



能源与电力分析年度报告系列

2013

中国新能源发电 分析报告

国网能源研究院 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

013061869

TM61

15

2013



能源与电力分析年度报告系列

2013

中国新能源发电 分析报告

国网能源研究院 编著



TM 61

15

2013



北航

C1669779



中国电力出版社

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

038130810

内 容 提 要

《中国新能源发电分析报告》是能源与电力分析年度报告系列之一，主要对2012年中国风力发电、太阳能发电等新能源发电情况、政策法规和新能源发电热点问题进行了全面的分析和研究，为关注新能源发电的领导、专家、科技人员、能源行业从业人员提供决策参考和依据。

本报告从新能源发电项目开发建设与运行及利用情况、标准与并网运行管理、发电及并网技术创新、发电成本、最新颁布的政策法规、国内外发展趋势等方面进行了全面分析和总结，针对中国现阶段新能源发展出现的新情况、新问题，对2012年新能源发电热点问题进行了专题分析研究。

本报告适合能源分析人员、经济分析人员、国家相关政策制定者及科研工作者参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

中国新能源发电分析报告. 2013/国网能源研究院编著. —北京: 中国电力出版社, 2013. 8

(能源与电力分析年度报告系列)

ISBN 978-7-5123-4843-1

I. ①中… II. ①国… III. ①新能源—发电—研究报告—中国—2013 IV. ①TM61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 191327 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 http: //www. cepp. sgcc. com. cn)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 8 月第一版 2013 年 8 月北京第一次印刷

700 毫米×1000 毫米 16 开本 9.75 印张 116 千字

印数 0001—2500 册 定价 50.00 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

能源与电力分析年度报告

编 委 会

主 任 张运洲

委 员 牛忠宝 胡兆光 蒋莉萍 李 英 周小谦 冉 莹

王信茂 张 玮 魏 玢 白建华 王耀华 马 莉

单葆国 李琼慧 张义斌 李云峰 郑厚清

《中国新能源发电分析报告》

编 写 组

组 长 李琼慧

副组长 宋卫东 郭基伟

成 员 谢国辉 王乾坤 孔维政 汪晓露 黄碧斌 曹石亚

王彩霞 吴永梅 凤振华 孙李平

前言

国网能源研究院多年来紧密跟踪新能源发电发展规模、并网运行及利用情况、政策法规等，形成年度系列分析报告，为政府部门、电力企业和社会各界提供了有价值的决策参考和信息。

中国目前已经培育形成了新能源市场和产业体系，新能源技术快速进步、产业实力明显提升、市场规模不断扩大、新能源并网利用水平不断提高，新能源已经步入全面、快速、规模化发展的重要阶段。

为了及时、全面反映中国新能源发电行业特别是新能源发电并网及利用相关情况，国网能源研究院对 2012 年中国风力发电、太阳能发电等新能源发电情况进行了全面的分析研究，形成了 2013 年度《中国新能源发电分析报告》，力求能够为关注新能源发展的政府主管部门、科技人员、能源行业从业人员以及其他读者提供有益的借鉴和参考。

本报告在对中国新能源发电项目开发建设与建设、并网运行及利用、并网及调度管理、并网技术与标准、发电成本、政策法规、发展趋势等分析研究的基础上，对 2012 年新能源发电热点问题进行了专题分析研究，与其他年度报告相辅相成，互为补充。

本报告共分为 7 章。第 1 章是新能源发电发展基本情况，主要分析了中国新能源开发规模、配套电网工程建设及并网运行利

用等情况；第2章是新能源发电并网运行管理，分析了新能源发电标准及技术规范、并网及运行管理等情况；第3章是新能源发电及并网技术创新，分析了风力发电、太阳能发电、并网运行及控制技术、储能技术的最新发展情况；第4章是新能源发电成本，从单位投资成本、度电成本等方面分析了新能源发电的经济性；第5章是新能源发电产业政策，主要梳理了中国2012年最新出台的新能源相关政策法规；第6章是新能源发电热点问题分析，针对中国风电运行消纳、光伏“双反”、分布式电源并网、新能源并网成本、可再生能源电价补贴等热点问题进行了深入分析；第7章是新能源发电发展展望，在分析世界新能源发电发展趋势的基础上，对“十二五”中国新能源发电发展形势进行了展望。

本报告概述由谢国辉主笔，第1章由谢国辉、郭基伟、曹石亚主笔，第2章由谢国辉、李琼慧主笔，第3章由孔维政主笔，第4章由汪晓露、李琼慧主笔，第5章由王乾坤主笔，第6章由李琼慧、谢国辉、郭基伟、黄碧斌、王乾坤主笔，第7章由谢国辉、李琼慧主笔，附录部分由谢国辉主笔，全书由李琼慧、谢国辉统稿。

在本报告的编写过程中，得到了能源、电力领域多位专家的悉心指导，在此表示衷心感谢！

限于作者水平，虽然对书稿进行了反复研究推敲，但难免仍会存在疏漏与不足之处，恳请读者谅解并批评指正！

编 著 者

2013年7月

目 录

前言

概述 1

1 新能源发电发展基本情况 4

1.1 风电 5

1.1.1 项目开发与建设 6

1.1.2 电网接入工程建设 10

1.1.3 风电运行及利用 12

1.2 太阳能发电 15

1.2.1 光伏发电 15

1.2.2 光热发电 20

1.3 其他新能源发电 24

1.3.1 生物质能发电 24

1.3.2 地热发电 25

1.3.3 海洋能发电 26

2 新能源发电并网运行管理 27

2.1 标准及技术规范 27

2.1.1 风电 27

2.1.2 太阳能发电 30

2.2 并网管理	32
2.2.1 风电	32
2.2.2 太阳能发电	34
2.3 运行管理	36
2.3.1 优先调度管理规范	36
2.3.2 弃风电量计量规范管理	38
2.3.3 运行优化管理	38
2.3.4 运行安全管理	40

3 新能源发电及并网技术创新 42

3.1 风力发电技术	42
3.1.1 风机制造技术	43
3.1.2 海上风电场建设技术	45
3.1.3 新型风力发电技术	45
3.2 太阳能发电技术	47
3.2.1 光伏发电技术	48
3.2.2 光热发电技术	50
3.3 并网运行及控制技术	52
3.4 储能技术	54
3.5 其他新能源发电技术	55

4 新能源发电成本 57

4.1 风电成本	57
4.2 太阳能发电成本	61
4.2.1 光伏发电成本	61
4.2.2 光热发电成本	65

5	新能源发电产业政策	71
5.1	新能源产业政策	71
5.2	风电产业政策	73
5.3	太阳能发电产业政策	75
5.4	其他新能源发电产业政策	77
6	新能源发电热点问题分析	79
6.1	风电消纳问题	79
6.1.1	2012 年中国风电消纳总体情况	79
6.1.2	重点地区风电弃风原因分析	80
6.1.3	风电消纳问题的解决途径	84
6.2	现阶段光伏产业发展问题	85
6.2.1	美欧“双反”情况及对光伏产业的影响	85
6.2.2	中国光伏产业发展面临的主要问题	87
6.2.3	推动中国光伏产业可持续发展	89
6.3	分布式电源发展问题	89
6.3.1	经济激励政策	90
6.3.2	项目管理	91
6.3.3	并网运行管理	92
6.3.4	完善中国分布式电源支撑体系	94
6.4	新能源发电利用成本	95
6.4.1	大规模风电并网成本	95
6.4.2	分布式光伏并网成本	98
6.4.3	关于新能源发电利用成本的几点认识	100
6.5	可再生能源补贴政策设计	101

6.5.1	中国可再生能源发电补贴政策基本情况	101
6.5.2	可再生能源补助目录发布和资金拨付情况 ...	102
6.5.3	可再生能源电价补贴政策存在的问题 和建议	103

7 新能源发电发展展望 107

7.1	世界新能源发电发展趋势	107
7.2	中国新能源发电发展趋势	109

附录 1	2012 年世界新能源发电发展概况	112
------	-------------------------	-----

附录 2	国内外最新出台新能源发电产业政策	121
------	------------------------	-----

附录 3	世界新能源发电数据	133
------	-----------------	-----

附录 4	中国新能源发电数据	135
------	-----------------	-----

参考文献	145
------------	-----

概 述

2012年，中国新能源发电发展势头依然强劲。经过近几年高速发展，截至2012年底，中国风电并网装机容量超越美国成为世界第一，中国用不到6年的时间走过了美国、欧洲等15年甚至20年的风电发展历程，实现了风电并网装机容量从200万kW到6000万kW的跨越，风电装机容量占全部发电装机容量的比例从不足1%提高到5%，与美国相当。其中，国家电网接入风电装机容量达到5676万kW，比2006年增长了29倍，国家电网已成为全球接入风电容量最大、增长速度最快的电网。

太阳能发电发展迅猛，国内光伏发电市场开始启动。光伏发电并网容量从2009年不足30万kW到2012年超过360万kW，年均增速高达130%。分布式光伏呈现快速发展趋势。截至2012年底，中国分布式光伏建设容量达到378万kW，并网容量超过39万kW，同比增长90%。

新能源并网技术标准和管理规范是新能源发电健康发展的保障。中国已基本形成了较为完整的风电标准体系，构建了包括七大体系的风电标准体系框架。太阳能发电标准体系正逐步完善。针对风电无序发展和运行消纳困难问题，国家持续加强风电项目管理，实施风电年度核准计划管理，目前已陆续下发风电第一、二、三批核准计划；加强新能源调度运行管理，要求进一步优化电网运行调度、科学安排发电计划，最大限度提高新能源利用水平。

新能源发电及并网技术创新对未来新能源发电产业的发展将产生重要影响。目前,中国已生产出可利用 7m/s 风速及以下的低风速风机和 6MW 的海上风力发电机组,并且已掌握近海风电场施工技术。2012 年,中国建成首个大型薄膜太阳能光伏发电地面电站,首套光伏发电功率预测系统投入运行;建成首座太阳能热发电实验电站,中国成为世界上第四个掌握集成太阳能热发电技术的国家;国家风光储输示范工程已安全稳定运行一周年,为中国新能源联合运行模式起到示范带头作用。

新能源发电成本的不断降低是新能源发电规模化发展的前提条件。2012 年,风电发电成本持续下降,陆上风电单位投资成本约为 $7000\sim 8000$ 元/ kW ,度电成本约为 $0.32\sim 0.63$ 元/ $(\text{kW}\cdot\text{h})$,基本接近风电上网标杆电价水平;海上风电投资成本约为陆上风电投资成本的 2 倍,单位投资成本约为 1.4 万 ~ 1.8 万元/ kW 。2012 年以来,随着光伏组件价格的不断下滑,地面光伏电站单位投资成本已降至 0.9 万 ~ 1.1 万元/ kW ,度电成本最低能够达到 0.7 元/ $(\text{kW}\cdot\text{h})$,分布式光伏发电度电成本约在 $0.9\sim 1.2$ 元/ $(\text{kW}\cdot\text{h})$ 。新能源并网成本日益受到关注,大规模新能源和分布式电源接入引起的并网成本将大幅增加。

新能源发电的发展离不开政策法规的支持。2012 年,国家相继发布了《可再生能源发展“十二五”规划》及风电、太阳能发电等专项规划。财政部完善了可再生能源发展基金征收及使用管理机制,着力解决补贴资金征收不足、发放滞后等问题。国家能源局启动风电供热试点工作,探索提高风电本地消纳能力、减少弃风的新模式。密集出台有关促进光伏发电特别是分布式光伏发电发展的鼓励政策,努力开拓国内光伏应用市场,积极应对光伏产能过剩及国外“双反”。

风电运行消纳、光伏“双反”、分布式电源发展、新能源并网成

本、可再生能源电价补贴问题是 2012 年新能源行业的热点问题。本报告总结了 2012 年中国风电运行消纳总体形势，深入分析吉林、蒙东等重点地区风电弃风的主要原因。针对美欧光伏“双反”问题，本报告分析了美欧近年来对中国光伏企业开展“双反”调查情况，以及对中国光伏行业的影响，剖析了目前中国光伏行业发展面临的主要问题。随着中国分布式电源的发展，分布式电源激励政策、并网运行管理等问题受到广泛关注。本报告从经济政策、项目审批、并网运行、电网建设等方面对比分析了中德分布式电源发展支持体系，提出了中国完善分布式电源支持体系建设的有关建议；全面梳理了大规模风电接入引起的并网成本，定量测算了分布式光伏接入配电网增加的接网成本和电网改造成本，指出新能源不仅开发成本高，利用成本也很高，完善经济激励政策是促进新能源消纳的重要措施；回顾了中国可再生能源电价补贴政策发展历程，研究认为建立发展规模与电价之间的联动机制，考虑国家财政补贴能力和全社会电价承受能力统筹确定补贴额度是解决问题的根本途径。

研判国内外新能源发电发展趋势，有助于掌握和紧跟新能源发电行业的发展动向。预计全球风电发展整体上进入平稳增长阶段，2013 年全球新增装机容量 4000 万~5000 万 kW；中国风电由高速增长期步入稳定增长期，增长速度回落，“十二五”期间年新增装机容量有望维持在 1300 万~1800 万 kW，突破“十二五”风电规划目标。全球光伏发电将进入快速增长通道，2013 年新增光伏发电装机容量 4700 万 kW 左右；中国光伏发电将加速发展，“十二五”期间年均增长 1000 万 kW 左右。

新能源发电发展基本情况

2012 年,我国新能源发电继续保持快速增长态势,并网装机容量持续增长,发电量不断增加。风电总体进入平稳增长阶段,太阳能发电快速发展。

截至 2012 年 12 月底,全国新能源发电装机容量约 7253 万 kW,同比增长 29%。其中,风电装机容量 6083 万 kW,太阳能发电装机容量 367 万 kW,其他新能源发电装机容量约 803 万 kW。2012 年中国新能源发电装机容量构成如图 1-1 所示。并网新能源装机容量约占中国全部发电装机容量^①的 6.3%,比 2011 年提高 1.2 个百分点。

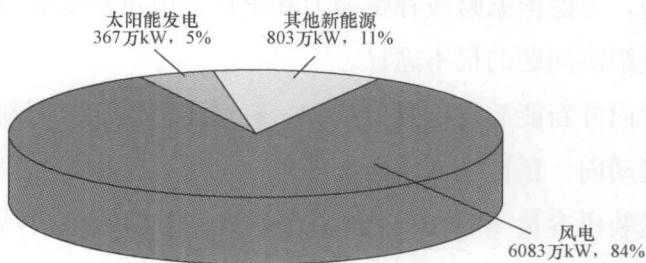


图 1-1 2012 年中国新能源发电装机容量构成

2012 年,中国新能源发电量约为 1419 亿 kW·h,同比增长 27%。其中,风电发电量 1004 亿 kW·h,太阳能发电量 35 亿 kW·h。2012 年中国新能源发电量构成如图 1-2 所示。2012 年中国新能源发电量

^① 数据来源:中国电力企业联合会《2012 年电力工业统计快报》,2012 年全国发电装机容量为 114491 万 kW。

约占全部发电量^①的 2.8%，比 2011 年提高 0.6 个百分点。2012 年中国各类电源发电量占比如图 1-3 所示。

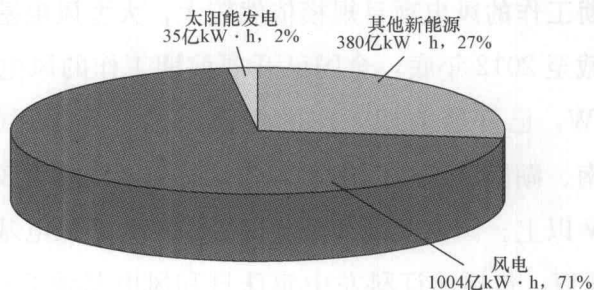


图 1-2 2012 年中国新能源发电量构成

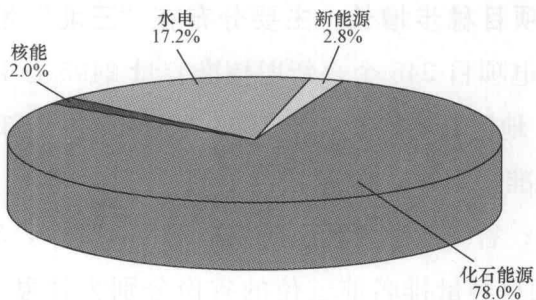


图 1-3 2012 年中国各类电源发电量占比

1.1 风电

经过近年来的高速发展，中国风电并网装机容量超越美国成为世界第一，用不到 6 年的时间（2006—2012 年）走过了美国、欧洲等 15 年甚至 20 年的风电发展历程，实现了风电并网装机容量从 200 万 kW 到 6000 万 kW、发电量由不足 30 亿 kW·h 到 1000 亿 kW·h 的跨越，风电并网装机年均增速高达 75%，风电发电量年均增速为 80%。

① 数据来源：中国电力企业联合会《2012 年电力工业统计快报》，2012 年全国全口径发电量为 49774 亿 kW·h。

与此同时，局部地区风电消纳矛盾进一步加剧。

1.1.1 项目开发建设

开展前期工作的风电项目规模依然较大，大型风电基地前期工作继续推进。截至 2012 年底，全国已开展前期工作的风电项目总规模约 6400 万 kW，已开展前期工作的规模超过百万千瓦的省份为 18 个，其中云南、湖南、广东、山东等省区前期工作力度较大，规模均在 150 万 kW 以上。国家批准开展前期工作的大型风电基地规模合计约为 480 万 kW，包括通辽科左中旗珠日和风电基地 200 万 kW、巴彦淖尔乌拉特中旗风电基地 180 万 kW 等。

新增核准项目稳步增长，主要分布在“三北”地区。2012 年，全国新核准风电项目 345 个，新增核准容量 2495 万 kW，同比增长 19%。“三北”地区新增核准容量 1663 万 kW，占全部新增核准容量的 67%。新核准项目中，国家核准项目 30 个，容量为 731 万 kW，占比为 29.3%；省级能源主管部门核准项目 315 个，容量为 1764 万 kW。新核准项目容量排名前三位的省份分别为甘肃（339 万 kW）、内蒙古（305 万 kW）和新疆（241 万 kW），2012 年排名前十位地区的风电新增核准容量见图 1-4。截至 2012 年底，全国累计核准风电项目容量 10 670 万 kW。

中国成为世界风电第一大国，累计并网容量持续增长，新增并网容量增速放缓。截至 2012 年底，中国风电吊装容量达到 7021 万 kW，建设容量达到 6525 万 kW^①。2012 年全国新增风电并网容量 1460 万 kW，同比减少 205 万 kW。截至 2012 年底，中国风电并网容量达到 6083 万 kW^②，同比增长 31.6%，比 2006 年增长了 22.1 倍，

① 数据来源：水电水利规划设计总院国家风电信息管理中心《2012 年度中国风电建设统计评价报告》。

② 本报告中中国风电并网容量数据来自中国电力企业联合会，下同。

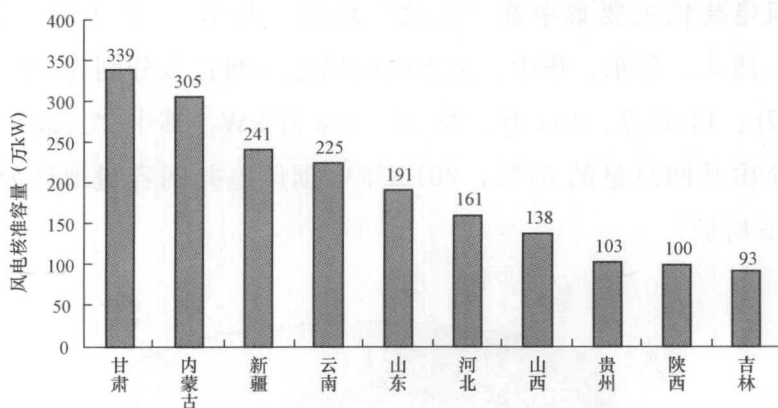


图 1-4 2012 年排名前十位地区的风电新增核准容量

年均增长 80%。其中，国家电网公司区域^①风电并网容量达到 5676 万 kW，占全国风电并网容量的 93%，比 2006 年增长了 22.4 倍，年均增长 75%。2001—2012 年中国风电并网容量及增速如图 1-5 所示。

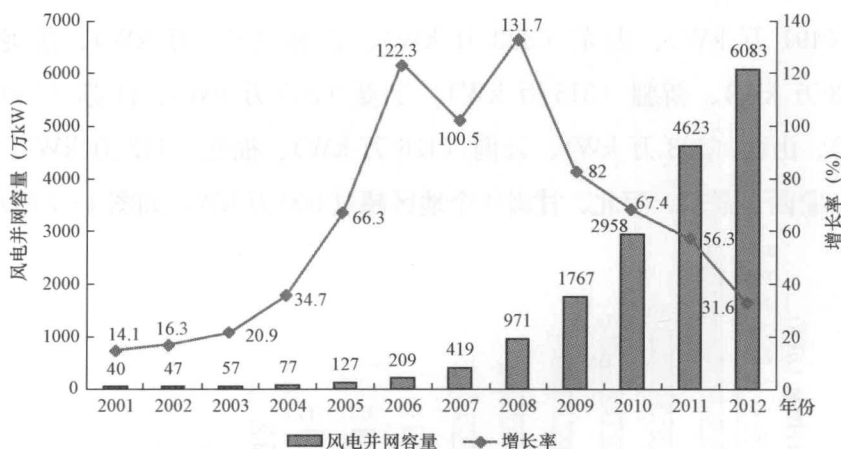


图 1-5 2001—2012 年中国风电并网容量及增速

① 国家电网公司区域含蒙西，下同。