

全球太阳能光伏产业发展与中国对策

刘文革¹ 董瑞青² 梁梦卓³

(1. 中国能源经济研究院, 北京 100733; 2. 工业和信息化部电子科学技术情报研究所, 北京 100040;
3. 首都经济贸易大学会计学院, 北京 100070)

摘要: 太阳能资源丰富、分布广泛,是最具发展潜力的可再生能源资源。在技术进步和逐步完善的法规政策的强力驱动下,世界光伏产业自上世纪90年代后进入了快速发展时期。我国加快太阳能光伏产业发展,对于优化国家能源结构,深入推进节能减排工作,加快低碳社会建设,具有重要战略意义。本文首先系统阐述了全球太阳能光伏产业发展现状及技术发展趋势,在此基础上,从产业技术发展水平、产业规模等方面描述了我国太阳能光伏产业发展现状,最后就我国促进太阳能光伏产业发展提出了一系列政策建议。

关键词: 太阳能光伏产业;多晶硅;太阳能电池;“太阳能屋顶计划”

中图分类号: F416.2 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2011.12.009

太阳能资源丰富、分布广泛,是最具发展潜力的可再生能源资源。太阳能光伏发电技术具有清洁、安全、便利、高效等特点,是世界各国普遍关注和重点发展的新兴能源技术。加快太阳能光伏产业发展,对于优化调整我国能源结构,深入推进节能减排工作,加快低碳社会建设具有重要战略意义。

一、全球太阳能光伏产业发展现状

在技术进步的推动和逐步完善的法规政策的强力驱动下,世界光伏产业自1990年后半期起进入了快速发展时期。2009年全球太阳能光伏产业受全球金融危机冲击,进入了一轮阶段性低迷期,而2010年随着全球宏观经济环境的逐步好转,全球太阳能光伏产业又迈入了一轮新的增长期。目前,全球太阳能光伏行业内企业纷纷加大投资力度,美国First solar、日本Sharp和德国Q-Cell等各电池生产企业以及美国Hemlock、韩国OCI和德国Wacker等

多晶硅生产企业纷纷扩大生产规模,中国无锡尚德计划2011年产能扩至2.4GW,出货量争取达到2.2GW。此外,台积电、意法半导体和台联电等半导体企业,以及台湾友达、韩国三星和日本松下等平板厂商加快进军光伏行业。

1. 太阳能光伏产业规模不断扩大

从产业规模看,2009年全球光伏装机容量为7.3GW(1GW=1000兆瓦),2010年全球新增装机容量为17GW,比2009年翻一番。2010年欧洲在太阳能光伏新增装机容量占主导地位,约为13GW。德国和意大利的数据分别为7.25GW和2.85GW。欧洲其他主要国家的太阳能光伏发电新增装机容量预计为捷克1.3GW,法国0.5GW,西班牙0.4GW,比利时0.25GW以及希腊0.2GW。除此之外,全球光伏产业最大的市场是日本,新增装机容量预计为1GW,其次为美国0.8GW,中国0.4GW。从太阳能电池产量看,2009年全球太阳能电池产量10.66GW,2010年

第一作者简介: 刘文革(1966-),男,中国能源经济研究院副院长,中央财经大学国际经济与贸易学院教授,研究方向:世界经济、产业政策。

收稿日期: 2011年9月21日

基金项目: 本文系国家能源局委托课题:“太阳能光伏产业政策国际比较”阶段成果。

达到 20.5GW, 同比增长 50%, 薄膜太阳能电池产量大约占总产量的 13.5%。从太阳能电池制造厂商出货量看, 中国无锡尚德电力和晶澳太阳能并列第一, 紧随其后的是美国 First Solar。2010 年, 中国大陆及台湾地区的太阳能电池产量约占全球太阳能电池产量的 59%, 而 2009 年的数据为 49%。从多晶硅产量看, 2009 年全球多晶硅产量 11 万吨, 2010 年超过 16 万吨。从产值来看, 2010 年全球太阳能光伏产业销售收入达到 820 亿美元, 同比增长 105%。

2. 太阳能光伏产品市场价格持续下降

随着原材料价格的下降, 电池转换效率的提高以及光伏发电在全球的推广应用力度逐步增大, 光伏产品的价格呈现快速下滑趋势。据统计, 2000 年, 太阳能光伏组件的价格为 4.5 美元/瓦, 2008 年, 价格下降为 4.1 美元/瓦, 到 2010 年, 太阳能光伏组件价格已下降到 1.7 美元/瓦。据全球知名的太阳能产业研究机构 Solarbuzz 发布的 2011 年光伏市场报告预测称, 未来 5 年光伏组件的出厂价格将会较 2010 年水平再下降 37%~50% 幅度。

3. 世界各国陆续出台鼓励太阳能光伏产业发展的政策措施

德国等欧盟国家相继制定了光伏发电上网电价法, 如德国《可再生能源优先法》(EEG) 规定太阳能光伏 (PV) 电价调降至 33~43 欧分, 2010 年下降 8%~10%, 以后每年降低 9%; 美国、日本等则继续通过“太阳能屋顶”计划等推动光伏市场的发展, 如美国政府于 1997 年宣布“百万屋顶计划”, 计划到 2010 年在 100 万座屋顶上安装光伏发电和光热系统; 印度、南非等发展中国家则通过制定光伏发展规划促进本国光伏市场的启动, 如印度出台《国家太阳能计划》, 规定太阳能电力的购买在电力购买总量中必须达到一定的比例, 具体是通过“可再生能源证书”的手段保证实施。政策规定, 到 2022 年印度国民太阳能电力义务购买比例要从第一阶段的 0.25% 上升到 3%。具体运作方式是通过公用事业和太阳能发电公司购买和销售证书, 以完成他们的太阳能电力购买义务。但是, 当前随着光伏组件价格的下调, 世界各国也相继下调光伏补贴, 如德国从 2011 年 7 月 1 日起, 光伏上网电价补贴将有 3%~15% 不等的削减。此外, 意大利新的太阳能补贴法案规定, 政府对太阳能发电的补贴将持续到 2013

年, 但补贴比例将逐渐降低; 其后, 补贴将与一定规模的装机量挂钩。法国政府于 2011 年 3 月 14 日公布了最新光伏补贴政策, 将每年新增装机容量上限调至 500MW。

二、全球太阳能光伏产业技术发展趋势

未来太阳能发电技术将朝着高效、低成本、长寿命的方向发展, 系统应用趋向规模化、大型化。高效、低成本晶体硅太阳光伏电池及薄膜太阳能电池是下一代太阳能电池的主要发展方向。具体来说, 未来技术和产业的发展趋势体现在以下几个方面:

1. 聚焦式热发电技术

太阳能聚焦式热发电 (CSP) 是一种太阳能高温热利用技术, 该项技术 20 世纪 80 年代在美国发展很快, 美国加州在税收优惠政策的激励下, 建设了 10 座总装机 45 万千瓦的太阳能热发电装置, 技术研发有一定的进展。进入 90 年代, 随着政策的取消, 太阳能热发电处于停滞阶段。2005 年, 太阳能热发电技术开始复兴, 国际研究和推广活动频繁。2005 年太阳能热发电仍然沿袭了塔式、槽式、碟式三条技术路线, 原理上没有大突破, 更新和进步主要体现在具体的技术细节上。

2. 分布式发电技术

分布式发电技术是指利用风能、太阳能等不影响环境的清洁能源, 建立“家庭微型电网”, 使家庭生活不再依赖大型电力公司的集中供电; 当城市停电时, 拥有这样微型电网的人们仍然能够照常用电。

3. 光伏光热综合利用技术

太阳能光热利用技术与太阳能光伏发电技术有机结合, 形成光伏光热 (PV/T) 综合利用技术, 并将该技术分别应用于建筑围护结构、传统的 Trombe 墙以及太阳能热泵系统中形成光伏热水建筑一体化系统、PV-Trombe 墙系统和光伏太阳能热泵 (PV-SAHP) 系统, 在得到电能的同时, 又可以充分利用没有转化成电能的那部分太阳辐射能, 提高能量的综合利用效率。

4. 下一代太阳能电池产业化进程加快

为了适应太阳能电池高效率、低成本、大规模生产发展的长远需要, 除了已经产业化的硅基薄膜、碲化镉 (CdTe) 薄膜电池外, 铜铟镓硒 (CIGS) 薄膜电池产业化进程加快, 薄膜电池市场份额逐年增

加。非晶硅、碲化镉(CdTe)、铜铟镓硒(CIGS)等薄膜太阳能电池效率将在未来两年内超过 12%。

5. 多晶硅生产工艺取得新突破,硅片生产成本逐步降低,电池效率持续提高

以改良西门子法为主流的多晶硅生产工艺技术持续进步,硅烷法和物理冶金法多晶硅生产技术的产业化步伐逐步加快。通过降低铸锭的能耗、硅片的厚度,提高硅片质量,硅片生产成本逐步降低。单晶硅及多晶硅太阳能电池的转换效率正逐步趋近于理论效率目标,预计到 2015 年世界平均水平将接近 21%。随着单位功率电池对多晶硅原材料消耗的降低和光电转换效率的明显提升,太阳能电池的发电成本不断下降,2009 年我国光伏发电系统造价为 22~30 元/瓦,组件销售价格 14~18 元/瓦,2010 年光伏发电系统造价降到 17~22 元/瓦,组件销售价格降为 12~15 元/瓦,2011 年,光伏发电系统造价为进一步降至 15~16 元/瓦,组件销售价格降至 9~10 元/瓦。

三、我国太阳能光伏产业发展现状

我国陆地面积每年接收的太阳辐射总量为 $3.3 \times 10^3 \sim 8.4 \times 10^6 \text{kJ}/(\text{米}^2 \cdot \text{年})$,相当于 2.4×10^4 亿吨标准煤。全国总面积 2/3 以上地区年日照时数大于 2200 小时,日照能量在 $5 \times 10^6 \text{kJ}/(\text{米}^2 \cdot \text{年})$ 以上。我国西藏、青海、新疆、甘肃、宁夏、内蒙古高原的总辐射量和日照时数均为全国最高,属太阳能资源丰富地区;除四川盆地、贵州省资源稍差外,东部、南部及东北等其他地区为资源较富和中等区。

(一)我国太阳能光伏产业发展水平

当前,我国已投产多晶硅企业主要采用改良西

门子工艺,掌握改良西门子法千吨级规模化生产关键技术。核心技术环节得到突破,关键设备国产化进程加速,生产工艺不断优化,规模化生产的稳定性逐步提高,多晶硅生产综合能耗不断降低,部分企业能耗指标已接近国际先进水平。硅锭/硅片环节,单晶炉、多晶硅铸锭炉、开方机等已占据国内较大的市场份额,多线切割机已实现样机生产。晶硅电池生产设备国产化水平持续提高,已基本实现整线装机能力,部分产品如清洗机、扩散炉等已批量出口。硅基薄膜电池生产设备已基本实现小尺寸薄膜电池的整线生产能力。

但是,太阳能光伏发电在我国应用较晚,技术落后,与日本、德国、美国相比差距很大,“两头在外”的局面短时期难以改变。屋顶并网系统和建筑光伏一体化还处于研究探索阶段,而日本、德国、美国等技术领先国家已经先后开展了“百万屋顶”计划等面向大规模推广的尝试,如下表 1 所示。

(二)我国太阳能光伏产业规模水平

在我国出台的《可再生能源法》、《太阳能光电建筑应用财政补助资金管理暂行办法》和《关于实施金太阳示范工程的通知》等光伏产业促进政策的支持下,我国太阳能光伏产业发展迅速,已经形成从硅材料提纯、电池制备到组件生产比较完整的产业链。截至 2010 年,我国累计光伏装机量达到 800MW,同比增长 166%。2010 年,我国太阳能电池产量约为 12.1GW,居世界首位。近年来,我国太阳能光伏产业以年均 40% 的速度递增,这期间,国内涌现出了无锡尚德、苏州阿特斯、常州天合等近 11 家在海外上市的公司。2010 年大陆地区有 4 家企业跻身于世界十大太阳能电池制造商之列,分别是无

表 1 国内外太阳能光伏技术差距

比较项目	国内差距
太阳能电池	效率普遍低于国际水平; 生产专用设备和材料国产化程度低; 缺少 MW 级以上的薄膜电池生产技术
并网光伏电站	缺乏 10MW 以上并网光伏电站系统集成经验; 对大规模接入电网系列技术缺乏深入研究; MW 级光伏并网核心设备不成熟
光伏建筑一体化	处于起步阶段,整体设计水平、与建筑结合的紧密度、技术标准和项目管理方面与国外存在较大差距

资料来源:国际新能源网。

锡尚德、河北晶澳、常州天合光能及阿特斯太阳能。

虽然我国太阳能产业取得了快速发展,但还存在以下突出问题和困难:

1. 核心技术空心化现象严重

目前多晶硅的提纯和精炼技术基本掌握在美国、德国和日本八大厂商手中。而目前我国最大的技术壁垒就在于生产多晶硅的高耗能和尾气回收利用技术。国内在建多晶硅生产项目大多使用改良西门子法生产多晶硅。生产1千瓦的太阳能电池约需10千克的多晶硅,需要消耗电能3000~5000千瓦·时,耗电量十分巨大。比能耗更为严重的是污染问题,每提纯1吨多晶硅就会有8吨以上的四氯化硅产生,以及三氯氢硅、氯气等废液废气产生。未经处理回收的四氯化硅是一种有极强腐蚀性、难以保存的有毒液体,但如果能有效分离尾气中的四氯化硅、三氯氢硅、氯化氢和氢气,那么不仅可以返回系统循环使用,其中四氯化硅如果能达到99.99%以上的纯度,还是极有价值的光纤级原料副产品(目前光纤生产用四氯化硅全部由国外进口)。

2. 国内太阳能电池市场十分有限

我国光伏产业产量的95%左右是靠国外需求拉动的,市场发展速度慢,从而制约了光伏产业的发展。国内太阳能光伏的应用主要集中在农村电气化和离网型太阳能光伏产品,真正并网型的太阳能光伏市场远未形成。目前我国光伏电池总产量和光伏组件产量均高居世界第一位,但太阳能光伏发电的应用则远远不足,市场的开发遥遥落后于产业发展。截至2010年,我国光伏发电累计容量仅为86万千瓦,其中并网光伏70万千瓦,离网光伏16万千瓦;当年新增58万千瓦,其中并网光伏55万千瓦。

3. 新建项目、尤其是产能扩张项目一哄而上

在太阳能光伏领域,全国正在新建、扩建和筹建的多晶硅生产线、太阳电池生产线的企业已多达数百家,总投资超过1000亿元,太阳电池产能已超过国内市场容量近百倍。此外,有近百个城市把太阳能、风能作为城市的支柱产业来抓。

四、促进我国太阳能光伏产业发展的政策建议

太阳能光伏产业作为新能源产业的重要组成部分,得到越来越多的重视和关注,世界各国都把

开发利用太阳能光伏发电技术作为能源发展战略的重点。我国太阳能光伏产业发展具备良好基础,及时制定出台相关政策,促进产业健康、有序发展,已经成为我们当前面临的重要任务。

1. 切实发挥新能源规划导向作用

建议国家尽快出台新兴能源产业发展规划,以国家规划为基础,明确各类新能源发展具体目标和建设布局,指导太阳能光伏产业发展;建立持续的能源科技投入政策,支持重大技术从首次研发到产业化的全过程,细化财政补贴政策,为产品及应用提供补贴,带动社会资本投入。根据新修订的《可再生能源法》的要求,强化全国新能源规划的宏观调控作用,各省(自治区、直辖市)也应依据全国新能源规划要求,编制本地区太阳能光伏产业发展规划和实施方案。同时,要实施多晶硅、太阳能电池等光伏行业准入管理,引导地方政府加强行业监管,坚决遏制低水平重复建设,避免一哄而上。积极支持现有多晶硅及光伏企业进行技术升级、节能环保方面的技术改造。

2. 积极有效培育国内市场

太阳能光伏产业发展的重点和难点是国内市场需求的扩大,因此必须明确太阳能光伏产业发展方向,适时公布国家光伏产业发展目标,进一步贯彻落实《可再生能源法》,落实和完善已有产业政策,出台和细化适应产业发展需要的新政策,通过合理的电价标准、适度的财政补贴和积极的金融扶持,加大示范应用工程项目的建设力度,推动太阳能电池及系统的离网等多种模式应用,积极扩大国内光伏发电市场,争取5~10年内将光伏发电的成本下降到可参与商业化竞争的水平。同时,要充分发挥市场机制的作用,以企业为主体,以市场为导向,鼓励企业通过境外上市等方式,积极争取海外资金、巩固和拓展光伏产业国际市场。

3. 突破制约光伏产业发展的核心关键技术

发展清洁、安全、低能耗、高纯度、规模化的多晶硅生产技术,提高生产过程中的副产物综合利用率,拉近与国际生产水平的差距,提高多晶硅产品的核心竞争力。支持多线切割机、PECVD镀膜设备、自动丝网印刷机等高端光伏电池生产设备和电子浆料、石英制品等基础材料的技术攻关。积极推动建立产业技术战略联盟,集中资金和力量,突破瓶

颈制约,提升总体研发水平,实现技术成果共享。构建以企业为主导、科研院所相配合的工业化的技术创新模式,加大对企业科研经费投入,引导其全面开展各类光伏发电技术研究,并通过示范工程建设积极支持光伏发电新产品、新技术迅速转化为生产能力,改变以往产学研严重脱节、技术创新大多停留在实验室的不良局面。

4. 深入实施知识产权、标准和人才战略

建立健全适应太阳能光伏产业发展的知识产权战略,加强相关知识产权的获取、保护和转移等工作。实行“标准战略”,解决太阳能光伏产业发展所涉及到的各类技术、检验监测、准入和接入标准,引导产业有序健康发展。设立“太阳能光伏产业创新人才”专项计划,鼓励引进、培养造就一批具有国际视野的研发、技术、管理人才。

5. 构建太阳能光伏产业公共支撑体系

将太阳能纳入电力系统统筹规划,统筹协调太阳能与能源领域其他方向,形成市场化的利益合理分配机制。建立公平、公正的科技评价体系,完善科技成果管理体系,加强对太阳能光伏产业科技成果

转化情况的跟踪。积极推动产业技术创新服务平台和科技基础条件平台的建设。逐步引导企业成为研发投入和自主创新的主体。发挥科研院所在国家储备太阳能光伏产业基础技术方面的优势,加强公共技术研发服务能力建设,促进公益研究与面向产业的商业化研究相结合,逐步完善我国太阳能光伏产业发展的公共技术服务体系。■

参考文献:

- [1] 马宁,董俐.全球价值链下的太阳能光伏产业研究.中国市场,2011,(23).
- [2] 赵勇强.我国太阳能光伏产业的近期进展、挑战和对策建议.宏观经济研究,2009,(2).
- [3] 李雷,郭焱.中国光伏产业发展现状及若干问题的思考.中外能源,2010,(9).
- [4] 刘永利,张运法.我国太阳能光伏产业发展前景.中国新技术新产品,2010,(11).
- [5] 朱震宇.国外太阳能光伏产业发展政策借鉴及启示.中国市场,2010,(13).
- [6] 邱源斌,王广文.太阳能光伏产业正面临新一轮发展机遇.进出口经理人,2011,(05).

Overview on Global Solar Photovoltaic Industry and Countermeasure of China

LIU Wenge¹, DONG Ruiqing², LIANG Mengzhuo³

(1. China Institute of Energy Economics, Beijing 100733;

2. Electronic Technology Information Research Institute., MIIT, Beijing 100040;

3. The School of Accountancy of Capital University of Economics and Business, Beijing 100070)

Abstract: Solar energy resources are abundant and widely distributed, which are the most promising renewable energy resources. With the driving force of technological progress and improved laws and regulations, world solar energy industry has rapidly developed since 1990s. Our country accelerates solar energy industry, which has significance for improving national energy structure, promoting energy saving and emission reduction and accelerating the construction of low carbon society. The paper describes the development status and technology trends of the global solar PV industry and introduces the development status of China's solar photovoltaic industry from the aspects of development level of industrial technology, industrial scale, and make a series of policy recommendations to promote the development of solar PV industry in China.

Key words: solar photovoltaic industry; polycrystalline silicon; solar battery; Solar Rooftop Plan