

国内外光伏发电的发展现状和亟待解决的问题

访国网能源研究院副院长蒋莉萍

■ 崔 岩/本刊记者



蒋莉萍 高级工程师
国网能源研究院副院长

光伏发电对于保障能源安全、发展经济和应对气候变化具有重要意义，已经成为建设“美丽中国”和打造中国经济“升级版”的重要组成部分。

当前，实现能源绿色转换，大力提高光伏发电等可再生能源比例，是世界各国能源战略调整的共同选择；在实现大比例接纳可再生能源发电的同时确保电力系统安全稳定运行并控制成本，是全球电力发展的共同难题。分布式光伏发电是绿色、可再生能源发电中的重要组成部分，是解决世界各国环境问题、实现能源变革的有力推手，也是实现普通人的“能源梦”，体现“平等参与、自由分享”的现代社会文明和互联网理念的重要能源形式。要满足电力系统运行管理的技术要求，这是分布式光伏发电实现健康有序发展的“必修课”，也是让分布式光伏发电真正成为“小而美”的新兴能源供应方式、成为未来主力电源的重要前提。

我国高度重视和大力支持光伏发电发展。2014年以来，针对光伏电站与配套电网建设不同步、项目管理不规范、标准和质量管理薄弱，以及分布式光伏发电项目电费结算、发票出具和增值税减免等问题，国家发改委、财政部、能源局和税务总局等先后下发文件10余项，约20个省政府及地市级地方政府出台了地方性支持政策，国家的政策导向表明了政府鼓励发展光伏产业、特别是发展分布式光伏发电的姿态。但从2014年光伏发电发展情况来看，据国家能源局发布的数据显示，截至2014年9月底，全国光伏电站和分布式光伏发电的累计并网容量分别为1 877 万kW和444万kW，各新增245万kW和134万kW，新增规模远低于预期的1 400万kW，甚至可能低于2013年的规模，其中分布式光伏发电预计全年新增规模400万kW，也远低于预期目标的800万kW。分布式光伏发电新增规模大幅低于预期，反映出相关政策、商业模式、行业标准和技术水平等诸多方面的不合理与不完善。为了更深入地了解当前国内外光伏发电的发展现状和亟待解决的问题，本刊邀请了国网能源研究院副院长蒋莉萍女士，请她就以上问题予以解答。

德国分布式光伏发电的发展经验

电气应用：从整体来看，目前我国分布式电源并网管理水平已处于世界前列，但在政策体系、管理机制及技术层面上仍需进一步优化。德国是全球分布式电源发展的典范，尤其是在发展用户侧光伏发电系统方面积累了丰富的经验。请您详细介绍一下德国分布式光伏发电的一些成功经验。

蒋莉萍：德国光照资源条件并不好，平均年有效利用小时数仅为800 h左右。受到土地资源、电网结构等方面的限制，以及基于存量优化的现实基础条件，德国光伏发电以分布式开发为主。1991年制定的《电力入网法》从法律制度层面正式确立了可再生能源在发电市场的法律地位，经过20多年的逐步发展，截至2013年12月底，德国光伏发电总装机容量达到3 660万kW，其中约80%的项目为屋顶光伏发电系统。

经验一：客观、科学及可操作的立法理念。

德国于2000年颁布《可再生能源法》（Erneubare Energie Gesetz, EEG），并在2004年、2008年、2012年和2014年根据可再生能源发电市场的实际发展情况进行了四次修订，体现了德国人讲究科学性和可操作性的立法和管理理念。其中，两大基本原则尤其值得我们关注：一是强调经济效率和重视社会公平，要求可再生能源发展要考虑全社会的经济成本投入，并确保各方公平性，保证能源市场的公平竞争；二是将中长期发展目标与年度发展计划有效衔接，利用“灵活的电价调整机制”引导分布式电源有序发展。在2020年可再生能源发电量占电力总消费量35%的总体目标框架下，确定了2020年前后光伏发电总装机达到5 200万kW的中长期发展目标，并倒推出2015~2020年间年度新增240~260万kW的计划，保持光伏发电市场的均衡、有序发展。德国光伏上网电价水平的调整也是围绕实现年度计划并考虑成本变化来确定和调整的。

经验二：分类、便捷的项目管理要求。

德国分布式光伏发电项目管理将项目分为小于5 kW、5~50 kW和50~5 MW三类，采用分类管理的思路。不同分类的项目管理流程和要求不同，容量越小，流程越简单，手续越简化。对于小于5 kW的居民用户光伏发电项目，项目业主不需要向地方政府进行环评、审批等手续，只需办理简单的法人注册流程，就可直接向电网企业提出项目申请，降低了项目费用，加快了项目建成投产。根据PV Legal完成的行业调查，对于小型居民用户光伏发电系统，平均的处理流程为七周左

右。项目并网投产后，经过电网企业和政府部门核定，即可享受可再生能源基金的电价补贴。

经验三：明确、严格的并网技术标准。

德国先后制定发布了《中压配电网并网技术标准》（1~60 kV）、《低压配电网并网技术标准》（1 kV及以下），分别提出接入中、低压配电网的分布式电源并网技术标准。技术标准非常明确和严格，各项指标均有详细规定，譬如规定了孤岛保护、短路电流等方面的详细技术要求，针对不同装机容量光伏系统提出了详细的调度方式规定，明确了详细的并网调试程序和内容。这有利于电网企业和分布式电源项目业主在前期规划和设计过程中有据可依，遵循并网技术标准的具体要求进行项目建设，实现分布式电源的快速并网，确保电网的安全稳定运行。

经验四：合理、有针对性的发展政策。

1) 差异性、逐年递减的固定上网电价。德国根据光伏发电的安装地点、装机容量和技术类型，采用差异性、逐年递减的固定上网电价。一方面，差异性上网电价可保证发电企业能够享受适当利润而积极参与光伏发电开发建设，同时确保能源市场的公平竞争，促进可再生能源的多元化发展；另一方面，逐年递减上网电价有利于促进技术进步，降低发电成本，并激励新建项目尽快投产；此外，采用全国统一的上网电价有利于节省管理成本，仍然体现全社会经济效率的原则。

2) 简单高效的自发自用、三量双价制。德国明确规定自发自用仅限小于500 kW的分布式光伏发电，对于自发自用系统，采用三量双价制、自用电量额外补贴的政策。三量计量就是指分别计量光伏系统发电量、上网电量和下网电量；双价制就是指上、下网电量按照各自价格独立结算，即上网电量按照确定的价格由电网企业统一收购，价格超出常规电源上网电价的部分在全国范围内分摊，而用户用电量则按照常规销售电价向电网企业支付电费。2013年5月1日起，德国开始对户用小型光伏发电系统配置储能设备提供财政补贴。这些政策实际上是鼓励用户合理确定项目装机容量，或配置储能装置，尽量减少用户余电上网，延缓或降低电网改造费用的投入，可以理解为将配电网改造投入补贴给积极自发自用的用户，体现了从全社会经济成本考虑的原则。

3) 立足于电力系统整体，考量分布式电源发展的经济性。分布式电源作为电力系统的组成部分，其并网和运行方式的确定不仅要考虑分布式电源自身的经济性，还要立足于电力系统整体经济性最优。EEG规定在技术

可行的条件下，要求电网企业以“经济的方式”对配套电网进行升级改造，以满足光伏发电等可再生能源发电的并网需求。联邦法院将“经济的方式”定义为：如果配套电网改造投资超过了发电项目本体投资额的25%，则认为是不经济的，电网企业可拒绝该项目的并网申请。此外，EEG强调“谁受益、谁掏钱”原则，体现社会公平。EEG认为发展分布式电源有利于全社会，增加的成本应由全体用户承担，因此可再生能源补贴、电网改造成本和系统备用容量费用均由全体用户分摊。

经验五：重视电网的作用和系统运行管理的客观需求。

值得注意的是，随着大量分布式电源的接入，上网电量不断增加，配电网双向潮流日益增多，目前德国配电网的安全运行已经面临越来越大的压力，因此，EEG通过推行自用电量补贴政策，鼓励用户合理确定装机容量或增加储能装置，减少上网电量，同时德国也在加大配电网投资改造，支撑分布式电源接入。此外，光伏发电等波动性电源的快速增长引起调峰容量需求的显著增长，原因是夜间用电高峰时期光伏不能发电，以及受到日本福岛核事故影响，大量作为基荷的核电退出运行，要求大容量远距离输送电力，实现跨区大电网范围内的互为支撑。为此，德国将加强国内以及与邻国的大容量远距离输电通道建设，初步预计，到2024年，德国需要新建2 100 km直流线路和1 500 km的交流线路，并对4 900 km的现有交流线路进行优化加强，预计总投资约220亿欧元，用于加强德国西部和东部输电走廊以及德国和北欧水电的联网，凸显出大电网对分布式电源的支撑作用。

相关启示和建议

电气应用：德国在分布式光伏发电领域的成功经验可为促进我国分布式电源快速健康发展提供借鉴。针对目前我国分布式光伏发电的发展现状，德国的相关经验可为我们提供哪些启示？

蒋莉萍：注重可再生能源发展的系统性，强调立法和政策的科学性和可操作性，这是德国经验对我们最有借鉴意义的地方，也是我国可再生能源发展到今天的深切体会。因为第三次能源变革的特点跟前两次非常不同，这次的能源变革是外力驱动、基于生态保护、气候变化和能源可持续供应的变革，是一次“被动式”的变革，技术依赖、电为中心是这次变革的重要特征。因为光伏等可再生能源的资源特性及其发电利用固有的出力特性给其开发利用带来了制约，使得其在大规模、低成本的储能技术实现商业化利用之前，无法像前两次能源变革的主角（煤炭、

石油和天然气）一样形成使用便捷、成本可承受乃至可自成体系的开发利用系统。所以，可再生能源的阶段性发展目标必须根据国家能源结构调整的总体目标来予以确定，同时必须加强可再生能源发展与电网和其他电源的协调发展，这是在规划制定及实施层面必须高度重视的问题。一旦发展的总体目标确定后，在具体实施过程及操作层面上，还要注意以下几个方面的问题。

一是要结合规划发展目标确定年度发展计划，并注意经济激励政策之间的相互衔接，引导分布式电源有序发展。可借鉴德国经验，把国家确定的可再生能源发展阶段性目标，按照均衡发展原则确定期间的年度发展规模，并建立年度发展规模与可支出补贴总额相互联动的协调机制，避免出现补贴拖欠、支付不及时等问题。同时建立度电补贴政策动态调整机制，根据光伏发电成本变化情况，动态调整度电补贴标准，激励技术进步和效率提高，引导产业通过技术创新提升竞争力，降低社会及消费者负担。

二是加快建立适应分布式电源的项目全过程管理机制，推动分布式电源的专业化发展。目前，我国电网企业针对分布式电源特性，按照优化并网管理流程、简化并网服务手续和提高并网服务效率的原则，出台了并网运行管理阶段的服务意见，取得了各方积极评价。但从全过程管理现状来看，仍存在一些不适应分布式电源发展的管理障碍。建议建立并完善分布式电源项目设计、施工、电网接入、竣工验收和运行管理等全过程的技术标准规范，建立与国际接轨的产品标准和质量监管体系，严格产品检测认证制度，保障电网安全运行和可靠供电。当前重点完善光伏产品市场准入管理，对光伏电池、逆变器等关键设备建立检测认证制度。

三是要高度重视并加快推进智能电网建设，满足分布式电源快速发展的需要。分布式电源接入将对智能配电网运行以及大电网调峰能力提出重大挑战。分布式电源上网电量引起配电网双向潮流，对配电网规划、运行和保护产生诸多不利影响，需要加快智能配电网建设，满足高渗透率分布式电源接入需求。同时，由于光伏在夜间用电高峰时期不能发电，随着光伏发电装机容量的快速增长，电网调峰需求也将日益增加，这就要求建设大容量远距离输电通道，以大电网为依托，为我国分布式电源的发展提供坚强的保障。

三大问题和三大关系

电气应用：目前，国家有关部门正在加紧制定推动

光伏产业科学发展的支持政策和管理办法，透露出的信息也受到各方广泛关注和热烈讨论。当前，我国分布式光伏发电发展面临的最关键、最重要的问题是什么？应采取怎样的解决措施？

蒋莉萍：光伏发电对于保障能源安全、发展经济和应对气候变化具有重要意义，已经成为建设“美丽中国”和打造中国经济“升级版”的重要组成部分。借鉴国外的成功发展经验，结合我国实际情况，我院研究团队开展了系统深入的研究，认为我国光伏发电市场、特别是分布式光伏发电的发展应重点关注三大关键问题和处理好三大重要关系。

1. 三大关键问题

首先是建立全面系统科学的政策体系，引导分布式光伏发电有序发展。分布式光伏发电政策体系设计时，要根据项目容量、类型、电量类型（自用电量或余上网电量）和投产时间等科学确定不同的电价机制，作为引导分布式光伏发电有序发展的有利抓手。德国光伏发电装机容量连续八年居世界第一位，有赖于“差异性、逐年递减的上网电价”和“自用电量补贴”为核心的政策体系。其中，最有特色的就是通过多种方式鼓励用户自发自用，体现分布式光伏发电“就地消纳”的核心特征。2009年开始对自用电量进行额外补贴，自用电量比例越大，补贴水平越高。之后，从2013年开始对小型光伏发电配置储能设备提供财政补贴和金融支持。

其次是优化分布式光伏发电全过程管理，规范分布式光伏发电发展。在规划管理方面，国外着眼于保证电力系统整体经济性，积极引导分布式光伏发电优化布局。美国要求项目业主承担电网改造成本，从而可引导项目业主在现有规模较小地区（电网改造成本通常较小）开发建设。在立项和并网管理方面，国外根据项目类型和装机容量实行分类管理，简化项目管理的流程和要求。德国对小于5 kW的居民项目，取消环境影响评价等审批过程，加快并网。在运行管理方面，强化分布式光伏发电运行管理。2012年以前，德国仅对100 kW以上的光伏发电项目进行监控管理。根据《可再生能源法2012》，2012年1月1日后投产的小于100 kW的项目也被纳入监控范围。对不同装机容量的光伏发电机组，采用差异化的运行管理要求。

最后是实行严格的并网技术标准，保障公共电网运行安全。随着分布式光伏发电规模扩大，电网运行安全面临挑战。为保障公共电网安全，各国均出台了分布式电源并网技术标准，严格规范各项并网技术要求，并适时修

订。德国近年来相继更新了发电系统接入中、低压电网的认证标准。相较之前的版本，新标准要求更为严格。

2. 三大重要关系

首先是发展规模与社会承受能力的关系。分布式光伏发电利用成本最终将由全社会进行分摊，对整个经济社会都会产生影响。随着未来分布式光伏发电规模的增大，势将增大可再生能源基金规模，进而需要上调电价附加，从而降低我国工业制造业国际竞争力。据初步测算，2015年分布式光伏发电发展规模每增加1 000万kW，将增加每度电电价附加0.5~1.5厘钱。因此，分布式光伏发电发展目标的确定不仅要从光伏行业发展、节能减排等需求出发，还要充分考虑国家的财政支付能力和终端用户的电价承受能力，权衡光伏行业和其他工业制造业的发展。

其次是发展速度与发展质量的关系。分布式光伏等可再生能源发电是一种本体成本相对较高、出力特性不够理想的新型能源开发利用技术和能源电力行业的新成员，其健康发展有赖于激励政策、管理规范和技术标准的不断完善，有赖于与其他能源及发电技术的优势互补和统筹协调，需要在发展过程中进行不断的实践探索和经验积累。我们看到，在这些方面，电力能源供应能力已进入饱和、市场化已相对成熟的德国等先驱国家也还在不断优化完善和反复调适的过程中。对于尚处于电力能源供应能力扩展期、能源结构调整期以及市场化探索期这样一个“三期叠加”的中国电力能源行业而言，更要注重光伏发电发展速度和发展质量的有机协调。

最后是发展模式和管理机制的关系。分布式光伏发电发展模式和管理机制应注重协调统一，并紧密结合光伏发电市场发展需要，建立适应新形势下的分布式光伏发电发展模式和管理机制。过去，我国分布式光伏发电处于发展初期，市场规模不大，为快速启动国内市场、加快项目立项管理进程，要求分布式光伏发电项目采用集中连片的发展模式。但是，集中连片的发展模式存在屋顶资源日趋稀缺、对电网安全运行和可靠供电影响较大的问题，难以支撑分布式光伏发电的快速、可持续发展。随着市场规模的逐渐增大，以及“简政放权”的实施，分布式光伏发电更适宜采用分散开发的方式，其更为符合分布式光伏发电的特点。从德国的发展情况就能看出，德国大多数光伏发电项目小于100 kW，由此才能引入更多业主投资建设分布式光伏发电，推动分布式光伏发电的快速发展。EA