

售电侧改革路线及风电消纳研究

文/华北电力大学电气与电子工程学院 张冠群

我国的可再生能源发电技术中，风电发展最为迅速，并且已经大规模地渗透到了电力系统当中。但是，一些地区的弃风现象较为严重，在过去的十年里，风电的利用率保持较低水平。对于风电的发展和消纳而言，新一轮的改革是一个具有发展前景的解决方案。

我国是二氧化碳排放大国之一，正在大力发展可再生能源，减轻由于过度燃烧化石燃料所造成的空气污染。然而，风力发电的不稳定性和不确定性给电力系统的可靠运行带来了诸多困难，因此，与传统的火电、水电相比，目前高效利用风电资源仍面临较为严峻的问题。

弃风现象是我国可再生能源消纳的问题之一。在许多地区，负荷增长率远低于装机容量增长率，导致大部分地区发电能力相对过剩。特别是在西北地区，大量风力发电设备被迫停机。2016年全国弃风率高达19%，超过2015年的15%。风电消纳的主要制约因素之一是缺乏竞争性的电力市场，在电力市场中，风电可以与传统化石燃料发电公平竞争。自从2002年上一次电力工业体制改革以来，外部环境有了明显改善，但电力行业的定价机制和规划机制仍然是垄断和不透明的，这些问题日益严重，引起了公众的广泛关注。鉴于此，中央政府在2015年启动了新一轮的电力体制改革。

这次电力体制改革实际上是上一轮的延续，2002年的改革已经完成了大量工作，并取得了一定的成效。目前，发电侧已经开放竞争，售电侧仍受政府管制。因此，对售电市场放松管制是新一轮改革中最重要的任务之一。

文中提出了售电侧改革的路线，然后分析了弃风的原因，针对风电消纳的困难，三个阶段分别有相应的措施。最后论证得出结论，在售电侧改革的进程中，弃风现象将得到有效缓解。

售电侧改革

传统电力行业的特点是高度垄断。以允许大用户与发电企业直接交易为标志，发电侧初步形成了竞争性的电力市场。但是，售电侧的垄断导致了不平衡现象。因此，政府在2015年出台了一系列改革政策，其中包括建立有效的定价机制、建立竞争性的零售电力市场。

1. 电力工业改革历程

我国的电力工业自20世纪80年代以来一直处于改革的进程中。2002年，中央政府启动改革，取得些成就，但是仍然存在一些问题，如定价机制扭曲、电力系统规划不合理以及可再生能源利用率低等。这些问题不仅阻碍了电力行业的发展，而且对相关行业的经营业务也产生了不利影响。

因此，政府在2015年颁布了《关于进一步深化电力体制改革的相关意见》（9号文件），启动了新一轮电力工业体制改革。目的在于形成新的定价机制、建立可再生能源发电和电力系统规划的新政策、解决电力系统内的现有问题。

其中，《关于推进售电侧改革的实施意见》中指出，售电业务对社会资本开放，放开用户选择权。政府试图在售电侧引入竞争，提高服务质量，改变传统上电网作为唯一售电方的销售模式，形成“多卖方—多买方”的电力市场格局。

此外，我国广泛开展试点工作，将政策文件中提出的措施落实到实际行动中。广东和重庆是最先推行售电侧改革的省市。广东省是本次改革的先行者，积累了一系列有借鉴意义的经验，例

如，售电公司作为新的市场参与者，可以代表电力用户直接与发电企业进行交易；另外，广东省开展月度电力交易，进行集中式的、透明的拍卖，并制订了较为完整的市场规则。

2. 售电侧改革路线

将售电侧改革过程分为三个阶段，如图1所示。从市场特征、用户、售电方和售电服务四个方面，对各阶段进行分析，如表1所示。

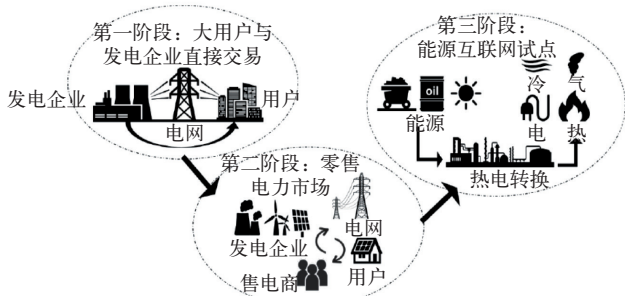


图1 售电侧市场化改革路线

表1 各阶段特征一览

	第一阶段	第二阶段	第三阶段
市场特征	大用户与发电企业直接交易	电力零售市场建立	能源互联网发展下的电力体制改革
用户	符合市场准入条件的大型工商业用户	大用户、中小型用户和居民用户	使用不同能量形式的用户
主要售电方	发电集团下属公司	独立售电公司	综合能源公司
售电服务	基于长期合同的供电服务	定制化的服务和多样化售电套餐	综合能源方案

(1) 第一阶段（图2）

第一阶段的特点是大用户可以与发电企业直接交易。在第一阶段，仍由政府或电力工业管理部门决定市场准入企业。在所有售电公司中，发电集团的附属售电公司在财务实力、硬件和软件条件等方面具有垄断优势。主要的交易类型是中长期合同和月度电力交易，目前只有符合市场准入条件的工商业用户能够参与直接交易。

大用户向发电企业直接买电仍然是电力销售的主流形式。对于发电企业来说，当面临发电能力相对过剩和用电量增长速度放缓的问题时，签订合同可以有效保证其收益。对大用户来说，与发电企业直接交易可以降低成本，增强经济活力。众所周知，可再生能源，如风能和太阳能发电，边际成本较低，但这种优势在此交易模式下不能发挥作用。实际上，最合适的电力交易模式是售电方和用户可以自由选择交易对象，平等地谈判交易数量和价格。

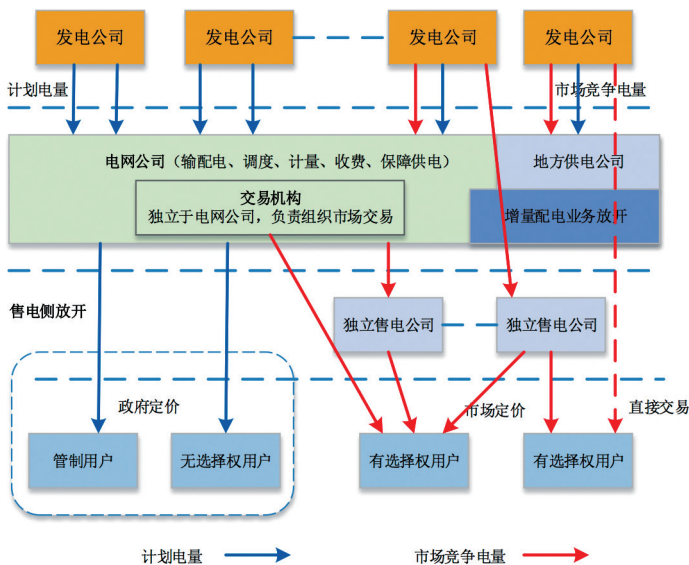


图2 售电侧改革第一阶段市场结构

(2) 第二阶段（图3）

第二阶段将重点建设竞争性的电力零售市场。在这个阶段，政府应根据用户类型，为不同的售电商设定不同的市场准入条件，鼓励售电商积极参与市场。此外，售电商将逐渐为用户提供多样化的增值服务和个性化服务，以及多元化的售电套餐。

在这个阶段，政府要努力培养用户的市场意识，帮助它们打破传统的用电思维模式，鼓励用户积极参与售电市场。此外，还要发展用户参与市场的意识和能力，用户将逐渐意识到在竞争性的售电市场中可以获得哪些好处，它们可以从售电商那里获得哪些服务，以及如何选择最合适的售电公司。

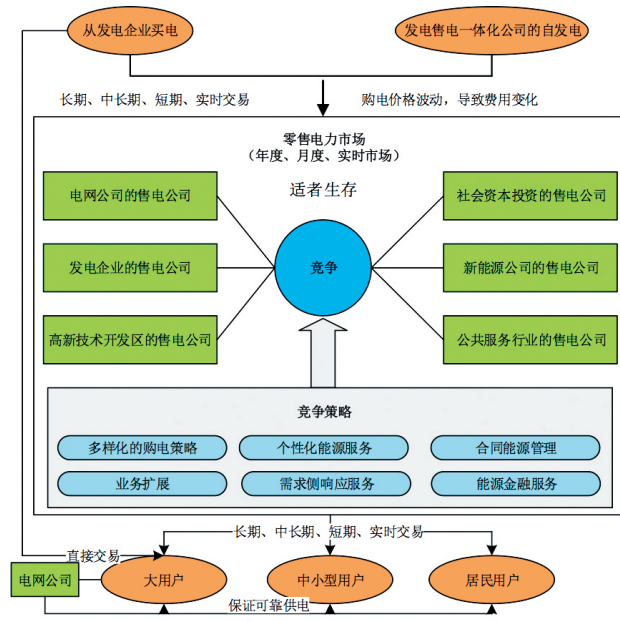


图3 第二阶段的运营模式

(3) 第三阶段

在第三阶段,由于能源互联网的发展,电力零售市场中引入了多元能源交易,综合能源公司应运而生,它们为能源互联网试点内的用户供应能源,提供需求侧管理和综合能源服务,如合同能源管理和节能服务。

在这个阶段,政府应加快发展能源互联网技术,包括信息通信技术,储能技术和能源转换技术,以支持能源互联网试点的建设。有关部门需要建立交易平台,卖方直接与用户进行交易,为其提供综合能源供应方案。此外,应完善市场机制,鼓励综合能源供应商为用户提供多种选择,允许用户在不同能源利用形式之间自由切换。

缓解弃风现象

电力市场改革路线指明了改革的方向和过程。随着改革的推进,现有的许多问题,如弃风现象,可以在一定程度上得到改善。

1. 弃风原因

(1) 风电装机容量和弃风现状

从20世纪80年代风能首次用于发电开始,风电发展十分迅速,在2015年创下新纪录,新增装机容量达到30 753 MW。

为了更有效地利用风能、发展风电,我国已建成许多大容量的风电场。自从采取了一系列有效的扶持政策,风电装机容量在近年来迅速提高。

图4展示了风电装机容量的大幅增长趋势。2016年全球风力发电容量迅速增长至487 GW,风力发电量约占全球总用电量的4%左右,而且我国风电装机容量居全球首位。

然而,过剩的风电装机容量可能会造成大规模弃风现象。2014—2016年弃风情况如表2所示。其中,甘肃省2014年用电量为1 095.48亿kW·h,风电上网电量为1 534亿kW·h。因此,如果电网无法满足大量电能外送的需求,即不能将多余的风电通过联络线输送到其他省份,则必须弃风。

事实上,在许多地区,装机容量快速增长,负荷增长速度却较低,导致产能过剩,特别是在西北地区,大量风力发电设备被迫停机。

(2) 原因分析

弃风的最主要原因包括:缺乏输电通道、阻塞问题和供过于求的现状。

首先,风电发展与电网整体规划不同步是一个关键问题。各省区之间的输电容量通常受到传

输容量的限制。我国风能资源丰富,主要分布在西北地区,然而,全国范围内的输配电布线和电网规划设计并未全面考虑风电的大规模渗透。

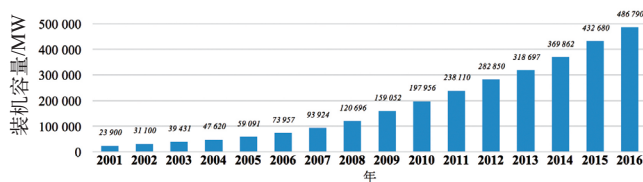


图4 全球风电累计装机容量逐年变化情况

数据来源: 全球风能协会GWEC

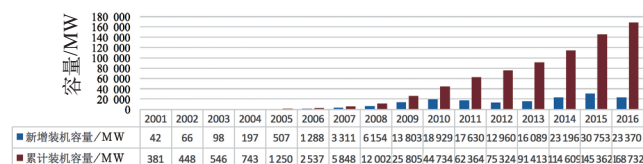


图5 中国新增和累计装机容量统计

数据来源: 全球风能协会GWEC

表2 2014—2016年弃风情况

省(区)	2014年(%)	2015年(%)	2016年(%)
甘肃	11	39	43
新疆	15	32	38
吉林	15	32	30
内蒙古	9	18	21
黑龙江	12	21	19
辽宁	6	10	13
宁夏	0	13	13
河北	12	10	9
山西	0	2	9
云南	4	3	4
全国	8	15	19

此外,火电的调峰能力较差。目前,火力发电仍然缺乏足够的调峰能力,不足以平衡电力系统中大规模风电渗透的不稳定性和不确定性。

而且,在目前的价格机制下,电网企业没有动力去购买可再生能源电能。另外,参与备用的常规发电机组没有得到足够的经济补偿,导致参与者缺乏动力,不能积极地提供负荷备用。

因此,当前迫切需要一种合适的、竞争性的市场机制。

2. 各市场阶段减少弃风

(1) 第一阶段

自2002年5号文件发布以来,大用户与发电企业直接交易已经成为一种主流的交易形式。然而,由于配电和售电环节的垄断,这种交易模式导致发电企业经济效益较差。在2015年改革之前,如果没有参与直接购电,用户只能

从国家电网购电，因此，发电企业必须降低价格，以获得市场份额，从而使收入降低。事实上，对于发电企业，它们更倾向于向电网公司出售电能，而不是大用户。因此，只有对售电市场放松管制，发电企业才能通过与大用户直接交易获利。

在竞争性的市场中，发电企业可以全面考虑售电公司或大用户的报价，为它们提供更多的交易选择。发电企业能更加灵活地售电，从而设法规划发电量并控制弃风率。

此外，允许售电公司进入市场后，发电企业可以成立自己的售电公司，既发电又售电，即发电企业向电网支付过网费后，通过其售电公司直接向用户出售电能。由此，风电成功进入市场，再假以恰当的市场策略，规划发电容量，在很大程度上有助于减少弃风现象。

(2) 第二阶段

建立现货市场是推动风电大规模利用并且减少弃风现象的根本解决方案。

在竞争性的现货市场中，边际成本最低的发电机组应优先发电。与火力发电厂相比，风力发电的边际成本更低，而且不耗费煤、油等原燃料，因此，在现货市场中，风电等清洁能源可以作为主要的发电资源，而火力发电则用于保持电力系统的实时平衡。

现货价格是现货市场的基本要素，能及时反映供需情况，也就是说，当发电量较高时，电价通常相对较低，用户就会倾向于多用电。这样一来，发电量越大，用户用电量就越高。所以在风力资源较丰富的时候，让风电满发，从而充分利用风电。例如，夜间风大，电价远低于白天，用户将部分生产和制造活动转移到晚上，以降低成本。此外，人们会在晚上为电动汽车充电，或进行其他能源消费。实际上这些用户的电能就来自于本来要放弃的风电。

(3) 第三阶段

随着能源互联网的发展，可再生能源的利用技术越来越多元化，这将非常有助于减少弃风，促进风电大规模利用。

首先，利用大数据分析预测可再生能源的发电功率，突破了常规预测方法的局限性，有利于更准确地调度发电机组，保证电力系统的供需平衡。其次，综合能源系统的应用为电力系统的运行增加了灵活性。在许多能源

互联网试点地区，将过剩的风电通过热电转换器转变为热能，取代燃煤取暖。以冬季的风电输出功率和负荷特性为依据，在负荷低谷，热电转换器开始工作，将过剩的风电转换为用户需要的热能。而且，风电富余时的电价远低于热能价格。

3. 案例

统计显示，2017年风电累计并网装机容量达到164亿kW，全国风电平均利用小时数1 948 h，发电量为3 057亿kW·h，全年弃风电量419亿kW·h，弃风率接近14%。去年一类资源区的风电上网标杆电价为0.40元/kW·h，据此计算，风电产业收入为1 055.2亿元。

而另一种情况，风电参与现货市场，由于边际成本较低，可以优先发电，在保持现有装机容量的基础上，419亿kW·h的弃风电量全部上网，如果交易价格约为0.35元/kW·h（含补贴），风电企业上网电量能达到3 057亿kW·h，那么风电企业的收入可达1 069.95亿元。

结果表明，现有的定价机制阻碍了风电等可再生能源的发展。建立现货市场可以降低弃风率，增加风电企业的利润。

结束语

推进电力体制改革，对售电侧放松管制，建立公平竞争的电力市场和调度机制，才是解决弃风问题的根本之策。目前我国尚未完全建立起电力市场机制，电力资源配置基本停留在行政审批的计划经济管理模式下；电价改革严重滞后，电价传导机制不健全。这些都是《可再生能源法》难执行、节能调度办法难实施的根本原因。其实，电力系统实现较高比例的风电接入在技术上是可行的，比如蒙西电网一直保持着高比例风电消纳纪录。可以说，电力体制改革及其营造的市场环境是否到位，将决定风电能否优先上网及全额收购。

然而，售电侧的改革并不是一蹴而就的，遵循新一轮电改的政策指示，本文建议稳步推进三个阶段的市场化改革，在各个市场化阶段为能源新业态健康发展创造条件；通过市场手段改变风电等可再生能源跨区输送价格及利益分配机制，促进可再生能源良性发展。然而，本文没有提到具体的定价机制和技术模型，还需要进行后续的研究。EA