

太阳能光伏发电设计与应用

文 | 北京市建筑设计研究院 王瑞英

【摘要】本文阐述了太阳能光伏发电的组成及独立运行和并网运行的两种方式，最后介绍太阳能光伏发电的设计实例。

【关键词】光伏发电 太阳电池 控制器 逆变器 并网功率调节器

大力发展可再生能源，实现多种能源互补，成为各国能源发展战略的新目标。太阳能是取之不尽、用之不竭的，是清洁、无污染、廉价的自然能源，将太阳能转换为电能是利用太阳能的重要技术基础。

1 太阳能发电分类

太阳能发电分光热发电和光伏发电。光热发电是将太阳能聚集起来，加热工质，驱动汽轮发电机即能发电；光伏发电是利用半导体界面的光发生伏特效应将光能直接转变为电能的一种技术。光伏发电的优点是较少受地域限制。此外，它还具有安全可靠、无噪声、低污染、无需消耗燃料和架设输电线路即可就地发电、供电及建设周期短的优点。据专家预测，到2040年，全球的光伏发电量将占世界总发电量的26%。2050年后，光伏发电将成为世界能源的支柱。

2 光伏发电理论

太阳能光伏发电的最基本元件是太阳电池，有单晶硅、多晶硅、非晶硅和薄膜电池等。目前，前两项用量较大，后两项则用于一些小系统和计算器辅助电源等。太阳电池经过串联后进行封装保护可形成大面积的电池组件，再配合功率控制器等部件就形成了光伏发电装置。光伏发电系统由太阳电池、控制器和逆变器三大部分电子元器件构成，不涉及机械部件，所以其发电设备极为简单可靠、

工作寿命长、安装维护简便。

目前，光伏发电产品主要应用于三大方面：一是为无电场合提供电源，主要为广大无电地区居民生活生产提供电力，还有微波中继电源和移动电源等；二是太阳能日用电子产品，如各类太阳能充电器、太阳能路灯和太阳能草坪灯等；三是并网发电，在发达国家已经大面积推广实施，我国并网发电正在起步阶段。

2.1 独立光伏发电系统

该系统由光伏组件、控制器、蓄电池组组成，如负载为交流负载，还需要配置独立逆变器。先将光伏发电的电能储存到电池组，转换为化学能，然后将化学能转换为直流电直接供给直流负载，或通过逆变器转换成交流电供给交流负载。其突出的优点是发电与用电可以不同步，电能可以存储起来，以便在夜间或阴雨天保证负载用电。其缺点是会增加电能——化学能——电能的转换损耗，蓄电池占有空间较大，发电容量不易做得很大，此外蓄电池使用几年后还需要维护，这种系统(如图1所示)适用于边远无电网地区。

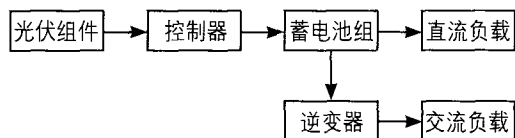


图1 独立光伏发电构成框图

2.2 并网光伏发电系统

该系统由光伏电池方阵、控制器、并网逆变器组成,不经过蓄电池储能,通过并网逆变器直接反向馈入电网的发电系统(如图2所示)。这是发展方向,因为直接将电能输入电网,免除配置蓄电池,省掉蓄电池储能和释放的过程,减少能量损耗,节省其占用的空间及系统投资与维护,降低了成本;另一方面,发电容量可以做得很大并可保障用电设备电源的可靠性,降低整个系统的负载缺电率。但由于逆变器输出与电网并联,必须保持二组电源电压、相位、频率等电气特性的一致性,否则会造成二组电源相互间的充放电,引起整个电源系统的内耗和不稳定。

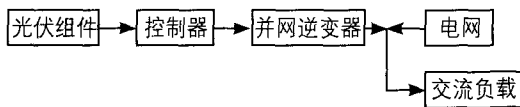


图2 并网光伏发电构成框图

3 太阳能光伏发电系统设计实例

3.1 系统概述

北戴河某综合楼拟在该建筑物的屋顶上装设50.4kW光伏发电系统,使建筑物内部用电设备可由光伏发电系统提供电源,并且还能够提高整个建筑的高科技含量。该工程位于河北省东北部,其经纬度:北纬 39.82° ,东经 118.49° 。

根据所在地区日照时间的长短,可将我国划分为五类地区,北戴河被划归为三类地区。年日照时数=3000~3200h;年辐射总量=5850~6680MJ/m²(日辐射总量=4.25~5.08kWh/m²或16.03~18.30MJ/m²),平均日辐射总量=17.17MJ/m²。

3.1.1 发电系统配置方案

并网在线型太阳能光伏发电系统主要由以下几个部分组成:太阳能电池方阵及架台;汇流保护装置;并网在线型功率调节器(含

并网逆变单元、输入输出单元和计量显示单元等);交流配电柜(含电磁隔离保护装置、并网输出断路器等);计算机数据采集装置;太阳能显示展板。

3.1.2 发电系统原理

并网在线型太阳能光伏发电系统具有并网发电功能,将所发的电能只用于建筑物内部负荷设备使用,多余电能输送到外高压电网中。光伏发电系统的核心控制部分并网功率调节器采用GSYUASA公司LB系列产品。

在天空晴朗时,由太阳能电池方阵产生电能,然后经过并网功率调节器按照最大功率点跟踪控制方式工作(MPPT, Maximum Power Point Tracking),在一定的温度和日照强度下,太阳能电池具有唯一的最大功率点,工作在该点时,太阳能电池才能输出当前温度和日照条件下的最大功率。MPPT通过调节电气模块的工作状态,使太阳能电池能够输出更多电能。

太阳能电池发电系统的电力,首先用于建筑物内的用电负荷设备,如果最大发电功率大于建筑物内用电负荷设备功率,则将剩余电量上送到建筑物内市电网,给其他用电设备供电。

此功率调节器能接收安装在电网输入变压器高压侧的逆向功率继电器输出的控制信号,一旦出现向外电网输出电能时,立即降低输出功率,直至继电器恢复正常。

考虑到安全方面的因素,太阳能产生的电能必须在本地使用,不能向上一层电网输入电能,所以在太阳能并网节点增加逆功率保护功能,当光伏并网发电系统检测到有逆功率产生时(逆功率为光伏并网系统额定功率5%时),逆变器能够自动降低功率输出,或部分逆变器与电网断开,光伏并网系统输出功率能够与负载功率动态保持平衡,以保证上层电网的安全。

当并网点的用电负荷设备消耗的功率大

于当时的太阳能电池方阵最大发电功率，则用电负荷设备所消耗的功率由太阳能电池方阵和市电同时提供，但是优先使用太阳能电池方阵所产生的电能，系统示意如图3所示。

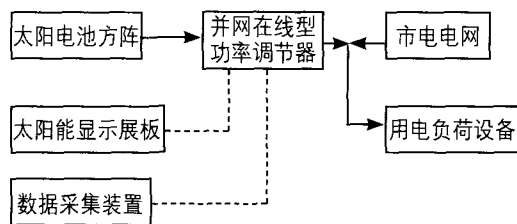


图3 并网在线型太阳能光伏发电系统示意图

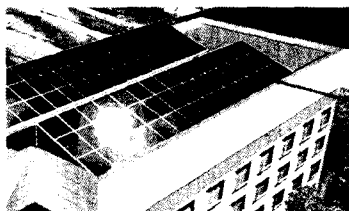
3.2 光伏发电技术说明

3.2.1 太阳能电池方阵及架台

50.4kW 的太阳能电池方阵由经过防腐热镀锌处理的型钢架台支撑在建筑物弧形屋顶的基础支点上，组件是按照年发电量最大设计的，倾斜角度朝向正南方。

太阳能电池方阵放置在屋顶及无其他物体遮挡阳光的地方，以免影响系统的发电量。如果建筑物本身设有避雷设施，并且也能够保护到太阳能电池方阵，则方阵本身不用再重复设置，否则需增加避雷设施。

太阳能光伏发电系统工程实际设计安装的容量为 50.4kW 的太阳能电池方阵。图4为屋顶方阵铺设后的位置图，在方阵四周应预留约 1m 的维护通道空间，以方便维护。总体重量（包括太阳能电池组件及支架）约 4900Kg，单位面积荷重约 4.7Kg。太阳能电池组件的使用寿命为 25 年，其支架采用热镀锌防腐处理后可满足该使用年限。



太阳能电池方阵

图4 光伏屋顶安装效果示意图

3.2.2 汇流保护装置

方阵的每一串太阳能电池组件首先进入汇流保护装置中的分路输入断路器，然后通过各自的逆止二极管与总断路器的输入端口相连，最后通过总断路器的输出端口将方阵的电能送入并网功率调节器，装置内部输入及输出都设置有电涌保护吸收装置，能够将太阳能电池方阵侧产生的高电压脉冲吸收掉，并通过接地线导入大地，以保证发电系统设备的安全使用。

该系统所采用的汇流保护装置外壳的防护等级为 IP40，就近设在太阳能电池方阵架台上以减少线路损耗。且采用防水、防尘设计，装置外门的左侧设有门锁，以防止非专业人员随意进行操作，从而保证了系统的安全运行。其外形尺寸为（宽）500mm×（深）160mm×（高）600mm，重约 25Kg。

3.2.3 并网功率调节器

该设备为落地式安装，内部主要由太阳能并网逆变单元、计量显示单元、输入输出配电单元等组成。为保证产品的可靠性及一致性，其主要单元部件直接采用 GSYUASA 公司产品，其外形尺寸为（宽）1200mm×（深）800mm×（高）1950mm，重约 550Kg。

3.2.4 交流配电柜

在柜内置有电磁隔离保护装置、输入输出配电单元、并网输出断路器等单元部件。当外电网或者太阳能发电设备侧有高电压脉冲或高频谐波干扰时，通过内置的电磁隔离保护装置能够将干扰降到最低水平，从而保证了整个系统的安全运行。当线路中有短路情况发生时，断路器能够迅速切断故障回路，缩小了事故范围。其外形尺寸为（宽）600mm×（深）800mm×（高）1950mm，重约 200Kg。

3.2.5 计算机数据采集装置

计算机采用全中文计量软件来进行数据采集，通过 RS485 接口连接到功率调节器，并将所采集的数据进行相应的处理，形成图

形显示界面和数据表格形式显示界面，并统计每天、每月、每年的各种参数的分项数据和汇总数据，也可以形成实时数据，用发电曲线图表的形式进行存储，所有数据全部存储到计算机硬盘的一个专用的文件夹内，这样可以调出以前任何一天的运行数据。该装置通过开放的通讯端口，可远传数据给信息控制中心，对发电系统数据进行实时监控。

3.2.6 太阳能显示展板

这些展板安装在室内或室外，能够为人们展示太阳能发电的参数如系统发电功率、日发电量、总发电量等数据，并能够提供系统的发电原理简图和一些环保说明的文字（例如安装太阳能发电系统后 CO₂ 的减排量、燃油节省量、环境绿化贡献量）等，充分体现了环保、节能、减排的现代化意识和色彩。

3.3 光伏发电系统年发电量统计

在北戴河地区建设一个容量为 50.4kW 的太阳能并网在线型发电系统，其年发电量的统计数字如表 1 所示。

从以上统计可以看出，一个 50.4kW 的太阳电池方阵平均每天发电量最少的是 11 月，为每天发电 157.7kWh；最多的是 4 月，为 208.3kWh；一年总的发电量为 66185kWh。针对一个具体的用电负荷容量应该选择多大容量的太阳电池方阵合适，可以根据负荷每天的用电量和太阳电池方阵发电量进行比较，应以发电量略小于或等于用

表 1 50.4kW 太阳电池年发电量统计

月份 (b)	日射量	发电量		
	(kWh/m ² .d)	日发电量 (kWh/d)	天数 (d/b)	月发电量 (kWh/b)
1	5.48	188.8	31	5853.5
2	5.79	199.7	28	5591.7
3	5.94	204.8	31	6350.1
4	6.04	208.3	30	6248.3
5	5.63	194.2	31	6021.7
6	5.03	173.2	30	5197.3
7	4.85	167.3	31	5019.3
8	4.64	160.0	31	4961.3
9	5.16	177.9	30	5335.7
10	5.11	176.3	31	5464.5
11	4.58	157.7	30	4890.2
12	4.91	169.4	31	5251.1
合计	5.26 (平均日射量)	181.3 (平均日 发电量)	365	66185

电量为宜，以免出现向上一级高压电网反送电。不同太阳电池方阵的日发电量可以根据以上的太阳电池方阵日发电量按照线性比例进行推算即可。

4 结束语

太阳能光伏发电产业发展迅速，不仅因为它是具有许多优点的清洁能源，一个更诱人的原因是光伏建筑一体化（Building Integrated Photovoltaic 简称 BIPV）已成为各个国家竞相发展的项目，其主要是利用建筑的屋顶或幕墙进行太阳能发电，将光伏发电系统运用到建筑中，从而实现建筑的环保和清洁能源的生产，这一项目对于城市的光伏建设来说显得尤为重要。 □

参考文献

- 1 GB/T 19939-2005. 光伏系统并网技术要求
- 2 GB/T 2297. 《太阳光伏能源系统术语》
- 3 中国国家气象局提供的北戴河地区的气象数据
- 4 北京日佳电源有限公司提供的技术资料