

居民光伏发电应用研究

孙少辰

(淮安供电公司, 江苏 淮安 223302)

摘要: 随着全球能源结构调整步伐的加快, 太阳能作为可再生能源的地位逐渐提高。尤其是在环境恶化、呼吁节能减排的今天, 利用太阳能进行光伏发电, 成为不二的选择。如何更好的推广光伏发电技术在居民中的应用, 是本文探讨的主要内容。本文介绍了光伏发电技术应用的国内外现状和实际应用的模式, 光伏发电居民应用的优势与劣势, 研究了居民光伏发电对社会、经济和环境的意义, 在发展过程中遇到的相关并网运行、计量设置、电价制定等问题以及相应的解决方法。世界环境形势和国家能源政策决定了我国发展居民光伏发电的必然性和可能性。

关键词: 光伏发电; 居民应用; 清洁能源; 节能减排

0 引言

可再生能源,包括太阳能、风能、生物质能、水能、地热能、海洋能等,是取之不尽、用之不竭、清洁环保、免费使用的能源,也是世界上最终可依赖的初级能源。太阳能是最理想的可再生能源和绿色环保能源,是所有化石能源及多种可再生能源的源头,是缓解能源危机的最可持续的途径,是世界各国争相开发的能源产品。

将太阳能直接转换为电能这一能源高端产品的光伏发电技术目前已经成熟,发展势头迅猛,正在努力突破高成本的制约瓶颈,有望在 30 年左右的时段内成为重要的电力能源之一。

1 光伏发电技术概述

1.1 光伏发电技术应用背景

保障能源和环境可持续发展,特别是保证一次能源的供给是我国面临的重大战略问题。可再生能源将逐步替代化石能源,成为人类可持续发展的能源。在可再生能源中,潜力最大的是太阳能,到本世纪中期太阳能将成为电力能源中的重要组成部分,而到本世纪末成为电力能源中的主要部分。

我国作为目前世界上第二位能源生产国和消费国,经济上的快速增长在很大程度上依靠物质资源的消耗,曾经大面积的“电荒”、“煤荒”、“油荒”给中国的经济运行和百姓生活带来了巨大冲击。同时因为化石能源消费排放的温室气体引发的气候变化也是一个不容小觑的全球性问题,更是约束中国进

一步发展的环境条件。我国已经承诺到 2020 年单位 GDP 碳排放强度比 2005 年降低 40%-45%,同时将可再生能源的一次能源中的比重提高到 15%。电力行业作为国内目前最大的集中排放“碳源”,推进电力节能减排意义重大。

在电力节能的过程中,优化发电能源构成是一个重要环节。其基本任务是降低煤炭在发电的比例构成,提高可再生能源的比例构成。在太阳能、风能、生物能、潮汐能等可再生能源中,太阳能发电具有先天优势。

太阳能发电分光热发电和光伏发电。因为从发展速度上讲,光热发电落后于光伏发电,所以光伏发电应用较为广泛。目前我们所说的太阳能发电都是指太阳能光伏发电。

1.2 光伏发电的定义及应用分类

光伏发电:就是指光生伏特,称为“光伏效应”。指光照使不均匀半导体或半导体与金属结合的不同部位之间产生电位差的现象。它首先是由光子转化为电子、光能量转化为电能量的过程;其次,是形成电压过程。

光伏发电产品现在主要应用是在以下几个方面:首先是为无电场合提供电源;其次是相关太阳能应用产品,包括各种太阳能灯具、充电器等;最后是并网发电,这在发达国家已经大面积推广实施。

国际普遍认为,在长期的能源战略中,太阳能光伏发电相比太阳能热发电、风力发电、海洋发电而言具有更重要的地位。

1.3 发展居民太阳能光伏发电的意义

1) 对于一般居民家庭而言, 利用太阳能光伏发电可以降低用电成本。

2) 对于电力企业而言, 可以改善发电能源结构, 提高产品质量。

3) 对于国家, 发展居民太阳能光伏发电, 可以减少非可再生能源消耗, 保护生态环境, 建设资源节约型、环境友好型社会。

2 光伏发电应用概述

2.1 国外太阳能光伏发电概述

从整体看来, 世界各国对光伏发电的政策扶持力度逐年加大。虽然受金融危机影响, 一些国家对太阳能光伏发电的扶持力度有所降低, 但其他国家的政策扶持力度却在逐年增加。

2.1.1 国外太阳能光伏发电现状

美国提出了应对地球气候变暖和经济衰退对策的“绿色新政”, 业内一致认为, 美国将超过德国和西班牙, 成为世界第一大太阳能发电市场。美国实施了重视环保的政策, 2009 年扩大了住宅用太阳能发电装置补助金, 预计住宅用太阳能发电将进一步扩大。目前美国太阳能电池市场规模不足 $100 \times 104 \text{kW}$, 以后将超过 $500 \times 104 \text{kW}$, 有可能成为世界最大的太阳能电池市场。2015 年世界太阳能电池上市量预计将超过 $2000 \times 104 \text{kW}$, 达到 2010 年的 2.4 倍。2010 年美国太阳能电池市场占世界市场的 $1/7$, 预计 2015 年进一步将扩大至世界市场的 $1/4$ 。

欧盟各国一直是发展低碳经济积极的倡导者和实践者。欧盟委员会 2009 年 3 月宣布, 将进一步鼓励低碳经济的发展, 将在 2013 年之前投资 1050 亿欧元支持欧盟地区的“绿色经济”, 其中包括欧洲太阳能启动计划, 重点是太阳能光伏和太阳能集热发电的大规模验证。

日本一直推动“低碳经济”, 非常注重太阳能、风能、核能、生物发电等新能源技术的开发, 在太阳能利用方面尤为突出。自 2002 年以来, 日本的太阳能发电、太阳能电池产量多年位居世界首位, 占据了世界总体产量的半壁江山。2007 年 12 月 30 日, 日本政府制定出普及居民太阳能发电的计划, 预计在 2030 年将安装太阳能发电设备的家庭扩大到 1400 万户, 也就是日本国内三成的家庭。2009

年 11 月日起, 日本政府推行家庭、学校等安装的太阳能设备发电剩余电力收购新制度, 电力公司以每千瓦时 48 日元的价格购买剩余电力, 新价格是原先的两倍, 家庭用电每千瓦时 22 日元, 以价格手段鼓励和引导居民安装太阳能发电设备。

2.1.2 国外居民太阳能光伏发电应用模式

1) 德国

德国采用“能源合作社”的形式, 将可再生能源发电并入电网, “能源合作社”是这样一种形式: 它的成员有普通上班工作人员、学生、社区居民等。他们一起筹集资金, 把太阳能设施安装在公共活动设施、学校、社区居民家庭的屋顶上。屋顶每年的租金为数百欧元。这些太阳能设施发电装机容量达到客观的千瓦数。这些人开办能源合作社的目的是: 一是环境因素, 每年可以减少数吨二氧化碳排放量; 二是经济因素, 用电不再担心电厂不断上升的电价, 每位会员每年在自己用电后, 把多余的电卖给国家基本上还可获得收入; 三是, 很多人自己没有房顶, 个体又分散、并网不易, 合作社可以解决这些后顾之忧。

2) 英国

在英国伦敦南部郊区有个“贝丁顿零能源发展”生态村。在这个英国最大的生态村里, 一切都是为减少二氧化碳排放而设计的。村中照明和家庭电器用电来自屋顶安装的太阳能板和社区里的发电厂, 英国每年人均排放二氧化碳 12 吨, 而这个生态村的居民人均少排放约 40%。

3) 美国

美国, 法律规定电力公司要全额收购太阳能电, 电力供给过剩时先暂停别的发电装置, 优先收购新能源发的电。居民可以在自家别墅屋顶上安装了一个小型太阳能发电站。就是一套太阳能板加上一个把直流电转换为交流电的小型装置。在阳光较好的情况下, 这套装置每天能发电 50kWh , 阴天时能发电 20kWh 。白天太阳能发电时, 家中电表反着走, 通过输电线路把电输进公共电网。晚上发电装置休息时, 家里用的是电力公司的电, 这时电表正着走。这样一年下来, 这一装置能发电近 10000kWh , 与居民用户每年用电基本持平。也就是说, 居民家庭一年四季用电全部免费。如果碰上阳光丰年, 发的电大于用的电, 居民家庭还可以把多发的电卖给电力公司。

4) 日本

日本对居民太阳能发电进行补助。预计太阳能发电装置大都设置在住宅。政府于 2009 年 1 月重启住宅用太阳能发电装置补助金制度, 补助对象为最大输出功率不足 10kW, 且装置价值在 70 万日元以下的太阳能发电设备, 补助额度为每 1kW 补助 7 万日元。对新建房贷款、节能改造给予减税。电力企业对符合规定条件的太阳能发电设备的剩余电力, 按固定价格义务收购的制度。收购费用作为“太阳能附加费”转嫁电力费用, 由电力系统的所有用户(包括产业部门)负担。

2.2 我国居民光伏发电应用概况

2012 年, 我国发布了《太阳能发电发展“十二五”规划》, 规划将 2015 年光伏装机目标定位 20GW, 并提出如果分布式发电推广比较顺利, 装机目标量可达 40GW 以上。预计 2013 年, 全球新增光伏装机容量达到 35GW 以上, 其中欧洲市场仅占全球的 40%, 较 2012 年下降 17 个百分点, 中美日将贡献近 45% 的新增市场装机量。第一类是建筑与光伏系统结合, 即将封装好的太阳能组件阵列依附在建筑物上, 建筑物作为光伏阵列的支撑物。第二类是建筑与光伏器件结合, 即将光伏组件作为建筑材料, 在建筑结构设计应用于建筑物的屋顶、外墙、窗户等。见图 1。

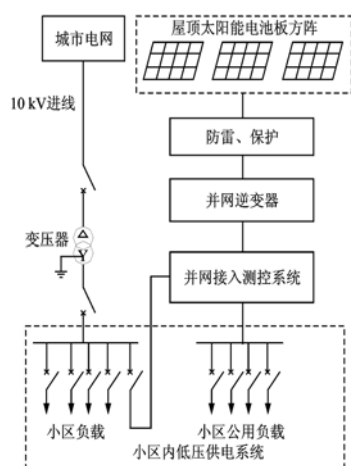


图 1 住宅小区太阳能并网光伏发电系统模式

针对我国目前光伏产业在世界处于领先, 但光伏应用还处于相对落后的局面, 为更好的推广我国光伏发电技术的应用, 2012 年 10 月 26 日, 国家电网发布了《关于做好分布式光伏发电并网服务工作的意见》, 鼓励分布式光伏发电分散接入低压配电网, 承诺对 6MW 以下的分布式光伏发电项目免

费接入电网, 全额收购富余电力, 意味着国家电网打开了私人光伏发电并网之门。在此背景下, 各地家庭光伏电站如雨后春笋般涌现, 装机规模也越来越大, 日前有报道称, 浙江企业在厂区屋顶装机 32MW 的光伏项目, 建成后年均发电量 3148 万千瓦时。

3 居民光伏发电技术应用现状分析

据预测, 太阳能光伏发电在 21 世纪会占据世界能源消费的重要席位, 不但要替代部分常规能源, 而且将成为世界能源供应的主体。预计到 2030 年, 可再生能源在总能源结构中占到 30% 以上, 而太阳能光伏发电在世界总电力供应中的占比也将达到 10% 以上; 到 2040 年, 可再生能源将占总能耗的 50% 以上, 太阳能光伏发电将占总电力的 20% 以上; 到 21 世纪末, 可再生能源在能源结构中占到 80% 以上, 太阳能发电将占到 60% 以上。这些数字足以显示出太阳能光伏产业的发展前景及其在能源领域重要的战略地位。

3.1 机会

1) 户用光伏电站便于管理, 发电效果直接与居民的家庭经济收益相关, 对宣传利用清洁而无污染的太阳能的理念非常有效, 居民乐于接受, 使用效果良好, 而且节能效果也很好。此外, 光伏发电系统还可以和一些产品相结合, 比如把太阳能光伏系统安置在汽车上作为电动汽车的辅助动力。

2) 目前在我国有相当一部分未能用上电的人口居住在西北五省及内蒙古等太阳能资源较丰富的地区, 具有利用光伏发电解决其基本生活和少部分生产用电的自然资源条件, 潜力巨大。

3) 太阳能作为清洁能源, 可以减少二氧化碳、二氧化硫等有毒有害气体的排放, 政府对此大力支持, 并出台相关政策法规, 促进光电户用的发展。

3.2 威胁

光伏应用市场缺乏足够成熟的营销。目前我国光伏企业对居民消费者市场所付出的营销很少, 目前还是主要集中在欧美国家针对大型项目的竞标。由于没有有效的与消费者沟通途径, 居民的消费意识仍未被调动起来。同时消费者的售前售后服务缺乏足够的支持, 客户管理欠缺。

3.3 优势

太阳能光伏发电是各种可再生能源中一种重要的能源形式,拥有得天独厚的优势。

1) 分布比较广泛。因为阳光普照大地,光伏发电较少受地域限制。

能量巨大,不易枯竭。太阳能每秒照射到地面上的辐射达 800MWh,如果把地球表面 0.1%的太阳能转为电能,转变率为 5%,相当于目前世界上能耗的 40 倍左右。

2) 安全可靠,无噪声,无污染排放。在提倡低碳发展的今天,开发太阳能

不会造成污染,是极其清洁的能源。

3) 容易被消费者接受。因为太阳能获取时间短,能源质量高,对于居民用户而言,是比较容易接受的。

3.4 劣势

1) 太阳能自身的不稳定性。由于太阳能的获取受到季节、昼夜、天气和地理位置差的影响,使太阳能缺乏连续性,为了更好的使用太阳能,蓄能是重要的环节。目前蓄能花费较大,且蓄能放电时间较短,所以这是太阳能发展的一个薄弱部分。

2) 太阳能照射密度低,收集利用需占用很大面积。在垂直于太阳光方向 1 平方米面积上接收到太阳能平均有 1000W 左右,若按全年日夜平均,则只有 200W 左右,然而在冬季大概只有 1/2,阴天通常只有 1/5。这种能源密度非常低,想要得到一定的转换功率,往往需要面积相当大的收集和转换装备,造价较高。

3) 成本问题。太阳能发电安装初始化需要巨大成本,一时难以被普通居民所接受。

4 居民光伏发电应用面临的问题

4.1 居民光伏发电并网引起的问题

4.1.1 孤岛效应

孤岛效应是指与光伏发电系统连接的电网线路因故障、事故或停电检修与其跳脱时,光伏并网发电系统继续向所带负载供电,从而形成了一个供电公司无法掌握的自给供电孤岛。

孤岛效应对配电网系统造成的危害主要有以下几点:

1) 当配电网故障时,检修人员存在意识不到自给供电系统的存在,引起安全事故。

2) 当电网恢复供电也就是光伏发电系统重新

并网时会因相位不同步引起大的电流冲击。

3) 电力孤岛区域的供电电压和频率会因为缺少了电网的支持变得不稳定,造成用电设备的损坏。

因此,居民光伏发电并网系统必须具有检测孤岛效应的手段,当孤岛发生时快速准确的切除并网逆变器。

4.1.2 谐波问题

因为居民光伏发电并网设备种的逆变器是一个谐波源,在直流电能逆变转换为交流电能的过程中会产生大量谐波,同时由于光伏发电并网系统安装位置的不确定性,实际注入公共连接点的谐波电源需在发电装置并网时按规定方法测量后才能得知。因为,居民光伏发电并网系统实际并网时需现场检测其谐波电压、电流是否满足国家标准,根据情况添加滤波装置等。

4.1.3 输出功率不稳定问题

太阳能光伏发电装置除设备故障因素以外,其输出功率随日照、天气、季节、温度等自然因素而变化,输出功率极不稳定,无法根据实际情况的需要进行调节。太阳能光伏发电的输出功率不稳定不仅会对整个电网的电压造成影响,而且由于输出功率的不可预测性难以提供稳定的电能输送保证。根据这一属性,必须在实际运行中做好电网发电波动记录,掌握输出功率的波动规律,并在相应位置配备电网发电下降补偿装置,保证整个电网系统的稳定运行。

4.2 经济成本问题

居民太阳能并网发电的原理就是将太阳能转换为家庭可以利用的交流电系统。只需要太阳能电池板、接线箱与升压变压器、逆变器、液晶显示器与无线电发电装置等设备就可以打造一个家庭太阳能发电系统,将吸收太阳能产生的直流电转化为交流电,满足家庭日常用电的需求。

但是,据专家估算,在国内如果是普通家庭安装这一系统,加上硬件成本和专业的工程公司安装费用,再到正式进入市场运行,每千瓦的价格大约在 12540 元左右。如果安装 8 千瓦功率的一套设备就需要大约 10 万元。10 万元,对于今天的国内大多数普通家庭来说,不是一个小数目。如此高昂的成本,即使是再环保再绿色的产品、设备,即使技术再成熟,也只是一件科技成果,难以普及。

表 1 以每户标称发电功率 8kW 为例进行投资、占地等分析（施工调试费用约占设备造价的 20%）：

表 1 每户标称发电功率 8kW 的投资、占地分析

项目	造价/元	占地/m ²
太阳能电池板	27×1800=48600	54
逆变器	15000	0
并网开关	10000	0
辅材（电池板支架、连接电缆、金具等）	10000	0
施工调试费用	83600×20%=16720	0
合计	100320	54
单位造价/(元/kW)	12540	

以上只考虑一次性投资，未考虑后期的运维保养、电池板除尘、设备零部件损坏等支出。

4.3 市场监管缺乏规范

在大力推广应用太阳能产品的形势下，一些私营部门，在利益的驱使下，为追求短期效益，良莠不分，销售质量不稳定的产品，售后服务责任不明确，技术性问题过多，容易导致了太阳能产品市场的混乱。在缺乏监管的情况下，当价格成为唯一的市场驱动力时，市场的公平性根本就得不到保证。而国内相关方面的产品检查和质量监督机构以及制度尚不完善，如果不能建立质量监管体系，推动市场公平，那么太阳能产品的推广将受到阻力。

4.4 居民用户在认识上和生活习惯上的约束

和世界上许多其他国家相比，我国太阳能资源十分丰富。但是社会各界，尤其是普通居民对太阳能的认识和了解相对较少，对开发利用太阳能的重要性认识不足，对能源短缺的紧迫性和环境污染地球温室效应的严重性没有足够的重视。使一些人对包括光伏发电在内的再生能源的开发利用没有紧迫感。

5 推广居民太阳能光伏发电应用的策略建议

5.1 技术手段

5.1.1 加大技术研发力度

在技术研发方面，国家每年应投入 100 亿～200 亿元，对《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006～2020 年）》规定的“能源科技发展重点”，组织力量对我国的包括太阳能开发利用在内的相关技术及装备制造能力的现状、在世界上所处的地位以及与国际先进水平的差距等进行系统研究，从引领未来和支撑现在两个层面，制定我国能源技术引领计划。同时用过技术改进，降低居民家庭光伏发电系统使用成本。

5.1.2 建筑一体化

从建筑节能作为切入点，把太阳能光伏发电部件作为建筑的一部分，改善现有和新建建筑的能源效益。加强光伏发电设备制造商与设计单位以及业主的合作，并制定具体的鼓励政策。

5.1.3 改变计量方式

在对带有太阳能光伏发电并网设备的居民进行电能计量时，可以将该用户的电能表换成可以双向累计电量的电能表。把光伏发电和居民用电分开计量，居民用电量让居民按照市电价格购买，太阳能光伏发电量则可按政策优惠价格给予居民一定的补贴，予以鼓励。

5.2 经济手段

5.2.1 建立上网电价补贴制度

居民太阳能发电上网电价按照合理成本加合理利润原则发布上网电价。另外还可以建立光伏并网发电的电价补贴基金。例如：国家统一每年在电价中提取 5 厘，允许各地政府再提取 5 厘，用于光伏并网发电的电价补贴。在可再生能源法中对光伏并网发电的电价补贴建立相应的基金，使上网电价的补贴取之于民，用之于民。如：（1）中央和地方合作的太阳能上网电价补贴计划。以确保有效地利用各省日照和经济资源，开始一些试点项目，比如江苏省的“金太阳”计划。（2）统一定价与竞标相结合。由于太阳能供电成本较高，为降低补贴成本可以考虑建立基本补贴价格和市场竞标相结合的机制，利用市场的供求关系来调节补贴成本，达到有效控制成本并调动市场积极性的目的。（3）建立配额机制。为了有效确保太阳能发电项目顺利并网发电，国家可以制定固定太阳能发电的配额，来保证电网运行商支持并网。这一配额机制可以是整体可再生能源配额的一部分。（4）太阳能发电项目融资。我国可以考虑成立专门为可再生能源项目提供低息贷款的构，来提升项目的稳定资金来和减少融资成本以提高项目的整体回报率。

5.2.2 对居民家庭安装太阳能光伏发电系统进行补贴

政府可以根据电力系统效益(即电力收入)加收一定的费用作为公共利益基金,用于对可再生能源发电装机的定额补助、电费补贴或低息贷款

5.2.3 建立配额管理

要求电力公司收购的电力中有一定比例的电力

来自可再生能源发电,或发电企业的发电量有一定比例来自可再生能源。明确规定光伏发电在可再生能源发电中的地位。

5.3 法律手段

依法建立相应监管机制,保证上网电价政策法规的落实。依靠法律、法规来保障光伏发电的发展,特别要有明确的、适合中国国情的强制性规定和要求,制订光伏发电实施细则。加强针对光伏发电的项目建设及运行的监督管理工作,明确管理和监督、检查的规定和要求组建职能机构,实施相应的核查监管,保证光伏发电的项目建设质量和充分发挥运行效益。

另外为了配合居民太阳能光伏发电并网,建议国家标准部门和用电管理部门尽快制定相关标准和规范,比如太阳能光伏并网相应标准、管理条例和验收规范的制定,太阳能光伏发电并网系统相应产品的技术规范和质量认证的建立等。

5.4 宣传手段

在城市有计划地开展太阳能示范推广,如太阳能利用“百万屋顶计划”,通过示范项目建设和运行管理,在社会上起到示范效应。促进普通居民对家庭光伏发电技术以及相关政策的了解。

6 结束语

太阳能我国重要的能源资源,在满足能源需求、改善能源结构、减少环境污染、促进经济社会发展等方面发挥了重要作用。在未来 30 到 50 年内,随着能源需求的增加,太阳能光伏发电将在 2020 年之后得到大规模的发展,预计到 2050 年我国将有 10% 的发电装机来自太阳能光伏发电,达到 2 亿到 3 亿千瓦。

随着我国太阳能光伏产业的快速增长,开发和利用绿色可再生能源是大势所趋,居民太阳能光伏

发电并网系统将会迅速发展。纵观全球光伏产业发展较好的美国、德国、西班牙、日本等国家,它们的新增装机容量基本上都集中在家庭用户。这当然与这些国家的经济发展水平、民众的消费水平,以及对光伏产业的认知度都较高有着莫大的关系。但这至少为中国光伏产业指明了一条道路。唯有广阔的家庭市场开启,国内光伏产业才能真正“出人头地”。

参考文献:

- [1] 中国能源研究院.中国电力供需分析报告 2010[M].中国电力出版社, 2010.
- [2] 朱四海. 电力节能减排政策解析[M]. 北京:中国电力出版社, 2010
- [3] 谢和平.发展低碳技术, 推进绿色经济[J]. 中国能源,2010,32((9).
- [4] 祖茹霞,祖根沅.解析各种光伏产业政策[J].现代商业,2010(27).
- [5] 陈哲. 应制定居民太阳能发电优惠电价[D]. 中国能源报, 2010 (7) .
- [6] 阳芳,周源俊. 利用光伏上网电价政策促进我国光伏产业发展的思考—德国光伏上网电价政策及其对我国的启示[J]. 价格理论与实践, 2010(08).
- [7] 汤敏. 美国政府如何支持太阳能发电[J]. 电器, 2010(10).
- [8] 高磊. 浅析西藏太阳能产品监管体系建立的必要性[J].西藏科技,2010(7).
- [9] 姜文. 家用太阳能发电的尴尬[J].环境,2008(09).
- [10] 张垠.居民太阳能光伏发电并网引起的问题研究[J].供用电,2009,26(4):37-39.

作者简介:

孙少辰(1988—),男,江苏淮安人,助理工程师,用电检查。