

第十届

# 中国太阳能光伏会议论文集

——迎接光伏发电新时代

Proceeding of 10<sup>th</sup> China Solar Photovoltaic Conference

—Welcome to Solar PV Power New Era

■ 杨德仁 汪 雷 主编

TM

TM615-53  
1

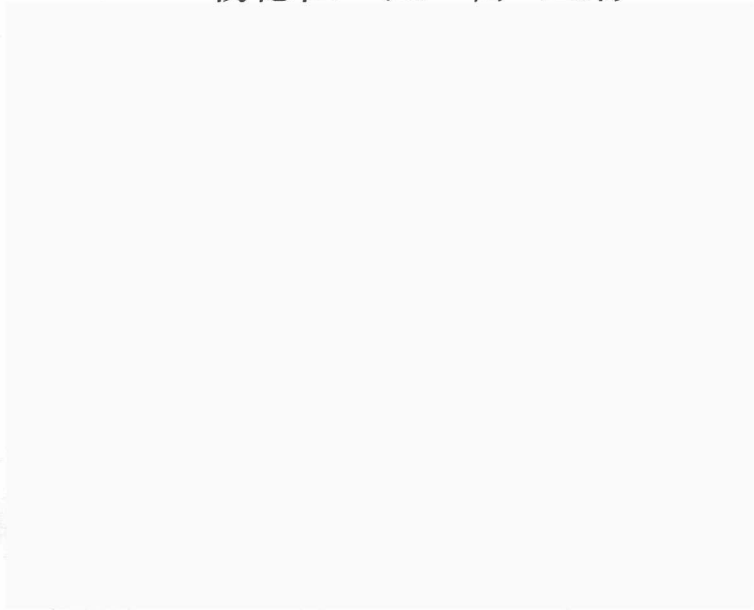
Proceeding of 10<sup>th</sup> China Solar Photovoltaic Conference

——Welcome to Solar PV Power New Era

# 第十届中国太阳能光伏会议论文集

——迎接光伏发电新时代

杨德仁 汪 雷 主编



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大學出版社

· 杭州 ·

## 内 容 简 介

本书收录第十届中国太阳能光伏会议论文 230 篇, 全面反映了我国太阳电池及材料、光伏发电系统及光伏工程、太阳电池组件制造技术及设备等领域近年来的进展和光伏产业相关的发展、政策法规和国际合作。

本书可供从事太阳能光伏研究和开发应用的科研工作者、工程技术人员参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

第十届中国太阳能光伏会议论文集: 迎接光伏发电新时代/  
杨德仁, 汪雷主编. —杭州: 浙江大学出版社, 2008.9  
ISBN 978-7-308-06158-2

I. 第… II. 杨… III. 太阳能发电-学术会议-文集  
IV. TM615-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 126004 号

### 第十届中国太阳能光伏会议论文集

杨德仁 汪雷 主编

---

责任编辑 杜希武  
封面设计 刘依群  
出版发行 浙江大学出版社  
(杭州天目山路 148 号 邮政编码: 310028)  
(Email: zupress@mail.hz.zj.cn)  
(网址: <http://www.zjupress.com>  
<http://www.press.zju.edu.cn>)  
电话: 0571-88925592, 88273066(传真)

排 版 杭州求是图文制作有限公司  
印 刷 浙江省良渚印刷厂  
印 张 71.25  
开 本 889mm×1194mm 1/16  
字 数 2154 千  
版 次 2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-308-06158-2  
定 价 298.00 元

---

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571) 88072522

# 目 录

## 大会报告

我国光伏产业发展概况及思考.....	赵玉文	(3)
一种选择性发射极晶体硅太阳电池及性能分析.....	赵建华 等	(18)
碲化镉薄膜太阳电池技术和产业化进展.....	冯良桓 等	(24)

## 晶体硅太阳电池及材料

基于三层液精炼的冶金硅电解提纯初探.....	赖延清 等	(31)
用碘酒和氢氟酸钝化单晶硅的比较.....	孙秀菊 等	(36)
晶体硅太阳电池光衰减效应及其抑制措施.....	徐华毕 等	(41)
晶体硅太阳电池的 $\text{SiN}_x\text{:H}$ /热氧化 $\text{SiO}_2$ 双层结构的表面钝化特性研究.....	周春兰 等	(46)
高稳定性单晶硅太阳能电池.....	汪义川 等	(51)
多晶硅太阳电池的酸腐绒面技术.....	刘新民	(55)
多晶硅太阳电池表面酸腐蚀织构化工艺的研究.....	赵汝强 等	(58)
晶硅表面薄膜硅钝化效果研究.....	赵 雷 等	(64)
环保型硅太阳能电池背场铝浆的研究进展.....	付 明 等	(68)
P 型掺硼单晶硅太阳电池和组件早期光致衰减问题的研究.....	张光春 等	(72)
单晶硅太阳电池中不同绒面制备方法的比较.....	李海玲 等	(81)
单晶硅太阳电池漏电流的红外热像仪检测.....	金井升 等	(86)
薄硅片太阳电池制备技术.....	梁宗存 等	(92)
C/C 复合材料坩埚在直拉单晶炉中的应用研究.....	李 军 等	(96)
激光区熔在太阳电池制造过程中应用.....	张陆成 等	(102)
MCZ 单晶硅太阳电池的光致衰减问题的研究.....	陈如龙 等	(107)
晶体硅太阳电池旁路结分析.....	李军勇 等	(110)
$\mu\text{-Si (p)/c-Si(n)}$ 异质结太阳电池的模拟计算与优化.....	李力猛 等	(115)
两种制绒工艺 (酸腐蚀 vs 碱腐蚀) 的电池片在组件封装后的功率比较.....	张 舒 等	(119)
横向磁场在太阳能级硅单晶生长中的应用.....	李振国 等	(124)
单晶硅制绒液主要成分的浓度分析方法.....	杨春杰 等	(128)
高效无铅太阳能电池背银浆料的研究.....	Jerome Moyer 等	(132)
管式扩散中 $\text{POCl}_3$ 使用量的测量及对扩散工艺的影响.....	陈 琼 等	(137)
基于冶金级硅片的太阳电池光致衰减特性研究.....	孟凡英 等	(145)
晶体硅光伏电池的电致发光成像检测方法 with 实验研究.....	杨畅民 等	(150)
空间用硼背场太阳电池太阳吸收率研究.....	杜永超 等	(154)



空间硅太阳能电池用新型纳米减反射膜系设计.....	刘永生 等	(158)
SiO <sub>2</sub> /SiN <sub>x</sub> 叠层钝化晶体硅太阳能电池的研究.....	董经兵 等	(162)
ZnO 减反射层在太阳电池中的应用.....	尹玉刚 等	(165)
热处理对晶体硅电池 PECVD a-SiN <sub>x</sub> :H 薄膜氢钝化效果的影响.....	张高洁 等	(169)
溶胶凝胶旋涂工艺制备单晶硅太阳能电池用 ZnO 减反射膜的研究.....	鲁林峰 等	(175)
用于 HIT 太阳电池的 ZAO/Ag/ZAO 复合透明导电膜优化设计.....	于建秀 等	(179)
氩气压强对 ZnO 薄膜的性质影响.....	陈肖静 等	(183)
多晶硅片微晶区域对太阳能电池性能的影响.....	蒋 仙 等	(187)
浸锡工艺在单晶硅太阳能电池上的应用.....	黄治国 等	(192)
磷吸杂对多晶硅片少子寿命分布的影响.....	蒋 仙 等	(196)
<b>MAiA - A NEW VERSATILEPECVD/ETCHING TOOL FORPROCESSING</b>		
CRYSTALLINE SILICON SOLAR CELLS.....	M Uhlig 等	(200)
高品质冶金级硅(UMG-Si)中硼、铝、磷、碳、氧、钙和铁的均匀性研究.....	Larry Wang 等	(204)
硅片的过程控制.....	陈留华	(209)
单多晶太阳能硅片线痕的起因和降低方法.....	陈 雪 等	(218)
多晶硅铸锭石英陶瓷坩埚及涂层.....	陈圣贤 等	(223)
化学腐蚀和机械抛光方法改善硅片崩边的研究与应用.....	贺园园 等	(227)
论切水剂在硅片清洗中应用.....	韩红江 等	(237)
石英坩埚中碱金属含量对硅单晶拉制的影响.....	王 伟 等	(243)
太阳能产业用硅料的新处理工艺.....	周基江 等	(247)
铸造多晶硅杂质和缺陷处理工艺研究进展.....	许子寒 等	(250)
快速热处理条件下 Cu 沾污对多晶硅少子寿命的影响.....	李晓强 等	(259)
热处理对 p 型单晶硅非晶 SiC:H 钝化效果的影响.....	陈官壁 等	(263)
酸洗法提纯金属硅的研究.....	顾 鑫 等	(266)
损伤层对单晶硅太阳能电池制绒的影响.....	肖俊峰 等	(271)
铸造多晶硅不同部位的少子寿命研究.....	王 朋 等	(276)
铸锭中的杂质缺陷类型对多晶硅片切片损失影响的研究.....	张 华 等	(280)
薄片单晶硅太阳能电池片机械强度的研究.....	李中兰 等	(283)
N 型冶金硅材料在光伏行业中的应用.....	吴 旻 等	(287)
硅异质结太阳电池中单晶硅表面织构的优化研究.....	豆玉华 等	(291)
高光电转换效率, 无衰减的太阳电池硅单晶的研制.....	曾世铭 等	(296)
硅基太阳能电池的金属化研究.....	邓伟伟 等	(300)

### 薄膜硅太阳能电池及材料

IMPROVING THE EFFICIENCY OF N-I-P A-SI:HTHIN FILM SOLAR CELLS BASED ON POLYIMIDESUBSTRATE.....	Ke Tao 等	(307)
PET 塑料衬底上柔性硅基薄膜电池研究.....	倪 罕 等	(313)
Pulsed VHF-PECVD 技术对微晶硅材料的结构及电学特性影响.....	王世锋 等	(316)
P 型窗口层对 NIP 型非晶硅太阳电池性能的影响.....	赵 鹏 等	(322)
P 型微晶硅薄膜材料的制备与优化.....	许盛之 等	(325)
VHF-PECVD 沉积微晶硅薄膜的等离子体模拟研究.....	张晓丹 等	(329)

VHF-PECVD 大面积 Showerhead 平板电极间电场和流场的数值模拟	葛 洪 等	(335)
VHF-PECVD 高速沉积非晶硅电池的研究	李贵君 等	(340)
单室沉积 p-i-n 电池工艺中磷污染问题研究	孙福河 等	(344)
单室 VHF-PECVD 制备微晶硅薄膜及其在电池中的应用	王光红 等	(348)
单室 VHF-PECVD 技术制备单结微晶硅及非晶硅/微晶硅叠层薄膜太阳电池的研究	张晓丹 等	(354)
非晶硅薄膜及太阳电池的高速制备	章曙东 等	(359)
非晶硅/微晶硅过渡区材料的 PECVD 法制备与特性研究	杨恢东 等	(363)
高沉积气压下氢化微晶硅薄膜的高速沉积	申陈海 等	(368)
高速沉积本征微晶硅薄膜微结构的研究及其对电池性能的影响	韩晓艳 等	(373)
高速沉积高效微晶硅太阳电池的研究	耿新华 等	(376)
基于柔性衬底的 P 型微晶硅薄膜生长工艺的研究	隋妍萍 等	(380)
利用电子束蒸发法制备硅薄膜的研究	李明华 等	(385)
溶液法铝诱导非晶硅晶化机理初探	王 烁 等	(388)
柔性衬底硅基薄膜太阳电池的研究	薛俊明 等	(392)
柔性衬底上 a-SiNx:H 绝缘介质薄膜的制备与特性研究	杨恢东 等	(396)
射频高压耗尽 PECVD 技术制备高效率硅薄膜电池的研究	侯国付 等	(400)
光谱椭圆偏振法表征太阳电池用微晶硅薄膜初探	张 鹤 等	(405)
微晶硅薄膜太阳电池的计算机模拟	赵明利 等	(409)
微晶硅薄膜太阳能电池的研究进展	王林中 等	(416)
用恒定光电导法分析薄膜材料及太阳电池性能	薛 颖 等	(424)
有关薄膜叠层太阳电池中光利用设计的几点思考	赵 颖 等	(429)
Sn 含量对低温制备 In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :Sn 薄膜性能的影响	李林娜 等	(433)
掺铝氧化锌薄膜表面织构的研究	林清耿 等	(437)
掺铝氧化锌薄膜相关特性的研究	林清耿 等	(444)
超声喷雾热解法制备 ZnO、ZnO:Al 薄膜的研究	陈永生 等	(450)
退火温度对 ZnO:Al 透明导电薄膜结构和性能的影响	王晓晶 等	(455)
氧分压对低温制备 In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :Sn 薄膜性能的影响	曹丽冉 等	(460)
用于薄膜太阳电池的绒面 ZnO 透明导电薄膜的研究	薛俊明 等	(464)
种子层诱导法低温生长绒面结构 ZnO 薄膜	陈新亮 等	(468)
柔性不锈钢衬底上制备 n-i-p 微晶硅太阳电池的研究	袁育杰 等	(472)
Ag/ZnO 背反射镜在柔性 nip 非晶硅太阳电池中的应用	刘 成 等	(476)
以 P <sub>w</sub> /p <sub>g</sub> 为组合变量的微晶硅薄膜的沉积相图	孙振中 等	(481)
氩稀释在 PECVD 高速沉积微晶硅薄膜中的作用	孙振中 等	(485)
掺杂及界面处理对柔性 nip 非晶硅太阳电池性能的影响	周丽华 等	(490)
掺杂浓度对 p 型 μc-Si:H 材料特性的影响	杨恢东 等	(494)

## 化合物太阳电池及材料

1.5MeV 电子辐照对碲化镉薄膜太阳电池器件特性的影响	张静全 等	(501)
300×400mm CdTe 多晶薄膜研究	曾广根 等	(506)
CdS/CdTe 薄膜太阳电池的深能级瞬态谱研究	刘 才 等	(510)
Cu(In,Ga)Se <sub>2</sub> 薄膜太阳电池热退火工艺的研究	刘芳芳 等	(515)
Cu(In,Ga)Se <sub>2</sub> 太阳电池的光学优化研究	何炜瑜 等	(519)

ZnTe /ZnTe:Cu 复合背接触层研究 .....	仲政祥 等	(524)
Cu 分布对 ZnTe 薄膜结构和电池性能的影响 .....	杨帆 等	(528)
低温制备 Cu(In <sub>x</sub> Ga <sub>1-x</sub> )Se <sub>2</sub> 薄膜 Na 对 Ga 扩散的影响 .....	姜伟龙 等	(532)
电沉积 Cu(In,Ga)Se <sub>2</sub> 薄膜的后硒化 .....	杨亮 等	(536)
电化学沉积 CuInSe <sub>2</sub> 和 Cu(In,Ga)Se <sub>2</sub> 预制层 .....	刘芳洋 等	(540)
非真空法制备 CIGS 薄膜太阳电池研究进展 .....	敖建平 等	(546)
后硒化法制备 CIGS 薄膜中的元素损失机制 .....	刘炜 等	(550)
后硒化法制备铜铟镓硒太阳电池吸收层薄膜 .....	于涛 等	(554)
化学水浴法制备 Cu(In, Ga)Se <sub>2</sub> 薄膜电池 ZnS 缓冲层的研究 .....	曹章铁 等	(557)
石墨浆作背接触层的碲化镉太阳电池的光照特性研究 .....	杨培 等	(562)
铜铟镓硒太阳电池导带边失调值研究 .....	刘一鸣 等	(566)
吸收层表面的镓含量及其分布对 CIGS 太阳电池性能的影响 .....	王赫 等	(569)
一步法电化学沉积 CuInSe <sub>2</sub> 薄膜的硒化过程研究及电池制备 .....	万磊 等	(573)
多晶 Cu(In,Ga)Se <sub>2</sub> 薄膜太阳电池光强特性的研究 .....	刘芳芳 等	(581)
氧化锌透明导电薄膜生长及其光电特性研究 .....	孟凡英 等	(585)
INFLUENCE OF THE GAS FLOW OF ARGON AND THE DISTANCE BETWEEN SUBSTRATE AND PLASMA ON PROPERTIES OF AL-DOPED ZINC OXIDE FILMS .....	Yuanjian Jiang 等	(591)
氧氟比对本征氧化锌薄膜结构及表面形貌的影响 .....	欧阳紫璇 等	(600)
添加剂对化学水浴法制备 In <sub>2</sub> S <sub>3</sub> 薄膜表面形貌的影响 .....	盛夏 等	(604)
Cu/In 摩尔比对电沉积制备 CuInS <sub>2</sub> 薄膜性质的影响 .....	刘红娟 等	(607)

### 新材料及新概念太阳电池

AlSb 多晶薄膜的结构和电学性能研究 .....	宋慧瑾 等	(615)
AlSb 多晶薄膜的性质表征 .....	杨凯 等	(619)
GaSb 多晶薄膜的性质研究 .....	乔在祥 等	(623)
GeH <sub>4</sub> 和 GeF <sub>4</sub> 制备 P 型微晶硅锗薄膜的研究 .....	张鑫 等	(627)
PECVD 制备 N 掺杂类金刚石薄膜的光学特性 .....	刘洪伶 等	(630)
PVDF 基准固态染料敏化太阳电池的研究 .....	蔡宁 等	(633)
RECENT DEVELOPMENTS IN DYE SOLAR CELLS AT 3GSOLAR .....	J.GOLDSTEIN 等	(638)
暗电流抑制剂对染料敏化太阳电池光伏性能的影响 .....	肖尚锋 等	(643)
功能光学薄膜材料: 纳米 Ag 颗粒的制备及其特性研究 .....	黄茜 等	(646)
内部串联阻抗对大面积染料敏化太阳电池性能的影响 .....	黄阳 等	(650)
纳米 TiO <sub>2</sub> 的溶胶-凝胶法制备及其 X 射线衍射分析 .....	陈霞 等	(656)
NaYF <sub>4</sub> : Er/Yb 上转换材料特性改善的研究 .....	张晓丹 等	(659)
太阳电池用上转换材料的合成及其性能研究 .....	刘永娟 等	(663)
退火对聚合物太阳电池空穴传输层和光敏层性能的影响 .....	张亚萍 等	(669)
微晶硅锗薄膜的纵向生长及其太阳电池的研究 .....	张丽平等	(673)
一维纳米 TiO <sub>2</sub> 的水热法制备及其在 DSC 电池中的应用 .....	蔡宁 等	(677)
一种染料敏化太阳电池用新型对电极的研究 .....	纪伟伟 等	(683)
一种新型结构染料敏化太阳电池的研究 .....	王海 等	(688)
窄带隙微晶硅锗薄膜及其太阳电池应用研究 .....	张建军 等	(693)



直流磁控溅射法制备新型窄带隙光伏材料 $\beta$ -FeSi <sub>2</sub> 研究 .....	郁 操 等	( 697 )
多结叠层太阳能电池光谱响应测试研究 .....	钱 勇 等	( 702 )
USP 法制备 p 型 Zn <sub>1-x</sub> Mg <sub>x</sub> O 薄膜的初步研究 .....	边 楠 等	( 708 )
超声喷雾热解技术制备 ZnO 纳米片的研究 .....	张 霞 等	( 713 )
直流磁控溅射法制备 ITO 薄膜的研究 .....	王生浩 等	( 717 )
基于 CuPc/C <sub>60</sub> 的有机异质结太阳能电池内部光强分布的研究 .....	席 曦 等	( 722 )
<b>EPITAXIAL GROWTH AND CHARACTERIZATION OF ALINN LAYERS FOR MULTI-JUNCTION</b>		
TANDEM SOLAR CELLS .....	Qixin GUO 等	( 728 )
掺银对太阳能电池吸收层材料 SnS 薄膜性能的影响 .....	贾宏杰 等	( 730 )
大面积染料敏化纳米 TiO <sub>2</sub> 太阳能电池 .....	姜春华 等	( 734 )
应用于径向电池的硅纳米棒的定向生长 .....	马艳红 等	( 740 )
配位剂种类对 ITO 薄膜显微结构和光学性能的影响 .....	张 英 等	( 744 )

## 光伏系统及工程

LED 太阳模拟器的设计 .....	高 亮 等	( 751 )
独立光伏系统的数学模型与数据采集系统 .....	韩培育 等	( 757 )
风光互补供电方案的优化设计及其应用研究 .....	谈蓓月 等	( 763 )
光伏发电自动向日跟踪系统的开发 .....	王斯成 等	( 770 )
国家体育场(鸟巢)100kW 光伏并网发电系统设计 .....	朱知洋 等	( 774 )
集成 MPPT 功能的电源转换芯片设计 .....	许盛之 等	( 777 )
抗三相不平衡负载的独立光伏发电系统的设计 .....	伍春生 等	( 782 )
太阳能 LED 路灯恒流控制电路的开发 .....	彭路明 等	( 787 )
聚光光伏系统接收器优化设计要素 .....	舒碧芬 等	( 791 )
太阳能路灯工程的经验和体会 .....	王贵录 等	( 799 )
太阳能光伏发电并网系统工程设计 .....	周辛逸	( 803 )
改进遗传算法在风光互补系统配置优化的应用 .....	王 斌 等	( 809 )
用 MOS 晶体管代替光伏组件中续流元件的研究 .....	李金刚 等	( 818 )
高强度气体放电灯电子镇流器电路分析与设计 .....	余晓东 等	( 824 )
N+1 光伏模块化控制器设计 .....	余晓东 等	( 829 )
单相光伏并网系统及其反孤岛策略的仿真研究 .....	褚小莉 等	( 833 )
光伏并网系统反孤岛控制策略研究 .....	金结红 等	( 839 )
光伏系统减排 CO <sub>2</sub> 潜力的分析 .....	杨金焕	( 845 )
广州地区倾角对光伏系统性能影响实验研究 .....	陈 维 等	( 850 )
基于 LCL 滤波的太阳能并网发电谐波抑制 .....	张 胜 等	( 858 )
基于电压正反馈的逆变器并网孤岛检测技术 .....	林东栋 等	( 863 )
京瓷太阳能发电系统安装方式示例介绍 .....	明 杰	( 869 )
中德财政合作青海太阳能项目光伏电站设计与运行 .....	刘 宏 等	( 873 )
混合型太阳能光伏系统的特性研究 .....	卓孝轩 等	( 878 )
光伏发电系统用高效逆变器的研究 .....	周光明 等	( 884 )
光伏建筑一体化在上海世博会中的应用 .....	郝国强 等	( 889 )
基于虚拟仪器的双轴太阳跟踪系统 .....	李 鹏 等	( 895 )
六种太阳能电池光伏阵列实际发电性能比较 .....	谢标锴 等	( 900 )



屋顶并网光伏发电系统的研究与应用.....	王春明 等	( 909 )
基于超级电容器储能的太阳能路灯系统设计.....	杨子龙 等	( 915 )
并网调节的不间断光伏电源.....	郑万雷 等	( 919 )

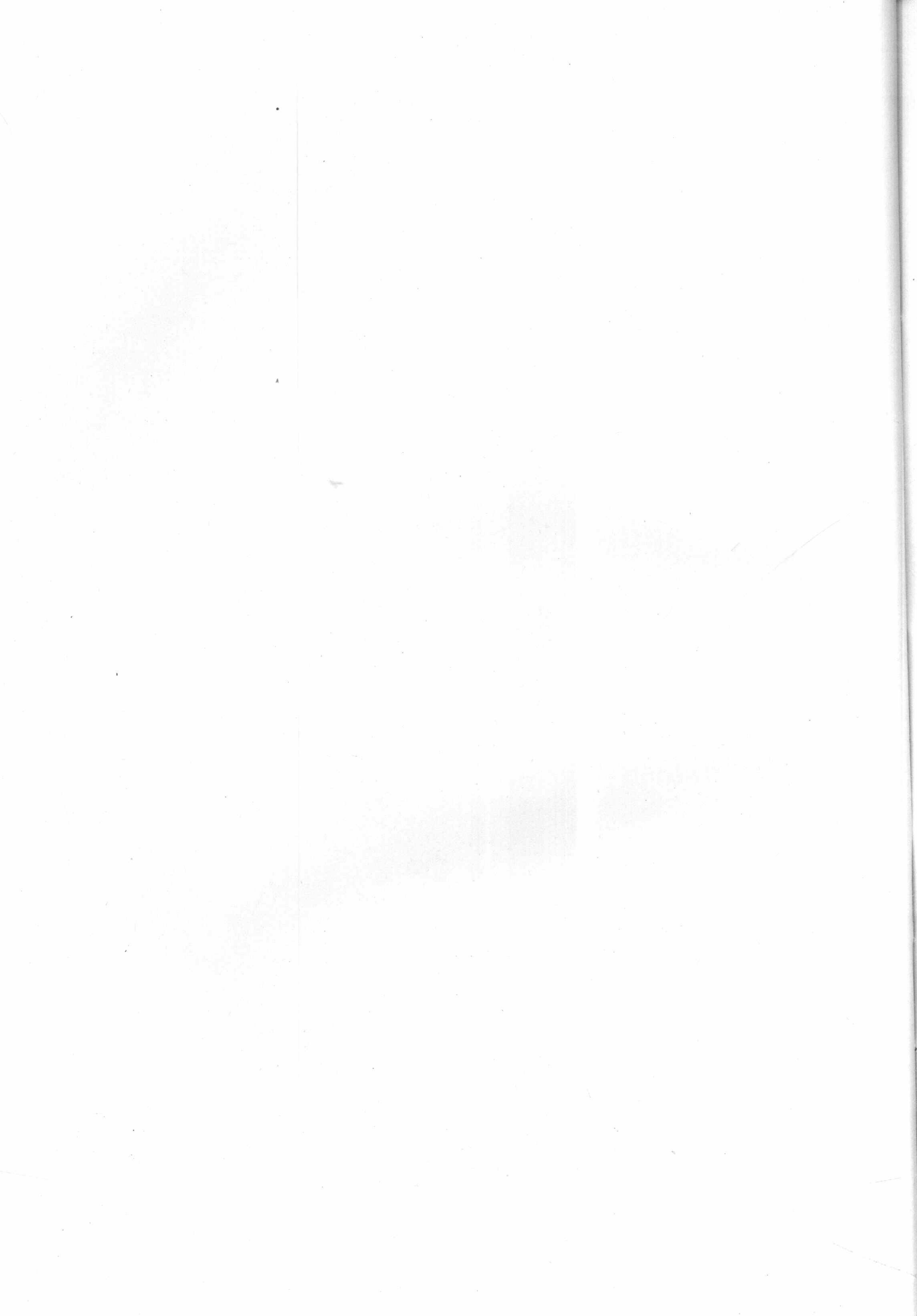
## 光伏组件制造、设备及发展规划

WT-2000 少子寿命测试仪的原理及性能 .....	艾 斌 等	( 927 )
飞速发展的江苏省光伏产业.....	王素美 等	( 932 )
光伏组件 I-V 特性测量.....	贺建华	( 940 )
晶体硅太阳能电池组件封装失效问题的探讨.....	宋维军 等	( 945 )
涂锡铜带的选择和使用 .....	任军锋 等	( 949 )
利用光伏组件冷却热组织建筑物自然通风的设计方法.....	钟达亮 等	( 952 )
太阳能电池组件冷却热综合利用的热经济性研究.....	卜其辉 等	( 958 )
太阳能电池组件阴影遮挡问题实验研究.....	张 臻 等	( 964 )
2012 年光伏产业进入脱乳期——2008~2012 年全球光伏产业发展展望.....	夏爱民 等	( 972 )
中国 BIPV 市场发展趋势 .....	陈 维 等	( 979 )
步进式烧结炉与链式烧结炉的比较研究.....	冯 鑫 等	( 982 )
低电流太阳能电池数量对太阳能电池组件的影响.....	杨振嵘 等	( 985 )
背板材料对太阳能电池组件性能影响的实验研究.....	梁振南 等	( 988 )
晶体硅光伏电池和组件缺陷的检测系统设计与实现.....	黄国华 等	( 994 )
中国光伏产业发展战略思考.....	李 华 等	( 998 )
箱式固化炉与隧道固化炉的应用研究.....	陈一平 等	( 1001 )
太阳能电池实现利润增长的关键因素与制造软件的作用.....	胡凯翔 等	( 1003 )
PECVD 石墨垫使用寿命的改善 .....	沈 寅 等	( 1007 )
BIPV 光伏玻璃组件介绍 .....	蒋阿华	( 1010 )
<b>REVIEW ON QUALITY CONTROL FOR ADVANCED SOLAR</b>		
<b>CELL PRODUCTION LINES</b> .....	Pieter Vandewalle	( 1014 )
<b>STUDIES OF SOLAR SIMULATOR CALIBRATION</b> .....	Ping-YAN 等	( 1020 )
标准样件管理的探讨 .....	闫 萍 等	( 1026 )
电池线上真空吸笔的设计以及应用.....	沈 寅 等	( 1033 )
镀减反射膜玻璃在光伏组件应用中的优点.....	刘亚锋 等	( 1036 )
坩埚喷涂旋转台的改进 .....	许结刚 等	( 1041 )
硅片脱胶机的改进 .....	许结刚 等	( 1043 )
碱槽加热器的改进与应用 .....	沈 寅 等	( 1045 )
节水系统的设计和优化 .....	许结刚 等	( 1047 )
客诉流程的优化 .....	段小龙 等	( 1050 )
浅谈供应商质量改进 .....	陈刚柱	( 1053 )
浅谈硅原料处理过程中的质量控制.....	李建峰	( 1056 )
如何通过分档系统的优化将不匹配的损失降低到最少.....	杨小武 等	( 1059 )
如何有效地实施物料评审看板.....	肖 娅	( 1063 )
回收砂浆对硅片质量的影响和成本降低的贡献.....	陈 雪 等	( 1066 )
通过改变清洗机烘干条件来提高电池转化效率.....	张 军 等	( 1072 )
通过改善石墨框挂钩来提高电池转化效率.....	张 军 等	( 1075 )

---

统计制程控制在硅太阳能制造中的应用.....	高传楼	( 1077 )
在 HCT 线锯上使用 120um 钢线时遇到的问题和解决方案研究.....	张东亮 等	( 1080 )
自动化在大规模太阳能电池生产上的应用.....	赵云志 等	( 1086 )
光伏电池用改性互连带与主栅线钎焊接头的抗剪切强度.....	刘雅洲 等	( 1089 )
180um 单晶硅片切割研究 .....	袁为进 等	( 1091 )
直拉法单晶硅生长中的流动及其影响.....	左 然 等	( 1095 )
蓄冷降温式太阳电池组件的研究开发.....	秦 红 等	( 1099 )
硅片切割中钢线断线分析 .....	张东亮 等	( 1105 )

# 大会报告





# 我国光伏产业发展概况及思考

赵玉文

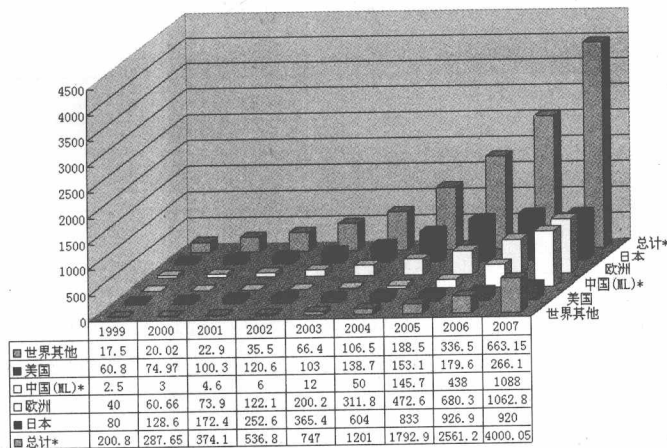
## 1. 引言

我国光伏产业在世界光伏市场的拉动下近几年发展迅速。2007年中国太阳能电池产量达到1088MW，占世界总产量的27.2%，超过日本(920MWp)和欧洲(1062.8MWp)，成为世界太阳能电池的第一大生产国。另一方面，中国光伏市场发展依然缓慢，2007年光伏系统安装了20MWp，只是太阳能电池生产量的1.84%。截止2007年底，光伏系统累计安装100MWp，约世界累计安装量的1%。产业和市场之间发展极不平衡。准确把握中国光伏产业的发展动态，对于正确分析发展形势、研究发展战略和采取积极对策至关重要。

## 2. 世界太阳能光伏产业发展概况和趋势

### 2.1 世界光伏产业及市场发展概况

世界太阳能光伏产业和市场在严峻的能源形势和生态环境(地球变暖)形势压力下、在技术进步促进下以及在法规政策强力推动下，自1990年代后半期起进入了快速发展时期。最近10年(1997—2007)太阳能电池的年平均增长率为41.3%，最近5年(2002—2007)的年平均增长率为49.5%。特别是自2004年德国实施了经过修订的“上网电价法”以来，市场需求急剧扩大，光伏产品供不应求。尽管有材料短缺的制约因素，2007年太阳能电池/组件的年增长率仍然达到56.2%。图1为1999—2007年底的世界太阳能电池产量增长变化，表1为2007年不同国家和地区太阳能电池产量及份额。2007年亚洲太阳能电池产量约占世界的65%，主要生产国为中国大陆、中国台湾和日本，分别占世界的27.2%、9.2%和23%。中国已经成为太阳能电池的第一大生产国。



注：自2001起的数据来自 PV News, Vol.27, No3 March 2008, \*为本报告修正的中国数据和总计数据。

图1 1999—2007年世界太阳能电池产量的变化

表 1 2007 年不同国家和地区太阳能电池产量及份额

国家和地区	2007 年	
	产量, MW	比例, %
日本	920.0	23.00
中国 (ML) *	1088.0	27.20
中国 (TW)	368.0	9.20
德国	810.0	20.25
欧洲其他	252.8	6.32
美国	266.1	6.65
世界其它	295.15	7.38
合计*	4000.05	100

数据来源: PV News, Volume 27, Number 3, March 2008., \*中国及相关数据经过本报告修正。

根据Solarbuzz LLC.年度PV 工业报告, 2007年世界光伏系统安装量为2826MWp, 比2006年增长了62%, 其中德国安装量为1328MWp, 占世界光伏市场的总量47%, 继续为世界之首, 其余依次为西班牙(640MWp)、日本(230MWp)和美国(220MWp)。2007年欧洲光伏市场占世界的71%, 持续为世界最大市场。这主要因为欧洲大部分国家实施了“上网电价法”, 使光伏市场得到了非常有效地启动。2007年亚洲光伏市场占世界的15%, 市场份额明显在缩小。主要原因是, 亚洲的光伏市场主要在日本, 而日本已经结束了政府补贴政策, 日本虽然仍然是亚洲最大的光伏市场, 但总量有所减少, 加上世界总量在扩大, 导致亚洲光伏市场明显缩小。表2 为2007年世界主要国家和地区太阳光伏市场及份额。

表 2 2007 年世界主要国家和地区太阳光伏市场及份额

国家和地区	安装量, MWp	份额, %	排序
德国	1328	46.99	1
西班牙	640	22.65	2
日本	230	8.14	3
美国	220	7.18	4
意大利	20	0.71	5
中国	20	0.71	5
韩国	20	0.71	5
法国	15	0.53	6
世界其它	333	11.78	—
总计	2826MWp	100	—

资料来源: Solar Buzz March 17, 2008。

本报告对 2007 年太阳能电池产量等于和大于 20MWp 的所有厂商进行排队, 共有 35 家公司表中有名, 如表 3 所示, 其中 14 家为中国公司(包括台湾)(黄色底纹), 依次是无锡尚德(Suntech)、台湾茂迪(Motech)、保定英利(Yingli)、河北晶澳(Jing-Ao)、江苏林洋(Solarfun)、南京中电(CEEG)、台湾 E-TON、苏州 ATS-Solar、台湾 Gintech、宁波太阳能、台湾 Delsolar、常州天合(Trina Solar)、江苏浚鑫、交大太阳。由此可以看出中国光伏产业的国际地位。

表3 2006、2007年世界主要太阳能电池厂商, MWp/年

序号	公司名称	2007年	
		产量, MWp	排名
1	Q-Cell(DE)	389.2	1
2	Sharp(JP)	363.0	2
3	Suntech(CH)	327	3
4	Kyocera(JP)	207	4
5	Firstsolar(US+DE)	207	4
6	Motech(TW)	196	5
7	Sanyo(JP)	165	6
8	SunPower(PH)	150.0	7
9	Baoding Yingli(CH)	142.5	8
10	Solar world(whole)	130.0	9
11	Misubishi(JP)	121	10
12	Jing-Ao(CH)	113.2	11
13	BP Solar(whole)	101.6	12
14	Solarfun(CH)	88.0	13
15	Isofoton ( SP )	85	14
16	Schott Solar(DE+US)	80.0	15
17	CEEG Nanjing(CH)	78.0	16
18	E-TON(TW)	72.0	17
19	ATS-Solar(CH)	55	18
20	Gintech(TW)	55.0	18
21	Ersolr(DE)	53	19
22	Ever-Q(DE)	49.8	20
23	United Solar(US)	48.0	21
24	Scancell(NW)	46.0	22
25	Ningbo Solar(CH)	45	23
26	Delsolar(TW)	45.0	23
27	Kaneka(JP)	40.0	24
28	Solland(NE)	37.0	25
29	Trina Solar(CH)	37.0	25
30	Sunways(DE)	36.0	26
31	Jiangsu Junxin(CH)	35	27
32	Photovoltaic(BE)	29.1	28
33	Microsol Inter.(UAE)	28.0	29
34	交大泰阳(CH)	25	30
35	Photowatt	20	31

资料来源—PV News, Vol.27, No.3, March 2008, \* 考虑了中国及相关数据本报告予以修正。

表4和表5分别给出了2001—2006年单晶硅、多晶硅和薄膜太阳能电池的产量变化以及各类薄膜电池增长情况,有助于我们对各类电池发展趋势有个大概了解。

表4 2001—2007年世界各类太阳能电池产量, 单位: MWp

年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006*	2007*
单晶硅电池	133	183	237	409	672	1141	1651
多晶硅电池	205.1	323.8	467	727	1013.9	1229.7	1999
薄膜电池	36	30	43	65	107	191	350
总	374.1	536.8	747	1201	1792.9	2561.7	4000

注: 2007 乐山硅材料会议。\*根据本报告对相应数据做了修正

表5 2001—2007年世界薄膜电池产量的增长情况, MWp

薄膜电池	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
a-Sii, $\mu\text{c-Si}$	33.68	28.01	40.5	47.8	84	147	270
CIGS	0.7	0.3	0.5	3.6	2	4	6
CdTe	1.53	1.6	2	13.2	21	40	74
合计	35.91	29.91	43	64.6	107	191	350 (400)
市场份额, %	9.6	5.57	5.76	5.38	5.97	7.46	8.75 (10)

世界光伏产业和市场发展的另一个突出特点是, 并网发电应用比例愈来愈大, 从本世纪开始已经成为光伏发电的主导市场, 如图2所示。2007年欧洲的并网光伏系统比例达到95%以上, 世界平均达到80%以上, 说明光伏发电在能源中正在发挥着愈来愈大的替代作用。不仅如此, 并网光伏发电在整个可再生能源技术中也是增长最快的技术, 成为世界最关注的可再生能源之一, 如图3所示。

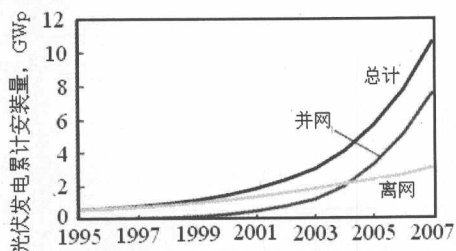


图2 并网光伏发电市场的发展趋势  
(Renewables 2007 Global status  
Report [REN21, WWW.ren21st.net])

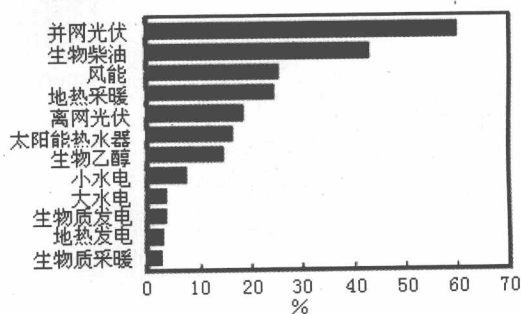


图3 2002—2006年各种可再生能源的年平均增长率  
(Renewables 2007 Global status  
Report [REN21, WWW.ren21st.net])

## 2. 2 世界光伏发电发展趋势、预测及路线图

### 2. 2. 1 世界能源需求形势及可再生能源替代速度

21世纪前半期是人类能源结构发生根本性变革的时期, 在这个变革过程中可再生能源将逐渐替代常规化石燃料能源。世界上许多国家和机构根据社会总能耗需求的增加预测到常规化石燃料消耗和枯竭的速度, 并由此得出了可再生能源替代常规化石燃料比例的基本一致的预测结果, 如表6所示。



表 6 能源可持续发展所要求的可再生能源替代比例

时间	2000	2010	2020	2030	2040	2050	2100
替代比 (%)	~ 5	~ 10	~ 20	~ 30	~ 40	>50	>80

从长远来看, 尽管可再生能源是人类未来最重要的能源, 但如果没有法规 and 政策的强力推动, 大多数可再生能源的自然发展 (business as usual) 是远远达不到上述要求的替代速度。这表明世界能源的替代和可持续发展的形势是十分严峻甚至是残酷的。

另一个残酷的事实是, 如果不采取任何措施, 按照目前全球使用常规化石燃料的趋势, 本世纪中期全球的能源形势和生态环境可能会遭受到危及人类生存的灾难。世界石油的紧张形势及价格飞涨是其中主要的信号之一, 2007 年石油价格不但突破每桶 100 美元, 而且经常在每桶 100 美元以上的高位徘徊。2008 年在 100 ~ 150 美元上下波动。石油持续涨价固然有多种因素, 但石油储量日益减少是最基本的原因。

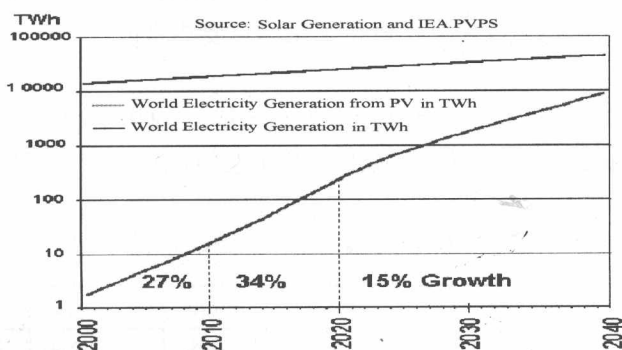
能源和生态环境的双重危机迫使各国大力推动可再生能源的快速发展, 以达到上述要求的替代速度。这些国家不仅加大研发支持力度, 更重要的是通过法规和政策启动可再生能源市场。在法规 and 政策的强力推动下, 可再生能源产业得到了快速发展, 其中光伏发电和风力发电发展最快, 也是各国竞相发展的重点。

## 2. 2. 2 光伏发电的前景和预测

太阳能光伏发电具有最广阔的发展前景, 是各国最着力发展的可再生能源技术之一。世界许多权威组织的预测、发达国家和地区的发展路线图以及计划的实施情况给予了最有力的说明。

### (1) 世界能源组织 (IEA) 对未来光伏发电的预测

世界能源组织 (IEA) 对太阳能光伏发电的未来发展作出如下预测: 2020 年世界光伏发电的发电量占总发电量的 1%, 2040 年占总发电量的 20%, 如图 4 所示。



—太阳能光伏发电量 (TWh), —世界总发电量 (TWh)

图 4 太阳能光伏发电的预测

### (2) 欧洲光伏工业协会 (EPIA) 对光伏发电的预测

EPIA 对光伏发电的预测为: 2020 年世界太阳能光伏组件年产量将达到 40GWp, 光伏发电总装机容量 195GWp, 发电量 274TWh, 占全球发电量的 1%, 太阳能电池的组件成本下降到 1 美元/Wp; 2040 年光伏发电量 7368TWh, 占全球发电量的 21% (Renewable Energy World, 2003)。

### (3) 世界光伏发电发展路线图

表 7 是美、欧、日及预测的世界光伏发电路线图 (累计光伏系统安装量)。2020 年世界的光伏发电累计装机容量将达到 200 GWp。其中美、日、欧安装总量超过世界总量的 50%。随着光伏市场和产业的快速发展, 光伏发电的成本也随之下降并逐步接近和达到常规发电成本水平, 表 8 为美国、日本和欧洲在 2004 年左右对