



能源与电力分析年度报告系列

2012

中国新能源发电 分析报告

国网能源研究院 编著



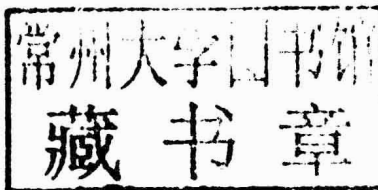
中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



能源与电力分析年度报告系列

2012

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。本报告对我国新能源发电发展规模、并网运行及利用情况、标准与管理、发电及并网技术、发电成本、政策法规、发展趋势等进行了全面的分析研究,并针对2011年新能源发电热点问题进行了深入分析,为促进我国新能源发电发展提供决策参考。

本报告可供关注新能源发电的有关能源部门、专家、研究人员、能源行业从业人员及其他读者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

中国新能源发电分析报告. 2012/国网能源研究院编著. —北京: 中国电力出版社, 2012. 6

(能源与电力分析年度报告系列)

ISBN 978-7-5123-3277-5

I. ①中… II. ①国… III. ①新能源—发电—研究报告—中国—2012 IV. ①TM61

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第153404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

*

2012年7月第一版 2012年7月北京第一次印刷

700毫米×1000毫米 16开本 8印张 92千字

印数0001—2000册 定价 50.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,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

前言

风能、太阳能等新能源被称为 21 世纪的能源，世界各国都将新能源作为支撑未来经济社会发展的主力能源之一。我国政府提出“争取到 2020 年非化石能源占一次能源消费比重达到 15%”，以及“到 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45%”，新能源将在我国能源及电力结构调整中发挥重要作用。

目前，关于新能源没有统一定义。广义的新能源包括先进核能、风能、太阳能、生物质能、地热能、非常规天然气等新能源和非水可再生能源。本报告中的新能源主要指风电、太阳能等非水可再生能源。

国网能源研究院于 2011 年度发布了《中国新能源发电分析报告》，成为国内外读者了解新能源发展的重要文献。为了及时、全面反映我国新能源发电行业，特别是新能源发电并网及利用相关情况，国网能源研究院在对我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，结合对 2011 年新能源发电热点问题的分析研究，形成了 2012 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有关能源部门、专家、研究人员、能源行业从业人员及其他读者提供有益的借鉴和参考。

本报告共分为 7 章。第 1 章是新能源发电发展基本情况，主要分析我国新能源开发规模、增速、结构及运行利用等情况；第 2 章

是新能源发电并网管理，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、调度运行及输电和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章是新能源发电政策法规，主要梳理了我国2011年最新出台的新能源相关政策法规；第6章是2011年新能源发电热点问题分析，针对西班牙风电消纳、金太阳工程及并网、净电量计量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”我国新能源发电发展形势进行了展望。

本报告概述由曹石亚、李琼慧主笔，新能源发电发展基本情况部分由曹石亚主笔，新能源发电并网管理部分由曹石亚、吴永梅主笔，新能源发电及并网技术创新部分由孔维政主笔，新能源发电成本由汪晓露主笔，新能源发电政策法规部分由曹石亚主笔，2011年新能源发电热点问题分析由李琼慧、王乾坤、黄碧斌主笔，新能源发电发展展望由李琼慧、汪晓露主笔，附录1世界新能源发电发展概况由曹石亚主笔，附录2世界主要国家最新出台发电政策由王乾坤主笔，附录3和附录4由曹石亚整理，全书由李琼慧、曹石亚统稿，曹石亚校核。

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

2012年6月

目 录

前言

概述 1

1 新能源发电发展基本情况 5

1.1 风电 6

1.1.1 项目开发与建设 7

1.1.2 电网接入工程建设 12

1.1.3 风电运行及利用 13

1.2 太阳能发电 17

1.2.1 光伏发电 17

1.2.2 光热发电 20

1.3 生物质及其他新能源发电 22

1.3.1 生物质发电 22

1.3.2 其他新能源发电 23

2 新能源发电并网管理 25

2.1 标准及技术规范 25

2.1.1 风电 25

2.1.2 太阳能发电 28

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	32
2.3.1 功率预测管理	32
2.3.2 实时监控管理	32
2.3.3 并网计划管理	33
2.3.4 运行优化管理	33
2.3.5 运行安全管理	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 低速风能发电技术	36
3.1.2 海上风电技术	37
3.1.3 风电机组控制技术	38
3.2 太阳能发电技术	39
3.2.1 晶硅太阳能光伏发电技术	39
3.2.2 薄膜太阳电池发电技术	40
3.2.3 其他太阳电池技术	42
3.3 并网运行及输电技术	43
3.3.1 新能源并网及调度运行相关技术	43
3.3.2 柔性直流输电技术	44
3.3.3 风光储输一体化运行控制技术	44
3.3.4 检测和试验能力	45
3.4 储能技术	46

3.4.1	电池技术	46
3.4.2	储能应用技术	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	51
4.2.1	光伏发电成本	51
4.2.2	光热发电成本	54
4.3	生物质发电成本	57
5	新能源发电政策法规	58
5.1	新能源发电行业	58
5.2	风电	60
5.3	太阳能发电	61
5.4	生物质发电	62
6	2011 年新能源发电热点问题分析	64
6.1	西班牙风电消纳水平分析	64
6.2	金太阳示范工程实施情况调研	71
6.3	净电量计量相关问题	76
7	新能源发电发展展望	81
7.1	世界新能源发电发展趋势	81
7.2	中国新能源发电发展趋势	82
附录 1 2011 年世界新能源发电发展概况		87
附录 2 世界主要国家最新出台新能源发电产业政策		98

附录 3 世界新能源发电数据 106

附录 4 中国新能源发电数据 108

参考文献..... 114

概 述

我国新能源发电发展势头强劲，成就斐然。截至 2011 年底，我国并网新能源装机容量达到 5409 万 kW，同比增长 47.4%。其中，并网风电装机容量约占并网新能源装机总量的 85.5%；并网太阳能光伏发电装机容量约占并网新能源装机总量的 4.4%；生物质及其他发电装机容量约占并网新能源装机总量的 10.1%。并网新能源装机容量约占全部发电装机容量的 5.1%。

2011 年，我国新能源发电量约为 1016 亿 kW·h，同比增长 29.9%。其中，风电发电量约占新能源发电总量的 72.0%；太阳能光伏发电量约占新能源发电总量的 0.9%；生物质及其他发电约占新能源发电总量的 27.1%。新能源发电量约占全部发电量的 2.2%。

截至 2011 年底，我国并网风电容量达到 4623 万 kW，风电发电量达到 732 亿 kW·h。其中，国家电网公司区域风电并网容量达到 4447 万 kW，风电发电量达到 706 亿 kW·h。国家电网公司加强电网接入工程建设，建成风电并网线路 2.53 万 km，积极促进风电并网消纳；优化风电调度运行，我国部分地区风电运行指标达到或超过欧美。与此同时，近年来我国风电持续高速增长中积累的问题开始集中爆发，风电运行安全问题、风电消纳问题凸显。

截至 2011 年底，我国光伏发电装机容量达到 294.8 万 kW，同比增长 241%；并网容量达到 236 万 kW，同比增长 570%。其中，国家电网公司区域光伏并网容量达到 232 万 kW，同比增长 558%。随

着欧美国家光伏发电市场的收缩以及国内光伏上网电价政策的出台，国内光伏发电市场开始启动。

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。针对风电并网运行中出现的一系列问题，2011年，我国出台了风电并网国家标准《风电场接入电力系统技术规定》(GB/Z 19963—2011)，18项风电并网行业标准，以及一系列涵盖项目前期、并网检测、功率预测、实时监控、调度计划、运行优化、运行安全的管理规范。国家电网公司在技术标准方面建立了适应我国风电接入及调度运行的企业标准体系，2005年以来先后编制修订22项企业标准；在功率预测、实时监控、调度计划、运行优化、运行安全管理方面采取了大量措施，最大限度地接纳风电。

新能源发电及并网技术创新是新能源发电产业持续健康发展的关键。2011年，低速风能发电技术、海上风电技术日趋成熟，为风电多元化发展创造了条件；风电机组控制技术水平日益提高，为有效提高风电运行水平创造了条件。晶硅、薄膜等太阳电池以及其他新型太阳电池技术的发展，为太阳能发电行业的发展和市场开拓奠定了基础。国家电网公司积极开展新能源并网及调度运行、柔性直流输电、风光储输一体化运行控制技术研究示范以及检测和试验能力建设，带动了新能源发电创新发展。

降低新能源发电成本，使之具备与常规电源的竞争力，是新能源发电规模化发展的前提条件。2011年，我国陆上风电单位投资成本为8000~9000元/kW，度电成本为0.4~0.6元/(kW·h)；海上风电场单位投资成本为1.4万~1.9万元/kW，度电成本为0.8~1.2元/(kW·h)。2011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1.2万~1.8万元/kW，度电成本为0.8~1.5元/(kW·h)。生物质发电单位投资成本稳中有降，度电成本略有

下降。

新能源发电的发展离不开政府的大力支持。2011年,我国政府先后出台《可再生能源发展基金征收使用管理暂行办法》、《可再生能源电价附加补助资金管理暂行办法》等,进一步规范和支 持新能源的发展。针对我国风电规模化发展中出现的一系列问题,国家能源局提出“五个转变”思路,促进风电健康可持续发展。为进一步推动光伏产业的发展,国家财政部、国家能源局先后出台《关于组织实施太阳能光电建筑应用一体化示范的通知》、《关于做好2011年金太阳示范工作的通知》、《关于完善太阳能光伏发电上网电价政策的通知》等政策文件,启动国内光伏发电市场。

风电消纳问题是新能源行业的热点问题,西班牙风电出力占负荷的比例达到54%受到国人的广泛关注,本报告从衡量风电消纳能力关键指标入手,根据全年8760时点系统发电出力与负荷的平衡情况,系统分析了2010年西班牙全年风电运行情况以及西班牙主网风电出力占负荷比例最大值达到54%时系统平衡情况,并分析了西班牙高比例消纳风电的原因和相关启示。

金太阳示范工程的实施以及如何启动国内用户的光伏发电市场是新能源行业又一热点问题。本报告根据2011年底国家能源局组织的国家发展改革委能源研究所、鉴衡认证中心以及国网能源研究院参与的南方电网金太阳示范工程调研情况,分析了我国金太阳示范工程实施总体情况以及当前金太阳工程实施中面临的主要问题,结合对德国用户侧太阳能光伏发电系统发展经验的分析,提出了促进我国用户侧光伏发电系统发展的措施和建议。

随着分布式电源的发展,净电量计量问题受到广泛关注。净电量计量是部分国家为鼓励用户自发自用的小型分布式电源而采取的一种激励政策,且并不针对所有分布式电源系统。截至2011年5月,全

球实施净电量结算政策的国家和地区只有美国、加拿大、澳大利亚的部分州以及丹麦、意大利等，而目前分布式电源规模最大、发展最快的德国并没有采用净电量计量政策。净电量计量是促进分布式发电的辅助政策，有其适用条件和范围。本报告在系统分析国外净电量政策使用对象、适用条件以及结算方式的基础上，提出了对净电量政策的几点认识。

研判国内外新能源发电发展趋势，有助于掌握全球新能源发电行业的发展动向。预计近期全球风电装机增速将逐渐放缓，而光伏发电装机增速总体平稳，保持在 20% 以上。预计我国风电由高速增长期步入稳定增长期，风电增长速度回落，风电装机容量与发电量增长速度趋于同步，“十二五”期间，年均新增装机容量有望维持在 1500 万~1800 万 kW；风电消纳问题短期难以解决，迫切需要落实风电基地消纳市场及配套政策，从根本上解决风电消纳问题；实现“十二五”海上风电的开发目标有一定难度；国内用户侧光伏发电系统的发展有望加速；光热发电有望实现新的突破。

新能源发电发展基本情况

2011 年，我国新能源发电继续保持快速发展态势，并网装机容量持续增长，发电量不断增加。

截至 2011 年底，全国并网新能源装机容量达到 5409 万 kW，同比增长 47.4%。其中，风电并网装机容量约占并网新能源装机总量的 85.5%；并网太阳能光伏装机容量约占并网新能源装机总量的 4.4%；生物质及其他发电装机容量约占并网新能源装机总量的 10.1%。2011 年我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全部发电装机容量^①的 5.1%，比 2010 年提高 1.1 个百分点。

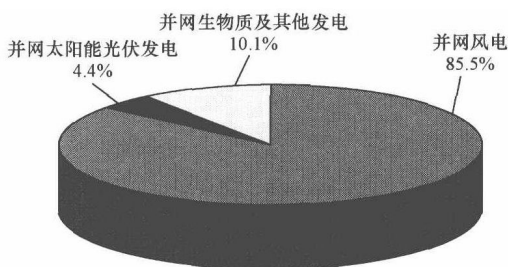


图 1-1 2011 年我国新能源发电装机容量构成

2011 年，我国新能源发电量约为 1016 亿 kW·h，同比增长 29.9%。其中，风电发电量约占新能源发电总量的 72.0%；太阳能光伏发电量约占新能源发电总量的 0.9%；生物质及其他发电量约占

^① 数据来源：中国电力企业联合会《2011 年电力工业统计快报》，2011 年全国发电装机容量为 105 576 万 kW。

新能源发电总量的 27.1%。2011 年我国新能源发电量构成如图 1-2 所示。2011 年我国新能源发电量约占全部发电量^①的 2.2%，比 2010 年提高 0.3 个百分点，按发电煤耗 320g/(kW·h) 计算，相当于节约 3241 万 tce，减排二氧化碳 9030 万 t。2011 年我国新能源发电量占比如图 1-3 所示。

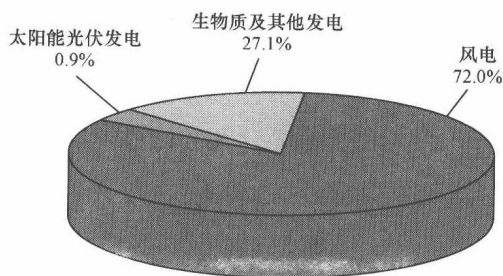


图 1-2 2011 年我国新能源发电量构成

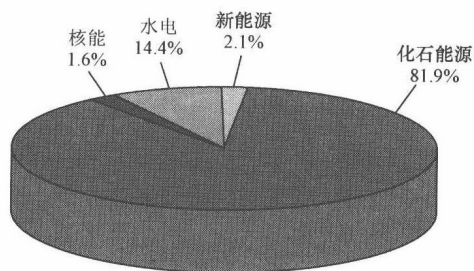


图 1-3 2011 年我国新能源发电量占比

1.1 风电

我国风电加速发展仅 5~6 年的时间，规模持续扩大，利用水平不断提高，在风电规划设计、运行控制、调度管理、技术标准等各个

^① 数据来源：中国电力企业联合会《2011 年电力工业统计快报》，2011 年全国全口径发电量为 47 217 亿 kW·h。

方面取得了长足的进步,获得了国外十几年风电发展的成就。截至2011年底,我国并网风电容量达到4623万kW,同比增长56.2%,风电年发电量达到732亿kW·h,同比增长48.2%。与此同时,近年来我国风电持续高速增长中积累的问题开始集中爆发,风电运行安全问题、风电消纳问题凸显。

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,一批探索提高风电消纳能力的试点项目启动前期工作。截至2011年底,全国已开展前期工作的风电项目约1500个,总规模为9000万kW,国家批准开展前期工作的大型风电基地规模合计为680万kW。此外,国家批准开展前期工作的分散风电示范项目合计为83.7万kW,风电供热、风光储输、风光互补、风电与大用户联合运行等示范项目合计为99.7万kW。

新核准项目稳步增长。2011年,全国新核准风电项目418个,新增核准容量2091万kW,同比增长14%。截至2011年底,全国累计核准风电项目1550个,累计核准容量8175万kW,其中并网容量4588万kW,在建容量3391万kW。新核准项目中,国家核准项目8个,容量137万kW;省级能源主管部门核准项目410个,容量1954万kW。新核准项目容量最多的4个省分别为宁夏(316万kW)、内蒙古(243万kW)、新疆(232万kW)、吉林(220万kW)。

新增并网容量再创新高,累计并网容量持续增长。截至2011年底,我国风电吊装容量达到5638万kW^①,连续第三年居世界第一;建设容量达到4921万kW;并网容量达到4623万kW^②,同比增长

① 数据来源:中国风能协会《2011年风电装机容量统计》中风电吊装容量为6236万kW。

② 数据来源:本报告中我国风电并网容量数据来自中国电力企业联合会,下同。

56.2%，比2006年增长了22.1倍，年均增长85.8%。其中，国家电网公司区域^①风电并网容量达到4447万kW（2012年4月底达到4814万kW），占全国风电并网容量的96.2%，比2006年增长了22.4倍，年均增长86.2%。我国新增风电并网容量达到1665万kW，同比增长14.2%。其中，国家电网公司区域新增风电并网容量达到1563万kW，占全国新增风电并网容量的93.9%。2001—2011年我国风电并网容量及增速如图1-4所示。

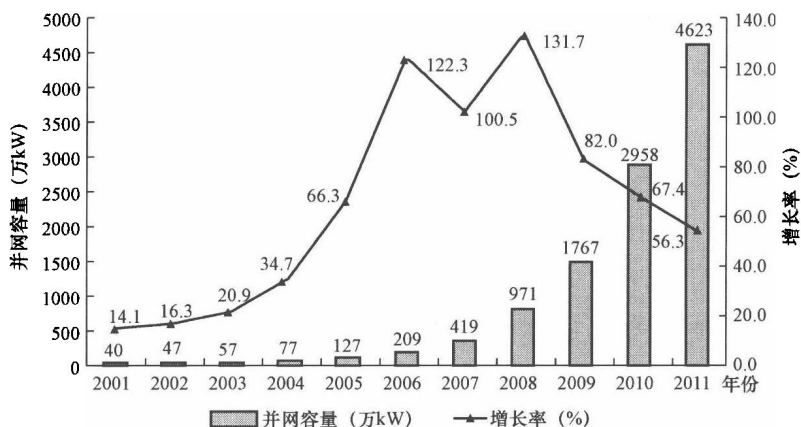


图1-4 2001—2011年我国风电并网容量及增速

吊装与建设容量之差总计为717万kW，指风电场和送出工程正在建设中、尚不具备并网条件的项目容量；并网与建设容量之差总计为298万kW，指接入系统工程已建成、风电场调试未完成的项目容量，具体如图1-5所示。

风电装机主要集中在“三北”地区。截至2011年底，我国的华北、东北、西北、华东、华中、南方电网风电并网容量分别为1701万、1509万、872万、313万、52万、175万kW，其中“三北”合

① 数据来源：国家电网公司区域含蒙西，下同。