

Analysis of the Present Situation of Emerging Photovoltaic Industries and Its Implications for the Future Development of Jiaying

Mengyan Zhu¹, Bin Li¹, Xiaofeng Yang¹, Hongli Xie¹, Xiaochen Chu¹, Ziyang Zhu¹, Rou Zhai¹, Yineng Weng¹, Hui Liu¹, Lei Wang¹, Wen Li¹, Panpan Cheng¹, Yijing Wu¹, Tianming Tang¹, Chenkang Miao¹, Zhen Li¹, Yi Zhang¹, Yue Feng¹, Hongwei Wang¹, Geping Mao¹, Yu Sun¹, Mengting Wang¹, Xu Han¹, Yiping He², Tianxiang Dong³, Fanchang Meng⁴

¹Jiaying University, Jiaying Zhejiang

²Upsolar Zhejiang Ltd., Jiaying Zhejiang

³Weilan Zhejiang Energy Technology Ltd., Jiaying Zhejiang

⁴Renesolar Zhejiang Ltd., Jiaying Zhejiang

Email: libin@mail.zjxu.edu.cn

Received: May 4th, 2018; accepted: May 21st, 2018; published: May 28th, 2018

Abstract

As China attaches importance to alternative energy development and utilization, photovoltaic power generation industry is increasingly recognized by the world. From development of photovoltaic power generation industry in Zhejiang province, "five-in-one" innovation pilot project of photovoltaic power generation industry has been carried out since 2012. And Jiaying seized the opportunity as a pilot city to successfully popularizing residential rooftop photovoltaic power station. This article analyzed basic situation of Jiaying residential rooftop photovoltaic power station, work achievements and existing problems. Besides government subsidies, we found independent research and development efforts for the upstream and downstream industrial chain core technologies such as smart grid, energy storage concerning reverse manufacturing through industry-university-research cooperation should be further promoted. Jiaying belongs to photovoltaic power third category basically without abandoning electric phenomenon due to polysilicon cell. Jiaying's development countermeasure of distributed residential rooftop photovoltaic power plant installation, operation, maintenance, concerning financial and market issues, business model was discussed, to promote further development of innovative green energy in Jiaying, Zhejiang and even our country.

Keywords

Emerging Industry, Residential Rooftop Photovoltaic Power Station, Alternative Energy, Installed Capacity

文章引用: 祝梦燕, 李斌, 杨吓逢, 谢红丽, 楚晓晨, 朱紫燕, 翟柔, 翁轶能, 刘辉, 汪磊, 李雯, 程盼盼, 吴伊静, 唐天明, 苗宸康, 李真, 张奕, 冯月, 王宏伟, 毛戈平, 孙羽, 王梦婷, 韩煦, 何以平, 董天翔, 孟凡昌. 新兴光伏产业现状分析及对嘉兴未来发展的启示[J]. 低碳经济, 2018, 7(2): 50-58. DOI: 10.12677/jlce.2018.72006

新兴光伏产业现状分析及对嘉兴未来发展的启示

祝梦燕¹, 李斌¹, 杨吓逢¹, 谢红丽¹, 楚晓晨¹, 朱紫燕¹, 翟柔¹, 翁轶能¹, 刘辉¹,
汪磊¹, 李雯¹, 程盼盼¹, 吴伊静¹, 唐天明¹, 苗宸康¹, 李真¹, 张奕¹, 冯月¹,
王宏伟¹, 毛戈平¹, 孙羽¹, 王梦婷¹, 韩煦¹, 何以平², 董天翔³, 孟凡昌⁴

¹嘉兴学院, 浙江 嘉兴

²浙江优太新能源有限公司, 浙江 嘉兴

³浙江蔚蓝能源科技有限公司, 浙江 嘉兴

⁴浙江昱辉阳光能源有限公司, 浙江 嘉兴

Email: libin@mail.zjxu.edu.cn

收稿日期: 2018年5月4日; 录用日期: 2018年5月21日; 发布日期: 2018年5月28日

摘要

随着国家对新能源开发利用的重视, 光伏发电产业越来越被世界认可。从浙江省光伏发电产业的发展来说, 自2012年以来开始进行光伏发电产业“五位一体”的创新综合试点; 而嘉兴抓住作为试点单位的这个千载难逢契机, 大批量地成功推广民居屋顶光伏电站。本文分析嘉兴民居屋顶光伏电站的基本现状、工作成效及存在问题, 发现在政府补贴基础上应进一步推进产业链上下游智能、储能、逆向制造等核心技术的产学研结合自主研发力度, 探讨处于三类地区、基本不存在弃电现象、以多晶硅为主的嘉兴市分布式民居屋顶光伏电站安装、运行维护及其金融、市场、商业模式的发展对策, 以推动嘉兴、浙江乃至我国的创新型绿色能源进一步发展。

关键词

新兴产业, 民居屋顶光伏电站, 新能源, 装机容量

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着国家对新能源开发利用的重视, 光伏发电产业越来越被世界认可。光伏发电是指利用太阳光辐射能通过光伏效应直接转换为电能的技术, 是一种可再生的无污染的发电方式。太阳能光伏发电系统的基本结构即独立发电系统主要由太阳能电池阵列、蓄电池、逆变器及负载等几部分组成[1]。光伏发电具有以下五个方面的优点。1) 可以充分利用我国丰富的太阳能辐射和土地空间资源, 解决我国能源供应问题; 2) 太阳能光伏发电不经历燃烧过程, 不发生物质形态的转变, 可降低我国温室气体排放量, 保护我国的环境; 3) 具有地域和空间适应度强的特性, 有多种利用方式如: 屋顶光伏系统、荒漠电站等; 4) 能

帮助解决边远地区“供电难”的问题；5) 可拉动地方经济增长，聚集人才、资金，促进东中西部协调发展。

据国家统计局统计，2011 年我国能源消费总量已与美国相当[2]；2017 年我国能源消费总量达 43.6×10^8 t 标准煤，其中煤炭、石油、天然气分别占比 62.0%、18.3%、6.4%。我国长期以消耗煤、石油等化石燃料为主的能源结构，在支撑改革开放以来经济的飞速发展的同时，也因此成为二氧化碳排放首位大国[3]。

据欧盟联合研究中心(Joint Research Centre, JRC)及欧洲光伏工业协会(European Photovoltaic Industry Association, EPIA)预测，到 2030 年可再生能源在总能源结构中占到 30%以上，太阳能光伏发电在世界总电力供应中达到 10%以上；2040 年可再生能源在总能源结构中占 50%以上，太阳能光伏发电在世界总电力供应中达 20%以上；到 21 世纪末可再生能源在总能源结构中占到 80%以上，太阳能光伏发电在世界总电力供应中达到 60%以上[4]。而欧洲光伏工业协会(EPIA)及国际能源组织(International Energy Agency, IEA)均不约而同预测认为，2020 年世界光伏发电量占总发电量的 1% [5]。新能源产业发展已成为我国实现创新型国家的重要组成部分，是我国可持续发展的重要路径，对实现经济增长方式的转变有重要意义。

2. 光伏产业发展现状

2.1. 我国光伏产业发展现状

以中国、日本为代表的亚太市场占据了全球 59% 的光伏市场份额[6]。2012 年光伏产业发展低谷之后，全球光伏产业迎来了新一轮增长，光伏项目储备量进一步增加。截至 2013 年年底，国内在产多晶硅大型企业由年初的 7 家增至 15 家，多数光伏电池骨干企业扭亏为盈，主要企业第四季度毛利率超过 15%，部分企业全年净利润转正。光伏行业发展逐步回暖，产业规模稳步增长，技术应用水平不断提高，创新驱动效应也愈渐明显。

随着科学技术的日益进步，光伏组件的性能也日趋成熟与强大。云南某个离网项目的组件，在使用 20 年后，衰减率为 7.7%；安装在青海的一个光伏项目的组件，在使用 24 年后，衰减率仅为 7.0%。这些老组件虽年代久远、风吹日晒，却仍然保持着出色的性能，不仅正常运转，而且衰减率也低得超出预期，因此光伏组件性能衰减与否与人为控制与保护也密不可分。就目前而言，光伏组件质保 25 年甚至 30 年是完全可行的。除此之外，在制作过程中，采用低介电常数的封装材料制作新的光伏组件，能使组件的功率衰减控制在 2% 以内，完全具有抗潜在诱导衰减的性能，从而使光伏系统的寿命在效率保持的情况下更为长久。

与德国、美国、日本光伏发电推进政策相比，我国在可持续性、中长期预测方面存在一定差距。从“十二五”光伏产业发展情况看，光伏装机增速远远超过国家规划。在《可再生能源发展“十二五”规划》中，2015 年的光伏并网装机预期目标仅为 21 吉瓦(Gigawatt, GW)。而到 2015 年底，光伏并网装机为 43.2 GW，远远超出“十二五”规划预期。同样，在《可再生能源发展“十三五”规划》中，2020 年的光伏并网装机预期目标为 105 GW。然而，根据国家能源局公布的数据，2017 年上半年光伏装机达到 24.4 GW，2017 年上半年分布式新增装机 7 GW；2016 年全年的新增光伏装机容量也达到了 34.2 GW，可以预见“十三五”光伏最终安装量也将大大超过最初预期目标。因此，国家能源局发布《关于可再生能源发展“十三五”规划实施的指导意见》，下达 2017~2020 年光伏指导装机规模合计 86.5 GW，分布式装机不受规模限制。

太阳能光伏发电的受益者是整个社会，因而太阳能光伏发电的正外部性使其获得国家支持和鼓励[7]。我国光伏产业原材料的发展主流是硅基电池，非硅基的薄膜电池目前只占到我国光伏电池产量的较少一部分。在硅基电池的生产过程中，需要用到大量的太阳能级多晶硅和单晶硅，而多晶硅等的生产又要用到大量的工业硅(金属硅)。就上游多晶硅产业来讲，2015 年我国多晶硅产量为 1.65×10^5 t，成为世界上

最大的多晶硅生产国，占世界多晶硅产量的 48.5%；同时涌现出当地政府对光伏发电有额外补贴政策的嘉兴模式。光伏市场目前仍是一个政策市场，激励政策的变化对光伏市场和企业影响巨大[8]；且光伏发电的广义收益大于广义支出[9]。

2.2. 德国光伏产业发展现状

最早在 1991 年和 1999 年，德国就提出“1000 个屋顶计划”和“100,000 个屋顶计划”；2000 年以后，德国政府开始实施可再生能源法、控制温室气体的排放量，更是促进了光伏发电在 21 世纪的大规模运用。由世界各国 2003~2013 年的光伏发电量可知，2013 年德国光伏发电量为 30 太瓦时(Terawatt-hours, TWh)，全球光伏发电量为 124.8 TWh，德国光伏发电量占全球光伏发电量的 24%。然而其他光伏大国如日本、中国和美国，2013 年的光伏发电量仅约为德国的 1/3。德国 2013 年累计光伏装机量为 35.95 GW，全球为 139.64 GW；德国光伏装机量占全球光伏装机量的 25.7%。通过以上数据可知，截至 2013 年，德国光伏发电量及累计装机量均位居世界首位且约占全球 1/4，领先其他任何国家。而就德国电力供应而言，2013 年德国国内 140 万个光伏电站产生的 30 TWh 发电量，占全国当年用电总量的 5.7% [10]。在低电压配电网中，屋顶光伏系统的集成已经成为一个主要的国际趋势，这些分散可再生能源可借鉴德国成功实施的实际解决方案[11]。

2.3. 美国光伏产业发展现状

自 2010 年以来，美国光伏发展持续强劲，2013 年累计装机量突破 10 GW。与其他光伏应用的领先国家相比，美国光伏市场在过去几年的增长相对稳定。从短期来看，美国光伏市场在成本推动和需求拉动的合力作用下将呈上升态势；从长期来看，随着光伏发电平价上网的实现，光伏产业的驱动力将从依靠政府补贴的模式转向自发消费，而这种自我增长相比政策扶持更具可持续性。如何更好地迎接这些挑战，我国政府的光伏产业扶持政策可能在很多方面还需要从竞争对手中得到一些启示[12]。

2.4. 日本光伏产业发展现状

日本光伏产业出口竞争战略从单纯的产品竞争向以太阳能电池为核心的一体化服务的转型。Tanaka 从国际角度回顾性地定量估算 2014 年，考虑气候变化、技术创新及扩散，日本在不同的制造和安装阶段，太阳能原材料、设备、劳动力、公用事业、运输和业务运营成本[13]。日本政府历来重视光伏发电技术的推广利用，推出一系列政策来促进光伏领域的发展。日本经济产业省等主要部委都推出并实施相关优惠政策来促进光伏产业的快速发展。2012 财年日本经济产业省(Ministry of Economy, Trade and Industry, METI)通过“支持引进住宅光伏系统的补贴措施”、“可再生能源上网电价补贴政策(Feed-In Tariff, FIT)”以及“引进可再生能源发电系统作为部分恢复措施的补贴计划”等支撑项目或措施来推动住宅和工业光伏系统的应用与普及。另外，日本市场较高的认证门槛，将价格低廉而无品质的中小企业拒之门外，健康有序的供求格局避免了价格战的发生。因此，日本市场成为全球光伏产品平均销售价格(Average sales price, ASP)最高的市场[14]。

3. 嘉兴秀洲区光伏产业概况

3.1. 地理区位

嘉兴市地处浙北杭嘉湖平原，年平均日照时间 2000 小时，年辐射总量超 400 兆焦耳(Megajoule, MJ)/M²，太阳能相对丰富。与上海、杭州、苏州等城市距离均不超过百余公里，具有独特的地理位置。另外，市中心 200 公里范围内有浦东、虹桥、萧山、硕放四个国际机场，为光伏产业发展在技术、人才、

资金等方面提供了便捷条件。

3.2. 基础政策

2012 年以来,浙江省开始进行光伏产业“五位一体”的创新综合试点,嘉兴抓住被省政府作为试点单位这个千载难逢的契机。“五位一体”是指光伏装备产业基地建设、光伏产业技术创新体系建设与体制创新、光伏发电集中连片开发的商业模式创新、适应分布式能源的区域智慧电网建设、政策集成支持体系创新。在推进分布式光伏应用模式创新上,秀洲充分发挥政府的主导作用,探索出一条“政府引导、市场运作、统一管理”的分布式光伏应用路径。在推进技术创新上,四家光伏领域重点企业研究院、四名“国千”专家及相关技术创新团队已经先后落户秀洲,促进了光伏电池技术、储能技术和并网光伏逆变器技术等,在园区加快实现突破。早在 2011 年嘉兴就达到 200 亿元左右光伏产业的产值,在全省光伏总产值的比重占到三成,为今后光伏产业发展打下了雄厚的基础;而这些成绩的取得离不开一些光伏产业行业的优质企业。

3.3. 研发技术优势

嘉兴拥有一批专门从事光伏技术产业研究的科研院所,如浙江中科院、清华长三角研究院等;还创立一定规模的光伏产业孵化基地,如上海交大等名校等,这些孵化基地已基本形成孵化、转化和产业研发等创新体系。这些院所和孵化基地培养了大量科技人才并研发一批科研成果,如转化率 17.8% 的高效多晶硅片、转化率 18.6% 的高效单晶硅片及国际领先技术的微型逆变器等。

3.4. 光伏发电的经济效益

目前国际上已有多个国家将光伏发电投身于居民房屋建设应用,如美国、德国、日本等。近年来各国光伏需求及光伏发电装机容量不断增长,光伏电池的技术发展很快,产品的发电效率不断提高,成本价格却在不断下降。从发电成本、系统容量、系统优化以及全寿命周期成本等方面对其经济效益进行评估,并结合具体实例具体分析,发现广义收益大于广义支出,而且随着科技不断进步,光伏组件的成本必将渐渐降低,因此其发展前景不可估量。

截至目前,嘉兴市秀洲区全区户用分布式光伏发电项目累计并网 1517 户,完成年度目标任务的 116.69%,装机 6.4 兆瓦。按照每家每年发电 2000 千瓦时计算,将是非常可观的发电量。屋顶业主被给予每年 600 元补贴的固定回报,还可以选择享受电价九折或者每年每平方米 6 元的收益,对于家庭发电站,将由运维公司投资建设并负责运行维护,居民并没有什么后顾之忧。

根据从某公司提供信息发现,嘉兴市 60% 居民年用电量低于第一档 2760 千瓦时,假设某户居民年用电量 and 发电量均为 3000 千瓦时,则安装光伏电站后居民将获得以下五个方面的经济效益:

收益一: 国省补 $3000 \text{ 度} \times 0.52 \text{ 元/度} = 1560 \text{ 元}$;

收益二: 市补贴 $3000 \text{ 度} \times 0.25 \text{ 元/度} = 750 \text{ 元}$;

收益三: 区补贴 $3000 \text{ 度} \times 0.1 \text{ 元/度} = 300 \text{ 元}$;

收益四: 自发自用 $(3000) \times \text{阶梯电价} = 1764 \text{ 元}$;

收益五: 余电上网 $(3000 - 3000) \times 0.4153 \text{ 元/度} = 0 \text{ 元}$ 。

按照现有居民用电阶梯电价表来算,第一档投资回报率将在 18.5% 左右,第三档投资回报率将在 26% 以上,因此一般用户 5~6 年后就能回收成本。

3.5. 光伏发电的环境效益

如今在工业上使用的能源以石油、天然气、煤等不可再生资源为主,这些资源的数量有限,自第一

次工业革命使用煤炭兴起以来,人们对燃料的使用量大大增加。这就使得这些化石能源的数量急剧减少,中国的不可再生资源可使用年数最多只有约 81 年,世界的不可再生资源的可使用年数也最多只有约 230 年,这就造成了世界性能源短缺的局面。

早在 2006 年,我国的“十一五”规划纲要就明确提出了“节能减排”的概念,指出节能减排是贯彻落实科学发展观、构建社会主义和谐社会的重大举措;是建设资源节约型、环境友好型社会的必然选择;是推进经济结构调整,转变增长方式的必由之路;是维护中华民族长远利益的必然要求。然而我们知道,要想达到节能减排的目标,旧式的能源结构必然是不可取的,也可以说,节能减排必须倚靠新型能源的支持。

在长期的能源战略中,太阳能光伏发电在风力发电、海洋发电、生物质能发电等许多可再生能源中具有更重要的地位,这是因为光伏发电具有其他再生能源无可比拟的以下六个优点:1) 充分的清洁性;2) 绝对的安全性;3) 相对的广泛性;4) 确实的长寿命和免维护性;5) 初步的实用性;6) 资源的充足性及潜在的经济性。因此,大力发展光伏产业,可以很好地利用太阳能,实现低碳经济,也将为全球气候变化及二氧化碳的减排做出重大贡献。

查阅相关数据可知,浙江省嘉兴市秀洲区的平均每月总用电量大约在 4000 多万千瓦时。如果这些电全通过火力发电来实现,至少需要 5000 吨标煤。据秀洲电力部门统计,2017 年 1 月 21 日至 29 日,秀洲电网全社会用电量为 4515.6 万千瓦时,同比增长 12.01%,其中除夕当日统调最高负荷 232.64 兆瓦,同比增长 21.2%;网供最高负荷 181.16 兆瓦,同比增长 11.85%;日网供电量 344.294 万千瓦时,同比增长 18.84%。仅仅一个星期的耗电就需要大量的标准煤,同时排放大量的 CO₂、SO₂ 及氮氧化物。这些化石燃料的燃烧排放的污染物,不仅加剧全球气温变暖,冰川融化,海平面上升的危险现象;而且一些污染性气体将对环境造成恶劣的影响,并且其清洁处理过程也是一笔不小的费用。

下面以某光伏发电系统为例说明其节能减排的具体成效,一个光伏发电系统的寿命约为 25 年,假设一个光伏发电系统的装机容量为 5 兆瓦(Million watt, Mw),那么其在生命周期内对各项指标的减排量如表 1 所示。目前光伏工程对环境的积极作用早已显而易见,符合生命健康和可持续发展的基本要求,相信在不断地研究进步当中,光伏工程一定能趋利避害,成为为秀洲区居民乃至人类提供能源的主力。显而易见,依靠清洁的光伏发电,温室气体以及污染性气体的排放量必然会大大减少;清洁的光伏发电更对环境保护能起到关键性作用。

4. 嘉兴秀洲区光伏产业实地调查与结果讨论

4.1. 光伏产业发展态势

嘉兴市秀洲区规划建设 6.1 万千瓦分布式光伏发电应用示范区项目,截止 2014 年 6 月,全区已建成 2 万千瓦,占全省新增规模的 2%,相当于很多省的装机规模。为进一步了解嘉兴市秀洲区光伏产业发展情况,我们于 2017 年对在嘉兴的两家能源科技公司进行走访并与这两家公司代表进行一系列深入交流,以下为对光伏产业发展态势的基本把握。

Table 1. Calculation of standard coal substitute and pollutant emission reduction within 25 years of photovoltaic power generation system with 5 Mw installed capacity

表 1. 装机容量 5 Mw 的光伏发电系统 25 年内标准煤替代及污染物减排量测算

测算项目	标准煤	二氧化碳	二氧化硫	粉尘	氮氧化物
每千瓦时使用或排放量/kg	0.314	0.8841	0.005501	0.002160	0.001728
系统总发电量/kwh			26,780 × 10 ⁴		
总减排量/t	5.27 × 10 ⁴	14.84 × 10 ⁴	923.07	362.45	271.88

光伏产业现在已经呈现出多样化趋势，不仅仅是在地面电站，包括与扶贫、农业等各个方面都充分结合起来，很多方面还做了新的尝试，探索出很多创新的解决方案。技术创新、技术进步也是整个行业最基本的话题，多晶硅能耗持续下降，组件效率持续提升，不断有新产品或技术出来，设备国产化率越来越高，每千瓦投资的设备成本持续下降。

据了解，目前光伏电站有比较稳定的收益率，大概 8%到 10%，这促使很多制造企业投资延伸自己的产业链，包括做整体解决方案、发展产业链下游等等。今年以来，整个资本市场对光伏电站的投资也比较认可，非常支持电站的发展。在光伏发电有更加稳定收入的保障下，由于光伏电站具有金融属性，能够吸引更多资金支持行业的发展，实现光伏与金融的互融，推动这个行业持续向好发展。安徽蚌埠市就是利用金融支持来对光伏产业结构进行调整升级，结合光伏产业、金融业现状，借鉴国内外金融支持新兴产业发展理论，构建特色金融支持体系并卓有成效。

4.2. 案例分析

2016 年 1~8 月，嘉兴全社会用电量 298.10 亿千瓦时，同比增长 9.2%。其中，第一、二、三产业和居民用电同比分别增长 9.9%、8.0%、14.5%和 15.7%，增速同比分别回升 12.6%、4.3%、3.0%和 7.3%。根据这些数据，不难看出居民用电是全社会用电中占据相当比重的一部分。

通过对嘉兴市秀洲区居民的实地走访调查，在一部分居民家中获得其一年的每月用电量，取其平均值后如图 1 所示。由此可见，一般家庭除夏季高温时期用电较多以外，多数月份的用电量都普遍不高。然而家庭屋顶光伏不论是对低档用电家庭还是高档用电家庭来说都可以省下一笔可观的费用。以下是今年安装家庭屋顶光伏电站的某户居民几个月来的收支情况，其装机容量为 3 Kw，已能够较好地保证自家的电量供给并大部分有所剩余，如表 2 所示。据统计，该屋顶光伏系统日均光照 4 小时，日均发电量在 12 Kwh 左右，一年可发电 4000 Kwh，按照该户居民年用电量 3000 Kwh 来计算，每年节约电费 1674 元左右，余电上网收益 415.3 元左右，国家、省、市等多级补贴可得 3080 元左右，按照投资 3Kw 光伏系统以 3 万元计算，该户居民在 5.8 年后将有所盈利。

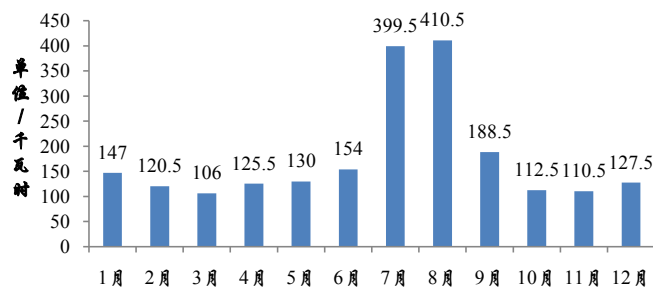


Figure 1. Average monthly electricity consumption of some residents in a village in Xiuzhou district, Jiaxing city
图 1. 嘉兴市秀洲区某村若干居民月家用电量平均值

Table 2. Monthly payments from April to August in 2017 of a household resident in a village in Xiuzhou district, Jiaxing city after installed 3 Kw roof photovoltaic power station

表 2. 嘉兴市秀洲区某村某户居民安装 3 Kw 屋顶光伏发电站后 2017 年 4 月到 8 月各月收支情况

月份	发电量/度	用电量/度	应缴电费/元	实缴电费/元	余电上网/元
4月	360.5	107	50.98	0	105.28
5月	364.9	108	49.58	0	106.69
6月	371.3	125	59.24	0	102.29
7月	407.4	443	195.34	15.70	0
8月	398.6	453	201.96	24.25	0

5. 光伏未来发展对策建议

嘉兴市秀洲区作为经济较发达地区，其分布式家庭屋顶光伏较全国来说已算发展较快。但是若是想要更加全面地发展屋顶光伏，还需要一定的时间，在此过程中，政府决策的引导和政策落实尤为重要。地方政府要向企业及个人明确分布式光伏发电的投资回收期，以及政府政策的持续性等问题，同时对政策落实情况进行定期监督、检查、报告，对相关政策机制进行不断完善，及时调整不足之处。提高行政效率，做好部分协调，对业主普遍关注的补贴问题、税收问题以及上网电量收购问题进行细则化处理，打消业主对于投资收益的忧虑，并加大部门之间的协调力度，尽快将政策细则予以实施，从而能保障项目收益持续稳定。虽然嘉兴并不是国家确定的分布式光伏示范区，但较早制定了着力发展光伏产业“五位一体”综合创新战略，在各级补贴的基础之上，秀洲区更是提出再给予 0.1 元/瓦投资补贴的第四级补贴政策。但是，完全依靠政府投入或者完全依靠企业个人都是不现实的，而上网电价补贴的方式，并不能有效降低分布式光伏发电的投资风险，这也就造成了业主及相关企业在投资问题上存在疑虑和担忧。要求创新投融资政策机制，实现光伏产业的跨界融合，比如以众筹和互联网金融为代表的融资模式，面向大众，为企业及个人提供多种融资渠道以降低初装投资门槛。再来就是推动分布式光伏资产可证券化，完善项目风险评估机制，最好是能吸引保险机构的介入，建立风险共担机制，为新型光伏融资机制创造条件。

我国到目前为止，以集中式光伏发电系统为主，然而也因此存在着大规模集中发电与大规模负载应用不平衡的现象。为解决这一问题，在东部地区大力发展分布式光伏系统具有非常大的意义。与此同时，我国光伏产业国内市场需求极小，极度依赖产品外销的畸形发展方式导致的“产能过剩”问题也促使推进分布式光伏发电成为光伏发展的重要内容。因为以居民家庭为单位的分布式光伏发电由于其高额的初装费用使很多投资者望而却步。尽管嘉兴市秀洲区的政策及各级补贴已较为完善，但投资回收期也至少需要 5 年。此外，在分布式光伏电站的并网问题上，虽然国家电网和南方电网已经出台了鼓励分布式并网的政策，但电网对光伏发电的支持能持续多久存在不确定性。各种不确定性风险的存在导致项目收益预期不稳定，难以形成完善的商业开发模式和投融资体系。应借鉴美国的光伏产业政策，我国扩大政策的激励对象，出台更多的“亲民”扶持产业政策。

我们还发现在政府补贴基础上应进一步推进产业链上下游智能、储能、逆向制造等核心技术的产学研结合自主研发力度，探讨处于三类地区、基本不存在弃电现象、以多晶硅为主的嘉兴市分布式民居屋顶光伏电站安装、运行维护及其金融、市场、商业模式的发展对策，以推动嘉兴、浙江乃至我国的创新型绿色能源进一步发展。如今民居屋顶光伏电站已经被越来越多的人认可。在能源短缺和气候变化等多重问题困扰的时代，随着人们对于可再生及绿色能源的不断开发与追求，太阳能光伏产业的发展是大势所趋。嘉兴市秀洲区作为走在家庭分布式光伏电站发展前列的地区，必然要将这一良好的发展势头继续保持，在不断摸索中创新，在不断创新中发展。虽然民居屋顶光伏电站存在储能、新材料清灰或者机器人清灰等技术瓶颈；相信在未来的岁月中，各种成功事例会不断地展现推广民居屋顶光伏发电工程对于环境保护、经济效益及社会效益的巨大推动作用，光伏工程也将带给我们引领可持续发展更多的惊喜。

致 谢

感谢匿名评委的辛勤劳动。

基金项目

嘉兴学院重点 SRT 资助项目(SRT2017B055)；浙江省循环经济与浙江转型发展重点文化创新团队资

助项目；嘉兴学院实验室开放立项项目；嘉兴学院绿色发展学科竞赛项目；嘉兴学院社科类自设项目(70118001)；嘉兴学院校内项目(70112036)；浙江省自然科学基金项目(LY18G030023)；浙江省自然科学基金项目(Y18E040003)；浙江省自然科学基金项目(2014AY11012)；浙江省科技厅软科学项目(2017C35023)；浙江省哲学社科规划项目(14NDJC005Z)；浙江省哲学社科规划项目(12JCGL22YB)；国务院发展研究中心项目(00510323)；科技部国际合作项目(2011DFA60290)；国家社会科学规划重大项目子课题(12 & ZD209)。

参考文献

- [1] 朱林, 吴菲, 李健. 国内外光伏电站环境影响评价方法简析[J]. 环境科学与管理, 2012, 37(1): 174-178.
- [2] 李雷, 杨春. 我国光伏产业现状与可持续发展策略研究[J]. 中外能源, 2012, 17(4): 28-37.
- [3] 马庆强. 我国光伏产业发展的现状、问题及国际经验借鉴[J]. 上海经济, 2016(4): 22-29.
- [4] 周四清, 马超群, 李林. 太阳能光伏产业可持续发展理论研究思考[J]. 科技进步与对策, 2007, 24(7): 89-90.
- [5] 罗如意, 林晔. 世界光伏发电产业的发展与展望[J]. 能源技术, 2009, 30(5): 290-294, 302.
- [6] 孔凡太, 戴松元. 我国太阳能光伏产业现状及未来展望[J]. 中国工程科学, 2016, 18(4): 51-54.
- [7] 赵加强. 中国太阳能光伏发电发展的法律政策问题——以政策工具优化为视角[J]. 上海交通大学学报: 哲学社会科学版, 2014, 22(6): 26-34.
- [8] 苏剑, 周莉梅, 李蕊. 分布式光伏发电并网的成本/效益分析[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(34): 50-56.
- [9] 张铭杰. 分布式光伏发电经济效益分析[J]. 新技术新工艺, 2015(12): 53-55.
- [10] 谢晓惟, 梁秀红, 梁勃德. 德国光伏发电综述[J]. 太阳能, 2015(2): 6-10, 14.
- [11] Bayer, B., Matschoss, P., Thomas, H., et al. (2018) The German Experience with Integrating Photovoltaic Systems into the Low-Voltage Grids. *Renewable Energy*, **119**, 129-141. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.11.045>
- [12] 张川, 何维达. 美国光伏产业政策探索及启示[J]. 管理现代化, 2015(1): 19-21.
- [13] Tanaka, K., Inoue, T., Matsuhashi, R., et al. (2018) Global Value Chain Assessment Based on Retrospectively Induced Economic Costs Associated with Technology application: A Case Study of Photovoltaic Power System in Japan. *Journal of Cleaner Production*, **181**, 460-472. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.184>
- [14] 张关星. 日本光伏产业投资环境研究[J]. 华北电力大学学报: 社会科学版, 2015(1): 11-14.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2324-7924, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: jlce@hanspub.org