

博弈论视角下我国光伏产业后补贴 时期发展问题及治理对策初探

闫相州

(中国绿发投资集团有限公司, 北京 100020)

摘要: 光伏产业是新能源产业的典型代表,也是我国战略性新兴产业的重要组成部分,是我国推进绿色低碳发展的重要保障。我国光伏产业虽然起步较晚,但近十余年来,在国家光伏补贴政策激励下,产业得到了迅速成长,并且我国目前已成长为全球光伏装机容量最大的国家。然而,在产业发展过程中也出现了项目盲目扩张、过度依赖财政补贴、导致财政压力过大以及缺乏技术创新等一系列的问题。为促进光伏产业健康可持续发展、缓解财政资金压力,国家逐步推进补贴退坡,并在 2022 年彻底取消了光伏发电项目补贴。随着我国“碳达峰、碳中和”战略目标的提出和深入实施,作为低碳、清洁能源代表的光伏产业又被赋予新的使命。有鉴于此,本文基于博弈论视角,通过分析我国光伏产业补贴政策演变及相应的光伏产业发展变化,结合从业人员访谈,对后补贴时代我国光伏产业发展面临的制约因素进行识别诊断,并从政府治理、产业协同、社会公众等方面提出了具体的治理对策建议。

关键词: 光伏产业;政府补贴;平价上网;综合治理

DOI: 10.48014/csdr.20240704001

引用格式: 闫相州. 博弈论视角下我国光伏产业后补贴时期发展问题及治理对策初探[J]. 中国可持续发展评论, 2024, 3(4): 95-106.

0 引言

“2030 碳达峰, 2060 碳中和”是我国提出的重大战略发展目标, 加快做优做强新能源产业是实现“2030 碳达峰, 2060 碳中和”目标的重要选择。光伏产业作为新能源产业的典型代表, 在推动清洁能源发展的浪潮中扮演着愈发重要的角色。光伏产业是一个不断迭代更新的复杂系统, 其产业链长、上下游关联行业多, 且作为电力行业, 其本身就与国计民生息息相关。在国家能源战略的政策导向和牵引、特别是在光伏补贴的激励下, 我国光伏产业从零起步逐渐做强做大。截至 2023 年底, 中国光伏产业的总产值已经突破了 1.7 万亿元大关。与此

同时, 我国的光伏组件产量连续 16 年保持全球第一的位置, 而光伏新增装机量也连续 10 年蝉联世界第一, 光伏累计装机量更是连续 8 年位居全球首位(数据来源: 根据工业和信息化部官方网站数据整理)。

1 政府补贴政策研究

1.1 政府补贴积极影响的研究

政府补贴是政府给予市场经营企业的一种无偿性的财政资金, 目前我国常用的产业补贴模式可主要分为三种类型: 生产补贴、投产补贴、购置补贴^[1]。当企业获得了政府补贴, 能够有效对冲发展

资金不足的风险,以此促进生产效率和生产水平的提高^[2];而且通过研究政府研发补贴对企业创新活动的影响,特别是经过对产业政策的有效性检验后,发现政府补贴尤其能对企业的发展经营绩效带来显著的积极激励作用^[3-5]。政府的补贴政策除了具有激励作用之外,还具有导向及信息传递作用,能告知社会外界,获得政府补贴的产业或企业是受政府支持的,并且该产业或企业具有广阔的市场前景和空间^[6]。政府通过给予产业补贴能对创新活动自身风险带来分散作用,缓解创新投入的压力,同时还能弥补市场调节机制潜在的内在缺陷,能增强产业进行创新研发和投入的信心,带来对创新活动的“挤出效应”^[7-9],同时,通过政府给予稳定的资金补贴,在一定程度上能降低企业因经营活动不善导致的市场退出风险,从而使企业专注于创新能力和经营水平的提高,促使企业推出更多创新成果和经营业绩^[10,11]。从企业内部治理层面看,政府补贴是企业正常经营活动之外获得的额外收入,企业所有者和管理者可以利用这笔营业外收入对企业成员实行激励分配,既可以提高管理层在企业管理层面的权力和权威,也可以对企业成员形成薪酬激励机制优势^[12]。此外还有学者研究发现,企业在得到补贴的刺激下,通常会扩大生产规模,进而雇佣更多员工,同时,这些企业还可能通过捐赠资金或物资给慈善事业,作为对政府支持的回馈,并积极提升自身在社会 responsibility 领域的参与度和贡献^[13,14]。

1.2 政府补贴消极影响的研究

政府补贴对产业发展的影响一直是研究的热点问题。多数学者认为,政府补贴能够促进产业发展。但也有部分研究者提出了不同观点,认为政府补贴可能无法提高产业效率,甚至会产生负面影响。在企业成长和发展阶段的初始时期,有了政府补贴的支持,企业能够加大研发的投入力度,但是有时补贴力度的增大会也对企业的创新投入和产出带来一定的“挤出效应”^[11],虽然政府补贴降低了企业的融资成本,但这也会导致企业“短视”,不愿意再去投资研发周期长、市场风险大的创新业务,而且补贴的存在还可能使企业通过寻租等不正当手段骗取政府补贴,从而使政府补贴原本应发挥的作用失灵,从长远来看,政府补贴机制可能无法促

进企业的持续发展,这不仅影响企业的长期规划,还给政府带来巨大的财政压力。企业应当依靠自身的内在动力和市场竞争能力实现长久发展,而非过度依赖政府补贴^[15-17]。近些年,我国部分产业领域出现了产能过剩的情况,针对此情形,有学者研究认为政府补贴政策也是造成产能过剩的重要原因^[1];也有研究观点认为任何形式的产业政策都不会成功^[18]。

1.3 政府补贴退坡影响的研究

随着政府扶持产业的不断发展,部分行业在达到一定市场规模,且生产成本有效降低后,政府囿于财政资金压力增大等原因会不断减少甚至直接取消补贴。政府补贴退坡机制会对产业整体带来不利影响,具体到企业,会影响企业的经营和发展,给企业带来巨大融资压力,甚至在一定程度上会给部分企业带来资金链断裂风险^[19,20];当企业从政府获取的补贴资金逐渐减少,便会转向市场寻找更多更新的融资渠道,这一过程会使企业面临外部融资困难的问题^[21]。不过,如果精准把握补贴退坡的推进力度,则可以缓解部分补贴退坡带来的不利影响,甚至补贴逐步递减的策略还会促进产业的发展^[22];同时补贴的不断退坡会倒逼企业通过提升技术和管理能力来降低生产经营成本^[23]。

2 我国光伏产业补贴政策演变

2.1 补贴政策探索时期

2006年,我国颁布了《中华人民共和国可再生能源法》,明确了可再生能源发展的重点方向。2009年,国家部委出台了《关于实施金太阳示范工程的通知》,提供财政补助支持光伏技术的发展,这一举措促进了我国光伏建设产业的快速增长。2013年,财务部颁布文件正式结束了该项补贴政策的。

金太阳示范工程实行的是“事前补贴”,操作简单、申报门槛较低,但也正因为如此,不少企业便“钻”了补贴政策的空子,通过跑审批、拖工期等方式骗取金太阳示范工程补贴,部分电站根本未实现并网发电,通过项目清算发现,金太阳示范工程最

终建设完成并成功并网发电的项目仅占整体项目的二分之一;而且部分并网电站在工程建设中以次充好,使用劣质组件降低建设成本,系统发电效率较差。

2.2 补贴政策成熟时期

2011年7月,国家发展改革委发布了《关于完善太阳能光伏发电上网电价政策的通知》,此举标志着光伏上网标杆电价的设立及其发展进入了一个新的阶段。两年后的2013年7月,国务院推出了《关于促进光伏产业健康发展的若干意见》。该文件不仅强调了光伏产业的至关重要性,还提出了一系列措施以支持该行业的增长,特别强调了扩大国内市场和提高技术水平的重要性,从而拉开了政策补贴红利期的序幕。2013年8月,国家发展改革委实施了《关于发挥价格杠杆作用促进光伏产业健康发展的通知》。该通知根据不同区域的太阳能资源状况及其他相关因素,将中国分为三个太阳能资源区,并针对各区制定了差异化的“标杆上网电价”。这一策略的实施意味着光伏电站项目正式进入了标杆上网电价的时代。这种度电补贴的资金来源于可再生能源电价附加。通过可再生能源电价附加收集的资金被汇总至国家财政部,进而形成国家可再生能源基金。该基金由财政部负责统一管理和调配。补贴的发放对象是那些经过国家能源局审核并列入补贴清单的企业。财政部负责公布这份补贴企业名录,并将补贴资金下发到各地方财政部门,最终由地方财政部门通过电网公司完成补贴的发放。

在2016年和2017年,国家发展改革委基于2013年制定的三类“标杆上网电价”政策进行了持续的调减。随后,2019年4月,国家发展改革委发布《关于完善光伏发电上网电价机制有关问题的通知》,标志着进入将标杆上网电价改为指导价的新阶段。这一时期,虽然光伏补贴标准和方式经历了多次调整,但整体依然保持在较高的补贴水平,大量的持续的稳定补贴,催生了我国光伏产业生产和市场规模的不断扩大,也促进了光伏产业内部交流增加,知识和经验流动加速,先进技术外溢,产业整体的技术水平和发展质量得到有效提升。不过,持续的补贴机制也带一定挤出效应,部分企业盲目扩

张,为获取高额补贴,挤出了原用于研发和创新的资源和投入,一定程度上导致了资源错配。但是,整体来看,度电补贴实行的是“事后补贴”,必须完成电网建设、上网发电并且是列入补助清单或目录的项目才能申请补贴,这一机制在极大减少了前期政策“漏洞”下骗取补贴等不良现象,通过降低企业的投资不确定性,引导企业科学投资、化解过剩产能,不断扩大行业规模,进一步规范指导了我国光伏产业的健康有序发展。

2.3 补贴政策退坡时期

2013年,国家为推动光伏发电产业的发展确立了三类地区的光伏发电“上网标杆电价”后,我国光伏产业迎来了快速发展阶段。随着行业成熟度的提高,2016年,国家首次对标杆电价进行了下调。随后2017年11月,国家发展改革委出台《关于全面深化价格机制改革的意见》,引入了新能源标杆上网电价的退坡机制,进一步促进行业市场化。2018年5月,国家发展改革委联合财政部和国家能源局发布了《关于2018年光伏发电有关事项的通知》(即业内所称“531光伏新政”),严格控制光伏产业新增建设规模及其指标,加速了光伏发电补贴的退坡进程,并减少了补贴力度。这一政策调整标志着政府对光伏市场的进一步规范与引导。2019年1月,为了鼓励无补贴的平价上网项目,国家发展改革委颁布《关于积极推进风电、光伏发电无补贴平价上网有关工作的通知》,旨在通过电力市场化交易、以无需依赖政府补贴的方式来促进风电和光伏发电的发展。2020年3月,为了继续推进无补贴平价上网光伏发电项目,国家发展改革委再次强调其支持立场,并发布《关于2020年光伏发电上网电价政策有关事项的通知》。2021年6月,国家发展改革委明确宣布,自该年起,新备案的集中式光伏电站和工商业分布式光伏项目将不再享受中央财政补贴,转而采用平价上网策略;同时,新建项目的上网电价将按照当地燃煤发电基准价执行,进一步加强了市场化导向。2022年起,户用分布式光伏项目也停止了中央财政补贴,标志着我国光伏产业的补贴退坡过程已全面完成,光伏产业正式步入了平价上网的新时代。

3 基于博弈论视角的光伏产业发展分析

3.1 光伏产业与补贴政策的博弈互动分析

从政府补贴角度来看,政策的出台是为了规范和促进我国光伏产业的高质量发展,最终实现平价上网的目标,同时政策又会根据光伏产业发展的规模、成本等变化进行调整,因此在政策的调整变化中会出现政府“平价上网”目标推进力度强和目标推进力度弱两种情况。从光伏产业角度来看,作为补贴政策的接受者,其收益多少要根据政府政策执行力度来反应并确定,其对政策调整做出的策略互动也可分为两种情况:一是提高自身产业实力和市场竞争力来适应补贴政策的退坡,保障产业整体的安全稳定和盈利水平;二是产业自身不进行创新升级,仍然依靠越来越少的政策补贴进行维持。

通过博弈论分析,博弈双方任一主体的独自行动会存在囚徒困境,个体会做出有利于自身的最优理性选择,但并非是团体的最优选择。从政府角度来看,补贴退坡推进力度强,有利于减轻财政补贴负担,规范和引导光伏产业高质量健康发展,所以补贴退坡推进力度强是政府的个体最优策略,而且从国家政策制定层面来看,光伏发电平价上网最终是大势所趋;同时,除了光伏产业本身的利益外,政府在指定政策时还要考虑到其他新兴能源和传统能源产业,并要统筹考虑好经济发展等各方面的因素,所以政府可能会采取逐步减少补贴、引导市场竞争、鼓励创新等手段,以实现利益的平衡和可持续的发展。在产业层面,补贴政策的力度和稳定性是影响光伏产业投资与发展意愿的关键因素。一个稳定且较高的补贴水平能够吸引更多的投资者和企业参与到光伏项目中来,促进产业的快速发展,能够长时间稳定获得政府高额补贴,减少产业创新升级的当下投入,是光伏产业的个体最优策略。然而,政府推行补贴退坡,直至最终实现光伏平价上网,是政府政策的最终方向和目的,基于此,政府保持强有力的补贴退坡力度,光伏产业摆脱补贴依赖,进行产业创新升级实现高质量发展是政府补贴政策设计和出台的初始目标,也是政府最希望看到的结果。政府作为政策推行和主导者,需要平

衡财政预算和产业发展的利益,具有政策执行主动性,但政策执行效果由于信息不对称等问题存在,容易出现激励机制扭曲,带来政策失灵,所以政策执行推进会存在时紧时松的情况,如果补贴政策推进过强过猛,没有合理的缓冲阶段,也会影响光伏产业的积极性,补贴政策不能起到充分的积极效果,不利于光伏产业的健康高质量发展。反之,如果政府补贴退坡推进力度弱,会使光伏产业不愿意及时进行创新升级,更偏向靠政府补贴进行生存。如果光伏产业有创新升级、增强市场竞争力的意愿,但在政府补贴退坡推进力度弱的情形下,就会造成光伏产业的逆向选择,部分产业个体会认为与其投入大量资金、人力、物力进行创新升级,不如“躺平”接受政府补贴,即便有部分企业进行创新升级,对产业整体来说,其赢得成果远达不到政府补贴退坡推进力度强情形下的结果。所以,综合来看,政府只有保持补贴退坡的强大推进力度,并将此预期及时广泛传达给光伏产业整体,才能引导企业创新升级,实现规范高质量发展,同时减少政府的补贴支出,缓解财政负担,实现博弈双方的双赢。

3.2 光伏产业受补贴政策影响的博弈实践分析

自2017年11月国家发展改革委提出新能源标杆上网电价退坡机制以来,实现2020年光伏平价上网的政府政策硬约束目标就未曾改变。

在2013—2018年的标杆电价、度电补贴政策成熟时期,我国光伏产业已经取得一定发展成果,但在金融危机、欧美“双反”调查等影响下,产业发展受到极大不利影响,在此背景下,我国政府出台文件明确光伏产业的重要地位,鼓励光伏产业健康发展,此时期政府补贴力度大(视同“补贴退坡推进力度弱”考量),支出规模大,对光伏产业发展的促进作用效果显著。2013年初,全中国光伏电站的装机容量尚未达到2000万千瓦。然而,至2017年末,该容量已激增至超过1.3亿千瓦。在这期间,平均每年的增长率大约为61.5%,显著地显示了光伏产业的快速发展;同时经过多年技术成熟和发展以及整体产业链条的不断完善,我国光伏发电总装机成本不断下降,2013年到2017年,光伏产品整体价格下降90%,在政府持续提供高额补贴背景下,光伏产

业发展水平不断提升。不过 2016 年和 2017 年, 政府相继对标杆上网电价进行了调减, 虽然标杆上网电价相对传统火电等依然维持较高标准, 但政府调减电价政策的连续出台增强了光伏产业的补贴退坡预期, 光伏产业为了享受较高的电价标准, 选择在电价变化节点之前加快建设, 这也导致了“抢装潮”的出现。2018 年“531 光伏新政”的出台, 不仅是我国政府加快推进补贴退坡的具体体现, 更是对光伏行业发展方向的明确指引, 表明我国政府在推

进可再生能源发展过程中, 开始更加注重行业自身的可持续发展能力。2018 年 6 月, 国内光伏装机容量增速一月之间由正值变为负值, 全年新增装机同比下降 16.1%; 光伏产业链各环节价格持续明显普遍下滑, 这也使得光伏产业进一步具备了平价上网的条件。随着政府补贴退坡力度不断增强, 光伏产业对 2020 年光伏平价上网已有了确定预期, 为了减少补贴依赖, 大部分企业着重加强成本压降和技术创新, 我国光伏产业整体发展质量和效益逐渐提升。

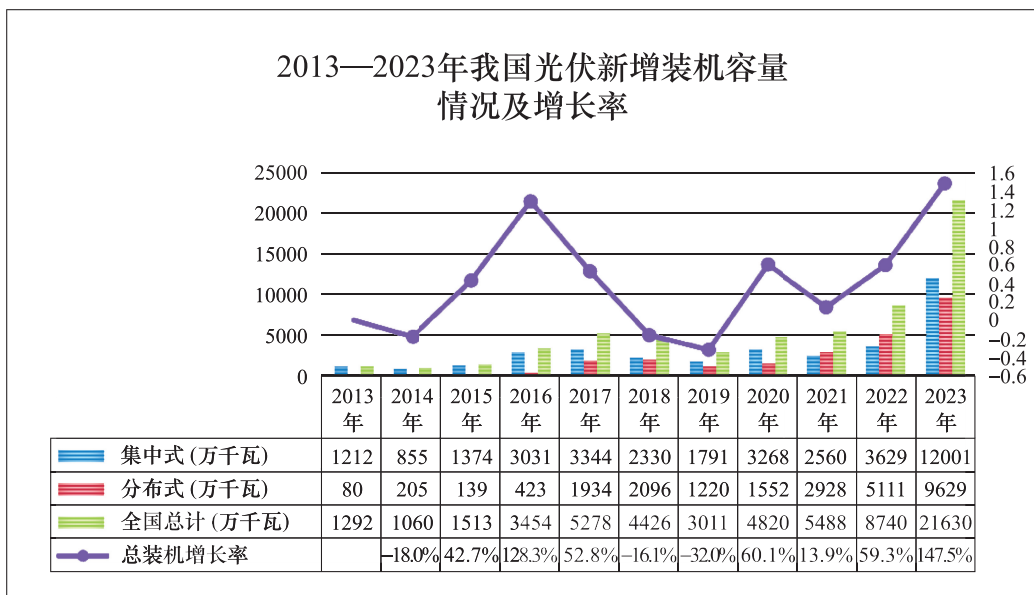


图 1 2013—2023 年我国光伏新增装机容量情况及增长率

Fig. 1 2013—2023 China's new photovoltaic installed capacity and growth rate

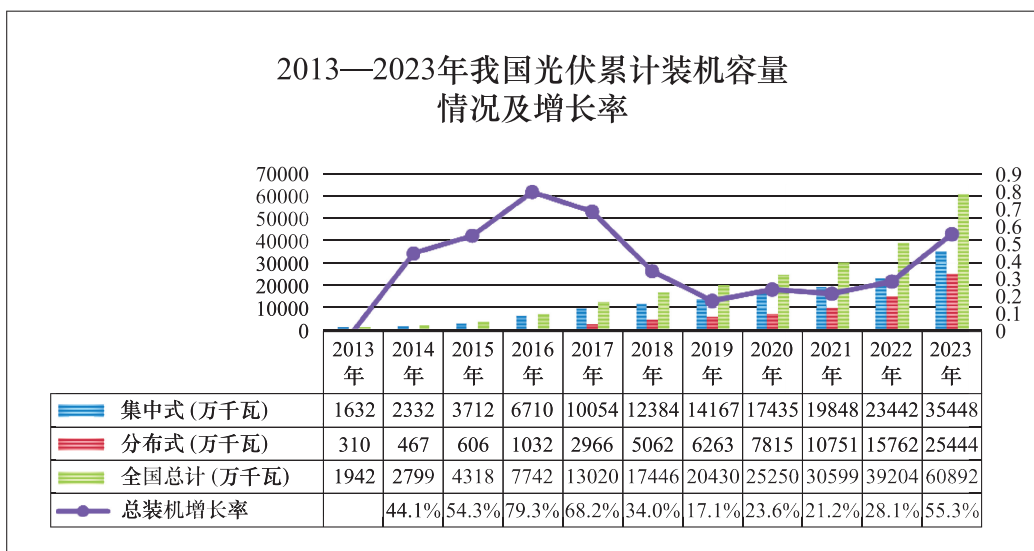


图 2 2013—2023 年我国光伏累计装机容量情况及增长率

Fig. 2 2013—2023 China's photovoltaic cumulative installed capacity and growth rate

3.3 光伏产业受补贴政策影响的博弈问题分析

一是政府政策执行力度难以精准把握,如补贴退坡推进力度较低,对产业进行规范引导的作用发挥不到位,容易产生企业“寻租”和产能过剩等情况,而且产业整体容易把工作重点放在扩大生产规模以获取补贴上,在产业创新和升级上的投入少,过度注重“量”、忽视“质”;如补贴退坡推进力度过大,则会极大影响产业发展信心,一定时期内会给企业资金带来压力,对光伏产业整体发展带来一定的负面影响。

二是既往存在的补贴机制,是“以收定支”,政策执行存在先投入、后补贴的情况,同时因可再生电价附加的征收不到位,导致光伏补贴资金来源不能及时到位,而且补贴申请手续繁杂、审批时间长,随着越来越多的项目并网发电,又导致补贴缺口如“滚雪球”般不断增加,很多光伏发电项目不能及时收到补贴,导致资金压力增大,影响了企业以及整个产业的健康发展和生存,同时对国家财政来说也是一笔巨大负担。

3.4 光伏产业从业人员访谈及访谈问题分析

通过邀请某以光伏产业为主营业务的上市公司(以下简称“G企业”)总部及其所属青海、新疆、陕西、江苏、山东等5家区域公司共8名发展、投资工作负责人参与访谈,主要围绕以下五个方面进行访谈:①所在企业当地经营发展如何,政府是否对企业光伏项目的发展提供了有力支持。②所在的企业在近年来补贴退坡背景下,资源获取和新项目投资有无发生明显变化;2018年“531光伏新政”对企业产生了哪些重大影响。③在光伏平价上网背景下,光伏产业未来想实现高质量健康发展需要注重哪些方面。④对光伏产业未来发展趋势有何预测或期待。⑤所在的企业在未来3-5年内是否还有扩大光伏资源获取及光伏产业投资的计划。通过访谈,将谈话内容及有关问题总结为如下几方面。

一是关于政府对光伏产业和项目的支持情况:国家层面对光伏产业的态度是积极鼓励和大力支持,2019年,国家有关部委提出平价和低价上网项目不受年度建设规模限制,并要求降低项目的非技

术成本,同时要保障优先发电和全额保障性收购。特别是“双碳”战略目标提出以来,当地政府为积极践行国家战略,接连出台支持鼓励包括光伏在内的新能源产业发展的有关政策。从营商环境方面看,营商环境总体上呈现东部优于西部、南方优于北方的趋势,西部各省中,新疆营商环境最好,行业活力充足,内蒙古、甘肃、青海等省份对地方企业存在不同程度的政策倾斜,影响企业开发积极性;中东部及华南地区资源分配信息较为公开,开发企业竞争有序。

二是关于补贴退坡以来,特别是“531光伏新政”以后企业的发展影响情况:补贴退坡、平价上网对整个产业带来产业收益下降、利润空间压缩等问题,“531光伏新政”出台后,光伏市场整体需求骤降,光伏产业链从硅料、硅片到电池和组件,各环节价格均明显下滑。不过,平价上网引导光伏行业布局更加合理,提升行业集中度,推动行业从成长期转向成熟期,部分技术不成熟、资金不充裕的企业和落后产能被淘汰,退出了市场竞争,这也为光伏产业整体的做大做强、做优资产提供了很好的机会。2018年前后,G企业光伏业务板块规模尚小,“531光伏新政”对其影响较小,不过自光伏正式实现平价上网以来,G企业积极适应新形势,2018年到2023年,G企业累计获取超2000万千瓦建设指标,但是因为装机增速远远高于通道建设速度、本地消纳不足和高比例新能源接入给电网带来了稳定性问题等因素存在,光伏弃电现象有所加重,尤其西北部装机规模大,外送通道容量不足,送出瓶颈依然存在,跨区交易推进缓慢,限电问题短期难以有效解决,部分地区保障性收购小时低,交易电量比重高,实际上网电价低于核准电价,进一步压缩利润空间,对产业持续经营提出更高要求。

三是关于平价上网背景下,光伏产业未来实现高质量应注重的的问题:一是随着平价上网的逐步落地,新能源消纳问题不断改善,以往主要依靠电价补贴取得项目回报率的情况将向依靠提升设备利用小时数取得回报率进行转变,所以要加强科技创新,比如推进异质结、钙钛矿等新型高效电池组件研发等。二是当前各地政府资源分配普遍采用“配套产业+指标”模式,且为支持地方经济发展,更倾向于将指标交由本地企业开发,所以要积极研究当

地政府不同产业政策,探索光伏+新型储能、光伏+交通等协同创新发展方式。三是积极打通上下游产业链,通过对行业上下游产业的开发、投资、合作,积极建立战略同盟,建立实质性的资本纽带关系,一体化推进市场开发、资源拓展,提升市场影响力和行业话语权,实现规模经济。四是结合光伏产业建设规模现状,不断优化新能源指标体系,提高指标先进性,科学安排投资规模,合理压降生产成本、财务费用,提升资产质量、管理质量,杜绝“高成本、低效率”。五是随着新建项目规模逐步增大,各地电网公司建设输变电工程时,存在建设周期长或规划建设时序不匹配的问题,影响送出消纳,制约项目投产发电,要加强与电网公司的交流合作,解决电力送出、消纳问题,降低光伏弃电情况,实现互利共赢。六是绿色能源项目建设地点一般位于风光资源优质地区,经常存在占用林地、草地的情况,有时征占用地、建设手续流程办理缓慢,存在合规隐患,要进一步加强政府部门协作,保障项目建设手续流程进度,确保产业落位和项目建设合规有序。七是要研究参与国际国内碳资产交易,启动GCC(全球碳委员会)交易,打通商业渠道,开发盘活产业碳资产价值,积极推进参与CCER(中国核证减排量);结合碳市场产业链开展业务延伸,做好碳测量与监控、碳项目咨询、碳资产托管、碳项目开发研究,形成新的光伏产业效益增长点。

4 后补贴时代我国光伏产业发展的制约因素诊断

4.1 外部因素诊断及分析

(1)国家政策因素。我国光伏产业自诞生之日起便在光伏产业补贴等有关政策影响下发展壮大并不断规范,但近几年来国家在坚持光伏产业平价上网目标不变的前提下,对光伏产业政策调整频率较高,同时因政策层层传递导致的执行滞后性,部分光伏从业者对政策的不稳定性存在担忧,部分区域出现资源获取或规模扩张的盲目性,这在一定程度上影响了光伏产业的有序发展。而且往年高补贴政策下应当兑现给光伏发电产业的补贴当前还没有落实到位,这也影响了行业的资金周转。

(2)国际竞争因素。当前受逆全球化影响,部分国家和地区采用反规避反补贴调查、增加关税等措施强化贸易壁垒,欧美、印度等加强本土光伏制造业发展和技术创新,削弱我国在全球光伏市场领跑地位,影响了我国光伏产品的国际贸易和海外布局。同时潜在的地缘冲突等问题也左右着我国光伏产业的发展,如2023年红海航道危机,导致我国出口的光伏产品运费飙升,同时产品的货物安全和按期抵达等也受到不确定性影响。

(3)市场需求因素。近年来,我国对战略性新兴产业的培育愈发重视,并随着绿色低碳生活理念的普及,我国国内的光伏市场迅速发展,统筹国内和国外两个市场对我国光伏产业的发展至关重要。当前欧洲正经历能源危机,很多国家对光伏等清洁能源的发展更为重视,这对我们发挥光伏产品的制造优势、价格优势,抢占欧洲光伏市场是个宝贵机遇。同时国内市场,随着我国新型电力系统的逐步建设和健全,我国电力供给结构将从以化石能源为主向逐渐转向以新能源为主,光伏发电将成为构建新型电力系统的主力军。

(4)土地资源因素。集中式光伏电站的建设需要大面积的土地资源支持,即便是分布式光伏发电,也需要占用小区屋顶、厂区房顶等“类”土地资源。近年来,国家自然资源部、国家林业和草原局以及国家能源局等相关部门已经对光伏产业的用地提出了明确的指导意见,要求在光伏建设过程中避免占用耕地、永久基本农田等重要农业区域。土地资源的限制和光伏用地的合规性使得大基地光伏项目的建设受到影响,甚至部分农光、林光互补项目也被叫停。

(5)行业标准因素。当前我国光伏产业还存在标准制定不统一、标准应用实施效果差等现象,比如光伏硅片和组件的尺寸在行业内尚未统一,光伏产业各头部企业均有自己的尺寸标准,不同的尺寸对发电效率和市场运输、对电站设计安装和维护均有不利影响;还有新兴起的TOPCon(隧穿氧化层钝化接触)电池、钙钛矿等电池还未确立统一检验标准,因不同检测设备和方式的差异导致光伏组建功率虚标问题,会影响新型技术的推广和应用,还会对光伏市场下游客户的利益带来损害。

(6)电力消纳因素。2023年我国光伏平均消纳

率为98%，我国中西部是光伏产业发电的主要区域，而东部和沿海地区是电力负荷中心，中西部用电水平较低，光伏发电就地消纳容量有所限制，同时特高压外送通道少且建设缓慢，光伏发电的外送消纳也被限制。储能可以对光伏发电进行灵活调节，但主流传统的抽水蓄能对地理条件建设要求高，且占地面积大、建设周期长，光伏发电集中的中西部戈壁、荒漠等地区不具备建设条件；液态空气储能、二氧化碳储能、重力储能等新型储能还在工程化、商业化过程中，短期内对光伏发电消纳助力有限。

4.2 内部因素诊断及分析

(1) 科技创新因素。过去我国光伏产业主要从事劳动密集型的组件封装等低价值环节，光伏产业的核心技术主要源自海外，经过十余年的产业扶持，我国光伏产业的自主创新水平显著提升，产业链基本实现国产化，但最为关键的光伏电池技术，如TOPCon(隧穿氧化层钝化接触)、PERC(钝化发射器和后部接触)等原创技术均来自于国外，我国自主科技创新水平还需提升。又如电池效率提升方面，目前光伏产业主流的PERC电池转化效率为23%，已接近其理论极限24.5%，而在研究和探索阶段的新型光伏电池TOPCon电池最高理论转化效率为28.7%、HJT最高理论转化效率为29%。加大光伏产业各环节科技创新水平，对实现后补贴时代光伏产业的高质量发展至关重要。

(2) 规模效应因素。当前我国集中式光伏电站开发建设逐渐进入基地化时代，如利用我国西部和北部区域大量沙漠、戈壁、荒漠地区，建设千万千瓦级光伏大型基地项目，推进光伏规模化、集约化开发和大规模、高比例发展，形成规模效应，促进光伏产业效率效益提升和技术进步升级。

(3) 产业链条因素。我国光伏产业链环节协同配合还不够高效有力，经常产生产业链错配问题，带来供应链紧张、光伏产品价格上涨。政府的支持和扶持政策更多聚焦于产业链上中游，支持政策的不平衡问题也带来了光伏产业链上中下游生产需求不平衡的问题。

(4) 应用场景因素。国家发展改革委等有关部门提出要推进“光伏+”综合利用，鼓励农(牧、渔)

光互补以及光伏发电与5G基站、大数据中心等信息产业融合发展。同时部分省市号召利用小区、学校、医院、厂房等屋顶资源开展分布式光伏“整县推进”建设，还有的省市创造性利用荒山荒坡、矿区塌陷地、采煤沉陷区闲置水面等区域进行光伏建设，促进了生态保护与光伏产业发展的融合。

(5) 人才储备因素。伴随光伏产业高质量发展的趋势要求，对光伏产业高层次研发人才、工程人才、管理人才等的需求也随之加大。目前我国光伏产业高层次人才大多聚集在经济环境好、生活水平高的东部地区，但当前我国光伏产业主要集中在新疆、青海、内蒙古等中西部区域，这些区域工作环境较为艰苦，且生活和工作配套设施较之东部还不完善，对人才的吸引力较弱；同时国内对光伏人才的培养体系还不健全，专业和学科设置较为混乱，产学研培养存在脱节，导致本土化人才培养质量不高。

5 后补贴时代我国光伏产业发展的治理对策

5.1 强化政府治理, 统筹科学规划

一是加强政策顶层设计。持续稳固光伏产业发展中政府的治理职能和责任意识，创新政府服务模式，提高项目审批效率，更加突出市场机制作用。进一步完善光伏平价上网的后补贴时代产业政策和供给，结合落实国家“双碳”目标、建设新型能源体系、推进乡村振兴等战略的实施，科学统筹出台更具针对性和精细化的光伏产业发展政策举措，降低光伏产业非技术成本。

二是强化产业规划引领。统筹国家可再生能源规划和国土空间规划，做好光伏产业发展规划与土地利用规划的衔接。中央政府要统筹指导地方政府结合各自区域和资源禀赋做好光伏产业中长期发展规划。鼓励使用沙漠、戈壁等难以利用区域因地制宜建设光伏产业基地，积极引导和促进光伏产业和其他产业的协调融合发展。

三是完善电力市场建设。做好既往补贴缺口的弥补工作。积极推进光伏发电市场交易，完善市场运行规则，解决光伏发电存在的电力消纳和外送保障问题，推动光伏发电在终端的直接应用。

5.2 增进业内交流,筑牢产业链条

一是组织制定统一标准。加快健全和完善覆盖光伏技术、产品、制造、建设等光伏全产业链的统一行业标准,并构建产品认证、质量检测等统一检验体系,积极推动行业标准向国家标准、国际标准转变,促进认证结果国际互认,不断提升我国光伏产业规范化运行水平,保障对新型电力系统的支撑作用。

二是全力确保产业安全。积极吸纳光伏全产业链各环节、各层级企业组建产业联盟,畅通产业上中下游供应环节,大力整合产业资源,优化资源配置,提高全产业链条应对市场变化的响应能力,积极开拓国内和国外两个市场,培育壮大产业发展凝聚力。大力倡导联盟企业行业自律,抵制行业乱象,严格执行光伏产业各项标准,减少重复建设和同质化竞争,确保光伏产业安全稳定健康运行。

三是大力促进交流协作。加强信息交流共享,开展光伏产业、前沿技术、市场趋势等产业和学术交流,积极组织光伏产业创新研讨和产品推介会议,加强与国际先进光伏企业和协会的沟通交流及行业合作,维护我国光伏行业权益形象,积极助力我国光伏产业“走出去”。

5.3 深化科技赋能,拓展发展渠道

一是抓好科技创新升级。加大对 TOPCon、HJT、钙钛矿等高效新型硅电池的研发资源投入,不断提高电池转换效率,并积极推进钙钛矿和叠层电池等新产品的商业化应用。开展光伏关键原材料、重要设备、零部件等的技术升级,进一步降低生产能耗和后续维护成本,提高光伏发电系统的稳定性和可靠性。

二是优化市场战略布局。立足国内国际双循环市场,积极进行国际市场竞争,巩固欧美等传统海外市场,开拓中东、非洲等新兴市场,充分研究海外市场贸易政策,优化海外布局策略,积极在“一带一路”沿线布局,研究在海外建立生产基地,破解贸易壁垒限制。

三是探索多元发展应用。总结已有的农光/林光/渔光互补等光伏复合利用项目经验,进一步挖掘市场和消费者需求,利用人工智能、物联网等技

术优势,创新光伏产业应用模式,广泛实施“光伏+”工程,重点推动光伏产业和储能、交通、建筑、电动汽车、制氢/氨等行业和领域的融合发展。加强与政府和有关企业合作,挖掘潜在客户资源,积极开展绿电交易。积极参与国内外碳资产交易市场,开展绿电绿证和碳资产开发增收。

5.4 打造产业合力,促进多方共赢

一是建设友好智能电网。开展电力系统改造和数字化升级,建设友好型、智能型电网,加快光伏大基地配套特高压外送通道建设,加快适用于分布式光伏发电的源网荷储一体化微电网建设,形成对光伏发电能源接入和高效利用的可靠支撑,最大限度实现光伏发电使用消纳。依托全国统一电力市场,发挥省际之间资源互补、调节能力互补的优势,缓解我国电力资源与负荷逆向分布态势,积极开展“西电东送”“北电南供”等工程,实现光伏发电资源在全国范围的优化配置。

二是推进能源互补协同。保障火电、水电等传统能源的兜底功能,确保极端天气等特殊情况下的稳定电力供应。积极推进光伏发电等新能源和传统能源的优化组合、协同发力,加快建设风光水火储多能互补系统。有效探索电化学、压缩空气等各类新型储能应用,推动电源侧、电网侧和用户侧储能系统建设,提高电力系统短中长周期调节能力。

三是打造联合研发平台。支持光伏产业和政府部门、科研机构、高等院校、投资机构等共同建立全产业链研发平台或联合创新实验室,瞄准新型储能、高效太阳能利用、碳捕集利用与封存等光伏产业急需的关键共性技术开展联合创新研究,推动构建以光伏产业领军企业为主体、产学研深度协作的光伏产业科技创新体系。

5.5 厚植人才基础,注重舆论宣传

一是注重产业人才培养。将光伏产业人才的培养融入高等教育和职业教育体系之中,针对不同层次和不同专业的人才设定针对性强的培养目标和课程体系,同时,围绕光伏全产业链所需关键技术加强光伏领域的学科建设,形成科学完备的学科体系。积极开展国际交流合作,引进和培养一批具有国际视野的光伏产业高端科技人才和管理人才。

二是培育绿色低碳理念。加强社会公众的绿色低碳教育,积极推广低碳生活案例,讲解低碳技术及其社会效益,普及节能减排的知识和技巧,开展低碳示范校区、社区创建等活动,引导社会公众优先选择和使用光伏发电等绿色电力。

三是加强舆论宣传监督。社会公众积极参与光伏产业发展的政策讨论与制定,从消费者和终端用户需求角度向政策制定部门反馈意见,推动有利于光伏产业发展的法规政策出台和完善。通过社交媒体、网络平台等多渠道加大对光伏产业的正面宣传力度,对于有关光伏产业的误解和谣言及时澄清和辟谣,促进社会形成对光伏产品的正确认知。

利益冲突:作者声明无利益冲突。

参考文献(References)

- [1] 徐齐利, 聂新伟, 范合君. 政府补贴与产能过剩[J]. 中央财经大学学报, 2019(02): 98-118+128.
<https://doi.org/10.19681/j.cnki.jcufe.2019.02.010>.
- [2] 戴静, 刘贯春, 张建华. 债务期限结构、政府补贴援助与企业技术升级[J]. 国际金融研究, 2021(11): 33-42.
<https://doi.org/10.16475/j.cnki.1006-1029.2021.11.004>.
- [3] Smith D, Feldman M, Anderson G. The Longer Term Effects of Federal Subsidies on Firm Survival: Evidence from the Advanced Technology Program[J]. The Journal of Technology Transfer, 2018, 43(3): 593-614.
<https://doi.org/10.1007/s10961-017-9633-5>
- [4] 陈玲, 杨文辉. 政府研发补贴会促进企业创新吗? ——来自中国上市公司的实证研究[J]. 科学学研究, 2016, 34(03): 433-442.
<https://doi.org/10.16192/j.cnki.1003-2053.2016.03.014>.
- [5] Cerqua A, Pellegrini G. Do Subsidies to Private Capital Boost Firms' Growth? A Multiple Regression Discontinuity Design Approach[J]. Journal of Public Economics, 2014, 109: 114-126.
<https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2013.11.005>
- [6] Ozcelik E, Taymaz E. R&D support programs in developing countries: The Turkish experience [J]. Research Policy, 2008, 37(2): 258-275.
<https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.11.001>.
- [7] 霍林, 程子昂. 内部薪酬差距和政府补贴对企业创新的协同影响[J]. 学习与实践, 2021(12): 71-81.
<https://doi.org/10.19624/j.cnki.cn42-1005/c.2021.12.009>.
- [8] Sissoko A. R&D Subsidies and Firm-Level Productivity: Evidence from France[J]. Discussion Papers(IRES-Institut de Recherches Economiques et Sociales), 2011.
<https://doi.org/http://hdl.handle.net/2078.1/74808>.
- [9] Wieser R. Research And Development Productivity And Spillovers: Empirical Evidence At The Firm Level[J]. Journal of Economic Surveys, 2010, 19(4): 587-621.
<https://doi.org/10.1111/j.0950-0804.2005.00260.x>.
- [10] 张志元, 马永凡, 张梁. 供给侧改革视角的政府补助与企业创新[J]. 科研管理, 2020, 41(08): 85-94.
<https://doi.org/10.19571/j.cnki.1000-2995.2020.08.009>.
- [11] 傅利平, 李永辉. 政府补贴、创新能力与企业存续时间[J]. 科学学研究, 2015, 33(10): 9.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1003-2053.2015.10.008>.
- [12] 步丹璐, 王晓艳. 政府补助、软约束与薪酬差距[J]. 南开管理评论, 2014(2): 11.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1008-3448.2014.02.004>
- [13] 翟华云, 刘柯美. 政府补助与企业捐赠[J]. 中南民族大学学报: 人文社会科学版, 2019, 39(1): 6.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-433X.2019.01.025>
- [14] 陈晓珊. 政府补助与民营企业社会责任[J]. 财贸研究, 2021, 32(1): 83-95.
<https://doi.org/10.19337/j.cnki.34-1093/f.2021.01.007>.
- [15] Colombo M, Grilli L, Murtinu S. R&D Subsidies and the Performance of High-Tech Start-Ups[J]. Entrepreneurship & Management eJournal, 2011.
<https://doi.org/10.1016/J.ECONLET.2011.03.007>.
- [16] 胡浩志, 黄雪. 寻租、政府补贴与民营企业绩效[J]. 财经问题研究, 2016(9): 107-112.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-176X.2016.09.020>
- [17] 张运洲, 刘俊, 张晋芳, 王彩霞. 中国新能源“后补贴时期”发展分析[J]. 中国电力, 2019, 52(04): 1-7.
<https://doi.org/10.11930/j.issn.1004-9649.201811125>
- [18] 张维迎. 产业政策争论背后的经济学问题[J]. 学术界, 2017(2): 5.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-1698.2017.02.002>.
- [19] Chen K, Zhao F, Hao H, et al. Synergistic Impacts of China's Subsidy Policy and New Energy Vehicle Credit Regulation on the Technological Development of Battery Electric Vehicles[J]. Energies, 2018, 11(11): 3193.
<https://doi.org/10.3390/en1113193>.
- [20] 李振棠. 浅谈可再生能源补贴退坡机制对新能源发电企业的影响[J]. 中国乡镇企业会计, 2019(8): 2.
- [21] Westhead P, Storey D J. Financial constraints on the growth of high technology small firms in the United

- Kingdom[J]. *Applied Financial Economics*, 1997, 7(2):197-201.
<https://doi.org/10.1080/096031097333763>.
- [22] 高玥. 产业补贴退坡的政策效果及启示——以中国新能源汽车为例[J]. *软科学*, 2020, 34(12):28-32+46.
<https://doi.org/10.13956/j.issn.1671-0975.2021.03.011>.
- [23] 张芳, 邹俊. “十四五”时期我国光伏产业市场培育的前景, 困境与路径选择[J]. *湖北经济学院学报:人文社会科学版*, 2021, 18(3):4.
<https://doi.org/10.13956/j.issn.1671-0975.2021.03.011>.

A Preliminary Study on the Development Issues and Governance Strategies of China's Photovoltaic Industry in the Post Subsidy Period from the Perspective of Game Theory

YAN Xiangzhou

(China Green Development Investment Group Co., Ltd., Beijing 100020, China)

Abstract: The photovoltaic industry is a typical representative of the new energy industry and an important component of China's strategic emerging industries, as well as an important guarantee for promoting green and low-carbon development in our country. Although China's photovoltaic industry started relatively late, over the past decade, driven by the national photovoltaic subsidy policy, the industry has witnessed rapid growth and China has now emerged as the world's largest country in terms of photovoltaic installed capacity. Nevertheless, during the industrial development process, a series of issues have arisen, such as blind project expansion, excessive reliance on financial subsidies, excessive financial pressure and a lack of technological innovation. To promote the healthy and sustainable development of the photovoltaic industry and alleviate the pressure on financial funds, the government has gradually facilitated the reduction of subsidies and completely eliminated subsidies for photovoltaic power generation projects in 2022. With the proposition and in-depth implementation of China's "carbon peak and carbon neutrality" strategic goals, the photovoltaic industry, as a representative of low-carbon and clean energy, has been entrusted with a new mission. In light of this, based on the perspective of game theory, by analyzing the evolution of China's photovoltaic industry subsidy policy and the corresponding changes in the photovoltaic industry's development, combined with interviews with practitioners, this paper identifies and diagnoses the constraints facing the development of China's photovoltaic industry in the post-subsidy era and puts forward specific governance countermeasures and suggestions from the aspects of government governance, industrial coordination and the public.

Keywords: Photovoltaic industry; government subsidies; affordable internet access; comprehensive governance

DOI: 10.48014/csdr.20240704001

Citation: YAN Xiangzhou. A preliminary study on the development issues and governance strategies of China's photovoltaic industry in the post subsidy period from the perspective of game theory[J]. Chinese Sustainable Development Review, 2024, 3(4): 95-106.

Copyright © 2024 by author(s) and Science Footprint Press Co., Limited. This article is open accessed under the CC-BY License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

