

顺义区户用光伏发展制约因素诊断及对策研究

姚佳琦

(国网北京市电力公司顺义供电公司, 北京 101300)

摘要:为减缓气候变化和全球变暖,平衡能源消耗和碳排放之间的关系,中国提出“双碳”目标,将推动户用光伏建设作为重要的发展环节。分布式光伏具有建设成本偏高、成本回收周期偏长等显著特点,是制约规模化推广的不利因素,在发展初期长期依赖国家财政补贴。在高额补贴的激励下,中国分布式光伏产业规模迅速扩大,保持了多年的高速发展趋势,但规模化发展伴随的是政府补贴资金的激增,高额的补贴资金难以持续,分布式光伏产业面临补贴退坡的总体趋势。本文以全国首批整县(市、区)屋顶分布式光伏开发试点区——北京市顺义区为例,采取问卷调查、实地访谈、模型分析等途径,揭示了该地区户用光伏发展面临的困境,识别了该地区光伏发展的主要制约因素和存在的问题,并对各类因素的影响程度进行了定量分析。在此基础上,基于“合作治理”的理论视角,尝试构建了涵盖政府、公众、市场、社会等多主体的户用分布式光伏发展 G-P-M-S 激励体系,凝练出统筹“跨层级”“跨部门”“跨主体”“政策工具整合”的政策导向,并结合顺义区实际提出了具体的相关政策建议,以便为顺义区推动光伏产业发展、实现绿色低碳转型提供支撑。

关键词:户用光伏;补贴退坡;影响因素;激励机制

DOI:10.48014/csd.20230704001

引用格式:姚佳琦. 顺义区户用光伏发展制约因素诊断及对策研究[J]. 中国可持续发展评论, 2023, 2(4): 78-89.

0 引言

光伏发电利用广泛的太阳辐射资源,可以替代化石能源燃烧,从而减少碳排放,被认为是延缓气候变化的可靠方式,因而受到各国政府大力开发建设^[1-3]。户用分布式光伏是光伏发电的典型形式,其不仅是推动清洁能源发展、实现双碳目标的重要一环,对于改善城乡电网布局、减轻居民负担、开拓农村用电市场、促进城乡经济发展乃至扩大内需、拉动全国经济增长也具有较为深远的意义^[4]。但由于户用光伏前期建设成本偏高,投资回报周期较长,我国在户用光伏发展初期,采取大规模补贴激励的方式促进其建设。2005年以后,全国人大、国家能源局、国家发改委以及财政部、住建部相继出台了

30余项政策,在税费、装机、上网电价等方面对户用光伏给予多维度的补贴。然而随着光伏产业规模的不断扩大,国家及地方政府的补贴资金压力愈发沉重,原有的补贴力度难以为继,户用光伏产业面临补贴退坡的总体趋势,这给地方政府推动户用光伏规模化发展带来较大压力。

对于如何推动户用光伏产业可持续发展,国内外学者做了大量研究,目前相关研究主要集中在户用光伏发展的影响因素分析、分布式光伏技术发展和政策制定等方面。户用光伏建设作为一种市场行为,受行为主体、外部环境、市场条件等方面的多重影响,最终效果表现为户用光伏项目的经济盈利和社会效益,其影响因素可以总体归纳为五个方面:用户主观偏好及个体特征因素、自然环境及资

通讯作者 Corresponding author: 姚佳琦, remdada@126.com

收稿日期: 2023-07-04; 录用日期: 2023-08-29; 发表日期: 2023-12-28

源禀赋因素、光伏发电技术及成本因素、光伏建设资金及融资因素、上网电价和政府补贴政策因素等。其中个体行为决策包括价值观(环保意识)、家庭经济实力、年龄、受教育程度、邻里效应等^[5,6];环境因素主要是区域太阳能辐射量^[7,8];技术进步和市场竞争机制主要在提效降本、改进工艺技术、提升设备性能提升、提高量产产能等方面发挥作用^[9-11];融资和补贴方面则通过增加补贴、改善电价和降低投资门槛,从而增加投资预期^[12-18]。在光伏激励政策方面,部分学者认为补贴政策是推动分布式光伏规模化发展的主要因素,其有利作用还会传导到光伏的产业链环节,但目前的主要问题是政策不稳定、不连续、不可预见,电力补贴体现出随意性、临时性、不足性^[19,20]。也有观点认为,户用光伏发电可以跳脱补贴政策的支撑,由平价上网的适应阶段过渡至势头良好的发展阶段^[21,22]。还有观点认为,过度的补贴会阻碍分布式光伏产业的高质量发展,使企业产生依赖心理,造成创新型下降甚至“骗补”现象发生,扰乱补贴政策和市场的正常秩序^[23,24]。但现有研究在光伏补贴退坡情况下对于政策激励体系的系统性构建方面还相对较少,结合户用光伏发展现实问题的制约因素诊断研究相对不足。

从我国户用光伏发展的总体进程来看,补贴政策无疑产生了很大的助推作用。但是,光伏激励政策也需要跟随形势发展变化而及时调整,尽快解决目前存在的配套措施缺失、工作机制不完善、操作不规范等一系列问题^[25]。从长远来看,促进户用光伏产业高质量发展,不能单纯依靠补贴刺激实现规模化扩张,而是需要进一步强化政策的调控和约束,挖掘户用光伏内在的发展优势,通过技术迭代升级等方式降低光伏安装成本、延长设备使用寿命,从而提高光伏产品市场竞争力,充分发挥市场“无形的手”的作用,使其在平价上网时代也能具有一定的经济竞争优势。因此,本文聚焦户用光伏发展较为有代表性的北京市顺义区^①,利用问卷调研、访谈等多种形式,对影响其户用光伏发展的制约因素进行诊断剖析和定量研究,基于合作治理理论构建涵盖多主体、多层次的激励政策体系,促进地区户用光伏产业持续健康发展。

1 顺义区户用分布式光伏发展现状

自2014年顺义区首个户用光伏用户并入电网至今,地区户用光伏并网户数保持显著增长态势,但用户地理分布并不均衡,呈现潮白河以东等农村地区分布多、河西城市地区分布少的特点。主要原因是农村院落为分布式光伏提供了充足的屋顶平台和建设空间。

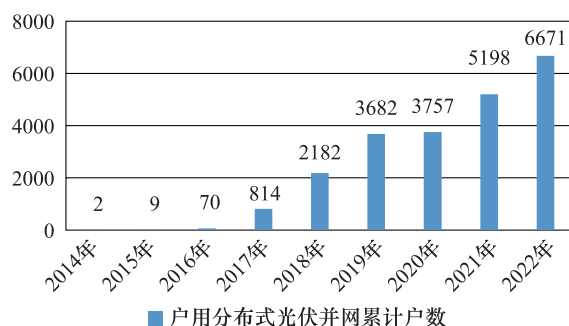


图1 顺义区2014—2022年户用分布式光伏并网累计户数

Fig. 1 Cumulative number of households with distributed photovoltaic grid in Shunyi District from 2014 to 2022

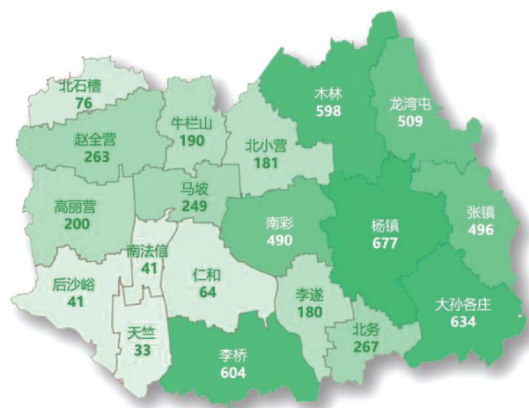


图2 顺义地区光伏用户并网户数分布情况

Fig. 2 Distribution of grid connected households of photovoltaic users in Shunyi District

顺义区户用光伏补贴主要分为国家层面、北京市层面、顺义区层面三部分,2014—2022年间度电补贴变化趋势如图3所示。

① 顺义区是国家能源局于2021年9月正式发文公布的676个首批整县(市、区)屋顶分布式光伏开发试点之一,其2022年户用光伏并网容量及发电量均列北京市各区首位。

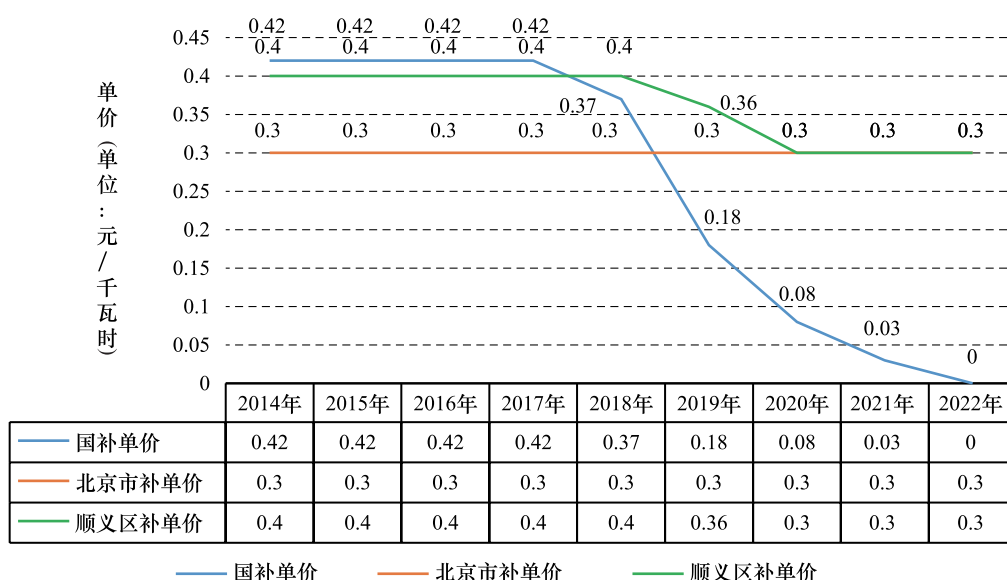


图3 顺义区历年户用分布式光伏国补、市补单价情况

Fig. 3 National and municipal subsidy unit prices of household distributed photovoltaic in Beijing over the years

2 顺义区户用光伏发展制约因素诊断

通过采用半结构化访谈的方式,对地方政府能源主管部门、电网公司光伏相关业务人员、光伏客户等开展访谈调研,采用类别分析法对访谈结果进行逻辑区分和逻辑归类,同时通过各镇域供电服务机构等平台,发出户用光伏调研问卷 666 份,对收回的 652 份有效问卷进行统计分析,梳理出顺义区户用光伏发展面临的主要问题有以下几方面。

(1) 补贴激励政策不完善:户用分布式光伏发展政策、激励政策还不完善,主要体现在:①户用分布式光伏发展节奏和布局尚不完善、缺乏引导,在一定时期内的补贴缺口具有扩大趋势;②电价调整机制尚不完善,市场化体制机制还不成熟,户用分布式光伏的市场化竞争力尚不突出;③缺乏全区层面对于整区屋顶分布式光伏开发试点建设的政策引导。

问卷调研显示,超过 58% 的人认为户用光伏额外盈利比较重要或很重要,超过 86% 的人比较期望或非常期望用光伏来减少电费支出,超过 57% 的人认为光伏上网电价提高会增加自身的安装意愿,超过 68% 的人认为光伏补贴降低会影响自身的安装意愿。从侧面印证了光伏补贴激励还存在一定的合理性,因此政府在财政有余力的情况下,可以对光伏进行适当的度电补贴进行激励。

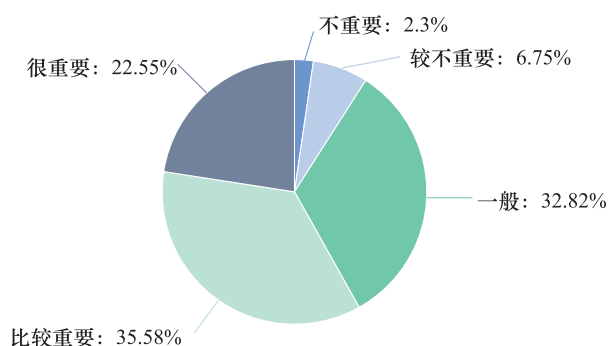


图4 户用光伏额外盈利的重要性调查

Fig. 4 Survey on the importance of additional profits from household photovoltaic

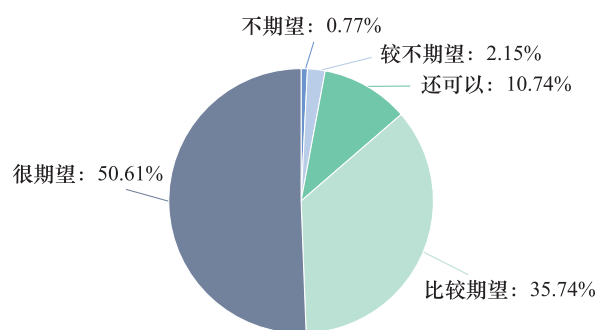


图5 利用户用光伏减少电费支出的期望性调查

Fig. 5 Expectation survey on using household photovoltaics to reduce electricity expenses

(2)光伏产业链缺乏引导:在光伏生产环节政策激励引导不足,主要表现为:①产业链补贴不精准,企业创新能力欠缺;②户用分布式光伏发电效率仍然较低;③光伏制造行业发展需要进一步加强引导。在访谈中,有光伏企业代表表示,政府应鼓励光伏企业进行科技研发,对于相应的研发过程和研发成果有所补贴奖励,或者对技术水平较高的企业采取税收补贴等优惠政策进行精准激励。通过这样的精准式补贴,可以提高中国光伏产品的质量和水平,提升光电转换效率,促进光伏行业持久健康发展。

(3)融资支持力度不够:对于光伏生产企业而言,目前最主要的融资渠道还是银行贷款,融资渠道并不丰富,光伏企业内部资金普遍缺乏吸引外部资金的能力,其主要原因是银行或其他融资机构对于光伏企业或光伏运行项目并不看好,银行提高放贷门槛,对光伏贷款持谨慎态度。然而光伏产业是一种资金导向型产业,前期对于资金的需求较大,因此融资困难会在很大程度上制约光伏产业发展。对于光伏用户而言,主要融资渠道是银行贷款,由于国内分布式光伏发电商务模式尚不完善,银行对于光伏的信贷也有一定程度的受限。在调研中,超过58%的人认为银行融资支持的对选择户用光伏的影响比较重要或很重要。

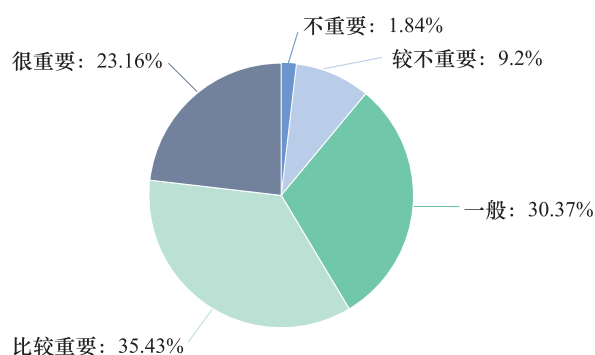


图6 银行融资支持对户用光伏的影响情况调查

Fig. 6 Investigation on the impact of bank financing support on household photovoltaic

(4)光伏发电管理不到位:户用分布式光伏消纳和运行管理需要进一步规范。主要表现为:①光伏不断接入对配电网稳定运行影响加大;②电网企业对于分布式光伏项目的积极性不高;③可再生能

源电力消纳保障机制尚不完善,可再生能源电力配额制及相关配套细则、实施规则、配额交易制度、相关管理机构职责还不清晰。

(5)企业技术创新能力滞后:在生产环节,户用分布式光伏生产和发电技术需要进一步提升,技术创新力相对不足,主要表现为:①光伏生产行业出现产能过剩、效益下滑和发展停滞等现象;②光伏产业呈现结构性产能过剩、体制性产能过剩特征;③关键技术研发和技术创新能力不足,存在一定程度的产业链“低端锁定”状态。

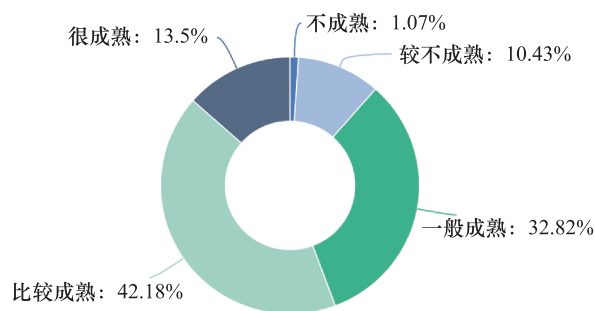


图7 对光伏技术成熟度的群众认知情况调查

Fig. 7 Survey on public awareness of the maturity of photovoltaic technology

在光伏运行环节,主要问题是:①地区户用分布式光伏实时量测中心尚未完整建立,光伏设备经济运行情况、地区碳排放情况不能全面掌握,分布式光伏尚未实现可监、可测、可控。②分布式光伏在台区、线路、变电站接入极限不明确,光伏用户报装接入及光伏用户管理缺乏技术支撑。在调研中,有超过44%的人认为目前中国光伏技术一般成熟或尚不成熟。

(6)光伏政策宣传推广不足:调研显示,超过75%的人对光伏这种新能源技术有较大兴趣,超过65%的人认为当前气候环境比较适合使用光伏,超过92%的人认为节能减排和每个人的关系较大,这些是户用分布式光伏推广的有利条件。但是在调研和访谈中,也有不少居民表示,目前对于户用分布式光伏和光伏政策了解得还不够全面,选择光伏产品存在一定门槛,报装接入等问题存在盲区,主要问题是政府在光伏政策宣传、安装流程介绍推广还不到位。

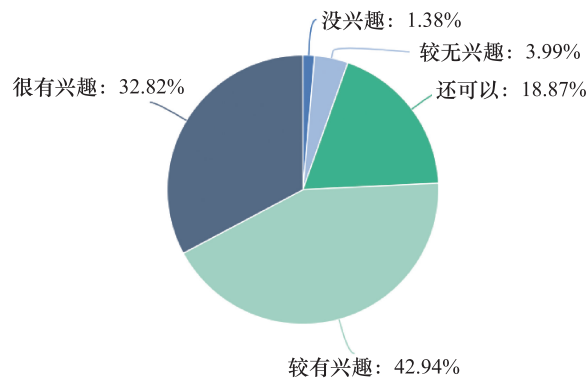


图 8 居民对光伏发电的偏好情况调研
Fig. 8 Survey on residents' preference for photovoltaic power generation

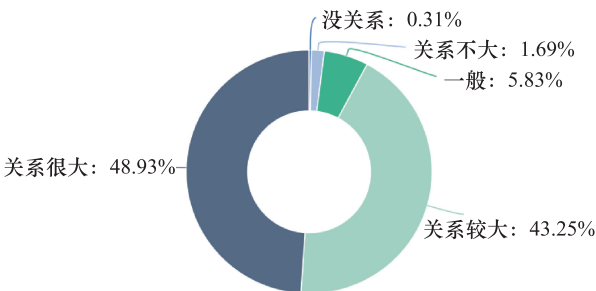


图 9 居民对节能减排和自身的关系情况调研
Fig. 9 Survey on the relationship between residents' energy conservation and emission reduction and themselves

3 顺义区户用分布式光伏影响因素实证分析

为了对影响程度进行量化分析,采用多元线性回归的实证分析模型,利用逐步回归的分析方法,定量判断对居民安装光伏意愿产生影响最大的几项因素。

3.1 实证分析模型和方法

以问卷调查结果为基础,将户用分布式光伏安装意愿设置为因变量,其余 16 个因素设置为自变量,选取逐步回归分析的方法,对 16 个自变量进行筛选,剔除没有影响或影响较小的变量,将影响因变量较大的因素纳入多元线性回归模型,建立一个最优的多元线性回归分析模型^①。

假设某一因变量 y 受 k 个自变量 $x_1, x_2, \dots, x_k$

的影响,其 n 组观测值为 $(y_a, x_{1a}, x_{2a}, \dots, x_{ka})$, $a = 1, 2, \dots, n$ 。那么,多元线性回归模型的结构形式为:

$$y_a = \beta_0 + \beta_1 x_{1a} + \beta_2 x_{2a} + \dots + \beta_k x_{ka} + \epsilon_a \quad (1)$$

式中, $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ 为待定参数; ϵ_a 为随机变量。

如果 $b_0, b_1, \dots, b_k$ 分别为 $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ 的拟合值,则回归方程为

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k \quad (2)$$

式中, b_0 为常数; $b_0, b_1, \dots, b_k$ 为偏回归系数。

偏回归系数 $b(i = 1, 2, \dots, k)$ 的意义是,当其他自变量 $x(j \neq i)$ 都固定时,自变量 x 每变化一个单位而使因变量 y 平均改变的数值。

通过采取逐步回归分析法,从大量可供选择的变量中选取最重要的变量,剔除影响程度较低的变量,建立“最优”的多元线性回归方程,分析不同影响因素对户用分布式光伏安装意愿的影响程度。

3.2 逐步回归分析

对于 652 份有效问卷的统计分析结果见表 1。

表 1 问卷统计结果

Table 1 Statistical results of questionnaire		
变量	影响因素	平均值
背景条件		
	安装场地	65.34%具备
自变量		
社会因子		
F ₁	环保理念	4.39
F ₂	自然条件	3.83
F ₃	规模推广	3.84
F ₄	邻里影响	3.87
技术因子		
F ₅	技术成熟	3.84
F ₆	技术吸引	4.02
F ₇	报装便捷	3.40
经济因子		
F ₈	节省电费	4.33
F ₉	盈利能力	3.69

① 来源《软科学大辞典》,李忠尚 等著,辽宁人民出版社。

续表

变量	影响因素	平均值
F ₁₀	安装成本	4.09
F ₁₁	融资支持	3.69
F ₁₂	成本回收	3.37
政策因子		
F ₁₃	上网电价	3.54
F ₁₄	高额补贴	3.68
F ₁₅	降低补贴	3.88
F ₁₆	增加补贴	4.24
因变量		
Y	安装意愿	4.13

利用逐步回归分析模型,将环保理念、自然条

件、规模推广、技术吸引、节省电费、盈利能力、报装便捷、技术成熟、具备条件、安装成本、邻里影响、融资支持、降低补贴、增加补贴、高额补贴、上网电价、成本回收 17 个因素作为自变量,将安装意愿作为因变量,通过 652 个统计结果进行逐步回归分析(具体回归方式为:stepwise 逐步回归法),经过模型识别,最终余下环保理念、规模推广、技术吸引、节省电费、邻里影响、高额补贴、上网电价、成本回收一共 8 项在模型中,R 方值为 0.361,意味着环保理念、规模推广、技术吸引、节省电费、邻里影响、高额补贴、上网电价、成本回收可以解释安装意愿 36.1% 的影响。F 检验值为 45.362($p=0.000<0.05$),本模型有效。分析结果见表 2。

表 2 逐步回归分析结果

Table 2 Stepwise regression analysis results

	非标准化系数		标准化系数	<i>t</i>	<i>p</i>	VIF
	<i>B</i>	标准误	<i>Beta</i>			
常数	0.622	0.195	—	3.187	0.002 [*] *	—
环保理念 F ₁	0.208	0.036	0.195	5.746	0.000 [*] *	1.160
规模推广 F ₃	0.082	0.028	0.101	2.867	0.004 [*] *	1.242
技术吸引 F ₆	0.150	0.030	0.180	4.996	0.000 [*] *	1.303
节省电费 F ₈	0.121	0.032	0.132	3.822	0.000 [*] *	1.200
邻里影响 F ₄	0.054	0.027	0.068	1.984	0.048 [*]	1.197
高额补贴 F ₁₄	0.114	0.027	0.148	4.228	0.000 [*] *	1.225
上网电价 F ₁₃	0.053	0.023	0.079	2.286	0.023 [*]	1.197
成本回收 F ₁₂	0.102	0.022	0.156	4.565	0.000 [*] *	1.171
<i>R</i> ²			0.361			
调整 <i>R</i> ²			0.353			
<i>F</i>	<i>F</i> (8,643)=45.362, <i>p</i> =0.000					

因变量:安装意愿 * $p<0.05$ ** $p<0.01$

据此得到模型公式为:

$$y = 0.622 + 0.208 * F_1 + 0.082 * F_3 + 0.150 * F_6 + 0.121 * F_8 + 0.054 * F_4 + 0.114 * F_{14} + 0.053 * F_{13} + 0.102 * F_{12} \quad (3)$$

通过对模型开展多重共线性检验,VIF 值均小于 5,说明本模型没有共线性问题。

本文采用标准化系数衡量每个自变量对因变量的影响力之大小,可以发现,环保理念、技术吸

引、成本回收、高额补贴、节省电费的标准化系数分别为 0.195、0.180、0.156、0.148、0.132,对安装意愿产生显著的正向影响关系,是最为显著的影响因素。在激励政策的制定中,应着重考虑从这五方面加强政策工具的应用。但是从总体来看,各项因素单独的影响效果都不十分显著,表明户用分布式光伏发展受多种因素共同作用,因此宜采用“合作治理”的方法,综合多种因素涉及的主体,进行整体性

的激励体系构建。

通过逐步回归分析,结合访谈研究结果,可以发现:

(1)环保理念已经成为影响用户选择光伏产品的最主要因素之一。由于近年来环保理念的不断深入,用户对于分布式光伏有了更加充分的认识,居民对光伏产品的接纳程度有了明显的提升。光伏的普及需要一个不断深化的过程,需要充分利用双碳政策,进行全方位的宣传推广。

(2)技术创新是推动光伏发展的核心动力之一。传统的光伏面板具有成本高、光电转换效率低等问题,在创新的过程中,需要高校、科研机构特别是光伏生产企业的深度参与,在激励行为中,政府的激励政策应该对此有所侧重。

(3)成本回收、高额补贴、节省电费成为影响用户安装意愿的主要因素。三者均属于经济类因素,对应的是用户使用光伏的成本效益,即成本越低、成本回收周期越短、电费节省越高、补贴金额等额

外收入越高,会促进光伏的推广使用,政府在激励政策制定中,应从成本端和收益端两个方面进行考虑,在成本支出方面提供相应的补贴或提供相应的金融政策进行支持,在收益方面,通过提高光伏上网电价、根据政府财政情况提供相应光伏度电补贴进行激励。

4 顺义区户用分布式光伏发展激励体系构建

4.1 政策工具选择

根据影响因素研究和问卷分析结果,环保理念、技术吸引、节省电费、高额补贴是影响用户安装意愿的4项最主要因素,从政府、公众、市场、社会等四个方面的对应关系为:政府—高额补贴、公众—节省电费、市场—技术吸引、社会—环保理念。结合政策工具选择模型(自愿型工具、混合型工具、强制型工具)^①,选取政策工具。

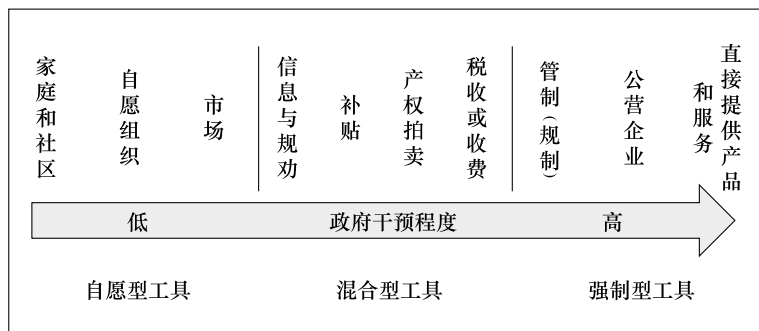


图 10 政策工具谱图

Fig. 10 Spectrum of policy instruments

考虑适当的政府干预程度,对于高额补贴方面,主要采取混合型政策工具,选用“补贴”方式,合理制定光伏发电上网电价与优化光伏产业链各环节补贴投向^[26]。对于节省电费方面,同样采取“补贴”方式,定向向配置储能设施提供补贴扶持,强化储能设施配套建设力度,提高光伏利用效率。对于技术吸引方面,采用自愿型政策工具,充分借助市场作用,以科技创新型企业为引领,提高光伏技术水平。对于环保理念方面,采用混合型政策工具,

采取“信息与规劝”方式,加大绿色环保理念宣传力度,提高群众对光伏等新能源的认可和接纳程度。政策工具和政策手段的选择情况如表3所示。

表 3 政策工具和政策手段选择情况

Table 3 Selection of policy tools and policy instruments

类别	政策取向	政策工具	政策手段
政府 (Government)	高额补贴	补 贴-产 业 链 补 贴	合理制定光伏发电上 网电价与优化光伏产 业链各环节补贴投向

① Michael Howlett and M. Ramesh, Studying Public Policy: Policy Cycles and Policy Subsystems, Oxford University Press, 1995, p. 82.

续表

类别	政策取向	政策工具	政策手段
公众 (Public)	节省电费	补 贴-储 能 补贴	强化储能设施配套建设 提高光伏利用效率
市场 (Market)	技术吸引	自 愿 组 织- 引导创新	加强光伏技术创新 引领
社会 (Society)	环保理念	信息与规劝- 绿色宣传	提高绿色新能源环保 理念宣传力度

4.2 G-P-M-S 政策激励体系构建

在传统的分布式光伏发电政府补贴政策作用路径基础上,结合本文影响因素研究和调查研究分析结果,参考国内外最新光伏政策经验,应用合作治理理论,构建涵盖政府、公众、市场、社会的户用分布式光伏 G-P-M-S 激励体系如图 11 所示。

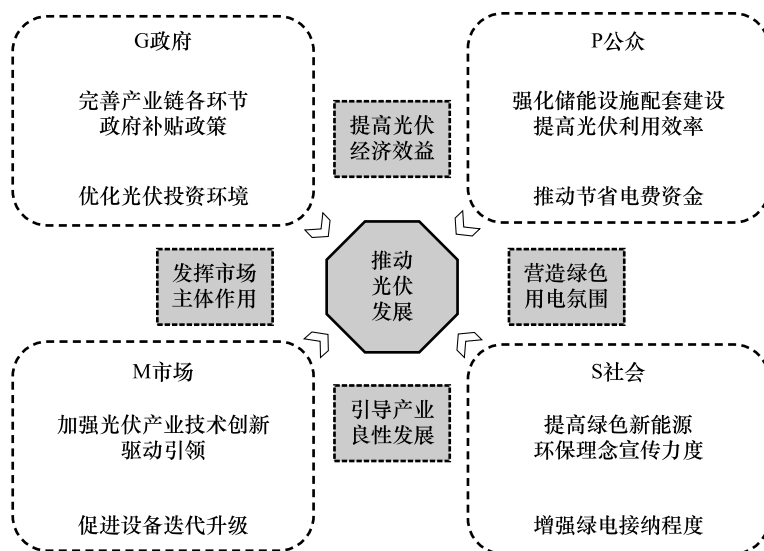


图 11 户用分布式光伏 G-P-M-S 激励体系

Fig. 11 Household distributed photovoltaic G-P-M-S incentive system

在本文构建的户用分布式光伏 G-P-M-S 激励体系中,政府的补贴导向由用户光伏度电直接补贴、税费优惠,转为向产业链各环节进行补贴,这是在光伏补贴退坡的情况下,补贴政策导向的转变,通过支持产业链发展,带动提升产品创新力,进而降低产品成本、提高产品质量。市场各生产企业减少以降低成本为导向的价格无序竞争,转而提升创新驱动能力,提高光伏产品发电效率。用户层面由于光伏出力与用电需求存在时间差,且光伏具有一定的波动性,并且大规模接入也会对电网也造成一定不稳定影响,由政府出台相应的储能配套建设措施,在用户终端安装相应的配套储能设备,使光伏具备可调、可控能力,促进光伏发电生产和使用。在社会层面,进一步加强绿色低碳转型的理念引导,促进群众更好的认识光伏、接纳光伏、使用光伏,对绿色电力的认可更加充分。通过四个层面的激励政策协同,将极大地促进户用分布式光伏产业的可持续发展。

4.3 政策模型完善

在进行实证研究并建立户用分布式光伏 G-P-M-S 政策激励体系后,深入结合顺义区现实背景和户用分布式光伏发展要求,在合作治理视角下,从“跨层级”“跨部门”“跨主体”“政策工具整合”四个维度,构建户用分布式光伏合作治理的理想模式。

(1) 跨层级补贴政策体系

① 推广光伏综合应用。在政府层面加大对光伏综合应用项目的支持力度,对于政府投资建设的项目,优先推广分布式光伏应用,从而提高可再生能源应用比重。② 加强资金定向补贴。对于行政区域范围内已完成备案并网发电的分布式光伏发电项目,区级财政结合实际情况,采取相应补贴奖励措施。其中要区分出对于居民宅基地、其他场所等不同的光伏发电补贴标准,尤其是对于全部实现光伏建筑一体化的应用项目,应采取更高的补贴力度。对光伏生产企业和安装光伏企业,采取市场化

激励措施。③支持市场多元化投资。鼓励市场主体采用自主投资或合同能源管理方式等多种形式建设运营分布式光伏发电项目,并按政策享受补贴。④丰富光伏建设融资形式。鼓励银行等金融机构制定多样化的信贷支持手段,为光伏企业、户用分布式光伏用户提供充分的贷款服务。⑤规范光伏监管手段。由区发展改革委对光伏发电项目管理实行备案管理,便于开展光伏使用行为监测。并且利用供电企业提供的现代化光伏监测手段,实现对区域内分布式光伏的建设运行情况开展监测,以便于政府相关部门开展监管。强化政府部门间协同作用,提高光伏项目的发电备案、建设、并网、运维等管理,鼓励全社会积极应用光伏发电。

(2) 跨部门光伏服务体系

① 建立跨部门的光伏协同服务体系。建立跨部门的光伏协同服务体系,由区政府能源主管部门,如发改委、城管委等牵头,联合供电公司、行业协会等,共同组建光伏协同服务体系。其中政府部门主要负责统筹制定和完善促进光伏发展的政策体系,对于重点工程、重点区域的光伏项目给予支持。住建委、供电公司等在各自领域加强对户用分布式光伏的支撑作用,发挥各自职能,优化各类服务举措,共同促进分布式光伏发展。② 强化光伏专业服务。光伏相关工程咨询机构、设计机构为用户提供好工程前期咨询,尽量在规划设计阶段将光伏发电应用作为建筑设计整体环节模块,做好光伏发电应用的设计咨询服务工作。电网企业做好光伏发电项目并网服务、发电量统计等相关服务工作。③ 规范光伏项目管理。光伏发电项目在开工前,需要提前做好项目备案手续,按照指导性文件和相关信息进行建设,对于光伏发电独立计量等问题,建设单位或个人要提前制定运维方案,共同确保光伏项目高效、安全、稳定运行。法人单位项目要及时纳入北京市新能源和可再生能源在线监测系统。④ 增强绿色用电意识。加强宣传培训和舆论引导,政府应围绕光伏发电应用技术,选取案例样板,开展多层次的宣传推广,向用户介绍光伏发电的优势,广泛动员居民参与光伏的建设和使用,不断扩大可再生能源的吸引力度,引导群众形成绿色能源的消费理念,推动全社会营造绿色低碳发展的氛围。

(3) 跨主体、政策工具整合光伏发展机制

结合户用分布式光伏的自身特点和适宜发展环境,可以进一步在全面推广分布式光伏应用的基础上,选取一些设计水平较高、建设质量较好、应用水平较高的光伏项目,在居民住宅、学校、基础设施等领域进行推广应用。同时参考国内外先进经验和做法,采取专项推广工程、打造特色小镇、打造光伏名企等方式,整合政策和优势资源开展光伏建设。① 实施居民光伏专项推广工程。在用户层面,推广绿色低碳的用电和生活方式,加快推动可再生能源逐渐被家庭使用,制定政策鼓励居民在建筑物屋顶或其他平台安装户用分布式光伏设备,对于新建的建筑物,对于同时安装光伏系统的,给予一定的成本补贴。② 打造光伏特色小镇。结合整县试点任务和政策优势,选取具有光伏发展基础和发展潜力的区域,试点建设光伏特色小镇,支持农村地区光伏项目建设,鼓励居民安装光伏发电系统,在村庄配套建筑、农业设施推进光伏项目,降低农村用能成本。选取具有便利条件的产业园区,打造光伏等新能源利用园区,在企业用电等方面进行低碳节能改造。在电网配套方面,联合供电公司在光伏特色小镇同步打造柔性直流等新型配网系统,促进光伏更加安全、稳定、灵活接入电网,提高光伏消纳能力。③ 打造光伏知名企业。引进光伏高端制造企业入驻工业园区,在光伏制造领域培育支持企业建设,大力支持科技创新和产品研发,促进光伏生产水平和光电转换效率提升,进一步降低生产成本,提高光伏产品质量。打造光伏等综合能源服务企业,推动光伏企业向集光伏研发、生产、利用、项目建设为一体的综合能源服务公司转变,为用户提供更加完善的服务,推动光伏建设安装更加便捷,光伏产品质量和后期维护更加可靠。④ 提升户用储能建设。在分布式光伏建设的同时,鼓励用户同步配建储能设施,实现“光储充放”更加灵活,提高光伏的使用场景和使用效率,同时也为电网提供更多安全裕度,提高光伏消纳水平。居民白天产生的多余光伏发电,可以由储能设施进行转换,在夜间供给家用电器、新能源车充电等利用,丰富户用光伏的使用场景,在此方面可以开展相应探索和利用。

5 结论与建议

本文创新地运用逐步回归分析方法对顺义区

户用光伏发展制约因素进行实证研究,结合访谈调研分析明确了补贴退坡趋势下地区户用光伏发展存在的主要问题,建立了一套包含多主体、多层级的政策激励体系,形成新的治理格局,对地区户用光伏发展提供有力支撑。研究结果表明:

(1)地方政府面临在光伏补贴退坡的情况下推动户用光伏规模化发展的两难困境。从整体情况来看,国家和地方政府出台的光伏政策往往不具备连贯性,且政策衔接和执行均存在偏差,同时又由于光伏的成本回收周期较长,对用户选择光伏带来了一定程度的困扰和阻碍。此外,政府的补贴力度随哪些因素变化,政府的财政能力是否能与光伏补贴相匹配,不同地区、不同时段补贴手段和强度如何分类划定,均需要在顶层政策体系下进行整体性筹划,以缓解地方政府面对光伏发展的两难局面。

(2)促进户用光伏发展需要多主体协同作用,进行合作治理。推动光伏发展是一项复杂、综合的系统性工作,会受到行为主体、外部环境、市场条件等方面的多重影响,从实证分析结果来看,影响顺义区用户安装户用分布式光伏意愿的主要因素是环保理念、技术吸引、节省电费、高额补贴,而由于这些影响因素背后的主体具有多样性,因此政策激励体系的建立必然要考虑到政府、市场、公众、社会等多种主体的作用,联合所有利益相关主体进行协同共治。户用分布式光伏 G-P-M-S 政策激励体系是一个包含多主体的合作治理体系,有助于顺义区在户用分布式光伏规模化发展阶段,对光伏发展节奏进行整体性把控,对光伏发展薄弱环节进行精准激励,在更长时间尺度上促进地区户用分布式光伏高质量可持续发展。

利益冲突:作者声明无利益冲突。

参考文献(References)

- [1] 王建芳,苏利阳,谭显春,等. 主要经济体碳中和战略取向、政策举措及启示 [J]. 中国科学院院刊, 2022, 37(04):479-489.
<https://doi.org/10.16418/j.issn.1000-3045.20220110005>
- [2] 曲建升,陈伟,曾静静,等. 国际碳中和战略行动与科技布局分析及对我国的启示建议 [J]. 中国科学院院刊, 2022, 37(04):444-458.
<https://doi.org/10.16418/j.issn.1000-3045.20210829001>
- [3] 张雅欣,罗芸霖,王灿. 碳中和行动的国际趋势分析 [J]. 气候变化研究进展, 2021, 17(01):88-97.
<https://doi.org/10.12006/j.issn.1673-1719.2020.241>
- [4] 王一博,闫庆友,李金城. 基于投入产出法的农村电网投资模式研究 [J]. 水电能源科学, 2013, 31(11):238-240.
- [5] Poortinga W, Spence A, Demski C, et al. Individual-motivational factors in the acceptability of demand-side and supply-side measures to reduce carbon emissions [J]. Energy Policy, 2012, 48:812-819.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.06.029>
- [6] Klockner C A. A comprehensive model of the psychology of environmental behaviour-A meta-analysis [J]. Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions, 2013, 23(5):1028-1038.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.05.014>
- [7] 孙艳伟,王润,肖黎珊,等. 中国并网光伏发电系统的经济性与环境效益 [J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(04):88-94.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-2104.2011.04.014>
- [8] 柳君波,张静静,徐向阳,等. 中国城市分布式光伏发电经济性与区域利用研究 [J]. 经济地理, 2019, 39(10):54-61.
<https://doi.org/10.15957/j.cnki.jjdl.2019.10.008>
- [9] 苗青青,石春艳,张香平. 碳中和目标下的光伏发电技术 [J]. 化工进展, 2022, 41(03):1125-31.
<https://doi.org/10.16085/j.issn.1000-6613.2021-2500>
- [10] Xin-gang Z, You Z. Technological progress and industrial performance: A case study of solar photovoltaic industry [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018, 81:926-936.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.038>
- [11] Strupeit L. An innovation system perspective on the drivers of soft cost reduction for photovoltaic deployment: The case of Germany [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017, 77:273-286.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.011>
- [12] Irsyad M I A, Halog A, Nepal R. Estimating the impacts of financing support policies towards photovoltaic market in Indonesia: A social-energy-economy-environment model simulation [J]. Journal of Environmental Management, 2019, 230:464-473.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.069>
- [13] O'Shaughnessy E, Barbose G, Wiser R, et al. The im-

- pact of policies and business models on income equity in rooftop solar adoption [J]. Springer Science and Business Media LLC, 2021, (1): 1-22.
<https://doi.org/10.1038/S41560-020-00724-2>
- [14] Yongli W, Mingchen G, Jingyan W, et al. Measurement and key influencing factors of the economic benefits for China's photovoltaic power generation: A LCOE-based hybrid model [J]. Renewable Energy, 2021, 169: 935-952.
<https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2021.01.028>
- [15] 朱星. 面向户用光伏项目的居民投资与政府补贴策略研究 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2021.
<https://doi.org/10.27101/d.cnki.ghfgu.2021.000049>
- [16] Wang X, Zheng Y, Jiang Z, et al. Influence mechanism of subsidy policy on household photovoltaic purchase intention under an urban-rural divide in China [J]. Energy, 2021, 220: 119750.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119750>
- [17] Mundaca L, Samahita M. What drives home solar PV uptake? Subsidies, peer effects and visibility in Sweden [J]. Energy Research & Social Science, 2020, 60: 101319.
<https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.101319>
- [18] Karakaya E, Hidalgo A, Nuur C. Motivators for adoption of photovoltaic systems at grid parity: A case study from Southern Germany [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015, 43: 1090-1098.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.077>
- [19] 王宏伟, 朱雪婷, 殷晨曦. 中国光伏产业发展及电价补贴政策影响研究 [J]. 数量经济技术经济研究, 2022, 39 (07): 90-112.
<https://doi.org/10.13653/j.cnki.jqte.2022.07.001>
- [20] Luo G-l, Long C-f, Wei X, et al. Financing risks involved in distributed PV power generation in China and analysis of countermeasures [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016, 63: 93-101.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.026>
- [21] 王欣, 谢文华. 户用光伏发电补贴退坡与平价上网的两阶段仿真研究 [J]. 电力需求侧管理, 2021, 23 (05): 76-80.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1009-1831.2021.05.015>
- [22] 付云. 财政补贴退坡对光伏产业的影响研究 [D]. 昆明: 云南财经大学, 2022.
<https://doi.org/10.27455/d.cnki.gycmc.2022.000312>
- [23] 毛其淋, 许家云. 政府补贴对企业新产品创新的影响——基于补贴强度“适度区间”的视角 [J]. 中国工业经济, 2015, (06): 94-107.
<https://doi.org/10.19581/j.cnki.ciejournal.2015.06.009>
- [24] 耿曙. 发展阶段如何影响产业政策: 基于中国太阳能产业的案例研究 [J]. 公共行政评论, 2019, 12 (01): 24-50 + 211-2.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-2486.2019.01.003>
- [25] Zhao X, Zeng Y, Zhao D. Distributed solar photovoltaics in China: Policies and economic performance [J]. Energy, 2015, 88: 572-583.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.05.084>
- [26] 肖兴志, 李少林. 光伏发电产业的激励方式、他国观照与机制重构 [J]. 改革, 2014, (07): 75-86.

Diagnosis and Countermeasure Research on Restrictive Factors of Household Photovoltaic Development in Shunyi District

YAO Jiaqi

(State Grid Beijing Shunyi Electric Power Supply Company, Beijing 101300, China)

Abstract: In order to mitigate climate change and global warming, and to balance the relationship between energy consumption and carbon emissions, China has put forward the “double carbon” goal, which will promote the construction of household photovoltaic as an important part of development. Distributed photovoltaic has the characteristics of high construction cost and long cost recovery cycle, which are unfavorable factors restricting large-scale promotion, and has been relying on national financial subsidies for a long time in the early stage of development. Under the incentive of high subsidies, the scale of China’s distributed photovoltaic industry has expanded rapidly and maintained a high-speed development trend for many years. However, the large-scale development is accompanied by a surge in government subsidy funds. The high subsidy funds are difficult to be sustained, and the distributed photovoltaic industry is facing the overall trend of subsidy decline. This paper takes Shunyi District of Beijing, the first batch of pilot areas for rooftop distributed photovoltaic development in the whole county (city, district) in China, as an example. Through questionnaire survey, field interview and model analysis, this paper reveals the difficulties faced by household photovoltaic development in this area, identifies the main constraints and problems of photovoltaic development in this area, and quantitatively analyzes the influence degree of various factors. On this basis, based on the theoretical perspective of ‘cooperative governance’, this paper attempts to construct a G-P-M-S incentive system for household distributed photovoltaic development, which covers the government, public, market and society, and condenses the policy orientation of coordinating ‘cross-level’, ‘cross-department’, ‘cross-subject’ and ‘policy tool integration’, and puts forward specific policy suggestions in light of the actual situation of Shunyi District, so as to provide support for Shunyi District to promote the development of photovoltaic industry and realize green and low-carbon transformation.

Keywords: Household photovoltaic; subsidy decline; influencing factors; incentive mechanism

DOI: 10.48014/csdr.20230704001

Citation: YAO Jiaqi. Diagnosis and countermeasure research on restrictive factors of household photovoltaic development in Shunyi district [J]. Theory and Practice of Chinese Pedagogy, 2023, 2(4): 78-89.

Copyright © 2023 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/>).

