

风力发电助力中国绿色发展

西门子股份公司

内容摘要

发展可再生能源已成为世界各国推进能源转型的核心内容和应对气候变化的重要途径。中国以巨大的电力市场需求、快速发展的装备制造业，以及绿色发展的国家战略引导，近年来中国可再生能源的新增装机容量和总量都已跃居世界第一。2018年可再生能源发电量1.87万亿千瓦时，占全部发电量的26.7%，其中，风电发电量3660亿千瓦时，占全部发电量的5.2%，比2017年提高四个百分点。中国“十二五”期间，风电已成为继火电、水电之后的第三大电力来源。中国《风电发展“十三五”规划》提出，到2020年，全国风电年发电量将达到4200亿千瓦时，约占全国总发电量的6%，为实现非化石能源2020年占一次能源消费比重达到15%的目标提供重要支撑。

过去几年，中国风电产业技术制造水平不断提高，风机制造成本不断降低，中国在较短的时间内迅速发展成为世界第一大风电市场，制造与技术积累都取得了质和量的突破，中国制造的风机也开始走向国际市场。随着风电的快速发展，前几年较为突出的“弃风限电”问题在最近的几年才基本得到有效缓解，2018年弃风限电率下降到7%，同比下降5个百分点。随着国家“平价上网”相关政策的推进以及全球各国竞相开始竞价上网，可以预见，在未来的2-3年内，中国可再生能源将实现平价上网，甚至成为最为经济和可靠的能源形式。

可再生能源的发展离不开政府的政策支持，包括补贴，这是全球的普遍情况。随着平价上网日益临近，补贴逐步退出是趋势，但如何确保在补贴退出后，风电市场能够继续得到发展，企业能够健康持续发展，或者有序地进行并购重组，这关系到行业和企业对绿色发展的信心。此外，可再生能源的发展离不开真正意义上的市场化引导，目前传统能源仍占中国能源体系的主要地位，可再生能源的政策执行在市场存在差异性，需要清晰的政策执行细节以及对政策执行情况的有效监督机制，打破旧有的利益格局和地方阻碍，才能促进可再生能源的发展。

除政策引导之外，风电的进一步开发利用最根本的还是依靠技术创新和进步。中低速风机，分散式应用，以及近年来发展提速的海上风电，都需要技术的进步和产业链的进一步完善才能确保更大尺寸风机的经济性、可靠性和安全性。

当前，全球虽然出现了一些“逆全球化”的声音和事件，但是人类发展面临的包括能源安全和气候变化在内的全球性挑战需要各国政府、学界、产业界共同努力，提出创新性的解决方案，确保可持续发展。企业作为创新的主体，应该加强全球合作和技术交流，在良性竞争中实现可持续发展。

十九大报告再次强调，中国要“推进能源生产和消费革命，构建清洁低碳、安全高效的能源体系”。不断成熟的可再生能源的开发和利用技术已经推动全球能源体系转型。中国既是能源生产大国，同时也是消费大国，中国在致力于实现自身能源发展目标的同时，也将进一步推动全球能源体系变革。在这一能源转型的进程中，作为全球化的大型可再生能源公司，西门子歌美飒希望通过本报告，将在全球积累的技术、理念、洞察和项目执行经验与中

国政府及合作伙伴分享，也希望通过与中国合作伙伴的紧密合作共同开拓中国以及全球的风能市场和潜力，助力中国人民享受绿色发展的幸福未来。

本报告分为四部分。第一部分介绍风电在全球的发展趋势，以及风电将继续在中国能源绿色增长中发挥不可替代的作用；第二部分分析中国风电市场目前面临的挑战；第三部分立足于助力中国风电市场的可持续发展，提出了一些政策建议；第四部分是全文的总结。

一、 风电在中国能源绿色增长中将继续发挥不可替代的作用

（一） 全球风能市场方兴未艾

鉴于全球经济不断增长，以及能源消耗在诸如交通和供暖等新兴领域的电气化趋势，全球能源需求仍保持高速增长。国际能源署相关预测显示，在2040年之前全球新增的发电装机容量将超过目前的全球装机容量ⁱ。与此同时，面对气候变化、传统石化能源枯竭等诸多全球性挑战，全球各国正在大力向绿色发展模式转型，降低二氧化碳排放，实现经济和环境的平衡发展。欧洲地区的荷兰、西班牙、英国、德国等国计划在2025-2030年前放弃使用传统煤炭发电ⁱⁱ。作为全球经济绿色可持续发展的重要抓手，大力发展清洁可再生能源已经成为世界各国能源战略调整的共同方向。

风力发电作为一种清洁可再生能源，在大风机设计和制造不断进步，风电设备的可靠性不断提升，风电场运营维护工具和技术不断创新，以及各国政府竞相开始风电特许权竞拍等众多因素共同助推下，风力发电的成本（LCOE）不断降低，风能在某些地区已经成为最具竞争性的能源。国际可再

生能源署（IRENA）的数据显示，2010-2017 年，陆上风电加权平均成本降低 23%，大约在度电 6 美分，而其中有些项目可以稳定在度电 4 美分。最近在巴西、加拿大、德国、印度、墨西哥和摩洛哥的一些竞拍项目的度电成本低至 3 美分ⁱⁱⁱ。

根据欧洲风能协会 WindEurope 统计，2015 年风能在欧洲已经超越水电成为第三大电力来源，仅次于天然气和煤炭；2016 年风能进一步超过煤炭成为第二大电力来源。根据国际能源署的统计，2015 年全球可再生能源发电新增装机容量首次超过常规能源发电装机容量，表明全球电力系统建设正在发生结构性转变。

展望未来，全球风电产业的发展将有如下趋势：

1. 技术进步推动风机单体容量不断增大，有效提高风资源利用率和经济性。 风机从最初的单体几十千瓦，到如今的陆上风机 5MW，海上风机 10MW，一直在不断增长，叶轮直径达到近 200 米，亚洲地区的最高塔筒高达 153 米。这一大型化趋势还在延续。风机尺寸的增加对于各生产组件材质的要求更高，同时对风机运输要求也更高，这将导致风电场建设成本的增加，然而只要增加叶片扫风面积能带来更多的收益，在风机整体安全性能经过严格测试的前提条件下，更大尺寸的风机还会不断涌现。决定尺寸大小的最终标尺将是各项投入与最终能获得的风能之间的平衡。在此过程中，科技和研发将起到至关重要的重要。

2. 在数字化时代，风机和风电场将更加智能。 传感器在风机上的应用已有 10 多年历史，监测和收集能源输出以及天气情况。如今，风电行业

面临的问题是，面对如此巨大的而且在不断增长的各种数据，如何将这些大数据转化为决策依据，使得风机设计、制造和风电场的运营维护更加智能、高效、帮助进一步降低风电的成本，同时大数据也可以减少现场维修人员的需要，降低安全风险。西门子歌美飒在丹麦和西班牙的远程诊断中心实时监控全球 28000 台风电机组的运营情况，每天从众多传感器中接受超过 200GB 的数据，通过数据分析可以远程解决超过 85% 的问题，98% 的严重组件故障可以提前检测到。通过执行 7x24 远程监控和警报管理，每月可以减少超过 2000 次的风电机组现场维护。这些数据和运维经验，除了可以帮助风场的投资者更准确的进行未来项目的投资模型分析外，也帮助政府更有把握对于项目的补贴细节做出合理的决策。

3. 储能技术进步将有效推动风能的综合开发利用。可再生能源最大的特点是间歇性，由于风电的生产和供应具有不稳定性，因此储能技术的发展将促进风能和太阳能的综合利用，同时减少对电网稳定性的困扰。澳大利亚、德国等地已开发高效能的储能项目。德国联邦经济事务和能源部自 2014 年开始资助开发电热储能技术 (ETES)，该技术能够将电网上多余的电能储备到石头中，使其温度高达 600-800 度，在能源供应不足时这些热能可以通过传统的蒸汽发电转化为电能。该项技术非常具有经济性，是传统电池储能技术的十分之一。这项技术的实践项目将于今年投入运营，储能达 30 MWh，相当于 1500 户德国家庭的当日耗电需求。预计在商业运营阶段，该项技术提供的电能成本将远低于每度电 0.1 欧元。同样的政府资助也投入了可再生能源与制氢技术的结合，可以帮助可再生能源超过负荷所需后的充分利用。

（二）中国不断完善能源政策体系，助力风电产业发展

无论从全球还是中国的风电产业发展情况来看，风电的发展离不开政策的支持和引导。欧洲和美国在上世纪八九十年代开始资助风机的研发，对风电实施优惠的价格，并提供税收返还。1986年中国的首台风电场并网发电，开始了技术引进和本土化发展的道路。2006年1月1日《可再生能源法》实施以来，对可再生能源的支持提升到了立法高度，将可再生能源的开发利用列为能源发展的优先领域，极大促进了可再生能源的规模化发展。

2009年中国风电装机突破2000万千瓦，2010年风电装机达到4400万千瓦，先后超越丹麦、德国。2012年中国超越美国成为全球第一大风力发电市场。与此同时，中国的风资源利用也从“三北”地区的集中式风电开发覆盖到东南以及中部地区的分散式风电开发；从陆地开发延伸到海上风电开发。

西门子歌美飒在中国的历史可以追溯到1988年，公司在中国的第一台风力发电机“Bonus 55 KW”安装在浙江省大成岛，当时的机组容量是55千瓦。30年来，公司参与并见证了中国风电行业的发展，中国也成为西门子歌美飒全球最为重要的一个风机制造和供应链基地。在智能风电时代，在制造业高质量发展以及“互联网+”战略的驱动下，公司在全球积累的大数据应用技术和经验，将助力中国的风电产业进一步走向数字化和智能化。

（三）中国还具有大力发展风电的潜力

1. 中国的风电市场继续发展的潜力很大。在现有风电技术条件下，中国的风能资源足够支撑20亿千瓦以上风电装机。风电可以成为未来能源和电力结构中的重要组成部分。分散式开发将成为未来风电开发模式转变的

重要方向，相比于集中式风电开发，分散式风电具有更好地匹配中东南部的自然条件特点，能够有效利用分散的风能资源，提高风能利用效率。根据气象局对中东南部风资源统计数据显示，6m/s 的风资源储量只有 3 亿千瓦，而 5m/s 等可开发风资源储量近 10 亿千瓦。从德国单位国土面积风电开发量看，德国的几个州的单位国土面积风电装机量最高达到 300kW/km²，平均 136kW/km²。而湖南仅有 10kW/km²，江苏也仅有 50kW/km²，远未达到德国开发水平^{iv}。从中东、南部地区风资源分布情况和国外经验来看，未来中东、南部风电开发潜力巨大。

2. 风电开发带来能源、环境、经济和社会效益。根据国际可再生能源署的测算，2017 年中国的风电行业从业人员占全球风电行业从业人员的 44%，大约 51 万人。随着对用工需求较大的海上风电进入加速发展期，风电设备产业链本土化，以及中国风电设备出口增多，中国的风电产业创造的就业机会将更多。有研究数据显示，2020 年实现就业 100 万人，产值超过 3000 亿。此外，中国的风电产业每年可实现年节约 1.5 亿吨标准煤，减排 3.8 亿吨二氧化碳、130 万吨二氧化硫、110 万吨氮氧化物，年节水量可达 5 亿立方米。虽然风电在发展的进程中遭受了一些诸如资源搁浅，国家补贴等诟病，但是我们应该看到风电发展带来的环境和社会效应，以及为地方产业转型和升级带来的潜在机会。

3. 中国有望推动风电领域的全球合作。中国不仅连续多年保持新增风电装机容量全球第一，而且中国制造的风机已经出口到全球 30 多个国家。在制造业高质量发展以及“一带一路”倡议下，中国的风电设备制造商、工程承包商与投资开发商将更多地参与一带一路沿线国家蓬勃发展的风电发展

机遇，中国企业可以与全球企业共同参与海外项目，实现互利共赢。相较于中国企业大概 10 至 20 年左右的海外开拓经历，成熟的跨国或者全球企业已经在海外市场开展经营活动超过数十甚至上百年。全球企业对当地国家和地区的充分了解，成熟的海外项目执行经验，以及风险管控能力将助力中国企业走出去。

二、 中国风电发展中遇到的挑战

在“十二五”期间及以前，中国风电迅速发展，以十年来的时间超越了欧美主要风电国家数十年的发展成就。风电已经从补充能源进入到替代能源的阶段。风电产业在快速发展的过程中出现了诸如电网接入及消纳困难，无序扩张以致出现产能过剩，设备生产质量不稳定，以及研发水平有待提高等问题。这些发展中的问题，随着中国整体的政策性引导及市场的进一步规范，逐步都得到了解决或者正在解决的过程中。在新的“十三五”期间，中国的风电发展还面临一些新的问题和挑战。只有有效解决这些问题，才能不但是从数字上完成十三五规划设定的目标，而是促进风电行业长远和可持续发展。

1. 风电场建设期和运营期对当地周围环境或多或少产生一些影响。
简单来说在建设期，升压站、风电机组基础和箱变、进站道路、集电线敷设及施工场地工棚、仓库等施工临时性建筑等，这些工程在建设时均要占压地表破坏地表植被。风机基础及箱变区、集电线路区及施工检修道路区在施工准备阶段主要是清除作物根系、剥离种植表土、场地平整等造成原地貌扰动，地表覆盖物（农作物）被清除，大面积地表裸露。水土流失主要来源于施工期挖方和表土的临时堆放形成的边坡而产生的中度水蚀。施工期噪声主要源自施工机械和运输车辆。主要产生噪声的施工机械有起重机、挖掘机、推土

机、装载机、打夯机、振捣棒和振捣器、砂轮锯、空气压缩机等。施工期废水和生活污水来自施工用水和施工人员生活用水的排水。施工用水主要为混凝土养护，场地的降尘喷洒等。在施工期产生的固体废物主要包括施工人员的生活垃圾和施工过程中产生的土石方。在风电场运营期间，可能会带来风电机组运行的噪声，升压站运行的噪声影响，同时由于风轮转动及产生的噪声对鸟类低飞起到驱赶和惊扰作用。因此，在风电场设计的阶段，必须完备的考虑到如何尽可能降低或者消除这些影响，减少对环境的破坏。同时政府应该要求开发企业遵循严格的环保要求，也要意识到环保要求对项目的成本带来的影响。

2. 风电上网电价持续降低对整个产业链的影响。国内的风电上网电价，一直是由发改委按照四类风区进行制定，由当地火电标杆上网电价加上一定程度的补贴组成。风电补贴在过去的风电发展过程中起到了非常重要的推动作用。然而，在某些地区补贴电价迟迟不能到位也给很多风电项目开发商带来了很大的困扰。随着风电技术的发展，风电项目去补贴是必然要走的道路。在过去的几年里，风电上网电价不断降低，并且在 2018 年，能源局宣布中国风电正式进入竞争性配额时代，给风电产业带来了很大影响。

在风电场建设费用无法实现大幅度下降的前提下，风电机组的价格成为各方竞相下降的唯一适应方式，因此我们看到，风电机组的单位千瓦售价从 2017 年开始大幅下降。风电机组厂家只能通过对供应链上各环节的压价来实现机组整体价格的下降。然而，2018 年年底的价格回升恰恰反映出，在各环节价格下降的幅度已经超过产业链上各企业的承受能力。2019 年开年

以来的市场价格仍然有着回升的趋势，并且各主要厂家仍然承担着较大的价格压力。

在 2020 年以后必须实现风火同价的政策指导下，国内已经开展了很多平价上网的示范性项目，取得了比较好的成果。这说明，风电机组的价格确实有一定的下降空间，但是需要建立在一个稳妥完备的项目准备过程的基础上。在有足够的的前期考察和设计基础上，详细的制定完备的项目方案，无论在机组的选择上，项目的排布方案上，各项重要部件的优化上，以及建设施工的精准把握上，精确的计算项目的投入产出比，从而得到合理的机组价格，和相应的上网电价。

3. 电网环境对于风电项目建设的影响。 风能资源属于不稳定的资源，风电相对其他传统化石能源在电能输出上受自然气象条件影响有一定的波动，因此风电对于电网的影响相对较大。欧美风电主要国家在风电的发展过程中也出现了一些电网适应性及安全性问题，但随着技术的进步，通过有效的电源配套及调度规划，风电可以完全实现稳定并网持续运行。中国风电项目在前期的发展过程中，一定程度上对于风电机组技术的要求不够完善，因此在早期出现了不经测试就并网的现象。在经历后期的事故后再进行亡羊补牢，对很多项目和各级相关企业造成了比较大的损失。在 2011 年经历过风电大规模的脱网事故后，中国电网公司开始制定严格的风电并网技术要求，在电能质量，低电压穿越等方面需通过严格的测试后方可并网。在过去的一年中，更加严格的高电压穿越技术也在行业内屡屡被提起。这些要求对于风电机组的技术提出了更加严格的要求。

在新的阶段，风电在能源结构中的比率将进一步提高，远端超高压输送将大规模地投入应用，因此风电发展要充分兼顾电网配套及电网安全的要求，从技术标准、配套电源、输送能力等方面统一规划、协调组织。同时，在电网安全技术标准明确且落实的情况下，不应该人为设置任何阻碍风电并网的限制。譬如在燃煤机组冬季取暖和水电站雨季高水位的时节，人为取舍电源调配，强制切出风电部分，这是能源效率的损失。

4. 非技术成本影响风电开发成本。中国的整体制造和人力成本应该低于发达国家水平，然而中国风电的价格优势在国际上并不突显。非技术成本是其中的主要原因。过去风电行业谈论的热点话题更多是如何推动技术进步，使风电等可再生能源成为更加可靠、更加高效的能源形式，从而降低风电开发的成本，而随着技术的进步，经验的积累，现在的技术能力已经能够满足当前可再生能源大规模开发利用需求。如何推动体制机制的变革，使其更加适应当前大规模开发利用可再生能源，这将是中国下一阶段可再生能源继续发展的重要抓手。

5. 海上风电的发展。2018年末至2019年初，广东、江苏等省相继核准了大批量海上风电项目，这将有助于海上风电发展进入提速期，同时也引发了一些市场担忧。与陆上风电不同，海上风机具有大型化及发电小时数较长等特点，对技术要求更高，同时海上风电场会面临台风、盐雾、地震等恶劣自然条件的影响。因此，海上风电具有比较高的投资成本、运营成本，也面临一些安全风险。从海上风电的起源地欧洲的发展经验来看，欧洲的风机机型一般都经历较长时间的机型认证和样机测试，以及一般跨度3年左右的交付期。当前，中国海上风电配套产业服务体系尚不健全，产业链建设、技

术标准、工程规范等工作仍需加强。优势是可以吸取欧洲的现成的经验，回避曾经的错误，然而中国用户追求降低成本的冲动，可能会对海上风电的发展带来一定的潜在风险。

三、 核心政策建议

1. **风电发展与环境保护协调发展。**风电项目虽然会对当地环境带来一定影响，然而国内外很多优秀的风电项目也证实了在严格完备的前期设计和施工的前提下，风电项目能够做到和自然和谐共处。风电项目开发与生态系统保护是相辅相成、相得益彰的关系。环保、林业主管部门应因地制宜、实事求是制定风电项目环保政策，强化事中事后监管，避免以禁代管和“一刀切”的情况。当然，风电开发企业也应牢固树立环保和安全意识，采取及时有效的生态环境保护和恢复措施。十九大报告中提出坚持人与自然和谐共生。必须树立和践行绿水青山就是金山银山的理念，坚持节约资源和保护环境的基本国策。因此各级相关部门在评审风电项目时更加严格的考量申请的风电项目对于所在地址生态环境的影响。选择投标方案时应该考虑对环保的投入和历史的表現，真正体现绿色的可持续发展理念。

2. **应采用全生命周期评估风电场的经济效益。**风电机组的生命周期包括风电机组制造，运输和安装，运营和维护，废弃拆除和回收。在国外风电场开发商从选择采用何种风机品牌的那一刻起，就开始考虑风机整个运行寿命的维护问题，一般与风电整机企业签订“2+10”或“2+20”的风电运维服务协议。即在前两年的质保期过后，继续由整机商提供运维服务，保证风机运行的稳定性和发电效率。目前国内的很多风电项目主要考虑的还是初始

采购和安装建设成本。中国在制定引领行业发展的相关政策中应该加强政策引导全生命周期的概念。

3. 海上风电的发展应该循序渐进，借鉴欧洲成熟的经验。避免出现光伏企业和陆上风电在政策的激励下曾经出现的装机容量猛增，“弃风弃光”造成资源浪费的现场。欧洲海上风电在由技术进步带来的成本大幅下降以及竞价机制下，大幅缩减了对补贴的依赖。中国目前批准的项目还都依赖政府较高的补贴电价。中国在发展海上风电时，在技术和安全标准上应该尽量缩小与欧洲标准的差距，从而可以更好地将欧洲成熟的经验引入中国。另外，地方政府在项目引进时，应该放宽对外资设备厂商本地投资或设厂的要求。此外，对于风电场运行即时数据存储和流通的本地要求，在一定程度上也制约了国外先进技术和应用进入中国。相比陆上风电，海上风电更应该考核项目的全生命周期成本。海上风电项目对环境的影响，设备维护及回收退役装置的成本等，都应该成为设备和项目开发的决策基础。同时政府应该在政策上加强引导。

4. 建立合理的电价退坡机制。政府在调整风电项目上网电价时，建立合理的电价退坡机制，采取渐进式方式，避免行业出现断崖式下滑。企业也需要通过不断自主创新逐渐摆脱补贴依赖，政府要制定切实可行的降低可再生能源发电非技术性成本的具体措施。加强政策的持续性和可预期性。

5. 增加市场的开放和包容性。中国的风电市场因为国内整机厂商的价格优势而几乎被中国企业独占市场。近年来，外资品牌在中国风机市场的整体占有率大概为5%，这是比较罕见的行业现象。虽然中国早在2009年底已取消“国产化率不低于70%”的要求，但是中国风电市场随后的快速发展出

现了竞相压价，中国的整机制造商业从最多时期的 60 度家锐减到目前的 20 多家，不少外资企退出中国市场。优胜劣汰和企业整合有利于增强行业的整体竞争力，然而我们希望中外资企业都能在中国风电市场做到包括业务和财务在内的可持续健康发展。在竞价和平价上网时代，价格固然是一个重要因素，但是随着中国进入高质量发展，开放更多市场机会的阶段，政府应该更关注可持续发展的指标，更多虑整个投标方案以及生生命周期价值，在这一点上国际化企业的经验还具有重要的参考价值，同时要在行动上消除地方保护，在统一规范的技术和质量标准下给中外资企业创造同等的机会。

6. 引导绿色消费观和价值观。中国在 2016 年和 2017 年相继发文促进和引导全社会绿色消费。2017 年 7 月全国绿色电力证书开始实施，自愿认购交易正式启动。目前参与绿证交易的仍然以新能源企业为主，而在国外，很多行业领先的企业都在自己的生产和运营中增加新能源的使用，减少碳排放和对环境的影响。西门子集团就提出了到 2030 年实现碳中和的目标。中国提出，除专门的非化石能源生产企业外各发电企业非水电可再生能源发电量应达到全部发电量的 9%以上；各发电企业可通过证书交易完成非水可再生能源占比目标。中国在政策层面可以鼓励大型的国有企业和事业单位，以及非能源企业参与其中，结合自愿和强制约束交易。另外，对于普通消费者参与绿色电力消费，可以结合区域发展不平衡的问题，在某些地区给予消费者适当补贴。当然，凝聚社会共识，促进绿色消费，将是一个渐进的过程。

四、 总结

风电的发展涉及到技术和政策两个层面。在技术层面，全球的主要风电设备制造商在不断开发新的技术，这些技术的应用，尤其是基于大数据的技

术运用，将在风机设计、制造、运营维护等方面促进风电成本的进一步降低，助力平价上网早日实现。同时，可再生能源存储技术的研发也将提升风电、太阳能等可再生能源的稳定性和可利用性。在数字经济时代，风电行业同样蕴含着无穷的大数据，对这些数据的分析和利用在一定程度上需要跨地区和国界的流通，这样才能发挥出数据的最大价值，这离不开政策的支持。在政策层面，海上风电以及分布式风电的发展还需要进一步细化的技术和安全标准才能做到平稳和可持续发展，同时风电的消纳也需要政策去引导。此外，风电的发展也需要消费端，包括企业用户和普通消费者在内，提高使用绿色能源和保护环境的意识。降低风电的成本是有个很有效的途径，政府的责任在于自身行动中能否贯彻绿色发展的理念，比如产业发展初期政府的补贴，以及后期政府能源采购中提高对绿色能源的使用比例起到引领示范作用。绿色发展只有内化成全社会的一致价值观，可再生能源才会带来更大的发展。

ⁱ 国际能源署《2017 世界能源展望》报告

ⁱⁱ 《人民日报》2018 年 7 月 2 日 <http://hlj.people.com.cn/n2/2018/0702/c369794-31764628.html>

ⁱⁱⁱ 国际可再生能源署《Renewable power: Climate-safe energy competes on cost alone》报告 2018

^{iv} 中国可再生能源学会风能专业委员会发布《中国风电产业地图 2017》