

离网型太阳能在建筑照明中的应用研究

将太阳能发电应用于建筑照明中有助于节能减排,保护城市的生态环境。目前离网型太阳能照明的应用还比较少,通过常州市丰臣海悦广场的离网型太阳能照明项目的实施,详述在离网型太阳能应用项目中如何配置蓄电池容量,如何科学地设置光伏电池组的间距、串并联数量、太阳能光伏电池组的倾角和阵列朝向以获得最佳功率。

王新军/常州工学院 朱 涛 陈 伟/常州市灯光建设管理办公室
孙忠伟 狄 辉/江苏尚森太阳能科技发展有限公司



王新军/副教授

由于太阳能发电具有火电、水电和核电所无法比拟的清洁性、安全性、资源的广泛性和充足性等优点,太阳能被认为是21世纪最重要的可再生能源。据统计在我国照明用电量占全国用电量13%左右^[1],当前在环境污染倍受关注、节能减排大趋势下,将太阳能应用到建筑照明领域,节能环保的潜力巨大。

尽管太阳能组件及技术发展日益成熟,然而将太阳能应用到建筑照明的案例却很少见。本文将通过常州市丰臣海悦广场离网型太阳能照明项目,分析和阐述如何在项目中合理选择蓄电池容量,如何安装太阳能电池组件,如何选择最佳的阵列朝向和倾角以获得更多的转换能源。

关键词/Keywords

离网发电 ·
太阳能 ·
建筑照明 ·
倾角 ·

离网式太阳能照明设计

1. 离网式太阳能照明工作原理

离网型太阳能是太阳能电池(太阳能光伏组件)发出的电能不经电网进行转移及运输,而是在用户直接储存和使用^[2]。离网型太阳能照明系统工作原理是在有光照的情况下,太阳能电池阵列将太阳辐射转化为电能,通过光伏智能控

制器将电能存储在储能蓄电池阵列中;在无光照的情况下,离网逆变器将储能蓄电池阵列中的电能逆变为380/220 V纯正弦波交流电,经控制系统给灯具负载持续稳定地供电,如图1所示。

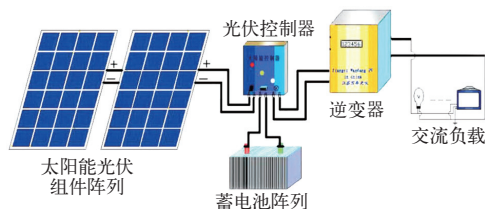


图1 离网太阳能照明系统原理图

2. 离网式太阳能照明系统设计

离网式太阳能照明系统设计的主要指标是系统的可靠性和经济性。因此要通过科学地分析与计算,使太阳能照明系统既能长期稳定地满足照明的需求,又能使系统配置的容量最小,节省投资费用。在设计时要重点考虑以下几点。

(1) 照明系统的总功率

照明系统总功率的测算不仅包括灯具的功率,还包括离网发电系统自身功率,如控制器、逆变器等设备的工作功率。通过计算总功率与工作时间,计算出离网太阳能照明系统工作一天所需要消耗的电量。

(2) 离网逆变器选型

逆变器的作用是把直流电转化为交流电,太阳能电池和储能蓄电池输出的电流是直流电,当照明系统的灯具使用交流电时,逆变器是不可缺少的。选择离网逆变器时要注意逆变器的实际输出功率及输出电流与照明系统实际运行功率及电流相匹配,同时逆变器要具有

电池过放电保护供电,当蓄电池的电压达到深度放电临界点时,逆变器自动停止运行,保护蓄电池,延长其使用寿命。

(3) 蓄电池选型与容量测算

1) 蓄电池选型。离网式太阳能照明系统通过蓄电池将太阳能电池白天转化的电能储存起来,到晚上为建筑照明提供电能,因此选用离网型太阳能蓄电池要选择寿命长、充放电效率高、免维护或少维护及便于安装的蓄电池,从而保证夜间连续供电。能够和太阳能电池配套使用的蓄电池种类很多,目前广泛采用的有铅酸免维护蓄电池、普通铅酸蓄电池和碱性镍镉蓄电池三种。国内目前主要使用铅酸免维护蓄电池,因为其固有的免维护特性及对环境较少污染的特点,很适合用于性能可靠的太阳能电源系统,特别是无人值守的工作站。普通铅酸蓄电池由于需要经常维护及其环境污染较大,所以主要适于有维护能力或低档场合使用。碱性镍镉蓄电池虽然有较好的低温、过充电和过放电性能,但由于其价格较高,仅适用于较为特殊的场合。连续阴雨天期间的负载用电也必须从蓄电池取得,这期间的耗电量也是确定蓄电池容量的因素之一。

2) 蓄电池组容量的计算。蓄电池的容量对保证连续供电很重要。在一年内,方阵发电量各月份有很大差别。方阵的发电量在不能满足用电需要的月份,靠蓄电池的电能给以补足;在超过用电需要的月份,靠蓄电池将多余的电能储存起来。所以方阵发电量的不足和过剩值是确定蓄电池容量的依据之一。同样,连续阴雨天期间的负载用电也必须从蓄电池取得。所以,这期间的耗电量也是确定蓄电池容量的因素之一。因此,蓄电池的容量 BC 计算公式为

$$BC = A Q_L N_L T_0 / C_C \quad (1)$$

式中, A 为安全系数,取1.1~1.4之间; Q_L 为负载日平均耗电量,为工作电流乘以日工作小时数; N_L 为最长连续阴雨天数; T_0 为温度修正系数,一般在0℃以上取1,-10℃以上取1.1,-10℃以下取1.2; C_C 为蓄电池放电深度,一般铅酸蓄电池取0.75,碱性镍镉蓄电池取0.85。

(4) 光伏控制器选型

太阳能光伏控制器是连接太阳能电池阵列、储能蓄电池阵列等各种设备的重要环节,在整个太阳能发电系统中是不可或缺的。光伏控制器控制整个系统的工作状态,对蓄电池起到过充电、过放电保护的作用,同时还具有防止蓄电池外接短路保护、蓄电池断电保护和防止太阳能电池阵列反接保护,在夜间防止蓄电池对太阳能电池放电等重要功能。在选型时要根据整个系统的电压、充放电电流及项目现场环境合理配置光伏控制器的型号及功能。

(5) 太阳能电池组件的安装设计

将太阳能电池组件按一定数目串联起来,就可获得所需要的工作电压,但是太阳能电池组件的串联数必须适当。串联数太少,串联电压低于蓄电池浮充电压,方阵就不能对蓄电池充电。如果串联数太多使输出电压远高于浮充电压时,充电电流也不会有明显的增加。因此,只有当太阳能电池组件的串联电压等于合适的浮充电压时,才能达到最佳的充电状态。其次要计算太阳能电池组件的前后间距,确保相互影响最小。最大串联数 N_S 的计算公式为

$$N_S = U_R / U_{oc} = (U_f + U_D + U_C) / U_{oc} \quad (2)$$

式中, U_R 为太阳能电池方阵输出最小电压; U_{oc} 为太阳能电池组件的最佳工作电压; U_f 为蓄电池浮充电压; U_D 为二极管压降,一般取0.7V; U_C 为其他因数引起的压降。

阵列间的距离对电站的输出功率和转换效率有较大的影响,如安装不妥,后排的阳光会被前排遮挡。在北半球,对应最大日照辐射接收量的平面为朝向正南,阵列倾角确定后,需注意南北向前后阵列间要留出合理的间距,以免前后出现阴影遮挡,前后间距为:冬至日(一年当中物体在太阳下阴影长度最长的一天)9:00~15:00,组件之间南北方向无阴影遮挡。固定光伏组件方阵的支架系统安装的前后最小间距 D ,如图2所示。

最小间距计算公式为

$$D = \frac{0.707H}{\tan[\arcsin(0.648\cos\phi - 0.399\sin\phi)]} \quad (3)$$

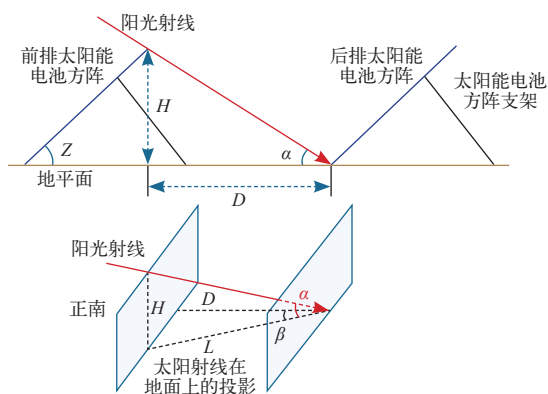


图2 光伏电池组间距示意图

式中, ϕ 为纬度 (在北半球为正、南半球为负); H 为光伏方阵阵列或遮挡物与可能被遮挡组件底边高度差。

太阳能电池方阵排列布置还需要考虑地形、地貌的因素, 要与当地自然环境有机地结合。同时设计要规范, 并兼顾光伏电站的景观效果, 在整个方阵场设计中尽量节约土地。

太阳能电池方阵的布置设计包括阵列倾角设计、阵列朝向设计和阵列间距设计, 需根据具体情况来进行计算。

(6) 光伏组件阵列朝向与倾角确定

太阳能电池板是太阳能照明系统中的核心部分, 其作用是将太阳的光能转换为电能。由于光伏组件发电的主要影响因素为日照量, 组件安装时应向阳光最充足的方向安装, 同时不同角度的安装方式对组件的发电量亦有影响。

从我国现阶段的太阳能发电成本来看, 太阳能电池组件的费用大约为总投资的60%~70%。因此, 为了更加充分有效地利用太阳能, 如何选取太阳能电池方阵的阵列朝向与倾斜角是一个十分重要的问题。美国国家可再生能源实验室曾尝试将California电网中部分固定式光伏阵列的朝向由正南方向调整至西南方向。Watt等人将Sydney电网中的光伏阵列由向北35°倾角调整至向西45°倾角, 使最大出力尽可能出现在峰荷时刻, 证实了调整朝向与倾角在提高光伏发电容量价值方面的有效性。

在离网发电应用系统中, 根据用途不同大致

可分为均衡型、季节型和临时型三种。使用计算机软件——Ecotect, 在气象数据库数据的支持下计算太阳能光伏应用区域内光伏组件阵列朝向与倾角, 是一种快捷、比较准确的方法。

常州市丰臣海悦广场离网型太阳能照明项目的应用

常州市丰臣海悦广场 (北纬31°46', 东经119°57') 离网型太阳能照明系统的应用为太阳能在建筑照明方面的应用开辟了先例。太阳能电池组现场应用如图3所示。

该项目的整个过程分为系统设计、系统安装和竣工验收三个阶段。在系统设计阶段主要任务是根据项目的要求计算蓄电池容量、太阳能光伏组件的安装设计、选择合适的阵列朝向和倾斜角、逆变器选型和照明系统设计等工作; 系统安装就是按照系统设计方案进行安装、调试的过程; 竣工验收就是整个系统按照系统设计方案安装完毕后进行的整体检验, 确保系统的安全性和稳定性。系统设计是三个阶段中最为重要的环节, 也是本文阐述的重点。



图3 丰臣海悦广场离网型太阳能电池组

1. 丰臣海悦广场离网型太阳能亮化系统要求

丰臣海悦广场建筑照明共使用622套24 W大功率LED洗墙灯, 使用华益特逆变器, 计算得出系统总功率为16 kW。该系统的设计要求为: 常效状态可持续开灯2 h; 抗阴雨1天。

2. 项目的蓄电池组设计

该系统选择寿命长、充放电效率高、少维护和便于安装的铅酸免维护蓄电池, 从而保证亮化系统

的稳定性。根据式(1)计算蓄电池容量为94 kW。选用150 A·h/12 V的铅酸免维护蓄电池,共60套,分为3组并联,每组20套串联形成240 V电压,该蓄电池阵列的总容量为108 kW。其中14 kW为设计余量。

3. 项目的太阳能电池组件设计

本项目使用的太阳能电池最大功率为250 W,最大功率工作电压为30 V,组件效率为15.3%。根据16 kW的系统总功率,计算得出采用80块250 W的太阳能电池可满足系统需求。通过式(2)计算出系统的串联数为10串8并的排列方式。根据式(3)得出每串的间距为2.5 m。

4. 项目的太阳能电池阵列朝向与倾角确定

该项目使用太阳能为建筑照明提供电能,四季对电能的消耗比较均衡,即要求太阳能电池阵列最佳朝向和倾角进行安装,从而收集最多的电能。

本文运用新的太阳辐照亮和安装倾角分析方法——Ecotect太阳辐照量可视化分析软件,对本

项目的光伏组件阵列朝向与倾角进行研究。

(1) 太阳能电池阵列朝向的确定

在Ecotect软件中使用Tools——Run the weather tool工具,会调用软件中的天气分析模块,在Location Data中输入本项目的名称和经纬度,然后进入Solar Position单击Best Orientation按钮,选择最冷月份:12月~次年的2月;最热月份:6月~8月,如图4所示。最佳朝向即可确定,如图5所示。

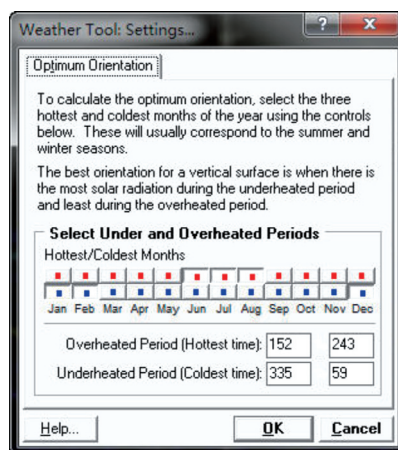


图4 最冷最热月份选择工具

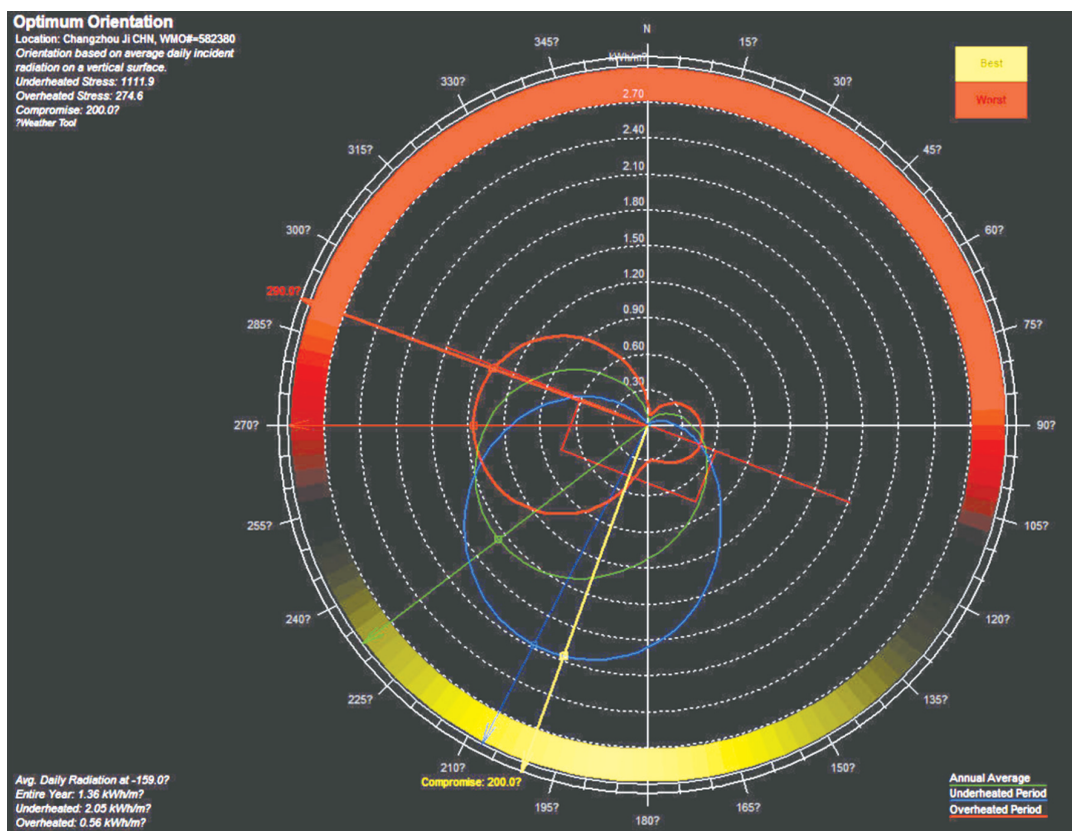


图5 最佳朝向分析图

图5中黄色箭头与粗红色箭头分别表示最佳朝向为 200° 和最差朝向 290° 。

(2) 最佳倾角的确定

根据NASA气象数据库数据,运用Ecotect对 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 安装倾角的太阳能登场阵列,在一年四季内接受的太阳辐照量进行计算。结果发现春夏秋冬四季接受到的太阳辐射量没有共同的交点。在 43° 时春夏秋三季的太阳辐照量相近,分别为 $244\,680\text{ W}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ 、 $244\,560\text{ W}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ 、 $242\,890\text{ W}\cdot\text{h}/\text{m}^2$,冬季太阳辐照量为 $212\,920\text{ W}\cdot\text{h}/\text{m}^2$,此时四季接收的太阳辐照量最为接近,如图6所示,对于均衡性荷载,倾角在 $42^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 都可以考虑,本项目选择 43° 的倾角。

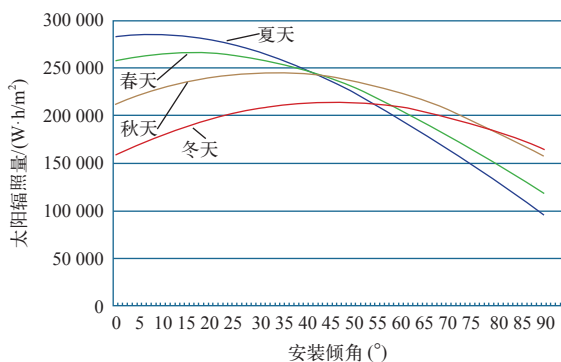


图6 四季太阳辐照量

结束语

由于常州市丰臣海悦广场离网型太阳能光伏照明项目采用离网型太阳能光伏发电系统,区别于传统并网型太阳能发电,应用在景观照明上尚属先例,技术难度较大,产品无国标规范,在实施过程突破层层技术壁垒,攻克道道科研难关,

经过反复调试、论证,提升系统性能,优化系统方案,在参建各方的共同努力下,完成了项目的实施。

该项目采用纯太阳能供电,主要由80块250 W的多晶硅太阳能电池、60套12 V/150 A·h铅酸免维护蓄电池、太阳能光伏控制器和30 kW光伏逆变器等设施组成,每年可发电18 980 kW·h,与火电站相比,相当于可节约标煤6 832.8 kg,减少 CO_2 排放量约18 923.06 kg,减少 SO_2 排放量约569.4 kg,减少碳粉尘污染排放量约5 162.56 kg,减少氮氧化物排放量约284.7 kg,同时还可节约大量的淡水资源。

太阳能光伏建筑应用技术有助于节能减排,改善城市的生态环境,在今后应用将越来越广泛。

目前,该应用所使用的技术已经比较成熟,项目的实施关键是要做好前期的设计和计算,通过准确的计算和设计能够有效地提高太阳能应用系统的转换效率,减少系统自身的能源损耗,提高系统整体的稳定性和经济型;在施工环节把好质量关,严格按照设计施工也是提高系统转换效率的重要环节。

参考文献

- [1] 赵明,刘卓.离网型太阳能照明工程研究[J].光源与照明,2012(1):20-24.
- [2] 王宝华,李霞,丁世磊,等.光伏阵列上太阳辐照量计算及最佳安装倾角设计[J].建筑节能,2011(10):43-45.

(收稿日期:2015-05-06) **EA**

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告