

# 21世纪我国光伏产业发展战略思考

赵玉文

(北京市太阳能研究所, 北京 100083)

**[摘要]** 从我国光伏产业与国际的差距以及即将“入世”所面临的挑战出发, 分析了世界光伏产业发展的趋势、速度及我国光伏产业应采取的发展战略, 对21世纪前期的发展作出初步预测, 同时还分析了为实现发展战略构想应采取的驱动措施。分析表明, 世界光伏产业在2000~2010年期间将以28.5%的年增长率发展, 如果我们能抓住“入世”机遇在同一期间以35%的年增长率发展, 就能使我国光伏发电成本在2010年与国际趋同。

**[关键词]** 光伏产业, 发展战略, 发电成本, 经验曲线, 政策法规

## 1 我国光伏产业面临的严峻挑战

### 1.1 各国发展光伏技术和产业的宏伟计划

世界光伏产业从1996年的88.5 MW增加到1999年的201 MW, 以31.5%的年平均增长率高速发展。进入21世纪, 许多国家纷纷制定更加雄心勃勃的发展规划推动光伏技术和工业的发展。日本通产省(MITI)第二次新能源分委会宣布了光伏、风能和太阳热利用计划, 2010年光伏发电装机容量达到5 GW<sup>[1]</sup>; 欧盟的可再生能源白皮书及相伴的“起飞运动”是驱动欧洲光伏发展的里程碑, 总目标是2010年光伏发电装机容量达到3 GW<sup>[2]</sup>; 美国能源部制定了从2000年1月1日开始的新5年国家光伏计划和2020~2030年的长期规划<sup>[3]</sup>, 以实现美国能源、环境、社会发展和保持光伏产业世界领导地位的战略目标。按照预计的发展速度, 2010年美国光伏销售达到4.7 GW。发展中国家的光伏产业近几年一直保持在世界光伏组件产量的10%左右(1998年为10.36%)。预测未来10年仍将保持10%或稍高的发展水平, 达到1.5 GW(约10.6%)。其中印度近几年发展迅速, 居发展中国家领先地位, 目前光伏系统的年生产量约10 MW, 累计安装量40~50 MW。因此, 到

2010年世界光伏系统累计安装容量将达到14~15 GW。

### 1.2 世界光伏产业的蓬勃发展

在各国政府计划和政策法规的推动下, 产业界纷纷扩大生产能力。如:

#### 1.2.1 欧洲

德国的10万个屋顶光伏计划及2000年开始生效的新可再生能源电力法对德国光伏发展将起巨大推动作用, 2000年头3个月的光伏总装数量等于以前的总和<sup>[4]</sup>。壳牌公司在德国新建25 MW、技术最先进的多晶硅组件自动化生产厂于1999年11月开工, 预计组件成本将下降到2美元以下<sup>[5]</sup>。

Photowatt公司在法国Bourgoin建立一条全新、全自动化生产线, 年产20 MW生产线。于1999年开始生产, 当年计划生产12 MW<sup>[2]</sup>。

ASE在德国Alzenau建成一个全自动化生产线, 年生产能力13 MW<sup>[2]</sup>。

ANTEC Solar GmbH公司于1999年在德国Ludisleben建成的CdTe薄膜电池生产线。年生产能力10 MW<sup>[2]</sup>等。

2000年内, 欧洲至少有4个全自动化光伏组件生产线投入运行, 加上其他新建厂和原有厂, 总生产能力达到100 MW, 是4年前的10倍。

### 1.2.2 日本

夏普公司投资1亿美元于2000年3月把30 MW光伏组件生产线扩大成60 MW<sup>[1]</sup>。

Kyocera投资0.5亿美元于2000年把生产能力从36 MW/a扩大到60 MW/a<sup>[1]</sup>。

三菱公司2000年计划把6 MW的工厂扩大到12 MW,在近期计划把销售增加到20 MW<sup>[1]</sup>。

Kaneka公司的年产20 MW非晶硅太阳能电池生产线的建厂已经完成。1999年10月开始全额生产。预计2000年年生产能力扩大到40 MW,年销售100亿日元<sup>[6]</sup>。

三洋电器宣布,在2001~2005年期间把其光伏生产能力增加8倍。现在的生产能力为15 MW/a。以后每年投资0.48~0.95亿美元,到2005年使生产能力增加到120 MW/a。届时,日本光伏组件生产预计达到340 MW,其中三洋占30%的份额<sup>[7]</sup>。

### 1.2.3 美国

美国Ohio的First Solar of Toledo正在建立年生产能力100 MW薄膜CdTe电池生产线。该生产线于2000年第二季度开始生产,初始每年生产20~30 MW<sup>[6]</sup>。

美国ManneSolar公司将在Nevada建造全自动化年产100 MW的光伏组件制造厂<sup>[8]</sup>,等。

## 1.3 强有力的资金、政策、法规支持

以欧洲为例,1997~1998年间欧盟成员国投资16亿欧元,其中38%是赠款和补贴,62%为间接支持,包括软贷款和支付并网电价的费用;私人投资总数13亿欧元。欧盟委员会1994~1999年的5年财政支持:来自结构性财政3亿欧元,来自研究开发设计的第四次框架计划中4亿欧元,其中光伏占1亿欧元。迄今欧洲投资银行从卢森堡批准的贷款在1993~1998年期间为3.8亿欧元<sup>[2]</sup>。

德国的支持包括10万个光伏屋顶计划,州政府支持计划,绿色能源价格,城市总成本补贴等。此外,德国新可再生能源法保证光伏系统上网电价0.99马克/(kWh),极大地推动着光伏工业的发展。欧洲和美国的一些州推行可再生能源配额法(RPS),加速可再生能源的发展<sup>[2]</sup>。日本一直对光伏屋顶系统实行强的补贴政策,使居民屋顶系统最近5年平均年增长率为96.7%<sup>[9]</sup>,成为目前世界光伏发电的最大市场。

## 1.4 严峻的挑战

近几年我国光伏产业和市场平均分别以15%和20%的年增长速率发展<sup>[10]</sup>,形成了较好的基础,但在总体水平上同国外还有很大差距:生产规模小,技术水平较低,专用原材料国产化在种类和质量上存在差距,光伏组件成本高出国外产品约30%以上。每年从国外进入我国市场产品的总发电能力约0.5 MW,加上关税后其价格有时还低于我国产品,竞争压力很大。面对国际光伏产业的快速发展和即将加入WTO的形势,在大幅度降低关税情况下,我国光伏产业将面临着严峻的挑战。

## 2 21世纪我国光伏工业发展的战略思考

### 2.1 世界光伏工业发展和成本下降趋势

我国光伏发展战略必须放在国际环境加以考虑。因此了解未来世界光伏产业的发展趋势和速度是必要的。根据上述欧、美、日的计划,加上世界其他部分,2010年世界累计生产总量估计为14~15 GW(美国4.7 GW,日本5 GW,欧洲3 GW,其他1.5 GW)。1999年世界光伏组件产量为201 MW,累计装机容量1 GW,意味着2000~2010年期间再生产出13~14 GW的光伏组件,平均年增长率为28.5%。特别是在强有力的政策、法规、资金的支持下,甚至会象德国风能那样,出现远远超过计划的、意想不到的惊人发展速度。

光伏发电的经济性,即光伏组件和系统成本的下降趋势可以用两种方法估算<sup>[11]</sup>:一是把技术改进与生产规模结合起进行具体的经济分析,二是采用经验法(learning curve method)分析,即产量(规模)每增加1倍,成本降低10%~30%。作者采用经验法进行预测,光伏产业的情况是产量(规模)每增加1倍,成本降低约20%;用系统安装价格计算发电成本,计算中价格按照比成本高出30%、系统寿命20年、每年运行和维护费用为系统安装费用的2%等考虑。当前世界光伏系统的安装成本平均按7美元/W计算。经验曲线的结果如图1所示,即光伏发电成本随产量(规模)增长而下降的变化关系。未来10年按照28.5%的年增长率进行预测,以后按25%年增长率预测。表1是不同时段的预测结果,2000~2010期间年增长率28.5%,2011~2030期间年增长率25%,产量每增加1倍,成本下降20%。

国际上一般把光伏发电成本低于

6 美分/(kWh)作为一个重要的阶段性发展目标, 因为实现了这个成本目标, 光伏发电就基本上具备与常规能源竞争的能力(包括外部成本), 可以取消补贴性的鼓励政策, 按市场规律获得发展。按照表 1 所示的预测结果, 2010 年和 2020 年世界光伏组件年产量将分别达到 3.2 GW 和 30 GW, 发电成本分别降低到 0.11 和 0.053 美元/(kWh)。2019 年可以实现这个光伏产业发电成本低于 6 美分/(kWh)的目标。这和国际上的预测基本一致或略显保守。

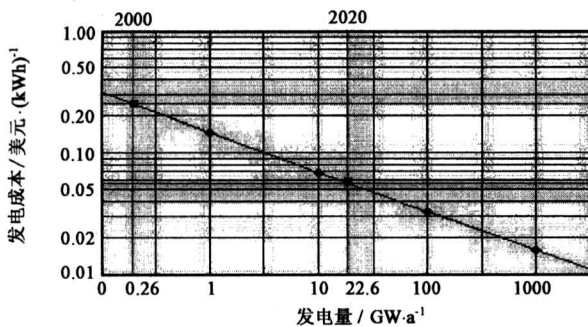


图 1 世界光伏产业发展的经验曲线

Fig.1 The learning curve of world PV industry

表 1 世界光伏发电预测

Table 1 The prediction of world PV electricity

年份	2000	2005	2010	2019	2020	2030
发电量/GW·a <sup>-1</sup>	0.26	0.91	3.2	24	30	277
累计装机容量/GW	1.26	4.19	14.5	117.	147	1383
系统价格/美元·W <sup>-1</sup>	7.0	4.68	3.12	1.64	1.52	0.74
发电成本 /美元·(kWh) <sup>-1</sup>	0.245	0.164	0.11	0.057	0.053	0.026

## 2.2 我国光伏产业发展战略思考

### 1) 加快发展是应对挑战的唯一出路

应对“入世”挑战的唯一战略措施是加大投入以增强我国光伏发电技术的创新能力、加速我国光伏产业发展, 缩小差距, 争取在一定期限使产品质量和成本达到世界水平。根据我国光伏产业的现实情况, 我国光伏产业发展的预测经验曲线如图 2 所示。要想缩小差距, 我们必须以更高的年增长率发展。计算表明, 我国光伏产业在 2000~2010 年期间必须以 35% 的年增长率发展才能在 2020 年与世界光伏发电成本趋同。表 2 表示我国不同时段的产量、总装机容量、系统成本和发电成本的预测结

果, 2000~2010 年增长率 35%, 2010~2030 年增长率 25%, 产量每增加 1 倍, 成本下降 20%。图 3 为我国光伏产业和世界光伏产业在 2000~2010 年期间分别用 35% 和 28.5% 年增长率发展、以后均用 25% 的年增长率发展的预测结果及比较。

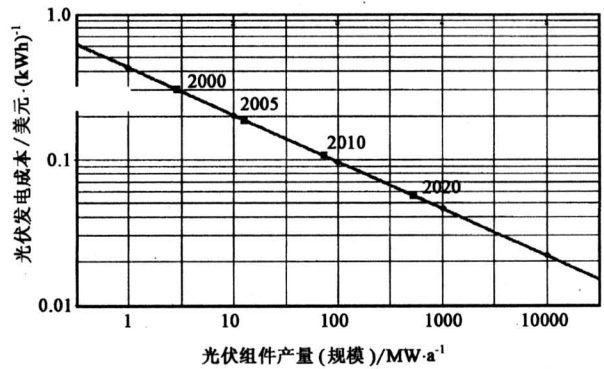


图 2 中国光伏产业发展的经验曲线

Fig.2 The learning curve of PV industry in China

表 2 中国光伏产业及发电成本预测

Table 2 The prediction of PV electricity in China

年份	2000	2010	2018	2020	2030
发电量/MW	3.0	60	360	562	5230
总装机容量/MW	18	240	1735	2746	26100
系统成本/美元·W <sup>-1</sup>	8.0	3.04	1.71	1.48	0.72
发电成本/美元·(kWh) <sup>-1</sup>	0.28	0.11	0.06	0.053	0.025

2) 加快发展是缓解我国能源资源短缺和能源可持续发展的迫切要求

资源短缺——除太阳能外, 各种资源的储采比都比世界平均水平低, 如图 4 所示。

生态环境恶化状况和速度甚于国际平均状况。

3) 把光伏发电产业发展与西北大开发战略和可持续发展结合起来

4) 发展战略的阶段性

2000~2005 年, 重点解决农村电气化, 适当开展并网屋顶示范工程; 2006~2010 年, 实现农村电气化, 推广屋顶并网光伏工程及其他应用; 2011 年以后普遍推广各种并网屋顶工程和各种应用。

## 3 实现上述发展速度应采取战略措施

由于光伏发电成本高, 目前除了在个别特殊市场上有竞争力和发挥重要作用外, 在整个电力市场

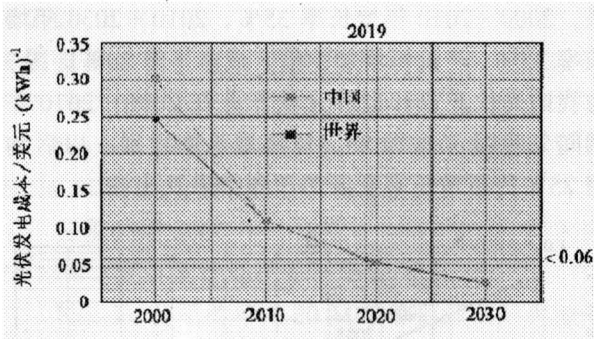


图3 中国和世界光伏发电成本预测

Fig.3 Prediction of the cost of PV electricity in China and in the world

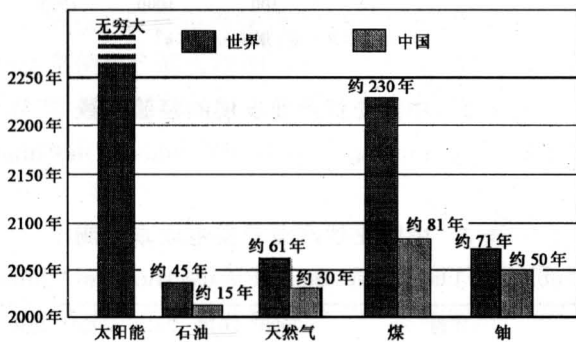


图4 中国各种能源储采比与世界比较<sup>1</sup>

Fig.4 The comparison of ratio of energy reserves to exploitability between China and world

上还不能和常规电力竞争。在考虑到人类未来能源的持续发展和环境压力，90年代后期世界上许多国家都采取了强有力的法规和鼓励政策来驱动光伏产业和市场的发展。20多年来光伏产业已经从无到有，发展到1999年，发电量达201 MW，总装机容量1 GW，成本下降了两个数量级，组件成本在3美元/W以下，发电成本约0.25美元/kWh。可以说，政府驱动是世界光伏技术和产业快速发展的根本原因。因此，为了保证上述必要的发展速度，应当根据我国国情和参考国外的成功经验，制定有效的法规和鼓励政策驱动我国光伏产业和技术发展。其中可供参照的政策法规有：

1) 可再生能源配额规定 (Renewable Portfolio Standard, 简称RPS)。国家或地方政府对电力部

门或相关部门按时段规定可再生能源在能源结构或电力结构中的比例，并以强制性措施和条款贯彻执行（如欧盟及美国的一些州）。

2) 根据可再生能源的种类及实际成本规定相应的电价，使可再生能源投资者和发电者有利可图，鼓励产业发展（如德国的新可再生能源法）。

3) 规定较长期的低息或无息贷款或贴息贷款，鼓励投资者（如德国、日本）。

4) 对安装光伏系统实行较高的补贴政策（如日本、德国），开拓市场；

5) 对光伏产业实行减免税政策（如美国、日本、欧洲），鼓励产业发展；

6) 加大光伏技术研究开发投入，通过技术降低成本（如美、日、欧）。

#### 4 结束语

我国光伏产业和技术同世界的差距以及即将“入世”的形势既给我国光伏产业和技术的发展带来了严峻的挑战，同时也带来了发展的机遇。面对严峻的挑战，只有通过更快的发展缩小差距，在迎接挑战中获得发展的机遇。2010年世界光伏累计安装量将达到14~15 GW，意味着世界光伏产业将以28.5%的年增长速率发展。我国光伏产业只有保持35%年增长速率的发展速度，才可能在2010年与世界光伏产品成本趋同，摆脱被动局面。要获得这样的发展速度，国家应制定强有力的政策法规和给予比较强的投入，驱动光伏产业和技术的发展，才能把挑战变成发展的机遇。因此政策法规和强投入是实现我国光伏产业发展战略的根本保证。

#### 参考文献

- [1] Renewables Summary and Costs Forecasts for Japan Released[J]. Renewable Energy World, 2000, 3(2): 12
- [2] Palz W. PV for the new century - status and prospects for PV in Europe[J]. Renewable Energy World, 2000, 3(2): 24
- [3] Photovoltaic energy for the new millenium: The US National Photovoltaics Program Plan [J]. Sun World, 2000, 24(1): 4
- [4] Germany's new renewables law is passed[J]. Renewable Energy World, 2000, 3(2): 8

(cont. on p.36)

1. 据昭和シエル石油株式会社“Photovoltaic generation System”图片和国家计委能源所“能源基础数据”绘制。

## Discussion about Standardization for Feed Industry and Quality Management of Its Products in China

Zhang Ziyi

(*Institute of Animal Sciences, CAAS, Beijing 100094, China*)

**[Abstract]** Since reform and opening up to the outside world, Chinese feed industry and animal husbandry have been greatly developed. However after entering WTO and on the road of continues development, there are still various unfavorable conditions to which much attention should be paid. It is necessary to sum up experience conscientiously in the past 20 years, and proceed from national condition to quicken the pace of standardization in feed industry. The standardization of Chinese feed industry will be in line with the International standardization as soon as possible. When new products developed, the management of product quality should be tightened up. Ecological benefits must be put in the first place in the standard of environmental management.

**[Key words]** feed industry; standardization; safety of feed; ISO 14000; nutrient requirement of animal

(cont. from p. 20)

- [ 5 ] Jones J. Shell's new solar cell plant opens[J]. in Achievements & Potential, Renewable Energy World, 2000, 3(1): 94
- [ 6 ] Solar cell manufacturing capacity expanding fast[J]. Renewable Energy World, 2000, 3(1): 8
- [ 7 ] Sanyo increases its PV production[J]. Renewable Energy World, 2000, 3(3): 14
- [ 8 ] Minnesolar Says it's Building in Phases 100 MW Module Factory in Nevada[J]. PV Insider's Report, Sep. 1999, p1.
- [ 9 ] Japan's Rooftop PV Program Reaches 65MW, 17,500 Systems in Five years[J]. PV Insider's Report, July, 1999. p6.
- [10]王长贵.中国光伏发电产业与市场[J].太阳能学报, 1999,特刊:75.
- [11]Turkenburg W. UNDP, UNDESA, WEC, World Energy Assessment[R], Chapter7, 7.4.8 Economic Aspects, June, 1999

## Consideration of Development Strategy of Chinese Photovoltaic Industry in the 21st Century

Zhao Yuwen

(*Beijing Solar Energy Research Institute, Beijing 100083, China*)

**[Abstract]** From the development trend and rate of world photovoltaic(PV) industry and the difference between China and the world and the challenge faced by getting into WTO, this paper analyzes the development strategy and rate of China's PV industry which should be adopted. The analysis shows that world PV industry development will speed up with an average increase of 28.5% during 2000 - 2010. If china can seize the opportunity of "getting into WTO" to speed up its PV industry with an average increase rate of 35% per year during the same period, the Chinese PV Industry may catch up with world average level in terms of the cost of PV electricity. The preliminary prediction of the development in the earlier stage of 21st century and the analysis of driving measures for realizing the strategy plot are made in this paper as well.

**[Key words]** photovoltaic industry; development strategy; learning curve; policy & regulation