

# 分布式利用是风能发展的重要方向\*



祁和生<sup>1</sup> 胡书举<sup>2</sup>

1 中国农业机械工业协会风能设备分会 北京 100825

2 中国科学院电工研究所 北京 100190

**摘要** 文章从推动分布式风能利用的意义出发,分析了世界范围分布式风能利用的发展现状和政策机制,对比讨论了我国分布式风能利用的现状和相关政策,说明了我国当前存在的问题及障碍。重点分析并提出了我国分布式风能发展的前景与发展路线图,指出未来将在分布式风电机组及其关键部件、分布式风电场开发、分布式风能利用与其他可再生能源互补综合利用等方面开展基础理论研究、高技术研发与创新、示范应用及产业化推广,进一步提升自主创新能力。分析说明了分布式风能利用技术创新的需求,提出了政策保障措施的建议。通过技术、政策、市场机制等多方面的协同创新,推动包括分布式风能在内的可再生能源在我国绿色低碳能源战略实施及生态文明建设过程中更好地发挥作用。

**关键词** 风能, 分布式利用, 分散式风电场, 风电机组, 低风速

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2016.02.003

## 1 推动分布式风能利用的重要意义

近年来,我国在风能大规模开发利用、装备研制等方面已经取得了重大成绩,风力发电产业和利用规模均居世界第一。截至2014年底,我国风电累计装机容量达到1.14亿千瓦,位居世界首位<sup>[1]</sup>。按照我国近期酝酿的风能发展规划,到2020年底,风电装机容量将实现2亿千瓦发展目标,力争达到2.5亿千瓦,年发电量达到4600亿千瓦时,风电将在规模化发展中加速产业升级,不断提高市场竞争力,逐步实现从“补充能源”向“替代能源”的转变。

但当前仍然面临着一些制约风能利用产业健康可持续发展的突出问题,如弃风问题严重、原创技术缺乏、产品性能与可靠性仍落后于国外先进水平等。2014年我国风电平均利用

\*资助项目:中科院学部咨询项目“大力发展分布式可再生能源应用和智能微网”

修改稿收到日期:2016年1月22日

小时数仅有1908小时，因“弃风限电”造成的损失电量达148.84亿千瓦时，平均弃风率为7.9%。我国陆上风能资源多分布在“三北”地区，当集中式开发不能有效解决电力外送及就地消纳问题时，“弃风限电”就是必然，因此未来风电发展需要有效解决弃风限电问题，需要从技术路线、政策、体制、关键技术等多个方面进行协调和突破。

“十二五”期间，国家能源局发布“374号”文件（国能新能[2011]374号）指出要“探索分散式风电开发的新模式”，标志着风电开发从“规模化集中开发”，转向“集中规模式开发”与“分散式开发”的“两条腿走路”新模式<sup>[2]</sup>。《可再生能源发展十二五规划》中也明确提出鼓励分散式并网风电开发建设，探索与其他分布式能源相结合的发展方式，实现分散的风能资源就近利用。分散式风电，即位于负荷中心附近，不以远距离大规模输送电力为目的，所产生的电力就近接入当地电网进行消纳的风电项目<sup>[3,4]</sup>。与集中式风电相比，分散式风电开发的特点主要体现在小规模、分散开发以及就近接入，且输送电压一般在110千伏、35千伏和10千伏3个电压等级。另外，由于分散式风电项目一般无需新建升压站，而且规模也比较小。因此无论从规划选址还是从经济方面考虑都是可行的。

发展以风电为代表的可再生能源是全球大势，是我国推进能源革命的大政方针。而分布式应用模式是解决就地消纳和弃风限电问题的一种有效方案，也是转变电力供应方式和电力市场改革的重要手段，在风电集中与分散开发并重的形势下，推动风能的分布式利用，支撑我国风能产业战略发展目标的实现，支撑风能利用在未来能源体系中发挥更加重要的作用。

## 2 世界范围内分布式风能利用研究与应用

### 2.1 世界风能利用整体现状

在过去的5年间，全球风电市场规模增加了约200吉瓦，保持着世界增长最快能源的地位。根据世界风能协会（WWEA）的统计，2014年全球风电新增装机容量50吉瓦，累计装机容量约370吉瓦<sup>[5]</sup>，2014年全球风

电年发电量达到7500亿千瓦时，折合标准煤24750吨。从未来市场来看，中国、美国、欧洲三大市场整体是增长趋势，南美、亚洲、非洲等新兴市场也在增加，预计未来风电市场还会稳步持续发展。

近年来，国外已对风资源进行了系统地观测，开展了较全面的分析和研究；风电机组继续向大型化、智能化和高可靠性方向发展；陆上风电场向更大型发展，应用环境更加多元化，在丘陵、山区等复杂地形和低温、低风速等特殊环境的应用越来越多；海上风电场逐步向大型化、深海（水深大于50米）领域发展，施工、运维装备专业化程度不断提高。风电场运维正在物联网、大数据等技术的推动下，继续沿着智能化、信息化的方向发展。

### 2.2 世界分布式风能发展现状

国外在风电开发上不显著区分集中式和分布式，一般根据资源、电网、负荷条件等情况，确定风电场的开发规模，并接入合适的电压等级<sup>[6]</sup>。丹麦、德国等欧洲国家有一定比例的小规模开发的风电，接入配电网就地消纳，类似于我国的分散式风电开发。西班牙、美国等国由于风资源与负荷中心分布不均衡，小规模风电开发比例较低，多采用大规模风电场开发，通过输电网外送到负荷中心，类似于我国的集中式风电开发<sup>[7]</sup>。

欧洲和美国是最早发展分布式风电的地区。丹麦风电机组主要并入配电网，接入20千伏或更低电压配电网的风电装机容量约占全国风电装机容量的86.7%，接入30千伏—60千伏电网的约占3.1%。主要有两方面原因，一是其风电起步较早（20世纪70年代），当时受技术限制，机组规模较小，所以一般就近接入配电网；另一个原因是丹麦早期的各种优惠政策鼓励个人联合投资开发，且在风电开发过程中注重风电机组对城市规划及自然景观的影响，因此社区周围分散且规模较小的风电场较常见。

英国政府一直试图通过能源效率最佳方案计划（EEBPP）促进风光互补分布式能源的发展。在过去20年间，已有超过1000个这样的能源系统被安装在英国的农场、机场、港口和海岛等场所。尤其在农场，农场主

只需提供出一块地皮，自己不用投资就可以无偿使用清洁能源，而投资商则可以通过电价补贴获得自身利益。德国陆地风电场装机规模较小，基本连接到6千伏—36千伏或110千伏电压等级的配电网，以就地消纳为主。

美国是分布式风电应用发展速度较快的国家之一，取得快速发展的主要因素包括：（1）分布式风力发电项目获得美国社会各界的大力支持；（2）美国承诺2020年温室气体排放量在2005年的基础上减少17%，并预测2030年全美国所需电量的20%将由风电提供；（3）分布式风力发电项目的规模多样，从50千瓦的小型机组到兆瓦级的大型并网型机组，以固定电价来满足不同种类用户的电力需求；（4）分布式风电场的开发流程简单，从风场评估到商业运行的周期较短；（5）分布式风电场可直接通过当地配网实现电网接入。

### 2.3 世界各国分布式风能政策

欧洲风电大国对风电的发展政策主要实行强制回购（Feed-in Tariff）、净电量结算（Net Metering）和投资补贴（Capital Subsidies）相结合。强制回购政策流行范围较广，欧洲大部分风电大国都采用强制回购政策；净电量结算也是卓有成效的政策，丹麦使用的就是该政策。德国、西班牙和丹麦等国都建立了可再生能源配额制<sup>[8]</sup>，可再生能源发电量占比标准对于吸引分布式风电项目的投资起到了积极作用。

美国的风电激励政策也适用于分布式风电场。此外，联邦政府还专门针对小型分布式风力发电项目量身订制了详细的政策。其中包括：可再生能源配额制、税收抵免政策、新能源补贴、净电量交换政策、清洁能源债券和节能债券、设立分布式风电项目专项基金用于风电场评估及项目前期开发、制定分布式风力发电的接入电网标准等<sup>[9]</sup>。

## 3 我国分布式风能利用研究及发展现状

### 3.1 我国风能利用整体现状

“十二五”期间我国风电产业初步形成了完整的全

产业链体系，风电机组整机设计逐步从引进国外技术、联合设计向自主设计发展，叶片、齿轮箱、发电机、电控系统等主要部件都实现了国产化和产业化。1.5兆瓦、2兆瓦、2.5兆瓦和3兆瓦风电机组已经批量生产和应用，产业链已经基本成熟；3.6兆瓦、4兆瓦风电机组已小批量生产并在海上风电场运行；5兆瓦、6兆瓦风电机组完成样机开发，实现并网运行；7兆瓦风电机组样机正在研制。风电场开发及运维已形成行业分工，但风电场运维、管理的智能化和信息化水平不高。风电标准、检测、认证体系已基本建立。

同时，我国在风资源特性研究、翼型的气动理论、设计方法和翼型族的研发等方面取得了一些成果，初步具备风力机专用翼型的自主研发能力。在适应我国低风速、高海拔、抗台风、低温条件的风电机组技术方面实现了自主创新，大型风电机组叶片、发电机、齿轮箱、变流器等关键部件实现了重大技术进步，可满足我国陆上风电场开发的需要；中小型风电也得到发展。潮间带风电机组基础以及潮间带海上风电运输、吊装和运维等关键技术取得进展。

### 3.2 我国分布式风能利用发展现状

我国风能分布式开发利用落后于国外风电大国，到目前为止，分布式开发仍相对有限。中小型分布式风电系统的开发比较早，经过40多年的发展历程，技术日臻完善，使用的领域也逐渐扩大，近年来逐步扩展到海岛、湖区和哨所等偏远地区进行推广和应用。我国风能在分布式利用方面的一大亮点是近几年来建成的分散式风电项目，风能分散式并网应用具有较好的灵活性和适应性，可以做到就地消纳和少弃风或无弃风；对风电场的控制、管理、后期服务也更加容易。分散式开发将成为大型风电设备分布式利用的一种极具潜力的模式。

到2014年底，国家能源局拟核准计划内的分散式接入风电项目有18个，共计83.7万千瓦。已核准15个项目，核准容量达76.2万千瓦。目前国内已建成并网的项目有11个，并网容量为52.35万千瓦。如华能定边狼



尔沟分散式示范风电场、内蒙达茂高腰海风电场等。达茂高腰海风电场机组投运后，给当地农网提供了有力的电源支撑点，在春、夏高负荷时期，有效地缓减了农网的用电负荷，减少了地区网损；风电场运行电量就地消纳，未发生过限电情况，等效利用小时远超当地大型风电场平均值。

近几年我国也建起数座以风电为主、多能源互补的分布式微电网系统，如金风科技股份有限公司以大型风电机组为主的分布式智能微网示范项目——江苏大丰商业园区分布式微电网示范项目（图1），每度电成本达到0.48元，单位电价低于电网，每度电可节省0.11元左右，为园区提供了37%的电力供应。浙江电力科学院承建的舟山东福山岛风光储柴微网发电系统（图2），全岛负荷用电基本由新能源提供；独立供电系统在不同运行方式下的电能质量都能达到国标要求，为偏远地区供电提供了一种新模式。

### 3.3 我国分布式风能政策

2011年以来，国家能源局出台了《关于分散式接入风电开发的通知》和《分散式接入风电项目开发建设指导意见》，对分散式接入风电项目的定义、接入电压等级、项目规模、核准审批、工程建设和验收等都作了严格的界定，清晰表明了国家鼓励风电分散式开发的态度<sup>[2,10]</sup>。作为行业风向标的《做好2014年风电并网和消纳工作》通知中，提出大力推动分散风能资源的开发建设。

尽管我国政府和相关机构出台了一些有关分布式发电政策，但分布式风力发电项目在国内发展总体有所滞后，可借鉴的技术和经验也较少。国家电网公司制定了《分散式风电接入电网技术规定》，对并网技术做出了规定，但是相关标准体系还亟待健全。因此需要结合我国发展的实际需求，建立完善相应的政策、法规及标准，以加速风能分布式应用的发展。

## 4 我国分布式风能利用发展前景与路线图

### 4.1 我国未来风能发展资源与成本分析

我国风能资源丰富，开发潜力巨大。按照第四次全国风能资源详查和评价，70米高度陆上3级及以上风能开发量在26亿千瓦以上，海上（5—50米水深）100米高度的潜在开发量在5亿千瓦左右。在现有风电技术条件下，中国风能资源足够支撑20亿千瓦以上风电装机<sup>[11]</sup>。风电可以成为未来能源和电力结构中的重要组成部分。

根据我国陆上风能资源、建设条件和现有主流的兆瓦级风电机组、风电场运行管理等技术水平，目前陆上风电开发的成本在0.35—0.5元/千瓦小时左右，电价水平确定为0.47—0.6元/千瓦时，未来将逐年下调。而分散式、分布式风电的成本和电价都要高于大型风电场的成本和电价。在现有定价机制下，即不考虑煤电的资源、环境成本前提下，风电成本和电价水平高于煤电成本和电价水平。



图1 江苏大丰商业区接入智能微电网示范项目的风电机组



图2 东福山岛接入风光储柴微网发电系统的风电机组

从未来发展来看，陆上风电机组仍有 10%—20% 左右的成本下降空间，如果考虑人工和施工价格可能的上涨因素，2020 年、2030 年和 2050 年陆上风电开发投资可分别降至 7 500、7 200 和 7 000 元/千瓦时左右（按照目前不变价格计算）<sup>[12]</sup>。而分散式、分布式风电的成本和电价也会是下降的趋势。

因此，风电机组价格、风电场投资和运行维护成本的降低将相应地拉低风力发电成本。而 2020 年后，风电价格将低于煤电的价格。

4.2 我国未来风能利用发展前景分析

（1）2020 年前。每年风电新增装机达 1500 万千瓦左右，到 2020 年，风电累计装机达到 2 亿千瓦<sup>[12]</sup>。风电在电源结构中具有一定的显现度，占电力总装机的 11%，风电电量满足 5% 的电力需求。

（2）2020—2030 年。风电成本低于煤电，每年新增装机在 2 000 万千瓦左右，全国新增装机中，30% 左右来

自风电。到 2030 年，风电累计装机超过 4 亿千瓦，在全国发电量中的比例达到 8.4%，在电源结构中的比例扩大至 15% 左右<sup>[12]</sup>。

（3）2030—2050 年。风电每年新增装机约 3 000 万千瓦，占全国新增装机的一半左右，到 2050 年，可以为全国提供 17% 左右的电量，风电装机达到 10 亿千瓦，在电源结构中约占 26%，风电成为我国主力电源之一<sup>[12]</sup>。

（4）全面推进分布式并网用电技术应用和能源系统转型。从根本上改善“三北”和东中部地区分散式、分布式风电的并网和消纳条件。

4.3 我国分布式风能利用发展路线图

在分布式风能利用方面，未来将在基础理论研究、高技术研发与创新、示范应用及产业化推广方面进行整体布局（图 3）。

（1）2016—2020 年，将在分布式风电机组及叶片、电气控制系统等关键部件，分布式风电场风能资源评估、

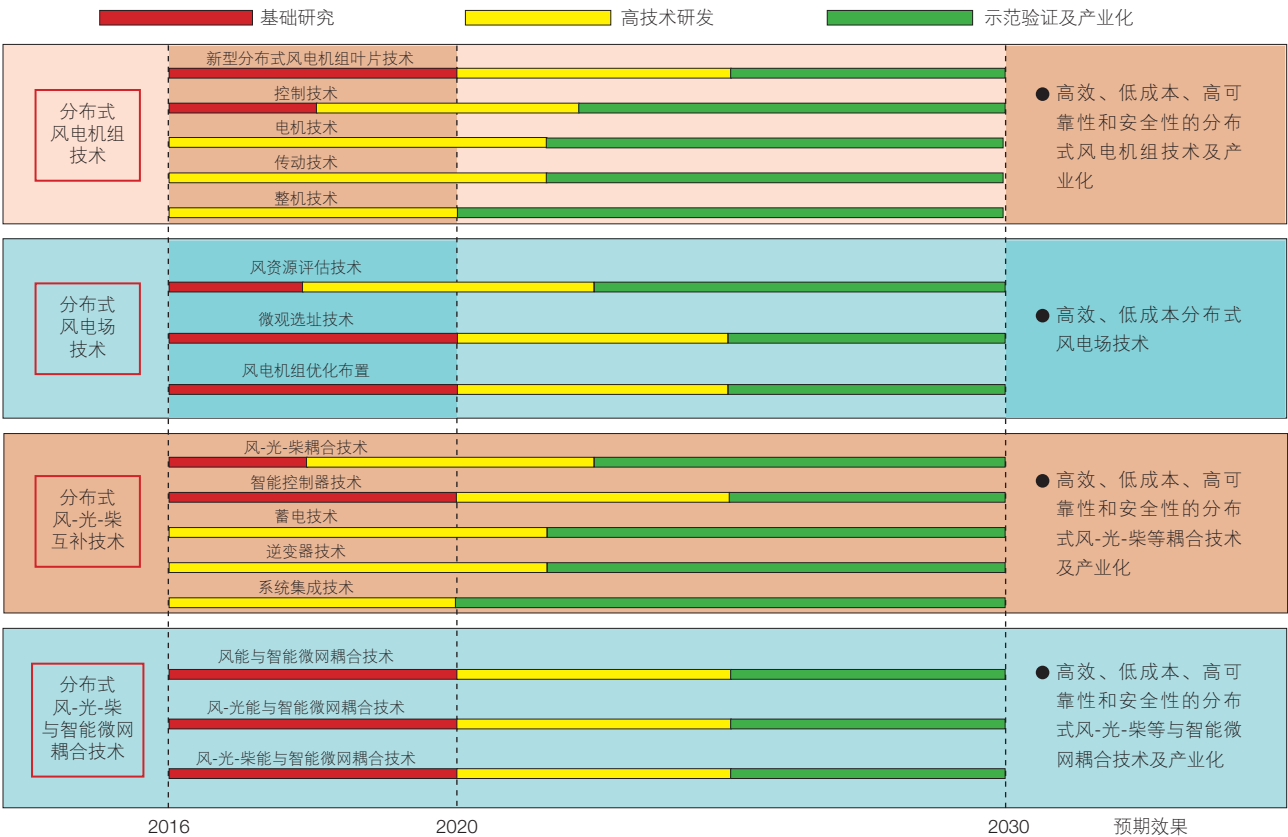


图 3 分布式风电产业化发展路线图

微观选址以及分布式风能利用与其他可再生能源互补综合利用等方面开展基础理论、共性技术问题研究与攻关；在分布式风电机组整机设计、电机、变流器等关键部件，分布式风能利用与其他可再生能源互补综合利用系统集成及关键设备等方面开展研发及研制。在发展大型风电机组的同时兼顾考虑中小型风电在分布式利用中的作用。

(2) 2020—2030年，将进一步推动高效、低成本、高可靠性和安全性的分布式风能利用系统及关键设备示范应用及产业化，在分布式风电机组及其关键部件、分布式风电场开发方面进一步提升自主创新和研发能力；在分布式风能利用与其他可再生能源互补综合利用方面，加快可再生能源多能互补及微电网示范应用项目建设，将分布式风能利用与物联网、云计算、大数据等为基础的信息化和互联网技术充分结合，总结先进经验和模式，推动分布式风能利用的规模化发展。

## 5 分布式风能利用的技术创新需求

### 5.1 分布式风能开发利用基础理论研究

研究高海拔、高温、沙尘暴、台风、雷暴、雪霜等恶劣环境下风特性与模型构建，复杂地形中尺度风场数值模式基本数据的观测理论方法，为进行适合分布式风能利用的风电机组设计提供理论数据。

### 5.2 适用于分布式风电的风电机组关键技术

研究耐低温、防沙尘、抗灾害性大风、防盐雾及适合高原地区等各类适合我国环境特点和地形条件的风电机组整体结构设计、安全与先进控制设计优化、高性能电气部件设计、新型材料工艺设计、制造工艺设计技术等。完善风电公共试验测试平台，研究疲劳和极端载荷预测方法，对新型传动系统进行再创新；研究分散式风电机组在高穿透率下的故障穿越技术；风电机组在低风速情况下功率控制技术以及功率波动抑制方法，噪声分布特点和噪声分级评价方法；研究分散式风电机组的调压调频技术，研究区域电网孤岛和面临电网电压崩溃情况下的风电机组控制方法。

### 5.3 分布式风电机组关键部件技术

开展分布式风电机组关键部件技术创新，包括研究先进翼型族优化设计及应用技术，抗污染和抗沙尘的仿生叶片技术，抗台风大厚度、钝尾缘叶片技术，叶片新型复合材料及结构性能技术。研究各应用部件单元的运行载荷、零部件抗疲劳、在线监测与故障诊断等技术。研究风电机组变流器和变桨控制系统等的模块化设计技术，研究变流器全数字化矢量控制、电磁兼容和中高压变流等技术；研究轴承、偏航系统等其他零部件设计技术。中小型风电机组关键部件技术创新。

### 5.4 分散式风电场优化设计技术

研究基于数值模式、远距离测风塔的分散式风电场虚拟测风技术，研究综合考虑风能资源、电网网损和电能质量等因素的分散式风电场优化选址方法，提出特殊地形、特殊环境下的分散式风电场设计优化方法，结合不同地形、环境及应用情景因地制宜开展分散式风电场典型应用示范及实证研究。

### 5.5 分散式风电并网接入技术

为提高分散式风电的供电可靠性，所采用的机组除应满足能源行业标准所规定的低电压穿越能力和有关电压偏差、闪变、谐波等技术要求外，还应进一步提升技术水平。针对分散式风电机组接入对配电网的影响，分析分散式风电接入对配电网的影响特性和规律，研究分散式风电接入的电压与无功优化控制技术；研究分散式风电接入配电网后的潮流控制与保护技术；研究分散式风电机组防孤岛保护技术。

### 5.6 分布式风能利用与其他可再生能源互补综合利用

分布式风能利用可以方便地与光伏、生物质能、地热能、海洋能等可再生能源相结合，进一步可以结合水电、氢能、常规化石能源、智能电网等，开展分布式风能与其他可再生能源甚至常规化石能源的综合利用，探索分布式风能利用的新模式。研究分布式风能利用与其他能源形式互补综合利用的系统集成技术、关键设备技术、协同控制技术等，结合当地负荷与电网条件，因地



制宜,合理设计,优化能源利用效率。

## 6 我国分布式风能发展政策保障措施

对于分散式风电,按照国家能源局《关于分散式接入风电开发的通知》,风电发电量的电价补贴执行国家统一的分地区补贴标准。根据我国分散式风电开发的布局和项目建设规模,分散式风电主要集中于中部和南部等风资源一般的地区,考虑到这类地区覆盖范围广,不同地区风资源差异大,且分散式风电单个项目规模小(不超过5万千瓦),安装机组数量较少,风电开发单位成本较高,因此现有电价无法反映风电实际成本,存在电价激励不足的问题。建议根据分散式风电开发的资源条件、项目开发容量、运行维护等情况,精细化制定分散式风电上网电价政策。

按照国家能源局《关于分散式接入风电开发的通知》,电网企业对分散式风电发电量应认真计量,全额收购。借鉴集中式风电消纳的经验和教训,对于分散式风电的收购应综合考虑分散式风电开发潜力、配电网的分散式风电接纳能力、当地负荷水平、配电网运行安全水平等的协调,制定合理的分散式风电开发总量目标,确定合理的电量收购制度,从而保证全额收购切实可行。近期国家能源局起草了《可再生能源发电全额保障性收购管理办法(征求意见稿)》,并于2015年12月28日向全社会广泛征求意见。

同时我国应进一步完善适应可再生能源产业发展的市场调节机制,建立完善可再生能源法律保障、综合管理和专业监管体系,完善投资、电价、电网调节电源补贴政策,鼓励商业模式创新,推动包括风能在内的多种可再生能源在我国绿色低碳能源战略实施及生态文明建设过程中更好地发挥作用。

## 7 结语

分布式风能利用可以作为风能大规模集中开发的一种有益补充,在我国未来风电产业发展过程中发挥积极作用。但只有在适当的政策、机制的激励下以及持续的

技术创新支撑下,才能促进我国风能开发转向集中规模开发与分布式开发并重的局面,推动我国风能产业健康可持续发展。总体而言,分布式利用是风能未来发展的一个重要方向和趋势。

## 参考文献

- 1 中国风能协会. 2014中国风电装机容量统计. [2015-12-20] <http://www.cweea.com.cn/html/hangyeshuju/201505/07-43747.html>.
- 2 国家能源局. 分散式接入风电项目开发建设指导意见(国能新能[2011]374号). 2011.
- 3 李征, 蔡旭, 郭浩, 等. 分散式风电发展关键技术及政策分析. 电器与能效管理技术, 2014, (9): 39-44.
- 4 祁和生. 政策驱动分布式风电迎来发展新机遇. 风能产业, 2013, (5): 11.
- 5 世界风能协会. New Record in Worldwide Wind Installations. <http://www.wwindea.org/new-record-in-worldwide-wind-installations/>.
- 6 王彩霞, 李琼慧. 促进我国分散式风电发展的政策研究. 风能产业, 2013, (9): 46-52.
- 7 何国庆. 分散式风电并网关键技术问题分析. 风能产业, 2013, (5): 12-14.
- 8 于海洋, 武国良, 陈光, 等. 国外分散式风力发电政策研究及对中国的启示. 黑龙江电力, 2013, 35 (3): 235-238.
- 9 齐放, 刘亚非, 梁亮, 等. 美国分布式风力发电政策研究及启示. 能源技术经济, 2012, 24 (2): 5-9.
- 10 国家能源局. 关于分散式接入风电开发的通知(国能新能[2011]226号). 2011.
- 11 中丹可再生能源发展项目管理办公室. 中国可再生能源发展路线图 2050. [2016-1-12]. <http://www.cspplaza.com/article-4436-1.html>.
- 12 国家发展和改革委员会能源研究所. 中国风电发展路线图 2050. [2016-1-12]. <http://www.fenglifadian.com/news/china/33489BB97.html>.

## Distributed Application is an Important Direction for Wind Energy Development

Qi Hesheng<sup>1</sup> Hu Shuju<sup>2</sup>

( 1 Chinese Wind Energy Equipment Association, Beijing 100825, China;

2 Institute of Electrical Engineering, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China )

**Abstract** Currently, wind energy has become one of the most promising renewable energies in China. From the current problems of wind power development, the significance of promoting the distributed application of wind energy is pointed out. In the paper, the world-wide development status and policy mechanisms about distributed application of wind energy are analyzed. Then the development status and policy mechanisms in China are contrastively discussed. By contrast, the existing problems and obstacles are illustrated. The development prospects and roadmap of wind energy distributed application in China are analyzed and proposed in detail. It is pointed out that in the future, China will launch the basic theory research, common technical and scientific research on wind turbine for distributed application, the key components including blades and electrical control system, wind resources assessment and micro-sitting of distributed wind farm, other renewable energy comprehensive utilization with distributed wind energy and so on. Research and development will be carried out in the following items, including wind turbine design for distributed application, the key components such as generator and converter, other renewable energy comprehensive utilization with distributed application of wind energy, optimized design and grid access of distributed wind farms. The demonstration and industrial application in wind turbine and its key components for distributed application will be further promoted. The distributed wind energy utilization will be fully integrated with information technology and internet technology based on cloud computing and big data. The advanced experience and modes are summarized to promote scale development of distributed wind energy. In the paper, technology innovation demand of distributed wind energy application is also analyzed and proposed, which mainly includes basic research of distributed wind energy utilization, the key technology of wind turbine and the key components for distributed utilization, optimized design of distributed wind farms, grid access of distributed wind farms, other renewable energy comprehensive utilization with distributed wind energy, and so on. In order to provide theoretical data for wind turbine design of distributed application, the wind characteristics and model building on the harsh environment, such as high altitude, high temperature, dust storms and typhoons, will be studied. The key technology of wind turbine and the key components for distributed utilization will be researched, mainly containing wind turbine suitable for Chinese environmental characteristics and terrain conditions, advanced blade design, modular design of converter and pitch control system. The research on virtual wind measurement technology of distributed wind farm based on numerical simulation and remote masts will be carried out to point out the optimized design of distributed wind farms for special terrain and special circumstances. The research on voltage and reactive power control, flow control and protection, islanding protection will be carried out when the distributed wind power access to distribution network. A new model of distributed wind energy with other renewable energy comprehensive utilizations will be explored. The system integration technology, key equipment, cooperative control technology of distributed wind energy and other renewable energy comprehensive utilization will be studied. Suggestions of policy guarantee measures are also presented in the paper. According to the resource, project capacity, operation and maintenance of distributed wind energy utilization and development, the tariff policy of distributed wind energy should be elaborately developed. Reasonable amount goal of distributed wind energy development and legitimate power electricity acquisition system should be determined. Market regulation mechanism should be improved. At the same time, renewable energy legal guarantee, integrated management and professional regulatory system should be established and improved. The policies of investment, pricing and power subsidies also should be



improved. Through the collaborative innovation of technology, policy and market mechanism, the renewable energy including the distributed wind energy is promoted and plays a better role in the implementation of green low-carbon energy strategy and the development of ecological civilization.

**Keywords** wind energy, distributed application, dispersed wind farm, wind turbine, low wind speed

**祁和生** 中国农业机械工业协会风力机械分会常务副理事长兼秘书长，教授级高级工程师。从事风力机械方面的研究工作，曾实施了机械部系统风力机械科研、新产品项目，曾获国家科技进步奖三等奖；参与推动实施了“七五”到“十五”国家重点科技攻关项目；参与了250千瓦、330千瓦、600千瓦风力发电机组的技术引进工作；完成了“十一五”国家支撑计划项目“大功率风电机组研制与示范”的可研报告及课题的组织实施工作和“十二五”专项规划以及“十三五”风能子领域战略研究；参与了《电工术语风力发电机组》国家标准的起草等工作。E-mail: qhsheng@263.net

**Qi Hesheng** Born in China, in 1961. He is working in the Chinese Wind Energy Equipment Association (CWEEA) and served as executive vice chairman and secretary general. He is a professor level senior engineer. He is engaged in the research of the mechanical aspects in wind energy application. He has implemented the research and development of new products of the mechanical aspects in wind energy application. He won the National Science and Technology Progress third prize in 1987. He participated in from 7th Five-Year to 10th Five-Year Key Programs for Science and Technology Development of China. He participated in technology import of 250 kW, 330 kW and 600 kW wind turbine. He completed the feasibility study report and organization and implementation of 11th Five-Year National Support Program, namely Large scale wind turbine development and demonstration. He finished the 12th Five-Year Special Plan and 13th Five-Year strategy research of wind energy field. He participated in the drafting work of national standard, namely Electrical Terminology—Wind Turbine Generator systems. E-mail: qhsheng@263.net