

# 培育光伏战略性 新兴产业的对策研究

张焜喆,王俊洋

(国家发展和改革委员会产业发展研究所,北京 100038)

(中国农业大学,北京 100083)

**摘要:**随着光伏技术在全球范围内的成熟和完善及光伏产业在全球经济中的战略地位的凸现,光伏产业的战略地位将日益明显。未来光伏产业的发展趋势将呈现出以下特点:从产能方面看,光伏产能将持续快速增长;从发展区域看,未来光伏产业在发展中国有望加速发展;从光伏技术发展趋势看,薄膜太阳能电池将快速增长;光伏电池生产成本将继续大幅降低;行业组织结构集中度有进一步下降的趋势。近年来,我国光伏制造业快速增长,已经基本形成了包括光伏系统集成应用、光伏应用产品制造和专用设备制造等在内的比较完整的制造产业链。但是仍存在光伏产业链各环节发展不均衡;关键技术和核心设备依赖进口,制约产业健康发展;技术标准和规范的不健全引致产品质量和可靠性不高;市场环境体系建设不完善等问题。因此,我们必须针对当前光伏产业发展中面临的问题,加快国家层面的新能源产业振兴规划的研究编制工作,明确光伏产业发展的具体目标、建设布局及战略导向,促进我国光伏产业快速、健康和稳定发展。

**关键词:**光伏产业;太阳能电池;保障措施

**中图分类号:**F279.21 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7685(2011)02-0027-06

光伏技术是利用半导体界面的“光生伏特效应”而将光能直接转变为电能的技术。光伏行业则是利用光伏效应将太阳能直接转换成电能的装备制造业;光伏系统中最重要的是直接将太阳能

变成电能的半导体器件——太阳能电池,通常称为光伏电池。近年来,随着太阳能电池技术的不断提升、价格不断下降,光伏发电广泛应用且规模日益扩大。2008年,全球光伏产业产量几乎增加

注:本文是国家发改委宏观经济研究院2010年重点课题“培育战略性新兴产业的对策研究”的专题报告“培育光伏战略性新兴产业的对策研究”(课题编号:A2010041009)的成果。

收稿日期:2010-12-01

作者简介:张焜喆(1975-),男,国家发展和改革委员会产业发展研究所副研究员。研究方向:高技术产业。

一倍,太阳能组件产量<sup>①</sup>在6.9GW到8GW之间。光伏产业在过去10年的年均增速超过40%,已成为增长最快行业之一。<sup>[1]</sup>

### 一、国际光伏产业发展趋势

2008年,世界光伏产量增长超过80%,约达到7.35GW;已安装的系统市场增加约1倍,估计目前达5.6GW~6GW。其中,2008年世界光伏产量显著增长的主要原因是西班牙光伏市场的大幅增长(几乎增加5倍),从2007年的560MW增加至2008年的2.5GW~2.7GW;第二大市场是德国,达1.5GW;第三大市场是美国,新安装量为342MW,其中292MW是并网发电;第四大光伏市场是韩国,新安装量达282MW。<sup>[2]</sup>

随着光伏技术在全球范围内的成熟和完善及光伏产业在全球经济中的战略地位更加突出,将不可避免地对光伏产业的发展产生不同程度的影响,结合近期发展形势的判断,我们认为,未来光伏产业的发展趋势将呈现以下特点:

(一)从产能方面看,光伏产能将持续快速增长

一方面,太阳能电池单厂生产规模已从20世纪80年代的1MWp~5MWp发展到90年代的5MWp~30MWp和目前的50MWp~500MWp;预计未来两年,单厂年生产能力达1GWp的企业将会出现。<sup>[3]</sup>另一方面,上市的光伏企业正吸引越来越多的私人 and 机构投资者;2008年,在太阳能发电领域的新增投资达335亿美元。此外,通过对全球200多家光伏企业的调查,2008年和2009年上半年已公布的产能再度大幅增加。如果上述计划都能实现预期,则到2012年,中国大陆将拥有全球大约32%的生产能力,达54GW,其次是欧洲(20%)、中国台湾(15%)和日本(12%);但预计产能利用率将进一步下降,由2007年的56%下降到2008年的54%,到2012年将下降到不足

50%。<sup>[4]</sup>

(二)从发展区域看,未来光伏产业在发展中国家有望加速发展

2008年7月,印度总理辛格宣布了印度第一个应对气候变化的全国行动计划,为应对气候变化挑战,印度确立8项旨在开发和利用新技术的国家任务。其中,太阳光发电和利用集中太阳能发电(CSP)被确立为国家太阳能任务(NSM)。2009年4月,印度联邦政府制订国家太阳能草案,目的是使印度在太阳能领域成为全球领导者,并在2020年太阳能发电能力达20GW,在2030年达100GW,在2050年达200GW。而截至2008年底,印度的大部分光伏应用并未进入电网,目前仅有33个光伏发电系统接入电网,总容量约2MWp。这表明,印度有望实现光伏产业的加速发展。<sup>[5]</sup>

(三)从光伏技术发展趋势看,薄膜太阳能电池将快速增长

自2005年薄膜太阳能电池组件的年产量首次超过100MW后,薄膜太阳能电池的复合年均增长率大大超出行业的整体增长,其市场份额从2005年的6%增加到2007年的10%,在2008年增长到12%~14%。此外,越来越多的光伏制造商大力发展薄膜太阳能电池产品,2008年各企业纷纷宣布将提升生产能力。预计到2010年,薄膜片的生产能力可达11.9GW,占光伏产品总量的30%,到2012年将达20.4GW。<sup>[6]</sup>

(四)光伏电池生产成本将继续大幅降低

一方面,电池效率不断提高。在实验室电池方面,单晶硅电池的实验室效率已从20世纪50年代的6%提高到目前的24.7%;多晶硅电池的实验室效率也达20.3%;非晶硅薄膜电池实验室稳定效率达13%,碲化镉(CdTe)实验室稳定效率达16.4%,铜铟硒(CIS)的实验室效率达19.5%。在商业化电池方面,商业化晶体硅电池的效率达14%~20%(单晶硅电池16%~

<sup>①</sup> 太阳能组件产量的涵义:在基于硅晶片的太阳能电池情况下,仅指电池本身;在基于薄膜的太阳能电池情况下,指整个集成模块;只统计实际生产有源电路(the active circuit)(电池)的公司,不统计购买这种电路并生产电池的公司。

20%,多晶硅硅片14%~16%)。另一方面,生产规模不断扩大和自动化程度持续提高是太阳能电池生产成本降低的重要方面;对太阳能电池而言,生产规模扩大1倍,生产成本将降低20%。此外,商业化电池硅片厚度持续降低。30多年来,太阳能电池硅片厚度从20世纪70年代的450~500 $\mu\text{m}$ 降低到目前的180~280 $\mu\text{m}$ ,降低一半以上,硅材料用量大大减少,对太阳能电池成本降低起到重要作用。因此,随着电池效率不断提高、生产规模的不断扩大、硅片厚度持续降低等光伏产业化技术的不断改进,光伏电池的生产成本还将持续下降。<sup>[7]</sup>

#### (五)行业集中度有进一步下降的趋势

从行业数据看,最大10家光伏制造商的市场份额从2004年的80%下降到2008年的50%。这说明,越来越多的太阳能电池制造商正在进入这个市场。目前,我国的生产能力迅速扩张,而其他国家,如,印度、马来西亚和韩国也在大力吸引太阳能领域的投资。<sup>[8]</sup>光伏制造商集中度的下降符合技术周期和组织结构的发展关系,即当技术还不够成熟,产品的功能还不能满足主流客户需求时,一般将采用相互依赖的、专有的产品架构,即生产者一般会采取整合性的组织结构以保证成功;而当技术成熟度已经相当高的时候,就必须改变竞争方式,此时产业开始趋于分化,更加需要模块化的产品、模块化的架构。从目前光伏产业发展所处的技术阶段看,太阳能电池技术已相对成熟,并能提供可靠产品,有足够效率且能达到25年的寿命,这就决定了未来光伏制造商的行业集中度可能还会进一步下降。

## 二、我国光伏产业发展现状及存在的问题

### (一)国内光伏产业发展现状

我国太阳能较丰富的区域占国土面积的2/3以上,年辐射量超过60亿焦耳/平方米,每年地表吸收的太阳能大约相当于1.7万亿吨标准煤的能量,具有良好的太阳能利用条件,特别是西北、西

藏和云南等地区,太阳能资源尤为丰富。<sup>[9]</sup>

近年来,在《可再生能源中长期发展规划》、《可再生能源发展“十一五”规划》、《关于加快推进太阳能光电建筑应用的实施意见》等一系列政策的推动下,我国太阳能光伏电池/组件制造业和太阳能光伏发电市场均出现跨越式发展。2000年,我国光伏组件的生产能力不到1万KW,2009年太阳能电池生产量已达400万KW,居世界第一。近几年,我国先后有20多家光伏企业在国内外上市,2009年世界前30名的光伏电池生产厂商有11家在中国大陆,5家在中国台湾。但由于光伏发电成本较高,目前我国太阳能光伏发电市场还很小,太阳能光伏发电仍主要用于解决电网覆盖不到的偏远地区的居民用电问题。到2009年,全国累计光伏发电容量约30万KW,并网的光伏发电系统所占比例并不高。2009年初完成的甘肃敦煌1万KW级大型荒漠并网光伏电站的招标工作,标志着我国并网光伏发电的规模化发展已正式启动。<sup>[10]</sup>

整体而言,我国光伏产业具备以下特点:一是逐步形成了比较完整的光伏制造产业链。近年来,我国光伏制造业快速增长,已基本形成了包括多/单晶硅材料制造、铸锭/硅片生产、电池制造、组件封装、光伏系统集成应用、光伏应用产品制造和专用设备制造等在内的比较完整的制造产业链。2008年,我国太阳能多晶硅产量达4500吨左右,硅锭产量达1.33万吨左右,电池片产量达2000MW左右,光伏组件产量达2000MW左右,占全球产量的29.45%,光伏产业产值为1500亿元,行业从业人数为12万人,从业企业达500多家。<sup>[11]</sup>二是光伏应用方面比较落后,但发展潜力巨大。数据显示,2006~2008年我国新增装机容量虽增长较快,但基数很低,2008年新增安装量只占全球的0.8%。<sup>[12]</sup>在2009年太阳能屋顶计划和金太阳计划的激励下,2009年我国太阳能市场安装量达228MW,年增长率高达552%。<sup>[13]</sup>而按照国家能源局确定的发展目标,到2015年,太阳能发电装机将达500万千瓦;到2020年,太阳能

发电装机将达2 000万千瓦。因此,未来我国光伏应用市场发展空间巨大。三是光伏制造业中晶体硅太阳能电池占主流,而薄膜太阳能电池发展相对缓慢。因光电转换效率相对较高、生产工艺比较成熟,目前晶体硅太阳能电池是我国太阳能电池研发和规模化生产的主要方向;而薄膜太阳能电池虽然具有成本相对较低的优势,但生产工艺还不十分成熟,光电转换效率远低于晶体硅太阳能电池的光电转换效率,因此,过去几年,我国薄膜太阳能电池发展速度相对较慢,2008年我国非晶硅电池生产企业共有17家,产能174.9MW,产量35.9MW。<sup>[14]</sup>

## (二)我国光伏产业发展亟待解决的问题

1. 光伏产业链各环节发展不均衡。一方面,从我国光伏产业链各环节的企业数量看,呈金字塔形分布,即上游从事太阳能级硅材料的企业相对较少,中游从事硅锭/硅片切割的企业相对较多,而下游从事光伏发电晶体硅电池片及组件的企业数量大幅增加;也就是说,各环节的生产能力差别很大。另一方面,产业链不同环节的扩张周期大不相同,上游多晶硅提纯的产能扩张周期较长,而下游的晶体硅电池片以及电池组件扩张周期较短,整个产业链的扩张周期并不同步;这两方面的原因导致我国光伏产业生产链各环节发展的不平衡,制约了我国光伏产业的发展。

2. 关键技术和核心设备依赖进口,制约产业健康发展。如,光伏电池的原料高纯度多晶硅的提炼技术主要掌握在美国、日本、德国的7家公司,形成了技术封锁、市场垄断;而我国的多晶硅生产设备工艺还不完善,同类产品的物料和电力消耗过大、三废问题多、生产成本低,缺乏竞争力。此外,化学气相沉积(CVD)还原炉、氯化炉、大型氢气压缩机等关键核心技术设备必须依赖进口。

3. 技术标准和规范的不健全引致产品质量和可靠性不高。如,目前国内还未制定多晶硅产品及其太阳能电池的质量规范和产品规范,在我国已颁布实施的光伏技术标准中,大部分是光伏产品的技术标准,对于规范光伏发电性能质量、直

接影响光伏市场的光伏系统的技术标准和规范尚不全面且不完整,有关并网光伏发电方面的技术标准缺项较多;特别是大型并网光伏电站的相关标准和技术规范还是空白,严重影响我国光伏市场的规模化健康发展。在41项光伏标准中,约30项是太阳能电池和组件类标准,与并网光伏发电系统直接相关的仅有3项。<sup>[15]</sup>而且,更没有权威的、服务方便的、收费合理的质量检测机构,因此产品质量良莠不齐。

4. 存在“原料靠进口,销售靠出口”的“两头在外”现象。2008年,我国以大约2.4GW的光伏产量位居全球第一位,但国内市场不足总光伏产量的2%,其余全部出口;而且我国的产能还将大幅增长,其世界市场份额将上升到2012年的32%,尽管我国国内市场也将大幅增长,但我国的太阳能光伏电池生产企业仍将继续保持很高的出口率。<sup>[16]</sup>此外,由于我国多晶硅提炼技术较发达国家落后很多,提炼成本也远远高于发达国家,因此,我国制造光伏电池的高纯硅大多依赖进口。

5. 市场环境体系建设不完善,不利于光伏市场的培育。一方面,光伏发电上网问题尚未取得突破,另一方面,支持政策落实不到位。我国虽在《可再生能源法》中对光伏发电明确了有关电价补贴的政策,但相关政策落实并不到位,目前除上海和内蒙古外,还未出台比较明确和合理的固定上网电价。

## 三、我国光伏产业发展的目标

### (一)总体发展目标

按照政策扶持和市场培育相结合的原则,逐步扩大太阳能光伏发电的应用规模,启动多元化的太阳能发电市场。在太阳能资源丰富、具有荒漠和荒芜土地资源的地区,建设一批大型并网光伏电站。在城镇推广与建筑结合的分布式并网光伏发电系统。在偏远、无电地区推广民用光伏发电系统或建设小型光伏电站,为大约200万户边

远地区农牧民提供基本生活用电。同时,也鼓励在通信、交通、照明等领域采用光伏电源,分散能源分散利用。力争到2015年,太阳能光伏发电装机达到500万千瓦,发电量达到65亿千瓦时;到2020年,太阳能光伏发电装机达到2000万千瓦,发电量达到260亿千瓦时。<sup>①</sup>

## (二)具体发展目标

1. 近期目标,即2011~2015年期间,应继续以发展晶体硅太阳能电池为主并辅之以发展单结非晶硅、双结非晶硅、三结非晶硅和非晶/微晶硅等硅基薄膜太阳能电池;同时,加强光伏电池系统并网的模块化大容量逆变器和相应的并网群控技术、储能技术与装备的研究;<sup>[17]</sup>在注重发展并网光伏发电示范的同时特别要加大对远离电网、零星分布的离网农村光伏发电的发展;积极推进产业化示范项目建设等,为启动大规模并网光伏发电市场做好技术性准备,逐步提高太阳能光伏发电在我国能源结构中的比重。加大对晶体硅太阳能电池的研发,要加强高效钝化技术、高效陷光技术、选择性发射区、背表面场、细栅或者单面技术、封装材料的最佳折射率等高效封装技术等方面研究,<sup>[18]</sup>不断提升商业化晶体硅电池的转换效率;加强超薄切割技术及其封装设备的开发,持续降低商业化电池硅片厚度;同时大力开发专门用于晶体硅太阳能电池的硅材料,实现硅材料的国产化并使硅材料的提纯工艺和设备技术逐步达到国际先进水平;出台有关多晶硅产品及其太阳能电池的质量规范和产品规范、大型并网光伏电站的相关标准和技术规范;全面提升电池制造技术,大幅降低组件价格,并有效提升屋顶光伏系统和沙漠电站技术与工程等光伏发电应用技术,使光伏发电价格大幅下降。

2. 中期目标,即2016~2020年期间,应继续以晶体硅太阳能电池发展为主,并逐步过渡到以单结非晶硅、双结非晶硅、三结非晶硅和非晶/微晶硅等薄膜太阳能电池的发展为主,特别是铜钢

硒(CIS)/铜钢硒镓(CIGS)和碲化镉(CdTe)等薄膜电池也要逐步实现规模化生产,成为光伏发电的主要产品之一;同时,继续加强光伏电池系统并网的模块化大容量逆变器和相应的并网群控技术、储能技术与装备的研究;<sup>[19]</sup>加强国内光伏制造业的自主创新能力建设,在有条件的重点地区逐步启动大规模并网光伏发电市场,使太阳能光伏发电成为我国能源供应的有效补充。加大对薄膜太阳能电池的研发,不断提高商业化薄膜太阳能电池的转换效率、提高稳定性;全面提升电池制造技术,通过多结叠层技术、规模化生产实现组件价格的大幅降低,并使光伏发电价格继续大幅下降。

3. 远期目标,即2020年以后,应以薄膜太阳能电池为主,并探索聚合物多层修饰电极型太阳能电池、纳米晶太阳能电池(NPC电池)、高倍聚光太阳能发电技术等新型高效电池材料和制造工艺;在全国有条件的地区全面推进大规模并网光伏发电市场,使太阳能光伏发电逐步成为重要的能源供应来源。

## 四、促进我国光伏产业发展的对策

(一)明确战略导向,继续加快光伏产业的发展

光伏产业作为国家战略性新兴产业的重要领域之一,必须针对当前光伏产业发展中面临的问题,加快国家层面的新能源产业振兴规划的编制工作,明确光伏产业发展的具体目标和建设布局,并尽快落实,真正实现规划引导的作用;同时,各地(省、自治区、直辖市)要根据国家层面的新能源产业振兴规划编制本地区的光伏产业发展规划和实施方案。要借助产业振兴规划强化国家层面的宏观调控作用,理顺发展机制,加大核心技术攻关,以规模应用带动装备产业化,完善产业服务体

<sup>①</sup> 根据2009年12月26日国家能源局组织中国工程院院士杜祥琬、中国科学院院士徐建中、发改委能源研究所李俊峰和相关协会知名专家及新能源典型企业代表共14人召开的新能源专题调研座谈会内容整理而得。

系,确保光伏产业实现从“大跃进”到“科学发展”的跨越。

(二)创建产业技术创新联盟,加强关键环节、关键部件的技术攻关

要组织建立包括行业内主导企业、科研院所在内的光伏产业技术创新联盟,加强低成本工艺技术的基础性及前瞻性研究,获得具有自主知识产权的生产工艺和技术,增强我国在技术路径选择上的自主性。通过研发补贴的形式,发挥产学研结合的优势,开展光伏产业高端技术的研究开发,重点支持清洁高效、低成本的高纯硅生产技术的研发和产业化,加强多晶硅的综合利用和环境保护等方面关键工艺流程技术及逆变器、反应器、大型氢气压缩机等关键设备创新研究,提升产业技术水平。同时,要建立健全太阳能光伏行业的原料和产品的技术标准、检测和认证体系,推动光伏产业的技术进步,保证多晶硅、光伏组件等原料和最终产品的质量,规范引导光伏产业的健康发展。

(三)完善配套基础设施,建立完整的产业政策扶持体系

借鉴国外发达国家的经验,加大政策扶持力度,以进一步提高核心技术能力、完善产业链条、扩大电池组件的生产能力和市场份额及培育光伏发电的市场需求。一是完善配套的基础设施。要加大对智能电网、特高压输电线路网、大规模储能技术和电量监控技术的开发和应用,解决光伏发电的消纳和并网运行管理问题。二是加强行业准入管理,重点支持具有相关技术研发能力的龙头企业。要从企业设立、布局、注册资本、环保要求、生产规模、能耗、技术方案、安全生产等方面规范行业投资,避免低水平项目的重复投资建设,坚决淘汰技术水平低、污染严重的小企业;并引导资源向技术优、污染少、能耗低、规模大、成本低、具备行业竞争力的龙头企业集聚,加强行业整合并购,保证产业的有序、可持续发展;特别是要加强多晶硅提纯的能效和环保监管。三是完善相关税收和

补贴政策。依托国内并网光伏发电示范项目的建设建设和远离电网、零星分布的离网农村光伏发电项目的建设,加强光伏发电的成本评估;抓紧研究制订消费者光伏发电上网的强制购电政策,并通过电价补贴及光伏发电最低比例计划、财政补贴等使光伏发电投资者拥有合理回报,确保持续的市场需求;同时,随着光伏发电成本逐步接近常规发电成本,不断降低财政补贴和优惠上网电价等各项优惠政策,真正实现“以政策启动市场、以市场驱动产业”。

#### 参考文献:

- [1][2][4][5][6][8][16]JRC. PV STATUS REPORT 2009 [EB/OL]. [http://re.jrc.ec.europa.eu/refsys/pdf/PV\\_Report2009.pdf](http://re.jrc.ec.europa.eu/refsys/pdf/PV_Report2009.pdf).
- [3][7]中国电子材料行业协会经济技术管理部,北京万胜博讯高科技发展有限公司. 非晶硅太阳能电池行业调研报告 [EB/OL]. <http://www.docin.com/p-41543518.html>.
- [9][10]张晓强. 高技术产业发展年鉴 2010[M]. 北京:北京理工大学出版社,2010.
- [11][14]李勇军. 光伏产业研究报告 [EB/OL]. <http://www.p-along.com/upload/2009102815308782.doc>.
- [12]邝少平. 2009 年全球光伏产业发展研究报告 [EB/OL]. <http://wenku.baidu.com/view/d8a2041c59eef8c75fb3c4.html>.
- [13]国际电子商情. 亚太五大太阳能市场呈现不同需求特征 [EB/OL]. [http://www.esmchina.com/ART\\_8800109171\\_7878a2c8\\_no.HTM?click\\_from=1000041160\\_8662405603\\_20100715\\_ESMCOL\\_ARTICLE\\_ALERT](http://www.esmchina.com/ART_8800109171_7878a2c8_no.HTM?click_from=1000041160_8662405603_20100715_ESMCOL_ARTICLE_ALERT).
- [15]中国科学院电工研究所,可再生能源发电咨询与培训中心. 关于加速开拓中国国内光伏市场的激励政策与措施的研究及建议 [EB/OL]. <http://www.efchina.org/csepupfiles/report/200961932529351.10138663598707.pdf/%E5%85%B3%E4%BA%8E%E5%8A%A0%E9%80%9F%E5%BC%80%E6%8B%93%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E5%9B%BD%E5%86%85%E5%85%89%E4%BC%8F%E5%B8%82%E5%9C%BA%20090514%20pw.pdf>.
- [17][18][19]中国可再生能源发展战略研究项目组. 中国可再生能源发展战略研究项目组丛书(综合卷)[M]. 北京:中国电力出版社,2008.

(责任编辑:闫春英)

# 培育光伏战略性新兴产业的对策研究

作者: 张焜喆, 王俊泮

作者单位: 张焜喆(国家发展和改革委员会产业发展研究所, 北京, 100038), 王俊泮(中国农业大学, 北京, 100083)

刊名: 经济纵横 

英文刊名: ECONOMIC REVIEW

年, 卷(期): 2011 (2)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_jjzh201102006.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jjzh201102006.aspx)