

中国可再生能源

产业发展报告

2007

王仲颖 李俊峰 等著



化学工业出版社

A
F426.2
1022
>2007

中国可再生能源 产业发展报告 *2007*

王仲颖 李俊峰 等著



化学工业出版社

· 北京 ·

支持单位:

国家发展和改革委员会能源局

国家发展和改革委员会能源研究所

中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会

中国可再生能源学会产业工作委员会

全球环境基金/世界银行 中国可再生能源规模化发展项目

图书在版编目 (CIP) 数据

中国可再生能源产业发展报告 2007/王仲颖, 李俊峰
等著. —北京: 化学工业出版社, 2007. 11

ISBN 978-7-122-01429-0

I. 中… II. ①王…②李… III. 再生资源: 能源-
能源工业-经济发展-研究报告-中国-2007 IV. F426.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 163821 号

责任编辑: 王 斌

装帧设计: 王晓宇

责任校对: 李 林

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京云浩印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 10½ 字数 207 千字 2008 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 60.00 元

版权所有 违者必究

前言



可再生能源包括水能、风能、太阳能、生物质能、地热能和海洋能等，资源潜力大，对环境友好，无污染或污染低，可以永续利用，是有利于人与自然和谐发展的重要能源。20 世纪 70 年代以来，可持续发展思想逐步成为国际社会共识，可再生能源开发利用受到世界各国高度重视，许多国家将开发利用可再生能源作为能源战略的重要组成部分，提出了明确的可再生能源发展目标，制定了鼓励可再生能源发展的法律和优惠政策，可再生能源得到迅速发展，成为各类能源中增长最快的领域。一些可再生能源技术的市场应用和产业，如光伏发电、风力发电等，在近 10 年平均年增长速度都在 20% 以上，生物液体燃料在过去的 5 年中年均增长速度达到 60%，可再生能源已成为国际能源领域的热点。

我国作为能源消费大国，可再生能源在保障能源供应中的战略地位已经得到充分肯定，还将在环境保护、温室气体减排及农村电气化建设中扮演重要角色。《中华人民共和国可再生能源法》的颁布实施，标志着我国可再生能源的发展进入了一个新的阶段。特别是 2005 年和 2006 年，可再生能源发展得到了广泛的重视，可再生能源市场规模迅速扩大，可再生能源投资、投入明显增加，可再生能源制造业发展开始快速起步，并产生了良好的国际影响，引起国际社会的普遍关注。我国有望成为全球最大的可再生能源市场，并具备成为能源装备制造大国的潜力。2007 年 9 月，我国政府又颁布了《可再生能源中长期发展规划》，必将进一步推动我国可再生能源突飞猛进的发展。

为了方便我国可再生能源工作者掌握国家政策、发展信息和方向，我们撰写了《中国可再生能源发展报告 2007》，供有关方面人员参考。本报告是基于作者在过去 5 年中，所做的可再生能源立法研究、发展战略与政策、规划编制与制定研究工作的基础上完成的。在本书的写作过程中，得到了国内

外可再生能源专家和有关政府部门的支持，吴贵辉、史立山、王凤春、朱俊生、施鹏飞、任东明、胡润清、秦世平、宋彦勤、秦海岩、Paul Suding, Arthouros Zervos, Eric Martinot 等，给予了无私支持和帮助，特别是时璟丽、高虎、马玲娟、赵勇强参加了部分章节的编写，在此一并表示感谢。由于撰写时间仓促，不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

王仲颖 李俊峰

2007 年 10 月

目 录



0 执行总结	1
0.1 综述	1
0.2 可再生能源法产生的影响	2
0.3 水能	4
0.4 生物质能	4
0.5 风力发电	6
0.6 太阳能	8
0.7 其它可再生能源技术	10
0.8 发展前景分析	10
1 可再生能源法与可再生能源产业	15
1.1 可再生能源法产生的背景	15
1.2 可再生能源法基本制度	16
1.3 可再生能源法实施的进展和问题	17
1.4 已出台主要实施细则的说明	23
1.4.1 《可再生能源发电有关管理规定》	23
1.4.2 《可再生能源发电价格和费用分摊管理试行办法》和《可再生能源 电价附加收入调配暂行办法》	24
1.4.3 《可再生能源发展专项资金管理暂行办法》	28
1.4.4 《可再生能源产业发展指导目录》	29
1.4.5 中央部委落实可再生能源法的其它相关规定	30
1.4.6 可再生能源法的地方性法规	30
1.5 可再生能源法产生的影响	30
1.5.1 可再生能源发展得到广泛重视	30
1.5.2 可再生能源市场规模迅速扩大	31
1.5.3 可再生能源投资投入明显增加	31
1.5.4 可再生能源制造业发展开始快速起步	32
1.5.5 可再生能源发展形成了良好的国际影响	32
1.6 可再生能源法的法律实施和监督	33

1.7 关于加强可再生能源实施的建议	36
2 水能	39
3 生物质能	41
3.1 资源条件	41
3.1.1 废弃农作物秸秆	41
3.1.2 林木剩余物	42
3.1.3 畜禽粪便	42
3.1.4 工业有机废弃物	43
3.1.5 城市固体有机垃圾	43
3.1.6 废弃动植物油脂	43
3.1.7 可利用边际土地	44
3.1.8 能源农作物	45
3.1.9 能源林	46
3.2 产业发展特点	48
3.3 产业发展现状	49
3.3.1 直接燃烧和发电	49
3.3.2 生物质裂解与干馏	51
3.3.3 沼气开发利用	51
3.3.4 生物质致密成型	52
3.3.5 生物质气化及发电	53
3.3.6 生物液体燃料	53
3.4 发展展望	56
3.4.1 应用“3S”技术进行生物质资源评价	56
3.4.2 发展目标	61
4 风力发电	63
4.1 资源特点及开发潜力	63
4.1.1 风能资源储量丰富	63
4.1.2 风能资源分布	63
4.1.3 风能资源季节分布与水能资源互补	64
4.1.4 风能资源地理分布与电力负荷不匹配	64

4.2	发展现状	65
4.2.1	离网型风电	65
4.2.2	并网风电场发展	66
4.2.3	风电特许权项目	66
4.2.4	风电装机统计	73
4.2.5	风电设备制造	75
4.2.6	投资风电的主要风险	77
4.2.7	风电发展中存在的隐患	78
4.3	发展思路	79
4.3.1	风电发展路线图	79
4.3.2	保障措施	80
4.4	发展展望	83
5	太阳能	85
5.1	太阳能资源	85
5.2	太阳能光伏	86
5.2.1	产业发展状况	87
5.2.2	市场发展状况	92
5.2.3	存在问题	94
5.2.4	发展展望	94
5.2.5	关键技术	95
5.3	太阳能热利用	97
5.3.1	产业发展概况	97
5.3.2	市场发展状况	98
5.3.3	存在问题	99
5.3.4	发展展望	101
6	其它可再生能源技术	103
6.1	地热能	103
6.2	海洋能	104
7	国际可再生能源发展现状与展望	105
7.1	国际可再生能源整体取得快速发展	105

7.2	政府扶植是可再生能源产业和市场发展的推动力	107
7.3	国际可再生能源政策新趋势	108
7.4	国际可再生能源技术发展方向	109
7.5	可再生能源成为国际能源投资热点	111
8	我国可再生能源发展展望	113
8.1	发展前景分析	113
8.2	形势和任务	115
8.3	优先发展重点领域	117
8.3.1	水电	117
8.3.2	生物质能	118
8.3.3	风电	120
8.3.4	太阳能	120
8.3.5	其它可再生能源	121
8.3.6	农村可再生能源利用	121
8.4	保障措施和建议	122
	附录	128
	附录一 中华人民共和国可再生能源法	128
	附录二 可再生能源产业发展指导目录	133
	附录三 可再生能源中长期发展规划	138
	参考文献	158

图表目录



图 1	全国十二大水电基地及怒江分布图	39
图 2	我国后备土地资源类别分布 (单位: 万公顷)	44
图 3	当前可用和 2030 年新增生物质资源潜力 (单位: 亿吨标准煤)	46
图 4	生物质资源潜力增长趋势 (单位: 亿吨标准煤)	47
图 5	中国风能资源分布图	65
图 6	我国风电装机容量增长情况 (单位: 兆瓦)	73
图 7	自 1986 年以来的我国风电装机容量增长情况 (单位: 兆瓦)	73
图 8	2006 年底我国风电场累计装机主要机型分布	74
图 9	2004~2006 年我国新增市场份额变化图	76
图 10	中国太阳能资源分布图	85
图 11	我国光伏电池的组件生产能力、年产量、累计市场应用量 (单位: 兆瓦)	87
图 12	我国太阳能电池品种	90
图 13	我国光伏市场发展趋势	93
图 14	我国太阳能热水器生产规模和保有量 (单位: 万平方米)	97
图 15	世界各国人均太阳能使用量比较 (单位: 平方米/千人)	99
图 16	世界各类可再生能源技术利用年增长速度	105
图 17	世界光伏发电发展趋势	106
图 18	世界生物液体燃料发展情况	106
图 19	欧盟各国 2020 年可再生能源发展目标	108
图 20	欧盟 2006 年新增电力构成比例	109
图 21	世界可再生能源投资变化趋势	111
图 22	可再生能源发展占一次能源的比例	117
表 1	2006 年中国可再生能源开发利用量	2
表 2	已发布的可再生能源相关法规、政策和标准	22
表 3	国务院有关可再生能源实施和监督管理的机构设置	33
表 4	我国相关社会团体和民间组织	34
表 5	我国可利用生物质能资源潜力 (单位: 亿吨标准煤)	47

表 6 风电特许权项目与当时一般风电项目的主要区别 69

表 7 2006 年分省累计风电装机（按装机容量排序，单位：兆瓦）..... 74

表 8 太阳能资源区划 86

表 9 2004~2006 年我国多晶硅的生产与需求 88

表 10 我国多晶体硅产业已建和在建的项目 88

表 11 2006 年我国太阳级晶体硅的产量和生产能力 89

表 12 2006 年我国光伏电池的产能 91

表 13 2006 年中国非晶硅太阳电池生产能力 91

表 14 2006 年我国太阳能电池组件的封装能力 92

表 15 2006 年底我国光伏应用市场份额 94

表 16 2001~2006 年太阳能热水器年产量和保有量 98

附表 1 风电特许权项目中标电价与平均值的比较（单位：元/千瓦时） 126

附表 2 主要的风电机组制造商情况 126

0 执行总结

0.1 综述

可再生能源包括水能、风能、太阳能、生物质能、地热能和海洋能等，资源潜力大，环境污染低，可永续利用，是有利于人与自然和谐发展的重要能源。20 世纪 70 年代以来，可持续发展思想逐步成为国际社会共识，可再生能源开发利用受到世界各国高度重视，许多国家将开发利用可再生能源作为能源战略的重要组成部分，提出了明确的可再生能源发展目标，制定了鼓励可再生能源发展的法律和优惠政策，可再生能源得到迅速发展，成为各类能源中增长最快的领域。一些可再生能源技术的市场应用和产业，如光伏发电、风电等在近 10 年的年增长速度都在 20% 以上，可再生能源发展已成为国际能源领域的热点。

可再生能源是我国重要的能源资源，在满足能源需求、改善能源结构、减少环境污染、促进经济发展等方面发挥了很大作用。我国政府一直重视可再生能源的开发利用，除水电自 20 世纪 50 年代开始蓬勃发展外，自 20 世纪 80 年代，风电、太阳能、现代生物质能等技术和产业也在政府的支持下稳步发展，小水电、太阳能热水器、小风电等一些可再生能源技术和产业已经走在世界的前列。“十五”期间，我国进入了可再生能源快速发展时期，水电建设大中小并举，开发建设速度显著加快；通过采取特许权招标等措施，积极推进风电规模化发展；以送电到乡和解决无电人口生活用电为契机，发展太阳能光伏发电、小型风电，推动分散式可再生能源发电技术的发展；围绕改善农村环境卫生条件和增加农民收入，积极发展农村户用沼气；通过市场推动，大力推广普及太阳能热水器；以技术研发和试点示范为先导，积极推动了生物质能发电和生物液体燃料开发利用。到 2006 年底，可再生能源年利用量总计为 2 亿吨标准煤（见表 1，不包括传统方式利用的生物质能），约占一次能源消费总量的 8%，比 2005 年上升了 0.5%，其中水电为 15000 万吨标准煤，太阳能、风电、现代技术生物质能利用和地热利用等提供了 5000 万吨标准煤的能源，向 2010 年实现可再生能源占全国一次能源的比例 10% 的战略目标迈出了坚实的一步。



表 1 2006 年中国可再生能源开发利用量

	利 用 规 模		年 产 能 量		折标煤/(万吨/年)
一、发电	13001	万千瓦	4018	亿千瓦时	15270.6
水电	12500		3900		14820
并网风力发电	259.33		51.9		197
小型离网风力发电	7	(35 万台)	0.7		3
光伏发电	8		1.0		4
生物质发电	224		63.9		242.8
蔗渣发电	170		37.4		142.1
农林生物质发电	5		2.0		7.6
沼气发电	5		2.5		9.5
垃圾焚烧发电	40		20.0		76.0
垃圾填埋气发电	4		2.0		7.6
地热发电	2.5		1.0		3.8
二、供气			100	亿立方米	712
户用沼气	2200	万口	81		577
大型畜禽场沼气	2000	座	4		28
工业废水沼气	800	座	15		107
三、供热					3850.3
太阳能热水器	9000	万平方米			3600
太阳灶	45	万台			10.3
地热能利用	3000	万平方米	6000	10 ¹³ 焦	240
供暖	1500	万平方米			
供热水	60	万户			
四、燃料					111
生物质固体成型燃料					
车用酒精	100	万吨			100
生物油	8				11
总 计					19943.9

0.2 可再生能源法产生的影响

2006 年 1 月 1 日,《中华人民共和国可再生能源法》开始实施。尽管只有一年多的时间,但是它产生的影响十分巨大,具体表现在以下几个方面。



(1) 可再生能源发展得到了广泛的重视

据不完全统计,2003年以来,全国省部级以上领导对发展可再生能源问题的批示、意见有2000多条,人大代表、政协委员、两院院士以及离退休的老干部等,关于发展可再生能源发展的提案、议案和建议有300多项。这些都充分展示了全社会对发展可再生能源问题的重视程度。

(2) 可再生能源市场规模迅速扩大

2006年1月1日《可再生能源法》的实施,标志着我国可再生能源发展进入了一个新的历史阶段。2006年,各类可再生能源增长迅速,可再生能源年利用量总计为2亿吨标准煤(不包括传统方式利用的生物质能),约占一次能源消费总量的8%,比2005年上升了0.5%,其中水电为15000万吨标准煤,太阳能、风电、现代技术生物质能利用等提供了5000万吨标准煤的能源。

(3) 可再生能源投资投入明显增加

由于《可再生能源法》的实施,初步消除可再生能源投资的风险,各类投资主体纷纷增加了对可再生能源产业的投入。国内大型国有企业,包括国家电网公司、五大发电公司、三大石油集团、神华集团、长江电力以及一些升级的能源投资公司纷纷进入可再生能源市场,上海电气、东方汽轮机和哈尔滨电气等大型装备集团也开始介入可再生能源制造业;国际主要的风机制造企业或企业集团也开始进入我国的可再生能源市场;我国的一些民营企业也开始大规模进入可再生能源市场,目前太阳能产业基本上由民营资本所控制。

(4) 可再生能源制造业发展开始快速起步

由于政策和市场方面的共同拉动,投资活动活跃,特别是民营资本和风险投资的介入,给可再生能源制造业注入了活力。装备制造业,特别是风电和太阳能制造业发展迅速。同时吸引了国外大型装备制造集团的介入,美国通用电气、西班牙歌美飒、丹麦的维斯塔斯、德国的恩德和印度苏司兰等国外大型风电制造企业已经开始在国内设厂,我国可再生能源装备制造产业开始形成。

(5) 我国可再生能源发展形成了良好的国际影响

我国颁布《可再生能源法》,以及在该法的推动下可再生能源发展取得的成就,产生了良好的国际影响。2005年底召开的“北京国际可再生能源大会”、2006年在纽约召开的“世界可持续发展大会”、八国集团首脑会议等国际高层会议,都高度评价了我国发展可再生能源的积极意义和作用。



0.3 水能

水能资源是我国最重要的可再生能源资源之一。根据 2003 年全国水能资源复查成果, 全国水能资源技术可开发装机容量为 5.42 亿千瓦, 年发电量 24700 亿千瓦时; 经济可开发装机容量为 4 亿千瓦, 年发电量 17500 亿千瓦时。按经济可开发年发电量重复使用 100 年计算, 水能资源占我国常规能源剩余可采储量的 40% 左右, 仅次于煤炭。到 2006 年底, 全国水电总装机容量达 1.25 亿千瓦, 占全国总发电装机容量的 19%, 年发电量为 3900 亿千瓦时, 占全国总发电量的 13%。

根据我国中长期能源和可再生能源规划, 到 2020 年, 我国水电装机容量将达到 3 亿千瓦, 其中小水电 7500 万千瓦, 占水能经济可开发量的 75%, 基本接近发达国家水平; 2030 年前后, 我国水电基本开发完毕, 装机容量在 3.5 亿千瓦左右, 发电量在 15000 亿千瓦时左右。

0.4 生物质能

生物质能资源种类繁多, 利用技术多样。生物质能包括农作物秸秆、林业剩余物、油料植物、能源作物、生活垃圾和其它工农业有机废弃物。目前, 每年可作为能源使用的农作物秸秆资源量约为 1.5 亿吨标准煤, 林业剩余物资源量约 2 亿吨标准煤, 小桐子 (麻风树)、油菜籽、蓖麻、漆树、黄连木和甜高粱等油料植物和能源作物远期潜在种植面积可满足年产 5000 万吨生物液体燃料的原料需求。工业有机废水和禽畜养殖场废水资源量, 理论上可以生产沼气近 800 亿立方米, 相当于 5700 万吨标准煤。根据目前我国生物质能利用技术状况, 生物质能利用的重点将是生物质发电、沼气和生物质液体燃料等。

我国的沼气利用技术基本成熟, 尤其是户用沼气, 已经有几十年的发展历史。自 2003 年起, 农村户用沼气建设被列入国债项目, 中央财政资金年投入规模超过 10 亿元, 在政府政策的大力推动下, 户用沼气已经形成了规模化市场和产业。自 2000 年起, 畜禽场、食品加工、酒厂、城市污水处理厂等的大中型沼气工程也开始发展, 到 2006 年底, 全国已经建设农村户用沼气池 2200 万口, 生



活污水净化沼气池 14 万处,大中型畜禽养殖场和工业废水沼气工程达到 2600 多处,年产沼气约 90 亿立方米,为近 8000 万农村人口提供了优质的生活燃料。同时,随着沼气技术不断进步和完善,我国的户用沼气系统和零部件基本实现了标准化生产和专业化施工,大部分地区建立了沼气技术服务机构,具备了较强的技术服务能力。大中型沼气工程工艺技术成熟,已形成了专业化的设计和施工队伍,服务体系基本完备,具备了大规模发展的条件。近期的发展重点是继续扩大农村地区的户用沼气,特别是与农业生产结合的沼气技术的应用范围,在城镇发展以大型畜禽养殖场沼气工程和工业废水沼气工程为气源的集中供气。目标是到 2010 年和 2020 年,沼气年利用量分别达到 190 亿立方米和 440 亿立方米。

除沼气外,我国其它生物质能技术的应用仍处于产业化发展初期。在生物质发电方面,已经基本掌握了农林生物质发电、城市垃圾发电、生物质致密成型燃料等技术,但目前的开发利用规模还有待扩大。到 2006 年,全国生物质发电装机容量超过 220 万千瓦,其中蔗渣发电 170 万千瓦,碾米厂稻壳发电 5 万千瓦,城市垃圾焚烧发电 40 万千瓦,此外还有一些规模不大的生物质气化发电的示范项目。2006 年,随着国家对解决三农问题政策和生物质发电价格政策等的出台,国内开始掀起秸秆、林木废弃物发电的热潮,中央和地方政府总计核准了 39 个项目,合计装机容量为 128.4 万千瓦,预计投资为 100.3 亿元,截止 2006 年底,投产 5.4 万千瓦。生物制气化以及垃圾填埋气发电,2006 年投产 3 万千瓦,在建的有 9 万千瓦。目前全国已有 10 多个生物质直燃发电项目在建,装机规模超过 20 万千瓦。但是,对于达到 2010 年和 2020 年生物质发电装机 550 万千瓦和 3000 万千瓦的发展目标,难度巨大,特别需要解决资源分散、原料收集成本高、原料供应的连续性和保证度等问题。

在生物液体燃料方面,为了缓解石油供需矛盾,国家积极推进生物液体燃料技术的研发和试点示范工作。“十五”期间国家批准建设了 4 个以陈化粮为原料的生物燃料乙醇生产试点项目,形成年生产能力 102 万吨。自 2004 年起,在黑龙江、吉林、辽宁、河南、安徽 5 个省及河北、山东、江苏、湖北 4 个省的 27 个地市开展车用乙醇汽油试点工作。

近期内我国重点的技术研发方向是利用非粮食原料(主要为甜高粱、木薯以及木质纤维素等)生产燃料乙醇技术和以小桐子等油料作物为原料制取生物柴油,并建设规模化原料供应基地,建立生物质液体燃料加工企业。目前,以甜高粱、木薯为原料的燃料乙醇和以小桐子为原料制取生物柴油已开展了小规模试验,为我国大规模开发利用生物液体燃料积累了经验。到 2010 年,燃料乙醇的



年生产能力达到约 200 万吨,生物柴油的年生产能力达到 20 万吨,总计年替代 200 万吨成品油。与此同时,我国的部分企业正在研究开发以秸秆、木材等非粮食为原料的生物液体燃料技术,并取得了一定的突破,可望在 2010 年前后形成规模化生产能力。

0.5 风力发电

我国幅员辽阔,海岸线长,风能资源比较丰富。风能资源总量约为 40 亿千瓦,初步估算可开发利用的风能资源约 6 亿~10 亿千瓦。风能资源丰富的地区主要分布在东南沿海及附近岛屿,内蒙古、新疆和甘肃河西走廊,东北、西北、华北和青藏高原的部分地区。另外,内陆也有个别风能资源丰富的地区。

我国的并网风电从 20 世纪 80 年代开始发展,“十五”期间,风电发展非常迅速,总装机容量从 2000 年的 35 万千瓦增长到 2006 年的 260 万千瓦,年均增长率达到 30%。风电装机容量在 2004 年位居世界第 10 位,到 2006 年底上升为世界第 6 位。

从 2003 年开始,国家连续组织四期风电特许权项目,以上网电价和设备的本地化率为条件,通过招标选择投资者。四期项目确定了 245 万千瓦建设规模,同时有效地降低了风电的上网电价,促进了风电投资多元化,提高了风电装备国产化和本地化的能力和活力。

目前,我国已经基本掌握单机容量 750 千瓦及以下大型风力发电设备的制造技术。2006 年自主研发的直驱和引进技术消化吸收研制的 1.2 兆瓦风电机组已经投入试运行,1.5 兆瓦风电机组已经下线和吊装成功,2 兆瓦级及以上的风电机组正进入研制阶段。在国家风电设备国产化政策的有力推动下,风电设备零部件制造水平也有了较大提高,具备了齿轮箱、叶片、电机等关键零部件的制造能力,外商已开始在我国采购风电设备零部件。2006 年在风电新增市场份额中,国内产品占 45%,比 2005 年提高了 10 个百分点,国外产品占 55%;在累计市场份额中,国内企业 33%,国外企业占 67%。

据不完全统计,2006 年底,我国风电制造及相关零部件企业 100 多家,其中大型风机整机生产企业 36 家,国外独资企业 4 家、合资企业 3 家、国内企业 29 家。2006 年已经具备批量生产能力的国内企业主要是新疆金风科技、浙江运达、大连华锐、东方汽轮机等。其中金风科技在市场份额中占据主导地位。在大