

doi:10.16104/j.issn.1673-1883.2022.02.010

# “双碳”目标下我国光伏产业高质量发展的难点与对策

张芳<sup>a</sup>, 邹俊<sup>b</sup>

(安徽工程大学 a.经济与管理学院; b.人文学院, 安徽 芜湖 241000)

**摘要:**随着我国碳达峰、碳中和时间表的提出,大力发展绿色清洁能源、建立低碳循环经济体已成为我国经济高质量发展的必由之路。随着低碳消费和数字化时代的到来,我国光伏产业迎来了史无前例的历史机遇,但目前光伏产业还面临着产能过剩、低碳核心技术欠缺、融资成本高、碳交易市场不够健全等挑战。光伏作为最大的绿色能源在未来仍有广阔发展前景,“双碳”目标下若在数字化转型、核心技术突破、绿色金融创新、碳交易市场完善、商业模式创新等方面采取有效举措将为光伏产业的高质量发展提供巨大的动力。

**关键词:**碳中和;碳达峰;光伏产业;碳交易

**中图分类号:**F272.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1883(2022)02-0053-05

## Difficulties and Countermeasures of High-quality Development of China's Photovoltaic Industry under the Goal of "double carbon"

ZHANG Fang<sup>a</sup>, ZOU Jun<sup>b</sup>

(a. School of Economics and Management;

b. School of Humanities, Anhui Polytechnic University, Wuhu, Anhui 241000, China)

**Abstract:** With the proposal of China's carbon peak and carbon neutralization schedule, vigorously developing green and clean energy and establishing a low-carbon circular economy system has become the only way for China's high-quality economic development. With the advent of low-carbon consumption and the digital era, China's photovoltaic industry has ushered in unprecedented historical opportunities. However, at present, the photovoltaic industry is still facing challenges such as overcapacity, lack of low-carbon core technology, high financing cost and imperfect carbon trading market. As the largest green energy, photovoltaic still has broad development prospects in the future. Under the "double carbon" goal, if effective measures are taken in digital transformation, core technology breakthrough, green financial innovation, carbon trading market improvement and business model innovation, it will provide a huge driving force for the high-quality development of photovoltaic industry.

**Keywords:** carbon neutralization; carbon peak; photovoltaic industry; carbon trading

2020年9月,习近平总书记在联合国大会上宣布“将提高国家自主贡献力度,采取更加有力的政策和措施,二氧化碳排放力争2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和”<sup>[1]</sup>。2021年3月,习近平主席在中央财经委员会第九次会议中,对推动碳达峰、碳中和做出系统部署,明确指出要着力构建以新能源为主的新型电力系统,为我国能源清洁低碳转型指明了方向。碳中和、碳达峰是我国向世界做出的庄严承诺,指引着我国生态文明建设进入到以降碳为核心的战略方向,是一场广泛而深刻

的社会经济变革。2011年,中国光伏装机容量仅为欧盟的6%,从2013年起,国家加大节能减排力度,光伏产业得到迅速发展,2017年,光伏装机容量就已经超过欧盟的总和。同时,凭借技术和规模的优势,光伏转换效率不断提升,光伏的发电成本逐年下降,降幅超过90%。目前,在中国很多地区,光伏电价已经低于火电电价,光伏将成为我国中长期上网电价最低的供电方式。“双碳”目标的提出,给光伏产业的发展带来了广阔的前景,但同时也面临着巨大的挑战,光伏企业任重道远,需要抓住史无前

收稿日期:2022-01-14

基金项目:安徽省社会科学规划项目:供给侧改革背景下安徽绿色产业发展的路径选择与政策设计研究(AHSKY2019D091)。

作者简介:张芳(1980—),女,安徽芜湖人,经济学博士,副教授,硕士生导师,研究方向:产业组织理论、绿色经济。

例的历史机遇,不断自我突破,实现质的飞跃。

## 一、“双碳”目标下我国光伏产业发展的新机遇

### (一) 清洁能源是世界能源转型的必然趋势

目前我国能源碳排放结构中,电力碳排放占比达到 40% 以上,钢铁冶炼及加工碳排放占比约 18%,电力碳排放量最大,因此,低碳发电是实现“双碳”目标的重要路径之一,也是向光伏、风电等清洁能源转型的必由之路。与欧美国家不同的是,中国的能源结构以化石能源为主,其中煤炭消费最大,2019 年煤炭消费占比 58%,而同年美国和欧盟的煤炭消费占比仅为 12% 和 11%,中国能源需逐渐以化石能源为主的能源消费结构向可再生能源为主的能源消费结构转变。根据全球能源转型委员会报告,到 2050 年,一次能源结构将发生巨大变化,其中化石燃料需求降幅超过 90%,风能、太阳能和生物质能将成为主要能源,风能、太阳能比重将达到 75%<sup>[2]</sup>。以清洁、无碳、智能、高效为核心的“新能源”+“智能源”的第三次能源转型是世界能源转型的发展趋势<sup>[4]</sup>。由于能源转型的迫切性,将对供电与供热行业、新能源制造等行业产生深远影响,光伏、风电等绿色能源产业未来发展前景巨大。“双碳”目标将在世界范围引发一场深刻的绿色工业革命,未来一定是清洁能源的舞台,抓住机遇,有望使我国在新的动力系统角逐中占据优势。

### (二) 低碳技术将成为世界经济发展的新动力

中国经济正在向高质量发展阶段转型,各种生产要素成本上升,传统发展动力逐渐减弱,需要培育经济增长的新动力和新引擎,而在新一轮科技革命中,绿色科技创新和低碳技术进步成为世界能源转型的新动力,这是未来中国 30~50 年发展的巨大机遇。目前,中国是世界上清洁能源发展速度最快、规模最大、应用范围最广的国家,各类清洁能源的增长速度均居世界首位。世界能源转型的背景下,国际竞争的焦点也将逐渐转移到低碳技术价值链的控制上,即新能源和低碳技术的研发、制造和消费服务价值链<sup>[3]</sup>。中国积极推进能源转型战略,优化能源结构,推动能源高效开发利用,其中关键因素就是要提高科技创新能力,加快掌握核心技术,控制低碳技术价值链,才能在未来的经济发展、能源安全和国家竞争中占据优势。2021 年 1 月,北京金风科技亦庄智慧园区由北京绿色交易所认证,成为中国首个可再生能源“碳中和”智慧园区。该园区具有可再生能源、智慧微网、智慧水务、绿色农

业和运动健康等多种业态,其中,智慧微网具有分散式风电、分布式发电、锂电池、超级电容等多种形式,园区凭借其在绿电、绿证、碳市场方面的丰富经验和行业渠道,将零碳目标付诸实现。

### (三) 低碳生活将成为未来消费的主体

目前,从国内需求看,按照到 2030 年非化石能源发电占比 50% 的目标趋势,年均新增装机需求为 44~63 吉瓦,而 2019 年国内和全球光伏新增装机量分别为 30 吉瓦和 120 吉瓦,依照这一测算结果看,光伏在未来一段时间内将继续保持扩产。在碳中和目标下,低碳、节能、环保将是未来消费生活的趋势,低碳产品日益受到消费者的青睐,很多地区已形成“光伏+”的融合发展模式,绿色能源成为低碳生活的首选,光伏产品已走入寻常百姓家。随着扩大国内需求成为国家长期发展的战略基点,国内消费对碳排放的影响将不断增强,因而生活方式的低碳化程度将成为影响国家低碳发展进程的重要因素<sup>[4]</sup>。可再生能源市场规模不断扩大,以及技术不断提高,使得可再生能源成本逐渐降低,成本的降低将会进一步促进光伏电力的普及和应用。目前,中国很多机场、车站、停车场、工业园、小区已经广泛应用绿色能源,未来,随着光伏平价上网时代的到来,绿色能源将和居民的生活紧密结合。2014 年,内蒙古磴口县光伏生态产业示范基地开发建设占地面积 3 万亩,其中太阳能光伏项目投资 49 亿元,规划装机容量为 500 兆瓦。目前,该基地已初具规模,已有多家企业入驻,建成后的基地将形成一个集光伏发电、现代牧业、沙草产业、生态旅游为一体的光伏生态产业治理示范基地,每年可节约标煤 78 000 吨,减少二氧化硫排放 780 吨。

### (四) 光伏产业数字化进程加快,产业进入智能化时代

“双碳”目标的提出,优先发展光伏、风电等非化石能源已成为国家战略的一部分,这是我国光伏产业绝佳的发展机遇。根据国家统计局数据显示,2016—2020 年,全国光伏累计新增装机超过 2 亿千瓦,2020 年我国光伏装机容量为 2.53 亿千瓦,同比增长 24.1%。在十几年的发展过程中,我国的光伏产业也经过了一些曲折的发展历程,经历了由低谷到蓬勃发展的阶段,在国家政策的指引和扶持下,现在的光伏产业已经逐渐成长为具有成熟的产业链、先进的制造水平和广阔前景的战略新兴产业,光伏产业在制造规模、技术水平、市场化应用、行业标准等建设方面均有较大发展,有些领域已经位居世界前列。目前,我国部分地区已经实现光伏平价

上网,光伏平价开始走向光储平价,传统储能逐渐走向智能储能,光伏作为绿电已经走进寻常百姓家。“双碳”目标下,数字经济蓬勃发展不断推进光伏产业数字化升级改造的进程,光伏与互联网、大数据、云计算等信息行业不断融合,生产方式不断创新,产业智能化的水平不断加速。

## 二、碳中和目标下我国光伏产业高质量发展的难点

### (一) 光伏产业高质量发展的内涵

在绿色发展理念的指引下,世界经济形势将发生巨大的转变,高污染、高能耗的产业将不断淘汰,低污染、低能耗的产业将不断上升。实现“提质增效、创新驱动、协调健全和绿色低碳”是产业高质量发展的目标。中央财经工作领导小组办公室副主任杨伟民指出,高质量发展“是能够很好地满足人民日益增长的美好生活需要的发展,是体现新发展理念的发展,是创新成为第一动力、协调成为内生特点、绿色成为普遍形态、开放成为必由之路、共享成为根本目的的发展”<sup>[5]</sup>。光伏产业所倡导的绿色发展理念就是高质量经济发展模式,通过价值驱动和创新驱动,注重在生产、销售等各个环节实现低污染、低能耗、高效率,提升资源利用价值,实现环境友好目标,使光伏产业真正成为绿色低碳产业。光伏产业经过 20 多年发展,在产量、规模 and 市场份额等方面占比都居世界前列,但产业发展内涵还需进一步提升,只有不断提高产业的创新能力,健全产业协调机制,增强产业的自主活力,未来才能适应世界经济发展新趋势。

### (二) 碳中和目标下我国光伏产业高质量发展的难点

1. 产能过剩依然存在,供需平衡调整困难。在碳中和目标的引领下,我国光伏制造业的产能不断扩大,产业链不断优化,国际竞争力不断加强,以央企、地方国企为代表的光伏电站开始新一轮扩产。2021 年上半年,部分原材料和辅材市场出现紧缺,多晶硅、硅料、硅片、电池片、组件、逆变器、玻璃等辅材价格不断上升,而另一端是电池价格下跌、库存积压严重,毛利持续下降。产能过剩给行业带来的不利影响是深远的,一旦产能过剩,行业复苏十分艰难。以我国多晶硅为例,到 2022 年将超过 20 万吨的产能释放,占到全球多晶硅产能的 1/3 规模,多晶硅在光伏产业链中具有技术门槛高、投资资金多、生产管理难度大,用途单一等特点,一旦遇到生产过剩,光伏原材料需求下滑,多晶硅首当其冲,企

业难以转产,停产代价非常大。光伏产业尚未形成完全市场化的价格调整机制,产业链供需的风险依然存在,如果部分环节受到掣肘,将导致整个光伏行业受到冲击。运用市场化的价格调整机制,建立行业预警系统,严控产能过剩,是实现产业链上下游协调发展、供需平衡的重要手段。

2. 低碳核心技术还需突破,光伏产业数字化转型欠缺。中国的绿色技术创新还处在起步阶段,一方面节能技术创新虽然进步巨大,但与世界先进水平还有一定差距,一些指标还落后于一些发达国家。即便在节能技术比较领先的粤苏沪地区,拥有自主知识产权、核心技术和高附加值的节能环保产品也普遍缺乏,一些节能技术的关键技术与核心元器件及材料还受制于发达国家<sup>[6]</sup>。光伏产业经过十几年发展,已经成为绿色能源领域的佼佼者,产业在生产制造、核心技术、数字化转型等方面都已经得到较快发展,和互联网的深度融合给企业带来最新的市场需求信息,通过数字化手段能将能源的生产、供给和销售结合起来,把握住最新的市场动态。但目前,光伏企业向数字化转型的过程中还存在很多困难,比如企业数字化成本高、数字化能力弱、人才不足、关键技术还需突破等。光伏数字化成本高是困扰光伏企业的主要问题,在光伏制造领域,数字化设备价格高、投资回报期长,企业目前还没有达到全产业链的数字化改造,实现全产业链优化。光伏组件及部分辅材加工领域依然采用传统管理模式,生产效率较低。其次,光伏企业数字化能力较弱,数字化水平不够高,相关人才缺乏。比如光伏电站的后期运营中还存在智能化系统不够稳定等状况,光伏设备的高转换率还有待提升,光伏微网的建设还未普及,部分企业由于人才缺乏难以适应新的数字化运行方式。

3. 企业融资成本高,碳市场金融创新不足。目前,光伏企业想要突破关键性技术,如储能技术、并网技术、生产线的智能化改造等技术都要大量的资金支持,而企业融资难、融资成本高、融资渠道窄及融资速度慢是制约行业发展的重要因素。对于大型光伏电站项目来说,前期投入资金非常大,建设周期也比较长,后面融资一旦出现波动,就很容易造成资金链的断裂。而中小光伏企业融资的困难就更多,比如分布式光伏发电项目的特点是周期短,但融资程序复杂、融资时间长等困难会导致项目错失有利时机。目前,传统的融资渠道比较单一,针对光伏、风电等绿色能源缺乏创新的融资模式,一些光伏企业长期市净率较低,无法满足企业

经营资金的需求,高负债率也使企业融资受限。融资方式可以借鉴国外案例,美国利用物联网、大数据和云计算应用到绿色清洁能源发电站和分布式发电项目,帮助企业实现创新的融资模式,比如微电社区的隔墙售电等。当前,光伏发电正走向平价上网的关键期,绿色金融的有力支持可以助力于优质的光伏项目、示范项目,实现资源优化配置,形成示范效应。

4. 碳市场交易体系不够健全。碳交易市场作为一种市场化的激励机制,将会发挥重要作用。但目前全国碳市场的建设处于初期阶段,仍存在一些短板,如碳交易制度体系不够健全、配额分配不够科学合理、管理层级不够完备等问题。首先,全国碳交易市场还处于早期,为了让更多企业体验碳汇价格,熟悉碳交易制度,目前采取的是免费配额的发放,有偿配额拍卖制度并没有大规模实现,在免费配额制度下,碳价很难突破 200 元/吨,体现到火电发电成本中,实际度电碳成本只有不到 0.04 元/度。其次,我国碳配额市场还不统一,企业拿到配额的时间也不一致,这样就影响了全国碳市场的有序进行,从我国碳交易试点地区的推进情况来看,目前碳价位还处于较低水平,平均碳价只有 22.5 元/吨,这就导致碳交易不够活跃、碳流动性比较低。另外,国家核证自愿减排量(C CER)没有得到很好推行和使用,部分市场还出现了区域性的核证自愿减排量,如福建林业碳汇(FFCER)等。国家核证减排制度从 2012 年开始启动,在经主管部门备案的交易机构内进行交易,单位以“吨二氧化碳”计算,但目前处于停滞状态。CCER 何时重启、如何重启对光伏、风电等绿色能源产业至关重要,光伏企业可以通过拍卖形式卖掉富余的碳配额,获得的收益可以进一步降低光伏电价。

### 三、“双碳”目标下推动我国光伏产业高质量发展的对策

#### (一) 加快光伏企业数字化进程,推进光伏能源向“智能源”转型

第四次工业革命的重大标志就是绿色能源与信息化、网络化、数字化、智能化融合式发展。随着光伏平价上网的目标越来越迫切,光伏应用突飞猛进,进一步推进光伏产业数字化,让数字技术在光伏产业的发展中发挥重要作用,是突破行业瓶颈的重要手段。在新一代数字技术的引领下,光伏产业通过与数字平台深度融合,充分利用大数据、云计算等数字技术,以价值释放为核心,对光伏上、中、

下游的全产业链进行数字化升级、转型和再造。在工业制造方面,推动光伏产业数字化以实现智能制造为目标,有效利用区块链、物联网、人工智能等数字化手段,进行过程优化、设备升级、库存管理,通过数字化技术提高生产效率和管理效率,推动绿色能源高效发展。在市场推广方面,光伏产业数字化应用以用户的需求为导向,充分利用各种要素资源,调动光伏产业与其他产业的跨界融合,继续推广“光伏+”的各种新形式,不断推出新业态、新模式,完善用户的新体验。在资产管理方面,数字化技术助推光伏资产数字化转型,未来可以进一步推动光伏资产的交易、流转和推广,实现绿色能源高效发展。

#### (二) 强化技术创新,提升光伏平价上网速度

碳达峰、碳中和是一个系统工程,必须依靠技术减排和产业政策共同推进,另一方面,应不断强化技术创新,发展氢能、储能、智能电网以及碳捕集利用与封存等二氧化碳减排、碳去除及碳中和技术,筑牢低碳转型基础<sup>[6]</sup>。我国作为世界第一大能源消费国和生产国,在碳中和背景下,要实现绿色能源为主的低碳转型目标关键因素就是要技术创新,加快技术研发力度。近年来,受益于技术进步,光伏发电成本不断下降,2018 年三峡新能源格尔木“领跑者”项目开启了国内光伏平价上网的新局面,项目平均电价为 0.315 元/千瓦·时,而当地煤电标杆电价为 0.324 7/千瓦·时,首次实现光伏电价低于燃煤发电标杆电价。中国光伏产业在技术创新、成本管控、质量监督等方面不断突破,企业由规模和速度导向型发展模式转为质量和技术导向型发展模式,技术创新进一步提高了企业的核心竞争力,实现了企业的高质量发展。同时,知识产权也对技术的研发提供了保障,近年来,光伏类专利申请数量逐年增加,很多关键技术得到突破,未来还需继续加强以市场应用为导向的绿色技术创新,降低产品成本,推动产业可持续发展,助推“双碳”目标。

#### (三) 推动金融创新,增加绿色金融产品供应

推动气候投融资与绿色金融的协同发展,扩大绿色金融试点范围,引导金融机构提前布局净零碳经济,并激发资本市场对低碳转型的支持力度,加强气候投融资的国际合作,并通过国家绿色发展基金、绿色债券等引导社会资本流向低碳行业,将是解决中国低碳融资缺口问题的重要手段<sup>[7]</sup>。光伏产业的持续发展需要不断投入,但存在资金成本高、研发周期长、风险较大、投资回报不确定性等因

素,因此,发挥金融创新,不断推出绿色金融产品,是实现碳中和目标的重要手段。为了积极服务国家碳达峰、碳中和目标,国家开发银行在2021年3月发行首单“碳中和”专题“债券通”绿色金融债券,债券规模200亿元,并获得国际气候债券倡议组织(CBI)贴标认证的“碳中和”债券,所募资金将用于光伏发电等碳减排项目,有效推动绿色能源的推广和应用。2020年7月,国家绿色发展基金成立,基金会将充分利用社会资本,采取市场化的手段,有效推进光伏、风能等绿色能源的健康发展,这对光伏企业来说,可以拓宽融资渠道,降低财务成本,解决资金短缺的一些问题。未来,我国的绿色金融业务还需不断拓宽,创新绿色信贷、绿色债券、绿色保险等业务,为企业提供多元化的融资渠道,有效促进资本转向节能减排、低碳清洁产业的流动。

#### (四) 加强制度创新,建立健全碳排放市场机制

为了早日实现“双碳”目标,我国要加快推进碳排放交易市场,利用市场机制从源头上减少化石能源消费,降低二氧化碳排放,促进可再生能源消费。中国当前碳排放交易市场尚处于构建初期,要进一步完善碳排放交易市场配套细则,实施相关基础设施建设,明晰碳交易相关方的行为标准与规范,健全国家碳排放交易市场体系<sup>[3]</sup>。根据生态环境部发布的信息,截至2020年8月,我国碳交易市场累计成交量超过4亿吨,累计成交额超过90亿元。未来,随着碳交易市场不断扩大,碳价还可能进一步提升,市场规模可能达到400亿元。碳交易市场将涌现出大量的市场机遇,这对光伏、风电等绿色能源企业是重要的机遇。2020年12月,生态环境部发布《碳排放交易管理办法(试行)》,标志着全国碳交易市场开始走向统一。另外,国家核证自愿减排量(CCER)也将是促进可再生能源参与碳市场的有效途径。2020年,中国火电发电量5.28亿度,即产生约40亿吨二氧化碳排放量,仅发电企业的碳市

场,每年CCER消耗量就有2亿吨,约合2000亿度电,这将是一个巨大的市场。北京亦庄园区目前形成了一套“负荷侧绿电碳中和解决方案”,为中国广大企业和科技园区提供了参考样本,园区2020年实现清洁能源电量占比50%,经营所产生温室气体排放总量约11937吨二氧化碳,通过购买中国核证减排量(CCER),抵消园区所排放的全部温室气体,实现碳中和。

#### (五) 鼓励商业模式创新,不断推动“光伏+”融合发展

坚持共享发展,动员全社会力量参与低碳发展。要大力提倡低碳发展成果的共建共享,积极动员全民参与碳达峰、碳中和行动,在全社会广泛形成低碳生产、生活方式,共建生态环境良好的低碳社会<sup>[5]</sup>。光伏产业需要不断创新商业模式,除了生产端不断提高技术以外,应用端还需积极探索“光伏+”的多行业融合发展模式,提高光伏利用效率,发挥节能减排的效应。除了工业用户以外,还要让更多的居民用户体验光伏、接受光伏、使用光伏,培养用户使用绿电、节能减排的习惯,从而自觉自愿地去使用和推广光伏。随着光伏平价电力的到来,未来光伏的应用前景非常广阔,可以形成多种模式融合发展的有效途径。目前“光伏+”的模式已经应用到很多行业,比如“光伏+交通”“光伏+农业”“光伏+建筑”“光伏+渔业”“光伏+通信”“光伏+储能”等,实现了光伏跨界创新,推动了全社会的绿色能源普及和应用。这种“光伏+”的模式还需不断拓展,通过多产业融合来进一步拓宽光伏的发展空间,实现生产端和应用端的共赢。例如内蒙古磴口光伏生态产业示范基地,积极探索“光伏+”新模式,将光伏发电和沙漠治理有机结合在一起,在光伏板下种植沙生植物,光伏板的遮阴效果可以有效改善植物的生长环境,而植物的生长又可以抑制扬尘,减少对发电量的影响,实现经济效益与生态效益的共赢。

#### 参考文献:

- [1] 宋伟玲,肖汝莉.中国光伏产业政策工具演化路径及其启示[J].情报杂志,2022(1):177-184.
- [2] 胡鞍钢.中国实现2030年前碳达峰目标及主要途径[J].北京工业大学学报(社会科学版),2021(3):1-15.
- [3] 邹才能,何东博,贾成业,等.世界能源转型内涵、路径及其对碳中和的意义[J].石油学报,2021(2):233-247.
- [4] 张友国.碳达峰、碳中和工作面临的形势与开局思路[J].行政管理改革,2021(3):77-85.
- [5] 杨伟民.深入学习习近平新时代中国特色社会主义思想推动高质量发展建设现代化经济体系[J].时事报告(党委中心组学习),2018(2):79-97.
- [6] 王利宁.碳中和目标下中国能源转型路径分析[J].国际石油经济,2021(1):2-8.
- [7] 田慧芳.国际碳中和的进展、趋势及启示[J].中国发展观察,2020(23):72-74.