



能源与电力分析年度报告系列

2014

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



能源与电力分析年度报告系列

2014

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

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2013年中国风电、太阳能发电等新能源发电及运行情况、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，为关注新能源发电发展的领导、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的开发建设情况、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，并针对中国现阶段新能源发展出现的新情况、新问题，对2013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. 2014/国网能源研究院编著. —北京:
中国电力出版社, 2014. 9

(能源与电力分析年度报告系列)

ISBN 978-7-5123-6386-1

I. ①中… II. ①国… III. ①新能源—发电—研究报告—
中国—2014 IV. ①TM61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 204878 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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 9 月第一版 2014 年 9 月北京第一次印刷

700 毫米×1000 毫米 16 开本 8.75 印张 103 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 蒋莉萍 李 英 张 玮 魏 玢 胡兆光
周小谦 冉 莹 王信茂 白建华 周原冰 王耀华
马 莉 单葆国 张义斌 李琼慧 郑厚清 张 勇

《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 樊 昊 汪晓露 孔维政 王彩霞
黄碧斌 胡 静 洪博文

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。

在党中央、国务院的关心支持下，中国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情况，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 2013 年中国风电、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 2014 年度《中国新能源发电分析报告》，力求能够为关注新能源发电发展的政府主管部门、科技人员、能源行业从业人员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 2013 年新能源发电热点问题进行了专题分析研究，对世界新能源发电发展趋势和中国新能源发电发展形势进行了展望，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、其他新能源发电、并网支撑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风电、太阳能发电、生物质能发电的经济性；第5章是新能源发电产业政策，主要梳理了中国2013年最新出台的新能源政策法规；第6章是新能源发电热点问题分析，对中国风电运行消纳、中国光伏发电上网电价调整、德国分布式光伏发电发展、丹麦风电高比例运行、中国可再生能源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基础上，对“十二五”中国新能源发电发展趋势进行了展望。

本报告概述由谢国辉主笔，第1、2章由谢国辉、樊昊、胡静主笔，第3章由孔维政主笔，第4章由汪晓露主笔，第5章由王乾坤主笔，第6章由谢国辉、王乾坤、汪晓露、王彩霞主笔，第7章由谢国辉、李琼慧主笔，附录部分由谢国辉、樊昊主笔。全书统稿工作主要由李琼慧、谢国辉承担。

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

2014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 11

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 19

1.3 其他新能源发电 20

1.3.1 生物质能发电 20

1.3.2 地热发电 22

1.3.3 海洋能发电 23

2 新能源发电并网运行管理 24

2.1 标准及技术规范 24

2.1.1 风电 24

2.1.2 太阳能发电 27

2.2	并网管理	29
2.2.1	风电	29
2.2.2	太阳能发电	31
2.3	运行管理	33
2.3.1	可再生能源市场监管	33
2.3.2	风电运行优化管理	33
2.3.3	光伏发电运行管理	34

3 新能源发电及并网技术创新 36

3.1	风力发电技术	36
3.1.1	海上浮动式风力发电站	36
3.1.2	大型风电机组	38
3.1.3	新一代风力发电机组设计制造技术	38
3.2	太阳能发电技术	39
3.2.1	薄膜太阳能电池技术	39
3.2.2	钙钛矿型太阳能电池技术	40
3.2.3	叠层太阳能电池技术	42
3.2.4	柔性太阳能电池技术	43
3.3	其他新能源发电技术	43
3.4	新能源发电并网支撑技术	44
3.4.1	储能技术	44
3.4.2	并网运行控制技术	47

4 新能源发电成本 49

4.1	风电成本	49
4.2	太阳能发电成本	52

4.2.1	光伏发电成本	52
4.2.2	光热发电成本	53
4.3	生物质能发电成本	56
4.4	新能源发电成本变化趋势	57
4.4.1	风电	57
4.4.2	太阳能发电	60

5 新能源发电产业政策 66

5.1	新能源产业政策	66
5.2	风电产业政策	67
5.3	太阳能发电产业政策	69
5.4	其他新能源发电产业政策	72

6 新能源发电热点问题分析 73

6.1	中国风电消纳形势及原因分析	73
6.1.1	2013 年中国风电消纳总体情况	73
6.1.2	风电运行消纳转好主要原因分析	74
6.1.3	2014 年风电消纳形势分析及建议	77
6.2	中国光伏发电电价调整及分地区发展潜力分析 ...	77
6.2.1	光伏发电上网电价调整政策要点	77
6.2.2	光伏电站分区盈利水平及发展潜力	78
6.2.3	分布式光伏度电补贴政策下分地区 发展潜力	79
6.3	德国光伏发电并网运行相关问题分析	81
6.3.1	2013 年德国光伏发电发展现状	81
6.3.2	德国光伏发电发展主要经验	82

6.3.3	当前大规模光伏发电并网带来的新问题	85
6.3.4	德国光伏发电发展相关启示	86
6.4	丹麦风电高比例运行实践与经验分析	87
6.4.1	丹麦电力系统概况	87
6.4.2	丹麦实现风电高比例运行原因分析	90
6.4.3	对促进我国风电消纳相关启示	92
6.5	中国可再生能源补贴政策及相关问题分析	93
6.5.1	可再生能源补贴政策	93
6.5.2	可再生能源补贴政策调整情况	94
6.5.3	“十二五”及 2020 年补贴需求分析	97

7 新能源发电发展展望 99

7.1	世界新能源发电发展趋势	99
7.2	中国新能源发电发展趋势	101

附录 1	2013 年世界新能源发电发展概况	104
------	-------------------------	-----

附录 2	国外最新出台新能源发电产业政策动态	112
------	-------------------------	-----

附录 3	世界新能源发电数据	117
------	-----------------	-----

附录 4	中国新能源发电数据	119
------	-----------------	-----

参考文献		128
------	-------	-----

概 述

2013 年，中国新能源发电发展势头依然强劲。截至 2013 年底，中国风电并网容量 7548 万 kW，比 2006 年增长了 29 倍，占全部发电装机容量的比例为 6%。其中，国家电网接入风电并网容量达到 7037 万 kW，2006—2013 年年均增长 68%，是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，2013 年底光伏电站集中投产。中国光伏发电并网容量从 2009 年不足 30 万 kW 增长到 2013 年的 1942 万 kW，年均增速高达 189%。其中，光伏电站并网容量达到 1632 万 kW，占全部光伏发电装机容量的 84.1%。分布式光伏发电快速发展。截至 2013 年底，中国分布式光伏并网容量达到 310 万 kW，占全部光伏发电装机容量的 15.9%。

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基础。中国目前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。2013 年国家能源局继续加强风电项目核准管理，从 2011 年开始实施风电年度核准计划管理，目前已陆续下发风电四批拟核准计划项目。先后出台了光伏电站和分布式光伏发电项目管理暂行办法，推动光伏发电并网管理规范；下发了可再生能源市场监管办法，加强可再生能源发电的并网消纳监管。

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，风电技术继续向海上风电发展，单机容量提高到 8MW，全球首座海上浮动式风电场在日本投运。太阳能发电技术取得新的进展，不同类型太阳能发电技术效率进一步提高，其中钙钛矿型太阳能电池技术取得重要突破，在光电转换效率、制造成本等方面具有较大优势，市场前景广阔。储能技术进一步发展，基于石墨烯等新材料应用于储能电池有望实现新的突破。

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。2013 年风电发电成本继续下降，陆上风电单位造价低于 8000 元/kW，度电成本接近 0.4 元/（kW·h）；海上风电造价约为陆上风电的 2 倍。光伏发电在经历 2012 年的行业洗盘和价格大幅下滑后逐步回暖，2013 年价格恢复正常水平。地面光伏电站单位造价为 9000 元/kW，度电成本最低能达到 0.6 元/（kW·h），分布式光伏发电约为 0.9~1.2 元/（kW·h）。不同类型的生物质能发电单位造价存在较大差异，农林生物质能发电最低，为 8000~10 000 元/kW。

新能源发电的发展离不开政策法规的支持。2013 年是中国光伏发电政策密集出台的一年。国务院印发了《关于促进光伏产业健康发展的若干意见》，大力支持光伏发电发展。国家发展改革委实行光伏电站上网电价及分布式光伏发电项目补贴新政，建立光伏电站分区域标杆上网电价制度，调整分布式光伏发电补贴资金拨付及支付方式；出台了《分布式发电管理暂行办法》，明确分布式发电项目建设、电网接入、运行管理、政策措施等方面的要求，大力推进分布式光伏发电应用示范区建设。

风电运行消纳、光伏电价调整、德国分布式光伏发电发展、丹麦风电高比例运行、可再生能源电价补贴等是 2013 年新能源行业的热点问题。本报告阐述了 2013 年中国风电运行消纳的基本情况，深入分析了不同地区风电消纳转好的主要原因。针对光伏发电电价政策调

整,分析了我国不同地区光伏电站盈利能力,以及分布式光伏发电发展潜力。德国是世界光伏发电发展的典范,报告从规划、并网、运行等方面分析了德国分布式光伏发电发展的有益经验,提出了中国完善分布式光伏发电支持体系建设的建议。丹麦是通过大电网调节实现风电高比例运行的典范,报告全面梳理了丹麦电力系统整体概况,分析了丹麦实行高比例风电运行的主要原因,对我国风电运行消纳提出了相关建议。报告还回顾了中国可再生能源电价补贴政策发展历程和最新调整情况,分析了“十二五”及2020年我国可再生能源补贴的需求等有关问题。

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2014年全球风电发展整体上进入平稳增长阶段,全年新增装机容量5000万kW左右;中国风电由高速增长期步入稳定增长期,增长速度将回落,“十二五”期间年新增风电装机容量有望维持在1800万~2000万kW,将突破“十二五”风电规划目标。全球光伏发电将进入快速增长通道,2014年预计新增光伏发电装机容量5200万kW左右;中国光伏发电将保持快速增长,2014年预计增长1400万kW左右。

新能源发电发展基本情况

2013 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 2013 年 12 月底,全国新能源发电装机容量约 10 275 万 kW,同比增长 42%。其中,风电装机容量 7548 万 kW,太阳能发电装机容量 1943 万 kW,其他新能源发电装机容量约 784 万 kW。2013 年中国新能源发电装机容量构成如图 1-1 (b) 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 8.2%,比 2012 年提高 1.9 个百分点。

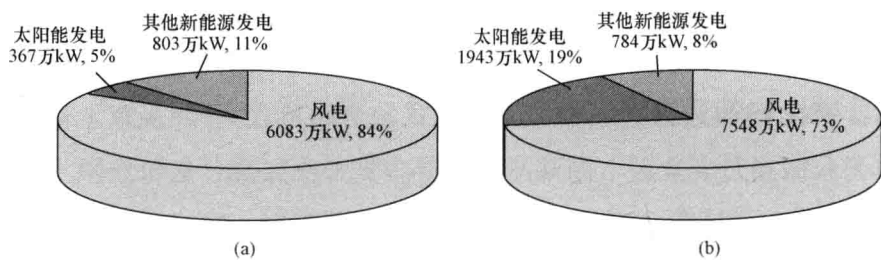


图 1-1 中国新能源发电装机容量构成

(a) 2012 年; (b) 2013 年

2013 年,中国新能源发电量约 1849 亿 kW·h,同比增长 30%。

^① 数据来源:中国电力企业联合会《2013 年电力工业统计快报》,2013 年全国发电装机容量为 114 491 万 kW。

其中,风电发电量 1401 亿 kW·h,太阳能发电量 90.5 亿 kW·h。2013 年中国新能源发电量构成如图 1-2 所示。2013 年中国新能源发电量约占全部发电量^①的 3.5%,比 2012 年提高 0.6 个百分点。2013 年中国各类电源发电量占比如图 1-3 所示。

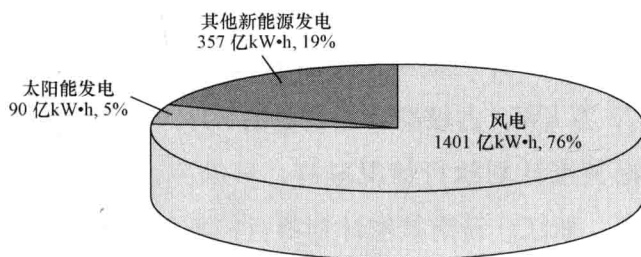


图 1-2 2013 年中国新能源发电量构成

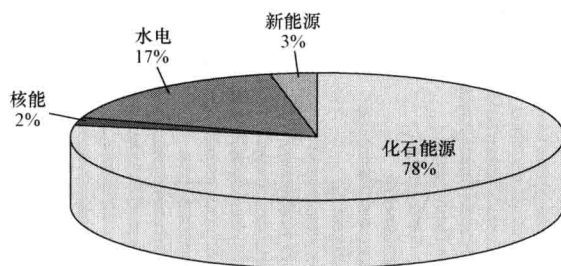


图 1-3 2013 年中国各类电源发电量占比

1.1 风电

经过近年来的高速发展,2013 年中国风电并网容量继续保持世界第一,实现了并网风电装机容量从 2006 年的 200 万 kW 到 7548 万 kW、发电量由不足 30 亿 kW·h 到 1401 亿 kW·h 的跨越,2006—2013 年风电并网装机容量年均增速高达 75%,风电发电量年均增

① 数据来源:中国电力企业联合会《2013 年电力工业统计快报》,2013 年全国全口径发电量为 49 774 亿 kW·h。

速为 80%。风电整体消纳形势较 2012 年明显改善, 2013 年中国风电利用小时数为 2080h, 同比增加 187h, 但局部地区风电消纳问题仍然突出。

1.1.1 项目开发建设

“十二五”风电前三批核准计划完成率达到 70%。截至 2013 年, 风电共发布前三批核准计划项目, 项目容量达到 8080 万 kW, 已核准项目容量 5679 万 kW, 占核准计划容量的 70%^①。其中, 新疆、山西、贵州、湖南核准计划执行情况较好, 核准完成率超过 85%; 北京、福建、青海、浙江、云南核准计划项目核准较慢, 核准完成率不足 50%, 具体如图 1-4 所示。

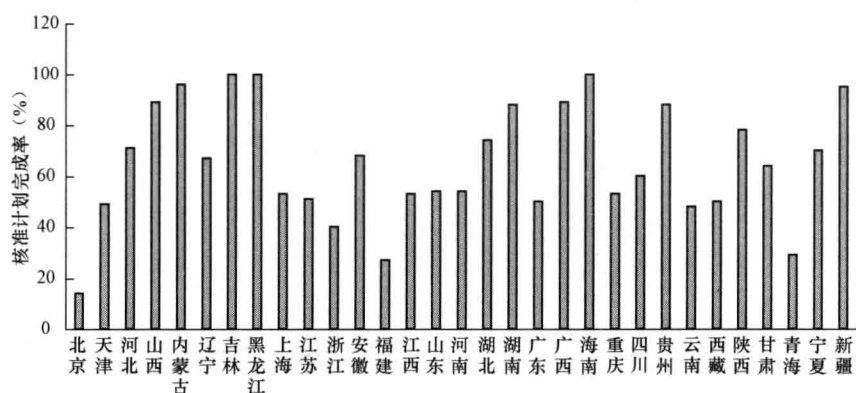


图 1-4 分省份风电前三批核准计划完成率

新增核准项目稳步增长, 主要分布在“三北”地区。2013 年, 全国新增核准风电项目 413 个, 新增核准容量 3095 万 kW, 同比增长 24%。“三北”地区新增核准容量 2147 万 kW, 占全部新增核准容量的 69%。新核准项目中, 国家核准项目 8 个, 容量 128 万 kW, 占

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《2013 年度中国风电建设统计评价报告》。

4.1%；省级能源主管部门核准项目 405 个，容量 2967 万 kW。新核准项目容量排名前三位的省份分别为内蒙古（462 万 kW）、新疆（400 万 kW）和山西（322 万 kW）。2013 年排名前十位地区的风电新增核准容量见图 1-5。截至 2013 年底，全国累计核准风电项目容量 13 765 万 kW。

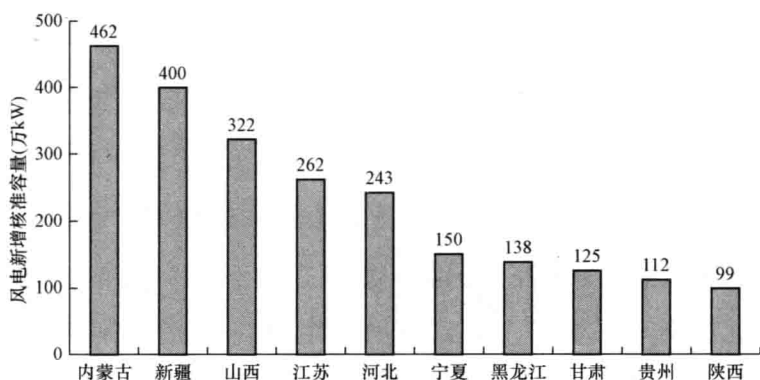


图 1-5 2013 年排名前十位地区的风电新增核准容量

风电累计并网容量持续增长，新增并网容量增速放缓。截至 2013 年底，中国风电吊装容量达到 8631 万 kW，建设容量达到 6023 万 kW^①。2013 年全国新增风电并网容量 1449 万 kW，同比减少 33 万 kW。截至 2013 年底，中国风电并网容量达到 7548 万 kW^②，同比增长 25%，比 2006 年增长了 35 倍，年均增长 67%。其中，国家电网公司区域^③风电并网容量达到 7016 万 kW，占全国风电并网容量的 93%，比 2006 年增长了 36 倍，年均增长 69%。2001—2013 年中国风电并网容量及增速如图 1-6 所示。

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《2013 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。

③ 含蒙西，下同。