

# 世界光伏产业发展动向和趋势

张嵎喆 王 君 李红宇

(国家发展和改革委员会产业发展研究所, 北京 100038)

**摘 要:** 文章对世界光伏产业的发展现状进行了简要描述, 在结合近期发展形势的基础上, 我们判断未来光伏产业的发展将呈现出光伏产能持续快速增长、光伏产业在发展中国家有望加速发展、薄膜太阳能电池将快速增长、光伏发电成本将大幅降低、光伏制造商的集中度可能会进一步下降等趋势。

**关键词:** 光伏产业; 太阳能电池; 薄膜太阳能电池; 晶体硅太阳能电池

**中图分类号:** F06 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2010.09.002

近年来, 随着太阳能电池技术的不断提升、价格不断下降, 光伏发电逐渐在地面广泛应用且规模日益扩大。2008 年, 光伏工业的产量几乎增加一倍, 全球太阳能组件产量<sup>①</sup>在 6.9GW~8GW。光伏产业在过去 10 年的年均增速超过 40%, 已成为当前增长最快的行业之一<sup>②</sup>。

## 一、国外光伏产业发展现状<sup>③</sup>

2008 年, 世界光伏产量增长超过 80%, 达到约 7.35GW; 已安装的系统市场增加约一倍, 估计目前达 5.6 到 6GW, 这一数据主要代表的是并网发电的光伏市场, 而不包括网下和消费产品市场。其中, 大约 1.3GW~1.75GW 的差异可以由未公布的网下安

装量(约 100MW 网下农村电力, 约 100MW 通信/信号, 约 80MW 网下商业电力)、消费类产品(约 100MW)、存储状态的电池和模块等解释。其中, 2008 年世界光伏产量的显著增长主要是由于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 [Epi 2009 年, Sys 2009]; 第二大的稳定市场是德国, 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, 加利福尼亚州、新泽西州和科罗拉多州合计超过美国并网光伏市场的 75%; 世界第四大光伏市场是韩国, 新安装量达 282MW, 根据其要在 2011 年实现新能源和可再生能源

**作者简介:** 张嵎喆 (1975-), 男, 博士, 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。

**收稿日期:** 2010年9月6日

**基金项目:** 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》的子课题《培育光伏战略性新兴产业的对策研究》的部分研究成果, 国家发改委宏观经济研究院2010年基本科研业务《我国太阳能光伏产业发展研究——基于“钻石模型”的分析》的前期研究成果。

① 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。

② JRC. PV STATUS REPORT 2009 [R/OL]. 2009-08. <http://re.jrc.ec.europa.eu/refsys/pdf/PV-Report2009.pdf>.

③ JRC. PV STATUS REPORT 2009 [R/OL]. 2009-08. <http://re.jrc.ec.europa.eu/refsys/pdf/PV-Report2009.pdf>.

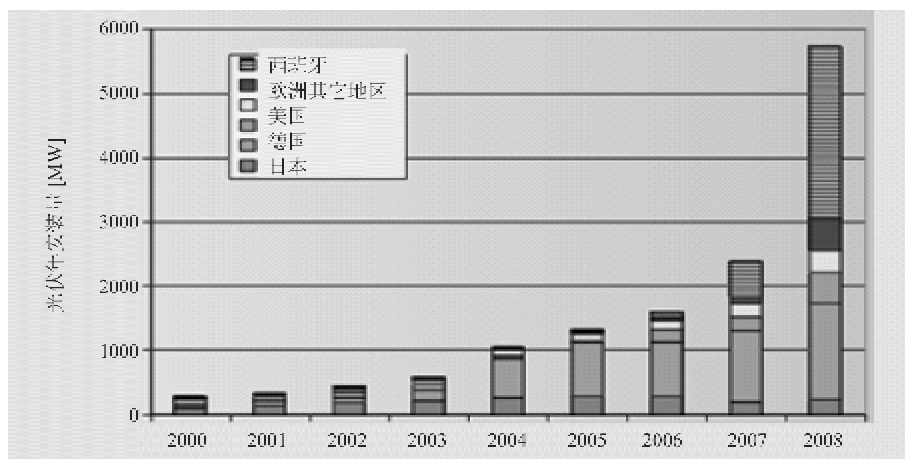


图1 2000年-2008年的光伏安装量

数据来源: EPIA [Epi 2009], Euroserver [Sys 2009 及 JRC 分析]

(NRES)达到能源总消耗5%的目标,韩国光伏市场2012年要达1.3GW的光伏发电能力,到2020年要达4GW。

## 二、国外光伏产业发展趋势

总体看,随着光伏技术在全球范围内的日臻成熟和完善,以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出以下特点:

一是从产能方面看,光伏产业的企业生产规模不断扩大和投资不断增加,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,在未来两年内,单厂年生产能力达1GWp的企业将会

出现<sup>①</sup>。另一方面,生产太阳能产品或提供相关服务的上市公司正在吸引越来越多私人 and 机构投资者。

在2008年,全球可再生能源和能源效率部门的新增投资达到创纪录的1550亿美元(约合1100亿欧元<sup>②</sup>),比2007年增长5%,但是,到下半年,受金融危机影响,投资大幅下降(季度变化:第三季度下降10%,第四季度下降23%)。

2009年第一季度延续了这种趋势(比2008年第四季度相比下降47%),但此后第二季度实现增长(比2009年第一季度增长83%)。而且,在太阳能发电领域的新增投资再次超过生物能源的新增投资,达335亿美元,占2008年新增投资的21.6%。此外,太阳能发电仍是增长最快的投资领域:并购交易达110亿美元(合78.6亿欧元),风险投资(VC)和私募股权投资(PE)达55亿美元(合39.3亿欧元),公共

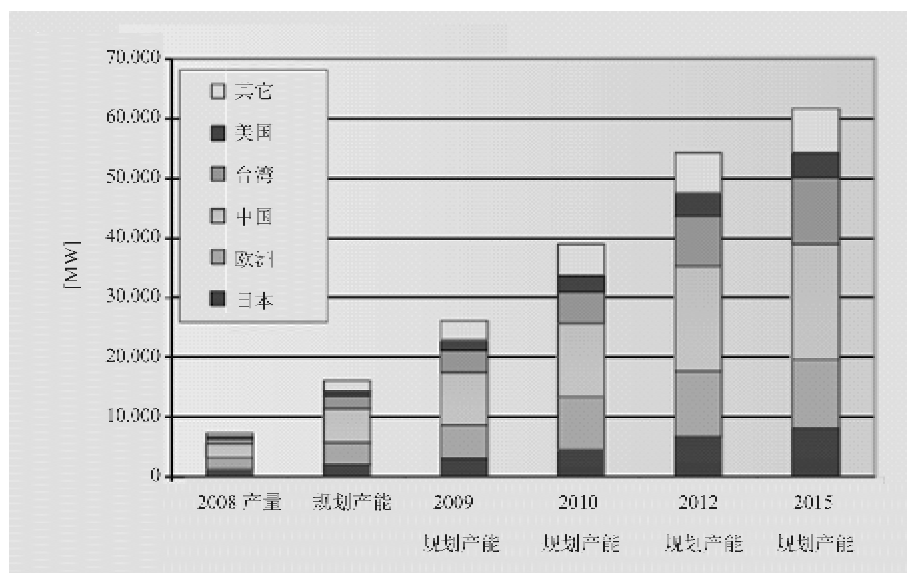


图2 2008年世界光伏产量及计划的产能扩张

① 中国电子材料行业协会经济技术管理部,北京万胜博讯科技发展有限公司.非晶硅太阳能电池行业调研报告 [R/OL]. 2006-08. <http://www.docin.com/p-41543518.html>.

② 汇率:1欧元=1.4美元

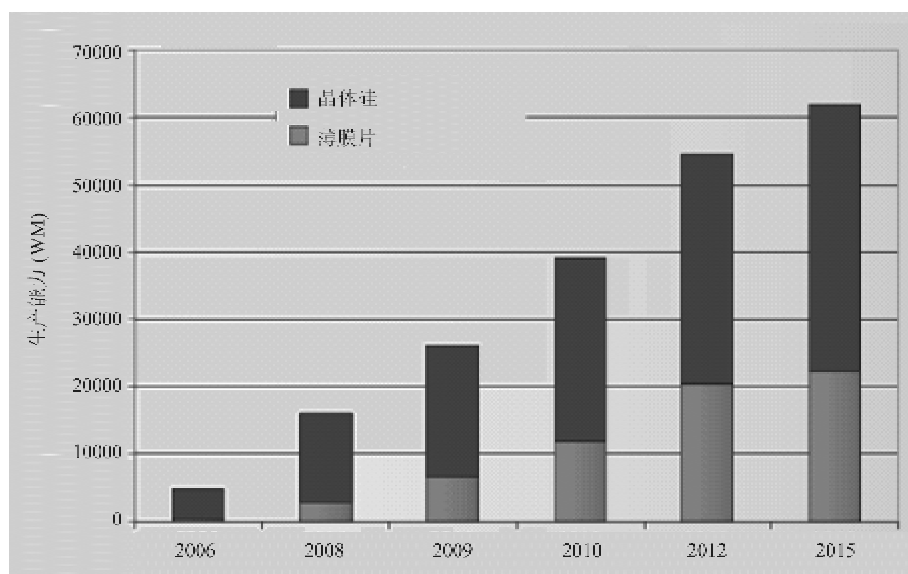


图3 实际和规划的薄膜太阳能电池和晶体硅太阳能电池组件产品的产能

市场投资达 64 亿美元(合 45.7 亿欧元)。

通过对全球 200 多家光伏企业的调查,2008 年和 2009 上半年已公布的产能再度大幅增加。如果所有这些计划都能实现,则到 2012 年,中国将拥有全球大约 32%的生产能力,达 54GW,其次是欧洲(20%),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 将下降到不足 50%<sup>①</sup>。

二是从发展区域看,发展中国家开始加大对光伏产业的政策扶持并确定了太阳能发电的宏伟目标,未来光伏产业在发展中国家有望加速发展:例如,2008 年 7 月 1 日,印度总理辛格宣布: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);国家太阳能任务中的光伏行动要求实现合作研发、技术转让和生产能力建设。2009 年 4 月,印度联邦政府制订了国家太阳能草案,目的是要使印度在太阳能领域

成为全球领导者,并且在 2020 年,实现已安装太阳能发电能力达 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,主要是太阳能灯、太阳能家用系统、太阳能路灯和抽水系统;目前,仅有 33 个光伏发电系统接入电网,总容量约 2MWp。即使按照印度第十一个五年计划(2008-2012 年)的目标,也仅是安装 50MW 的并网光伏发电系统,这将得到新能源

和可再生能源部的投资和购电方案补贴。这说明,通过加大对光伏企业生产能力方面的支持,并配合适当的公共和私人投资设立研发计划,印度有能力实现光伏产业的加速发展<sup>②</sup>。

三是从光伏技术发展趋势看,薄膜技术也正越来越获得市场接受,薄膜太阳能电池将快速增长。自 2003 年以来,光伏生产增长近 10 倍,年增长率在 40%至 80%;而自 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(CAGR)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%。薄膜太阳能电池 2008 年的出货量比 2007 年增长 129%,其产能利用率达 60%,略高于光伏产业的整体使用率 54%。此外,越来越多的光伏制造商开始多样化其产品组合,并大力发展薄膜太阳能电池产品。

目前,从事薄膜太阳能电池生产的公司超过 150 家,自 2007 年第一家 100MW 薄膜太阳能电池生产厂投入生产,2008 年各企业纷纷宣布将提升生

① 这里只使用了各公司的公开宣布数据,并没有使用第三方数据。信息截止日期是2009年7月。这种方法当然是有缺陷的:a)并非所有公司都提前宣布自己的产能增加;b)在金融紧缩期,扩张计划一般会推迟或缩减,以减小对金融市场的影响。因此,产能数字只能给出大概的趋势,并不能代表最终数字。

② JRC. PV STATUS REPORT 2009 [R/OL]. 2009-08. <http://re.jrc.ec.europa.eu/refsys/pdf/PV-Report2009.pdf>.

产能力。例如,薄膜市场的龙头第一太阳能(First Solar)2009年的生产能力将突破1GW;夏普(日本)(2007年)、昭和壳牌石油公司(日本)(2008年)和Best Solar(中国)(2008年)已分别宣布,都将各自增加薄膜产量,至少到2010年(Best Solar,夏普公司)和2011年分别实现1GW产能(昭和壳牌石油公司)。如果所有扩张计划都能实现的话,到2010年,薄膜片的生产能力可达11.9GW(而2007年米兰第22届EUPVSEC的报告预测仅为4.5GW),占光伏产品总数的30%(39GW),到2012年在全部54.3GW中占20.4GW<sup>①</sup>。

四是从光伏电池成本看,电池效率不断提高、生产规模不断扩大、硅片厚度持续降低都将继续大幅降低光伏发电成本。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%。其他新型电池,如多晶硅薄膜电池、燃料敏化电池、有机电池等不断取得进展,更高效率的新概念电池也受到广泛重视。在商业化电池方面,商业化晶体硅电池的效率高14%~20%(单晶硅电池16%~20%,多晶硅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,生产规模与成本降低的关系体现在学习曲线率LR(Learning curve)上,即生产规模扩大一倍,生产成本降低的百分比;对太阳能电池而言,LR=20%(含技术进步在内),即生产规模扩大一倍,生产成本降低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

表1 太阳能电池硅片厚度

| 年份       | 厚度( $\mu\text{m}$ ) | 硅材料用量(t/MW) |
|----------|---------------------|-------------|
| 20世纪70年代 | 450~500             | >20         |
| 20世纪80年代 | 400~450             | 16~20       |
| 20世纪90年代 | 350~400             | 13~16       |
| 2006年    | 180~240             | 12~13       |
| 2010年    | 150~180             | 10~11       |
| 2020年    | 80~100              | 8~10        |

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和发电成本还将持续下降<sup>②</sup>。

五是从行业组织结构看,光伏制造商的集中度趋于下降,未来可能还会进一步下降。从行业数据看,最大的10家光伏制造商所占市场份额从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,中国和台湾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>③</sup>。应该说,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,产业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集中度可能还会进一步下降。此外,随着光伏市场从过去的卖方市场转到买方市场,必将加快光伏产业的整合,并带动更多的合并和收购。■

#### 参考文献:

[1] JRC. PV STATUS REPORT 2009 [R/OL]. 2009-08. <http://>

① JRC. PV STATUS REPORT 2009 [R/OL]. 2009-08. <http://re.jrc.ec.europa.eu/refsys/pdf/PV-Report2009.pdf>.

② 中国电子材料行业协会经济技术管理部,北京万胜博讯科技发展有限公司.非晶硅太阳能电池行业调研报告[R/OL]. 2006-08. <http://www.docin.com/p-41543518.html>.

③ JRC. PV STATUS REPORT 2009 [R/OL]. 2009-08. <http://re.jrc.ec.europa.eu/refsys/pdf/PV-Report2009.pdf>.

- re.jrc.ec.europa.eu/refsys/pdf/PV-Report2009.pdf.
- [2] 国际电子商情. 亚太五大太阳能市场呈现不同需求特征 [R/OL]. 2010 -07 -15. [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).
- [3] 邝少平. 2009 年全球光伏产业发展研究报告[R/OL]. 2009-06-30. <http://wenku.baidu.com/view/d8a2041c59eef8c75fbfb3c4.html>.
- [4] 李俊峰, 王斯成, 张敏吉, 马玲娟. 中国光伏发展报告·2007[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2008
- [5] 李勇军. 光伏产业研究报告[R/OL]. 2009-06. <http://www.p-along.com/upload/2009102815308782.doc>.
- [6] 王仲颖, 李俊峰. 2008 年中国可再生能源产业发展综述 [G]/张晓明. 高技术产业发展年鉴 2009. 北京: 北京理工大学出版社, 2009.
- [7] 王仲颖, 任东明. 2009 年中国可再生能源产业发展综述 [G]/张晓明. 高技术产业发展年鉴 2010. 北京: 北京理工大学出版社, 2010.
- [8] 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 [R/OL]. 2006-08. <http://www.docin.com/p-41543518.html>.

## World PV Industry Status and Development Trend

ZHANG Yuzhe, WANG Jun, LI Hongyu

(Institute of Industrial Development, National Development and Reform Commission, Beijing 100038)

**Abstract:** This article summarizes world PV industry status, and judges rapid growth in the future development, PV industry is expected to accelerate the development in developing countries, PV power generation costs will be greatly reduced, the concentration of PV manufacturers may decline further based on recent developments.

**Key words:** PV industry, Solar Cells, Thin film solar cells, crystalline silicon solar cell