 综合遮阳系数均为0.83	6.4

表 4 办公建筑模型主要围护结构构造及热工参数

Table 4 Main envelop enclosure structure and thermal parameters of office building model

围护结构	主要构造	传热系数/ ( $W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$ )
屋面	挤塑聚苯板+钢筋混凝土	0.9
外墙	加气混凝土砌块+保温砂浆	1.5
外窗	普通铝合金窗加单片 Low-E 玻璃; 窗墙比: 东 0.058, 西 0.058, 南 0.36, 北 0.28; 综合遮阳系数均为 0.83	5.77

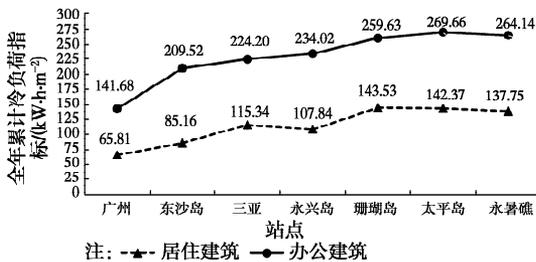


图 5 各站点居住建筑和办公建筑的全年累计冷负荷指标

Fig. 5 Annual cumulative cooling load index of residential buildings and office buildings of each station

## 4 结论

通过对南海岛屿的气象数据分析,发现南海岛礁常年处于较高的温度和相对湿度,且气温年较差小,年平均温度和年平均相对湿度明显高于陆地。且其最冷月平均温度远高于  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,最热月平均温度均高于  $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,已超出建筑热工设计分区中夏热冬暖地区主要分区指标的范围,即南海地区不适宜归入夏热冬暖地区,宜设置新的极端热湿气候区,以进行更符合其气候特点的热工设计。

岛礁年平均风速随纬度降低而增大,且大于陆地年平均风速。陆地太阳直射辐射强度多集中在  $0\sim 400\text{ W/m}^2$  的范围,而南沙岛礁的强辐射较多,多分布在  $400\sim 800\text{ W/m}^2$  的范围内。越往南的岛礁,太阳直射辐射越强。

无论是居住建筑还是办公建筑,岛礁建筑能耗都明显高于陆地,个别岛礁建筑能耗达到广州的 2 倍。

### 参考文献:

[1] 民用建筑热工设计规范:GB 50176—2016[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2016.  
Code for thermal design of civil building: GB 50176-2016 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2016. (in Chinese)

[2] 柳艳菊,阎俊岳,宋艳玲.近 50 年南海西沙地区的气候变化特征研究[J].地理科学,2008,28(6):804-808.  
LIU Y J, YAN J Y, SONG Y L. Features of climate change over the Xisha Island over the South China Sea in recent 50 years [J]. Scientia Geographica Sinica, 2008, 28(6): 804-808. (in Chinese)

[3] 文日凤,张祥玉.南海南部海区气候要素的变化和分布特征[J].海洋预报,2001,18(1):48-58.  
WEN R F, ZHANG X Y. Variation distribution features of climate elements on the southern sea area of South China Sea [J]. Marine Forecasts, 2001, 18(1): 48-58. (in Chinese)

[4] 王静,李靖,李荣波,等.近 10 年南海海表风场季节特征统计[J].科技资讯,2014(3):197-200.  
WANG J, LI J, LI R B, et al. Seasonal characteristics analysis of the sea surface wind field in the South China Sea [J]. Science & Technology Information, 2014(3): 197-200. (in Chinese)

[5] DING Y H. Seasonal march of the East Asian summer monsoon [J]. East Asian Mons, 2004(2):3-53.

[6] DING Y H, Chan J C L. The East Asian summer monsoon: An overview [J]. Meteorology and Atmospheric Physics, 2005,89(1-4): 117-142.

[7] 陈韶阳.南沙群岛价值分类评价和开发策略研究[D]. 山东 青岛:中国海洋大学,2011: 35-37.  
CHEN S Y. Research on classified value evaluation and development strategy of Nansha Islands [D]. Qingdao, Shandong: Ocean University of China, 2011: 35-37. (in Chinese)

[8] 袁正荣.三沙市区域旅游发展条件分析及其战略选择[D].海口:海南大学,2014: 16-17.  
YUAN Z R. The conditions analysis and strategic choice of regional tourism development of Sansha [D]. Haikou: Hainan University, 2014:16-17. (in Chinese)

[9] 费良旭.海南地区既有建筑节能改造技术研究[D].广州:华南理工大学,2014:31-33.  
FEI L X. Research on technologies of energy efficiency retrofit for existing buildings in Hainan [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2014: 31-33. (in Chinese)

[10] 蒋超.海南省建筑隔热和遮阳构造技术研究[D].广州:华南理工大学,2014: 55-58.  
JIANG C. Research on technologies of heat insulation and shading structures for buildings in Hainan Province [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2014:55-58. (in Chinese)

[11] NGUYEN H T, GRAY M. A review on green building in Vietnam [J]. Procedia Engineering, 2016, 142: 314-321.

- [12] PERVEZ H S, NURSYARIZAL B M. Building energy for sustainable development in Malaysia; A review [J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, 75: 1392-1403.
- [13] SAIDUR R. Energy consumption, energy savings, and emission analysis in Malaysian office buildings [J]. *Energy Policy*, 2009, 37: 4104-4113.
- [14] LAU A K K, SALLEH E, et al. Potential of shading devices and glazing configurations on cooling energy savings for high-rise office buildings in hot-humid climates; The case of Malaysia [J]. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 2016, 5(2): 387-399.
- [15] LIU Y Z, STOUFFS R, TABLADA A, et al. Comparing micro-scale weather data to building energy consumption in Singapore [J]. *Energy and Buildings*, 2016, 152: 1-16.
- [16] DEB C, EANG L S, YANG J, et al. Forecasting energy consumption of institutional buildings in Singapore [J]. *Procedia Engineering*, 2015, 121: 1734-1740.
- [17] 廖民生. 中国南海部分岛礁上建设度假酒店的对策研究[J]. *海南热带海洋学院学报*, 2017(1): 1-4.
- LIAO M S. Construction of resort hotels on islands and reefs of the South China Sea [J]. *Journal of Hainan Tropical Ocean University*, 2017(1): 1-4. (in Chinese)
- [18] 周桂银. 中国南沙岛礁建设的战略战术博弈[J]. *世界经济与政治论坛*, 2017(4): 48-63.
- ZHOU G Y. Strategies and tactics of Nansha Island Reef construction in China [J]. *Forum of World Economics & Politics*, 2017(4): 48-63. (in Chinese)
- [19] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑节能气象参数标准: JGJ/T 346—2014[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.
- Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Standard for weather data of building energy efficiency: JGJ/T 346-2014 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014. (in Chinese)
- [20] 韩永忠. 城市空气污染及对策[J]. *四川环境*, 2001, 20(1): 58-61.
- HAN Y Z. Air pollution and countermeasures in city [J]. *Sichuan Environment*, 2001, 20(1): 58-61. (in Chinese)

(编辑 胡英奎)