

DOI:10.11918/j.issn.0367-6234.201706028

岛礁宾馆建筑窗墙比对空调能耗的影响

谢静超¹,李倩¹,王建平²,薛鹏¹,刘加平¹

(1. 绿色建筑环境与节能技术北京市重点实验室(北京工业大学),北京 100124;2. 海军工程设计研究院,北京 100070)

摘要: 中国积极推进 300 万平方公里海洋国土建设,目前正在大力建设南海的西沙群岛和南沙群岛海域. 海洋中的岛屿、岛礁气候与陆地气候差异较大,具有高温、高湿、强辐射的海洋气候特点. 在这种特殊的气候条件下,结合岛上资源匮乏的事实,研发低能耗建筑成为必然. 为确定与岛礁气候相适宜的低能耗建筑的围护结构特点,以西沙的气象实测数据为例分析海洋气候特点,采用动态模拟的方法,以岛礁上拟建宾馆建筑为对象,分析不同朝向窗墙比变化对建筑全年能耗的影响. 结果表明:湿负荷约占空调负荷的 40%,在夏季西向房间空调负荷最高,南向最低;窗墙比每增加 0.1,单位建筑面积空调负荷可增加 3~5 kWh,但空调负荷随东西向窗墙比的增长速度较南北向快;采用综合遮阳方式的节能率最高,约为 7%. 本研究结果旨在为中国南部海域岛礁建筑窗墙比的合理取值提供参考.

关键词: 空调能耗;窗墙比;宾馆;朝向;遮阳

中图分类号: TU111.19 **文献标志码:** A **文章编号:** 0367-6234(2018)08-0088-07

Influence of window-to-wall ratio on hotel building refrigeration consumption in island-reef

XIE Jingchao¹, LI Qian¹, WANG Jianping², XUE Peng¹, LIU Jiaping¹

(1. Beijing Key Laboratory of Green Built Environment and Energy Efficient Technology (Beijing University of Technology), Beijing 100124, China; 2. Naval Engineering Design Institute, Beijing 100070, China)

Abstract: China actively promotes the construction of 3 million square kilometers of marine territory, and is vigorously building the Xisha and Nansha islands in the south China sea at present. The climate of islands and reefs in the sea is quite different from that of continent, and is featured by high temperature, high humidity and intense radiation. Combined with the fact of scarce resources on the island, it is inevitable to research and develop low-energy buildings under this special climatic conditions. In order to determine the characteristics of the low-energy building envelope suitable for island-reef climate, this paper analyzes the characteristics of marine climate by taking the measured data of Xisha as an example. To study the influence law of window-to-wall ratio (WWR) on energy consumption, this paper dynamically simulates the annual refrigeration consumption of one hotel to be built on the island. Results show that moisture load accounts for about 40% of the total cooling load. In summer, the total cooling load of the west room is the highest, south room the lowest. Once WWR increases 0.1, the energy consumption increases 3-5 kWh per unit area, but the variety of WWR in west and east takes big effects on building energy consumption than that in south and north. The fractional energy saving of the comprehensive sunshade is 7%, the best of all. The results of this study are intended to provide a reference for the reasonable value of WWR in the South China sea.

Keywords: refrigeration consumption; window-to-wall ratio; hotel; orientation; outside sunshade

中国南部海域具有高温高湿强辐射的特点,与内陆气候差异较大,且岛上资源匮乏、能源供给极为困难. 随着国家对建设 300 万平方公里海洋国土进程的加快,研发适应岛礁特殊气候的低能耗建筑成为必然. 改善建筑本体性能是建造低能耗建筑的关键一步,窗墙比^[1-2]是影响建筑本体性能的重要因素,已有文献针对不同气候区的窗墙比进行了研究. 卢丽冰等^[3]通过理论计算得出严寒地区围护结构耗热量随窗墙比增加迅速上升,李桂文等^[4]通过调研结合实例给出了严寒地区村镇住宅窗墙比范围. 付素娟等^[5]通过模拟得出华北地区自然室温随窗墙比增大呈下降趋势,常静等^[6]得出窗墙比对济南居住建筑供暖能耗影响不大. 简毅文等^[7]得出上海市东(西)北向窗墙比的加大会导致建筑全年总能耗的增加;龙恩深等^[8]得出重庆市建筑窗墙比对空调冷耗指标的影响比对供暖热耗指标的影响显著得

收稿日期: 2017-06-07
基金项目: 国家自然科学基金重大项目(51590912);广东省亚热带建筑技术公共实验室开放课题
作者简介: 谢静超(1976—),女,副教授;
刘加平(1956—),男,博士生导师,中国工程院院士
通信作者: 谢静超, xiejc@bjut.edu.cn

多. 孙海莉等^[9]得出深圳某酒店单位建筑面积空调能耗随窗墙比增大近似呈线性变化. 但以往关于窗墙比的研究多是集中在内陆, 针对高温高湿强辐射气候下岛礁建筑窗墙比的研究相对匮乏. 太阳辐射是构成空调能耗的重要部分^[10-11], 所以, 强辐射条件下岛礁建筑厚重遮阳设施对空调能耗随窗墙比变化的影响需进一步研究.

本文根据西沙地区实测气象数据分析了岛礁气候特点, 以岛礁上拟建宾馆为对象, 采用动态模拟的方法, 研究了不同朝向窗墙比对建筑全年能耗的影响规律, 并考虑了遮阳的作用, 旨在为中国南海岛礁建筑窗墙比的合理取值提供参考.

1 气候特点

1.1 温度及相对湿度

西沙位于北纬 16.3°, 东经 112.3°, 属低纬度地区, 图 1 给出了该地区 2016 年全年的逐时温湿度变化曲线, 可以看出, 该地区年平均温度为 27.5 °C, 年平均相对湿度可高达 82.2%, 而年较差仅为 6.3 °C. 另外, 采用同样的统计方法得出夏热冬冷地区上海的温湿度情况, 其年平均温度为 17.8 °C, 年平均相对湿度为 72.2%, 年较差在 25 °C 左右. 由此可见, 相比上海, 西沙具有常年温湿度高、气温年较差小的气候特征.

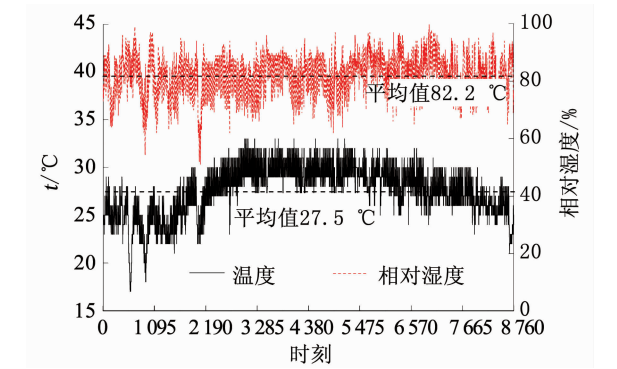


图 1 西沙逐时温度及相对湿度

Fig. 1 Hourly temperature and relative humidity of Xisha

1.2 太阳辐射及日轨分析

西沙接近赤道, 太阳辐射量大, 由于气象条件缺失, 采用其邻近港口城市琼海的太阳辐射作为参考, 其太阳总辐射约为 5 400 MJ/(m² · a).

因垂直立面壁面方位角不同, 各朝向受太阳照射强度有所差异, 利用 Ecotect 模拟得出主要朝向年太阳直射辐射分别为东向 1 749 MJ/m²、西向 1 816 MJ/m²、南向 1 708 MJ/m²、北向 1 394 MJ/m². 各朝向不同月份接受到的太阳辐射如图 2 所示.

东、西、北向立面在夏季接受到的太阳辐射最多, 冬季偏少, 其中西向接受到的太阳辐射最多, 5 ~

8 月份均高于 180 MJ/m², 东向略少, 北向最少, 北向接受到的太阳辐射量最高为 153 MJ/m². 南立面在冬季接受的太阳辐射量最多, 夏季偏少, 6 月份时不足 120 MJ/m², 低于北向, 12 月份时为 150 MJ/m², 高于西向.

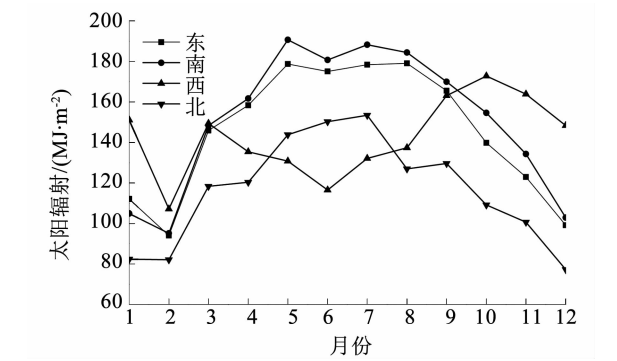


图 2 各朝向不同月份太阳辐射

Fig. 2 Solar radiation of each orientation received in different months

图 3 为 Weather tool 输出的西沙全年日轨图, 可以看出, 该地正午太阳高度在 50° ~ 90° 变化. 冬至日时太阳直射南回归线, 西沙正午太阳高度为最小值 50°; 夏至日时太阳直射北回归线, 正午太阳高度达到北向最小值 82.9°; 当太阳直射该地时, 正午太阳高度为最大值 90°. 4 月中旬至 9 月初, 该地正午太阳高度均在 80° ~ 90° 变化.

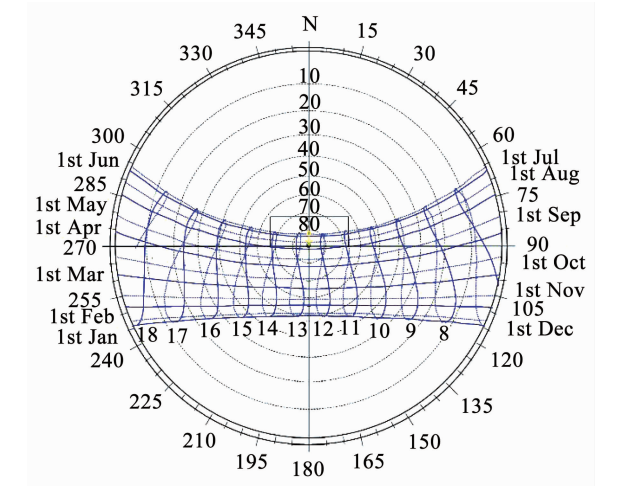


图 3 西沙日轨分析图

Fig. 3 Solar-path diagrams of Xisha

2 建筑模型

2.1 研究方法

采用 Energyplus 能耗模拟软件, 对岛礁拟建宾馆全年 8 760 个小时的空调负荷进行动态模拟, 其计算过程严格遵循热平衡法^[12-15], 以下模拟工况室外气象条件采用港口城市琼海的标准气象数据.

模拟过程中仅各朝向窗墙比为变量, 其他条件均不变. 考虑无遮阳、水平遮阳、垂直遮阳及综合遮

阳4种工况,并计算外遮阳的节能率。

2.2 建筑模型介绍

以宾馆为研究对象,其1层平面图见图4,几何模型在SketchUp中建立,如图5所示。

该宾馆共3层,总建筑面积为2 049.6 m²,内含48个标准间,客房面积占63%。2、3层西端为露台,故每层房间数目不一致,1、2、3层分别为20、16、12间。各楼层功能房间布置相同,中间为走廊宽2.7 m,两侧为客房。客房尺寸相同,宽3.9 m,进深6.9 m,层高3.9 m,窗口大小(阳台门及窗户)为2.7 m×2.1 m,折合成窗墙比为0.37。

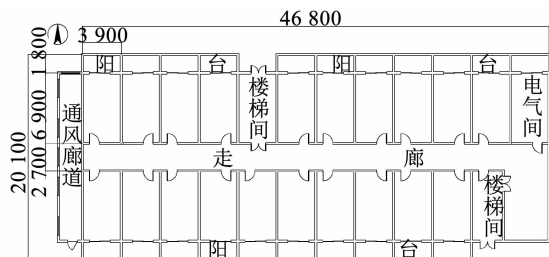


图4 建筑一层平面图

Fig. 4 1st-storey plan of the building

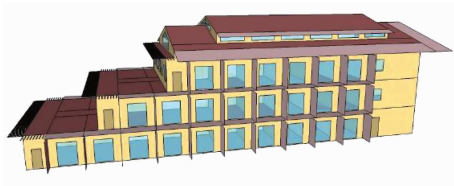


图5 建筑模型图

Fig. 5 Building model

如图4所示,该建筑为南北朝向,以走廊为中心,两侧对称,故南北侧外墙面积相同。客房分布在走廊两侧,数目一致。在研究中仅改变客房的窗户面积,因此,当南北侧窗墙比改变为同一数值时,其窗户面积一样。为了解该地东、西、南、北4个主要朝向窗墙比对建筑能耗的影响,在研究东西朝向时,将该南北朝向建筑于水平面旋转90°变为东西朝向。

该宾馆以低能耗为目标,围护结构热工设计过程中主要参考了《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》和《公共建筑节能设计标准》,此外还参考了中国香港、新加坡、马来西亚等地区常用的 OTTV 标准^[16-18]。其屋面传热系数为0.503 W/(m²·K),外墙传热系数为0.707 W/(m²·K),外窗采用双层铝合金中空玻璃,传热系数为1.803 W/(m²·K),太阳得热系数为0.568。

建筑设置了许多通风隔热设施:顶部为坡度30°的双层屋顶,总高度为4.8 m,两层屋面之间距离为1 m;屋顶外檐超出建筑南北立面3 m,超出东立面1.5 m,窗户全部为百叶窗,用于通风隔热,减少通过屋顶传入室内的热量。东西立面接受到的太

阳辐射强度大,因此,楼梯间、电梯间等空间布置在走廊东侧,减少东墙传热;走廊西侧设有2.4 m宽的通风廊道,其窗口同样全部为百叶窗,且通风廊道南北面及西面的屋顶外檐设有1.5 m宽水平百叶遮阳。客房外侧均有外露阳台,宽1.8 m,相邻客房的阳台部分用1.8 m宽的垂直遮阳板分隔,其上部设有长0.7 m,高0.35 m的开口,以避免阻碍空气流动。

2.3 模拟参数设置

2.3.1 内热源及新风量

因建筑还未竣工,实际的人员入住率、灯光设备使用情况不详,固定条件的取值主要参照国家相关标准^[6]。客房为标准间,设定2人/间,新风量为30 m³/(h·人),渗透作用换气次数为0.5次/h。灯光密度为7 W/m²,电器设备功率为15 W/m²。灯光、设备逐时使用率及人员逐时在室情况如图6所示。

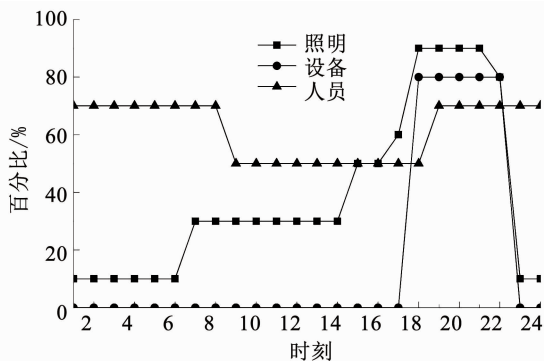


图6 照明、设备逐时使用率及人员逐时在室情况

Fig. 6 Hourly situation of lighting/equipment and people indoor

2.3.2 空调系统

客房内空调系统运行时间为0:00—24:00,全年运行,设定温度为25℃,相对湿度为65%。走廊、楼梯间、双层屋顶等区域均不设置空调。

3 计算结果及分析

3.1 不同窗墙比时无外遮阳情况下的空调负荷

3.1.1 窗墙比为0.37时,各朝向房间空调负荷特点

取各朝向二层中间位置且仅有一面墙体与室外接触的房间为典型房间,以降低屋顶、地面传热以及边缘效应的影响。典型房间不同月份空调负荷见图7。可以看出,4月至10月各朝向房间空调负荷均高于15 kWh/(m²·月),7月份最高,各朝向房间空调负荷均大于25 kWh/m²。11月至翌年3月空调负荷较低,1月份最低,不足8 kWh/m²。东、西、北朝向房间空调负荷全年均是西向最高,北向最低,东向居中。南向房间空调负荷在5月至8月低于北向,为各朝向最低;10月至翌年2月空调负荷为各朝向最高。空调负荷受太阳辐射影响较大,5月至8月北立

面接受太阳直接照射,而南向却不能,故南向房间空调负荷最低,此不同于中国内陆建筑.而潜热负荷变化与空调负荷变化趋势类似,且基本不受朝向的影响.

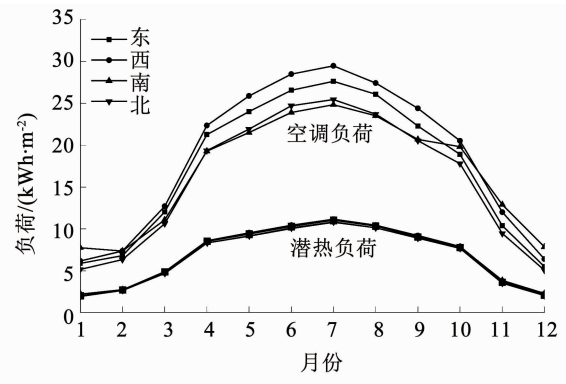


图 7 典型房间不同月份空调负荷及潜热负荷

Fig. 7 Cooling load and latent load of typical room in different months

3.1.2 窗墙比变化对建筑全年空调负荷的影响

各朝向窗墙比自 0.1~0.9 变化时,建筑空调负荷见图 8. 图中一次函数的表达式经函数拟合得到,拟合结果 R^2 均大于 0.99. 当改变某一朝向的窗墙比时,其他朝向的窗墙比维持 0.37 不变,故空调负荷随东西向窗墙比变化曲线会有一交点,该交点即东西向窗墙比均为 0.37 时的空调负荷,也因此线性拟合结果中直线截距东向的要大于西向.

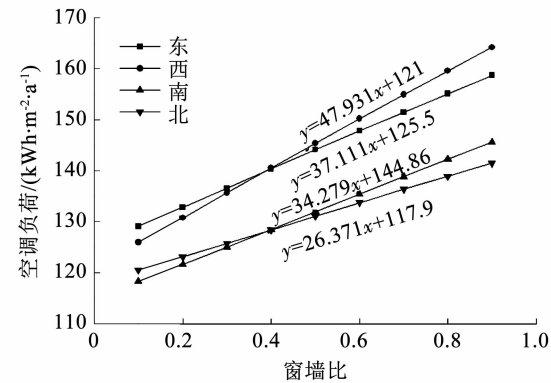


图 8 窗墙比变化对空调负荷的影响

Fig. 8 Effect of WWR on the cooling load

窗墙比为 0.37 时,若建筑为南北向,其全年空调负荷为 128 kWh/m^2 ,潜热负荷为 51 kWh/m^2 ,占 40%;若建筑为东西向,空调负荷为 140 kWh/m^2 ,潜热负荷为 52 kWh/m^2 ,占 37%. 西、东、南、北向窗墙比每增加 0.1,空调负荷分别增加 4.8、3.7、3.4、2.6 kWh/m^2 . 可见西向窗墙比对空调负荷影响最大,东向、南向次之,北向最小. 透过窗户的太阳辐射与温差传热均与其面积成正比,在模拟过程中仅窗墙比为变量,故空调负荷基本呈线性增长.

在太阳辐射最强的夏季,南向可避免太阳直接照射,而在太阳辐射较弱且室外温度相对较低的其

他时节,又可以接受较多的太阳照射,由此来看,南向是最适宜开窗的朝向. 东西向窗墙比对建筑能耗的影响较大,故需严格限制其范围.

3.2 不同窗墙比时有外遮阳情况下的空调负荷

3.2.1 窗墙比为 0.37 时,遮阳对窗户得热量影响

建筑维持原有窗墙比 0.37 时,有无遮阳情况下各朝向空调房间通过窗户所获得的年总热量见图 9.

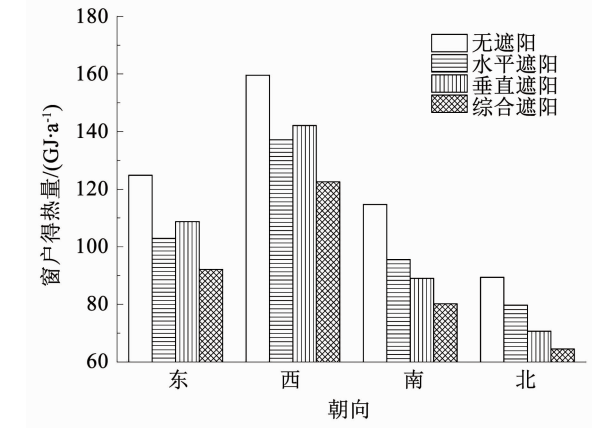


图 9 各朝向房间窗户的年总得热量

Fig. 9 Window annual total heat gain in different orientation

无论是否采用外遮阳,该地区建筑窗户均为得热构件. 其中西立面窗户年总得热量最大,无外遮阳时为 160 GJ/a ,东向、南向次之,北向最小,为 90 GJ/a .

增加外遮阳后,各朝向窗户得热量均减少. 水平遮阳可以遮挡从正上方透射下来的高度角较低的阳光,垂直遮阳可遮挡从窗侧向射进来的高度角较低的阳光,而综合遮阳结合了两者的优点,遮阳效果也更为优异^[19-20].

采用水平、垂直遮阳两种方式时,各朝向房间窗户年总得热量差异在 3~5 GJ/a . 东西向采用水平遮阳、南北朝向采用垂直遮阳时,窗户得热量较少. 综合遮阳效果最好,如西向窗户得热量可降低 37 GJ/a ,相较于无遮阳情况下减少了约 23%. 可见外遮阳降低了由窗户进入室内的热量.

3.2.2 窗墙比变化对建筑全年空调负荷的影响

各朝向窗墙比自 0.1~0.9 变化时,在采用水平、垂直及综合遮阳情况下建筑的空调负荷见图 10. 为了便于比较,窗墙比在无遮阳情况下变化时的空调负荷用虚线表示.

随着窗墙比的增大,外遮阳对空调负荷的降低作用越大. 如东向窗墙比为 0.37 时,添加水平、垂直及综合遮阳后空调负荷分别下降了 7、5 和 10.7 kWh/m^2 ;当窗墙比增大至 0.7 时,空调负荷分别降低了 9.6、7 和 15 kWh/m^2 .

随窗墙比增大,空调负荷曲线有下凹的趋势,说明增长速率变小,东西向较南北向更为明显. 如东向采用综合遮阳时,窗墙比由 0.1 增加至 0.2,空调负

荷增加了 2.6 kWh/m^2 ; 窗墙比由 0.7 增大至 0.8 , 空调负荷增加了 1.9 kWh/m^2 . 遮阳设施会对空调负荷随窗墙比增大呈线性增长的趋势有一定影响, 且该朝向太阳辐射强度越大, 遮阳系数越大, 影响程度越大. 窗户面积越大, 外遮阳可遮挡更多经过玻璃的太阳辐射, 空调负荷下降得更多, 曲线下凹趋势越明显. 东西向所接收到的太阳辐射较南北向多, 因此, 东西向采用综合遮阳时曲线下凹趋势会比南北向更明显.

3 种遮阳方式中, 综合遮阳节能效果最好. 窗墙比为 0.37 且建筑为东西朝向时, 空调负荷在水平遮

阳情况下减少了 6.5 kWh/m^2 , 在垂直遮阳情况下减少了 5 kWh/m^2 , 综合遮阳时减少了 10.5 kWh/m^2 . 建筑为南北朝向时, 采用水平遮阳空调负荷减少了 5.6 kWh/m^2 , 垂直遮阳时减少了 6.4 kWh/m^2 , 综合遮阳时减少了 10 kWh/m^2 .

就水平、垂直两种方式而言, 东西向采用水平遮阳、北向采用垂直遮阳时空调负荷下降得多, 而南向采用两种形式时空调负荷降低程度相差不大. 随着窗墙比的增大, 东、西、北朝向采用水平遮阳和垂直遮阳的空调负荷差异也增大, 而南向采用这两种外遮阳时的差异基本不变.

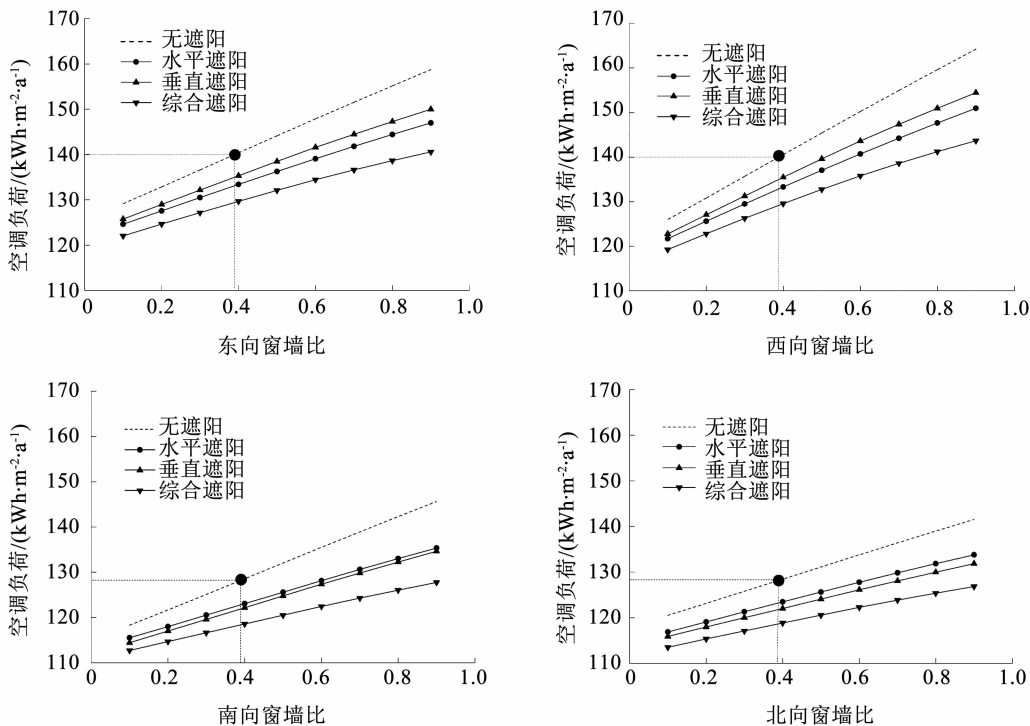


图 10 采用不同形式外遮阳, 窗墙比变化对空调负荷的影响

Fig. 10 Effect of WWR in main orientation on the cooling load with different external sunshade

东西朝向在夏季接受到的太阳辐射最多, 而此时太阳高度角也较大, 因而水平遮阳可遮挡更多的太阳辐射; 北向仅 $5 \sim 8$ 月份可接受太阳直接照射, 其他月份均接受不到太阳照射, 故垂直遮阳效果更好. 窗墙比越大, 优者更优, 因此, 空调负荷差异也随之增大. 而南立面, 夏季正午太阳高度在 $80^\circ \sim 90^\circ$ 内, 太阳高度角大, 因而南向墙面所接收到的太阳照射较少. 其他季节太阳高度角虽小但南立面白天均可接受太阳照射, 故南向采用水平遮阳和垂直遮阳的效果差别不大, 且采用水平遮阳和垂直遮阳时空调负荷差异大小基本不随窗墙比变化.

3.2.3 窗墙比变化对外遮阳节能效果的影响

以窗墙比为 0.37 且无外遮阳时的建筑空调负荷为基准计算其节能率:

$$\begin{aligned} \text{东(西)} &= (140 - \text{空调负荷}) / 140 \times 100\%, \\ \text{南(北)} &= (128 - \text{空调负荷}) / 128 \times 100\%. \end{aligned}$$

计算结果见图 11. 虚线表示无遮阳情况, 阴影区域表示不节能.

保持建筑原有窗墙比 0.37 不变, 水平遮阳可使得建筑在东西朝向时节能 5% , 南北朝向时节能 4% ; 垂直遮阳可使得建筑为东西朝向节能 3% , 南北朝向节能 5% ; 综合遮阳时节能率最大, 为 7% 左右. 虽然采用综合遮阳时的节能效果最好, 但综合遮阳构件间存在相互遮挡, 其节能效果要比单独采用两种遮阳时的叠加效果要差.

随窗墙比的增大, 节能率逐渐减小, 说明外遮阳不能够抵消由于窗户面积增大所带来的负荷增加, 而减小窗墙比可达到与采用外遮阳相同的节能效

果. 东向(西向)窗墙比减小到 0.2 时,节能率约为 5%,与水平遮阳的效果相当;南向(北向)窗墙比减

小到 0.2 时,节能率约为 5%,与水平遮阳的效果相当.

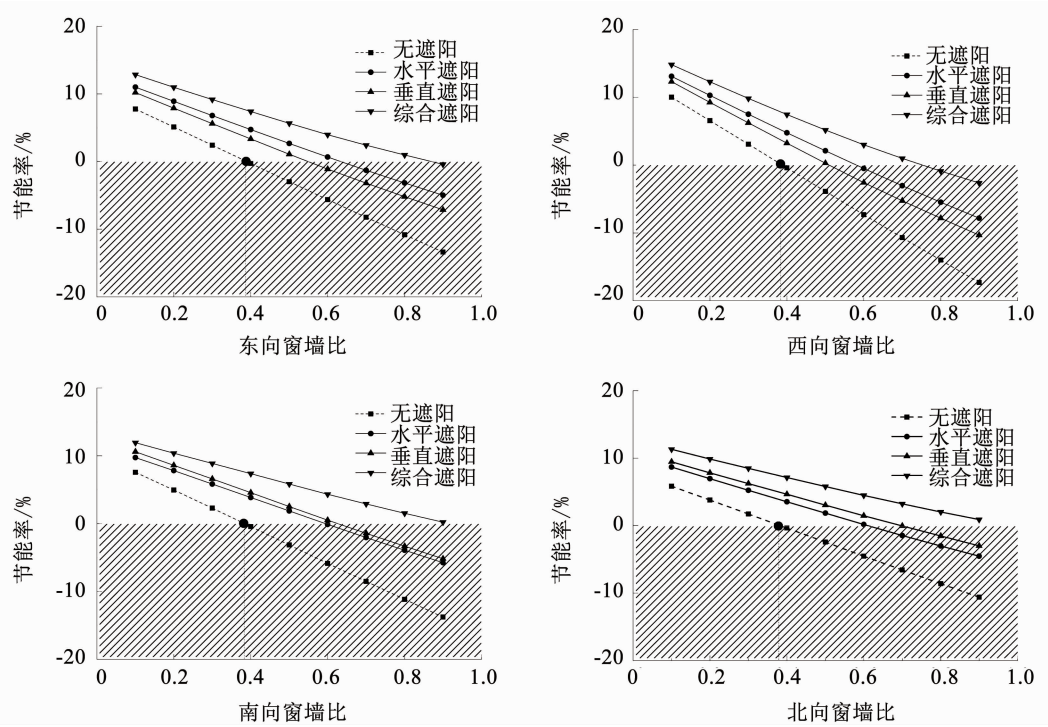


图 11 外遮阳的节能效果

Fig. 11 Energy saving efficiency of external sunshade

随窗墙比增大,无遮阳时节能率基本呈线性减小;采用外遮阳尤其是综合遮阳后,随窗墙比增大节能率减小速率变缓,东西向较为明显.且采用外遮阳后,节能率曲线与节能率为 0 的直线交点后延,所对应的窗墙比增大.保持建筑原有能耗量不增,窗墙比的设定范围可在增加不同形式外遮阳情况下相应增大.采用水平遮阳时,东(西)向的窗墙比可由 0.37 增大至 0.65(0.55),南北向窗墙比增大至 0.6;采用垂直遮阳时,可使得东向(西向)窗墙比由 0.37 增加到 0.55(0.5),南(北)向窗墙比增大至 0.6(0.7);采用综合遮阳可使得建筑东(西)向的窗墙比由 0.37 增大至 0.85(0.75),南(北)向窗墙比增大至 0.9.在必须增大窗墙比但不增加能耗时,可考虑增设外遮阳的方法.

4 结 论

- 1) 西沙位于北回归线以南,5 月至 8 月初太阳辐射最强的时间段内,南立面可避免太阳的直接照射,房间空调负荷为各朝向最小,在室外温度及太阳辐射相对较低的冬季,南向又可接受最多的太阳照射.由此看来,南向是最适宜开窗的朝向.
- 2) 窗墙比为 0.37 时,无外遮阳情况下建筑为南北向时空调负荷为 128 kWh/(m²·a),东西朝向时为 140 kWh/(m²·a),潜热负荷所占比例较大,约

- 为 40%.因此,建议建筑朝向以南北为宜.
 - 3) 随窗墙比增大,空调负荷在无外遮阳时基本呈线性增长.窗墙比每增加 0.1,西、东、南、北朝向单位建筑面积空调负荷分别增加 4.8、3.7、3.4、2.6 kWh.东西向窗墙比对空调负荷影响较南北向大,应严格限制东西向窗墙比范围.
 - 4) 综合遮阳的节能效果最好,窗墙比为 0.37 时,节能率在 7% 左右.东西向采用水平遮阳、北向采用垂直遮阳效果较好,节能率均在 5% 左右,且窗墙比越大,采用水平、垂直遮阳两种方式的差异越明显.南向采用这两种方式节能效果相差不大,节能率约为 5%.
 - 5) 保持建筑原有能耗量不增,窗墙比的设定范围可在增加不同形式外遮阳情况下相应增大.采用水平遮阳时,东(西)向的窗墙比可由 0.37 增大至 0.65(0.55),南(北)向窗墙比可增大至 0.6;采用垂直遮阳时,东(西)向的窗墙比可由 0.37 增大至 0.55(0.5),南(北)向窗墙比可增大至 0.6(0.7);采用综合遮阳时,东(西)向的窗墙比可由 0.37 增大至 0.85(0.75),南(北)向窗墙比可增大至 0.9.
- 本文研究了岛礁建筑在全年采用空调的最不利工况下窗墙比对能耗的影响,后续应在此基础上进一步结合当地气候条件,考虑诸如自然通风等被动因素的合理利用,以探究该地区建筑适宜的窗墙比.

参考文献

- [1] 中国建筑科学研究院. 夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准: JGJ75-2012[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
China Academy of Building Research. Design standard for energy efficiency of residential buildings in hot summer and warm winter zone; JGJ75-2012[S]. Beijing: China Architecture & building Press, 2010.
- [2] 中国建筑科学研究院. 公共建筑节能设计标准: GB50189-2015[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
China Academy of Building Research. Design standard for energy efficiency of public buildings: GB50189-2015[S]. Beijing: China Architecture & building Press, 2015.
- [3] 卢丽冰, 王玉石, 高梦, 等. 窗墙比对围护结构传热的影响分析[J]. 低温建筑技术, 2011, 33(10): 105-106. DOI: 10.3969/j.issn.1001-6864.2011.10.046.
LU Libing, WANG Yushi, GAO Meng, et al. Study on window-wall ratio on heat transfer of enclosure structure[J]. Low Temperature Architecture Technology, 2011, 33(10): 105-106. DOI: 10.3969/j.issn.1001-6864.2011.10.046.
- [4] 李桂文, 徐聪智, 张滨, 等. 严寒地区村镇住宅窗墙面积比值范围的研究[J]. 建筑节能, 2011, 39(10): 52-56. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7237.2011.10.013.
LI Guiwen, XU Congzhi, ZHANG Bin, et al. Range of area ratio of window to wall for village residential in cold regions[J]. Building Energy Efficiency, 2011, 39(10): 52-56. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7237.2011.10.013.
- [5] 付素娟, 刘欢, 郝雨杭. 窗墙比对农村住宅室内温度的影响分析[J]. 建筑节能, 2015(7): 55-58. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7237.2015.07.015.
FU Sujuan, LIU Huan, HAO Yuhang. Analysis of the influence of window-wall ratio on the indoor temperature in rural residential[J]. Building Energy Efficiency, 2015(7): 55-58. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7237.2015.07.015.
- [6] 常静, 李永安. 居住建筑窗墙面积比对供暖能耗的影响研究[J]. 暖通空调, 2008, 38(5): 109-112. DOI: 10.3969/j.issn.1002-8501.2008.05.027.
CHANG Jing, LI Yong'an. Influence of area ratio of window to wall on heating energy consumption in residential buildings[J]. HV & AC, 2008, 38(5): 109-112. DOI: 10.3969/j.issn.1002-8501.2008.05.027.
- [7] 简毅文, 江亿. 窗墙比对住宅供暖空调总能耗的影响[J]. 暖通空调, 2006, 36(6): 1-5. DOI: 10.3969/j.issn.1002-8501.2006.06.001.
JIAN Yiwen, JIANG Yi. Influence of window wall ratio on annual energy consumption for heating and air conditioning in residential buildings[J]. HV&AC, 2006, 36(6): 1-5. DOI: 10.3969/j.issn.1002-8501.2006.06.001.
- [8] 龙恩深, 付祥钊. 窗墙比对居住建筑冷热耗量指标及节能率的影响[J]. 暖通空调, 2007, 37(2): 46-50.
LONG Enshen, FU Xiangzhao. Effect of area ratio of window to wall on cooling and heating energy consumption on index and energy efficient rate for residential buildings[J]. HV & AC, 2007, 37(2): 46-50.
- [9] 孙海莉, 王智超. 夏热冬暖地区窗墙比和体形系数对宾馆建筑能耗影响分析及节能潜力研究[J]. 建筑节能, 2013, (11): 38-40. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7237.2013.11.008.
SUN Haili, WANG Zhichao. Influence of window-wall ratio and shape coefficient on hotel building energy consumption and potential energy efficiency in hot summer and warm winter area[J]. Building Energy Efficiency, 2013, (11): 38-40. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7237.2013.11.008.
- [10] 江宏玲, 贺传友, 戴新荣. 基于 PKPM 软件模拟分析窗墙比对建筑能耗的影响[J]. 安徽建筑大学学报, 2015(1): 69-72. DOI: 10.11921/j.issn.2095-8382.
JIANG Hongling, HE Chuanyou, DAI Xinrong. Simulation and analysis the influence of window-wall ratio on building energy consumption based on PKPM software[J]. Journal of Anhui Jianzhu University, 2015(1): 69-72. DOI: 10.11921/j.issn.2095-8382.
- [11] 涂逢祥. 建筑遮阳是建筑节能的重要手段[J]. 建筑技术, 2011, 42(10): 875-876. DOI: 10.3969/j.issn.1000-4726.2011.10.002.
TU Fengxiang. Building sunshade is an important method for building energy efficiency[J]. Architecture Technology, 2011, 42(10): 875-876. DOI: 10.3969/j.issn.1000-4726.2011.10.002.
- [12] 冯晶琛, 丁云飞, 吴会军. EnergyPlus 能耗模拟软件及其应用工具[J]. 建筑节能, 2012, 40(1): 64-67. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7237.2012.01.016.
FENG Jingchen, DING Yunfei, WU Huijun. Energyplus energy simulation software and its application tools[J]. Building Energy Efficiency, 2012, 40(1): 64-67. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7237.2012.01.016.
- [13] Energyplus Engineering Reference[R]. October 2011.
- [14] 周欣, 燕达, 洪天真, 等. 建筑能耗模拟软件空调系统模拟对比研究[J]. 暖通空调, 2014(4): 113-122.
ZHOU Xin, YAN Da, HONG Tianzhen, et al. Comparison and research on HVAC system simulation part for different building energy modeling programs[J]. HV & AC, 2014(4): 113-122.
- [15] 朱丹丹, 燕达, 王闯, 等. 建筑能耗模拟软件对比: DeST、EnergyPlus 和 DOE-2[J]. 建筑科学, 2012, 28(S2): 213-222. DOI: 10.13614/j.cnki.11-1962/tu.2012.s2.017.
ZHU Dandan, YAN Da, WANG Chuang, et al. Comparison of building energy simulation programs: DeST' Energyplus and DOE-2[J]. Building Science, 2012, 28(S2): 213-222. DOI: 10.13614/j.cnki.11-1962/tu.2012.s2.017.
- [16] Building and Construction Authority. Handbook on energy conservation in building and building services[M]. Singapore: Public Works Department, 1979.
- [17] Ministry of Energy. Guidelines for energy efficiency in buildings[C]//Telecommunications and Posts. Malaysia, 1989.
- [18] Hong Kong Government. Code of practice for overall thermal transfer values in buildings[R]. Hong Kong, China: Buildings Department, 1995.
- [19] 王鹏. 广州大学城校园建筑窗口外遮阳研究[D]. 广州: 广州大学, 2013.
WANG Peng. Guangzhou university town campus architecture outside the windowshade[D]. Guangzhou: Guangzhou University, 2013.
- [20] 陈勇明. 夏热冬暖地区建筑外遮阳与建筑一体化设计研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2014.
CHEN Yongming. The research on integrated design of exterior shading and building in hot summer and warm winter areas[D]. Chongqing: Chongqing University, 2014.