

美国风电发展现状分析

张 健

(中国科学技术部, 北京 100862)

摘 要:近年来,美国风电发展迅速,截至到 2012 年 8 月,美国风电装机总量已突破 50 GW。简要介绍和分析了美国风电发展现状、政府扶持政策、研发重点和产业发展趋势。美国风电的快速发展,一方面,得益于全球可再生能源兴起;另一方面,离不开美国政府风电扶持政策和风电技术进步。我国应借鉴美国的经验,完善风电扶持政策,支持共性技术研发;发挥体制优势,加快风电建设;开放风电市场,加强国际合作,抢占风电技术和产业制高点。

关键词:美国;风电技术;可再生能源

中图分类号: F471.266 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2013.05.001

近年来,美国风电发展迅速,截至到 2012 年 8 月,美国风电装机总量突破了 50 GW,仅次于中国,居世界第二位。美国风电的快速发展得益于全球可再生能源兴起、美国政府风电扶持政策和风电技术进步。但美国风电发展也面临劳动力成本上升、天然气价格下降、政府扶持政策不稳定等诸多不利因素,特别是美国联邦政府的多项风电扶持政策将于 2012 年年底到期,政策能否延续对美国风电发展至关重要。了解美国风电发展和政府扶持政策,对我国风电产业发展具有重要借鉴意义。

1 美国风电发展现状

1.1 风电装机量增长迅速

美国风力发电始于 20 世纪 70 年代。由于受当时石油危机影响,能源价格飙升,美国加利福尼亚州开始利用风力发电。到 1986 年,加州风电装机容量达到 1.2 GW,占当时全球风电装机总量的 90%。但之后美国风电发展缓慢,到 2004 年,全美风电装机累计总量只有 6.6 GW。

进入 2005 年后,美国的风力发电进入了快速发展时期,年均增速超过 30%,年均投资超过

150 亿美元。2009 和 2010 年,美国新增风电装机量分别达 10 GW 和 5.2 GW。2011 年,全球风电新增容量、已达的装机总量及风电占发电总量的比例等情况^[1-2]见表 1 所示。可见,2011 年,美国新增风电容量 6.8 GW,到 2011 年年底,美国风电累计装机总量已达 46.9 GW。2011 年,美国风电场平均风电容量系数为 33%,全年风电发电总量为 119.75 TW·h(等于 1 197.5 亿 kW·h),约占全美发电总量的 2.9%。在过去 5 年中,美国新增电能中的 35% 来自于风电,风电已经超过核电和水电,成为仅次于天然气(增量占 42%)的第二大新增电力来源。表 1 还显示出,美国风电比例与丹麦、德国等欧洲国家相比,依然偏低,因此,美国的风电领域具有巨大的发展空间。

1.2 风电资源分布不均衡

根据 2012 年美国国家可再生能源实验室(NREL)和美国风能协会(AWEA)最新发布的美国风力资源调查数据,美国风力资源主要集中在中西部地区以及太平洋和大西洋沿岸海域;人口和工业相对集中的东部、西部地区的风力资源相对匮乏^[3]。虽然沿岸海域风力资源丰富,但开采难度大

作者简介:张健(1960—),男,主要研究方向为国际科技合作。
收稿日期:2013-04-18

表 1 2011 年全球风电新增、装机总量和风电比例

2011 年新增风电量			至 2011 年底前风电装机总量			风电占本国发电量比例		
序号	国家	风电量/MW	序号	国家	装机总量/MW	序号	国家	比例/%
1	中国	17 631	1	中国	62 412	1	丹麦	28.0
2	美国	6 816	2	美国	46 916	2	葡萄牙	18.0
3	印度	3 300	3	德国	29 248	3	西班牙	16.4
4	德国	2 007	4	西班牙	21 350	4	爱尔兰	15.6
5	英国	1 293	5	印度	16 266	5	德国	7.6
6	加拿大	1 267	6	英国	7 155	6	希腊	5.8
7	西班牙	1 050	7	法国	6 836	7	瑞典	4.4
8	意大利	950	8	意大利	6 733	8	英国	4.24
9	法国	875	9	加拿大	5 278	9	荷兰	4.2
10	瑞典	763	10	葡萄牙	4 214	10	美国	2.9
11	其余国家	5 766	11	其余国家	34 453	11	中国	1.6
合计		41 718	合计		240 861	全球平均		2.8

且成本高，到目前为止，除一些实验性风电设备外，美国还没有一座海上风电场。

由于风力资源分布不均，美国各州风电发展状况各异^[4]，见图 1 所示。可见，美国中西部地区，风电发展较快；东南部地区，没有发展风电。根据 2011 年的统计，美国按风电装机总量排名前 3 位的州分别是：得克萨斯州（10.39 GW）、艾奥瓦州

（4.32 GW）和加利福尼亚州（3.92 GW）；按各州风电占其发电总量的比例排名前 3 位的州分别是：南达科他州（22.3%）、艾奥瓦州（18.8%）和北达科他州（14.7%）。风电装机总量排名全美第 1 的得克萨斯州，风电占总发电量比例的排名是第 11 位（6.9%）；最早发展风电的加利福尼亚州，也仅排名第 13 位（4.1%）。

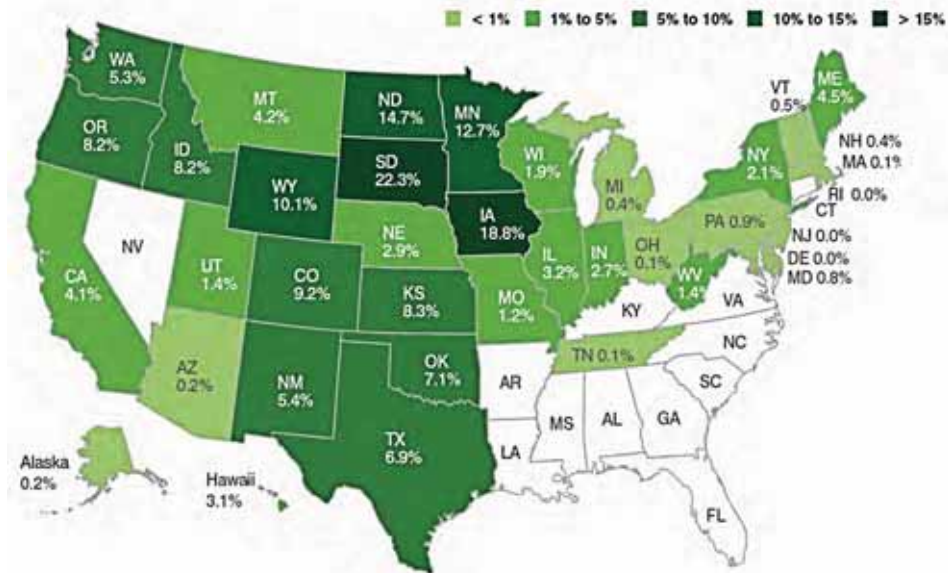


图 1 美国各州风电所占发电总量比例图

1.3 风电设备市场竞争激烈

美国风电设备市场国际化程度高，竞争激烈。2005 年以前，在美国能够制造和安装 1 MW 以上

风电机组的企业只有 4 家，它们是美国本土企业 GE 公司、丹麦维斯塔斯公司（Vestas）、日本三菱重工和西班牙歌美飒公司（Gamesa）。其中，美国 GE

公司处于绝对领先地位, 2005年前, 其市场占有率超过60%。2005年之后, 美国风电产业发展迅速, 外资企业纷纷进入美国风电市场。到2011年, 在美国能够生产和安装1 MW以上风电机组的企业已达20家, 相关风电设备零部件生产企业近500家, 从业人员超过7.5万人。根据美国能源部的报告, 美国GE公司、丹麦维斯塔斯公司和德国西门子公司2011年的全美市场占有率分别达29%、29%和18%, 成为美国风电市场的三大企业。其他风电公司, 如日本三菱重工、西班牙歌美飒、印度苏司兰(Suzlon)、德国恩德风电公司(Nordex)、美国Clipper公司、德国瑞能公司(REpower)和西班牙安讯能源公司(Acciona Energy)等众多企业的市场占有率只有2%~5%。中国在风电机组制造和安装量均排名世界第一, 但在美国市场上的占有率非常低。中国的三一电工、金帆风电和华锐风电于2011年开始进入美国风电市场, 分别安装了10 MW、4.5 MW和1.5 MW风电机组, 与美国GE公司每年2 000 MW的生产和安装量相比, 相距甚远。

越来越多的在美外资企业把风电设备和部件生产转移到美国境内, 使美国风电设备的国产化率由2005年的35%, 提高到了2011年的67%。同时, 美国风电设备出口也有所增加, 出口额从2007年的1 500万美元, 增长到2011年的1.49亿美元。目前, 美国依然是世界上最大的风电设备净进口国。

1.4 风电机组单机容量增大、价格下降

由于市场竞争, 近年来, 美国风电机组单位(kW)报价持续下降, 从2008年平均为1 500美元/kW, 下降到2011年900~1 270美元/kW。随着风电技术发展, 美国风电机组趋于大型化, 平均单机容量从2005年的1.46 MW, 提升到2011年的1.97 MW。在2011年, 新装风电机组中, 单机容量大于2.0 MW的风电机组占了42%, 比2010年的28%有了明显的提高。同时, 风塔高度也越来越高, 风轮转子直径越来越长。2011年, 美国新安装的风塔, 平均高度超过80 m, 风轮转子平均直径近90 m。2011年, 美国风电综合造价(含安装费用)平均为2 100美元/kW, 比前一年下降了100美元。

1.5 风电生产成本差异较大

风电生产成本与风电场位置、机组价格、安装成本、风电容量系数、劳动力成本、运营管理成本

等因素相关。美国各州的风电生产成本差异性较大, 例如: 加利福尼亚州的平均风电价格为0.11美元/(kW·h), 而风力资源丰富的中西地区和德克萨斯州的平均风电价格只有0.04美元/(kW·h)左右, 相差近3倍。风电机组价格和安装成本也是构成风电生产成本的重要因素。例如, 2008年投资建设的风电场, 由于当时风电机组价格处于高位, 2011年建成后的平均风电价格为0.074美元/(kW·h), 比3年前提高了0.013美元/(kW·h)。由于运营管理水平的提高, 美国风电场的运营成本逐年降低, 2011年, 平均运营管理成本为0.01美元/(kW·h)。

1.6 风电售价以“长期协议价格”为主

美国电力市场的价格主要有2种: 一种是市场价格, 风电场按市场零售价格卖电给电网公司; 另一种是长期协议价格(Power Purchase Agreement), 由风电场与电网公司签订长期风电买卖协议, 风电场以协议价格出售风电, 协议期限一般是5~20年。这种协议一般都是在风电场投资建设前签署, 建成投产后开始执行。在协议期内价格相对稳定, 同时电网公司保证收购。对于投资大、成本回收周期长、市场风险高的风电来说, 这种长期协议价格机制, 规避了市场风险, 兼顾了买卖双方利益, 有利于风电市场的稳定发展。在美国, 大约有70%的风电以长期协议价格形式出售, 另有20%的风电按市场价格出售, 余下的10%是电网公司自有风电。

近年来, 由于页岩气开采技术的突破, 美国本土天然气价格暴跌, 使风电长期协议价格也急剧下降。2009年、2010年和2011年签约的平均风电长期协议价格分别为0.072、0.059和0.035美元/(kW·h), 下跌幅度超过一倍。如果没有联邦政府0.022美元/(kW·h)的风电生产税收补贴, 美国风电将无法与天然气等传统能源竞争。

1.7 离岸风电和小型风电发展现状

美国近海水域和五大湖区的离岸(offshore)风力资源丰富。根据美国国家可再生能源实验室的估算数据, 全美离岸风力资源蕴藏量大约有4 000 GW, 相当于2011年全美发电量的4倍。但由于受开发成本高, 以及环境和生态的限制, 美国离岸风电发展缓慢, 除了一些实验性风电场外, 至今还没建成一座商业化的离岸风电场。

美国小型风电（风电机组容量 <0.1 MW）发展平稳。截至2011年，全美累积安装小型风电机组15万台，累积装机总量198 MW。2011年，小型风电新增装机19 MW，新增小型风电机组7 300台，平均单机容量为26 kW。

2 美国政府风电扶持政策

2.1 生产税收补贴

（Production Tax Credits）

1992年，美国出台“能源政策法案”，鼓励风能、太阳能、地热能和生物质能等可再生能源发展，并给予税收抵免补贴。根据这一政策，美国风电等可再生能源可在自投产之日起10年内按0.022美元/(kW·h)给予税收抵免补贴，相当于风电生产成本的20%~30%。这项补贴政策于2012年底到期，其能否延续对美国风电发展至关重要。该政策曾经于2000年、2002年和2004年暂停过3次，使美国风电新增装机量3次出现大幅下降。

2.2 美国再投资和经济复苏法案

（American Reinvestment and Recovery Act）

为应对金融危机，鼓励企业投资，美国议会于2009年2月通过了“美国再投资和经济复苏法案”，其中给予风电等可再生能源产业多项优惠政策。一是在2009年至2010年期间开工建设并在2012年年底前投产的风电项目，可以申请项目建设成本30%的财政现金补助（Cash Grant）（补助属于应税收入）；二是在2009年至2012年年底前投产的风电项目，可以申请项目建设成本30%的投资税收减免（Investment Tax Credits）；三是在2012年年底前投产的风电项目，生产税收抵免补贴期限可延长3年；四是授权能源部对风电企业提供投资信贷担保。该法案已于2012年底到期。

2.3 可再生能源电力组合标准

（Renewable Portfolio Standards）

可再生能源电力组合标准是要求电网公司在电力供应中必须有一定比例的可再生能源（包括水电）电力，并且需逐年提高，以促进可再生能源持续稳定发展。美国电力供应政策是由各州各自负责制定，并由各州政府负责电网监管。因此，美国没有国家可再生能源电力组合标准，只有各州标准。目前，美国已有29个州提出了可再生能源电力组

合标准，其中，标准最高的是夏威夷州，计划到2030年可再生能源电量应占总电量的40%；其次是加利福尼亚州，计划到2020年可再生能源电量应占总电量的33%。其他各州标准各异，普遍在20%左右。

2.4 加速设备折旧优惠

（Accelerated Depreciation）

根据美国1986年制定的“税收改革法案”（The Tax Reform Act），风电设备可采用5年的折旧期，而不是一般15~20年的折旧期。美国通过加速设备折旧减少应税利润额，从而减少纳税额，增加企业赢利能力，推动风电的发展。

2.5 可再生能源证书

（Renewable Energy Certificates）

为鼓励生产和使用可再生能源，美国加利福尼亚、纽约等州相继推出可再生能源证书政策，允许电网公司从风电等可再生能源生产企业手中购买“可再生能源证书”指标，自己不必生产，从而使电网公司可能达到州政府规定的可再生能源电量组合标准。风电等可再生能源生产企业可以通过出售证书指标（实际上是这些企业自己生产和消耗的可再生能源电量）获得一笔额外的收入。该证书由政府负责核实并颁发。

美国部分风电扶持政策已于2012年底到期，如，0.022美元/(kW·h)的生产税收补贴、30%的现金补贴和30%的投资税收减免等3项补贴政策已同时到期。根据世界最大的风电设备制造企业维斯塔斯公司（Vestas）预测，如果没有这些优惠政策，2013年的美国风电新增装机量将比2012年下降80%以上，大部分企业将停止对风电的投资。是否继续推行风电优惠政策，目前还没有结论。美国总统奥巴马已经明确表示，如果他当选连任，他将继续支持风电等可再生能源发展；而共和党总统候选人罗姆尼扬言，如果他当选，将不会延长对风电等可再生能源的各项优惠政策。支持风电等可再生能源发展确实给美国带来了巨大财政负担。但发展可再生能源、减少对化石能源的依赖和进口、占领未来能源技术和市场制高点，是美国的一项长期国家战略。无论是共和党，还是民主党，都不会轻易放弃这项战略。如果暂时取消优惠政策，也只是在巨额财政赤字压力下的权宜之计。

3 美国风电技术研发重点

3.1 能源部风能计划

美国能源部早在 1980 年就设立了国家风能计划 (Energy Wind Program)。国家风能计划旨在支持和引导科研机构开展风电研究, 促进风电技术进步, 降低风电成本, 增加发电能力。在国家风能计划实施 32 年后, 美国风电生平均产成本已从 1980 年的 0.55 美元/(kW·h), 下降到 2011 年的 0.06 美元/(kW·h)。2011 年, 美国风能计划与国家实验室、企业和大学共签署了 47 项风电研发项目合同, 支持项目包括新型叶片和大型风电机组设计、模拟计算和实验测试, 以及电网一体化、风电成本估算、离岸风电规划等内容, 资助金额总计 5 000 万美元。

3.2 大容量风电机组研发

经过几十年的发展, 美国风电技术日趋成熟, 以水平轴风电机组技术为主流, 风电单机容量向大型化方向发展。为适应这种发展趋势, 在政府的资助下, 美国建成了一批大型风电研究试验平台。例如, 2011 年在波士顿国家风电技术测试中心建成的风电机组叶片测试装置, 其最大测试能力可达 90 m 长的叶片; 在南卡罗来纳州克莱姆森大学建成的风电实验装置, 可用于单机容量 7~15 MW 的大型陆上和海上风电机组的风动力和传动特性的研究; 正在美国国家可再生能源实验室建设的 5 MW 级风力实验装置, 将可模拟 6 个自由度的风电机组风力载荷实验。

3.3 漂浮式海上风电研发

美国东、西部沿海地区的海上风力资源丰富, 具有巨大的风电开发潜力, 但适合开采的水域平均深度达 60 m 以上。只有漂浮式水上风电机组, 才能有效地利用这一丰富资源。美国国家可再生能源实验室, 正在利用计算机模拟技术和流体力学模型, 对漂浮式风塔、海上风电机组及叶片和海上风力等进行计算模拟实验。这种模拟实验方法, 过去曾成功地应用于海上石油和天然气开采浮动平台的模拟研究。美国能源部还将通过国家风能计划, 未来 5 年内, 在 20 个州资助 41 个海上风力资源开发研究项目。

3.4 电网改造和电力能源整合

2008 年, 小布什政府发表了国家风电发展报

告 (20% Wind Energy by 2030), 提出: 到 2030 年, 美国电力总量的 20% 将来自风电, 即风电装机容量要从 2008 年的 10 GW 提高到 2030 年的 300 GW, 平均每年保持 16% 以上的增长率。要达成这一目标, 除了需要建设更多的风电场外, 还要对现有电网进行进行大规模升级改造, 使之可以将风电从人烟稀少、风力资源丰富的中西部地区, 传输到人口和工业稠密、风电资源匮乏的东、西部地区。同时, 还要对风电、太阳能电与传统水电、火电和核电进行有效配比和整合, 解决风电的季节性和不稳定性问题。此外, 电网之间的电量调度、电能储存技术等也是解决风电季节性和不稳定性问题的一个有效手段。目前, 美国正在建设连接各州的 765 kV 超高压电力传输网, 并开展智能电网技术的研发^[5]。

4 对我国风电发展的几点建议

(1) 完善风电扶持政策, 支持共性技术研发

一是借鉴美国的风电扶持政策, 用风电发电量取代风电装机容量作为风电发展的考核依据, 并按实际风电发电量来进行财政补贴和税收减免, 避免产能的盲目扩张; 二是借鉴美国风电补贴政策, 建立我国风电生产税收补贴政策, 按风电发电量给予风电生产企业长期稳定的税收补贴; 三是适时推出可再生能源证书制度 (绿色能源证书), 鼓励各行各业发展和使用可再生能源; 四是由国家投资建立大型风电设备研究实验基地, 支持产业化共性技术研发, 掌握下一代风电技术的关键核心技术。

(2) 发挥体制优势, 加快风电建设

我国国土面积与美国差不多, 风力资源不平衡状况相似, 但两国国情不同, 经济和科技发展水平存在较大差距。我们在学习和借鉴美国风电发展经验的同时, 完全可以走一条不同于美国的风电发展道路。我们应充分发挥制度优势, 保持我国风电扶持政策的长期稳定, 加强风电基础研究和实验装备建设, 统筹协调, 协同创新, 加快风电建设。我国风电装机总量仅用 5 年的时间就赶上和超过了世界上最早发展风电的美国, 这充分说明了我们有别于美国的制度优势。

(3) 开放风电市场, 加强国际合作

我国目前完全有能力, 也有条件进一步开放风电市场, 吸引全球风电企业来华投资, 制造风电设

备和建设风电场，参与我国风电规划、设计和研发，使我国成为世界上风电产业环境最好、政策最完善最规范、市场潜力最大的国家。同时，应鼓励我国风电企业走出国门，参与国际风电市场竞争，扶持一批具有国际竞争力的世界级风电大企业集团。当前，在欧美经济不景气，对风电等新能源需要下降的情况下，我国可逆势而上，抢占风电技术和产业制高点。■

参考文献：

- [1] Ryan Wiser, Mark Bolinger. 2011 Wind Technologies Market Report[R/OL]. U.S. Department of Energy, 2012-08 [2013-02-10]. http://www.windpoweringamerica.gov/pdfs/2011_annual_wind_market_report.pdf.
- [2] The International Energy Agency. IEA Wind 2011 Annual Report[R/OL]. (2012-07)[2013-02-10]. http://www1.eere.energy.gov/wind/pdfs/iea_wind_2011_annual_report.pdf.
- [3] U.S. Department of Energy's Wind Program—Lasting Impressions[R/OL]. (2012-09)[2013-01-20]. http://www1.eere.energy.gov/wind/pdfs/wind_accomplishments.pdf.
- [4] Elizabeth Salerno. Renewable Energy Markets Conference 2012—U.S. Wind Industry Update[R]. American Wind Energy Association, 2012-09-25.
- [5] American Wind Energy Association. Building a Modern Power Grid[R/OL]. (2011)[2012-01-25]. http://www.awea.org/learnabout/publications/upload/Transmission-Factsheet-Final_Feb-2011.pdf.
- [6] Brown Phillip. U.S. Renewable Electricity: How Does the Production Tax Credit (PTC) Impact Wind Markets? [R/OL]. Congressional Research Service, 2012-06-20[2013-02-05]. <http://www.fas.org/sgp/crs/misc/R42576.pdf>.
- [7] American Wind Energy Association. The 2011 U.S. Small Wind Turbine Market Report[R]. Washington, DC: AWEA, 2012.

Analysis on the Current Situation of U.S. Wind Power

ZHANG Jian

(The Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China, Beijing 100862)

Abstract: In recent years, the wind power technology has developed rapidly in the United States. Its total installed capacity has exceeded 50 GW at the end of August, 2012. The rapid development of the wind power, on the one hand, benefits from the global rising renewable energy and technological progress, on the other hand, it cannot do without the U.S. government's policy to support the wind power. This paper briefly introduces and analyzes the current situation of U.S. wind power development, the federal government's policy, the priority of R&D, and the industry trends. The authors also propose his own suggestions for the wind power development of China as follows: mending the supporting policy for the wind power, supporting R&D of generic technology, accelerating the construction of wind power, opening wind power market, and strengthening the international cooperation to occupy the leading position of wind power technology and industry.

Key words: United States; wind power technology; renewable energy