

# 政府补贴对光伏产业创新的影响\*

王宏伟<sup>1</sup> 朱雪婷<sup>2</sup> 李平<sup>1</sup>

(1. 中国社会科学院数量经济与技术经济研究所, 北京 100732;

2. 中国社会科学院大学数量经济与技术经济系, 北京 102488)



**内容提要:**作为战略性新兴产业的典型代表,我国光伏行业研发投入水平和创新产出能力的提高一直是社会各界关注的重点领域。本文基于我国 59 家光伏上市企业 2009—2020 年的面板数据,探讨了政府补贴对我国光伏行业研发投入水平和创新产出能力的影响。研究发现,政府补贴可以显著促进我国光伏行业整体的研发投入水平和创新产出能力,且对于研发投入水平的促进作用更明显,该结论在进行一系列稳健性检验和内生性问题处理后依然稳健。进一步,本文分别从产权性质和产业链环节两个维度分析了政府补贴对光伏企业研发投入水平和创新产出的异质性影响。结果表明,两维度的回归效应皆存在明显差异性:政府补贴对非国有光伏企业的研发投入水平和创新产出均呈现出显著的正向影响,但是对国有企业的研发投入和创新产出影响均不显著;政府补贴对光伏产业链不同环节研发投入和创新能力的的影响效应差异较大,其中对产业链中游的企业影响最大;中、下游企业的政府补贴对上游企业的研发投入和创新产出具有正向溢出效应。本文研究对于政府制定和完善有效的光伏产业政策具有重要启示。

**关键词:**光伏产业 政府补贴 研发投入 创新能力 异质性和产业链研究

**中图分类号:**F062 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—5766(2022)02—0057—16

## 一、引言

在传统能源日益紧缺和污染严重的多重压力下,清洁能源的开发和利用愈来愈受到世界各国的关注和重视。习近平总书记做出了我国力争 2030 年前“碳达峰”、2060 年前“碳中和”的承诺,并在气候雄心峰会上进一步宣布,到 2030 年我国风电、太阳能发电总装机容量将达到 12 亿千瓦以上、非化石能源消费占比达 25% 左右。我国已将大力发展包括光伏在内的新能源产业提升至国家战略层面。光伏产业是我国战略性新兴产业的典型代表,因其开发利用的高成本性和研发活动的外部性,需要政府大力扶持。政府补贴作为我国扶持光伏产业发展的重要政策工具之一,在光伏产业的各个发展阶段和产业链各环节都扮演着重要角色。近年来,光伏产业迅速发展壮大,其中既有市场需求的拉动作用,也与政府对光伏产业的大规模、大范围补贴密切相关。

政府补贴对微观企业创新的影响一直是众多学者探讨的热点,但现有文献并没有得到一致性的研究结论,存在正面影响(毛其淋和许家云,2015<sup>[1]</sup>;伍健等,2018<sup>[2]</sup>;逯东和朱丽,2018<sup>[3]</sup>;Sung,

收稿日期:2021-07-02

\* 基金项目:国家自然科学基金专项项目“面向 2040 的重点产业(领域)发展对工程科技的需求分析”(L2124004)。

作者简介:王宏伟,女,研究员,博士生导师,管理学博士,研究领域是能源经济、技术经济及管理,电子邮箱:wanghw361@163.com;朱雪婷,女,博士研究生,研究领域是产业政策评估、能源经济、技术创新等,电子邮箱:zhuxi7511@163.com;李平,男,研究员,博士生导师,经济学硕士,研究领域是数量经济、技术经济及管理,电子邮箱:liping@cass.org.cn。通讯作者:朱雪婷。

2019<sup>[4]</sup>)、负面影响(汪秋明等,2014<sup>[5]</sup>;张同斌和高铁梅,2012<sup>[6]</sup>)以及非线性影响(Li等,2020<sup>[7]</sup>;巫强和刘蓓,2014<sup>[8]</sup>)等不同观点。具体到光伏产业,政府补贴是否促进了其研发投入和创新产出,研究结论也存在较大分歧。部分学者认为光伏产业的扶持性政策对研发创新等具有积极的促进作用,如Lin和Luan(2020)<sup>[9]</sup>的实证结果表明,政府补贴对我国光伏上市企业的创新效率具有明显提升作用;辜良杰(2019)<sup>[10]</sup>研究发现,政府补贴提高了我国光伏企业的研发投入强度;郭晓玲(2016)<sup>[11]</sup>认为,财政补贴激励了我国光伏产业的技术创新;戚汝庆(2012)<sup>[12]</sup>从产业创新系统角度发现,政府支持对光伏产业的创新绩效具有推动作用。另外,部分学者认为政府补贴对光伏产业创新具有非线性影响,如郭本海等(2017)<sup>[13]</sup>从光伏企业、政府及学研机构三方博弈角度探析了光伏产业创新过程中多主体的参与情况,结论是政府补贴在一定程度上可以激励创新,但一旦超过补贴临界点,就不产生激励作用;李凤梅等(2017)<sup>[14]</sup>针对政府补贴对光伏企业创新产出的影响进行了两阶段研究,结果表明,2007—2012年,政府补贴与企业创新产出不相关;2013—2015年,政府补贴有效提高了光伏企业的创新产出。还有研究表明,政府补贴可以促进光伏产业的发展,如提高光伏企业的库存周转率和盈利能力(Wang等,2016)<sup>[15]</sup>。但也有部分学者通过研究得出完全相反的结论,如有些学者认为政府补贴在光伏产业等新能源产业的创新活动(李爽,2016)<sup>[16]</sup>和经济绩效(王茵,2012)<sup>[17]</sup>等方面并没有促进作用,在补贴方式不当时甚至会阻碍相关产业的健康发展,比如加剧光伏产业的产能过剩(余东华和吕逸楠,2015)<sup>[18]</sup>、对光伏企业的成长性产生负面影响(杨卫和王陈陈,2019)<sup>[19]</sup>等。通过梳理文献发现,国内外学界在政府补贴对光伏产业创新影响方面的研究相对有限,多视角、多维度系统分析政府补贴政策对于提升光伏行业整体、不同产权性质和不同产业链环节的光伏企业的研发投入和创新产出还不充分。

本文基于我国59家光伏上市企业2009—2020年的面板数据,探讨了政府补贴对我国光伏行业研发投入水平和创新产出能力的影响以及补贴效应在不同产权性质和不同产业链环节中的异质性。相比已有文献,本文可能的创新在于:(1)尽管光伏产业的技术创新已经受到了部分学者的关注,但总体的研究还不够丰富,基于产业层面的定性讨论较多,企业微观层面的定量研究相对较少。少数定量研究政府补贴对光伏企业研发创新的文献,大多是关注研发投入或创新产出的一个方面。从创新链的角度看,虽然研发投入与创新产出紧密相关,但二者并不相同,研发投入处于创新链的上游,是技术创新的手段和过程,真正形成有效的创新产出才是最终目的,其位于创新链的下游,只有对二者同时分析才能更全面地了解政府补贴对光伏企业技术创新的影响作用。而且,相较一般传统产业,光伏产业的资本和技术密集程度、政策敏感程度以及创新风险程度等都更高,其创新活动具备更加明显的正外部性、高风险性和高度不确定性等特征,致使政府补贴对光伏产业技术创新的影响机制和传导路径更加复杂。厘清政府补贴对其创新的影响机理是十分有必要的,但目前学界在这方面的探讨还不充分。因此,本文在厘清政府补贴对光伏产业创新影响的理论机制和传导路径的基础上,综合考察了政府补贴对光伏上市企业研发投入水平和创新产出的影响,拓展了产业政策对光伏产业创新影响的相关研究内容。(2)完整的光伏产业链条包含上、中、下游三个环节,光伏企业位于不同的产业链环节,所要求的技术创新水平和面临的外部环境等都存在较大差异。现有研究缺少对不同环节的精准研究,基于整体和光伏产业链视角的综合研究更为欠缺。同时,非国有光伏企业比国有光伏企业面临更残酷的市场竞争和更严峻的融资约束等,但已有文献对政府补贴在不同产权性质光伏企业中创新效应的研究尚未充分展开。因此,本文除了从光伏行业整体视角出发,还从产权性质和产业链环节两个维度,深入分析了政府补贴对光伏上市企业研发投入水平和创新产出能力的异质性影响。(3)现有文献中,实证研究某一具体行业内不同环节间溢出效应的文献非常少。为了准确说明政府补贴的实际效果,本文尝试基于产业链溢出角度,在分环节研究部分实证考察了中、下游的政府补贴对上游研发投入和创新产出的溢出效应,加深了政府补贴对

光伏产业创新具体影响的理解与认识,为政府制定精准有效的光伏产业政策提供了新的实证检验证据。

## 二、理论机制与研究假设

政府补贴作为我国支持光伏产业发展的重要政策工具之一,一直以来都受到社会各界的广泛关注。政府补贴一方面是纠正“市场失灵”,扶持光伏等幼稚型产业发展的重要手段;另一方面又可能会产生“政府失灵”现象和“寻租”行为等,不利于市场的公平竞争,降低企业的创新能力。因此,本文采用“金字塔”分析结构,从理论基础、影响机制和具体作用原理三个层面分别针对政府补贴对光伏企业创新的正面影响和负面影响进行分析,并提出相应的研究假设。

### 1. 正面影响机制分析

政府补贴主要通过两条路径对光伏企业的研发投入和创新产出产生正面影响。其中一条正面传导路径的理论依据是市场失灵理论和外部性理论。市场失灵理论认为市场机制的作用有限,无法对有限资源进行高效配置,需要政府“看得见的手”弥补市场缺陷,政府补贴就是重要手段之一。而在知识经济背景下,知识溢出效应使得研发创新存在正外部性而导致供给不足,需要政府的政策干预。影响机制主要体现在改善企业财务状况和降低技术创新风险方面。具体的作用原理在于:企业的研发创新活动在市场机制不完备时存在很强的社会正外部性(解维敏等,2009)<sup>[20]</sup>,同时企业的研发创新过程还需要高额投资(郭晓丹等,2011)<sup>[21]</sup>,加上研发创新活动的高风险性也会导致企业在研发投入方面持保守态度(朱平芳和徐伟民,2003)<sup>[22]</sup>。而政府补贴作为企业的营业外收入,可以改善企业财务状况,在一定程度上分担企业研发创新的成本,减小企业在研发投资时的资金压力,分散创新风险(刘婷婷和高凯,2020)<sup>[23]</sup>。因此,政府补贴具有额外行为(Buisseret等,1995)<sup>[24]</sup>,可以对企业的创新行为产生激励效应。政府补贴在进入光伏企业后,提高了光伏企业的利润总额,从而可以改善企业的财务状况,能在一定程度上为光伏企业的研发创新活动提供稳定的资金来源,提高光伏企业的研发投入水平和创新产出能力。

另外一条正面传导路径的理论依据是凯恩斯的经济学理论和熊彼特的技术创新理论。其中,政府具有调节消费倾向和投资引诱的职能(狄拉德,1963)<sup>[25]</sup>,为政府补贴拉动光伏市场需求和规模扩张奠定了理论基础。约瑟夫·熊彼特(2019)<sup>[26]</sup>认为,企业家为了在激烈的市场竞争中通过创新最大限度地获取超额利润会高度重视研发创新活动,因为研发创新与企业发展正相关,没有技术创新,企业不可能获得发展。光伏产业的政府补贴主要分为两大类:第一类是扶持产业发展、扩大市场规模的政府补贴;第二类是支持产业创新的政府补贴,本文的研究对象是第一类补贴。这类补贴对光伏产业研发创新的影响机制主要是信号传递机制和规模经济的“干中学”效应。一方面,政府补贴行为可以向外界传递出积极信号,从而为企业吸引更多投资(林毅夫等,2010)<sup>[27]</sup>。即政府补贴可以吸引资金大量涌入相关行业从而带动行业的快速发展。政府对光伏产业实施补贴政策,可以减少企业的投资不确定性,使得光伏行业的资本环境逐渐回暖,激发社会各类资本对于光伏产业的投资热情,带动产业资本和金融资本等从持币观望转为选择性进入,从而推动行业规模的迅速扩张。同时,光伏产业属于技术密集型的战略性新兴产业,随着行业规模扩大和发展模式逐渐成熟,企业之间的竞争会逐渐转向提升技术创新水平和降低发电成本等方面的竞争,保持技术领先优势成为光伏企业增强市场竞争力的重要方式。在光伏行业市场竞争加剧和市场需求向高效产品转变的形势下,光伏企业为增强自身竞争力和获取超额利润,会选择进行研发创新。另一方面,市场规模的扩大和光伏产品需求的大量增加会给产业创新带来“干中学”效应,即存在动态规模经济效应,在大规模生产过程中积累大量经验和知识,产生技术外溢效应,进而提高企业的技术创新水平和生产效率。

因此,本文提出如下研究假设:

H<sub>1</sub>:政府补贴会对光伏产业的研发投入水平和创新产出能力产生正向影响。

## 2. 负面影响机制分析

政府补贴对光伏产业创新可能产生负面影响的理论依据主要是政府失灵理论以及信息不对称和寻租理论等。影响机制主要是挤出效应和“偷懒”行为。具体作用原理在于:政府补贴对企业的影响主要取决于其适度性和合理性,不适宜的政府补贴反而会扭曲企业行为,对企业的研发创新活动产生替代效应和挤出效应(谢彦明等,2018)<sup>[28]</sup>。而且,由于信息不对称和个体经济理性,政府补贴是否会对企业的研发创新产生正面溢出效应也主要取决于市场主体的行为选择,它们既可能选择通过技术进步获得市场竞争力,也可能选择高度依赖补贴而不去研发创新和追求技术进步(聂新伟和徐齐利,2019)<sup>[29]</sup>。一方面,如果政府补贴政策在具体实施过程中存在不规范和不透明现象,高额的政府补贴就会滋生大量的寻租行为,寻租行为所产生的“非生产性支出”和“不当交易费用”就会挤出企业原有的研发投入,导致资源错配(余明桂等,2010)<sup>[30]</sup>。而且,如果补贴方式不当,长期依赖政府补贴的企业容易滋生“享乐主义”,最终对企业创新产生挤出效应(张杰等,2015)<sup>[31]</sup>。因此,政府的补贴资金可能导致企业丧失通过技术进步提高创新效益的主观能动性,出现“偷懒”行为(储德银等,2017)<sup>[32]</sup>。另一方面,有学者的研究表明,大部分新能源企业获得政府补贴后,利用该资金加大研发创新力度的收益低于保留补贴资金不去研发创新的“偷懒”收益,所以获得政府补贴后不进行研发创新成为了占优策略(周亚虹等,2015)<sup>[33]</sup>。

当前,光伏产业是我国大力支持和发展的战略性新兴产业,一系列政府补贴政策的出台,会对光伏产业的规模扩张产生巨大推动作用。但是,一方面,在光伏补贴政策不够完善和精准的情况下,可能产生激励扭曲问题,使光伏企业盲目扩张产能,挤占企业的创新资源,也可能导致企业过度依赖补贴,降低研发创新积极性,成为“养懒”政策;另一方面,政府补贴在增加整个市场需求的同时,也会扩大低端光伏产品的市场空间。部分光伏企业即使不进行技术研发和创新,依然可以通过拿到低端产品的市场订单而不被淘汰,从而降低对技术研发和创新投入的积极性。因此,本文提出如下假设:

H<sub>2</sub>:政府补贴会对光伏产业的研发投入水平和创新产出能力产生负向影响。

本文的逻辑分析框架如图 1 所示。

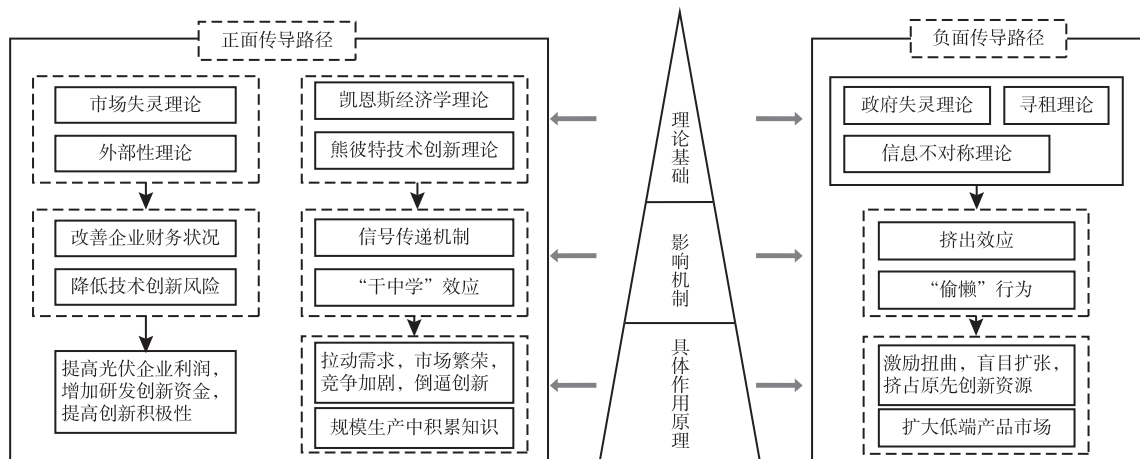


图 1 政府补贴对光伏产业研发创新影响的逻辑分析框架

资料来源:作者整理

### 三、研究设计与模型构建

#### 1. 样本选择与数据来源

本文选取 2009—2020 年沪深 A 股市场的光伏上市公司为研究样本,数据来源主要是 WIND 金融资讯终端和国泰安数据库。在界定一家企业是否为太阳能光伏上市企业时,本文首先借鉴李凤梅等(2017)<sup>[14]</sup>、Wang 等(2016)<sup>[15]</sup>、余东华和吕逸楠(2015)<sup>[18]</sup>以及周亚虹等(2015)<sup>[33]</sup>的做法,从 WIND 金融资讯终端“产业链平台”中的“光伏”板块以及沪深股票“光伏”概念板块中进行初步筛选,确定了光伏企业的大致样本;然后,通过各个企业的利润表,根据主营业务或主营产品中包含的“多晶硅”“单晶硅”“硅片”“太阳能光伏电池”“电池组件”“光伏玻璃”“光伏发电”“光伏设备制造”等关键词,手工收集和整理光伏产业链上相关业务在企业营业总收入中的占比,并核准每一个样本企业进入光伏行业的年份,以此对样本企业名单进行二次筛选,最终得到更为精准的光伏行业的上市企业名单,共 59 家。

#### 2. 变量选择

**被解释变量:**本文选取企业的研发投入 (*R&D*) 和专利申请量 (*Pat*) 作为被解释变量,分别表示光伏上市企业的研发投入水平和创新产出能力。同时,参考王永钦等(2018)<sup>[34]</sup>、储德银和刘文龙(2021)<sup>[35]</sup>的做法,且基于上市企业公开数据的完整性和可得性以及研发工作与成效的滞后性,最终选用专利申请量的 *t* + 1 期数据作为 *t* 期政府补贴的被解释变量。

**解释变量:**本文以各光伏上市企业每年获得的政府补贴进行测度,参考施建军和栗晓云(2021)<sup>[36]</sup>、黄送钦等(2020)<sup>[37]</sup>的研究,用各公司利润表或财务报表附注中“营业外收入”科目下的“政府补助”来代表。

**控制变量:**借鉴李文贵(2020)<sup>[38]</sup>、李梅等(2020)<sup>[39]</sup>;陈瑞华等(2020)<sup>[40]</sup>和杨洋等(2015)<sup>[41]</sup>的做法,本文选择企业的总资产净利率、资产负债率、企业规模、人力资本、资本密集度和主营业务结构作为控制变量。

各变量的设置情况及测量方法具体如表 1 所示。

表 1 变量解释与说明

变量类型	变量名称	变量代码	测量方法
被解释变量	研发投入	<i>R&amp;D</i>	Ln(研发投入 + 1)
	专利申请量	<i>Pat</i>	Ln( <i>t</i> + 1 期专利申请量 + 1)
解释变量	政府补贴	<i>Subsidy</i>	Ln(当年获得的补贴额 + 1)
控制变量	总资产净利率	<i>ROA</i>	净利润/总资产
	资产负债率	<i>Lev</i>	总负债/总资产
	企业规模	<i>Size</i>	Ln(资产总额 + 1)
	人力资本	<i>Tech</i>	Ln(技术人员数量 + 1)
	资本密集度	<i>Capint</i>	固定资产/总资产
	主营业务结构	<i>Mbs</i>	光伏业务收入/营业总收入

资料来源:作者整理

#### 3. 模型构建

为了研究我国政府补贴对光伏产业研发投入和创新产出能力的影响程度,本文设定如下模型:

$$R\&D_{it} = \alpha_1 + \beta_1 Sub_{it} + \gamma_1 ROA_{it} + \gamma_2 Lev_{it} + \gamma_3 Size_{it} + \gamma_4 Tech_{it} + \gamma_5 Capint_{it} + \gamma_5 Mbs_{it} + \eta_i + \varphi_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$Pat_{it+1} = \alpha_2 + \beta_2 Sub_{it} + \theta_1 ROA_{it} + \theta_2 Lev_{it} + \theta_3 Size_{it} + \theta_4 Tech_{it} + \theta_5 Capint_{it} + \theta_5 Mbs_{it} + \eta_i + \varphi_i + \mu_{it} \quad (2)$$

其中, $R\&D_{it}$ 代表第*i*家光伏企业在第*t*年的研发投入金额, $Pat_{it+1}$ 代表第*i*家光伏企业在第*t*+1年的专利申请量,因为考虑到资金投入到创新产出的滞后效应,所以本文使用光伏企业专利申请量的*t*+1期数据计算,其他控制变量如表1所示。 $\varepsilon_{it}$ 和 $\mu_{it}$ 分别代表两个模型的随机误差项, $\eta_i$ 为个体效应, $\varphi_t$ 为时间效应。需要说明的是,由于本文研究的光伏上市企业所在省份在研究期间并没有发生改变,所以相当于本文也控制了省份效应。

#### 4. 描述性统计

表2列示了2009—2020年整体样本变量的描述性统计结果。可知,整体有效样本量为708个。研发投入(*R&D*)和专利申请量(*Pat*)的均值分别为21740.78和51.458,最大值分别是855595.1和2293,最小值均是0,标准差分别是71556.96和174.944,说明样本光伏企业间的研发投入水平差异比较大,创新产出能力也良莠不齐。在政府补贴(*Subsidy*)方面,其均值为5359.117,最大值和最小值分别是207266.5和0,标准差是16012.67,表明观测样本的政府补贴离散程度较大,意味着不同光伏企业获得的政府补贴也存在很大不同。

表2 主要变量描述性统计结果

变量	样本量	均值	最小值	最大值	标准差
<i>R&amp;D</i>	708	21740.780	0.000	855595.100	71556.960
<i>Pat</i>	649	51.458	0.000	2293.000	174.944
<i>Subsidy</i>	708	5359.117	0.000	207266.500	16012.670
<i>ROA</i>	708	0.045	-0.699	0.877	0.105
<i>Lev</i>	708	0.452	0.000	1.044	0.205
<i>Size</i>	708	959275.900	0.000	20100000.000	2052149.000
<i>Tech</i>	708	865.719	0.000	35788.000	3119.605
<i>Capint</i>	708	0.309	0.000	0.848	0.170
<i>Mbs</i>	704	0.438	0.000	1.000	0.390

资料来源:作者整理

## 四、实证结果分析

### 1. 基准模型回归

在固定了上市光伏企业的个体效应和年份效应的基础上,采用最小二乘估计方法,对基准模型进行了回归,表3列示了2009—2020年政府补贴对上市光伏企业研发投入和创新产出的双向固定效应模型的估计结果。

表3 基准回归结果

变量	(1) <i>R&amp;D</i>	(2) <i>Pat</i>
<i>Subsidy</i>	0.183 *** (3.53)	0.087 ** (2.01)
<i>ROA</i>	2.188 *** (3.75)	-0.081 (-0.17)
<i>Lev</i>	0.349 (0.89)	-0.064 (-0.19)
<i>Size</i>	0.279 *** (2.59)	0.199 ** (2.18)

续表 3

变量	(1) <i>R&amp;D</i>	(2) <i>Pat</i>
<i>Mbs</i>	0.930 *** (3.45)	0.147 (0.63)
<i>Capint</i>	-0.556 (-1.08)	-1.073 ** (-2.44)
<i>Tech</i>	0.431 *** (6.91)	0.137 *** (2.60)
常数项	0.926 (0.77)	-1.062 (-1.02)
个体/年份效应	控制	控制
R <sup>2</sup>	0.718	0.715
N	704	645

注：\*、\*\*、\*\*\* 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著；括号内为 *t* 值，下同

资料来源：作者整理

从表 3 第(1)列的结果可以看出，政府补贴与研发投入的系数为 0.183，且在 1% 的水平上显著。说明政府补贴与光伏上市企业的研发投入之间存在显著的正相关关系，政府补贴每提高 1%，光伏上市企业在当年的研发投入平均提高约 0.183%。从第(2)列的结果可以看出，政府补贴与专利申请量的相关系数为 0.087，且在 5% 的统计水平上显著，说明政府补贴可以显著提高光伏企业的专利申请量。以上正向促进作用无论在统计意义上，还是经济意义上都较为显著，验证了假设 H<sub>1</sub>。上述结论与辜良杰(2019)<sup>[10]</sup>、郭晓玲(2016)<sup>[11]</sup>和李凤梅等(2017)<sup>[14]</sup>的研究结果较为一致，本文在样本区间上进一步丰富了相关研究内容。

政府补贴与光伏企业研发投入和创新产出显著相关的可能原因是：首先，其直接作用于光伏企业，改善了企业财务状况，进而提高了企业研发创新的积极性。光伏产品的技术水平提高后，质量提高且成本和价格下降，进一步提高了企业销售额，使得企业能够拥有更多的资金用于研发创新，形成良性循环。其次，从企业年报和相关政策中发现，政府补贴越来越多地转向鼓励企业研发创新，政策重点向技术创新的转变会直接影响企业的研发行为。在政策调整的影响下，我国光伏产业的研发创新水平不断提高。再次，从回归结果中发现，企业规模和人力资本的回归系数都显著为正，即企业的规模越大、人力资本越丰富，研发投入和创新产出的水平越高。这与客观事实相符，说明提高创新能力是企业发展逐渐成熟以及规模扩大到一定程度的必然选择。最后，多数光伏企业还属于半导体行业，该行业在近年来的快速发展和技术进步也带动了硅片、光伏组件等成本和价格的大幅降低，即半导体产业的创新和发展会对光伏产业的技术创新产生“沿途下蛋”的正向溢出效应。

进一步地，从政府补贴对光伏上市企业的研发投入和创新产出影响的回归结果对比发现，研发投入水平(0.183)要远远高于专利申请量(0.087)，且统计意义上显著性水平更高，说明政府补贴对于光伏企业的研发投入影响相比创新产出更大。出现这种结果可能是因为，首先，研发投入属于企业创新过程的前端环节，对政府补贴资金比较敏感，所依赖外界因素较少，过程相对简单。而专利申请属于创新产出，是创新过程的后端环节，除了需要资金的大力支持外，还依赖于外界的其他因素，过程相对复杂，失败率较高。其次，从光伏产业自身的技术特征来看，产业内产生颠覆性创新的几率较小，多是渐进式创新或模仿式创新，而且目前我国光伏企业的研发投入多用于改进现有产

品或生产工艺以及对新工艺新产线的引进吸收上。

## 2. 稳健性检验

为了保证本文主要分析结果的稳健性,本文进行了如下一系列的稳健性检验,包括:更换估计方法、改变样本容量、增加关键控制变量、赋予解释变量和被解释变量新的代理变量等。具体分析结果如下:

(1)更换回归估计方法。为了保证本文结果的可靠性,本文参考周燕和潘瑶(2019)<sup>[42]</sup>的做法,使用分位数回归方法重新进行估计,并分别选择了0.25、0.50和0.75三个分位点进行回归,估计结果如表4所示。结果显示,政府补贴在三个分位点上均对光伏上市企业研发投入水平和专利申请量具有显著促进作用。本文研究结果稳健。

表4 分位数回归结果

变量	(1) <i>R&amp;D</i>	(2) <i>R&amp;D</i>	(3) <i>R&amp;D</i>	(4) <i>Pat</i>	(5) <i>Pat</i>	(6) <i>Pat</i>
分位数	Q25	Q50	Q75	Q25	Q50	Q75
<i>Subsidy</i>	0.375 *** (5.28)	0.280 *** (5.36)	0.167 *** (3.24)	0.316 *** (4.56)	0.248 *** (2.89)	0.251 ** (2.19)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	1.160 (2.06)	-0.574 (-1.45)	-1.088 *** (-3.41)	-0.578 (-0.66)	-0.558 (-0.59)	-0.560 (-0.31)
N	704	704	704	645	645	645

资料来源:作者整理

(2)改变样本容量。由于部分光伏上市企业的信息披露问题及上市时间较短等原因,它们的研发投入金额或专利申请量存在大量缺失值,本文剔除这些样本以及ST企业,形成新的样本容量,共计588个。估计结果如表5的第(1)列和第(2)列所示,可以发现,改变样本容量后,政府补贴对光伏上市企业的研发投入和专利申请量依然为正,不改变本文研究结论。

(3)考虑发展趋势问题。在基准回归模型(1)中增加了 $t-1$ 期研发投入这一控制变量,以用来考虑过去研发投入水平对回归结果的影响,估计结果如表5第(3)列所示。结果表明,本文的研究结论依然成立。

(4)替换被解释变量。有学者认为,发明专利更能代表企业的创新产出能力(余明桂等,2016)<sup>[43]</sup>,本文选择光伏上市企业 $t+1$ 期的发明专利申请量加1的自然对数(*Invention Pat*)作为被解释变量“创新产出”的代理变量,估计结果如表5第(4)列所示。此外,企业的研发创新过程是一个时间跨度较长、具备持续性和延滞效应的过程,因此本文参考余明桂等(2016)<sup>[43]</sup>的做法,进一步使用 $t+2$ 期专利申请量加1的自然对数(*Npat*)作为被解释变量“创新产出”的新代理变量,重新进行回归估计,估计结果如表5第(5)列所示,可以发现,回归结果支持了政府补贴可以显著提高光伏上市企业创新产出的研究结论。

表5 稳健性检验结果

变量	(1) <i>R&amp;D</i>	(2) <i>Pat</i>	(3) <i>R&amp;D</i>	(4) <i>Invention Pat</i>	(5) <i>Npat</i>
<i>Subsidy</i>	0.093 * (1.82)	0.123 ** (2.40)	0.087 ** (2.16)	0.063 * (1.83)	0.098 ** (2.35)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制



续表 5

变量	(1) <i>R&amp;D</i>	(2) <i>Pat</i>	(3) <i>R&amp;D</i>	(4) <i>Invention Pat</i>	(5) <i>Npat</i>
常数项	2.900 *** (2.76)	-2.558 ** (-2.32)	-2.162 ** (-2.37)	0.917 (1.11)	0.034 (0.03)
个体/年份效应	控制	控制	控制	控制	控制
R <sup>2</sup>	0.752	0.702	0.843	0.768	0.760
N	586	537	647	645	586

资料来源:作者整理

### 3. 内生性问题处理

本文的基准回归结果可能会受到反向因果关系引起的内生性问题干扰。为此,本文参考宋凌云和王贤彬(2013)<sup>[44]</sup>、陆国庆等(2014)<sup>[45]</sup>、高翔和黄建忠(2019)<sup>[46]</sup>等的做法,选用滞后一期的政府补贴作为政府补贴的工具变量。表6的第(1)列~第(4)列展示了面板工具变量的两阶段最小二乘的估计结果。从第一阶段回归结果可以看出,当期政府补贴会受到滞后一期政府补贴的显著影响,即工具变量(*L. Subsidy*)对内生变量(*Subsidy*)有较好的解释力。从第二阶段回归结果可知,政府补贴对研发投入水平和专利申请量的回归估计系数分别为0.353和0.351,且均在5%的水平上显著,说明政府补贴对光伏上市企业的研发投入水平和专利申请量有显著的提高作用。最后,为了保证面板工具变量估计结果的稳健性,本文还采用了有限信息极大似然方法(LIML)进行再次回归,回归结果如表6第(5)列和第(6)列所示,并不改变研究结论。

表 6 面板工具变量回归结果

因变量	第一阶段		第二阶段		LIML	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>Subsidy</i>	<i>Subsidy</i>	<i>R&amp;D</i>	<i>Pat</i>	<i>R&amp;D</i>	<i>Pat</i>
<i>L. Subsidy</i>	0.266 *** (7.80)	0.244 *** (6.73)				
<i>Subsidy</i>			0.353 ** (2.32)	0.351 ** (2.09)	0.183 *** (3.74)	0.351 ** (2.23)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项					1.301 (1.03)	3.400 *** (2.61)
个体/年份效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
N	647	588	647	588	704	588
F 统计量	60.88 (0.00)	45.27 (0.00)				
识别不足检验			62.336 (0.00)	47.681 (0.00)		
弱工具变量检验			60.879	45.270		
Stock-Yogo 检验			16.38	16.38		

资料来源:作者整理

## 五、进一步研究:异质性分析

### 1. 基于产权性质的分样本研究

企业的产权性质不同,其愿意承担创新风险的程度和水平也不同(陈红,2018)<sup>[47]</sup>。那么,政府补贴对光伏产业研发投入和创新产出能力的影响在不同产权性质的企业中是否不同?本文分别对光伏国有企业和非国有企业进行分样本回归分析,结果如表7所示。

表7 样本企业分所有制性质回归结果

变量	国有企业		非国有企业	
	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>R&amp;D</i>	<i>Pat</i>	<i>R&amp;D</i>	<i>Pat</i>
<i>Subsidy</i>	-0.008 (-0.05)	-0.312 (-1.79)	0.205*** (3.63)	0.103** (1.92)
控制变量	控制	控制	控制	控制
常数项	2.021 (0.63)	0.544 (0.16)	0.553 (0.41)	-0.339 (-0.31)
个体/年份效应	控制	控制	控制	控制
R <sup>2</sup>	0.811	0.652	0.706	0.733
N	108	99	596	546

资料来源:作者整理

通过表7第(1)列和第(2)列的结果可知,政府补贴与国有企业研发投入和创新产出的相关系数分别为-0.008和-0.312,且在统计意义上均不显著,说明政府补贴并没有提高国有光伏企业的研发投入和创新产出,这与吴延兵(2012)<sup>[48]</sup>、董晓庆等(2014)<sup>[49]</sup>的观点基本一致。结合前文的理论机制分析和光伏产业的发展特征,本文认为,可能有以下几点原因:第一,国有企业和政府具有比较紧密的关系(Tong等,2014)<sup>[50]</sup>,增加了补贴过程中寻租的可能性。寻租获取的收益可能会改变国有企业行为,促使它们将更多的企业资源从生产活动转移到寻租活动中去,从而对研发创新活动产生挤出效应(Murphy等,1993)<sup>[51]</sup>。第二,在样本研究期间,我国政府一直鼓励国有企业进入光伏行业,以增强行业整体的抗风险能力。一些国有新能源企业开始不断进行兼并重组,以此迅速进入光伏行业(Wang等,2016)<sup>[15]</sup>。但这种规模扩张一定程度上会挤占其原本的创新资源,且新进入的国有企业在光伏制造和运营上的经验有限,也会阻碍其创新。第三,政府补贴会带动光伏行业整体市场规模的扩大,进而也扩大了低端产品的市场空间。相比非国有企业,国有企业面临的市场环境较为缓和,在利用现有技术和产品便可盈利的情况下,国有光伏企业可能会集中力量扩大市场,而不是研发创新。第四,由于国有企业的任期制和考核等因素的影响,其自身可能对研发经费的需求并不强烈,一定程度上助长了其对政府补贴的无效利用。以上原因的多重作用反映在本文回归结果上,便呈现出政府补贴与国有光伏企业的研发投入和创新产出不显著相关关系。

根据表7第(3)列和第(4)列结果可以发现,政府补贴与非国有企业研发投入和创新产出的相关系数分别为0.205和0.103,且分别在10%和5%的统计水平上显著,说明政府补贴对非国有光伏企业的研发投入和创新产出具有显著的正向影响,这与余明桂等(2016)<sup>[43]</sup>、杨洋等(2015)<sup>[41]</sup>的研究结论相一致。这可能是因为:第一,光伏产业属于技术和资本密集型产业,相对国有企业,非国有企业面临更加激烈的行业竞争,必须不断进行技术革新提高自身核心竞争力才能避免被市场淘汰,因此进行创新的迫切性和内驱力更足,会更倾向于进行研发创新(黎文靖和郑曼妮,2016)<sup>[52]</sup>。

第二,持续性的研发创新需要大量资金,非国有企业又普遍存在融资难和预算硬约束问题,此时,政府补贴就显得比较重要。它可以增加非国有企业的资金收入,降低技术创新风险,使得其研发投入和创新产出都显著增加。第三,在非国有企业中,政府补贴的信号传递效应表现得更为强烈。在信息不对称的情况下,非国有企业能够获得政府补贴可能是企业符合国家发展趋势和具有较大潜力的一种信号显示,可以帮助其获取更多的外部创新资源,进而提高研发创新绩效(Kleer,2010)<sup>[53]</sup>。同时,在获取政府补贴的过程中,可以帮助非国有企业与政府建立更紧密的关系,进一步放大信号作用。

## 2. 基于光伏产业链的分样本研究

太阳能光伏产业链主要分为上、中、下游三大环节,其中,产业链的上游以晶体硅原材料的生产提纯、多晶硅和硅片的制备为主,中游主要以太阳能电池和电池组件的生产为主,下游主要是应用系统环节,包括太阳能光伏的发电、输电、消费和其他应用产品等。在产业发展初期,我国光伏产业链“两端在外”,即上游硅材料制造和下游发电市场的应用都在境外(Wang等,2016)<sup>[15]</sup>。目前光伏产业经过国家的大力扶持和近年来的不断发展,已经形成了相对完备的产业链条,但是仍然存在诸多不足,三个环节的技术创新能力和工艺水平仍需进一步提升。由于光伏产业链上、中、下游不同的内在特征,以及我国光伏产业链各环节发展水平的不同,导致了其对政府补贴的偏好和效应存在差异。因此,分别研究政府补贴对光伏产业上中下游企业研发投入和创新产出的影响十分必要。

(1)分环节回归分析。本文对光伏产业链上、中、下游的上市企业样本分别做了双向固定效应面板回归分析,结果如表8所示。需说明的是,由于部分企业的主营业务和产品覆盖了光伏产业链的上中下游三个环节或者其中两个环节,所以本文在进行分环节分析时将这些企业认定为全产业链企业或双环节企业。

表8 样本企业分环节回归结果

变量	上游		中游		下游	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	R&D	Pat	R&D	Pat	R&D	Pat
<i>Subsidy</i>	0.310** (2.07)	-0.002 (-0.02)	0.198*** (2.90)	0.121** (2.12)	0.099 (1.22)	-0.024 (-0.32)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	3.616 (1.44)	-0.400 (-0.20)	-3.890 (-2.16)	-2.129 (-1.38)	1.685 (0.89)	-0.808 (-0.44)
个体/年份效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
R <sup>2</sup>	0.727	0.754	0.763	0.726	0.711	0.680
N	190	174	334	306	252	231

资料来源:作者整理

首先,通过表8第(1)列可以看出,在光伏产业链的上游,政府补贴可以显著提高光伏企业的研发投入,政府补贴每增加1%,就可以使企业增加约0.31%的研发支出,是三个环节研发投入水平的边际提高效应最高的,且这种正面影响效应在5%的水平上显著。从第(2)列的结果发现,政府补贴和上游光伏企业的创新产出存在微弱的负相关关系,但这种负面影响在统计意义上不显著。即政府补贴可以显著提高上游企业的研发投入水平,但这种研发投入水平的提高却并没有带来专利申请量的增加,出现了研发投入和创新产出不对等的情况。原因可能是:该环节对太阳能光伏产

业的发展非常关键,企业业务范围多与半导体行业紧密相关,各地政府和企业都十分注重对该环节企业的研发投入。但同时,相比产业链的中游和下游环节而言,该环节的技术密集程度最高、技术难度较大,多晶硅和硅片的制备对工艺技术水平 and 成本费用的要求较高,目前关键技术还处于被“卡脖子”的境地,导致该环节的创新产出能力较差。而且,与世界主要发达国家相比,我国在上游环节的技术创新水平仍然比较落后,进入该环节的光伏企业相对于中游和下游环节来说也较少,在一定程度上会导致出现本文的回归结果。

其次,由第(3)列和第(4)列可知,政府补贴对中游企业的研发投入和创新产出均产生显著正向效应,且边际效应较大,每增加1%的政府补贴,就可以提高中游企业约0.20%和0.12%的研发投入和创新产出。通过对比各环节估计结果可以发现,政府补贴对于光伏产业链不同环节研发投入和创新产出的影响效应差异性较大,其中对于产业链中游的企业影响最大。这可能是因为:第一,我国光伏产业的初期起步就是从中游环节开始的,在该环节聚集的上市企业最多,发展模式也更为成熟,且该环节的技术密集程度最低,技术创新门槛相比其他两环节较低,使得该环节企业的政策敏感性更高,政府补贴对该环节研发创新的影响也更大。第二,政府补贴一定程度上会引发企业的逆向选择行为,使它们更倾向于投资技术水平和进入门槛较低的项目(肖兴志和王伊攀,2014)<sup>[54]</sup>。这种行为可能是导致政府补贴对中游光伏企业创新影响更显著的原因。

最后,从第(5)列的估计结果可知,政府补贴与产业链下游企业的研发投入存在正相关关系,但是这种正向影响小于产业链上游和中游的企业,且不显著。通过对比政府补贴对上、中、下游光伏企业研发投入水平的估计系数,可以发现,政府补贴对中游企业的创新活动影响较为明显,而对上游企业和下游企业的影响相对较弱。由第(6)列的估计结果可知,政府补贴对下游企业专利申请量的负向影响不显著。可能原因是,虽然该环节的技术密集程度一般,但对于光伏企业的规模和综合实力要求较高,资金需求量较大。在研究区间内,我国的光伏新增装机容量一直维持在较高水平,全球占比均值约为36%,即下游发电市场的新增容量较大,下游企业将包括政府补贴在内的大量资金用于光伏发电项目的建设开发,而忽略了创新产出的重要性。

(2)产业链溢出效应分析。从光伏产业链各环节的技术密集程度和创新的重要性角度看,上游环节的技术密集程度最高,对创新突破的需求最大。出于现实需要和更准确说明政府补贴的实际效果,本文将光伏行业整体的研发投入( $ORD$ )和创新产出( $Apat$ )分别作为新的控制变量加入模型中,以便从整个产业链的角度,考察中、下游政府补贴对上游研发投入和创新产出的溢出效应。由于考虑了每年光伏行业整体研发投入和创新产出的影响,这里只固定个体效应,回归结果见表9第(1)列和第(2)列。为了使估计结果更稳健,本文用每年光伏行业中、下游的研发投入( $URD$ )和创新产出( $Upat$ )替代 $ORD$ 和 $Apat$ 重新进行回归,回归结果如表9第(3)列和第(4)列所示。根据表8和表9中政府补贴系数的对比结果,可以发现:中、下游企业的政府补贴对上游企业的研发投入和创新产出具有正向溢出效应。具体从第(1)列和第(3)列的结果可以看出,在加入 $ORD$ 和 $URD$ 后,上游的政府补贴对上游研发投入的正向影响变小,说明表8高估了上游的政府补贴对上游研发投入的影响。进一步从表8的结果发现,中、下游企业的政府补贴提高了中、下游的研发投入,说明光伏行业整体的研发投入也相应得到提高。表9第(1)列的结果又表明,光伏行业整体的研发投入提高了上游研发投入,即中、下游企业的政府补贴通过提高光伏行业整体的研发投入,对上游企业的研发投入产生正向溢出作用。从第(2)列和第(4)列的结果可以看出,在加入 $Apat$ 和 $Upat$ 后,上游的政府补贴的负相关系数变小,且 $Apat$ 和 $Upat$ 的系数显著为正,说明光伏行业整体的创新产出或中下游的创新产出抵消了一部分上游的政府补贴对上游创新产出的负面影响,即存在正向溢出效应。

表 9 中、下游政府补贴对上游企业的溢出效应检验结果

变量	(1) <i>R&amp;D</i>	(2) <i>Pat</i>	(3) <i>R&amp;D</i>	(4) <i>Pat</i>
<i>Subsidy</i>	0.283 ** (2.02)	-0.024 (-0.32)	0.284 ** (2.03)	-0.043 (-0.37)
<i>ORD</i>	0.206 (0.93)			
<i>Apat</i>		0.892 *** (5.41)		
<i>URD</i>			0.214 (0.275)	
<i>Upat</i>				0.839 *** (4.45)
其他控制变量	控制	控制	控制	控制
常数项	0.277 (0.09)	-5.641 *** (-2.73)	0.559 (2.612)	-4.346 ** (-2.09)
个体效应	控制	控制	控制	控制
R <sup>2</sup>	0.719	0.742	0.720	0.727
N	190	174	190	174

资料来源:作者整理

## 六、研究结论与政策建议

本文在厘清政府补贴对光伏产业研发创新影响的理论机制和传导路径的基础上,利用我国 59 家光伏上市企业 2009—2020 年的数据,实证考察了政府补贴对光伏企业研发投入水平和创新产出能力的具体影响。结果表明,政府补贴对光伏上市企业的研发投入和专利申请量具有显著正向相关关系,且政府补贴对于光伏企业研发投入的正向影响比创新产出更大。一系列稳健性检验均证实了本文研究结论的可靠性。进一步,本文分别从光伏上市企业的产权性质和光伏产业链环节两个维度进行了异质性分析,研究发现,政府补贴对国有光伏企业的研发投入和创新产出的负向相关关系不显著,而对非国有光伏企业的研发创新具有显著的正向影响;政府补贴对上中下游企业研发投入均具有显著的正向作用,但对上游和下游企业研发投入的促进作用较弱,政府补贴只对产业链中游的光伏企业创新产出产生了显著的正向影响,而对上游和下游环节企业的创新产出的影响不显著;中、下游企业的政府补贴对上游企业的研发投入和创新产出具有正向溢出效应。为更好发挥政府补贴等产业政策在我国光伏产业创新发展中的促进作用,基于以上研究结论,本文提出如下政策建议:

第一,及时转变政府补贴方向和重点,进一步提高补贴效率。通过对不同所有权性质光伏企业的分析结果可知,政府补贴只显著提高了非国有企业的研发创新,而国有企业的研发投入和创新产出对政府补贴的敏感性较差。因此,实施政府补贴时应积极优化补贴结构配置,及时调整政府补贴方向和重点,根据企业属性“因材施教”,并不断引导和鼓励国有企业加大研发投入,建立研发投入稳定增长机制,并采用多种措施激发国有企业内在的创新动力。再有,着重鼓励引导光伏产业链上游和下游企业加大研发投入,加强技术研发和创新,积极开发和应用新工艺新技术,促进光伏全产业链的均衡发展。

第二,进一步完善光伏产业政府补贴政策,及时调整策略提高光伏企业研发创新效率。通过本文研究结论可知,政府补贴可以有效提高光伏行业整体的创新产出能力,但是政府补贴对研发投入水平的促进水平较其更为明显。未来的政策要点要聚焦在如何提高光伏企业研发创新效率方面,建议通过税收优惠或普惠政策等加大事后支持的力度,促进创新产出能力的提高。

第三,创造光伏产业公平的市场环境,通过规模化和良性竞争促进光伏产业高质量发展。一方面,要加强对政府补贴发放过程的监管力度,注重事前和事后评估,避免补贴过程中的“寻租”行为,真正发挥政府补贴提高光伏企业创新能力的作⽤;另一方面,为了避免光伏产业对政府补贴的长期依赖性,政府应进一步完善产业的准入和退出规则,不断扩大国内消费需求,鼓励规模化经营,鼓励企业良性的市场竞争,来倒逼光伏企业提高创新能力,形成光伏行业创新的自我驱动力。

第四,充分考虑政策整体效应,不断推动光伏产业链各环节资源整合。通过本文分析可知,光伏产业链上、中、下游环节之间联系非常紧密,且补贴政策的实施在各环节之间存在溢出效应。一方面,应充分考虑实施产业政策的整体效应,不仅要关注产业链某一环节的政策实施对本环节的影响,还要正确评估该政策对其他环节的影响,以使得政策作⽤最大化;另一方面,政府应推动光伏产业链各环节之间优质资源的不断整合,鼓励企业之间的横、纵向合作和产业链延伸,更好发挥规模效应和协同优势。

本研究的不足之处在于:受囿于微观企业层面投入产出数据的不可获得性,本文无法精确获得上、中、下游企业之间的一一供需关系,很难建立各环节企业之间精准的投入产出关系,导致在“基于光伏产业链的分样本研究”部分,无法进行更深入的研究,未来在条件具备的情况下可以再进行相关研究。

#### 参考文献

- [1]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].北京:中国工业经济,2015,(6):94-107.
- [2]伍健,田志龙,龙晓枫,熊琪.战略性新兴产业中政府补贴对企业创新的影响[J].北京:科学学研究,2018,(1):158-166.
- [3]逯东,朱丽.市场化程度、战略性新兴产业政策与企业创新[J].南京:产业经济研究,2018,(2):65-77.
- [4]Sung, B. Do Government Subsidies Promote Firm-Level Innovation? Evidence from the Korean Renewable Energy Technology Industry[J]. Energy Policy, 2019, 132:1333-1344.
- [5]汪秋明,韩庆藩,杨晨.战略性新兴产业中的政府补贴与企业行为——基于政府规制下的动态博弈分析视角[J].上海:财经研究,2014,(7):43-53.
- [6]张同斌,高铁梅.财税政策激励、高新技术产业发展与产业结构调整[J].北京:经济研究,2012,(5):58-70.
- [7]Li, Q., M. Wang, and L. Xiangli. Do Government Subsidies Promote New-Energy Firms' Innovation? Evidence from Dynamic and Threshold Models[J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 286, (2):124992.
- [8]巫强,刘蓓.政府研发补贴方式对战略性新兴产业创新的影响机制研究[J].南京:产业经济研究,2014,(6):41-49.
- [9]Lin, B., and R. Luan. Do Government Subsidies Promote Efficiency in Technological Innovation of China's Photovoltaic Enterprises? [J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 254, (4):120108.
- [10]辜良杰.我国光伏产业财政政策的创新驱动性研究[J].哈尔滨:经济研究导刊,2019,(14):58-61,63.
- [11]郭晓玲.财税政策对光伏产业的影响效果评价研究[D].大连:东北财经大学,2016.
- [12]戚汝庆.中国光伏产业创新系统研究[D].武汉:华中科技大学,2012.
- [13]郭本海,李军强,张笑腾.多主体参与下中国光伏产业低端技术锁定突破问题研究[J].北京理工大学学报(社会科学版),2017,(4):18-27.
- [14]李凤梅,柳卸林,高雨辰,朱丽.产业政策对中国光伏企业创新与经济绩效的影响[J].天津:科学学与科学技术管理,2017,(11):47-60.
- [15]Wang, H. W., S. L. Zheng, and Y. Zhang. Analysis of the Policy Effects of Downstream Feed-In Tariff on China's Solar Photovoltaic Industry[J]. Energy Policy, 2016, 95, (8):479-488.
- [16]李爽.R&D强度、政府支持与新能源企业的技术创新效率[J].成都:软科学,2016,(3):11-14.
- [17]王茵.中国光伏产业的财政政策效应研究[D].杭州:浙江大学,2012.
- [18]余东华,吕逸楠.政府不当干预与战略性新兴产业产能过剩——以中国光伏产业为例[J].北京:中国工业经济,2015,(10):53-68.
- [19]杨卫,王陈陈.政府补贴对战略新兴产业发展的影响——以光伏上市企业为例[J].昆明:生态经济,2019,(7):76-81.
- [20]解维敏,唐清泉,陆姗姗.政府R&D资助,企业R&D支出与自主创新——来自中国上市公司的经验证据[J].北京:金融

研究,2009,(6):86-99.

[21]郭晓丹,何文韬,肖兴志.战略性新兴产业的政府补贴、额外行为与研发活动变动[J].北京:宏观经济研究,2011,(11):63-69.

[22]朱平芳,徐伟民.政府的科技激励政策对大中型工业企业 R&D 投入及其专利产出的影响——上海市的实证研究[J].北京:经济研究,2003,(6):45-53,94.

[23]刘婷婷,高凯.产业政策如何影响长三角地区企业竞争力?[J].南京:产业经济研究,2020,(1):75-87.

[24]Buisseret,T. J.,H. M. Cameron,and L. Georghiou. What Difference Does It Make? Additionality in The Public Support of R&D in Large Firms[J]. International Journal of Technology Management,1995,10,(45):587-600.

[25]狄拉德.凯恩斯经济学[M].北京:人民出版社,1963.

[26]约瑟夫·熊彼特.经济发展理论[M].北京:商务印书馆,2019.

[27]林毅夫,巫和懋,邢亦青.“潮涌现象”与产能过剩的形成机制[J].北京:经济研究,2010,(10):4-19.

[28]谢彦明,汪戎,党国英.政府补贴与企业产能过剩:是“雪中送炭”还是“雪上加霜”——政府补贴程度与资产专用性的调节视角[J].南京:科技与经济,2018,(4):105-109.

[29]聂新伟,徐齐利.光伏发电产业补贴政策为什么进退难以自如?——基于政府与市场主体的博弈分析[J].保定:金融理论探索,2019,(6):8-18.

[30]余明桂,回雅甫,潘红波.政治联系、寻租与地方政府财政补贴有效性[J].北京:经济研究,2010,(3):65-77.

[31]张杰,陈志远,杨连星,新夫.中国创新补贴政策的绩效评估:理论与证据[J].北京:经济研究,2015,(10):4-17.

[32]储德银,纪凡,杨珊.财政补贴、税收优惠与战略性新兴产业专利产出[J].北京:税务研究,2017,(4):99-104.

[33]周亚虹,蒲余路,陈诗一,方芳.政府扶持与新型产业发展——以新能源为例[J].北京:经济研究,2015,(6):147-161.

[34]王永钦,李蔚,戴芸.僵尸企业如何影响了企业创新?——来自中国工业企业的证据[J].北京:经济研究,2018,(11):99-114.

[35]储德银,刘文龙.政府创新补贴、企业文化与创新绩效[J].北京:经济管理,2021,(2):71-87.

[36]施建军,栗晓云.政府补助与企业创新能力:一个新的实证发现[J].北京:经济管理,2021,(3):113-128.

[37]黄送钦,周炜,周红星.政府补贴、债务治理与高管在职消费——基于政企“资源互换”视角[J].南京:审计与经济研究,2020,(3):70-80.

[38]李文贵.社会信任、决策权集中与民营企业创新[J].北京:经济管理,2020,(12):23-41.

[39]李梅,朱韵,李竹波.研发国际化与企业创新绩效:国有股权的调节作用[J].北京:经济管理,2020,(11):73-91.

[40]陈瑞华,周峰,刘莉亚.僵尸企业与企业创新:银行竞争的视角[J].北京:经济管理,2020,(12):5-22.

[41]杨洋,魏江,罗来军.谁在利用政府补贴进行创新?——所有制和要素市场扭曲的联合调节效应[J].北京:管理世界,2015,(1):75-86,98,188.

[42]周燕,潘遥.财政补贴与税收减免——交易费用视角下的新能源汽车产业政策分析[J].北京:管理世界,2019,(10):139-155.

[43]余明桂,范蕊,钟慧洁.中国产业政策与企业技术创新[J].北京:中国工业经济,2016,(12):5-22.

[44]宋凌云,王贤彬.政府补贴与产业结构变动[J].北京:中国工业经济,2013,(4):94-106.

[45]陆国庆,王舟,张春宇.中国战略性新兴产业政府创新补贴的绩效研究[J].北京:经济研究,2014,(7):44-55.

[46]高翔,黄建忠.政府补贴对出口企业成本加成的影响研究——基于微观企业数据的经验分析[J].南京:产业经济研究,2019,(4):49-60.

[47]陈红.内部控制与研发补贴绩效研究[J].北京:管理世界,2018,(12):149-164.

[48]吴延兵.国有企业双重效率损失研究[J].北京:经济研究,2012,(3):15-27.

[49]董晓庆,赵坚,袁朋伟.国有企业创新效率损失研究[J].北京:中国工业经济,2014,(2):97-108.

[50]Tong,T. W.,W. He,and Z. L. He, et al. Patent Regime Shift and Firm Innovation: Evidence from the Second Amendment to China's Patent Law[J]. Academy of Management Annual Meeting Proceedings,2014,(1):14174.

[51]Murphy,K. M.,A. Shleifer,and R. Vishny. Why is Rent-Seeking Costly to Growth?[J]. American Economic Review,1993,83,(2):409-414.

[52]黎文靖,郑曼妮.实质性创新还是策略性创新?——宏观产业政策对微观企业创新的影响[J].北京:经济研究,2016,(4):60-73.

[53]Kleer,R. Government R&D Subsidies as A Signal for Private Investors[J]. Research Policy,2010,(39):1361-1374.

[54]肖兴志,王伊攀.政府补贴与企业社会资本投资决策——来自战略性新兴产业的经验证据[J].北京:中国工业经济,2014,(9):148-160.

# Research on the Impact of Government Subsidies on Solar Photovoltaic Industry Innovation

WANG Hong-wei<sup>1</sup>, ZHU Xue-ting<sup>2</sup>, LI Ping<sup>1</sup>

(1. Institute of Quantitative & Technological Economics, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing, 100732, China;

2. Institute of Quantitative & Technological Economics, University of Chinese Academy of Social Sciences, Beijing, 102488, China)

**Abstract:** Under the current background of the rise of a new round of scientific and technological revolution and vigorous implementation of the innovation-driven development strategy, improving R&D and innovation capabilities is the key to enhancing the core competitiveness of China's enterprises in the market. As a typical representative of strategic emerging industries, the improvement of R&D input level and innovation output capacity of solar photovoltaic industry in China has been the key areas of attention from all walks of life. Based on the review of existing research results and relevant theoretical analysis, this paper empirically examines the impact of government subsidies on R&D input level and innovation output capacity of China's photovoltaic industry based on the panel data of 59 photovoltaic listed enterprises from 2009 to 2020. It expands the relevant research content and enriches the research on the impact of industrial policies on innovation in the photovoltaic industry. The results show that government subsidies can significantly promote the overall R&D input level and innovation output capacity of China's photovoltaic industry, especially more obvious on R&D investment level. Subsequently, a series of robustness tests were carried out by changing the regression estimation method, changing the sample size, and assigning new proxy variables to the explained variables. Considering the estimation bias that may be caused by the endogenous issues, this paper chooses the instrumental variable method that is often used to solve this problem, and uses two-stage least squares estimation (2SLS) and limited information maximum likelihood estimation (LIML). the conclusion is still robust after a series of robustness tests and the treatment of endogenous issues.

For further deeply research, in addition to the overall perspective of the photovoltaic industry, this paper also analyzes the heterogeneous effects of government subsidies on R&D input level and innovation output of photovoltaic enterprises from two dimensions; different ownership and industrial chain. Meanwhile, this paper empirically examines the spillover effect of midstream and downstream subsidies on upstream R&D innovation from the perspective of industrial chain spillover. It deepens the understanding of the specific impact of government subsidies on the innovation of the photovoltaic industry, and provides new empirical evidence for the government to formulate accurate, reasonable and effective photovoltaic industry policies. The study found that there are both obvious differences in the regression effects of the two dimensions. Although they both belong to the photovoltaic industry, due to the differences and external influences between photovoltaic enterprises, their responses to government subsidies are quite different. The main conclusions are as follows: (1) Government subsidies have an insignificant weak negative correlation with the R&D input and innovation output of state-owned photovoltaic enterprises, but have a significant positive impact on the R&D innovation of non-state-owned photovoltaic enterprises. It shows that government subsidies only significantly improve the R&D innovation of non-state-owned enterprises, and the marginal improvement effect of their R&D input is greater. (2) The impact of government subsidies on R&D investment and innovation capability in different links of the photovoltaic industry chain varies greatly. In terms of R&D input, government subsidies have a significant positive effect on upstream, midstream and downstream enterprises; in terms of innovation output, government subsidies only have a significant positive impact on photovoltaic companies in the midstream of the industry chain, and have insignificant weak negative impacts on both upstream and downstream links. That is, government subsidies have the greatest impact on enterprises in the midstream of the industry chain, which can significantly improve the R&D input level and innovation output capacity of enterprises in this link. (3) Government subsidies of midstream and downstream enterprises have positive spillover effects on the R&D input level and innovation output capacity of upstream enterprises.

**Key Words:** photovoltaic industry; government subsidies; R&D input; innovation output; heterogeneity and industrial chain research

**JEL Classification:** H3, I2, O3

**DOI:** 10.19616/j.cnki.bmj.2022.02.004

(责任编辑:张任之)