

NREC
国际可再生能源中心
INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY CENTRE



可再生能源

规模化发展战略与支持政策研究

RESEARCH ON RENEWABLE ENERGY SCALE-UP
DEVELOPMENT STRATEGY AND SUPPORT POLICY

王仲颖 任东明 高 虎 等著



中国经济出版社
CHINA ECONOMIC PUBLISHING HOUSE

可再生能源

规模化发展战略与支持政策研究

RESEARCH ON RENEWABLE ENERGY SCALE-UP
DEVELOPMENT STRATEGY AND SUPPORT POLICY

王仲颖 任东明 高虎等著
藏书章



中国经济出版社
CHINA ECONOMIC PUBLISHING HOUSE

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

可再生能源规模化发展战略与支持政策研究/王仲颖, 任东明, 高虎等著

北京: 中国经济出版社, 2012. 6

ISBN 978 - 7 - 5136 - 1560 - 0

I. ①可… II. ①王… ②任… ③高… III. ①再生能源 - 发展战略 - 研究 - 中国
②再生能源 - 能源政策 - 研究 - 中国 IV. ①F462. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 090538 号

责任编辑 姜 静

责任审读 霍宏涛

责任印制 张江虹

封面设计 巢新强

出版发行 中国经济出版社

印 刷 者 北京市人民文学印刷厂

经 销 者 各地新华书店

开 本 787mm × 1092mm 1/16

印 张 21. 25

字 数 366 千字

版 次 2012 年 6 月第 1 版

印 次 2012 年 6 月第 1 次

书 号 ISBN 978 - 7 - 5136 - 1560 - 0/F · 9318

定 价 78. 00 元

中国经济出版社 网址 www.economyph.com 社址 北京市西城区百万庄北街 3 号 邮编 100037

本版图书如存在印装质量问题, 请与本社发行中心联系调换 (联系电话: 010 - 68319116)

版权所有 盗版必究 (举报电话: 010 - 68359418 010 - 68319282)

国家版权局反盗版举报中心 (举报电话: 12390)

服务热线: 010 - 68344225 88386794

《可再生能源规模化发展战略与支持政策研究》课题组成员

课题负责人

王仲颖 任东明 高 虎

参加研究人员和本书著者

第1章	王仲颖	任东明	高 虎	赵勇强	罗志宏
第2章	任东明	高 虎	王仲颖	赵勇强	樊丽娟
第3章	王仲颖	任东明	高 虎	赵勇强	黄 禾
第4章	高 虎	樊京春	张成强	刘建东	王 卫
第5章	时璟丽	高 虎	王仲颖	朱顺泉	张万军
	涂 亮				
第6章	任东明	张正敏	秦世平	王仲颖	孟 松
	张庆分	窦克军	周少鹏	王 田	刘 钦
	高莲娜	张 培			
第7章	胡润青	秦世平	任东明	王仲颖	孙培军
	韩 瑜	袁婧婷	韩翠丽	王晓天	侯文森
	张阿玲				
第8章	赵勇强	任东明	高 虎	谢旭轩	戚琳琳
	尹菁菁	郭晓雄	芦丽莎	常志芳	刘英琴
第9章	王仲颖	任东明	高 虎	时璟丽	胡润青
	赵勇强				

前 言

随着我国经济的飞速发展,能源供需矛盾日益突出,传统能源开发利用造成的环境问题日益恶化,加快发展可再生能源成为我国的重大能源战略选择。为了推进可再生能源的开发利用,我国于2005年2月28日通过了《可再生能源法》,并于2006年1月1日起施行。在《可再生能源法》推动下,可再生能源投资明显增加,装备制造业快速起步,开发利用规模不断扩大。但是,随着我国可再生能源迅速进入规模化和大规模发展阶段,原有可再生能源发展目标、战略和政策逐渐显示出局限性,难以适应支撑大规模可再生能源发展的需要。

为适应新形势下可再生能源发展需求,国家发展和改革委员会能源研究所可再生能源发展中心在中国政府和世界银行中国可再生能源规模化发展项目(CRE-SP)的支持下,开展了有关促进我国可再生能源大规模发展的战略性重大政策研究课题,在对我国能源发展形势分析的基础上,从促进可再生能源大规模发展的高度,从规划、制度和政策等三个方面开展了多层次的专项研究,提出了我国可再生能源发展战略总量目标及政策体系。主要研究内容包括:(1)科学制定可再生能源发展规划研究,分析可再生能源发展规划方法学,进行省级可再生能源发展规划实践,提出科学制定“十二五”发展目标;(2)适应可再生能源规模化发展的电价机制研究,提出可再生能源电力定价原则和思路,进行可再生能源分类电价政策设计、费用分摊机制设计;(3)保障大规模可再生能源电力消纳的配额制度研究,包括配额制度和绿色交易体系;(4)支持农村可再生能源发展的绿色能源示范县建设研究,设计绿色能源示范县的评价方法体系和扶持政策;(5)提出促进可再生能源大规模发展的产业政策,包括产业发展激励政策研究、资源调查与评价管理办法研究、分类管理办法研究等。

在上述大量研究的基础上,提出了我国可再生能源大规模发展的建议:(1)建立可再生能源发展总量目标,制定相关技术发展路线图,促进可再生能源产业可持续发展;(2)逐步建立合理的可再生能源分类电价制度,促进可再生能源大规模发展;(3)建立支持可再生能源的发展基金,形成推动可再生能源发展的稳定资金来源和投入机制;(4)制定并颁布可再生能源配额管理办法,落实《可再生能源法》

中规定的“可再生能源发电全额保障性收购制度”；(5)完善产业激励政策和监管办法,促进可再生能源产业快速健康发展；(6)启动绿色能源示范县建设,促进农村地区可再生能源的高效开发利用。

本研究主要创新之处在于首次将系统工程理论引入国家级可再生能源发展战略设计的实践工作,以对可再生能源发展的客观规律性本质的认识为依据,遵循全面系统、相关关联、动态发展的辩证思想,以发展理念—发展目标—实现途径—理论研究—实践总结—发展方式的系统思维为逻辑主线,以系统论为指导构筑了促进中国可再生能源规模化发展的规划制定、制度建立和政策设计方法的理论基础,科学认识和管理可再生能源的规模化发展。

本书是上述研究成果的总结。在研究过程中,世界银行中国可再生能源规模化发展项目和美国能源基金会给予了大力支持,同时得到了来自国内外众多专家学者的指导,在此表示衷心的感谢。

本书作者
二〇一二年三月

目 录
CONTENTS

第 1 章 可再生能源规模化发展的背景 | 1

- 1.1 国际可再生能源规模化发展进展 / 1
 - 1.1.1 欧盟 / 1
 - 1.1.2 美国 / 5
 - 1.1.3 日本 / 6
 - 1.1.4 新兴经济体 / 7
- 1.2 国内可再生能源规模化发展进展 / 8
- 1.3 可再生能源规模化发展的重要意义 / 10
 - 1.3.1 可再生能源规模化发展与能源安全 / 10
 - 1.3.2 可再生能源规模化发展与应对气候变化 / 11
 - 1.3.3 可再生能源规模化发展与能源革命 / 14
 - 1.3.4 可再生能源规模化发展与 2020 年非化石能源 15% 目标 / 15

第 2 章 可再生能源规模化发展态势 | 17

- 2.1 国际发展形势 / 17
 - 2.1.1 风能 / 17
 - 2.1.2 太阳能 / 21
 - 2.1.3 生物质能 / 23
 - 2.1.4 水能 / 26
 - 2.1.5 总结 / 27
- 2.2 国内发展形势 / 28
 - 2.2.1 风能 / 28
 - 2.2.2 太阳能 / 32
 - 2.2.3 生物质能 / 37
 - 2.2.4 水电 / 44
 - 2.2.5 地热能 and 海洋能 / 46



- 2.3 面临的挑战 / 49
 - 2.3.1 可再生能源规模化发展的战略定位 / 49
 - 2.3.2 可再生能源规模化发展的战略目标 / 50
 - 2.3.3 我国可再生能源规模化发展面临的主要问题 / 50

第3章 可再生能源规模化发展的战略框架 | 53

- 3.1 能源总量 / 54
 - 3.1.1 能源供需现状与需求预测 / 54
 - 3.1.2 可再生能源的资源潜力 / 59
- 3.2 目标方案 / 65
 - 3.2.1 总量目标制度 / 65
 - 3.2.2 情景设定 / 67
 - 3.2.3 方案选取 / 68
- 3.3 任务确定 / 72
 - 3.3.1 总体任务 / 72
 - 3.3.2 风电 / 73
 - 3.3.3 太阳能 / 74
 - 3.3.4 生物质能 / 76
 - 3.3.5 水能 / 77
 - 3.3.6 地热能和海洋能 / 77
- 3.4 政策选择 / 78

第4章 可再生能源规划的制定 | 83

- 4.1 国际经验 / 83
 - 4.1.1 国际相关规划 / 83
 - 4.1.2 国际经验总结 / 84
- 4.2 国内实践 / 86
 - 4.2.1 美国国家可再生能源实验室支持开展的项目 / 86
 - 4.2.2 REEEP 促进中国可持续能源规划项目 / 90
 - 4.2.3 北京市可再生能源规划研究 / 92
 - 4.2.4 各省的专项规划 / 93
 - 4.2.5 已开展省级可再生能源规划的总结 / 95

- 4.3 可再生能源规划的一般方法 / 98
 - 4.3.1 规划体系 / 98
 - 4.3.2 规划方法 / 103
 - 4.3.3 规划模型 / 105
 - 4.3.4 可再生能源规划的特点 / 109
- 4.4 我国可再生能源规划方法的选择 / 112
 - 4.4.1 模型选择 / 112
 - 4.4.2 数据库建立 / 114
 - 4.4.3 规划思路 / 115

第5章 可再生能源规模化发展的电价制定和费用分摊 | 121

- 5.1 可再生能源电价政策概述 / 121
 - 5.1.1 风力发电 / 121
 - 5.1.2 生物质发电 / 132
 - 5.1.3 太阳能发电 / 136
- 5.2 可再生能源电价形成理论和方法 / 141
 - 5.2.1 可再生能源电力定价机制和政策需求 / 141
 - 5.2.2 可再生能源电价形成经济学理论 / 143
 - 5.2.3 可再生能源电价形成经济学方法 / 143
- 5.3 可再生能源电力定价原则和思路 / 144
 - 5.3.1 可再生能源电价政策现状和存在的问题 / 144
 - 5.3.2 可再生能源电价机制形成原则 / 145
 - 5.3.3 可再生能源电价机制思路 / 146
- 5.4 可再生能源分类电价 / 148
 - 5.4.1 风电 / 148
 - 5.4.2 生物质发电 / 149
 - 5.4.3 太阳能发电 / 150
 - 5.4.4 地热发电和海洋能发电 / 151
 - 5.4.5 独立可再生能源发电系统运行费用补贴政策 / 151
 - 5.4.6 可再生能源发电项目接网工程投资和费用补贴政策 / 151
- 5.5 可再生能源费用分摊 / 152
 - 5.5.1 可再生能源电力费用分摊政策现状和存在的问题 / 152
 - 5.5.2 可再生能源电力费用分摊机制和政策建议 / 152



第6章 农村可再生能源发展与政策 | 154

- 6.1 农村能源发展现状分析 / 154
 - 6.1.1 供需分析 / 154
 - 6.1.2 管理与能力建设 / 164
 - 6.1.3 需求与发展趋势预测 / 175
- 6.2 典型县能源发展分析与评价 / 181
 - 6.2.1 典型县的选择 / 181
 - 6.2.2 典型县的总体评价 / 184
- 6.3 绿色能源示范县的建设与管理 / 186
 - 6.3.1 绿色能源示范县建设的必要性 / 186
 - 6.3.2 绿色能源示范县的评价方法体系设计 / 191
 - 6.3.3 绿色能源示范县建设的扶持政策 / 200

第7章 促进可再生能源大规模发展的产业政策 | 206

- 7.1 产业发展政策 / 206
 - 7.1.1 可再生能源配额制政策 / 206
 - 7.1.2 绿色电力交易机制 / 211
 - 7.1.3 可再生能源发展基金 / 223
 - 7.1.4 财税政策 / 227
 - 7.1.5 产业发展指导目录 / 232
- 7.2 可再生能源资源调查现状与评价 / 236
 - 7.2.1 太阳能 / 236
 - 7.2.2 风能 / 239
 - 7.2.3 生物质能 / 244
- 7.3 风力发电产业政策与管理 / 247
 - 7.3.1 产业政策 / 247
 - 7.3.2 管理措施 / 248
- 7.4 生物质能利用政策与管理 / 250
 - 7.4.1 产业政策 / 250
 - 7.4.2 管理措施 / 253

7.5 分布式光伏发电政策与管理 / 255

7.5.1 产业政策 / 255

7.5.2 管理措施 / 256

7.6 太阳能热利用政策与管理 / 258

7.6.1 产业政策 / 258

7.6.2 管理措施 / 260

第8章 可再生能源规模化发展的经济激励政策 | 264

8.1 国际可再生能源激励政策经验 / 264

8.1.1 可再生能源经济激励政策工具 / 264

8.1.2 可再生能源的激励政策实践 / 265

8.1.3 经济激励政策经验总结 / 271

8.2 国内可再生能源激励政策实践 / 274

8.2.1 中国可再生能源扶持政策的总体趋势 / 274

8.2.2 现行基本制度和扶持政策 / 275

8.2.3 各类可再生能源的经济激励政策及实施效果 / 282

8.3 完善可再生能源激励政策的机遇与挑战 / 292

8.3.1 完善可再生能源经济激励政策的政策机遇 / 292

8.3.2 完善可再生能源经济激励政策的主要挑战 / 296

8.4 完善可再生能源激励政策的建议 / 296

8.4.1 政策目标 / 296

8.4.2 政策框架 / 297

8.4.3 可再生能源发电 / 301

8.4.4 可再生能源热利用 / 307

8.4.5 生物液体燃料生产应用 / 308

8.4.6 可再生能源技术研发和装备研制 / 308

第9章 总结与建议 | 311

9.1 建立可再生能源发展总量目标，制定相关技术发展路线图，促进
可再生能源产业可持续发展 / 311

9.2 制定并颁布可再生能源配额管理办法，实施可再生电全额保障性
收购制度 / 311



- 9.3 逐步建立合理的可再生能源分类电价制度，促进可再生能源大规模发展 / 312
- 9.4 建立支持可再生能源的发展基金，形成稳定资金来源和投入机制 / 312
- 9.5 启动绿色能源示范县建设，促进农村地区可再生能源的高效开发利用 / 313
- 9.6 完善产业激励政策和监管办法，促进可再生能源产业健康快速发展 / 313

附 录 | 315

附录一：基础数据库 / 315

附录二：可再生能源资源供应曲线 / 324



第1章 可再生能源规模化发展的背景

1.1 国际可再生能源规模化发展进展

传统能源供应体系的不可持续性，能源安全的巨大压力，气候变化问题的紧迫性，世界主要国家对能源基础设施的更新换代、技术竞争以及政治外交等方面的战略需求，使得世界各主要国家都将发展可再生能源视为重要的国家战略并给予了显著的政策和资金支持。在这样的背景下，国际可再生能源产业在 21 世纪的第一个十年里有了突飞猛进的发展。

1.1.1 欧盟

欧盟是全球发展可再生能源最早、力度最大、成就最明显的经济体。欧盟在 20 世纪末就已经制定并不断修正其可再生能源的区域发展目标。在欧盟最近提出的“20-20-20”方案中，指出在减排 20%、能耗水平降低 20% 的同时，将在 2020 年实现可再生能源占终端能源消费 20% 的目标，这是迄今为止全球主要经济体中最宏大的可再生能源发展目标。此外，欧盟委员会于 2009 年 6 月颁布了“可再生能源国家行动计划”模板，各国在 2010 年 6 月底按照规定的模板要求和各自国家的实际情况提交具有法律约束力的“可再生能源国家行动计划”。

欧盟在 2008 年 12 月份重新明确了 2020 年可再生能源在其整个能源供应中的比例要达到 20%，并且于 2009 年 7 月签署了“欧洲战略能源技术计划”（SET-Plan），提出在 2020 年之前分别提供 510 亿欧元和 235 亿欧元支持低碳能源和能源相关配套技术的研发。2010 年 2 月，欧盟委员会决定成立能源总局和气候行动总局（Directorate General Energy and Directorate General Climate Action），将以前分散在交通、外事机构的能源管理职责进行统一，从而更有效地协调其能源和气候变化政策。可再生能源不仅仅成为欧盟经济发展的战略重点，也被视作欧盟进一步推进一体化进程最有力的抓手。

在 2000—2010 年，欧盟天然气发电装机容量新增了 1.18 亿 kW，风电增长了 7 430 万 kW，光伏发电增长了 2 640 万 kW，与此相对比，燃油发电下降 1 320

万 kW，煤电装机下降 950 万 kW，核电下降 760 万 kW。2010 年，全部可再生能源新增装机 2 270 万 kW，占欧盟当年新增发电容量的 41%（如表 1-1 所示）。

表 1-1 欧盟可再生能源新增装机情况

年 度	可再生能源新增容量（百万 kW）	占当年欧盟电力新增容量的百分比
1995	1.3	14%
2008	13.3	57%
2009	17.3	63%
2010	22.7	41%

资料来源：欧洲风能协会（www.ewea.org）。

虽然可再生能源持续增长的趋势没有变化，但 2010 年欧盟可再生能源增长的结构有了明显变化。风电自 2007 年开始在欧盟新增装机容量第一的位置，首次被光伏发电超过，欧盟 2010 年新增 1 200 万 kW 光伏发电装机，累计装机达到 2 600 万 kW，与此相比，风电新增装机约 930 万 kW，累计达到 8 420 万 kW。以小型分布式发电为主的光伏发电，在各国积极的电价政策促进下，获得了飞速发展。此外，2010 年欧洲的天然气发电实现了跨越式发展，新增装机 2 800 万 kW，大大超过了过去三年年增 500 万 ~ 600 万 kW 的发展速度，这也使得可再生能源在新增电力装机中的比例自 2007 年开始第一次低于 50%，但仍连续 5 年保持了 40% 以上的比例（如图 1-1 所示）。

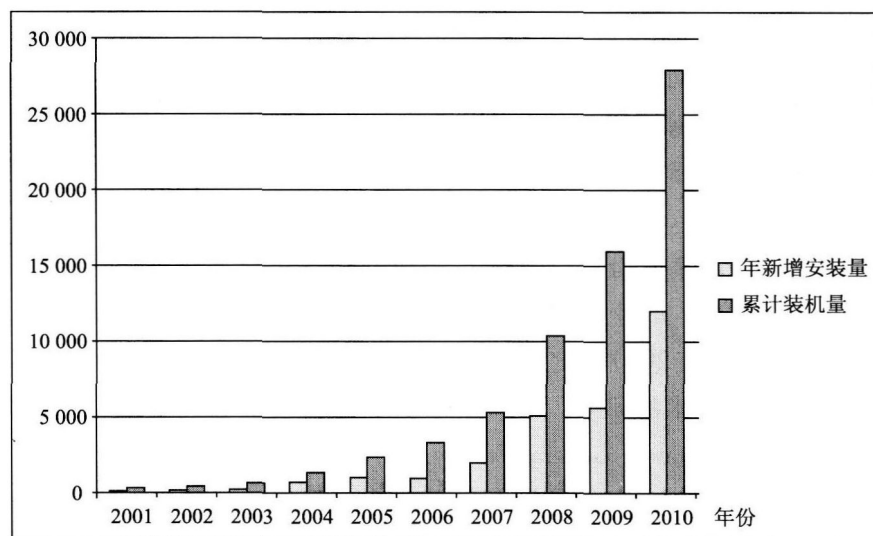


图 1-1 欧洲历年太阳能光伏发电新增及累计安装量（单位：MW）

资料来源：2009 年以前数据来源于 EPIA，2010；2010 年数据系课题组整理。



在新增发电装机容量所占份额处于领先的同时,在满足总电力需求方面,可再生能源的比例也逐步提高,如2010年风电在丹麦、葡萄牙、西班牙、爱尔兰、德国电力消费中的比重,已分别上升到24.0%、14.8%、14.4%、10.1%和9.4%,风电满足了整个欧盟5.3%的电力需求,显示出风电已经在欧盟地区发挥替代能源的作用。

在光伏方面,2010年欧盟的太阳能光伏发电总装机已达2 600万kW,占欧盟电力总装机的3%。德国仍然是太阳能光伏发电第一大国,总装机容量达到1 700万kW,其后分别是西班牙、意大利、捷克和法国,分别为370万kW、260万kW、130万kW和86万kW。其中,累计装机容量大于100万kW的国家有德国、西班牙、意大利、捷克四个国家。(如图1-2所示)

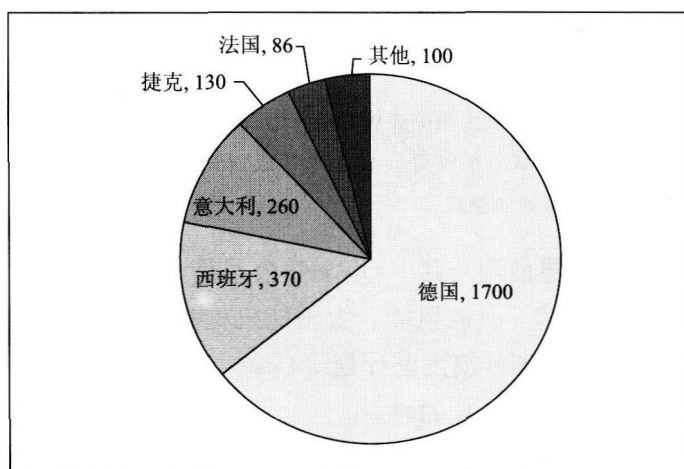


图 1-2 2010 年欧洲太阳能光伏发电累计装机分布 (单位: 万 kW)

数据来源: 2009 年以前数据来源于欧洲光伏工业协会, 2010; 2010 年数据系课题组整理。

在光伏新增装机方面,2010 年欧盟 27 国的光伏发电新增 1 200 万 kW 约占全球新增装机的 80%,占欧盟新增电力总装机的 21.7%。德国年新增装机约为 800 万 kW,连续两年占全球新增装机的 50% 以上,依旧是全球最大的太阳能光伏发电消费市场,其次是意大利、捷克、法国、西班牙和比利时,分别达到 150 万 kW、87 万 kW、60 万 kW、45 万 kW 和 20 万 kW。(如图 1-3 所示)

在技术研发和装备制造等方面,欧盟各国处于全球领先水平。其中,德国是世界主要的可再生能源设备制造强国。在风电装备技术、太阳能热发电技术和光伏发电技术方面处于世界领先地位。德国的安奈康是世界上最大的直驱风机供应商,西门子也是著名的风机设备供应商。德国还在多晶硅技术、光伏电

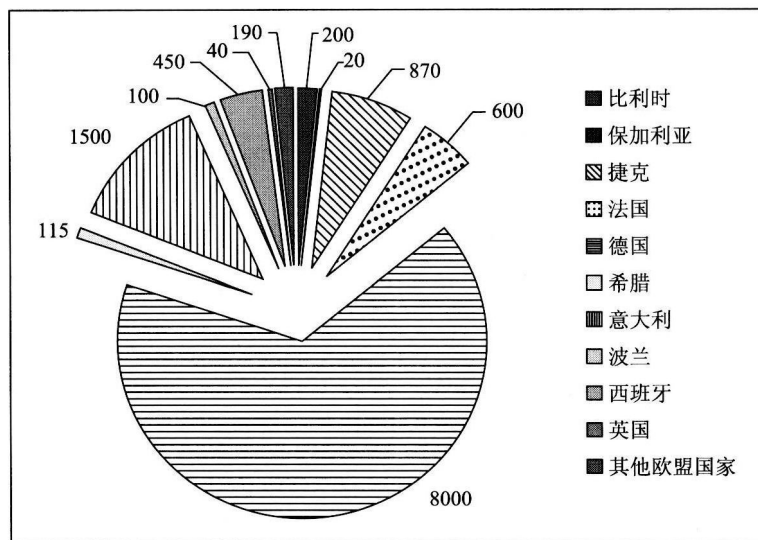


图 1-3 2010 年欧洲太阳能光伏发电新增安装量分布 (单位: MW)

数据来源: 2009 年以前数据来源于欧洲光伏工业协会, 2010;

2010 年数据系课题组整理。

池技术及生产方面居世界前列, 其中 Q-cell 公司是世界第三的光伏电池生产企业。弗朗霍夫研究院及其下属的风能、太阳能机构是世界一流的研究机构。此外, 德国还积极倡导了欧洲沙漠发电计划 (Desertec), 并于 2009 年积极推动了国际可再生能源机构 (IRENA) 的建立。

丹麦是世界可再生能源利用的先锋, 在过去的 25 年中, 丹麦经济增长了 75%, 但能源消耗总量却基本维持不变, 创造了独特的“丹麦模式”。近年来, 海上风电场成为丹麦新的亮点。目前, 已安装和在建的海上风电场有 11 个, 装机容量超过 750MW, 其中包括世界最大的“霍恩礁风电场”。预计到 2012 年丹麦将新增 40 万 kW 的海上风电场。作为一个小国, 丹麦的国内市场有限, 所以十分重视可再生能源技术的研发和出口。2008 年, 丹麦向全球输出包括设备和服务在内的风电技术高达 57 亿欧元, 占到其国家出口总额的 7.2%, 风能行业成为丹麦仅次于医药行业的第二大出口产业。特别是丹麦的 Vestas 公司, 约占世界总产量的 35%。此外, 丹麦 RISO 国家实验室是世界上最顶尖的可再生能源技术研发机构之一。丹麦还在生物液体燃料, 特别是纤维素制取燃料乙醇方面技术领先, 诺维信公司是世界唯一能够实现纤维素乙醇的酶制剂提供商。

西班牙也是世界可再生能源应用大国和制造大国。风电和太阳能发电的装机均居世界前列。西班牙有三家企业进入了 2008 年的世界前 15 名, 其中最著名的歌美萨 (Gamesa) 是世界第三大风机制造商。此外, 西班牙还是世界上可再



生能源发电开发商云集之地，世界十大风电开发商中有三家来自于西班牙，其中伊贝若拉（Iberdrola）是世界上最大的风电开发商，拥有风电装机容量接近900万kW，项目遍及欧洲和美国。西班牙2008年创造一年安装光伏发电260万kW的世界纪录。同时，西班牙在太阳能热发电方面也进行了有益的尝试，拥有世界最为先进的太阳能热发电电站。

1.1.2 美国

在风电方面，2010年以前，美国的风电经历了一段高速发展时期（如图1-4所示）。2009年新增装机达到了创纪录的1000万kW。然而，2010年仅511.5万kW新增装机，几乎只是2009年安装数量的一半，政策的不确定性是2010年美国风电装机显著下降的主要原因。美国38个州都有了大规模的风电项目，其中14个州的风电装机超过了100万kW。位于前五名的是德克萨斯、爱荷华、加利福尼亚、明尼苏达、俄勒冈和华盛顿州。

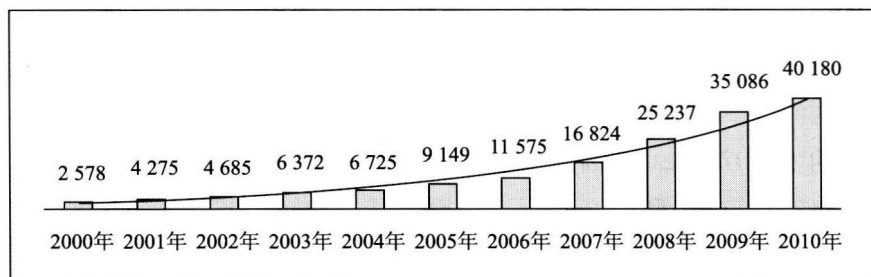


图1-4 2010年美国风电累计安装量（单位：MW）

另外，风电成本在过去两年里有了明显下降，最近签订的电力购买协议电价是5~6美分/(kW·h)，使得风电具有了与天然气发电的竞争能力。

美国国内安装的风机有约50%为国内制造，有超过400家制造厂服务于风电工业，雇用了85000名“绿领”工人，为风电的进一步高速发展做好了准备。目前风电约占美国电力需求的2%。2008年的一份美国能源部报告估计，到2030年风电可以提供20%的电力。

美国太阳能光伏发电技术的应用较早，但是商业化市场发展缓慢。进入21世纪以来，美国太阳能光伏发电呈现“先慢后快”的态势，2004年以前发展速度较慢，市场规模不大；2004年以后发展速度开始加快，市场开始慢慢扩大。截至2009年年底，美国光伏发电累计装机达到165万kW，约是2001年的10倍，2010年达到250万kW左右。（如图1-5所示）

在太阳能产业政策方面，美国参议院能源委员会于2010年通过了“千万太阳能屋顶提案”，该提案计划在2020年之前安装1000万个太阳能系统，总安装