

低碳电力视角下的风电消纳问题

董永平¹, 何世恩², 刘峻³, 周强², 党养增⁴

(1. 国网甘肃省电力公司经济技术研究院, 甘肃 兰州 730050; 2. 甘肃省电力公司风电技术中心, 甘肃 兰州 730050;
3. 国网甘肃省电力公司, 甘肃 兰州 730000; 4. 国网甘肃省电力公司金昌供电公司, 甘肃 金昌 737100)

摘要: 针对甘肃酒泉千万千瓦级风电基地运行中出现大量弃风的问题, 在分析其运行特点和弃风原因的基础上, 以充分发挥无成本无碳排放的弃风电量作用为目的, 提出了远近结合缓解风电弃风问题的综合措施, 当务之急是缓解现阶段问题, 提升风电就地消纳能力。根据新能源的地理分布情况和负荷特点, 分析了发展新能源供暖和电动车等措施的有效性。定量和定性分析表明, 电能替代的减排效益显著, 并能提高社会生活水平、推动当地经济的可持续发展, 回归国家发展清洁能源的本意。

关键词: 低碳电力; 风电消纳; 电动车; 风电供暖

Wind power consumption problem in the view of low carbon power

DONG Yong-ping¹, HE Shi-en², LIU Jun³, ZHOU Qiang², DANG Yang-zeng⁴

(1. Economic Technology Research Institute, Gansu Electric Power Corporation, Lanzhou 730050, China;
2. Wind Power Technology Center, Gansu Electric Power Corporation, Lanzhou 730050, China;
3. Gansu Electric Power Corporation, Lanzhou 730000, China; 4. Jinchang Power Supply Company, Jinchang 737100, China)

Abstract: For the power curtailment issues in Jiuquan 10 GW wind power base operation, based on the analysis of its operating characteristics and reasons for wind power curtailment, to take full utilization of the curtailed wind power without emission and cost as an aim, this paper proposes a series comprehensive measures to alleviate the issues of power curtailment by taking into account long-and short-term needs. A pressing matter of the moment is to enhance the power consumption capacity at present. According to geographical distribution of the new energy and load characteristics, the effectiveness of the development of new energy heating and electric vehicles and other measures is analyzed. Quantitative and qualitative analysis shows that the electric energy substitution can reduce emission significantly, and improve the living standards of the community and promote sustainable development of the local economy and finally reach the intention of nation's clean energy development.

Key words: low carbon power; wind power consumption; electric vehicle; wind power heating

中图分类号: TM619 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2014)05-0012-05

0 引言

现在广泛使用的化石燃料储量有限, 同时在使用过程中会排放大量 CO₂, 造成环境问题。为应对全球气候变化, 降低对化石能源的依赖程度, 保障能源安全, 我国出台了一系列能源政策, 要大力发展风力发电和太阳能发电等清洁能源。随着我国部分城市雾霾天气频现, 全国上下开始更加关注我国的能源结构、节能减排和低碳经济问题^[1-2]。

风能是一种开发前景广阔的清洁无污染的可再生新能源。全球风力资源的储备约 53 万亿 kWh/年, 理论上只要能开发出 50% 的风力资源就可满足全球

的电力能源需求。我国风力资源十分丰富, 2012 年我国风电装机容量达到 75.3 GW, 风力发电量达 1 004 亿 kWh, 占去年全国总发电量的 2%, 风电超过核电成为中国第三大电力来源^[3]。中国风电装机容量快速增长的背后是风电资源的严重浪费, 未并网风电装机容量持续增长, 弃风现象严重并在短时间内难以解决。国家能源局指出: 随着我国风电装机快速增长, 2012 年部分地区风电弃风限电现象严重, 全国弃风电量约 200 亿 kWh^[4]。对此文献^[5]就风电消纳问题分析了原因, 提出了加强调峰电源和跨区电网建设等措施。风电配额是解决风电消纳的措施之一, 需要多种措施配合才能取得成效, 况

均值分别为：26.4、35.4、52.1 万 kW；发电同时率瓜州为 0.49、玉门 0.53。不同出力出现时间频率见图 3。全网风电出力主要集中在 0~30%装机容量区间，其中 5%以下为 22%，30%以下为 75.2%，50%以下为 97.8%，60%以下为 99.8%。上述数据表明，甘肃风电的发展已经对甘肃电网的安全稳定运行形成了举足轻重的影响。

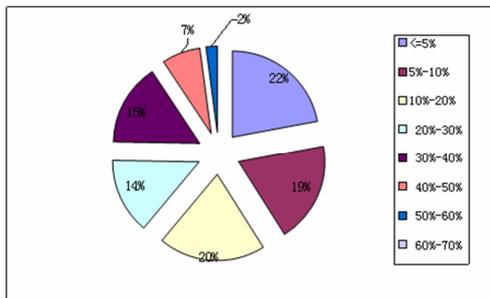


图 3 2012 年不同出力出现时间频率

Fig. 3 Time and frequency of wind power in 2012

1.3 电网调峰能力分析

随着地方生活水平的提高和经济的发展，全网电力负荷峰谷差逐年增大。虽然电网调峰能力也有所提高，但由于风电发展很快，受其反调峰特性制约，电网调峰压力增大。2012 年全年风电基本表现为反调峰特性，风电反调峰率为 90%。按照全网发电用电基本平衡、火电机组 45%~50%调峰能力、全网峰谷差按照最大及平均分别考虑、风电按照高峰、低谷时段平均发电出力(低谷时段电量占 45%左右，高峰时段电量占 16%左右)方式考虑，高峰期间火电旋转备用容量按 600 万 kW 考虑。甘肃电网在不考虑风电时 6 月至 10 月份调峰能力相对较低，为 390~428 万 kW，其他时段为 440~530 万 kW，全网调峰容量富余 230~350 万 kW，甘肃电网允许接纳风电发调峰容量 230~350 万 kW。

2 风电的节能减排效益

2.1 风电运行费用

风电经济性的关键参数包括投资成本、运营和维护费用、平均风速、风机寿命和贴现率等。其中投资成本中的固定成本费用约占项目在其整个生命周期总费用约 80%，这是风电与传统电力生产的一个基本差异，而在传统电力生产成本中变化的燃料是很大一部分，但风力发电的燃料费用为零，边际成本非常低，也就是说一旦并网投入运行，停机弃风和发电运行的成本基本是一样的。

2.2 风电节能减排环境效益

能源紧张与环境问题的突出，使得风电的节能

减排效益备受关注。风电工程使用可再生的自然风力资源，同时不排放任何污染物，国际上有数种评估风电节能减排环境效益的不同方法^[13]。这取决于将风电引入发电组合所取代的其他化石能源的种类，在能源结构不同的情况下各国得出的结论各不相同。国内，目前燃煤火电在能源结构中占据绝对的主导地位，所以通常将风电与其进行对照比较，即以产出同等电量，节约燃煤火电的能耗及减少的污染物排放量作为风电的环境效益指标。作为清洁能源中最具竞争力、最具发展潜力的能源，风电随着装机容量的不断增大将越发彰显其在节能减排上的贡献。

甘肃 2012 年的风电上网电量为 93.12 亿 kWh，按照单位电量煤耗等数据计算^[14]，则节约标准煤 316.6 万 t，减少 CO₂ 减排量约为 1 024 万 t；减少火力发电厂烟尘、二氧化硫、废水排放分别为 1.17、3.54 和 559 万 t，节约水量为 2 607 万 t。

此外还有如推动相关产业发展、促进地区就业、增加省内税收等一系列的效益。

3 风电的消纳问题

甘肃风能、太阳能资源大部分集中在河西地区，风电装机容量超过 600 万 kW，光伏超过 100 万 kW，离西北主网及负荷中心超过 1 000 km，就地公网负荷只有 100 万 kW 上下，面临严重的风电电力电量输送和消纳的问题。新能源大规模并网后，对省内火电企业挤压明显，2012 年全省常规火电利用小时数比上一年降低 11.33%。因此，在积极推动大规模风电基地通过特高压直流通道实现在全国更大范围内资源优化配置和产业效益的同时，更需要注重在就地发展灵活高载能工业、电动车及其配套设施等新兴产业解决风电消纳平衡等问题，以远近结合的原则促进风光电等新能源健康可持续发展。

4 发挥风电节能减排效益的关键问题

为确保省内新能源产业健康可持续发展，加速推进资源优势向经济优势转化，完成国家节能减排指标，实现低碳经济和产业循环利用发展，需要加大相关政策支持力度。

继续加大力度，积极推进特高压电网建设，加快建设酒泉-湖南±800 kV 特高压直流工程，通过开拓省外市场，扩大电力外送规模，从根本上提高酒泉新能源外送消纳能力。经初步测算，一条±800 kV 特高压直流输电线路，年输电能力可达 450 亿 kWh，按火电、新能源电量分别占 50%计算，可接纳火电装机 450 万 kW，新能源装机约 1 250 万 kW

(按火电利用小时数 5 000 h, 风电、光电平均利用小时数 1 800 h 计算)。

在现阶段已经出现风电消纳严重问题的情况下, 如何化解矛盾, 避免低碳电力的浪费, 当务之急是加大就地消纳新能源电量。积极争取国家出台新能源就地消纳补贴政策, 积极承接产业转移, 开展电能替代工作, 发展当地经济, 提高人民生活水平。一方面, 相对于外送, 就地消纳对全省经济发展和税收增长的贡献更大; 另一方面, 新能源发展大大超前电网发展, 电网送出能力不足, 中短期内仍需要进行就地消纳。

1) 在众多智能电网互动技术中, 电动车不但以电代油, 实现“零排放”, 是解决能源和环境问题的重要手段, 而且具有电力电量平衡能力和提供备用服务的功能, 另外电动车充电增加的电量可以利用 V2G 技术消纳弃风电量^[15-17], 为避免风电弃风提供独特契机。具有智能电网的全网协调充放电功能的电动车在解决含有大规模新能源的电力系统运行和电能消纳方面具有很大的潜力, 我国电动车仍然处于产业化的初级阶段, 要争取国家政策的有力和持续的支持, 积极开展并推进电动车商业化的示范, 在示范运行中不断地、因地制宜地探索和创新商业运行模式。

2) 积极实践风电供暖方案, 拓展风电就地消纳途径。热能是能源终端消费的重要形式, 甚至是工业生产和人民生活所不可缺少的能源消费形式, 但目前北方地区供热主要依靠燃煤锅炉。国家能源局日前已下发的《关于做好风电清洁供暖工作的通知》明确提出, 将在北方具备条件的地区推广应用风电清洁供暖技术。如果将燃煤锅炉改为蓄热式电锅炉, 采取风电直接供暖, 不仅直接消纳风电, 而且根据文献[9], 还可以降低电网中供热机组热电比, 增加电网调峰能力, 可大大提高北方风能资源丰富地区的消纳风电能力, 可降低因燃煤供热锅炉、燃煤供热发电机组带来的大气雾霾污染, 堪称“一把钥匙打开弃风限电和雾霾污染两把锁”。今后对于冬季风电机组与热电联产机组优化协调运行控制技术研究, 将是有效解决风电弃风问题, 综合改善社会环境的重要方向。

3) 出台电价补贴政策, 弥补企业增量运营成本。由于新能源具有间歇性、随机性和波动性, 发电功率不稳定, 会造成企业生产间断, 严重影响企业的效率效益。为鼓励企业积极参与新能源电量消纳, 建议国家对企业消纳的新能源电量给予一定补贴, 引导企业主动消纳新能源电量。

4) 力争国家发改委、能源局支持, 在甘肃进行

新能源就地消纳试点。甘肃省是我国新能源发展较快的省份, 酒泉风电基地是我国第一个千万千瓦级风电基地, 同时省内新能源消纳面临的问题也很突出, 具有很强的典型性和代表性。建议积极争取, 促请国家发改委、能源局支持并同意在甘肃省进行新能源就地消纳和电价补贴试点, 确保我国第一个千万千瓦风电基地的健康持续发展。

通过就地消纳新能源, 促进全省经济快速发展。按 2012 年水平年测算, 河西新能源富余电力 150 万 kW, 若就地发展用电负荷 150 万 kW, 按最大负荷利用小时数 6 000 h 计算, 年消纳电量约 90 亿 kWh, 其中新能源 45 亿 kWh, 常规电源电量 45 亿 kWh。按 2011 年全省全社会用电量 923.45 亿 kWh、GDP 5 020 亿元、税收 964.95 亿元计算, 省内每新增 1 度用电量平均可带动 GDP 约 5.44 元, 90 亿 kWh 电量可带动 GDP 约 489 亿元, 创造税收约 94 亿元。消纳 45 亿 kWh 新能源电量, 可带动 220 万 kW 风电装机或 300 万 kW 光电装机, 可取得新能源消纳和经济、税收快速增长双重收益。

5 结论

甘肃酒泉千万千瓦风电基地建设虽然取得重大进展, 但送出消纳受限, 风电开发效益下降, 电力低碳化受阻, 可持续发展减缓, 近期缓解风电消纳的有效方案是就地消纳。将电动车和智能电网结合起来, 不但能增加风电电力消纳, 替代高碳排放的化石能源, 也可在一定程度上实现对风电波动性的抑制; 探索采用风电蓄热供暖等电能替代方案, 能拓展风电消纳渠道, 还能缓解城市污染, 部分解决风电调峰难题。从低碳电力的角度看风电是典型的低碳甚至是零碳能源, 弃风电量是无成本的电量, 而代替弃风电量多发的主要是火电, 是高碳能源。从这个角度出台新能源就地消纳政策, 才能回到国家发展清洁能源的本意, 用好无成本低碳能源, 代替高碳能源, 才能充分显示新能源的低碳效益, 实现绿色循环经济发展。

参考文献

- [1] 中华人民共和国节约能源法[L]. 2008. Energy Conservation Law of the People's Republic of China[L]. 2008.
- [2] 康重庆, 陈启鑫, 夏清. 低碳电力技术的研究展望[J]. 电力技术, 2009, 33(2): 1-7. KANG Chong-qing, CHEN Qi-xin, XIA Qing. Prospects of low-carbon electricity[J]. Power System Technology, 2009, 33(2): 1-7.
- [3] GWEC. global wind report 2012[S].

[4] 王敏. 世界第一风电大国的“弃风”忧思[EB/OL]. <http://energy.people.com.cn/n/2013/0329/c71661-20958667.html>.
WANG Min. The wind power curtailment worries of the state with the first wind power capacity[EB/OL]. <http://energy.people.com.cn/n/2013/0329/c71661-20958667.html>.

[5] 朱凌志, 陈宁, 韩华玲. 风电消纳关键问题及应对措施分析[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(22): 29-34.
ZHU Ling-zhi, CHEN Ning, HAN Hua-ling. Key problems and solutions of wind power accommodation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(22): 29-34.

[6] 徐乾耀, 康重庆, 江长明, 等. 多时空尺度风电消纳体系初探[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(1): 28-32.
XU Qian-yao, KANG Chong-qing, JIANG Chang-ming, et al. Preliminary analysis on wind power accommodation system from multiple temporal and spatial scale perspective[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(1): 28-32.

[7] 施琳, 罗毅, 涂光瑜, 等. 考虑风电场可调度性的储能容量配置方法[J]. 电工技术学报, 2013, 28(5): 120-127.
SHI Lin, LUO Yi, TU Guang-yu, et al. Energy storage sizing method considering dispatchability of wind farm[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2013, 28(5): 120-127.

[8] 刘新东, 方科, 陈焕远, 等. 利用合理弃风提高大规模风电消纳能力的理论研究[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(6): 35-39.
LIU Xin-dong, FANG Ke, CHEN Huan-yuan, et al. Research on rational wind power casting theory for large-scale wind power integration improvement[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(6): 35-39.

[9] 张冲, 胡林献, 胡佳. 热机组比重及热负荷对风电消纳率影响的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(23): 120-125.
ZHANG Chong, HU Lin-xian, HU Jia. Research on the impact of the proportion of thermal power generating units and heat load on the wind power accommodation rate[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(23): 120-125.

[10] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 发改办能源[2008]1571号, 国家发展改革委办公厅关于开展酒泉千万千瓦级风电基地“十一五”输变电工程前期工作的复函[S].
Office of NDRC [2008] No. 1571, NDRC. On the the "Eleventh Five-Year" power transmission project preparatory work of Jiuquan 10 GW wind power base[S].

[11] 何世恩, 郑伟, 智勇, 等. 大规模集群风电接入电网电能质量问题探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(2): 39-44.
HE Shi-en, ZHENG Wei, ZHI Yong, et al. Power quality issues of large-scale cluster wind power integration[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(2): 39-44.

[12] 甘肃电力调度控制中心. 甘肃电网 2013 年运行方式[S]. 2013.
Gansu Electric Power Control Center. Gansu power grid operation mode 2013[S]. 2013.

[13] EWEA. Wind power and the environment-benefits and challenges[S]. Wind Directions, 2006.

[14] 中国电力企业联合会. 中国电力行业年度发展报告 2009[R]. 北京: 2010.
CEC. China electric power industry development report 2009[R]. Beijing: 2010.

[15] 赵俊华, 文福拴, 杨爱民, 等. 电动车对电力系统的影响及其调度与控制问题[J]. 电力系统自动化, 2012, 35(14): 2-10.
ZHAO Jun-hua, WEN Fu-shuan, YANG Ai-min, et al. Impacts of electric vehicles on power systems as well as the associated dispatching and control problem[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 35(14): 2-10.

[16] 张学清, 梁军, 张利, 等. 计及风光电源的一种地区电网电动汽车充电调度方法[J]. 电工技术学报, 2013, 28(2): 28-35.
ZHANG Xue-qing, LIANG Jun, ZHANG Li, et al. Approach for plug-in electric vehicles charging scheduling considering wind and photovoltaic power in Chinese regional power grids[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2013, 28(2): 28-35.

[17] 李秋硕, 肖湘宁, 陶顺, 等. 电动汽车充电负荷特性分析及其在配电网中的应用[J]. 电工技术学报, 2013, 28(增刊 1): 30-35.
LI Qiu-shuo, XIAO Xiang-ning, TAO Shun, et al. Analysis of EV charging load and its applications in distribution systems[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2013, 28(S1): 30-35.

收稿日期: 2013-09-02; 修回日期: 2014-01-01

作者简介:

董永平(1964-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事电力系统规划、电网建设等工作;

何世恩(1961-), 男, 博士, 正高级工程师, 从事风电并网运行, 继电保护新技术的开发和应用工作; E-mail: hofstadter2003@sina.com

刘峻(1972-), 男, 正高级工程师, 主要从事电力系统运行及技术管理。