

# 光伏产业技术路线图

GUANGFU CHANYE JISHU LUXIANTU

华北电力大学太阳能研究中心 编著



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

河北省科技计划资助项目（项目编号：104139139D）

# 光伏产业技术路线图

华北电力大学太阳能研究中心 编著



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

## 内 容 提 要

本书以河北省光伏产业为基础,介绍了光伏产业技术路线图的基本编制方法和步骤,对国内外以及河北省光伏产业现状进行了分析,按照技术路线图编制步骤,对河北省光伏产业进行了市场需求分析、产业目标分析、技术壁垒分析以及研发需求分析,最终编制出光伏产业技术路线图。在本书的撰写过程中,力求做到理论与实践相结合,研究与应用同步。

本书可供科技管理部门、教学与科研机构、光伏企业等单位的管理与技术人员、教师、大中专学生及其他行业的科技管理和工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

光伏产业技术路线图 / 华北电力大学太阳能研究中心编著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2011. 11  
ISBN 978-7-5084-9163-9

I. ①光… II. ①华… III. ①太阳能发电—电力工业—技术发展—研究—河北省 IV. ①F426.61

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第233067号

|      |   |
|------|---|
| 书 名  | 光伏产业技术路线图   |
| 作 者  | 华北电力大学太阳能研究中心 编著  |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社<br>(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038)<br>网址: www.waterpub.com.cn<br>E-mail: sales@waterpub.com.cn<br>电话: (010) 68367658 (发行部) |
| 经 售  | 北京科水图书销售中心(零售)<br>电话: (010) 88383994、63202643、68545874<br>全国各地新华书店和相关出版物销售网点  |
| 排 版  | 中国水利水电出版社微机排版中心   |
| 印 刷  | 三河市鑫金马印装有限公司  |
| 规 格  | 184mm×260mm 16开本 16.75印张 397千字  |
| 版 次  | 2011年11月第1版 2011年11月第1次印刷   |
| 印 数  | 0001—1000册  |
| 定 价  | 48.00元  |

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

## 编写说明

---

本书主要依据《产业技术路线图原理与制定》的基本理论、方法，结合河北省光伏产业现状、专家经验，以产业现状与市场需求—产业目标—技术壁垒—研发需求等为研究重点，提出了具有战略性、前瞻性、科学性、可操作性、创新性的关于河北省光伏产业升级与发展战略的观点、建议和措施。

本书主要分为如下几个部分。

(1) 光伏产业概况部分，由华北电力大学可再生能源学院太阳能中心主笔。

(2) 多晶硅太阳能电池部分，由英利集团有限公司主笔。

(3) 单晶硅太阳能电池部分，由晶龙集团主笔。

(4) 薄膜硅太阳能电池部分，由天威薄膜光伏有限公司主笔。

(5) 铜铟镓硒太阳能电池部分，由新奥集团主笔。

(6) 碲化镉太阳能电池部分，由河北工业大学信息功能材料研究所主笔。

(7) 新型太阳能电池部分，由华北电力大学可再生能源学院太阳能中心主笔。

(8) 光伏供电系统关键设备与技术部分，由华北电力大学电气与电子工程学院主笔。

(9) 光伏产业技术路线图的绘制，由华北电力大学可再生能源学院太阳能中心主笔。

其中，本书后期整理工作，由华北电力大学可再生能源学院太阳能中心负责。工作组名单参见附录。在此，我们谨向河北省科技厅领导和所有参与人员表示衷心的感谢！

编者

2011年6月



太阳能是地球上资源最丰富、分布最广的可再生能源。随着技术进步和成本降低，太阳能发电已成为继风电之后可大规模开发利用的新能源技术，特别是太阳能光伏发电技术，以其安装方便、运行安全、规模灵活等特点，日益受到世界各国的高度重视，其战略地位不断提高，并已在德国、西班牙等国家得到规模化发展。2010年，全球安装了约1660万kW的光伏发电系统，累计装机容量达4000万kW，已成为重要的替代能源之一。

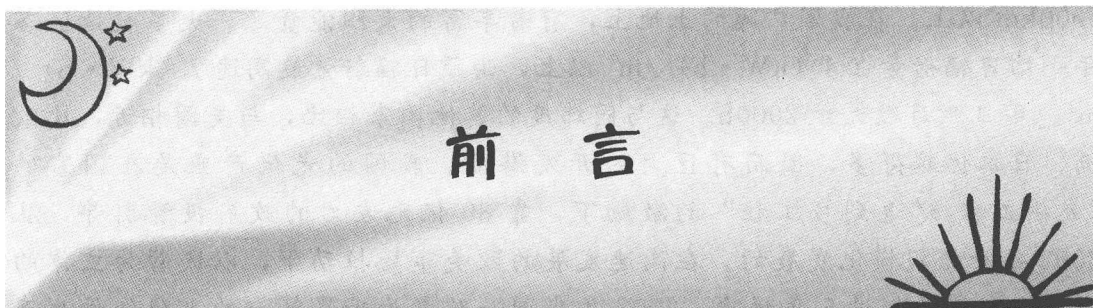
近年来，在国际市场的拉动下，我国光伏产业发展很快，已经形成了硅材料生产、电池制造、组件封装、系统集成等较为完整的产业链，光伏电池转换效率不断提高，制造能力迅速扩大。2010年我国光伏电池组件产量超过1000万kW，约占全球光伏电池产量的45%，连续4年光伏电池产量居世界第一，技术和经济的国际比较优势明显。但总体来看，我国光伏产业是靠引进国外技术发展起来的，从多晶硅提纯、硅片切割到电池生产的许多关键设备和辅助材料仍依赖进口，已经实现国产化的设备，其性能与国外先进设备相比还存在差距，说明我国光伏产业发展的基础还不够牢固。此外，光伏发电的新技术发展很快，如非晶硅、铜铟镓硒、碲化镉及其它新型太阳能技术等，如果这些新的技术取得突破，其市场竞争力和发展前景会更大。因此，加强对光伏发电技术路线的研究十分必要。

河北省是我国光伏产业发展最好的地区之一，已涌现出了英利和晶澳等世界知名的光伏企业，光伏电池产量居全国第二位，在技术研发、人才培养和产品应用方面也做得很好。为了进一步推动河北省光伏产业健康发展，由华北电力大学牵头，会同英利、晶澳等光伏企业，组织众多相关领域的学术专家，分析了国内外光伏产业发展状况，结合河北省光伏产业发展实际，以产业现状、市场需求、产业目标、技术壁垒、研发需求等为研究重点，提出

了具有战略性、前瞻性、科学性和创新性的河北省光伏产业升级与发展的观点、建议和措施，制定了河北光伏产业技术路线图，这不仅对河北省光伏产业和经济发展具有重要战略意义，而且对我国光伏产业的发展也具有积极的推动作用。

国家能源局新能源和可再生能源司 副司长

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized loop followed by a few short, horizontal strokes.



## 前言

传统的燃料能源正在一天天减少，对环境造成的危害日益突出，同时全球还有 20 亿人得不到正常的能源供应。这个时候，全世界都把目光投向了可再生能源，希望可再生能源能够改变人类的能源结构，维持长远的可持续发展。这之中太阳能以其独有的优势而成为人们重视的焦点。丰富的太阳辐射能是重要的能源，是取之不尽、用之不竭、无污染、廉价、人类能够自由利用的能源。太阳能每秒钟到达地面的能量高达 80 万 kW，假如把地球表面 0.1% 的太阳能转为电能，转变率 5%，每年发电量可达  $5.6 \times 10^{12} \text{ kW} \cdot \text{h}$ ，相当于目前世界上能耗的 40 倍。

太阳能光伏技术利用半导体器件的光伏效应原理，是近年来发展最快、最有活力的可再生能源利用技术。目前全球主要国家都把发展光伏发电作为利用太阳能的主要形式。随着太阳能电池成本的降低和转换效率的提高，它作为太阳能利用的主要形式的趋势将越来越明显。2000~2005 年全球太阳能电池产量以平均 30% 以上的速度迅猛增长，光伏发电累计装机容量保持 40% 以上的增长率。但受 2008 年金融危机冲击，2009 年全球太阳能电池产量及累计装机容量增长速度下滑，全球太阳能电池产量增速从 2008 年的 99.4% 下滑至 36.4%；光伏发电累计装机容量增速从 63% 下滑至 41.8%。不过，2010 年度全球光伏市场在美国、亚洲等迅速成长的光伏市场推动下，增速超过 2009 年。SolarBuzz 报告显示，2010 年全球光伏总装机容量为 16.3GW，欧洲市场需求量占 78%，但受德国光伏发电上网补贴下调影响，德国市场第四季度下降较快。SolarBuzz 预计，2011 年产量将增长 46%，欧洲市场受德国补贴新政影响将经历动荡，美国、中国、加拿大、印度等市场将明显增长。

我国太阳能资源非常丰富，理论储量达每年 17000 亿 t 标准煤。太阳能资源开发利用的潜力非常广阔。我国地处北半球，南北距离和东西距离都在

5000km 以上。在我国广阔的土地上，有着丰富的太阳能资源。大多数地区多年平均日辐射量在  $4 \text{ (kW} \cdot \text{h) / m}^2$  以上，西藏日辐射量最高达  $7 \text{ (kW} \cdot \text{h) / m}^2$ 。年日照时数大于 2000h。这与同纬度的其他国家相比，与美国相近，比欧洲、日本优越得多，因而有巨大的开发潜能。我国的光伏产业是在国家的“光明工程/送电到乡工程”的激励下，靠 30 亿元左右的政府投资引导，从 2002 年开始规模化发展的。在高速发展的欧美市场拉动下，以民营为主体的我国光伏产业经过 5 年拼搏，2007 年我国一跃成为世界第一的光伏组件生产国和出口国，2010 年国内光伏发电新增装机容量达到 500MW，大大地超过了 2009 年同期水平。但是这并未改变总体市场规模偏小的现状，目前国内光伏企业 90% 的光伏组件产品仍然需要出口，国内光伏产业市场在海外的现状没有得到实质性改观。

河北省在光伏产业发展方面，加强对外开放和战略合作，整合资源促进产业调整，完善知识产权和人才政策，加大政府宏观引导和协调力，使河北省光伏行业在“十一五”期间得到了快速发展，成为我国光伏产业重要基地。据统计，2009 年，河北省光伏电池产能 1800MW，居全国第二位，光伏电池产量约为 1200MW，光伏发电装机容量 810kW，到 2010 年底，光伏发电装机容量可达到 6700kW。根据《河北省新能源产业“十二五”发展规划》，到 2015 年，河北省光伏电池生产规模将达到 6000MW，光伏发电装机容量将达到 30 万 kW。

在科学技术和经济快速发展的大环境中，实现产业技术整体水平与国际接轨，以及保持经济持续发展，都与科技管理创新息息相关。同时，科技管理创新是一个把握和融合科技发展规律和经济发展规律的过程，从科技发展趋势和市场需求出发，对产业升级和经济快速持续发展有着直接推动作用。“技术路线图”是一种战略集成规划工具，其立足于技术创新，构建现代产业体系，推动经济发展。

技术路线图是源于发达国家的一种技术集成战略管理工具。它应用一系列科学的方法，汇集了众多相关领域的学术专家、政府官员及企业界人士的集体智慧，并有效组织、连接各个环节，通过集思广益、集中凝练，最终获得科学性、权威性、决策性的共识和结论。为此，在新的形势下，研究和确定河北省光伏产业技术升级的战略发展取向、实施路线，进一步增强河北省光伏产业参与国际竞争的能力，实现健康、可持续发展，不仅对于河北省国民经济的发展具有重要的战略意义和深远的历史意义，而且对于我国乃至国际光伏行业的发展也具有积极的推动作用。在河北省科技厅的统一部署和领



导下，河北省光伏产业技术路线图的制定工作于2010年3月23日正式启动。

按照指导委员会的整体实施计划安排，河北省光伏产业技术路线图的制定严格按照《产业技术路线图原理与制定》的规定程序进行，首先确定了领军人物，成立路线图指导委员会，划分若干工作小组，建立了专家库，按照工作计划和方案，收集国内外资料，进行光伏产业发展现状的论证分析。通过一系列研讨会的分析总结，最终撰写成河北省光伏产业技术路线图详细的论证报告，并编制出河北省光伏产业技术路线图。

**光伏产业技术路线图工作组**

2011年6月

# 目 录



序

前言

编写说明

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| <b>第 1 章 光伏产业概况</b> .....            | 1  |
| 1.1 世界主要光伏产业发展概况 .....               | 1  |
| 1.1.1 世界光伏产业发展历史 .....               | 1  |
| 1.1.2 世界光伏产业发展现状 .....               | 2  |
| 1.2 我国及河北省光伏产业发展概况 .....             | 3  |
| 1.2.1 我国光伏产业发展现状 .....               | 3  |
| 1.2.2 河北省光伏产业发展现状 .....              | 4  |
| <b>第 2 章 多晶硅太阳能电池</b> .....          | 8  |
| 2.1 引言 .....                         | 8  |
| 2.2 多晶硅材料和晶体硅太阳能电池 .....             | 8  |
| 2.2.1 世界主要太阳级多晶硅产业发展概况 .....         | 9  |
| 2.2.2 我国多晶硅及电池技术发展概况 .....           | 18 |
| 2.2.3 河北省多晶硅及电池技术发展概况 .....          | 24 |
| 2.3 市场需求 .....                       | 27 |
| 2.3.1 产业 SWOT (优势、劣势、机遇、挑战) 分析 ..... | 27 |
| 2.3.2 市场需求要素分析 .....                 | 28 |
| 2.3.3 市场需求要素分析结论 .....               | 28 |
| 2.4 产业目标 .....                       | 28 |
| 2.4.1 产业目标要素排序 .....                 | 28 |
| 2.4.2 产业目标要素与市场需求要素关联分析 .....        | 30 |
| 2.4.3 产业目标要素技术指标量化分析 .....           | 31 |
| 2.4.4 产业目标分析结论 .....                 | 33 |
| 2.5 技术壁垒 .....                       | 34 |
| 2.5.1 硅材料部分 .....                    | 34 |
| 2.5.2 多晶硅铸锭工艺 .....                  | 36 |
| 2.5.3 硅片切割工艺 .....                   | 37 |
| 2.5.4 晶体硅太阳能电池 .....                 | 41 |

|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| 2.5.5 组件部分                     | 42        |
| 2.6 研发需求                       | 44        |
| 2.6.1 研发需求要素分析                 | 44        |
| 2.6.2 研发需求时间节点分析               | 46        |
| 2.6.3 研发需求分析结论                 | 48        |
| <b>第3章 单晶硅太阳能电池</b>            | <b>49</b> |
| 3.1 单晶硅材料和单晶硅太阳能电池             | 49        |
| 3.1.1 世界主要太阳能级单晶硅电池产业发展概况      | 49        |
| 3.1.2 我国单晶硅太阳能电池技术发展概况         | 51        |
| 3.1.3 河北省单晶硅太阳能电池技术发展概况        | 52        |
| 3.2 市场需求                       | 53        |
| 3.2.1 产业 SWOT (优势、劣势、机遇、挑战) 分析 | 53        |
| 3.2.2 市场需求要素分析                 | 53        |
| 3.2.3 市场需求要素分析结论               | 54        |
| 3.3 产业目标                       | 54        |
| 3.3.1 产业目标要素排序                 | 55        |
| 3.3.2 产业目标要素与市场需求要素关联分析        | 55        |
| 3.3.3 产业目标要素技术指标量化分析           | 55        |
| 3.3.4 产业目标分析结论                 | 56        |
| 3.4 技术壁垒                       | 56        |
| 3.4.1 成熟关键技术                   | 57        |
| 3.4.2 在研关键技术                   | 57        |
| 3.5 研发需求                       | 58        |
| 3.5.1 研发需求要素分析                 | 58        |
| 3.5.2 研发需求时间节点分析               | 59        |
| 3.5.3 研发需求分析结论                 | 59        |
| <b>第4章 薄膜硅太阳能电池</b>            | <b>61</b> |
| 4.1 薄膜硅太阳能电池产业现状与地位            | 61        |
| 4.1.1 原材料、辅料和附件                | 61        |
| 4.1.2 电池制造设备及工艺                | 71        |
| 4.2 市场需求                       | 97        |
| 4.2.1 产业 SWOT (优势、劣势、机遇、挑战) 分析 | 97        |
| 4.2.2 市场需求要素分析                 | 103       |
| 4.2.3 市场需求要素分析结论               | 109       |
| 4.3 产业目标                       | 110       |
| 4.3.1 产业目标要素排序                 | 110       |
| 4.3.2 产业目标要素与市场需求要素关联分析        | 110       |

|            |                          |            |
|------------|--------------------------|------------|
| 4.3.3      | 产业目标要素技术指标量化分析           | 111        |
| 4.3.4      | 产业目标分析结论                 | 112        |
| 4.4        | 技术壁垒                     | 113        |
| 4.4.1      | 成熟关键技术                   | 113        |
| 4.4.2      | 在研关键技术                   | 121        |
| 4.5        | 研发需求                     | 122        |
| 4.5.1      | 研发需求要素分析                 | 122        |
| 4.5.2      | 研发需求分析结论                 | 122        |
| <b>第5章</b> | <b>铜铟镓硒太阳能电池</b>         | <b>131</b> |
| 5.1        | 产业现状与地位                  | 131        |
| 5.1.1      | 世界主要 CIGS 产业发展概况         | 131        |
| 5.1.2      | 我国 CIGS 薄膜电池发展概况         | 135        |
| 5.1.3      | 河北省 CIGS 薄膜电池发展概况        | 137        |
| 5.2        | 市场需求                     | 137        |
| 5.2.1      | 产业 SWOT (优势、劣势、机遇、挑战) 分析 | 137        |
| 5.2.2      | 市场需求要素分析                 | 138        |
| 5.2.3      | 市场需求要素分析结论               | 138        |
| 5.3        | 产业目标                     | 139        |
| 5.3.1      | 产业目标要素排序                 | 139        |
| 5.3.2      | 产业目标要素技术指标量化分析           | 139        |
| 5.3.3      | 产业目标分析结论                 | 140        |
| 5.4        | 技术壁垒                     | 140        |
| 5.4.1      | 成熟关键技术                   | 140        |
| 5.4.2      | 在研关键技术                   | 141        |
| 5.5        | 研发需求                     | 142        |
| 5.5.1      | 研发需求要素分析                 | 142        |
| 5.5.2      | 研发需求时间节点分析               | 143        |
| 5.5.3      | 研发需求分析结论                 | 143        |
| <b>第6章</b> | <b>碲化镉太阳能电池</b>          | <b>144</b> |
| 6.1        | 产业现状与地位                  | 144        |
| 6.1.1      | 世界主要 CdTe 太阳能电池产业发展概况    | 144        |
| 6.1.2      | 我国 CdTe 太阳能电池技术发展概况      | 147        |
| 6.1.3      | 河北省 CdTe 技术发展概况          | 148        |
| 6.2        | 市场需求                     | 148        |
| 6.2.1      | 产业 SWOT (优势、劣势、机遇、挑战) 分析 | 148        |
| 6.2.2      | 市场需求要素分析                 | 150        |
| 6.2.3      | 市场需求要素分析结论               | 151        |

|            |                   |            |
|------------|-------------------|------------|
| 6.3        | 产业目标              | 151        |
| 6.3.1      | 产业目标要素排序          | 151        |
| 6.3.2      | 产业目标要素与市场需求要素关联分析 | 152        |
| 6.3.3      | 产业目标要素技术指标量化分析    | 152        |
| 6.3.4      | 产业目标分析结论          | 153        |
| 6.4        | 技术壁垒              | 153        |
| 6.4.1      | 成熟关键技术            | 153        |
| 6.4.2      | 国内外专利             | 154        |
| 6.4.3      | 行业标准              | 155        |
| 6.4.4      | 技术壁垒分析            | 155        |
| 6.5        | 研发需求              | 156        |
| 6.5.1      | 研发需求要素分析          | 156        |
| 6.5.2      | 研发需求时间节点分析        | 158        |
| 6.5.3      | 研发需求分析结论          | 158        |
| <b>第7章</b> | <b>新型太阳能电池</b>    | <b>159</b> |
| 7.1        | 引言                | 159        |
| 7.2        | 高效聚光光伏系统          | 159        |
| 7.2.1      | 国内外研究现状           | 159        |
| 7.2.2      | 聚光光伏系统的组成         | 160        |
| 7.2.3      | 聚光光伏系统的原理         | 165        |
| 7.2.4      | 聚光光伏系统国内外研究现状     | 167        |
| 7.2.5      | 产业目标              | 168        |
| 7.2.6      | 市场需求              | 172        |
| 7.2.7      | 技术壁垒              | 174        |
| 7.2.8      | 研发需求              | 175        |
| 7.3        | 染料敏化太阳能电池         | 177        |
| 7.3.1      | 染料敏化太阳能电池的结构和组成   | 177        |
| 7.3.2      | 染料敏化太阳能电池的工作原理    | 179        |
| 7.3.3      | 染料敏化太阳能电池关键技术研究进展 | 180        |
| 7.3.4      | 染料敏化太阳能电池效率研究进展   | 184        |
| 7.3.5      | 染料敏化太阳能电池产业化研究进展  | 186        |
| 7.3.6      | 产业目标              | 188        |
| 7.3.7      | 市场需求              | 189        |
| 7.3.8      | 技术壁垒              | 189        |
| 7.3.9      | 研发需求              | 190        |
| 7.4        | 有机太阳能电池           | 190        |
| 7.4.1      | 器件结构及其工作原理        | 191        |

|            |                            |            |
|------------|----------------------------|------------|
| 7.4.2      | 光伏活性材料 .....               | 194        |
| 7.4.3      | 有机薄膜太阳能电池性能研究状况 .....      | 197        |
| 7.4.4      | 产业目标 .....                 | 200        |
| 7.4.5      | 市场需求 .....                 | 200        |
| 7.4.6      | 技术壁垒 .....                 | 200        |
| 7.4.7      | 研发需求 .....                 | 201        |
| <b>第8章</b> | <b>光伏供电系统关键设备与技术 .....</b> | <b>204</b> |
| 8.1        | 光伏应用 .....                 | 204        |
| 8.2        | MPPT 控制器 .....             | 206        |
| 8.2.1      | 技术现状 .....                 | 206        |
| 8.2.2      | 市场需求 .....                 | 208        |
| 8.2.3      | 技术壁垒 .....                 | 208        |
| 8.2.4      | 研发需求 .....                 | 209        |
| 8.3        | 逆变技术 .....                 | 209        |
| 8.3.1      | 技术现状 .....                 | 210        |
| 8.3.2      | 市场需求 .....                 | 215        |
| 8.3.3      | 技术壁垒 .....                 | 219        |
| 8.3.4      | 研发需求 .....                 | 219        |
| 8.4        | 储能技术 .....                 | 219        |
| 8.4.1      | 技术现状 .....                 | 220        |
| 8.4.2      | 市场需求 .....                 | 224        |
| 8.4.3      | 技术壁垒 .....                 | 226        |
| 8.4.4      | 研发需求 .....                 | 226        |
| 8.5        | 光伏运行管理系统 .....             | 226        |
| 8.5.1      | 技术现状 .....                 | 226        |
| 8.5.2      | 市场需求 .....                 | 228        |
| 8.5.3      | 产业目标 .....                 | 228        |
| 8.5.4      | 技术壁垒 .....                 | 228        |
| 8.5.5      | 研发需求 .....                 | 228        |
| <b>第9章</b> | <b>光伏产业技术路线图的绘制 .....</b>  | <b>230</b> |
| 9.1        | 河北省光伏技术路线图 .....           | 231        |
| 9.1.1      | 多晶硅太阳能电池技术路线图 .....        | 231        |
| 9.1.2      | 单晶硅太阳能电池技术路线图 .....        | 231        |
| 9.1.3      | 薄膜硅太阳能电池技术路线图 .....        | 231        |
| 9.1.4      | 铜铟镓硒太阳能电池技术路线图 .....       | 231        |
| 9.1.5      | 碲化镉太阳能电池技术路线图 .....        | 231        |
| 9.1.6      | 新型太阳能电池技术路线图 .....         | 231        |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 9.1.7 光伏供电系统关键设备与技术路线图 .....   | 240 |
| 9.2 河北省光伏产业技术路线图总图 .....       | 240 |
| 附录一 制定委员会及专家库名单 .....          | 241 |
| 附录二 光伏产业国家行业现行标准目录（国际标准） ..... | 246 |
| 附录三 光伏产业国家行业现行标准目录（国内标准） ..... | 248 |
| 参考文献 .....                     | 249 |

# 第 1 章 光伏产业概况

## 1.1 世界主要光伏产业发展概况

### 1.1.1 世界光伏产业发展历史

自从 1954 年第一块实用电池问世以来, 光伏电池便取得了长足的发展。大概经历了以下几个阶段。

第一阶段 (1954~1973 年)。1954 年恰宾和皮尔松在美国贝尔实验室首次制成了实用的单晶硅太阳电池, 效率为 6%。同年, 威克尔首次发现了砷化镓有光伏效应, 并在玻璃上沉积硫化镉薄膜, 制成了太阳电池。太阳电池开始了缓慢的发展。

第二阶段 (1973~1980 年)。1973 年爆发了中东战争, 引起了第一次石油危机, 从而使许多国家, 特别是工业发达国家, 加强了对太阳能及其他可再生能源技术发展的支持, 在世界上再次兴起了开发利用太阳能热潮。1973 年, 美国制定了政府级阳光发电计划, 太阳能研究经费大幅度增长, 而且成立了太阳能开发银行, 促进太阳能产品的商业化。于 1978 年美国建成了 100kWp 太阳地面光伏电站。日本 1974 年公布了政府制定的“阳光计划”。

第三阶段 (1980~1992 年)。进入 20 世纪 80 年代, 世界石油价格大幅回落, 而太阳能产品价格居高不下, 缺乏竞争力, 太阳能技术没有重大突破, 提高效率和降低成本的目标未能实现, 以致动摇了一些人开发利用太阳能的信心。这个时期, 太阳能利用进入了低谷, 世界上很多国家相继大幅消减太阳能研究经费, 其中美国最为突出。

第四阶段 (1992~2000 年)。由于大量燃烧矿物能源, 造成了全球性的环境污染和生态破坏, 对人类的生存和发展构成威胁。在这样的背景下, 1992 年联合国在巴西召开“世界环境和发展大会”, 会议通过了《里约热内卢环境与发展宣言》、《21 世纪议程》和《联合国气候变化框架条约》等一系列重要文件, 把环境与发展纳入统一的框架, 确立了可持续发展的模式。这次会议之后, 世界各国加强了清洁能源技术的开发, 将利用太阳能和环境保护结合在一起, 国际太阳能领域的合作更加活跃, 规模扩大, 使世界太阳能技术进入了一个新的发展时期。这个阶段的标志性事件有: 1993 年, 日本重新制定“阳光计划”; 1997 年, 美国提出“克林顿总统百万太阳能屋顶计划”; 1998 年, 澳大利亚新南威尔士大学创造了单晶硅太阳电池效率 25% 的世界纪录。

第五阶段 (2000 年至今)。进入 21 新世纪, 原油也进入了疯狂上涨的阶段, 从 2000 年的不足 30 美元/桶, 暴涨到 2008 年 7 月时接近 150 美元/桶, 这样世界各国再次认识到不可再生能源的稀缺性, 加强了人们发展新能源的欲望。此一阶段, 太阳能产业也得到了轰轰烈烈的发展, 许多发达国家加强了政府对新能源发展的支持补贴力度, 太阳能发电装机容量得到了迅猛的增长。受益于太阳能发电需要的猛烈增长, 我国在 2007 年一跃成为



世界第一大太阳能电池生产大国。在光伏电池转换效率方面，多晶硅太阳能电池最高转换效率达到了 20.3%。2009 年，美国 Spectrolab 公司最新研制的砷化镓 (GaAs) 多结聚光太阳能电池转换效率达到了 41.6%，这是迄今为止所有类型太阳能电池最高的实验室效率。

### 1.1.2 世界光伏产业发展现状

全球光伏发电产业迅速发展，2008 年装机容量累计达到 14.7GW。2004 年以来，全世界进入了一个繁荣的黄金时期，能源价格暴涨，原油价格 5 年内最高涨到接近 2003 年的 5 倍。欧洲各国实施了对太阳能发电的补贴政策，太阳能光伏产业在这几年内得到了迅猛的发展。据欧洲光伏工业协会数据，2007 年全球累计装机容量达到 9162MW，2008 年达到了 14721MW，2000~2008 年间，累计装机容量增长了将近 10 倍，年复合增长率达到了 33.9%。

图 1.1 列出 1994 年以来全球累计装机容量的数据，显示太阳能光伏产业正在高速的发展。

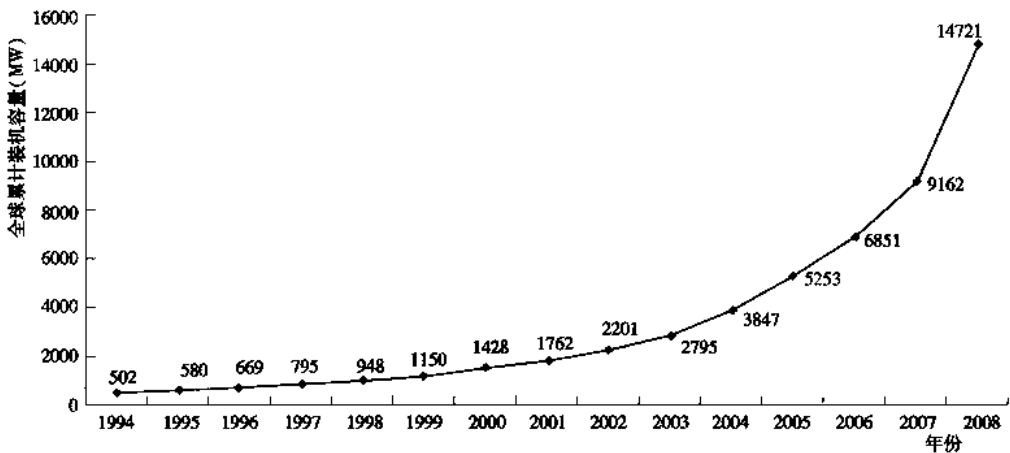


图 1.1 1994~2008 年全球累计装机容量图线走势

#### 1. 欧洲需求最旺

在政策的驱动下，各国光伏装机容量增长速度不一，其中西班牙 2008 年为光伏补贴不设上限的最后一年，2008 年新增装机容量 2511MW，将近占全球的 50%。德国新增装机容量 1500MW，由 2007 年的第一位降为第二位。此外，韩国和意大利加强光伏政策优惠，2008 年新增装机容量也大大增加，分别同比增长 537% 和 514%。

在累计装机容量方面，2008 年，全球排第一位的仍然是德国 5.3GW，西班牙由 2007 年的第四位跃居 2008 年的第二位，装机 3.14GW，第三位是日本 2.17GW，之后是美国 1.16GW，意大利 358MW，韩国 352MW。2007~2008 年全球装机容量情况见表 1.1。

#### 2. 光伏组件产能增加迅猛，中国仍为全球最大光伏组件生产国

在全球太阳能电池生产结构中，2008 年光伏组件最大生产国为中国，占 32.9%，然后是德国、日本、中国台湾地区、美国。特别中国太阳能电池的生产在最近几年迅猛发展，2004 年中国太阳能电池产能不足 100MWp，到 2007 年产能却达到了 1.2GWp，2008 年达到了 2.6GWp，4 年增长了 20 多倍，2007 年首超日本成为太阳能电池组件的生产大国，跃居