

孤立岛礁自持化光伏空调建筑能量 平衡优化匹配研究

王登甲¹, 吴航¹, 刘艳峰¹, 王莹莹¹, 王丽娟², 刘加平¹

(1. 西安建筑科技大学环境与市政工程学院, 西安 710055; 2. 西安工程大学环境与化工学院, 西安 710048)

摘 要: 对建筑空调系统用能与光伏系统供能进行动态平衡理论分析, 在建筑能量平衡的基础上, 提出适用于空调系统的自持化光伏系统设计计算方法, 并给出光伏空调建筑的热工匹配设计方法, 编制匹配优化分析软件。以海南省琼海市为例, 分别针对住宅及办公建筑, 通过软件计算以及数值分析获得数种空调制冷方式及建筑光伏安装方式条件, 以冷指标为约束的自持化建筑热工限定条件等结果, 验证匹配分析方法和优化分析软件的合理性。

关键词: 光伏空调; 建筑能耗; 能量平衡; 光伏容量; 自持化

中图分类号: TU111.2

文献标志码: A

0 引 言

太阳能具有波动性、不连续特性, 导致太阳能光电、光热等利用系统极其不稳定, 难以直接应用于建筑用能。目前, 针对光伏发电系统, 主要以光伏组件发电然后并入电网, 利用城市电网的稳定特性进行过滤调节, 使建筑用能端取用优质稳定的用电, 这是基于城市用电结构的成熟光伏用电模式。但是对于偏远及孤立岛礁地区, 其区域电网大多未建成或系统不成熟, 光伏发电上网困难, 电力等能源结构特殊。因此, 在孤立区域如果能开发出基于光伏利用的建筑空调用能自持化系统(即自产自自用系统), 则可有效解决空调用电与光伏发电系统波动不稳定的双重难题。

自持化光伏空调建筑是指仅依靠建筑自身收集面, 将太阳能转化为电能以供建筑空调系统持续稳定运行的建筑。合理的供能用能自持化光伏空调建筑匹配方法可确保偏远及孤立区域建筑供能, 也可同时保证空调系统的运行持续性和稳定性。空调系统冷负荷与太阳能的动态特性使得普通均衡性负载光伏计算方法不适用, 而针对空调系统的独立光伏系统容量计算大多采用峰值负荷进行计算, 导致计算结果与实际情况的出入较

大, 无法准确说明自持化光伏空调建筑的需求。达到建筑能量平衡, 满足建筑供能用能自持化要求, 以及建立自持化光伏空调建筑的设计计算方法, 得到建筑及空调系统限定条件, 对指导自持化建筑的设计以及太阳能建筑的研究具有重要意义。

现有研究主要是对光伏并网技术以及均衡性负载的光伏供能储能系统进行分析优化, 包括光伏容量计算方法^[1-3]、光伏功率与蓄电池匹配方法^[4]、蓄电池充放电策略^[5-6]、光伏系统经济性分析^[7]等, 还有学者对光伏阵列的最佳倾角进行了优化研究^[8-10]。以上研究均对供能用能自持化的光伏空调建筑研究具有借鉴意义, 但目前关于缺乏常规能源和电网的偏远及孤立地区的光伏空调建筑自持化设计计算方法、光伏与建筑的匹配方法的研究仍较少。基于此, 本文通过对孤立区域建筑空调系统用能与光伏系统供能进行动态平衡理论分析, 在建筑能量平衡的基础上, 提出适用于空调系统的自持化光伏系统设计计算方法, 并给出光伏空调建筑的热工匹配设计方法, 编制匹配优化分析软件。

1 自持化设计计算方法

自持化光伏空调建筑匹配设计方法的基本思路是根据空调系统耗电量与光伏系统发电量的平衡, 在蓄电

收稿日期: 2017-12-28

基金项目: 国家自然科学基金(51590911; 51678468); “十三五”国家重点研发计划(2016YFC0700400); 西部绿色建筑重点实验室基金(LSKF201701)

通信作者: 王登甲(1984—), 男, 博士、教授, 主要从事太阳能采暖空调技术方面的研究。wangdengjia@xauat.edu.cn

池蓄调的基础上,计算空调系统能够稳定运行的光伏方阵需求容量和蓄电池需求容量。根据太阳辐射及屋面光伏安装方式计算建筑屋面光伏最大安装容量。将光伏需求容量与最大安装容量进行匹配分析。如图 1 为自持化光伏空调建筑匹配计算方法逻辑图。

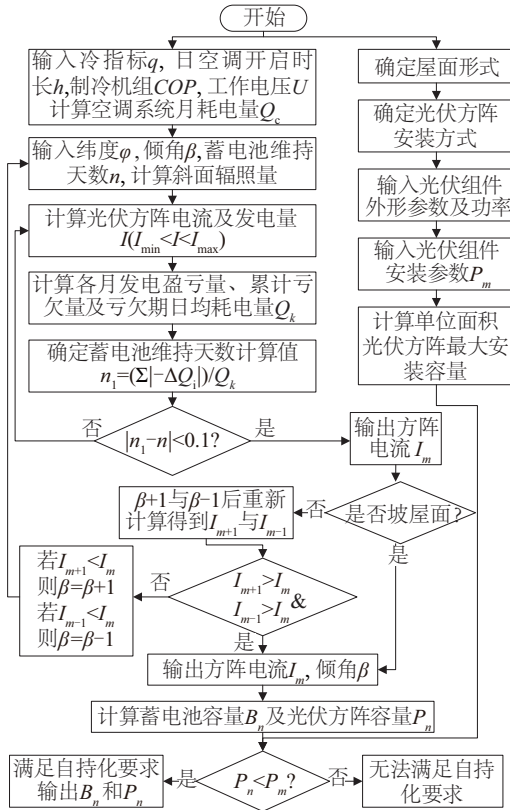


图 1 自持化光伏空调建筑设计计算逻辑图

Fig. 1 Calculating logic diagram of self-sustained PV air-conditioning building

1.1 负载耗电量计算

单位建筑基底面积最大月总冷负荷 Q_{\max} ($\text{W} \cdot \text{h}/\text{m}^2$):

$$Q_{\max} = q \times z \times h \times N_{\max} \times k \quad (1)$$

式中, q ——冷指标, W/m^2 ; z ——建筑层数; k ——空调计算冷负荷指标折算成日平均计算冷负荷指标的系数,按空调负荷视为起始、终止值非零的正弦波,其平均值为 0.60~0.75; h ——日空调开启时长, h ; N_{\max} ——冷负荷最大月天数。

$$Q_i = Q_{\max} \times k_i \quad (2)$$

式中, Q_i ——其余各月冷负荷, $\text{W} \cdot \text{h}/\text{m}^2$; k_i ——其余各月冷负荷与最大月冷负荷之比。

$$Q_c = \frac{Q_i}{\text{COP} \times U \times \zeta} \quad (3)$$

式中, Q_c ——单位建筑基底面积空调系统各月耗电量,

$\text{A} \cdot \text{h}/\text{m}^2$; U ——制冷机组工作电压, V ; ζ ——制冷机组能耗占整个空调系统能耗的比例。

1.2 方阵面太阳辐照量计算

根据 Mitchell^[11]所发表的计算太阳月平均日辐照量的方法,计算倾斜面上的各月平均日辐照量 H_i ,并计算年均辐照量 H_m 。将 H_i 的单位用 $\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 表示,再除以标准辐照度 $1000 \text{ W}/\text{m}^2$,即月平均每天峰值日照时数 $T_i(\text{h}/\text{d})$:

$$T_i = \frac{H_i}{1000} = H_i \quad (4)$$

1.3 计算各月发电盈亏量

对于某个确定的倾角,单位建筑面积方阵输出的最小电流应为:

$$I_{\min} = \text{Min} \left[\frac{Q_c}{H_i N_i \eta_1 \eta_2} \right] \quad (5)$$

式中, N_i ——当月天数; η_1 ——从方阵到蓄电池输入回路效率,包括方阵面上的灰尘遮蔽损失、性能失配、光伏组件老化损失、防反充二极管及线路损耗、蓄电池充电效率等,取 0.9; η_2 ——由蓄电池到负载的输出回路效率,包括蓄电池放电效率、控制器和逆变器的效率及线路损耗等,取 0.9。

同样,也可得出单位建筑面积方阵所需输出的最大电流为:

$$I_{\max} = \text{Max} \left[\frac{Q_c}{H_i N_i \eta_1 \eta_2} \right] \quad (6)$$

单位建筑面积方阵实际工作电流应在 I_{\min} 和 I_{\max} 之间,则有:

$$Q_g = N_i I H_i \eta_1 \eta_2 \quad (7)$$

$$\Delta Q = Q_g - Q_c \quad (8)$$

式中, Q_g ——单位面积各月光伏发电量, $\text{A} \cdot \text{h}/\text{m}^2$; I ——单位建筑面积方阵实际工作电流, A ; ΔQ ——单位面积各月发电盈亏量, $\text{A} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ 。

1.4 确定累计盈亏量

当出现某个月份 $\Delta Q < 0$,则累计亏欠量为该月亏欠量;当出现 2 个及以上连续亏欠月份,则累计亏欠量为该连续月份亏欠量之和;当出现 2 个及以上不连续亏欠期,则累计亏欠量为不连续亏欠期中各亏欠期亏欠量之和最大的值,其中亏欠期的计算原则为:若 2 个不连续亏欠期之间的 ΔQ_i 正的月份的盈余量之和大于前一个亏欠期亏欠量,则 2 个亏欠期分开计算;若 2 个不连续亏欠期之间的 ΔQ_i 为正的月份的盈余量之和小于前

一个亏欠期亏欠量,则2个亏欠期合并为一个亏欠期,其亏欠量应扣除盈余量部分。

1.5 决定方阵输出电流

$$Q_k = \frac{\sum Q_{ck}}{\sum N_{ik}} \quad (9)$$

式中, Q_k ——单位建筑面积空调系统亏欠期日均耗电量, $A \cdot h/d/m^2$; $\sum Q_{ck}$ ——亏欠期月耗电量之和; $\sum N_{ik}$ ——亏欠期天数之和。

将累计亏欠量 $\sum |-\Delta Q_i|$ 代入式(10):

$$n_1 = \frac{\sum |-\Delta Q_i|}{Q_k} \quad (10)$$

得到的 n_1 与指定的蓄电池维持天数 n 相比较,若 $n_1 > n$, 表示所考虑的电流太小,以致亏欠量太大,应增大电流 I , 重新计算;反之亦然,直到 $n_1 \approx n$, 即得出单位建筑面积方阵输出电流 I_m 。

1.6 求方阵最佳倾角

若建筑屋面为坡屋面,则光伏方阵倾角为坡屋面倾角;直接输出方阵倾角及单位建筑面积方阵输出电流 I_m , 计算蓄电池及方阵容量;若建筑屋面为平屋面,则进行方阵最佳倾角计算。

平屋面的单位建筑面积方阵输出电流 I_m 是在某一倾角 β 时能满足蓄电池维持天数 n 的输出电流,接着应改变倾角,重复以上计算,得到最小的方阵输出电流 I_m 值,这时相应的倾角即为方阵最佳倾角 β , 单位建筑面积方阵输出电流即为 I_m 。

1.7 计算蓄电池及光伏方阵需求容量

这样可求出单位建筑面积蓄电池容量为:

$$B_n = \frac{\sum |-\Delta Q_i|}{DOD\eta_2} = \frac{nQ_k}{DOD\eta_2} \quad (11)$$

式中, B_n ——单位建筑面积蓄电池容量, $A \cdot h/m^2$; DOD ——蓄电池的放电深度,通常取 0.3~0.8。

$$P_n = \mu I_m (U_b + U_d) \quad (12)$$

$$U_b = U \times 1.2 \quad (13)$$

式中, P_n ——单位建筑面积方阵容量, W/m^2 ; μ ——安全系数,通常取 1.05~1.30; U_b ——蓄电池充电电压, V; U_d ——防反充二极管及线路等的电压降,取 1 V。

1.8 光伏方阵最大安装容量计算

根据屋顶形式的不同,光伏组件的安装方式有所不同。通常在平屋面的安装方式有倾斜支架安装、平行架空安装以及平铺安装几种;在坡屋面的安装方式有顺坡平行架空安装、顺坡镶嵌式安装等。

1) 平屋面倾斜支架安装

光伏阵列前后排间距 D 按式(14)计算^[12]:

$$D = L \cos \beta + L \sin \beta \frac{0.707 \tan \varphi + 0.4338}{0.707 - 0.4338 \tan \varphi} \quad (14)$$

式中, D ——方阵前后排间距, m; L ——光伏组件高度, m; φ ——当地纬度; β ——光伏阵列倾角, ($^\circ$)。

光伏组件投影面积 S_{pv} 按式(15)计算:

$$S_{pv} = LW \cos \beta \quad (15)$$

式中, S_{pv} ——光伏组件投影面积, m^2 ; W ——太阳能电池组件宽度, m。

屋面光伏组件间距系数 d' 是考虑方阵前后排间的屋面面积无法使用,可由式(14)推导计算得:

$$d' = \frac{2L \cos \beta}{L \cos \beta + D} \quad (16)$$

单位建筑面积光伏组件最大容量 P_m 按式(17)计算:

$$P_m = \frac{W_p}{S_{pv}} \times d' \times \rho \quad (17)$$

式中, P_m ——单位建筑面积光伏组件最大容量, W/m^2 ; W_p ——单片光伏组件功率, W; ρ ——光伏组件有效面积系数,是考虑屋面检修疏散通道占用屋面面积,且屋面不能完全安装光伏组件时的系数。

2) 平屋面平行架空安装

$$P_m = \frac{W_p}{S_{pv}} \times \rho \quad (18)$$

3) 平屋面平铺安装

$$P_m = \frac{W_p}{S_{pv}} \times \rho = \frac{W_p}{LW} \times \rho \quad (19)$$

平屋面平铺安装方阵倾角 $\beta = 0^\circ$, 则 $S_{pv} = LW$ 。

4) 坡屋面平行架空安装

$$P_m = \frac{W_p}{S_{pv}} \times \rho \times \Gamma \quad (20)$$

式中, Γ ——坡屋面安装方位系数,即坡屋面上安装光伏组件的某朝向屋面占总坡屋面面积的比例。

5) 坡屋面顺坡镶嵌安装

$$P_m = \frac{W_p}{S_{pv}} \times \rho \times \Gamma \times \tau \quad (21)$$

式中, τ ——温度修正系数,是考虑坡屋面顺坡镶嵌安装光伏组件背板通风散热不好对光伏组件效率的影响,取 0.9。

1.9 光伏空调建筑自持化条件

将求得的单位建筑基底面积光伏方阵需求容量 P_n 和单位建筑基底面积光伏方阵最大安装容量 P_m 进行比较。若 $P_n \leq P_m$, 则屋面光伏方阵发电量可满足建筑空调系统用电量需求,可实现供能自持化。

2 几种空调系统光伏自持化分析

采用海南省琼海市气象数据进行计算,太阳辐射数据来源为美国国家航空与航天局(NASA)。冷指标从 $50\sim 200\text{ W/m}^2$ 变化,空调期为4月1日~10月31日,各月系数 k_i 取值根据Energyplus软件模拟结果求得,如表1所示(海南省琼海市)。住宅建筑日空调开启时长为24 h,办公建筑日空调开启时长为10 h;制冷机组性能系数COP取自《公共建筑节能设计标准》GB 50189—2015^[13]第4.2.10条COP限值标准,如表2所示。蓄电池维持天数为1~7 d变化;单片光伏组件功率 W_p 率为280 W,尺寸为 $L\times W=1.64\text{ m}\times 0.8\text{ m}$ 。

表1 空调各月冷负荷比例 k_i 取值

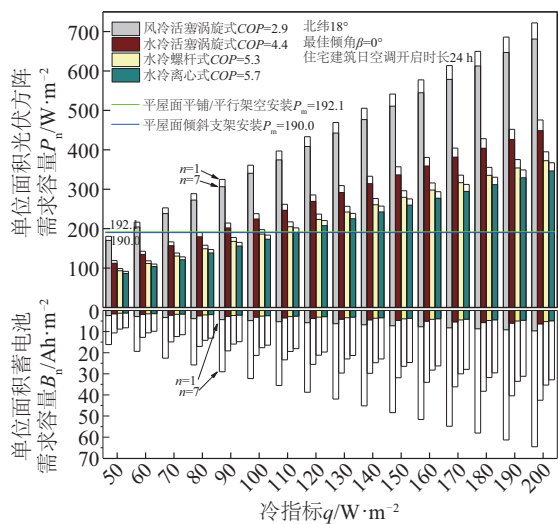
Table 1 Proportion of cooling load for each month						
4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
60	80	98	100	95	76	60

表2 制冷机组COP取值表

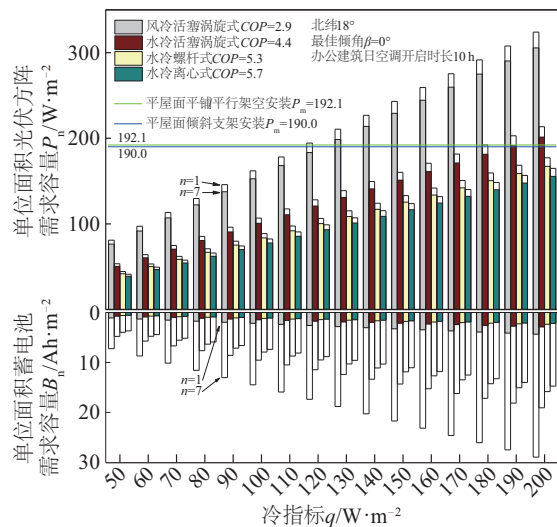
Table 2 COP value			
风冷		水冷	
活塞/涡旋式	活塞/涡旋式	螺杆式	离心式
2.9	4.4	5.3	5.7

2.1 平屋面条件下自持化分析

如图2所示为平屋面条件下的住宅和办公建筑空调系统和光伏的匹配结果,图中上半部分为单位面积光伏方阵需求容量,下半部分为单位面积蓄电池需求容量,横线为单位面积光伏方阵最大安装容量。对于不同



a. 住宅建筑



b. 办公建筑

图2 住宅及办公建筑平屋面条件下光伏空调匹配结果图

Fig. 2 Matching results of PV air-conditioning under flat roofing conditions of residential and office building

制冷机组,在不同冷指标时,图中所示蓄电池维持天数 n 分别为1和7 d。如表3所示,对于平屋面住宅建筑,在北纬 18° 时,自持化光伏空调建筑的屋面光伏方阵的最佳倾角 $\beta=0^\circ$ 。

表3 平屋面建筑光伏自持化匹配结果

Table 3 Matching results of self-sustained PV building in flat roof condition		
建筑类型	制冷机组	冷指标限值/ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$
住宅	风冷活塞/涡旋式	50
	水冷活塞/涡旋式	80
	水冷螺杆式	100
	水冷离心式	110
办公	风冷活塞/涡旋式	120
	水冷活塞/涡旋式	190
	水冷螺杆式	200
	水冷离心式	200

2.2 坡屋面条件下自持化分析

如图3所示为坡屋面条件下的住宅和办公建筑空调系统和光伏的匹配结果,屋面坡度为 30° 。表4所示为坡屋面条件下住宅建筑与办公建筑在不同空调系统条件下的冷指标限值。

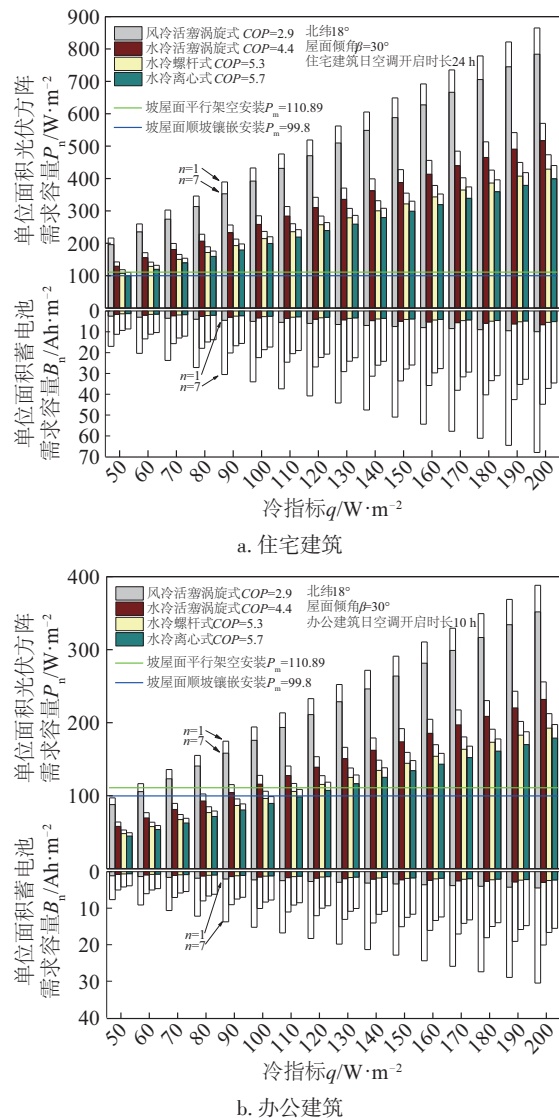


图3 住宅及办公建筑屋面坡度 30° 时光伏空调匹配结果图

Fig. 3 Matching results of PV air-conditioning under roof degree of 30 conditions of residential and office building

表4 坡屋面建筑光伏自持化匹配结果

Table 4 Matching results of self-sustained PV building in slope roof condition

建筑类型	制冷机组	冷指标限值/ $W \cdot m^{-2}$
住宅	风冷活塞/涡旋式	不满足
	水冷活塞/涡旋式	不满足
	水冷螺杆式	不满足
	水冷离心式	50
办公	风冷活塞/涡旋式	50
	水冷活塞/涡旋式	80
	水冷螺杆式	100
	水冷离心式	110

图 4a 所示为冷指标 $100 W/m^2$ 时,住宅建筑和办公建筑光伏方阵需求容量随屋面坡度(倾角)的变化图。随着屋面坡度的增加,光伏方阵需求容量增加,且增幅逐渐增大。而办公建筑光伏方阵需求容量的增幅小于住宅建筑。图 4b 所示为冷指标 $100 W/m^2$ 时,住宅建筑和办公建筑蓄电池需求容量随屋面坡度的变化图。随着屋面坡度的增加,蓄电池需求容量几乎不变。

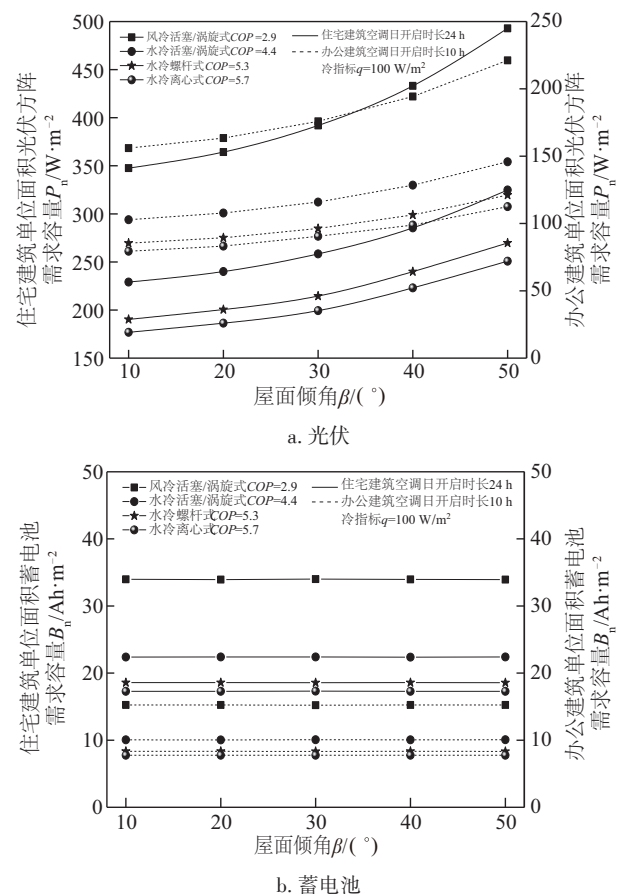


图4 光伏方阵和蓄电池需求容量随屋面倾角变化图

Fig. 4 PV and battery demand capacity degree of roof

在低纬度热湿地区,对于坡屋面建筑,屋面坡度的增加会导致光伏需求容量增加,从而增加光伏投资。屋面坡度对蓄电池需求容量无影响,而影响蓄电池需求容量最大的因素是蓄电池维持天数。因此,在低纬度热湿地区,不建议采用坡度较大的建筑屋面。屋面坡度可根据坡屋面对冷负荷的降低效果结合光伏容量进行优化。

2.3 影响光伏空调建筑自持化效果的因素分析

对光伏方阵需求容量影响最大的因素是制冷机组 COP 值,其次是建筑冷指标。因此,采用性能更好、

COP 更高的制冷机组可大大节约空调系统耗电量,对于增加光伏空调建筑的供能用能自持化效果最好。降低建筑冷指标也可降低空调系统耗电量,对增加建筑自持化的效果也比较明显。而蓄电池维持时间的自持化效果不明显,但蓄电池维持时间是蓄电池需求容量的决定因素。在众多因素中,制冷机组能耗占空调系统总能耗的比例不可忽视;降低空调输配系统及末端设备能耗也将降低空调系统耗电量,增加自持化效果。

3 光伏空调建筑自持化优化方法

降低光伏空调建筑能耗,实现光伏空调建筑在孤立区域的自持化,可从冷源、建筑负荷、末端及输配系统、光伏安装方式及光伏组件性能等 5 个方面进行优化。

3.1 空调冷源高效运行

1)合理的冷热源形式和配置^[14]。在设计阶段应充分结合设计建筑及当地气候条件进行冷源形式的对比,选择合理高效的冷源形式以及合理的制冷机组数量和容量,进行多台冷机优化组合运行实现节能。

2)冷机的参数设定和优化运行。可适当提高冷冻水供水温度,这样可减少新风负荷、降低供冷量。调节各冷机的水阀保证各台冷机的水量,使其满足正常、高效工作的需要。

3)冷源站房设计符合规范要求。在设计布置冷源站房时,应当符合规范要求并合理布置,降低冷源站房内的损失。

4)设置监测及自动控制系统。对于冷源设备,应设计蒸发器的蒸发温度与冷水出口温度、冷凝器的冷凝温度与冷却水出口温度的温差监控装置,及时检查清洗蒸发器和冷凝器。

5)利用自然冷源。可在过渡季节利用冷却塔免费供冷,也可结合建筑当地条件利用其他自然冷源。

6)减少冷量损失并采用热回收技术。可采用排风热回收等技术进行热量回收等。

3.2 降低建筑冷负荷

1)降低围护结构冷负荷。低纬度热湿地区常年受高温高湿及强太阳辐射场影响,建筑遮阳和自然通风等节能方式可有效降低建筑冷负荷。

2)减少室内热源形成的冷负荷。对于室内设备形成的冷负荷,可通过适当的措施进行降低,减少设备散热量,同时应当防止室内设备不合理的热量泄露。

3)合理的通风。新风可采取热回收技术降低新风冷负荷,同时新风及排风应当保证室内正压。新风还可采用实时监控调节,合理调节新风量。

3.3 降低空调输配系统和末端能耗

1)降低水系统能耗。合理的水系统形式是在设计阶段的节能措施,包括以下方式:水系统合理分区、冷冻泵和热水泵应单独设置、取消多余的加压泵、合理的阀门选择以及合理的控制策略。

2)降低末端能耗。空调系统末端装置应当选择效率高、有一定调控能力的装置,既便于调控室内温湿度,又有利于节能。其次,空调末端装置应该保证及时清洗,避免影响设备效率。

3.4 合理的屋面光伏系统安装布置设计

合理的布置屋面光伏阵列可提高光伏发电量,从而增加光伏空调建筑的自持化效果。对于平屋面,在保证通行及检修空间的条件下,应使光伏面积最大化,并结合当地气象条件,采用最佳方阵倾角进行布置。

在低纬度热湿地区,对于平屋面建筑,应尽量采用光伏方阵平铺安装和平行架空安装,其中平行架空安装可在保证屋面足够活动空间的条件下满足光伏安装面积。而采用倾斜支架安装需考虑前后排间距,安装面积较小。坡屋面建筑建议采用平行架空安装,保证光伏方阵能及时散热,提高组件效率。坡屋面镶嵌安装,应采用合理的屋面通风措施,保证光伏方阵的散热。

3.5 提升光伏组件性能

提升光伏组件性能的目的是提高单位建筑面积的光伏容量,因此光伏组件应当面积更小、功率更大。在光伏组件封装材料和封装工艺上应严格按照标准执行,保证光伏组件的可靠性。

4 结 论

本文在光伏供能与建筑用能平衡的基础上,建立偏远及孤立区域适用于空调系统的自持化光伏系统设计计算方法,并给出光伏空调建筑的热工匹配设计方法,编制了匹配优化分析软件。对住宅建筑及办公建筑在平屋面和坡屋面条件的自持化匹配结果进行了计算分析。获得了数种空调制冷方式、建筑光伏安装方式条件下的以冷指标为约束的自持化建筑热工限定条件和光伏空调建筑自持化优化方法,得出以下主要结论:

1)由于建筑冷负荷月差异较大,因此自持化光伏空调系统应以月为单位进行光伏供能和空调用能的平衡。

2)自持化光伏空调建筑蓄电池容量应以光伏亏欠期的日均空调系统耗电量计算,避免采用年日均耗电量导致的蓄电池计算容量偏小,在亏欠期蓄电池无法满足用电要求的问题。

3) 坡屋面建筑屋面坡度对蓄电池需求容量无影响, 对光伏方阵需求容量影响较大。

4) 影响自持化光伏空调建筑光伏需求容量的因素依次为: 制冷机组 *COP*、建筑冷负荷、空调输配系统及末端的耗电量; 影响蓄电池需求容量的因素依次是: 蓄电池维持时间、系统耗电量。

[参考文献]

- [1] 张金花. 太阳能光伏发电系统容量计算分析[J]. 甘肃科技, 2009, 25(12): 57-60.
ZHANG J H. Capacity calculation and analysis of solar photovoltaic power generation system[J]. Gansu science and technology, 2009, 25(12): 57-60.
- [2] 丁南菊. 独立光伏系统容量设计中的注意事项分析[J]. 中国高新技术企业, 2011(17): 27-28.
DING N J. Analysis of matters needing attention in capacity design of independent photovoltaic system[J]. China high technology Enterprises, 2011(17): 27-28.
- [3] 吴小刚, 刘宗歧, 田立亭, 等. 独立光伏系统光储容量优化配置方法[J]. 电网技术, 2014, 38(5): 1271-1276.
WU X G, LIU Z Q, TIAN L T, et al. Optimized capacity configuration of photovoltaic generation and energy storage device for stand-alone photovoltaic generation system renewable resources research[J]. Power system technology, 2014, 38(5): 1271-1276.
- [4] 李杰慧, 刘祖明. 独立光伏系统中光伏功率与蓄电池容量的匹配设计[C]//中国太阳能学会学术年会, 北京, 2003.
LI J H, LIU Z M. Matching design of photovoltaic power and battery capacity in stand-alone photovoltaic system [C]//Annual Meeting of the China Solar Society, Beijing, 2003.
- [5] 任柱, 陈渊睿, 张森, 等. 独立光伏系统中蓄电池充电控制策略[J]. 控制理论与应用, 2008, 25(2): 361-363.
REN Z, CHEN Y R, ZHANG M, et al. Battery charge control strategy in stand-alone photovoltaic system [J]. Control theory and applications, 2008, 25(2): 361-363.
- [6] 史云鹏, 王莹莹, 李培芳, 等. 光伏系统中蓄电池充放电控制方案的探讨[J]. 太阳能学报, 2005, 26(1): 86-89.
SHI Y P, WANG Y Y, LI P F, et al. An approach on control of the lead-acid rechargeable battery in PV systems[J]. Acta energiae solaris sinica, 2005, 26(1): 86-89.
- [7] 王卫国, 徐荣吉, 许淑惠, 等. 太阳能光伏空调经济性分析[J]. 北京建筑大学学报, 2015, 31(3): 45-49.
WANG W G, XU R J, XU S H, et. Economic analysis of solar photovoltaic air conditioning[J]. Journal of Beijing University of Civil Engineering and Architecture, 2015, 31(3): 45-49.
- [8] 杨金焕, 葛亮, 陈中华, 等. 太阳能发电系统的最佳化设计[J]. 能源工程, 2003(5): 25-28.
YANG J H, GE L, CHEN Z H, et al. The optimum sizing of stand-alone photovoltaic systems [J]. Energy engineering, 2003(5): 25-28.
- [9] 杨金焕, 毛家俊, 陈中华. 不同方位倾斜面上太阳辐射量及最佳倾角的计算[J]. 上海交通大学学报, 2002, 36(7): 1032-1036.
YANG J H, MAO J J, CHEN Z H. Calculation of solar radiation on variously oriented tilted surface and optimum tilt angle[J]. Journal of Shanghai Jiao Tong University, 2002, 36(7): 1032-1036.
- [10] 杨金焕, 葛亮, 陈中华, 等. 季节性负载光伏方阵的倾角[J]. 太阳能学报, 2003, 24(2): 241-244.
YANG J H, GE L, CHEN Z H, et al. Analysis of the optimum tilted angle of photovoltaic array for seasonal loads[J]. Acta energiae solaris sinica, 2003, 24(2): 241-244.
- [11] MITCHELL J C, THEILACKER J C, KLEIN S A. Calculation of monthly average collector operating time and parasitic energy requirements[J]. Solar energy, 1981, 26(6): 555-558.
- [12] 杨金焕. 太阳能光伏发电应用技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2013, 194-197.
YANG J H. Application technology of solar photovoltaic power generation [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2013, 194-197.
- [13] GB 50189—2015, 公共建筑节能设计标准[S].
GB 50189—2015, Design standard for energy efficiency of public buildings[S].
- [14] 薛志峰, 江亿. 既有建筑节能诊断与改造[M]. 北京: 中国建筑工业出版社出版, 2007: 48-61.
XUE Z F, JIANG Y. Diagnosis and renovation of existing buildings [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2007: 48-61.

RESEARCH ON OPTIMAL MATCHING OF ENERGY BALANCE OF SELF-SUSTAINED PV AIR-CONDITIONING BUILDING IN ISOLATED ISLAND

Wang Dengjia¹, Wu Hang¹, Liu Yanfeng¹, Wang Yingying¹, Wang Lijuan², Liu Jiaping¹

(1. School of Environmental and Municipal Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China;

2. College of Environmental and Chemical Engineering, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: This study analyzed the dynamic balance theory of building air-conditioning system energy consumption and PV system energy supply, on the basis of building energy balance, puts forward the self-sustaining calculation and design method which is suitable for air-conditioning system, and gives the PV air conditioning building thermal matching design method and the software for matching and optimization is compiled. Taking Qionghai, Hainan as an example, it is carried out through software calculation and numerical analysis that matching and optimization of several air-conditioning system and building PV installation modes of residence and office buildings, and the self-sustained matching conditions are obtained, verifying the rationality of the matching software analysis method and optimization analysis.

Keywords: PV air-conditioning; building energy consumption; energy balance; PV capacity; self-sustained