



分布式光伏发展形势及发电模式探究

中国大唐集团新能源科学技术研究院有限公司 ■ 李芮

摘要: 分析了我国分布式光伏的发展现状与前景,以及其所面临的挑战,并指出探究新的发电模式和商业模式是保持分布式光伏持续发展的必经之路。

关键词: 分布式光伏;发电模式;储能;峰谷电价;新能源汽车充电

0 引言

可再生能源作为发展清洁低碳能源的主攻方向,已成为引领能源产业变革、实现创新驱动发展的源动力。截至2017年,我国可再生能源消费占比达11.7%,已超过全球可再生能源发展水平。在诸多可再生能源中,光伏发电作为一种重要的利用方式,近年来在国内得到了大力发展^[1]。其中,分布式光伏发电系统作为一种新型环保电源,能充分利用民宅、厂房、楼宇等相对分散的场地进行安装,相较于集中式光伏发电系统,其具有发电模块设计灵活、可就地消纳、投资回收期短等特点^[2]。目前,由于集中式光伏发电系统存在土地供应紧张、远距离输送能力有限、弃光限电现象突显的问题,为有效解决规模化集中并网光伏发电系统与用户负载之间存在的不对称、不平衡现象,加大分布式光伏发电系统的发展力度意义深远。

1 分布式光伏的发展现状及前景

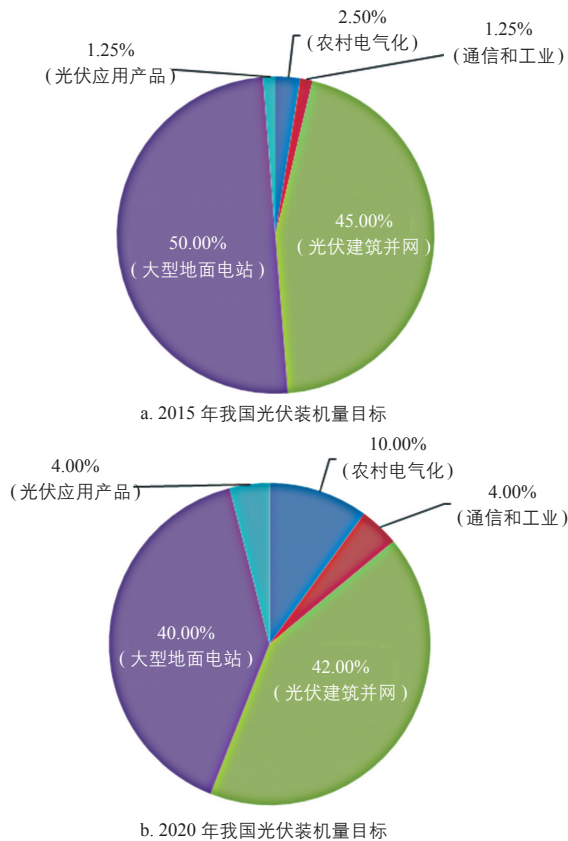
自2008年大型光伏电站特许权招标政策在我

国开始实施,一直到2011年光伏电站上网优惠电价政策的出台^[3],这些政策为我国在光资源充足、建设面积约束性小的西部地区建造规模化大型地面光伏电站提供了有利支撑,从而也确立了大规模光伏电站在光伏市场中的主体地位。分布式光伏主要是在我国东部地区逐步发展起来的,其真正的规模化应用则是从2009年“金太阳示范工程”和“光电建筑应用”的实施开始^[4]。经过连续5年的发展,截至2014年底,我国分布式光伏发电系统(包括离网光伏)的累计装机量为5 GW,仅占全国光伏发电系统累计装机量的17.62%^[4]。

随着西部地区土地资源日趋紧张,用电负荷低、消纳能力差导致弃光限电问题凸显,再加上光伏发电具有波动性,不利于大规模输送,因此,国家能源局于2013年调整了光伏发展战略,着力发展分布式光伏,提出“到2020年分布式光伏装机量达100 GW,装机量占比达56%”的目标,预计将超过大型地面光伏电站^[5-6]。图1为2015年与2020年我国光伏装机量对比图。

收稿日期:2018-11-12

通信作者:李芮(1987—),女,硕士、工程师,主要从事光伏政策研究、光伏电站优化设计与运行提效等方面的研究。lirui@cdt-reri.com



注：分布式光伏包括农村电气化、通信和工业及光伏建筑并网3类（其中2015年合计占比为48.75%，2020年合计占比为56%）

图1 2015年与2020年我国光伏装机量目标对比图

2 分布式光伏发展面临的挑战

随着国内可再生能源产业的快速发展，其发电量占比不断提升，与此同时，可再生能源电价补贴资金的需求量也在迅猛增长。截至2017年底，可再生能源发电补贴缺口累计达到1127亿元，其中，光伏补贴缺口为455亿元（占比约为40%），且呈逐年扩大趋势^[7]。

2016年底，国内各类“十三五”发展规划相继颁布，其中，《能源发展“十三五”规划》《电力发展“十三五”规划》《可再生能源发展“十三五”规划》《太阳能发展“十三五”规划》明确指出要进一步降低光伏发电成本、实现平价上网，并推出了补贴退坡计划。这表明降低发电成本、减少补贴依赖已成为光伏行业发展的方向，实现平价上网已是大势所趋。但在实际操作过程中，光伏发电补贴退坡直至完全退出市场还面临一系列

问题和诸多挑战。从以往经验来看，光伏发电成本变化和电价调整之间普遍存在电价水平降低滞后于成本下降的情况，因此，预计到2020年光伏项目电价才可能与电网销售电价相当。

2018年5月，国家发展和改革委员会、财政部、国家能源局发布的《关于2018年光伏发电有关事项的通知》（发改能源〔2018〕823号）中提出：2018年6月1日及以后新投运的采用“自发自用、余电上网”模式的分布式光伏发电项目，全电量补贴标准调整为0.32元/kWh（含税）^[8]。与2017年年底的政策相比，调整后的价格又降低了0.05元。同时，由于煤电电价持续低位，全额上网型工商业分布式光伏项目的经济收益也将进一步降低。

目前全国分布式光伏发电系统的成本平均约为5元/W，具体造价情况如表1所示。补贴下降至0.32元/kWh后，若想保持原有收益率，系统造价成本要下降0.191元/W；若要实现平价上网，则系统造价成本需要下降1.3元/W左右，也就是要达到3.7元/W的水平。这意味着光伏组件、逆变器、BOS的价格需分别下降0.8、0.1、0.4元/W左右^[9]。

表1 分布式光伏发电系统造价明细表

项目	造价 ¹ /元·W ⁻¹	造价 ² /元·W ⁻¹
光伏组件	2.50	1.70
支架	0.25	0.25
汇流箱	0.04	0.04
逆变器	0.30	0.20
箱变	0.18	0.18
电缆	0.48	0.48
开关站一次设备	0.20	0.20
开关站二次系统	0.22	0.22
接地、防雷及其他	0.12	0.12
土建	0.06	0.06
外线	0.10	0.10
BOS	0.55	0.15
合计	5.00	3.70

注：造价¹是指常规分布式光伏发电系统的造价；造价²是指若要实现平价上网，分布式光伏发电系统的造价

与此同时，光伏发电的发展重点从扩大规模转变为提质增效、推进技术进步，严格控制发



展规模也成为国家推动行业有序发展、高质量发展的重要手段。在《关于 2018 年光伏发电有关事项的通知》中,要求分布式光伏发电项目也要纳入国家认可的规模管理范围内,其中明确表明“2018 年安排 1000 万 kW 左右规模用于支持分布式光伏项目建设”。值得注意的是,仅 2018 年第一季度,分布式光伏新增装机量就已达到 769 万 kW,1000 万 kW 的指标已用近八成。截至目前,至于 2019 年的分布式光伏规模指标是多少,目前还是未知数。

3 分布式光伏未来发展模式探究

面对补贴退坡、严控规模的行业现状,探索发展路径、创新发展模式已成为分布式光伏未来发展的关键所在。

依照国家规定,目前只有 4 种形式的光伏发电项目不受指标限制:1) 小于 50 kW 的户用光伏;2) 小于 6 MW 且上网电量不超过 50% 的分布式光伏电站;3) 大于 6 MW、小于 20 MW 且全部自用的分布式光伏电站;4) 参与电力市场化交易的项目。由此可见,对于“踩下刹车”的分布式光伏规模指标而言,未来分布式光伏具有装机量小、“自发自用”比例高的特点,而且能够参与市场交易的分布式光伏发电系统的竞争力将大幅提高。

近年来,除户用系统外,多数分布式光伏发电系统均建在有一定用电负荷的工商业园区内,通常利用工业厂房屋顶或园区内的空地搭建,装机量从 kW 级到 MW 级不等。但由于光伏发电系统夜间不能发电,且其随气候变化的波动性较强,因此,其不能保障持续可靠的电力输出^[10]。若为分布式光伏发电系统配备一定容量的储能,不仅可在夜间为园区提供电能,减少从外部电网购电的比例,还能减少白天光伏发电系统的波动问题,可根据用电负荷实际情况进行削峰填谷,提高“自发自用”电量的比例,提高项目投资收

益率^[10]。图 2、图 3 分别为加入储能前、后负荷的需求容量及负荷的缺电率对此情况。

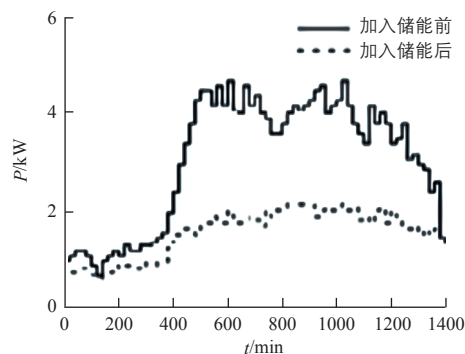


图 2 加入储能前、后负荷的需求容量对比情况

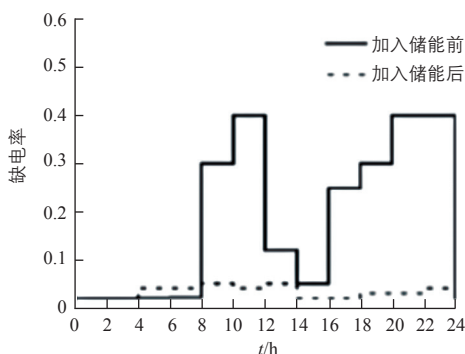


图 3 加入储能前、后负荷的缺电率对比情况

此外,利用太阳能的热效应,增加集热、换热和储热系统,实现光伏发电、供热一体化,也是提高项目投资收益的有效途径。

在配备储能设备的分布式光伏发电系统中,若光伏发电系统的发电能力大于所需的用电负荷,也可积极参与市场化交易,利用峰谷电价差进行盈利。表 2 为各类资源区电价表,由表 2 可知,在光伏时段电价中,Ⅲ类资源区的企业日常用电成本最高,一般工商业用电价格为 0.8739 元/kWh,大工业用电价格为 0.7572 元/kWh;Ⅱ类资源区的一般工商业峰谷电价差最高,为 0.7070 元/kWh,Ⅲ类资源区的大工业峰谷电价差最高,为 0.6385 元/kWh。由于一般工商业的用电价格较高,故采用此类峰谷电价更适合套利。经测算,目前增加储能的光伏发电系统所投入的运营成本正在以每年 15% 的速度下降^[11-13]。因此,高效率、低成本的储能将是未来分布式光伏实现平价上网的重大推动因素。

表 2 各类资源区电价表

(单位: 元 /kWh)

用电性质	I类资源区		II类资源区		III类资源区	
	峰谷电价差	光伏时段电价	峰谷电价差	光伏时段电价	峰谷电价差	光伏时段电价
一般工商业	0.6737	0.8147	0.7070	0.8472	0.6668	0.8739
大工业	0.4421	0.5025	0.4991	0.6465	0.6385	0.7572

此外,可考虑在工商业园区内配备一定数量的直流和交流充、换电桩,搭建光伏电动汽车充、换电站,如图 4 所示。系统可采取“自发自用,余电上网”的分布式光伏并网模式,白天光伏所发电力直接通过直流充电桩给电动汽车充电,无需换流器变换;当用电负荷较低时,多余电量可

供给储能电池组,也可经双向换流器并网送出。夜间充电时,主要由电网供电。同时,储能电池组可在连续阴雨天、电网断电时供电。这种模式不仅能够实现能源的高效利用,还可以为分布式光伏发电项目增加充电电费、服务费和停车费等收入^[14-15]。

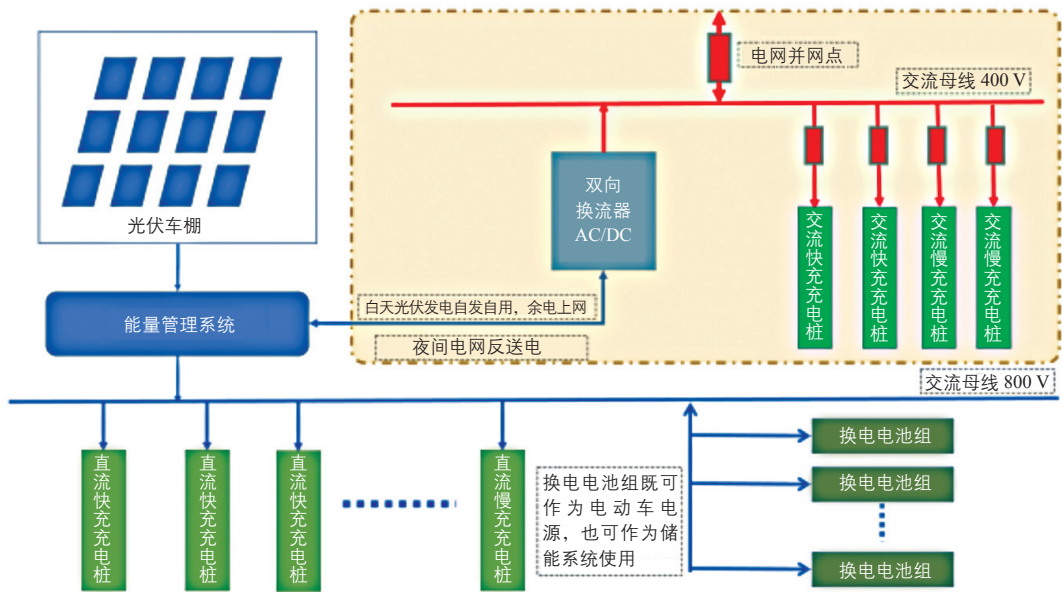


图 4 光伏电动汽车充、换电站方案示意图

4 结论

在资源紧张、弃光限电的大背景下,分布式光伏得以快速发展。但近两年来由于增长势头过猛,产生了与电网发展不协调及可再生能源补贴缺口持续加大等问题,分布式光伏也面临严控规模和补贴退坡的挑战。本文对我国分布式光伏的发展现状、前景及面临的挑战进行了分析,在国家不断降低分布式光伏发电项目补贴,以及持续深化分布式光伏市场化交易的政策环境下,通过增加储能、热利用、充换电等系统,丰富和完善

分布式光伏项目的技术模式、商业模式和运行模式,是促进产业持续向好发展的必由之路。

参考文献

[1] 王文静,王斯成.我国分布式光伏发电的现在与展望[J].中国科学院院刊,2016,31(2):165-171.
[2] 梁文翰.我国分布式发电现状探究[J].中国战略新兴产业,2018,(24):31-32.
[3] 胡润青.光伏电站特许权招标项目的进展和思考[J].太阳能,2011,(5):10-15.
[4] 王长贵,吴达成,许洪华,等.金太阳示范工程与光电建筑项目[J].建设科技,2014,(2):17-21.

(转第 14 页)

对于具体的采暖方式,可根据农户的实际情况进行组合,按需采暖,灵活选取不同技术,由此得到设计投资最小、效果最好的节约能源技术优化组合方案。

4.2 实施“煤改电”节能减排效益

若将全村 520 户居民按农村“煤改电”解决方案中的方式分配“煤改电”技术方案:对于家中长期无人的 99 户住户,考虑到地方政策补贴,建议采用“一拖二”低温型热泵热风机方案,最终采纳此方式的用户共 354 户,单户燃煤替代量达 1.3 t;采用“‘一拖二’低温型热泵热风机+碳晶电热板”的住户共 88 户,单户燃煤替代量达 2.1 t;采用热水型空气源热泵的住户共 78 户,单户燃煤替代量达 2.7 t。单户燃煤替代量是根据性能参数监测得到的建筑供热量与散煤热值及民用水暖煤炉热效率综合计算得出的。全村共实现燃煤替代量 855.6 t^[8]。

5 总结与建议

本文通过对邯郸市肥乡地区田寨村 520 户居民的调研分析可知,应根据居民实际情况,针对不同的采暖方式及采暖需求,灵活选取不同技术方案,设计投资最小、效果好的节约能源技术优化方案,不能采用“一刀切”“单一化”的采暖模式。

基于农村 5 种采暖技术的实验数据可发现,

对于采暖面积小于 60 m² 的住户,采用“一拖二”低温型热泵热风机最为经济实用;对于采暖面积为 60~80 m² 的住户,建议采用组合型采暖方式,可采用“‘一拖二’低温型热泵热风机+碳晶电热板”的组合;对于采暖面积为 80~100 m² 的住户,可采用热水型空气源热泵或“一拖二”低温型热泵热风机。

本文通过大量的调研及实测数据,同时本着“按需采暖、精准供热、科学用电、减少投资、减低能耗”的原则,以期对河北省农村的冬季清洁采暖解决方案提供参考。

参考文献

- [1] 李忠. 北方农村清洁供暖技术路径分析[J]. 建筑科技, 2017, (18): 28 - 31.
- [2] 岳燕敏, 贺鑫. 河北省农村供暖能耗的调研和分析[J]. 智能建筑与智慧城市, 2016, (5): 77 - 80.
- [3] 周珏, 罗凡, 罗庚玉, 等. 高效蓄能互联热泵系统技术及应用[J]. 电力需求侧管理, 2017, (6): 25 - 28.
- [4] 马荣江, 毛春柳, 单明, 等. 低环境温度空气源热泵热风机在北京农村地区的采暖应用研究[J]. 区域供热, 2018, (1): 24 - 31.
- [5] 韩喜宇. 空气源热泵采暖的技术难点与应用价值[J]. 商品与质量, 2017, (39): 199.
- [6] 方建军. 碳晶电热板辐射采暖系统分析[J]. 建筑工程技术与设计, 2015, (32): 1444.
- [7] 朱肖晶, 王德峰, 张继皇. 高温相变蓄热系统在电力需求侧管理中的应用[J]. 电力需求侧管理, 2017, (4): 32 - 35.
- [8] 宋忠奎, 赵恒谊. 北京农村“冬季清洁采暖”空气源热泵类产品应用[J]. 建设科技, 2017, (10): 26 - 28. 太阳能

(接第 8 页)

- [5] 国际能源局. 分布式光伏发电项目管理暂行办法[EB/OL]. <http://www.china-nengyuan.com/news/55734.html>, 2013-12-20.
- [6] 李博, 李净净, 张兰. 浅谈分布式光伏发电的现状与前景[J]. 科技创新导报, 2017, (38): 66 - 67.
- [7] 刘亮. 突围“531”[J]. 中国电力企业管理, 2018, (6): 22 - 25.
- [8] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 国家发展改革委 财政部 国家能源局关于 2018 年光伏发电有关事项的通知[EB/OL]. http://www.ndrc.gov.cn/gzdt/201806/t20180601_888639.html, 2018-05-31.
- [9] 王淑娟. 电价调整对 2018 年光伏市场影响的探讨[J]. 太阳能, 2018, (1): 22 - 28.
- [10] 赵娜. 分布式光伏+储能电站模式与经济性分析[J]. 太阳

能, 2017, (12): 17 - 25.

- [11] 国家发展改革委, 财政部科学技术部, 工业和信息化部, 等. 关于促进储能技术与产业发展的指导意见[EB/OL]. http://www.nea.gov.cn/2017-10/11/c_136672015.htm, 2017-10-11.
- [12] 范文飞. 光伏发电接入电网后的分时电价优化策略研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2015.
- [13] 林晃, 朱艳丹, 胡白林. 基于供电成本的峰谷时段划分及分时电价研究[J]. 华东电力, 2005, (12): 90 - 91.
- [14] 彭鸿林, 谭茂芹. 新能源汽车充电服务费用问题研究[J]. 价格理论与实践, 2010, (4): 40 - 41.
- [15] 田昊, 吕林, 朱鑫, 等. 含光伏发电集中性充电站充放电策略研究[J]. 可再生能源, 2013, (10): 34 - 38. 太阳能