

编者按 目前，中国正处在工业化和城镇化进程中，能源需求持续增长，能源对外依存度高，环境治理压力大，大力发展分布式可再生能源和智能微网有利于缓解资源和环境的双重压力。鉴于此，中科院学部于2014年启动了“大力发展分布式可再生能源应用和智能微网”咨询研究，重点分析分布式可再生能源和微网系统在构建未来我国自主、自立、清洁、可持续发展的能源体系中的巨大潜力和重要作用，提出未来分布式可再生能源发展的预期目标和发展路线图，以及发展制度、政策和建设综合示范区与技术创新工程的建议。为让各级决策者、科技界及社会公众深入了解该领域的进展，本刊特围绕该主题出版“分布式可再生能源和智能微网”专题以飨读者。

大力发展分布式可再生能源应用和智能微网^{①*}



路甬祥

全国人大常委会 北京 100805

摘要 分布式可再生能源将能源的生产和消费结合在一起，直接向用户供能，剩余电能通过智能微网并入电网。分布式可再生能源系统便于实现冷、热、电等多种能源的互补利用，满足用户的多种能源需求，提高能源利用效率。未来二三十年，将是我国能源生产消费方式和能源结构调整变革的关键时期。文章着重讨论了分布式可再生能源和智能微网在能源结构调整和转变中的意义、作用和发展潜力；分析其技术发展状况和未来新技术发展的前景；探讨分布式可再生能源和智能微网技术与产业未来的发展模式、发展路线图以及对社会发展的影响；并结合目前存在的问题分析有利于发展分布式可再生能源的政策与保障措施，提出若干发展建议。

关键词 分布式，可再生能源，智能微网

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2016.02.001

人类社会正在逐步向以可再生能源为主的绿色低碳、可持续能源时代过渡。大力发展分布式可再生能源是能源革命的重要内容，对于推进我国能源结构转型，保障能源自主安全具有重要的战略意义。它将促进上万亿新兴产业发展，推动产业结构调整。分布式可再生能源有利于促进城乡新型能源体系发展，推进新型城镇化和新农村建设；有利于改善大

*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11日

^① 本文主要内容出自作者倡议并主持的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”。主要参加人员有：卢强、李静海、肖立业、周孝信、过增元、严陆光、徐建中、周远、程时杰、金红光、孔力、王斯成、吴创之、赵黛青、仲继寿、叶青、许洪华、祁和生、王成山、齐智平、王志峰、王文静和陈海生等

气质量，保护修复生态环境。它也是“一带一路”战略的重要内容，对推进实施“一带一路”具有重要意义。

可再生能源的利用有集中与分布两种方式。集中式是在资源丰富的地区建设大规模可再生能源生产基地，依靠长距离能源网络输送到负荷中心。而分布式则将可再生能源系统建在用户附近，一次能源以可再生能源为主，二次能源以分布在用户端的冷、热、电联产为主，将电力、热力、制冷同蓄能技术结合，满足用户多种需求，实现能源梯级利用。

分布式可再生能源技术包括太阳能光伏发电、太阳能热发电、太阳能热利用，以及风能、生物质能、地热能利用等。它将可再生能源的生产和消费结合在一起，生产的电力首先满足本地用户的需要，富余部分通过智能电网提供给邻近用户。它可将多种能源资源和用户需求进行优化整合，实现资源利用最大化。分布式可再生能源和智能微网系统在构建未来我国自主、自立、清洁、可持续发展的能源体系中有巨大潜力和重要作用。

1 分布式可再生能源发展现状与潜力

1.1 资源潜力

可再生能源具有清洁、自然再生、广域分布、能量密度低、间歇性等特点，从本质上具有明显的分布式能源的特征。

我国地域广阔，可再生能源资源总量巨大。陆地水平面平均太阳辐照度约为 175 瓦/平方米，高于全球平均水平，太阳总辐射资源“丰富区”及“很丰富区”以上占全国陆地面积的 96.3%，绝大部分地区适合利用太阳能。

我国陆地 50 米、70 米、100 米高度层年均风功率密度达 300 瓦/平方米以上的风能资源技术可开发量分别为 20 亿千瓦、26 亿千瓦和 34 亿千瓦，70 米高度层年平均风功率密度达到 200 瓦/平方米以上的风能资源技术可开发量为 36 亿千瓦。在水深不超过 50 米的近海海域，风电实际可装机容量约为 5 亿千瓦。总体上，我国风能资

源技术可开发量满足国家大规模开发风电的需要。

作为农业大国，我国生物质资源丰富，每年可作为能源利用的生物质资源折合约 6.7 亿吨标煤，其中农林废弃物约为 3.7 亿吨标煤，林业废弃物 0.8 亿吨标煤，工业废水 0.86 亿吨标煤，畜禽粪便约为 0.96 亿吨标煤。

对于分布式可再生能源利用而言，可利用的土地和建筑屋顶或墙面也是重要资源条件。预计 2020 年分布式建筑光伏最大可装机容量达 7.5 亿千瓦，2050 年达 10 亿千瓦。中国 12% 的国土面积为不能用于耕作的沙漠、戈壁和滩涂，总面积为 128 万平方公里，其中戈壁面积 57 万平方公里，有充足的土地资源发展太阳能发电。

1.2 技术水平与发展现状

目前主要可再生能源利用技术已趋成熟，成本快速下降。在可预见的将来，可再生能源的技术和经济性都将达到与常规能源相当的水平，在世界范围内可再生能源利用的快速发展已成为现实。

中国光伏技术研发水平不断提高，个别技术研究水平进入世界先进行列。我国单晶硅和多晶硅电池产业化生产的平均转化效率分别为 18.3% 和 17.1%，部分企业的高效光伏电池和组件技术达国际先进水平。国内光伏电池组件价格从 2007 年的 36 元/瓦下降至当前的 4.2 元/瓦，整体系统的价格也从 60 元/瓦降至 8 元/瓦。2014 年，我国太阳能光伏组件产量 35.6 吉瓦，约占全球总产量的 71%，居世界第一，中国光伏产业规模在世界上已形成绝对优势。

2014 年，全国风电新增装机容量 23916 兆瓦，至 2014 年底全国累计风电装机容量 115329 兆瓦。小型风电的发展与技术日臻完善，使用的领域逐渐扩大；目前用于分布式风力发电的主要是中小型风机，先后建设了若干中小风机为主的微网发电示范项目。近年来各地也开始了一些利用兆瓦级大风机的分布式风力发电和微网试验和示范。

我国太阳能中低温热利用产业完整，产品市场化程度高，2013 年太阳能集热器的总安装使用量达到 3.1 亿平

方米,年产量和安装量均居世界首位。除了供应民用热水外,在采暖、空调、纺织、印染、造纸、海水淡化等建筑和工业领域的太阳能中低温热利用也有很大市场潜力。在工农业领域以及生活用能领域,太阳能中高温热利用技术和太阳能制冷空调技术处于研发示范阶段,这些技术适用于广大中小城镇及农村冷热能源的应用,以及边远地区工农业热能的应用,发展前景广阔。

生物质能源分布式利用的主要途径是供热和供电。目前,我国的生物质能产业主要有沼气、生物质发电、燃料乙醇、生物柴油和成型颗粒。至2010年底,生物质发电装机约550万千瓦,沼气年利用量约130亿立方米,生物质固体成型燃料年利用量约为50万吨,非粮原料燃料乙醇年产量为20万吨,生物柴油年产量约为50万吨。

我国地热资源的利用已经形成以取暖、水产养殖、浴疗、农业和医药等直接利用方式和以发电为主的地热资源综合开发利用技术体系。随着地源热泵技术的发展,浅层地热能利用是目前中国地热能开发应用的主要方式。

太阳能与多种其他可再生能源的结合具有良好的互补性,可以提升能源密度,提高运行效率,可在一定程度上弥补单一可再生能源的间歇性和不稳定性缺陷。太阳能与常规化石能源发电系统互补,可以降低对太阳能高温集热、蓄热技术的依赖,是现阶段太阳能热发电规模利用的可行途径。太阳能与化石能源综合互补利用,可有效解决太阳能不稳定的问题,降低开发利用太阳能的技术和经济风险,提高利用效率。

太阳能与建筑结合是分布式可再生能源应用的重要方向。目前主要是太阳能热水器以及光伏发电与建筑的结合。我国拥有世界最大量的建筑,同时又是全世界最大的太阳能热水器和光伏发电组件生产国,太阳能与建筑结合及一体化,可充分利用建筑以及太阳能资源,降低成本,带动建材产业转型,具有规模发展的广阔前景。

1.3 发展潜力

本研究调研分析了若干分布式可再生能源与微网的实

施案例,包含单体建筑、工业厂区、居民社区,以及乡镇、县、工业园区甚至省市,既有农村,也有城市、海岛,显示了分布式可再生能源无论是在供应居民生活用能方面,还是在工业用热、用电方面的广泛适应性和可行性。

在北方农村地区,分布式可再生能源与农村节能建筑结合,可再生能源发电与供暖、热水结合,可有效解决一般北方农村农户日常用电、生活用热水和冬季家庭供暖需求,也可满足一般公共设施的用电、用热需求。但在生物质资源贫乏地区,农户炊事用能依然依靠燃煤或燃气。

中东部工业发达地区适合大规模推广分布式光伏发电。这些地区工业厂房多,可安装光伏的屋顶也多,而且发电-用电距离近,用电需求较大,光伏电力可就地充分消纳;中东部地区工业用电和商业用电的电价较高,光伏发电的经济性较好;一般性工业用电负荷特性与光伏发电特性比较相符。

对于中等用电强度工业地区,其大部分厂房适合建设屋顶光伏系统。据广东佛山三水工业园区估算,充分利用目前的屋顶可安装光伏系统300兆瓦,装机容量可达2015年最大用电负荷645兆瓦的46.5%。考虑到光伏发电利用小时数约为一般火电厂的1/3,工业厂房屋顶光伏发电大约能满足该地区最大用电负荷的15%—20%。

分布式可再生能源利用同地区能源需求、能源基础条件、建筑屋顶资源、零散空地的利用密切相关。推出区域性整体规划,将新型城镇化建设、“三旧”(旧城镇、旧厂房、旧村庄)改造等各类计划同分布式可再生能源建设结合起来,加强规划引导,统筹协调各种资源,这样的实践经验值得推广。

可再生能源能量密度相对比较低,无论是建筑用能还是工业用能,分布式可再生能源与节能技术结合尤为重要。在一些供热需求比较大的工业企业中,分布式可再生能源供热与热能梯级利用、余热回收再利用等技术结合,形成高效能源综合利用系统是降低能耗、提高经济效益和社会效益的有效途径。

2 技术选择与发展路线

近年来可再生能源技术发展迅速，但要实现与常规能源竞争，在能源消费结构中占据主要地位，无论在性能上还是成本控制上都还需要进一步发展。随着新理论、新材料、新技术的不断出现，未来10年可再生能源技术在若干领域将会有新的突破和进展，降低成本、提高材料、器件和系统能效，使分布式可再生能源技术获得更大创新发展空间和潜力。

2.1 技术选择

2.1.1 可再生能源发电与热利用技术

光伏技术方面，晶体硅电池、薄膜电池可能长期并存，微线矩阵电池、全光谱吸收电池等新型电池技术有望进一步提高光伏电池效率、减少材料用量、降低成本。风电技术方面，在较低的单机造价条件下实现系统安全性、可靠性以及适应性，并且在较宽风速范围、不稳定自然风况下可靠运行，技术挑战和发展潜力很大。分布式太阳能热发电方面，冬季向用户供热、夏季供冷以及全年提供卫生热水，通过能量梯级利用形成一体化多联供能源系统。生物质能利用方面，大中型沼气工程、秸秆燃料锅炉燃烧应用技术、小规模生物质气化及利用技术、生物质热解技术等我国与欧美日等国相比还有较大差距。

2.1.2 可再生能源-建筑集成一体化技术

分布式可再生能源在建筑用能中的技术创新重点在材料、构件、能源系统与节能建筑设计集成等。材料方面，将重点发展新型透光、光控、保温、储热等建筑材料，强化与建筑功能、材料、结构、美学设计相互结合。建筑构件方面，主要发展新型太阳能光伏/光热一体化建筑构件，包括被动式太阳能建筑在内的构件化、模组化建筑太阳能利用技术。能源系统与节能建筑方面，主要发展光伏/光热技术，实现冷热电及热水联供。太阳能建筑一体化技术与墙体节能、屋面保温隔热等建筑节能技术和能源智能管理有机结合，提高建筑综

合能效。

2.1.3 分布式可再生能源热利用与综合利用技术

面向工业供热和发电的太阳能锅炉技术可利用太阳能获得80℃—250℃的热能。风能热泵供热技术直接将风能转化为机械能，驱动压缩式热泵实现供热，在寒冷多风地区具有应用前景。太阳能和土壤热互补利用，既可利用太阳能提升地源热泵运行效率，又可通过地下埋管换热器把土壤作为补偿太阳能间歇性的储能措施。太阳能与生物质互补利用，可实现我国农村地区采暖期能源互补供热、发电，并提供生活热水。太阳能和化石燃料通过热互补和热化学互补，可实现太阳能重整甲烷-燃气蒸汽复合热发电系统、中低温太阳能驱动替代燃料裂解发电系统等新型系统，实现太阳热和替代燃料的共同高效利用。

2.1.4 分布式储能技术

分布式储能技术将有效提高可再生能源并网规模，并在未来智能电网中提供电网备用、电能质量调节等重要辅助服务。功率型储能提供数秒到数分钟的高功率支撑，能量型储能则提供数分钟到几小时的能量支撑，两者综合使用更具经济性。在热电联供系统中，储热设施成为一种有效的储能措施，通过供电、供热的交互作用，提高系统灵活性和综合能效。插电式电动车和混合动力车的大规模推广应用提供了一种新的分布式储能方案，通过大量车载电池的合理有序充放电、参与电网调节，使电网获得辅助调节设施。在含分布式发电、储能、可控负荷的特定配电网，借助先进控制、计量、通信技术可聚合形成“虚拟电厂”，实现优化协调运行。

2.1.5 智能微网技术

分布式电源往往处于电力系统管理的边缘，有可能造成电力系统不可控制和缺乏管理的局面，所产生的间歇性和波动性在没有补偿和控制管理的情况下可能引起安全性和稳定性问题，并对电网运行和电力交易造成冲击。用于集成多类型分布式电源和负荷以及储能单元的

微网技术,旨在实现中低压层面上分布式能源的灵活、高效应用,解决数量庞大、形式多样的分布式能源并网带来的各种问题,是实现各种分布式能源安全可靠接入电力系统的最具发展潜力的新技术。

多项微网技术示范已展示了其在分布式能源接入电网方面的作用与效果。未来微网、分布式能源、信息技术将进一步融合,主要包含3个方面:信息与计算嵌入微网能源、微网能源融入广域信息网络和基于信息的微网智能化。借助物联网、云计算、数据挖掘等新技术,灵活地整合、管理、调度分布式能源,实现基于微网的分布式供能的智能化。随着电力电子技术的进步,基于直流的新型供电方式也逐渐成为可能,多端直流系统、交-直流混合系统等将带来微网系统结构创新与突破。

微网的智能化和灵活的系统结构,将为分布式可再生能源安全可靠接入和配送、高效转换和利用、优化调节供需平衡等奠定坚实的基础,有效解决大规模分布式可再生能源的接入和消纳问题。

2.2 发展路线

目前,光伏发电已在少数地区和领域开始具备价格竞争力;到2020年,将在居民用电领域逐步具备价格竞争力;到2030年,光伏度电成本将逐步接近甚至低于传统能源发电上网电价。光伏发电中,分布式的比例大约占50%。

风力发电成本已低于油电与核电,接近煤电。未来15年中国风能仍将以年均新增装机15吉瓦—20吉瓦的速度发展,随着陆上风电开发的成熟,未来海上风电和分布式风能利用将快速增长。

太阳能热发电目前处于技术示范和商业化起步阶段,到2020年可承担调峰和中间电力负荷,2030年以后可承担基础电力负荷。

2015—2020年,生物质分散供热和天然气替代技术基本成熟。到2020年,生物质发电装机容量达3000万千瓦,固体成型燃料年利用量达5000万千瓦,沼气

达440亿立方米,生物乙醇达1000万吨,生物柴油达200万吨。

分布式可再生能源热利用与综合利用技术,2015—2020年,太阳能制冷/热泵、生物质供热等技术基本成熟,推广和拓展建筑领域以及工业领域太阳能热利用。2020—2030年,光伏与光热一体化、太阳能综合利用技术得到普遍应用。

3 发展目标与政策制度保障

3.1 发展目标

党的“十八大”确立了2020年在转变经济发展方式方面取得重大进展的方针,强调要推动能源生产和消费革命,未来二三十年,将是能源生产、消费方式和能源结构调整变革的关键时期。可再生能源将快速增长,到2020年占一次能源消费的比重达到15%—20%;2035年超过30%,形成天然气、石油、煤炭、核能和可再生能源为5大支柱的新格局;力争2050年清洁、可再生能源所占比重达到55%—65%,成为一次能源的主体。

随着分布式可再生能源技术、微网技术和储能技术的不断进步,分布式可再生发电装机在电力总装机中的占比将不断提高,到2050年有望达到约1/3,总装机量将超过20亿千瓦。

3.2 政策保障和制度创新

可再生能源正处在快速成长阶段,成长的动力是技术不断进步和市场快速发展。政策保障和制度创新对于促进其产业的发展十分重要,有利于克服目前所面临的一些体制、机制和观念上的障碍。

世界各国提出过一些不同的政策鼓励可再生能源的发展,包括配额制、招标制和固定上网电价等。在可再生能源发电技术研发处于成长期时,固定上网电价政策更为有利。配额制政策则在经济成本上更为有利,适合在可再生能源发电技术成熟的市场上采用。

不同的政策各有优缺点,应在不同的阶段及时总结,不断改进政策及制度设计,加强实施中的监管,持

续协调发展。

3.2.1 创新价格补贴机制

稳定的电价收入是电力企业投资的前提。当前电价补贴机制是促进分布式可再生能源产业规模化发展、提高效率、降低成本、提高竞争力的重要条件和工具，应当用好电价补贴机制，支持和引导企业不断创新、降低成本，逐步达到与常规电力平价。

成功的固定上网电价制度包括适当的上网电价和上网电价随发电成本调整的机制。就当前光伏成本和我国的资源条件，应形成有资源差别的电价制度。逐年降低电价补贴，实现2020年在用电侧平价上网，2025年在发电侧平价上网。

为了鼓励可再生能源发电的升级换代和创新应用模式，对于新型可再生能源利用形式，如BIPV（Building Integrated PV，光伏建筑一体化）、智能家庭、带储能的微电网等，可在初期给予更高的电价或额外的补贴，以鼓励投资者。

3.2.2 推进电力体制改革

目前中国电力消费属于垄断市场，不利于公平竞争和可再生能源电力的发展，尤其是在一些光伏和风力发电可以和常规电价竞争的地方，应逐渐引入电力市场价格竞争机制。

电力体制改革应打破电网企业的垄断经营，按照“十八大”市场起决定性作用的要求，发挥更加开放公平的市场作用，在末端电力市场开放的同时，开放含分布式能源的配电网的建设、运营和服务。

电力体制改革的内容应包括：创新发电计划管理方式；允许发电厂和用户之间直接制定电价进行交易；允许民营资本进入配电和售电领域；允许社会资本进入成立售电公司；促进分散屋顶、空地等资源得到更加合理的配置和利用；促进多种分布式发电经营模式的生长。

3.2.3 商业模式和投融资机制创新

分布式可再生能源项目规模小、商业模式复杂、不确定因素多，在寻求投融资上有其特殊的困难。分布

式能源的发展需要创新商业模式和投融资环境，构建完整的金融体系和渠道，包括：建立项目评级制度；建立完善的第三方评估和项目资产量化体系，为项目融资打下基础；建立“统借统还”和“组合信贷”融资平台；组建可承担较高风险的创业投资引导基金和产业投资基金，建立分布式电站风险投资机制；充分发挥多层次资本市场的作用，创新金融组织管理方式；开发分布式电站金融产品，探索项目证券化；进行项目债权融资、股权融资、租赁融资、购电协议融资等。

3.2.4 产业发展政策

加大对分布式可再生能源产业技术创新和升级改造的扶持力度，优先支持建设国家及省级工程中心、重点实验室、技术中心，提升研发水平。鼓励组建“产学研用”一体化协同创新平台。

在高新技术企业认定、企业所得税减征、研发费用的加计扣除和成本摊销、固定资产加速折旧等方面，对分布式可再生能源企业给与更多的优惠和支持。

严格落实“有保有压”的信贷政策，支持企业做大做强；防止落后产能项目盲目扩张建设，对不符合国家产业政策的项目不予信贷支持。推动金融保险机构与生产制造企业、项目开发商的互利合作，完善相关服务体系，提高企业竞争力，促进我国可再生能源企业国际化发展。

3.2.5 创新财税政策

当前国家通过在电价中征收附加费的方法来筹集对可再生能源发电的补贴资金，每度电征收1.5分，每年大约能征集400亿元。这个办法简单易行，但却不尽合理，因其并未直接抑制二氧化碳的排放。

而碳税是以减少二氧化碳排放为目的，是对化石燃料按照其碳含量或碳排放量征收的一种税。碳税有利于推动消耗化石燃料产生的外部负效应内部化，通过增加能源的使用成本达到减少能源消耗的目的，是促进我国节能减排和建立环境友好型社会的有效经济手段之一。

征收碳税按照“谁排放，谁缴税”的原则，既可以

抑制碳排放，又可以形成支持可再生能源的良性机制，更加公平。征收碳税符合国际上“可测量、可报告、可核实”的原则，提升中国负责任大国的形象。

4 结束语

我国应制定更加积极的能源转型战略，制定减少煤炭消耗、降低化石能源比重的行动计划，制定和实施科技与产业创新促进太阳能发展、分布式能源与城镇化、太阳能与智慧能源社区计划等，大力发展分布式可再生能源，全面加速我国能源转型，构建未来我国自主、自立、清洁、可持续发展的能源体系。

我国应以承办 2022 年冬季奥运会为契机，建设可再生能源应用综合创新示范区，建立可再生能源发展的综合改革体系，探索可再生能源“技术-经济-政策-法规”综合发展模式，有力促进我国太阳能、风能、储能、智能电网等技术进步和产业发展，促进京津冀城市群绿色、生态能源体系建设。

城镇化是我国社会转型与变革的必然发展趋势，是未来相当长一段时期我国社会经济发展和重要内容。城镇化既带来了能源利用方式变化、能源消费增加等挑战，也提供了在未来广大中小城镇重构能源体系、调整能源结构的机遇。我国应将中小城镇绿色能源体系建设纳入国家能源发展战略，将分布式可再生能源的发展纳入我国城镇化建设发展中的能源供应体系规划和建设，统筹各种资源、持之以恒、持续发展。

发展可再生能源、建立绿色高效可持续的能源体系是能源革命的主要内容。国家有关部门应将可再生能源转换与利用长期纳入科技创新计划，加强创新，长期持续支持超大型风机、高效低成本光伏发电和光热转换利用技术、高效新型储能技术、智能微网技术等关键核心技术的发展，支持建立若干可再生能源国家级示范工程，抢占可再生能源领域技术制高点，以实现能源技术革命。

可再生能源正处在快速成长阶段，成长的动力是技术不断进步和市场快速发展。政策保障和制度创新对于促进其产业发展十分重要，有利于克服目前面临着一些体制、机制和观念上的障碍，促进其技术不断发展、产业规模不断扩大、成本不断下降。应加强对分布式可再生能源与智能微网发展的政策支持，创新价格补贴机制、推进电力体制改革，打破市场的垄断、创新商业模式和投融资机制、创新财税政策，从产业政策等方面支持分布式可再生能源技术和产业更快更好地发展。

参考文献

- 1 路甬祥. 清洁, 可再生能源利用的回顾与展望. 科技导报, 2014, 32 (28/29): 15-26.
- 2 World Energy Council. World energy perspective: energy efficiency technologies-overview report. [2016-1-10]. <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2014/03/World-Energy-Perspectives-Energy-Efficiency-Technologies-Overview-report.pdf>.
- 3 中国工程院. 中国能源中长期 (2030、2050) 发展战略研究报告. 2011.
- 4 国家能源局. 可再生能源发展“十二五”规划. 2012-08-06.
- 5 国家能源局. 生物质能发展“十二五”规划. 2012-07-24.
- 6 《世界能源中国展望》课题组. 世界能源中国展望 (2013—2014). 北京: 社会科学文献出版社, 2014.
- 7 国务院. 能源发展“十二五”规划. 2013-01-01.
- 8 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. 2014.
- 9 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. 2014.
- 10 简文静, 刘志明, 王婉丽, 等. 中国地热资源及其潜力评估. 中国地质, 2013, 40 (1): 312-320.

Promote the Development of Distributed Renewable Energy Application and Smart Micro Grid

Lu Yongxiang

(The Standing Committee of National People's Congress, Beijing 100805, China)

Abstract Energy is the foundation for human existence, life, and social civilization. Each revolution of energy technology promotes and marks the progress in human survival and development way and the social civilization. The next twenty or thirty years will be the key period of changes for energy production and consumption patterns and energy structure adjustment. People will be committed to building a sustainable energy system with a low carbon, high efficiency and intelligence, and diverse sharing. Human beings are gradually transiting to the green low-carbon and sustainable energy era focusing on renewable energy. The utilization of renewable energy is made in two ways, concentrated and distributed. In the centralized way, a large-scale renewable energy production base is constructed in a region with rich resources, and by relying on the long-distance energy network, it is transmitted to the load center. In the distributed way, the renewable energy system is constructed in the vicinity of the user, the primary energy is mainly based on renewable energy, the secondary energy is mainly based on the trigeneration distributed at the user, and electric power, heating power, and cooling combine with energy storage technology to meet the needs of users and to achieve energy cascade utilization. The development of distributed renewable energy is an important part of the energy revolution, which has an important strategic significance for promoting the transformation of China's energy structure, and protecting the energy independence and security. It will promote the development of new industries worth of trillion yuan, and facilitate the adjustment of industrial structure. Distributed renewable energy is conducive to promoting the development of urban and rural new energy system, and advancing the new urbanization and new rural construction; it is conducive to improving the quality of the atmosphere, protecting and recovering the ecological environment. It is also an important part of the strategy of "One Belt and One Road", having important significance to the implementation of "One Belt and One Road". The distributed renewable energy technology includes solar photovoltaic, solar thermal power, solar thermal utilization, wind energy, biomass energy, geothermal energy utilization, etc. It combines the production and consumption of renewable energy, generated electricity first meets the needs of the local users, and the surplus is provided to the neighboring users through the smart grid. It can optimize the integration of a variety of energy resources and user needs to achieve the maximization of resource utilization. The distributed renewable energy and intelligent micro grid system has great potential and important role in building the independent, self-supporting, clean and sustainable energy system of China in future. In this paper, the renewable energy resources will be investigated. The technologies used for developing distributed renewable energy and smart grid, and the innovation in the future will be analyzed. The potential and the patterns for the industrial development will be discussed. And some suggestions on supporting policy to promote the development and application of distributed renewable energy and smart grid will be proposed in the end.

Keywords distributed energy, renewable energy, smart micro grid

路甬祥 中科院院士、工程院院士，曾任中科院院长、第十届及第十一届全国人大常委会副委员长。E-mail: hanlinhong@263.net

Lu Yongxiang Professor, Academician of Chinese Academy of Sciences and Chinese Academy of Engineering. Former President of Chinese Academy of Sciences, Vice Chairman of the Standing Committee of the Tenth and Eleventh National People's Congress. E-mail: hanlinhong@263.net