

能源经济

# 我国可再生能源消纳制约因素分析及解决对策

王 云 珠

(山西省社会科学院, 山西 太原 030032)

**摘 要:** 随着我国可再生能源的快速发展, 可再生能源并网消纳问题突出。阐述了我国可再生能源消纳现状, 对制约我国可再生能源消纳因素进行了分析, 并提出促进可再生能源消纳的思路和措施。研究认为, 解决清洁能源消纳问题应综合施策。要合理调控开发规模布局, 加强新能源与电网协调规划, 加快跨区跨省输电能力建设, 建立电力交易市场, 充分发挥市场机制作用, 扩大新能源大规模优化配置范围, 推动电力需求侧管理和电能替代, 科学制定消纳指标, 促进新能源低成本消纳。

**关键词:** 可再生能源; 并网消纳; 电力市场化改革

中图分类号: F426.61

文献标志码: A

文章编号: 1002-9605(2020)02-0004-08

DOI:10.13202/j.cnki.cer.2020.02.002

## Analysis of restrictive factors on renewable energy consumption in China and counter-measures

Wang Yunzhu

(Shanxi Academy of Social Sciences, Taiyuan 030032, China)

**Abstract:** With the rapid development of renewable energy in China, the problem of renewable energy grid-connected consumption has become prominent. The current situation of China's renewable energy consumption is elaborated, the factors restricting China's renewable energy consumption are analyzed, and the ideas and measures to promote renewable energy consumption are proposed. It is suggested that comprehensive measures should be taken to solve the problem of clean energy consumption. It is necessary to reasonably adjust and control the development scale layout, strengthen the coordinated planning of new energy and power grid, accelerate the construction of trans regional and trans provincial transmission capacity, establish power trading market, give full play to the role of market mechanism, expand the scope of large-scale optimization of new energy allocation, promote power demand side management and power substitution, scientifically formulate consumption indicators, and promote low-cost consumption of new energy.

**Key words:** renewable energy; grid connection consumption; electricity market reform

“清洁低碳、安全高效”已成为能源发展的总方向。提高清洁能源、可再生能源生产消费比例, 是构建清洁低碳、安全高效的能源体系重要任务之一, 是实现美丽中国目标的重要途径。随着我国可再生能源的发展步伐加快, 可再生能源产业发展瓶颈开始从技术、成本等方面约束, 向电力系统调节能力和电力市场体制等方面制约转变, 突出表现为水电、风电、太阳能并网发电和优先消纳困难, 电力装机增长与需求侧用电增长不匹配, 可再生能源消纳市场培育不足<sup>[1]</sup>, 可再生能源出力受限, 弃水弃风弃光现象严重, 造成大量的

能源浪费。面对世界能源转型加快、我国能源高质量发展的新形势新要求, 如何更加注重可再生能源消纳, 促进传统能源与可再生能源协调发展和有效利用, 通过制定完善新能源消纳政策与技术创新、加快市场建设等综合施策, 破解可再生能源消纳问题, 减少或杜绝能源浪费成为当前和今后一段时期能源发展的重要问题之一。

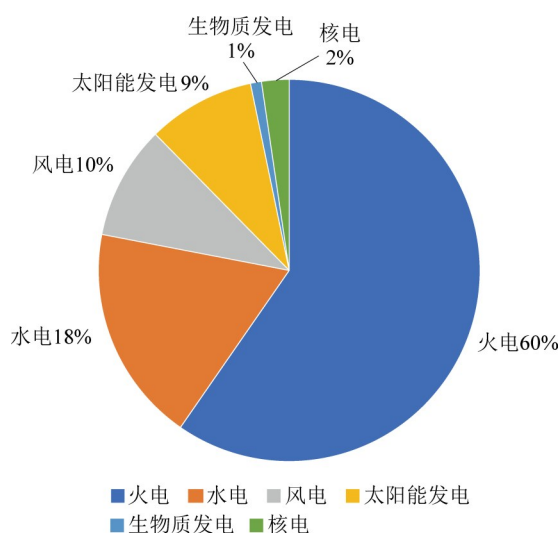
### 1 我国可再生能源消纳现状

近年来, 我国可再生能源持续快速发展, 可再生能源发电装机不断提升, 发电量继续保持高速增长, 风电、光伏装机量均居世界第一, 可再生能源已成为我国重要的能源供应形式之一。

**基金项目:** 2018年度山西省社会科学院规划课题(YCH201805);  
2019年度山西省政府重大决策咨询课题(ZDA201906)

### 1.1 可再生能源发展情况

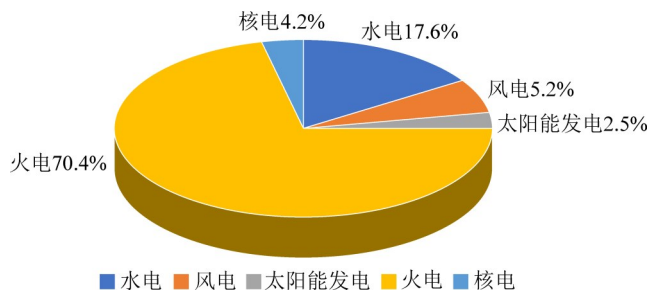
截至2018年年末,全国水电、风电、太阳能发电、生物质发电等可再生能源发电装机容量7.29亿kW,占全部电力装机的38.4%,其中:水电(含抽水蓄能)、风电、太阳能装机分别达到3.52亿kW、1.84亿kW、1.75亿kW<sup>[2]</sup>,占比分别为18%、10%、9%,风电、太阳能装机容量占比合计19%,超过水电装机占比(18%),如图1所示。



数据来源:根据国家统计局、国家能源局有关数据计算。

图1 2018年全国电力装机结构

2018年,全国水、风、光等可再生能源发电量18 670.34亿kWh,占全部发电量的26.6%,其中:水电、风电、光伏、生物质发电量分别为12 329.27亿kWh、3 659.60亿kWh、1 775.47亿kWh、906亿kWh,占全部发电量的比重分别为17.6%、5.2%、2.5%、1.3%<sup>[3]</sup>,可再生能源的清洁能源替代作用日益突显,如图2所示。



数据来源:根据中电联发布数据计算。

图2 2018年全国全口径发电情况

### 1.2 可再生能源电力消纳情况

近年来,我国为了有效解决清洁能源消纳问题,先后出台了《关于做好风电、光伏发电全额

保障性收购管理工作的通知》(发改能源〔2016〕1150号)、《解决弃水弃风弃光问题实施方案》(发改能源〔2017〕1942号)、《关于建立健全可再生能源电力消纳保障机制的通知》(发改能源〔2019〕807号)等政策<sup>[4]</sup>,通过建立可再生能源目标引导制度、试行可再生能源电力证书(绿证)交易、制定清洁能源消纳行动计划(2018—2020年)等措施,加大力度消纳可再生能源,在政府、电网企业、发电企业等各方努力下,可再生能源利用率显著提升,弃风率、弃光率逐年降低。

2018年,包含水电在内的全部可再生能源电力实际消纳量18 158.97亿kWh,占全社会用电量比重为26.5%,同比持平;全国非水电可再生能源电力消纳量为6 314.20亿kWh,占全社会用电量比重为9.2%,同比上升1.2个百分点。从非水电可再生能源电力消纳比重来看,宁夏、青海、内蒙古和吉林最高,分别为22.3%、18.3%、17.3%、17.0%<sup>[5]</sup>,均超过17%,宁夏和吉林非水电可再生能源消纳比重已提前达到2020年国家规定的20%和16.5%的最低消纳责任权重。

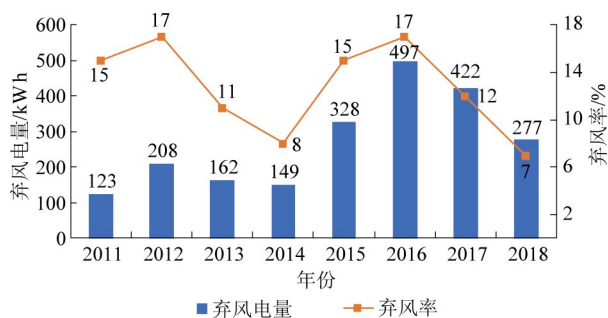
### 1.3 弃风、弃光限电情况

我国通过落实可再生能源目标引导制度、实施可再生能源保障性收购制度和绿色证书交易制度、加强可再生能源消纳目标考核、优化电网新能源调度、扩大清洁能源跨省跨区市场交易、推动清洁能源电能替代等多项措施,可再生能源消纳总体有所改善,但最终解决限电难度很大。

从弃风情况看,2018年,我国新增并网风电装机2 059万kW,累计并网装机容量达到1.84亿kW,占全部发电装机容量的9.7%。2018年风电发电量3 660亿kWh,占全部发电量的5.2%,比2017年提高0.4个百分点;全年弃风电量277亿kWh,同比减少142亿kWh,平均弃风率7%,同比下降5个百分点<sup>[5]</sup>,弃风限电状况明显缓解,如图3所示。2018年,全国弃风率较高、弃风电量较多的地区是新疆(弃风率23%、弃风电量107亿kWh)、甘肃(弃风率19%、弃风电量54亿kWh)、内蒙古(弃风率10%、弃风电量72亿kWh),三省(区)弃风电量合计233亿kWh,占全国弃风电量的84%。

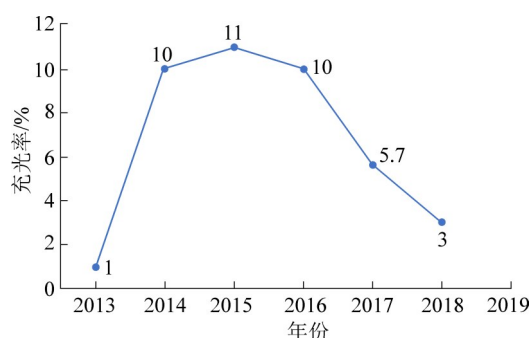
从弃光情况看,我国弃光问题在“三北”地区最为突出,特别是西北地区。随着我国光伏发电装机规模的不断扩大,我国弃光率不断增加,一度由2013年的1%增加到2015年的11%。之后,

在国家政策和企业采取各种措施共同努力下,弃光问题得到改善。2018年,全国光伏发电量1 775亿 kWh,同比增长50%;全年光伏限电54.9亿 kWh,平均弃光率约3%<sup>[6]</sup>,实现弃光电量和弃光率“双降”,如图4所示。



数据来源:国家可再生能源中心、国家能源局。

图3 2011—2018年全国弃风情况



数据来源:国家能源局。

图4 2013—2018年全国平均弃光率变化情况

近年来,虽然我国光伏发电整体消纳形势好转,但局部地区弃光情况仍然比较严峻。据统计,2017年全国光伏发电量1 182亿 kWh,比2016年增长78.6%,全国弃光电量73亿 kWh,弃光率5.7%,比2016年下降4.3个百分点。同期,西北五省(区)(陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆)全年光伏发电量407.3亿 kWh,弃光电量66.7亿 kWh,占全国弃光电量的91.4%,弃光率13.7%。特别是新疆地区弃光率为21.6%,高居西北五省区乃至全国榜首,其他西北四省(区)弃光率由高到低依次为甘肃20.8%、陕西13.0%、宁夏6.4%、青海6.2%,均高于全国5.7%的平均线。2018年,西北地区弃光矛盾持续缓解,其中,新疆(不含兵团)、甘肃弃光电量分别为21.4亿 kWh、10.3亿 kWh,弃光率分别为15.5%、9.8%,同比分别下降

6个、10个百分点<sup>[6]</sup>,二省(区)弃光电量合计31.7亿 kWh,占全国弃风电量的57.7%,西北五省(区)2014—2018年的弃光量与弃光率,如图5所示。



资料来源:国网能源院《2019中国新能源发电分析报告》。

图5 西北五省(区)2014—2018年弃光量与弃光率

近几年“三弃”现象虽有所缓解,但重点地区形势依然严峻。国家能源局提出,到2020年,全国弃风率控制在5%左右,努力把“三北”地区弃光率控制在5%以内,其他地区基本做到不弃光。目前看来,这一消纳任务还十分繁重。

## 2 我国可再生能源消纳制约因素分析

随着我国可再生能源的规模化发展,受到装机规模、用电负荷、输送通道等多重因素影响,弃水、弃风、弃光“三弃”问题也逐步显现,清洁能源消纳问题较为突出。从目前看,我国可再生能源消纳难的原因主要包括:供需问题、调送问题、调峰问题、体制机制问题等,“三弃”问题的症结分析主要在以下方面。

### 2.1 供需结构失衡加剧弃电

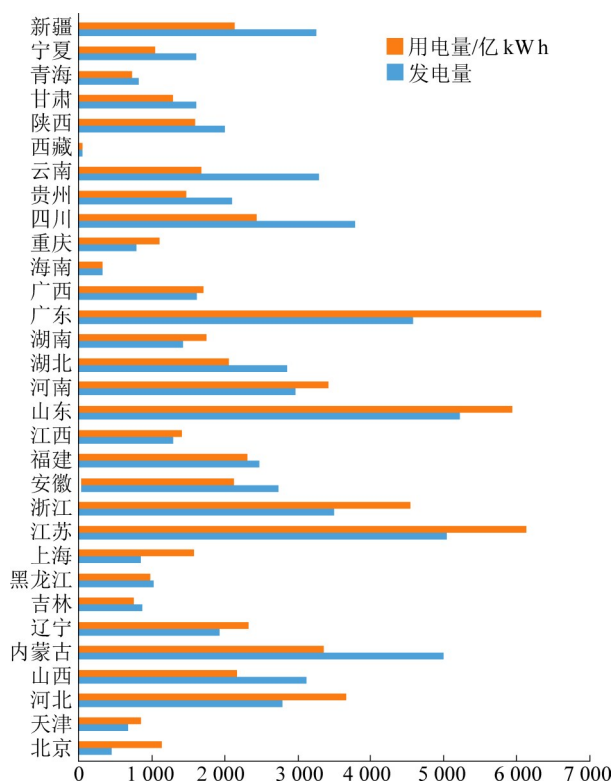
“十二五”以来,包括新能源在内的我国各类电源装机保持较快增长,特别是我国“三北”地区新能源集中式大规模开发,装机占比持续提高,发电量快速增长,当地负荷增长趋缓,新能源规模与本地消纳市场严重不匹配,加剧新能源消纳矛盾。2018年,我国全部能源发电同比增长8.4%,其中,并网太阳能、风电发电量同比增长50.8%、20.2%<sup>[7]</sup>,远高于全部发电增长水平。尤其在我国西北地区,风电、光伏装机容量大,2018年,风电、光伏装机比重为青海43.9%、甘肃41.5%、宁夏38.8%,青海、甘肃新能源发电装机已经超过水电和火电装机容量,发电量占本省发电量的比重

青海、甘肃、宁夏、内蒙古均超过15%<sup>[7]</sup>，但青海、甘肃、新疆等省内用电基数小、用电需求有限，全社会用电量小于发电量（图6），用电量占全国的比重低。如2018年，西部地区、中部地区全社会用电量占全国的比重分别为26.9%、19.0%（表1）；同时，外送电量有限，可再生能源超常规发展超过当地市场承载能力，用电市场无法支撑新增电源发电需求，直接造成弃风弃光电量增加<sup>[8]</sup>，可再生能源消纳受限。

表1 2018年我国四大地区全社会用电量结构 %

| 地 区  | 增速   | 占全国比重 | 对全国用电增长拉动力 |
|------|------|-------|------------|
| 全 国  | 8.5  | 100   | —          |
| 东部地区 | 6.9  | 48.3  | 3.4        |
| 中部地区 | 9.6  | 19.0  | 1.8        |
| 西部地区 | 10.9 | 26.9  | 2.9        |
| 东北地区 | 6.9  | 5.8   | 0.4        |

资料来源：中国电力企业联合会《中国电力工业现状与展望（2019）》。



资料来源：2018年中国发电装机结构情况与各省份排行，搜狐网。

图6 2018年全国各地区发电用电对比

## 2.2 网源发展统筹不够

我国能源资源与负荷中心呈逆向分布的基本格局以及输送通道不足、省间壁垒等，导致可再

生能源外送消纳受限。

一是我国新能源资源分布矛盾造成资源输送矛盾。我国“三北”地区风能、太阳能资源丰富，大规模风电、光伏基地集中，这些地区新能源基地与负荷中心呈逆向分布，远离经济发达的中东部负荷中心，跨区输送能力不足。比如在甘肃，截至2017年年底，清洁能源装机合计2 936万kWh，是本地最大用电负荷的2倍，富余电力主要通过酒泉至湖南特高压直流外送，最大输电能力只有800万kW<sup>[9]</sup>，跨区输送容量不足。

二是新能源建设规划和电网规划建设时序不匹配，配套电网规划建设滞后。外送通道的核准相对滞后、电网收益低、投资能力不足等，都造成电源与配套电网项目不协调。电力输送通道在规划和建设进度、配套规划灵活电源等方面滞后，导致有电送不出的“窝电”现象。

## 2.3 系统调峰能力不足

风电、太阳能等可再生能源的波动性及发电系统的运行特性，需要增加煤电等可调节电源，才能保障电力系统安全可靠连续供电，而我国煤电灵活性改造滞后、灵活调节电源占比低等都制约了可再生能源消纳。我国电源结构以火电为主，抽水蓄能、燃气等灵活调节电源比重约为6%（“三北”地区为4%）<sup>[9]</sup>，特别是在可再生能源资源富集地区，系统灵活性不足。据国网统计，截至2018年11月，“三北”地区煤电灵活性改造数量完成4 069万kW<sup>[10]</sup>，距《电力发展“十三五”规划》中“到2020年，热电联产机组和常规煤电灵活性改造规模分别达到1.33亿kW和8 600万kW左右”的目标要求差距很大，且参与调峰积极性不高，而美国灵活调节电源占比在50%以上，西班牙在40%以上。此外，我国部分省区自备电厂装机规模较大，这些自备电厂基本不参与电网调峰，调峰能力十分有限；东北地区由于供热机组比重大，也增大了调峰难度，这都增加了可再生能源的消纳难度。

## 2.4 电力调度管理矛盾

我国电力运行调度很大程度上采取计划调度方式，地方主管部门制定火电机组发电计划、计划电量，这种“计划”方式一定程度上挤压了可再生能源发展空间。尽管按照《可再生能源发电全额保障性收购管理办法》要求，应足量预留清洁能源优先发电空间，但真正落实尚有距离。由于火电年度电量计划为刚性计划，调度为了完成

火电年度计划不得限制新能源电量；同时，大用户直供电合同的刚性执行在一定程度上也固化了传统电源的市场份额，压缩了可再生能源消纳空间。此外，我国电网企业拥有电网所有权和经营、输电权，具有市场优势地位，又通过下属电力调度机构直接组织和协调电力系统运行<sup>[1]</sup>，不利于市场主体自由公平交易。2019年11月22日，国家能源局发布《电网企业全额保障性收购可再生能源电量监管办法（修订）（征求意见稿）》，要求电网企业全额保障性收购，并优先、足额结算、不得阻碍新能源并网，对规范电网企业行为作出规定和约束，并制定了处罚措施，将对新能源消纳起到积极作用。

## 2.5 市场机制有待完善

从深层次上看，弃水弃风弃光问题反映了我国电力运行机制、电力市场体制的深层次矛盾。我国电力供需仍以省内平衡和就地消纳为主，而水电的“丰余枯缺”特点和风光电的“波动性”，仅靠本地运行调度优化已不能解决市场消纳问题，需依赖更大范围市场消纳<sup>[1]</sup>，迫切需要扩大可再生能源跨省区市场交易规模、统筹推进电力现货市场以及辅助服务补偿（市场）机制建设，促进清洁能源更大范围消纳。我国电力市场正在建设中，刚放开配电、售电环节，可再生能源电力参与中长期交易、辅助服务补偿交易等尚处于启动试点阶段。由于缺乏促进可再生能源跨区跨省消纳的约束性政策以及市场交易机制，省间壁垒严重，各省对接纳可再生能源积极性不足，尤其在供大于求等利益冲突下，跨区跨省调节电力供需难度较大，可再生能源异地消纳矛盾较为突出。

此外，全国电力现货市场尚处于建设试点阶段。从2017年8月我国在南方（以广东起步）、浙江、山西等8个省份开展电力现货市场试点，到2019年6月底，首批8个试点省均处于市场模拟试运行阶段，电力辅助服务市场尚不能与现货电量市场协调衔接，现货电力市场模式、运营规则、技术系统、参数设计等需要进一步完善优化，用电侧和清洁能源消纳参与现货市场仍处于探索阶段。

## 3 促进可再生能源消纳的思路和措施

推动可再生能源持续发展，是提高能源安全保障水平重要途径之一，解决可再生能源消纳问题是当前发展可再生能源的重要任务。

### 3.1 促进可再生能源消纳的思路

首先，要优化可再生能源开布局。坚持集中式与分布式开发并举，推动可再生能源布局进一步向东中部地区倾斜。加强新能源和电网协调规划，以电网规划引领可再生能源有序发展。统筹电源、电网、调峰能力建设，推进各省区可再生能源消纳电网工程建设，保障新能源送得出。

其次，科学制定可再生能源消纳指标。考虑全社会电力供应总成本最低原则，制定可再生能源消纳指标。要研究可再生能源合理弃电指标。从技术经济和全社会用电成本的角度考虑，可再生能源消纳存在一个合理的弃电范围，片面追求全部消纳，将极大提高系统的备用成本。

第三，促进煤电有序清洁发展。为了提高电力供应中长期保障能力，煤电仍需适度发展，并保持科学合理的发电装机充裕度，应对可再生能源电力可信容量不足的风险，提高发输电系统的供电可靠性。基于上述考虑，需要研究构建容量市场的可行性，吸引电源投资的积极性，为传统电源投资主体提供基本的投资回收保障。

第四，加快推进电力体制改革及市场建设。加快建设全国统一电力市场，推进电力现货市场和辅助服务补偿市场建设，扩大市场资源优化配置范围和程度；出台促进可中断负荷、清洁供暖的配套激励政策，制定落实灵活电价政策，积极促进电能替代。

### 3.2 促进可再生能源消纳的措施

可再生能源消纳涉及电源、电网、负荷、技术、政策、管理、市场机制等多个方面，是一项系统工程，需要从规划管理、政策与市场、调度运行、技术创新等多个层面综合施策，促进可再生能源消纳。

#### 3.2.1 做好顶层设计，统筹源网荷协调发展

可再生能源消纳与送受端省份、电源企业、电网公司等多个利益相关，要坚持能源系统大范围配置与就地消纳相结合原则，在国家层面加强“网源荷储”统一规划，加强规划的系统性和指导性作用。综合考虑各地资源条件、电网条件、负荷水平等因素，优化可再生能源项目的开布局、规模和开发时序，加强新能源与电网协调规划。着眼中长期可再生能源开发和消纳需求，制定中长期电网布局规划，重点推进新能源资源富集地区的电网规划建设。超前开展新能源消纳规划研究。统筹研究可再生能源消纳方案和电网建设方

案，并在全国电力规划中加以明确，提升跨区度量和协同互济保供能力。

注重提高现有发电机组利用率，避免“边建边弃”。严格执行风电、光伏发电投资监测预警机制，实施煤电预警机制，严格控制弃风弃光严重地区的风电和光伏发电新增建设规模，可再生能源重大项目转移到有用用电负荷支撑的“三弃”较少的中东部和南方地区。

### 3.2.2 建立市场，推进电力现货和辅助服务市场建设

我国新能源已具备相当规模，但电力市场的建设却刚刚起步。要加快建立全国性电力交易市场，健全市场化交易机制，构建清洁能源消纳长效机制。

我国电力市场的设计从开始就应考虑能源转型和高比例可再生能源接入对电力系统和电力市场体系的要求，注重多级市场协调配合，促进新能源消纳。应积极探索建立包含容量市场（现货交易和中长期交易）、辅助服务市场（含灵活调节服务）、跨省跨区交易市场以及绿证交易市场等在内的多元化市场架构，建立常规能源为新能源调峰的辅助服务和补偿机制，为新能源和常规电源盈利提供充足的市场选择与空间，发挥市场调节功能，解决可再生能源并网消纳问题，促进高比例新能源电力接入条件下的电力转型。

在未来的电力系统里，应包含三大市场。一是度电市场，即能量市场，体现的是能量提供的价值；二是电力市场，即非能量市场，体现的是运行灵活性、电力支撑能力等辅助服务的价值；三为政策性市场，包括绿证交易市场、碳交易市场、能效市场等，体现的是绿色环保等外部价值。这三部分市场将共同构成一个完整的能源电力大市场。能量市场是可再生能源获利的主阵地，可再生能源提供的是绿色电力，运行成本低，边际成本趋近于零，这是它的优势所在，适合在能量市场获取收益；传统电源煤电机组在能量市场中，在供需形势紧张的时段可占据一席之地，但更多时候应发挥其可调度 and 灵活性的优势，提供辅助服务，在这一领域获取投资回报，实现从“单纯电能量提供者”向“电能量与灵活调节服务供应商”的转变；可再生能源除了可以在能量市场上获利之外，其绿色低碳的环保价值可以在政策性市场上得到体现，前提是国家要出台明确且严格的政策目标和要求，如建立可再生能源配额制及

绿色证书交易制度。这三方面的市场架构，可充分体现不同能源品种所提供的能源电力服务所包含的价值<sup>[12]</sup>。

近期，应重点加快推动全国统一电力市场建设，建设可再生能源跨省区现货交易市场，建立辅助服务补偿机制与分摊机制，逐步实现调频、备用等辅助服务补偿机制市场化；实施绿证机制，落实消费侧消纳责任。

### 3.2.3 促平价上网，完善清洁能源消纳政策和体制机制

落实可再生能源电力消纳责任、优先利用等相关政策。2019年5月，国家发改委、国家能源局发布《关于建立健全可再生能源电力消纳保障机制的通知》，将2018年征求了3轮意见的可再生能源电力“配额制”改为消纳保障机制，该文件确定了各省级区域的可再生能源电量在电力消费中的占比目标，即可再生能源电力消纳责任权重，明确了政府部门、电网企业、各类市场主体的责任<sup>[13]</sup>，确保可再生能源电力的市场消纳，为可再生能源的持续性发展提供制度性保障。要加强各省风光电消纳比重指标的约束性和强制性，同时兼顾与碳排放权配额等制度的协调关系；建立全社会承担新能源发展的责任义务，增强各地接纳省外可再生能源电力的积极性。落实和完善《可再生能源发电全额保障性收购管理办法》，建立统一数据信息平台，加强全额保障性收购制度监管，保障新能源发电全额收购。落实清洁能源优先发电制度，预留清洁能源优先发电空间，优先消纳政府间协议水电跨省跨区输电电量和保障利用小时内的新能源电量。

完善我国非水可再生能源电价政策。对风电、光伏发电等实现规模化发展的可再生能源发电，积极开展上网侧平价上网示范。开展上网侧峰谷分时电价试点和可再生能源就近消纳输配电价试点<sup>[14]</sup>，鼓励各类用户消纳可再生能源电量。继续加大可再生能源上网电价补贴退坡力度，制定逐年补贴退坡计划，直至补贴资金彻底退出，倒逼产业技术进步和成本降低，尽早实现平价上网。

### 3.2.4 推进全面创新，加速技术创新与应用

储能和需求侧管理可以有效改善新能源的不稳定性，使更多的新能源得到消纳和高效利用。要加大研发投入，加快技术进步，降低可再生能源发电、用电成本，加快研究开发推进大型储能、光热、智能电网等新技术、新模式、新业态应用。

重点突破一批电网、装备和零部件技术攻关与国产化进程。推广大规模“源-网-荷”友好互动系统应用,加快虚拟同步发电机、微电网、“互联网+”智慧能源等关键技术攻关,加强适应高比例新能源的安全稳定控制技术、虚拟同步技术研究与应用,保障电网安全运行。大力支持储能技术研发和应用。推进抽水蓄能技术规模化应用,开展电池储能、压缩空气储能、储热等技术与示范应用。加强物联网、人工智能在电网应用的研究,提升配电网智能化水平与技术支撑,进一步发挥电网资源配置平台作用,积极打造不同层级的智能电网示范区。

### 3.2.5 有序实施火电灵活改造,提升电力系统输电能力

优化电源结构,增加电源装机中可调节电源比重,提供更多调峰容量配合可再生能源消纳。合理配置调峰电源,在“三北”有条件区域,加快建设抽水蓄能电站等灵活性调节电源以及储能电站;继续示范应用具有灵活调节能力的光热与地热发电,提高系统中电源的调节能力。

改进燃煤机组参与系统调峰的能力。有续推动现役煤电机组灵活性改造工程,优先对“三北”地区新能源消纳问题突出省区热电机组进行灵活性改造,提高机组的健康程度。挖掘常规机组的调峰潜力,尤其是自备电厂和供暖期供热机组调节能力,为可再生能源提供快速爬坡和容量备用服务,缓解新能源弃风弃光矛盾。

建立调峰辅助服务补偿机制。调峰辅助服务是推动灵活性改造的重要市场机制。应从顶层设计上区分电量和电力的价值,并给予合理的价值标准,以市场激励释放更多的灵活性资源,引导煤电企业加速转型。总结我国东北、福建、山东、山西、新疆、宁夏、广东、甘肃等地电力辅助服务市场改革试点经验,完善可再生能源消纳补偿机制。按照“谁受益,谁承担”的原则,建立电力用户参与承担辅助服务费用的机制,解决辅助服务成本过多在发电企业之间分摊、增加新能源企业经营压力的问题。在全国现货电力市场完全建立前,探索将辅助服务费用纳入电网购电费用,或者作为电网系统平衡成本纳入输配电价中<sup>[14]</sup>,在电力价格体系中予以体现。

### 3.2.6 加强外送通道建设,扩大新能源优化配置范围

加强送出通道建设和管理。大力推进新能源

资源富集地区骨干网架建设,为清洁能源资源在全国范围优化配置奠定坚强的“硬件”基础。推动跨区通道配套电源建设,提升通道利用效率。在送端优化新能源和其他电源匹配比例,尽快将停建缓建电源项目移出禁建名单,推动配套电源项目落地。同步加强送受端配套电网建设,释放跨省跨区输电工程的输电能力。

加强电力调度和新能源生产精细化运行。提升新能源功率预测精度,优化实行新能源统一调度,充分发挥区域电网资源优化配置能力,最大限度地开展联络线跨省调峰支援。利用大数据、云计算等技术,科学优化调度,充分发挥大电网作用,开展跨区、跨流域风光水火联合运行,提高发电稳定性,实现与用户响应的联合平衡。

### 3.2.7 实施需求侧响应和电能替代,拓展消纳空间

未来一段时期,我国可再生能源开发利用规模仍将扩大,为解决可再生能源消纳问题,要鼓励负荷侧积极参与和就近消纳相结合,促进新能源系统消纳。倡导绿色电力消费理念,推行优先利用清洁能源的“绿色消费”模式,优化制定清洁能源用电套餐、可再生能源用电套餐等,引导终端用户优先选用清洁能源电力<sup>[15]</sup>。促进需求侧参与调峰。重点结合电力市场建设,研究市场补偿机制,引导电动汽车参与系统调峰。建立需求响应价格引导机制,以市场价格机制提高负荷灵活性,扩大可中断负荷,推进新能源企业参与大用户直购电或电力直接交易,以优惠电价吸引用电量大的工业企业使用新能源。增加用电负荷,因地制宜推广电能替代技术,实施电能替代价格政策,推广以电代煤、以电代油等清洁能源替代工程,加强可再生能源在工业、交通、建筑等领域的应用,加快清洁能源电能替代。在可再生能源条件具备地区开展风电制氢示范工程,实现可再生能源多途径就近高效利用。

## 4 结 论

可再生能源发展关系我国能源转型全局,“十四五”及未来一段时期,我国可再生能源发展潜力依然强劲,解决消纳问题仍然是可再生能源产业高质量发展的核心和难点,实现2030年非化石能源占一次能源消费比重20%的目标仍充满挑战。为有效缓解“三弃”矛盾,建立清洁能源消纳的长效机制,应从国家层面加强顶层设计,减少政策制度不协调,合理调控可再生能源开发新增规

模和布局，引导合理把握发展节奏；科学处理与煤电发展关系，落实地方、市场主体可再生能源电力消纳责任，完善绿证政策。考虑全社会电力供应总成本最低原则，科学制定可再生能源消纳指标。按照可再生能源与灵活调节资源并行、协调发展的思路，加强可再生能源与电网协调规划，加快推动我国西电东送等跨区跨省重点通道工程建设，配套规划灵活电源，推进可再生能源资源富集地区骨干网架建设，高质量推进抽水蓄能电站建设，进一步提高调峰能力；优化电网调度运行，深化大电网实时平衡能力建设，完善区域内和跨区域旋转备用共享机制，促进清洁能源消纳多级调度协同快速响应<sup>[16]</sup>。加快建设全国统一电力市场，建立清洁能源跨区跨省交易和调峰辅助服务市场机制，发挥跨区现货、区域调峰、省内调峰市场等作用，扩大可再生能源大规模优化配置范围，提升可再生能源利用率。完善电能替代财政补贴和税收优惠等政策，加快清洁能源电能替代、清洁能源供暖，促进需求侧参与调峰，增加可再生能源消纳空间。

#### 参考文献：

- [1] 封红丽.我国可再生能源消纳现状及对策研究[J].电器工业, 2017(10): 14-27.
- [2] 国家统计局.中华人民共和国2018年国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. (2019-02-28) [2020-01-12].[http://www.81.cn/jwgz/2019-02/28/content\\_9436570\\_6.htm?spm=0.0.0.0.gNVken](http://www.81.cn/jwgz/2019-02/28/content_9436570_6.htm?spm=0.0.0.0.gNVken).
- [3] 国家能源局.关于2018年度全国可再生能源电力发展监测评价的通报(国能发新能〔2019〕53号)[EB/OL]. (2019-06-10) [2020-01-12]. [http://zfxgk.nea.gov.cn/auto87/201906/t20190610\\_3673.htm](http://zfxgk.nea.gov.cn/auto87/201906/t20190610_3673.htm).
- [4] 国家发展改革委, 国家能源局.关于建立健全可再生能源电力消纳保障机制的通知(发改能源〔2019〕807号)[EB/OL]. (2019-05-15) [2020-01-12]. [http://zfxgk.nea.gov.cn/auto87/201905/t20190515\\_3662.htm](http://zfxgk.nea.gov.cn/auto87/201905/t20190515_3662.htm).
- [5] 国家能源局.关于2018年度全国可再生能源电力发展监测评价的通报(国能发新能〔2019〕53号)[EB/OL]. (2019-06-10) [2020-01-12].[http://zfxgk.nea.gov.cn/auto87/201906/t20190610\\_3673.htm](http://zfxgk.nea.gov.cn/auto87/201906/t20190610_3673.htm).
- [6] 国家能源局.2018年可再生能源并网运行情况介绍[EB/OL]. (2019-01-29) [2020-01-12].<http://www.chinapower.com.cn/dwzhxw/20190129/1264675.html>.
- [7] 中国电力企业联合会.中国电力工业现状与展望(2019)[EB/OL]. (2019-02-27) [2020-01-12]. <http://www.cec.org.cn/yaowenkuaidi/2019-02-27/189079.html>.
- [8] 裴哲义, 王彩霞, 和青, 等.对中国新能源消纳问题的分析与建议[J].中国电力, 2016(11): 1-7.
- [9] 舒印彪.根本上解决清洁能源“三弃”问题[EB/OL]. (2018-03-13) [2020-01-12].[http://www.360doc.com/content/18/0313/08/42278386\\_736546872.shtml](http://www.360doc.com/content/18/0313/08/42278386_736546872.shtml).
- [10] 李帅.煤电灵活性改造仅完成规划目标两成, 什么原因?[EB/OL]. (2019-01-09) [2020-01-12].[https://m.sohu.com/a/287817137\\_120048522](https://m.sohu.com/a/287817137_120048522).
- [11] 赵勇强, 王红芳.我国可再生能源限电问题分析及对策建议[J].中国能源, 2015, 37(12): 23-28.
- [12] 翁爽.电力市场的构建需深刻认识电源的灵活性价值——专访国网能源研究院有限公司副院长蒋莉萍[J].中国电力企业管理, 2019(28): 30-33.
- [13] 陶冶.关于实施“建立健全可再生能源电力消纳保障机制”的思考[J].中国能源报, 2019-05-16.
- [14] 时璟丽, 赵勇强.问症可再生能源电力“消纳难”[N].中国能源报, 2018-05-14(4).
- [15] 国家发展改革委, 国家能源局.《清洁能源消纳行动计划(2018—2020年)》(发改能源规〔2018〕1575号)[EB/OL]. (2018-12-04) [2020-01-12]. <http://zjb.nea.gov.cn/article/zygg/d1/201812/3022.htm>.
- [16] 王旭辉.“三弃”问题得到有效缓解[J].中国能源报, 2020-01-13(01).

---

作者简介：王云珠（1963—），女，山西五寨人，研究员，主要研究方向为能源经济。E-mail: 13015441300@163.com

---

责编：柳妮