

# 太阳能光伏发电在上海电网中的运用与展望

龚 华

(上海电力设计院有限公司,上海 200025)

**摘 要:** 简述了当前太阳能光伏发电系统国际和国内的发展现状。介绍了光伏发电系统在上海电网中的运用情况。对崇明前卫村太阳能光伏发电项目在技术和经济方面进行了具体分析,得出了一些基本的结论,旨在对处于起步阶段的太阳能光伏发电上网事业有所推动。

**关键词:** 太阳能光伏系统; 电网; 太阳能光伏发电

## 0 引 言

能源是现代社会存在和发展的基础。随着全球经济的不断发展,能源消费也相应地持续增长,化石能源的稀缺性越来越突显,且这种稀缺性也逐渐在能源商品的价格上反映出来。在化石能源供应日趋紧张的背景下,大规模的开发和利用可再生能源已成为未来各国能源战略中的重要组成部分。在新能源和可再生能源家族中,太阳能是最引人注目、开展研究工作最多、应用最广的成员。

太阳能是一种清洁能源,还属于无限的能源。据专家预测,太阳的寿命有 600 亿年,而地球的寿命只有 50 亿年,因此太阳能相对于人类来说是无限的。而且它也不受任何人的控制和垄断。这些优点都是常规能源所无法比拟的。当然太阳能也有不足的地方,比如太阳辐射的强度受到气候、昼夜、纬度、季节、海拔的影响,往往需要配备储能设备。又如它的能流密度低,实际利用时需要较大的太阳能收集装置,占地面积大,投资大。这些因素也都制约了太阳能的利用。

进入 21 世纪以来,随着新材料的应用,电子技术等高科技的高速发展,为太阳能的有效利用提供了条件。人们将太阳能辐射通过收集和转换为可直接利用的能源,使太阳能的利用得到相当大的发展。其中利用太阳能发电就是对太阳能最好的利用。

目前太阳能发电有两种方法。一种是将太阳能转换为热能,然后按常规方式发电,太阳能热发电;另一种是通过光电器件利用光伏打原理将太阳能直接转换为电能,称太阳能光伏发电。

## 1 太阳能光伏系统发电

太阳能光伏发电系利用半导体材料的光生伏

打效应原理直接将太阳辐射能转换为电能的技术。

太阳能光伏发电系统可分为独立太阳能光伏发电系统和并网太阳能光伏发电系统:独立太阳能光伏发电是指太阳能光伏发电不与电网连接的发电方式,典型特征为需要蓄电池来存储能量,在民用范围内主要用于边远的乡村,如家庭系统、村级太阳能光伏电站;在工业范围内主要用于电讯、卫星广播电视、太阳能水泵,在具备风力发电和小水电的地区还可以组成混合发电系统等。并网太阳能光伏发电是指太阳能光伏发电连接到公用电网的发电方式,成为电网的补充。

并网型太阳能光伏发电系统由太阳能电池阵列、直流监测配电箱、并网逆变器和并网保护装置、计量装置及上网配电系统组成。太阳能通过太阳能电池阵列转化为直流电力,通过直流监测配电箱汇集至逆变器,将直流电能转化为与电网同频率、同相位的正弦波电流,再通过上网配电系统并入电网,如图 1 所示。

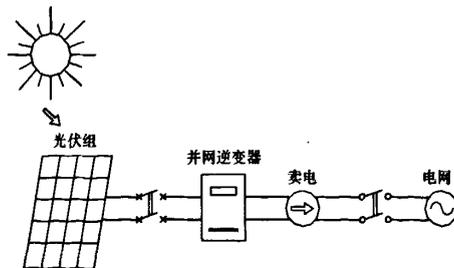


图 1 并网型太阳能光伏发电原理

## 2 太阳能光伏发电在国际和国内的发展现状

由于太阳能光伏发电的成本问题,在光伏发电发展初期主要依靠各国政府在政策及资金方面

的大力支持。随着技术的进步和发展规模的壮大,吸引了越来越多的企业参与。光伏发电事业现在已逐步商业化,进入了一个新的发展阶段。

在市场方面,近年来,世界光伏市场发生了很大变化,开始由主要为边远农村地区和通信设备、气象台站、航标灯等特殊应用领域解决供电问题,逐步进入并网发电和商业化应用领域。而我国的光伏发电系统市场目前主要是满足特殊需要和无电边远的农牧业地区需要,且近期内仍将是为无电地区供电为主,有一定的市场潜力,但也有很大的局限性。光伏发电的农村电气化市场总的容量,仅相当于目前世界上一年光伏电池的生产量。如果不能实现大量的并网发电,由作为边远和农村地区的补充能源,向全社会的替代能源方向转变,在社会公用电网不能吸纳光伏发电的电量之前,我国光伏发电系统的市场是十分有限的。

### 3 太阳能光伏发电并网项目在上海电网中的运用

上海位于北纬  $31^{\circ}14'$ , 东经  $121^{\circ}29'$ , 属北亚热带季风区, 年平均气温  $16.5^{\circ}\text{C}$ , 气候温和湿润, 降水丰沛, 四季分明。日照条件较为充足, 年日照时间  $2014\text{ h}$  左右, 太阳辐射量在  $4565\text{ MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$  左右。春季始于 3 月; 夏季自梅雨开始, 进入盛夏后, 高温干燥, 形成伏旱; 秋季金风阵阵, 秋高气爽; 冬季晴朗少雨, 北方冷空气南下, 偶有寒潮侵袭。春夏多雨, 秋冬季日照充分, 太阳能资源较为丰富。根据宝山气象站 1995—2004 年数据统计, 其多年平均太阳总辐射量  $4501\text{ MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$ , 太阳总辐射量历年变化情况如图 2 所示。

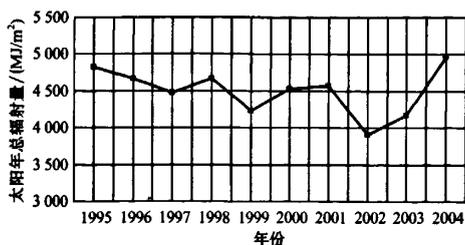


图 2 宝山气象站气象数据

上海是全国最大的港口、贸易中心、科技中心和重要的金融中心、信息中心城市之一,也是世界上最大的城市之一。2005 年 GDP 总量是 9 143.95 亿元,较上年增速为 11.1%。2006 年国内生产总

值(GDP)达 10 296.97 亿元,较上年增长 12.6%。上海是我国能源消费总量最多的城市,也是能源对外依存度最高的城市之一。目前上海电网出力电源主要以火力发电为主,其中 90% 以上为燃煤机组,其余为燃气(油)机组。上海作为国际性大都市,伴随着经济的快速发展,对能源的需求量也在显著增长。

随着上海经济快速增长和市民生活不断改善,上海用电量增幅较快,2008 年全市用电量达 1 141.01 亿 kWh,比上年增长 6.22%。2008 年在全市用电负荷落实一系列错峰用电措施后,最高负荷达到 22 432 MW,同比增长 5.77%。截止 2008 年上海本土的总装机容量为 16 813.4 MW,尚有 1/3 需要外部电网支援。

上海电网目前基本上是纯火电网,单一的电源结构难以满足上海市用电需求和电力系统可持续发展的战略要求。因此,积极地开发利用本地区的太阳能等清洁可再生能源已势在必行、大势所趋,以多元化能源开发的方式满足经济发展的需求是电力发展的长远目标。

截至到 2008 年 12 月,据不完全统计上海电网有表 1 中列出的一些太阳能发电上网项目。

表 1 上海电网太阳能发电上网项目

项目名称	项目规模	项目进展
上海崇明前卫村太阳能光伏发电示范工程	1 MW	2007 年 9 月投运
上海都市型工业示范区太阳能光伏发电工程	1.4 MW	设计阶段
上海南市发电厂主厂房太阳能光伏发电工程	0.52 MW	设计阶段
上海世博太阳能光伏发电工程	3 MW	设计阶段

### 4 崇明前卫村太阳能光伏发电项目介绍

崇明前卫村太阳能光伏发电示范工程为上海太阳能光伏发电工程示范项目之一,工程建设容量为 1 MW,采用单晶硅太阳能电池作为光电转换装置,由逆变控制器将直流电逆变成 0.4 kV 三相交流电,然后升压至 10 kV 接入当地公共电网。项目主要包括光电转换系统、逆变系统、交流升压系统及相应配套设施等。

太阳能光伏电池组件安装利用的建构筑物主

要有崇明前卫村教育基地 1<sup>#</sup>~10<sup>#</sup>楼、游泳池顶棚、电气控制楼。光伏电池组件选用单晶硅电池,作为示范工程,太阳能光伏电池组件由 HIT 单晶硅电池组件、幕墙型单晶硅电池组件、普通的单晶硅电池组件、建材型单晶硅电池组件等 4 种类型混合而成。

逆变控制系统主要由 25 台 40~60 kW 的大型逆变器,再辅以少量 4~6 kW 的小型逆变器组合而成,集中布置在电气控制楼。

逆变器并网前需要检测系统电压的幅值与相位,在采集到系统的这些信息后自动调整其输出电压的幅值与相位,在接近相同时自动合上并网开关,由系统将其拉至同步。在并网成功后,逆变器将不断发出修改出口电压的指令,正常情况下是无法得到成功实施的。而一旦该指令得到实施,即表明系统已失压,光伏电站处于孤岛之中,逆变器将立即跳开并网开关。光电转换系统和逆变系统的接线如图 3 所示。

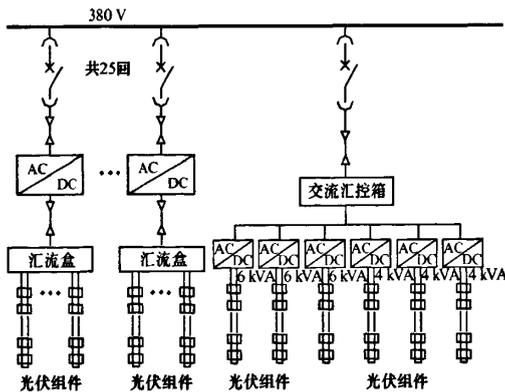


图 3 光电转换系统与逆变系统的接线

升压系统由 28 回 380 V 线路、1 台 1 250 kVA 升压变、1 回 10 kV 线路组成,10 kV 线路出站后直接接入附近 110 kV 电业站的 10 kV 母线。升压系统接线如图 4 所示。

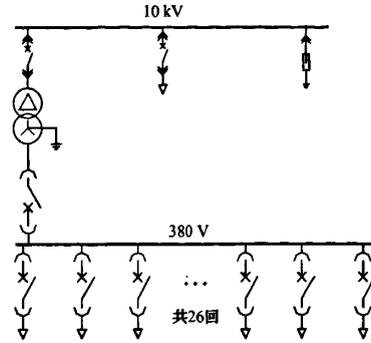


图 4 升压系统

表 3 节能减排效果

标准煤	二氧化硫 (SO <sub>2</sub> )	氮氧化物 (NO <sub>x</sub> )	烟尘	二氧化碳 (CO <sub>2</sub> )
348.5 t	6.5 t	3.66 t	0.94 t	663 t

光伏电站按无人值班考虑,电站的自动化、遥视、安全防范信息远送至上海绿色环保能源有限公司主站端,采用租用电信资源的方式,配置专用的自动化及遥视通道。

该项目投产已满一年,运行情况稳定,月度发电量统计如表 2 所示。1 年间上网电量约 110.67 万 kWh,与相同发电量的火电厂相比节能与减排效益明显,如表 3 所示。

按 6 元/kWh(太阳能上网电价加上各类补贴,保守估计)计算电费年收入为 664 万元,6 000 多万元的投资 10 a 左右即可完全收回。

表 2 月发电量(万 kWh)

9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月
6.34	9.562	8.388	5.68	5.274	10.31	12	9.382	10.754	8.43	12.778	11.772

## 5 结 语

从太阳能光伏发电项目在上海电网中的运用实践看来,在技术方面是完全可行的,在节能效益和环境效益方面是非常显著的。而从经济角度来说,相对于太阳能发电设备几十年的使用寿命而言,收回投资还是比较快的。随着光伏产业的不断进步,建设项目的规模不断扩大,单位投资额

必将极大的下降,这又将反过来推进产业的不断深化,形成良性的互动。太阳能将成为全社会一种重要的替代能源。

### 【参考文献】

- [1] (日)太阳光发电协会编. 太阳能光伏发电系统的设计与施工[M]. 刘树民,宏伟,译. 北京:科学出版社,2006.

作者：[龚华](#)

作者单位：[上海电力设计院有限公司, 上海 200025](#)

## 相似文献(1条)

### 1. 学位论文 [孙玉伟 船用太阳能光伏发电系统设计及性能评估](#) 2010

进入充满挑战的新千年,在节约资源和保护环境的双重制约下全社会如何保持经济的持续、繁荣和发展已成为全球热点问题。国际市场上煤炭、石油等传统燃料资源的价格起伏跌宕,广泛使用不可再生能源对环境造成的危害日益加剧,能源问题已经成为经济发展的重要制约因素。另一方面,取之不尽、用之不竭的太阳辐射能作为一种重要的可再生能源,在开发利用过程中具有显著的优势,可以预见在后化石燃料时代其必将成为人类社会主要的利用能源之一。<br>

值得注意的是,尽管太阳能光伏发电经过近几年的研究和发展,技术上已几近成熟,而且在电力电子技术先进的德国、日本、美国和加拿大等发达国家也已经有成熟、技术先进、性能优秀的产品问世,但将其作为交通运输工具的动力及辅助设备能源方面的研究起步较晚,涉及能源的转换综合利用和船舶电网匹配并网方面的研究还较薄弱,实际应用尚不广泛,可谓刚起步。以现在的技术发展水平而言,太阳能作为船舶动力及辅助设备能源的研究属高技术含量的科技,有不少关键性的技术尚有待研发或改进。若从当前的实际情况出发,着眼于船舶航运业的技术进步和长远发展,先期开发应用于大型远洋船舶的太阳能光伏系统,即船用太阳能光伏发电系统,无疑是一个值得深入思考的方向。<br>

针对太阳能光伏发电技术,文中就其技术原理、系统组成和关键技术进行了介绍,其中关键技术主要涉及软件控制方面,主要包括最大功率点跟踪控制、直交流逆变和蓄电池充放电等对太阳能光伏发电整个起到决定性影响的技术。通过对陆用光伏系统技术本身及特性的综合分析,参照船舶电力能源体系的特点,为后续章节对船用光伏试验系统的设计及性能分析提供理论和技术支撑。<br>

从技术性和经济性两个层面选取适宜的目标船,分析了其典型航线上的太阳能资源分布状况并初步评估光伏能源利用率;根据目标船电力设备负荷,优化选择太阳能光伏系统与船舶电力体系匹配耦合模型并确定在设定光伏系统容量的前提下实际选定的光伏系统类型;评估光伏辅助电力系统的各模块效率及总体效率;完整论述了在大型远洋船舶上安装使用太阳能光伏系统的优化与分析过程。<br>

就整套船舶光伏发电试验系统的设计流程、硬件实施方案、仿真计算及结果对比分析等四个方面的内容进行了详细的论述。其中,整套船舶光伏系统部分,通过技术实施方案流程图的形式,将该系统所涉及的研究方向、技术内容及研究流程等三部分的内容做出了完整概述。基于三种并网类型,通过仿真计算分析得出了试验光伏系统与船舶主电网之间以并网模式涉及运行时需进行容量合理搭配结论。

本文链接：[http://d.wanfangdata.com.cn/Conference\\_7218615.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Conference_7218615.aspx)

授权使用：东南大学图书馆(wfndnx)，授权号：02f6c31d-7c6e-4f91-b7f3-9e990147661e

下载时间：2011年3月1日