



北京大学新结构经济学研究院
Institute of New Structural Economics

新结构经济学工作论文

Working Paper Series of New Structural Economics

No.C2019007

2019-9-21

中国光伏产业的发展与“一带一路”的新机遇： 新结构经济学视角下的案例分析¹

于佳² 王勇³

北京大学新结构经济学研究院

内容提要：作为清洁能源的太阳能光伏在世界能源结构中的地位日渐重要。我国的光伏产业在过去 20 年发展迅猛，已成为主导国际市场的领先型产业。本文运用新结构经济学原理与方法对我国光伏产业的发展过程分阶段、分产业链环节进行梳理总结，重点就该产业在各不同发展阶段面临的核心挑战、相关产业政策的得失、以及政府与市场的互动进行剖析。本文认为我国光伏产业的发展有力印证了新结构经济学的理论，而该产业当前自身的升级转型亟需充分抓住“一带一路”的历史机遇走出去。我们对这么做的紧迫性、必然性、可行性、盈利性以及相关战略意义进行了分析，并提出若干具体政策建议。

关键词：光伏产业、新结构经济学、产业政策、一带一路、产业升级

中图分类号： F061.3; F062.1; F062.9

本工作论文系列是新结构经济学最新的尚未在学术期刊发表的研究成果，目的在于学术讨论与评论，并不代表北京大学新结构经济学研究院的官方意见。本系列论文拒绝接受已发表或期刊已接收论文投稿，文责作者自负。本文由“NSE A0 宏观与经济增长小组”审核。

¹ 本文在北大新结构经济学研究院、第一期新结构经济学研讨会上做过报告，感谢与会的各位同仁的修改建议。文责自负。

² 北京大学新结构经济学研究院国际发展合作部主任、研究员、法国国家科学院国际发展研究中心(CERDI-CNRS)发展经济学博士。Email: jiayu@nsd.pku.edu.cn

³ 通讯作者，北京大学新结构经济学研究院学术副院长、博导、芝加哥大学经济学博士。Email: yongwang@nsd.pku.edu.cn 电话：18810668170。邮政地址：北京市海淀区颐和园路 5 号北京大学新结构经济学研究院 英杰交流中心 416N 办公室。邮编：100871

中国光伏产业的发展与“一带一路”的新机遇： 新结构经济学视角下的案例分析¹

于佳² 王勇³

北京大学新结构经济学研究院

【内容提要】作为清洁可再生能源的太阳能光伏在世界能源结构中的地位日渐重要。我国的光伏产业在过去 20 年发展迅猛，已成为主导国际市场的领先型产业。本文运用新结构经济学原理与方法对我国光伏产业的发展过程分阶段、分产业链环节进行梳理总结，重点就该产业在不同发展阶段面临的核心挑战、相关产业政策的得失、以及政府与市场的互动进行剖析。本文认为我国光伏产业的发展有力印证了新结构经济学的理论，而该产业当前自身的升级转型亟需充分抓住“一带一路”的历史机遇走出去。我们对这么做的紧迫性、必然性、可行性、盈利性以及相关战略意义进行了分析，并提出若干具体政策建议。

关键词：光伏产业、新结构经济学、产业政策、一带一路、产业升级

中图分类号： F061.3; F062.1; F062.9

Development of the Photovoltaic Industry in China and New Opportunities from the One-Belt-One-Road Initiatives: A Case Study from the Perspectives of New Structural Economics

Jia YU, Yong WANG

[Abstract] As a type of clean and renewable energy, the solar photovoltaic (PV) energy has become increasingly important in the global energy system. The PV industry in China has been making tremendous progress in the past two decades and has already become a leading industry in the global market. In this paper, we apply the principles and methodology of New Structural Economics (NSE) to the analysis of China's PV industry stage by stage and component by component along its value chain. Our focus is on the stage-dependent key challenges along the industrial development, evaluations of relevant industrial policies and analyses of the interaction between state and market. We find that China's PV industry is a strong case that supports the NSE theory. We argue that further industrial upgrading shall inevitably follow an outward strategy by investing overseas, and it should capture the golden opportunity of the "One-Belt-One-Road" initiative. We analyze the urgency, necessity, feasibility, profitability of such a strategy, and some concrete policy suggestions are also proposed.

Key words: Photovoltaic Industry, New Structural Economics, Industrial Policies, One Belt and One Road, Industrial Upgrading

¹ 本文在北大新结构经济学研究院、第一期新结构经济学研讨会上做过报告，感谢与会的各位同仁的修改建议。文责自负。

² 北京大学新结构经济学研究院国际发展合作部主任、研究员、法国国家科学院国际发展研究中心(CERDI-CNRS)发展经济学博士。Email: jiayu@nsd.pku.edu.cn

³ 通讯作者，北京大学新结构经济学研究院学术副院长、博导、芝加哥大学经济学博士。Email: yongwang@nsd.pku.edu.cn 电话：18810668170. 邮政地址：北京市海淀区颐和园路5号北京大学新结构经济学研究院 英杰交流中心 416N 办公室。邮编：100871

作者简介

于佳： 北京大学新结构经济学研究院国际发展合作部主任、资深实务专家，法国国家科学院国际发展研究中心(CERDI-CNRS)发展经济学博士，北京大学法国语言文学和经济学双学士。曾在埃森哲(Accenture)咨询公司和国家电力投资集团任职，直接负责海外投资、商务谈判、政府事务和公共关系。研究领域包括中国企业走出去实证研究、工业园区诊断以及制造业、能源和矿业的国际产能合作及全球影响等。主要负责新结构经济学在实践领域的落地和推广，负责新结构经济学研究院的国际合作和国际智库项目。于佳博士目前担任亚洲开发银行（ADB）顾问，是世界能源理事会（World Energy Council）未来能源领袖中国代表，任首届全球董事会成员，发展委员会委员(2015-2017)。

王勇（通讯作者）：北京大学新结构经济学研究院创始成员、学术副院长，博士生导师。曾任职于香港科技大学经济系与世界银行，芝加哥大学经济系博士，博士论文指导委员会包括 Gary Becker, Robert Lucas, Jr., Roger Myerson 与 Lars Peter Hansen 等四位诺贝尔经济学奖得主。主要研究领域为经济增长、宏观发展、产业升级、中国与印度经济、政治经济学、国际经济学。论文发表于 Journal of Development Economics, Journal of Monetary Economics、China Economic Review 等国际学术期刊。China and the World Economy (SSCI)副主编，Economic Modelling (SSCI)副主编，China Economic Review 特邀编辑，China Agricultural Economic Review 特邀编辑，《经济学（季刊）》特邀编辑。著有《新结构经济学思与辩》、《新结构经济学新在何处》（与林毅夫、付才辉合作）、《产业政策：总结、反思与展望》（与林毅夫、张军、寇宗来合作）（皆由北大出版社出版）。曾荣获 2017 年度中国青年经济学家奖，2018 年首届张培刚发展经济学青年学者奖，香港科技大学商学院 Franklin 最佳教学奖，芝加哥大学 Martin and Margaret Lee Prize。担任世界银行、亚洲开发银行与美国联邦储备银行等机构的顾问。应邀在国际货币基金组织、世界银行、美国国务院、美国财政部、美国国际贸易委员会、美联储、亚洲开发银行与韩国金融研究所、中国国家发改委、中国人民银行、国务院发展研究中心等政策机构介绍自己的研究和政策建议。承担中财办、国家发改委、国务院发展研究中心、商务部等机构委托的多部政策研究课题。

中国光伏产业的发展与“一带一路”的新机遇： 新结构经济学视角下的案例分析

一、引言

太阳能光伏作为一种清洁的可再生能源，在几乎所有国家都有发展的潜力，而且在能源结构中也占据这日益重要的位置。从表一可见，2017 年光伏在全球发电量的比例虽然只有 1.7%，但是发展势头迅猛，比 2010 年增长了将近 8 倍。同期，光伏在经合组织国家发电量所占比例提高了 9 倍，在全球可再生资源中所占的比例提高了 9 倍。在中国，2017 年，光伏在中国的发电量比重是 1.7%，这个比例是 2011 年的 17 倍。事实上，2010-2017 年在全球范围内光伏发电量年均增长率高达 44.4%，远超其他能源的增长。根据 BP 公司发布的最新的《2018 年国际能源展望》，随着光伏的经济竞争性的进一步提高，预计到 2017-2040 年期间光伏发电量将平均以每年超过 10% 的速率递增，到 2020 年将占全球发电总量的 12% (BP World Energy Outlook 2018)。因此，光伏产业具有良好的发展前景，非常值得认真研究。

表一：2010-2017 年全球太阳能光伏发电量及其比例

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
全球光伏发电量 (亿千瓦时)	338	652	1,009	1,390	1,977	2,600	3,282	4,426
光伏占全球可再生 能源发电量比例	0.8%	1.5%	2.1%	2.8%	3.7%	4.7%	5.6%	7.1%
光伏占全球总发电 量比例	0.2%	0.3%	0.4%	0.6%	0.8%	1.1%	1.3%	1.7%
光伏占经合组织国 家发电量比例	0.3%	0.6%	0.8%	1.1%	1.5%	1.8%	2.1%	2.6%
光伏占中国发电量 的比例	0.0%	0.1%	0.1%	0.2%	0.4%	0.7%	1.0%	1.7%

资料来源：BP World Energy Statistical Review 2018

光伏产业链包括硅料、铸锭（拉棒）、切片、电池片、电池组件、应用系统等 6 个环节。一般来说，上游为硅料相关的环节；中游为电池片、电池组件环节；下游为应用系统环节（光伏发电）。我国的光伏产业，开端是产业链的中游，即电池片、电池组件环节的生产，起步于上世纪 80 年代中后期。当时中国政府曾引进了七条国外光伏电池生产线与关键设备。但是到 2002 年的时候，这 7 家企业大多破产、停产或重组，当时中国的光伏产业主要是少数几家国有企业生产，市场也很小。而国外光伏企业，特别是来自美欧日的跨国公司，则具有很强的实力，占据了当时国际的主要市场（Zhang and White, 2016）。本世纪初，中国民营太阳能光伏企业在进入该产业时，不仅面临诸如技术门槛高、原材料国内供应严重不足、国内市场规模小等挑战，而且在当时由国企主导的国内光伏产业市场上，作为民营企业还要面临额外的体制上的不利地位。

但从 2002 年开始，民营的光伏企业在很短的时间内迅速发展壮大，使得我国在该产业链的上游、中游与下游都迅速成为全球光伏产业的最重要参与者之一。到 2017 年，光伏产业链各环节我国的生产规模全球占比均超过 50%，成为我国为数不多的可同步参与国际竞争的世界领先产业之

一（见表二）。光伏产业在提供清洁能源供应的同时，也创造了可观的经济价值和就业岗位。根据可再生能源署统计，2017 年全球光伏产业链就业人数 336.5 万人，其中中国光伏行业就业人数为 221.6 万人，占 65.9%。⁴

表二： 2017 年中国光伏产业链产量占全球比例

产业链	多晶硅 (万吨)	硅片 (吉瓦)	电池片 (吉瓦)	光伏组件 (吉瓦)	光伏市场 (吉瓦)
中国产量	24.2	91.7	72	75	53
全球产量	44.2	105	104.3	105.5	102
中国占比 (%)	54.8%	87.2%	69.0%	71.1%	51.9%

资料来源：中国光伏行业协会

然而，我国的光伏产业在发展过程中并非一帆风顺。特别是在 2012 年 9 月，欧盟启动对从中国进口的太阳能电池板的反倾销和反补贴调查，涉及金额高达 210 亿欧元，被称为欧盟历史上涉案金额最大的“双反”案件。2011 到 2013 年，在国际金融危机的持续冲击下，光伏市场需求低迷，中国光伏产业曾经一度连续八个季度全行业亏损。当时全球最大的光伏制造商，同时也是我国光伏产业的标杆性企业的尚德公司，也濒临倒闭被迫重组。在此之前的 2009 年，中国政府推出“金太阳示范工程”，投入约 100 亿元财政资金，补贴加快光伏发电的产业化和规模化发展。有不少分析人士认为，我国的光伏产业之所以在 2011-2013 年经历“滑铁卢”，主要原因正是这个导致产能严重过剩的产业政策，致使在我国关于产业政策的讨论中，光伏产业经常被一些作为错误产业政策的典型案例（林毅夫等，2018），也经常被用来作为批评新结构经济学“有为政府”主张的证据（王勇、华秀萍，2017）。

那么，我国的光伏产业为什么可以从上世纪 80 年代几乎一片空白的基础上发展成如今世界领先的产业？这个过程中，市场与政府究竟各自发挥了什么作用？政府主要的相关政策中究竟那些是“乱为”，哪些是“不作为”，哪些是“有为”？该产业目前面临的重要挑战是什么以及应该如何应对？

本文的主要目的，就是从新结构经济学的视角对以上问题做出分析。新结构经济学是运用现代经济学分析的方法，分析经济结构的决定因素、内生变化及其对经济发展和运行的影响的学说，被国际学术界认为是继“结构主义”、“新自由主义”之后的第三代发展经济学说，主张“有效市场”与“有为政府”（林毅夫，2011；王勇，2016，2017a）。新结构经济学是总结于中国本土的经济发展与改革的实践，同时结合其他发展中国家的经验教训提炼出来的崭新的经济学理论，不同于以发达国家制度与结构作为潜在前提背景的主流经济学说（赵秋运与王勇，2018）。新结构经济学主张从一个经济体的要素禀赋结构出发来分析产业的发展，强调禀赋推动的产业升级转型机制（Ju, Lin and Wang, 2015, Lin and Wang, 2019），并且将产业分成五种类型，即追赶型、领先型、转进型、换道超车型以及战略型。对不同类型的产业，政府因势利导的作用与所应采取的产业政策也不相同（林毅夫等 2018；王勇，2017b，王勇、鞠建东、林毅夫，2019）。

本文的核心结论是，我国光伏产业在过去二十年的发展虽然经历挫折但总体上是成功的，主要原因是该产业顺应我国在各个不同发展阶段的禀赋比较优势，在政府的能源政策与产业政策的因势利导之下，迅速转化成企业的竞争优势，在市场竞争中不断壮大，从国内走向国际，涌现出引领国际市场的领先型企业，整个产业也从新结构经济学五大类产业中的“追赶型”升级为“领先型”，这是有效市场与有为政府共同发挥作用的结果。而 2009-2013 年我国光伏产业遭遇严重挫折，除了有国际市场疲软的外部原因之外，的确还有政府“乱为”以及“不作为”的原因，需要引以为鉴（王

⁴ 国际可再生能源署，Renewable Energy and Jobs, Annual Review 2018

勇、鞠建东、林毅夫，2019）。如今，随着我国劳动力成本的不断上涨，光伏成本的不断下降和国家补贴逐步退坡，我国的光伏产业已经变成“转进型”产业，面临着结构调整。在此背景下，我们认为“一带一路”倡议将为光伏产业走出去提供新的历史机遇。我们的分析发现，光伏产业对于“一带一路”沿线许多国家而言，不但非常符合其光照条件良好、人力成本低廉等禀赋比较优势，而且还可以帮助克服其能源基础设施不足的发展瓶颈，据此我们建议我国政府应继续发挥因势利导作用，积极协同这些国家的政府，帮助中国企业在相应国家落地，实现我国自身光伏产业转型升级与这些“一带一路”国家的产业发展的双赢（金立群、林毅夫等，2015）。

本文结构如下：第一部分从光伏产业链的各环节入手介绍其发展；第二部分结合新结构经济学的理论对我国光伏产业的发展过程进行梳理与经济学分析，特别是对相关的产业政策做出定性的评估；第三部分重点分析我国光伏产业当前的发展现状与主要趋势，特别是结合当前产业面临的主要挑战，分析光伏产业走出去的必要性与紧迫性；第四部分结合“一带一路”倡议，分析相关国家的禀赋结构与产业发展需要，评估我国光伏产业走出去的可行性及可盈利性，并提出相关具体的政策建议；第五部分是总结。

二、中国光伏产业的发展

在这一部分，我们首先简要梳理光伏产业在中游、上游与下游三个环节的发展历史。我国光伏产业首先从产业链的中游起步并取得国际领先地位，产业链的上游也在数年内实现了赶超世界水平；而下游的光伏市场应用也实现了从完全依赖国外市场到以国内市场为主的转变。

1 产业链中游（电池片与电池组件）：中国光伏产业的发端

回溯中国企业在光伏产业链中游的发展历程，我们可以用“天时、地利、人和”来概括这段历史。

首先，从国际层面的“天时”来看，进入 21 世纪光伏发展的初期，欧盟是世界上光伏发电量最大的地区。以德国为例，2000 年德国颁布实施了可再生能源法案(EEG)，明确规定了可再生能源发电的固定上网电价制度（Feed-in-Tariff，简称 FiTs），成为德国光伏飞速发展的原动力。欧盟国家特别是德国的光伏政策为起步中的中国光伏制造业提供了巨大的出口市场机遇。2001 年底德国光伏装机容量为 114 兆瓦，仅仅 4 年之后到 2004 年底猛增 10 倍，累计装机容量达到 1,105 兆瓦。此后，德国的光伏市场继续快速增长，2012 年底德国累计光伏装机达到 34.1 吉瓦，是 2004 年的 30 倍，堪称国际上的光伏大跃进。

其次，从国内层面的“地利”来看，中国的电池和组件产业在国际上具有明显的竞争性。从理论上讲，产品在国际市场竞争中的位置，典型的评价方法是利用进出口数据计算“显示性比较优势”

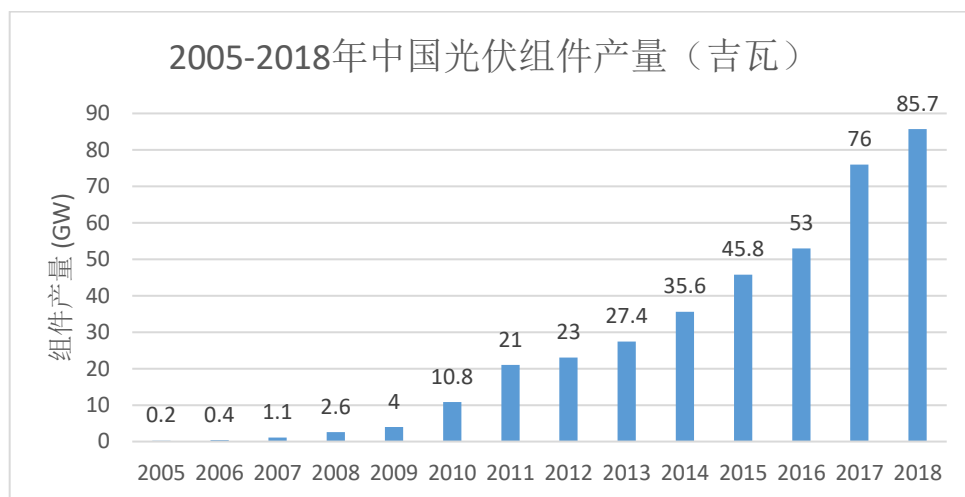
（Revealed Comparative Advantage, RCA）指数⁵。根据联合国《国际贸易统计年鉴》中的数据计算出中国光伏制造业 2007-2011 年的 RCA 指数，在 2007-2011 年间，中国光伏制造业的 RCA 指数一直大于 1 而且呈现上升趋势，说明中国光伏制造业在国际市场中有明显的比较优势，且优势在不断增强。学者通过中国主要光伏企业年报中的数据计算得到 2010 年生产率水平显示，中国光伏企业的平均劳动生产率约为 14 万美元/人，而欧美同类企业的平均劳动生产率约为 57 万美元/人，中国光伏企业的劳动生产率水平只有国外企业的 25%。虽然中国企业劳动生产率很低，但是除以平均工资率后，其指标却高于外国企业一倍。这说明中国光伏企业具有明显的劳动力成本优势，这一优势弥补了直接劳动生产率的不足，提高了中国光伏产品的国际竞争力（张凯竣、雷家骕，2013）。

⁵ 国家在某产业贸易方面的比较优势，可以用该产业占该国总出口的份额与世界贸易中该产业占总贸易额的份额之比来显示出来，若 $RCA < 1$ ，则该国在该产业上处于比较劣势；若 $RCA > 1$ ，则该国在该产业上处于比较优势，取值越大比较优势就越大。

第三，从企业落地的“人和”来看，初创时期的中国光伏制造业得到了地方政府的大力支持。例如一度是全球最大的电池、组件制造商的尚德公司创造了“无锡模式”。2001年1月多晶硅薄膜太阳能电池研究学者施正荣博士提出的光伏制造项目得到了无锡市政府的支持，成立了尚德公司。公司注册资本金为800万美元，施正荣占25%的股份（其中技术股占20%，折合160万美元，现金股5%，折合40万美元），其余股份由无锡市政府协调其他国有股东参股，在土地和税收政策上予以全面倾斜。无锡市政府部门还为尚德公司担保获得优惠贷款约1亿元人民币，并争取了国家、省、市三级的项目，累计支持资金在3700万人民币左右。2002年尚德公司投产运行中国第一条多晶硅太阳能电池生产线，2005年尚德在美国纽交所上市之前无锡国有股东退出公司，尚德成为中国大陆首家登陆纽交所的民营企业，也是当时中国最大的光伏企业。

此后2006至2007年，又陆续共有10家中国光伏企业在海外上市，其中8家公司在美国上市，其市值达到200亿美元，主要集中在产业链中游，即电池片、电池组件环节。根据中国光伏产业协会的统计，2005年我国光伏组件产量仅为0.2吉瓦，到2010年突破10吉瓦，而在2018年更是达到85.7吉瓦，十三年间平均年增长率超过59%（见图一）。根据集邦新能源网Energy Trend的统计，2018年全球十大光伏组件生产商中，中国企业占了九席。⁶

尽管中国光伏行业在21世纪的第一个10年有上述的“天时、地利、人和”的三重优势，但是也面临着“两头在外”的潜在危机，90%的原料和90%的产品都严重依赖国外市场。这种“在外”的市场格局导致我国光伏产业发展严重依赖国际市场，一旦市场出现大的波动，就会影响整个产业链的发展。



图一：2005-2018 年中国光伏组件产量（吉瓦）

资料来源：中国光伏行业协会

2. 产业链上游（多晶硅与硅片）：逐步赶超世界先进水平

光伏产业链最上游是太阳能级多晶硅制造，这个环节技术门槛比较高，核心技术长期掌握在美、德、日、韩等外国企业手中。在中国光伏产业发展初期，多晶硅原材料生产技术落后，且产量供应不足，多依赖国外进口（主要是来源于韩国、德国、美国）。国内多晶硅原材料生产产量严重不足，如2006年全国需求量5000吨，实际产量不足300吨，仅够30兆瓦电池的生产。当时在世界范围内由于产能和短期供给量有限，2005年每公斤多晶硅的价格达到50美元，2006年底超过100美

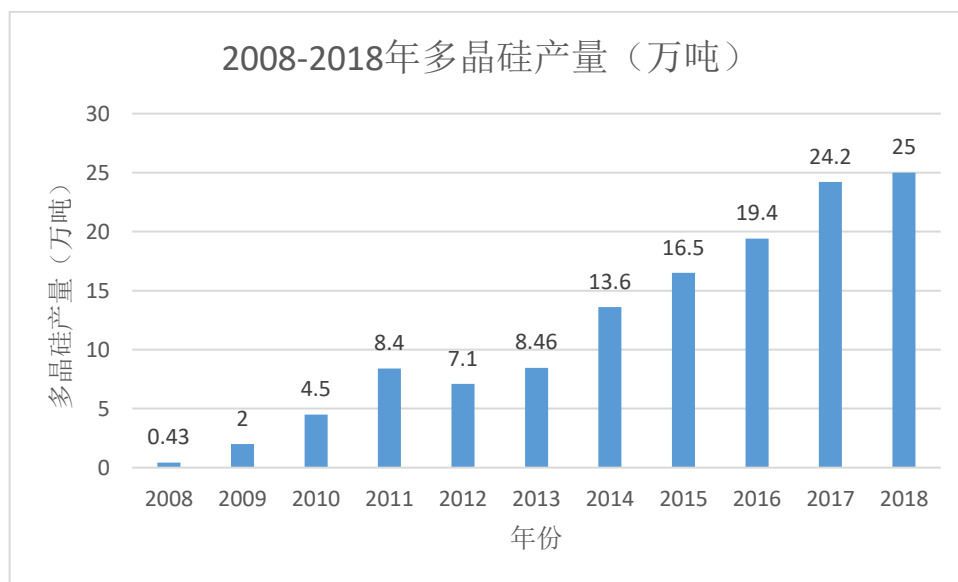
⁶ 2018年全球光伏组件十大厂商中的中国企业是：晶科电力（第1名）、天合光能（第2名）、晶澳（第3名）、隆基乐叶（第4名）、阿特斯（第5名）、东方日升（第7名）、协鑫集成（第8名）、英利（第9名）、尚德（第10名）；唯一进入10强的国外企业是韩国的韩华（第6名）。

元，2007 年底，则超过了 300 美元，到了 2008 年 8 月，多晶硅价格达到顶点，每公斤的市场现货价最高曾达到 480 美元。“拥硅者为王”成为当时光伏界的信条，投资仅 1 年多就可以收回成本。

受多晶硅材料供不应求和价格高涨的影响，2008 年起我国许多企业积极投资多晶硅材料生产。通过自主研发、系统集成创新等方式，在短短的 3~5 年内基本掌握了高纯多晶硅材料的生产技术，全国范围内多晶硅企业的投资高达 1400 亿元人民币，使我国多晶硅产业规模迅速扩大。2008 年中国企业多晶硅产能为 1.531 万吨，到 2012 年迅速增至 20.09 万吨。随着中国产能的扩大，2011 年起全球市场多晶硅价格一路下滑，当年多晶硅均价 60 美元/公斤，最低跌至 20 美元/公斤。在当时，20 美元/公斤的价格约为国际厂家的成本价，而中国新建厂家的成本价约高出一倍（40 美元/公斤）。2011 年中国仅有一家多晶硅企业的成本能够与市场价大致持平，而其余的绝大多数的多晶硅企业每吨都要亏十万元人民币以上，部分每吨甚至要亏二十多万元。因此 90%以上的国内多晶硅企业停产，2012 年我国进口了超过 7.6 万吨多晶硅，而国内产量还不到 3 万吨。

由此可见，2008 年前后中国多晶硅企业产能的迅速扩大崛起是因为多晶硅价格的暴涨，而 2011 年前后所遇到的挫折则是因为多晶硅价格的暴跌，企业投资带有一定的盲目性，完全是随着市场而跌宕起伏。针对市场乱象，2011 年 12 月工信部发布《多晶硅行业准入标准》对多晶硅生产的选址、能耗、环保、规模做出了明确规定和限制，即要求新建太阳能级多晶硅项目每期规模大于 3000 吨/年，并公布了一批符合《多晶硅行业准入条件》的 20 家规模企业名单，在市场和政府双推动下，对国内多晶硅行业进行了整合。此外，2012 年 7 月中国主要多晶硅企业向中国商务部起诉韩、美对我国实行多晶硅倾销，商务部裁定自 2014 年 1 月对原产于美国和韩国的进口太阳能级多晶硅征收反倾销税，也对中国多晶硅企业起到了一定的保护作用。

经过市场的严峻考验，中国多晶硅企业逐步确立了在国际市场上的主导地位。到 2018 年，中国多晶硅产量超过 25 万吨，是 2008 年的 58 倍（图二）。2018 年中国硅片产量 109.2 吉瓦，全球十大硅片生产企业全部是中国企业（包括一家台湾地区企业）⁷，是光伏产业链中中国企业优势最高的环节。整体而言，中国在光伏行业上游环节已经居于世界领先水平。



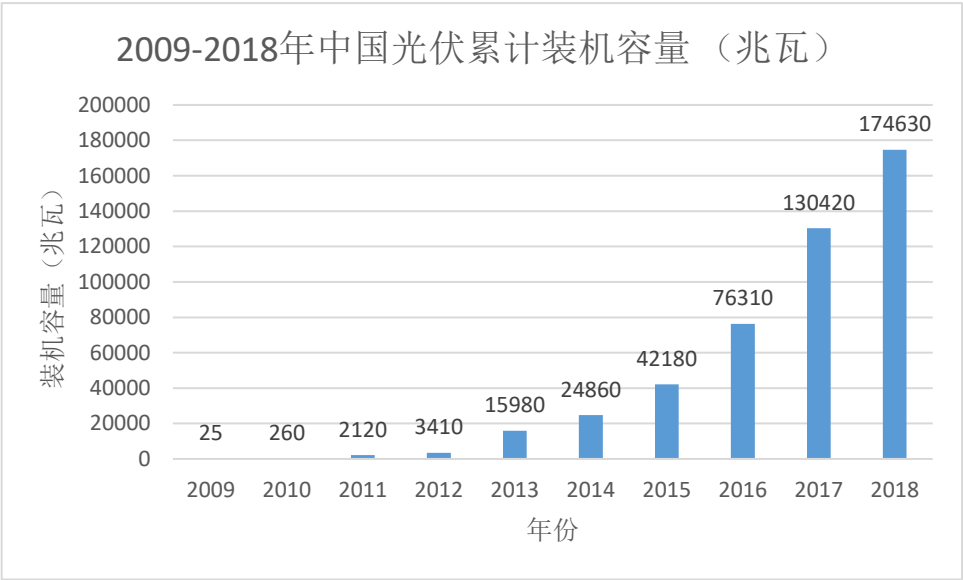
图二：2008-2018 年中国与世界太阳能级晶硅产量（万吨）

资料来源：中国光伏行业协会

⁷ 全球十大硅片生产企业：协鑫、隆基、中环、晶科、赛维、旭阳雷迪、绿能科技、英利、昱辉、晶澳。

3. 产业链下游（光伏发电）：从出口导向到内需为主

2010 年之前中国光伏电池和组件产品严重依赖欧美市场，终于导致美、欧、印度对中国光伏产业的“双反”（反倾销、反补贴）。同时，在国际市场上，由于欧洲国家的光伏应用补贴规模远超规划，用电消费者特别是居民负担日渐沉重，加之光伏成本的下降，欧洲国家纷纷降低了补贴的力度。德国从 2013 年开始严格控制光伏建设规模，2015-2017 年三年间平均每年新增光伏装机规模约 1.5 吉瓦，仅为高峰期的五分之一。在国际光伏市场开始萎缩的情况下，2011 年中国政府适时推出“光伏上网标杆电价”，推动中国国内光伏市场高速发展。中国光伏的内需逐步成为主导市场，2013 年新增光伏装机达 12.43 吉瓦，比上一年增长 11 倍。到 2017 年中国光伏装机量 53 吉瓦，超过德国 20 年来光伏装机量的总和，占全球比例 54.1%。2018 年 6 月起中国降低了补贴力度（“531 新政”），2018 年全年光伏新增装机 43 吉瓦，比 2017 年下降 18%。总体而言，到 2018 年中国新增光伏装机连续 6 年世界第一，而累计装机超过 174 吉瓦，连续 4 年世界第一（图三）。



图三：2009-2018 年中国光伏累计装机容量（吉瓦）

资料来源：中国电力企业联合会

三、光伏产业相关的能源政策与产业政策

1. 地方政府与中央政府的产业政策

20 年来我国的光伏产业是在市场和政府双重引导的机制下发展起来的。从市场的角度看，下游光伏产品的需求经历了主要依靠国际市场到国内外市场并举的过程；从政府引导的角度看，中上游的光伏制造业经历了地方政府大力推动以及中央政府逐步规范的过程。

2005 年前后，以德国为代表的欧洲各国为光伏发电提供优厚补贴使得光伏市场迅速扩大，仅德国一个国家太阳能电池及组件产品的需求就超过了世界产能的一倍。在这样的背景下，国内民营光伏企业应运而生，并得到了全国各地地方企业的大力推动。对于地方政府而言，培育和引入龙头企业可为地方创造可观的 GDP 和利税；对企业来说，有了地方政府的支持，可以获得廉价的资源，特别是土地与融资。这个时期，地方政府通过协助筹集资金、提供土地支持、用电支持、税收优惠等方式给光伏产业发展以大力支持。

以“无锡模式”为例，无锡市政府支持下的尚德公司成长为全国乃至全球的龙头企业，并带动无锡周边形成中国最大的光伏产业基地，出现了一大批光伏组件生产企业，包括浚鑫、海润、尚品等。2011年无锡的太阳能电池产量占江苏产量的52%，占全国产量的28%，占全球产量的16%，外销率达到95%，形成了“世界光伏看中国，中国光伏看江苏，江苏光伏看无锡”的行业格局（童昕，王涛，李沫，2017）。创造的“无锡模式”在很长一段时间内也被各地纷纷效仿。江西赛维公司2005年创立时得到新余市政府的担保，获得了2亿元资金，并获得政府特批土地。其建设中涉及到农田、拆迁、补偿、安置、环保等事宜，由新余市政府协调处理。新余市赣西供电公司专门为赛维建设了变电站，保障其24小时供电安全，而且每年都给与上亿元的电费补贴。

在地方政府的大力推动下，光伏产业发展迅猛，产能迅速扩张。全国31个省(区、市)先后都把光伏产业列为优先扶持发展的新兴产业，全国600个城市中约有300个发展光伏产业。2007年开始的全球金融危机导致国际市场疲软，欧洲国家补贴逐步降低和欧美的“双反”调查导致国外市场需求进一步萎缩，光伏行业出现亏损，光伏企业纷纷停产，许多濒临破产。2011年，我国光伏企业数为262家，2012年降至112家，超过一半的企业退出了光伏行业。最具标志性的龙头企业无锡尚德、江西赛维陷入困境，2013-2015年间先后破产重组。

不少地方政府盲目鼓励光伏产业，在光伏产业的发展上缺乏明确的引导和规划，另一方面，市场信息不完备，在发展中国家的投资者容易对“朝阳产业”产生共识，一哄而上，以致行业内出现严重的过度竞争以及重复建设问题，导致“潮涌现象”与产能过剩（林毅夫、巫和懋、邢亦青，2010）。出现问题以后，地方政府之间缺乏协调，陷入囚徒困境的低效均衡，亟需中央政府以“有为”的政策予以矫正。在这种背景下，中央政府分别在2012年和2013年连续发布“国五条”和“国六条”，加快产业结构调整和技术进步，善加利用市场“倒逼机制”，鼓励企业兼并重组，淘汰落后产能，严格控制新增的仅单纯扩大产能的多晶硅、光伏电池及组件项目。两项政策都强调了开拓国内下游市场、抑制上游产能，提升下游市场配套服务以及提供资金支持等。不同之处在于，“国五条”偏重鼓励产业整合和兼并重组，规模较大的企业受益较大，支持政策也不具体，多为纲要性意见，政策相对模糊。而“国六条”则更加具体，从“国五条”的“加强光伏发电规划与配套电网规划的协调”变为“电网企业要保障配套电网与光伏发电项目同步建设投产，优先安排光伏发电计划，全额收购所发电量”，极大缓解了下游发电企业产能难以消纳的顾虑。从“国五条”的“对分布式光伏发电实行按照电量补贴的政策，完善中央财政资金支持光伏发展的机制”变为“扩大可再生能源基金规模，保障对分布式光伏发电按电量补贴的资金及时发放到位”，精确地针对补贴不到位的问题根源；“国六条”还进一步提出了金融扶持和研发支持，更加聚焦我国融资难融资贵和技术落后的问题。

2. “金太阳”示范工程的得失

2009年，作为应对08年国际金融危机举措的一部分，我国政府推出“金太阳”示范工程，采取财政补助加快国内光伏发电的产业化和规模化发展。这一政策重点支持大型工矿、商业企业、工业园区以及公益性事业单位，利用现有条件建设用户侧并网光伏发电项目、偏僻无电区光伏发电项目及大型并网光伏发电项目，当年并网光伏发电项目按系统总投资的50%给予补助，偏远无电地区的独立光伏发电系统按系统总投资的70%给予补助。如果以投资成本每瓦29元估算，国家为此投入约100亿元财政资金，被舆论称为我国光伏产业有史以来最强的产业支持政策。

从这种产业政策的实施方式来看，“金太阳”示范工程属于事前补贴，即以电站建设完成时间为考核标准，给予一次性的补贴。这一政策对光伏早期国内终端市场规模化发展起到了重要作用，如图三所示，2010年新增装机235兆瓦，累计装机260兆瓦；而2011年新增装机达到1.86吉瓦，累计装机达到2.12吉瓦。该产业政策的实施，逐步改变了我国光伏产业过去技术、市场、原材料“三头在外”的被动的产业格局。

然而，在这个产业政策的执行过程中，出现了不少问题。譬如，某些企业采取“低购高报”的办法，提高系统总造价，借此骗取财政补贴。还有的企业使用不符合补贴质量要求的光伏产品，甚至国外退货的废次产品，成为光伏“豆腐渣工程”。而政策的相关执行部门对这些骗补等企业寻租行为甄别不力，惩罚不足，这属于政府的“不作为”。另一方面，不少地方政府一哄而上，明知光伏产业在本地并不符合比较优势，或者对此未做细致研究，盲目跟风在当地推进光伏产业，使得不具备自生能力的光伏企业通过补贴进入该产业，导致资源错配，这属于政府的“乱为”。

2013 年 3 月财政部决定“金太阳”示范工程不再进行新增申请审批，标志着金太阳示范工程的落幕。

3. “上网标杆电价”推动光伏持续发展

2011 年我国政府推出“光伏上网标杆电价”，即光伏发电项目所发电量按国家核定的上网电价收购。上网标杆电价属于“事后补贴”，以并网发电的实现为补贴开始的时间，可持续 20 年。当时光伏上网标杆电价达到 1.15 元/千瓦时，是火电上网电价的 3 倍以上，所以对于投资者极具吸引力。

2012 年 9 月欧盟启动对从中国进口的太阳能电池板的反倾销和反补贴调查，涉及金额高达 210 亿欧元，是欧盟历史上涉案金额最大的“双反”案件。2011 到 2013 年，在国际金融危机的持续冲击下，光伏市场需求低迷，中国光伏产业曾经一度连续八个季度全行业亏损，当时全球最大的光伏制造商尚德公司濒临倒闭被迫重组。在这种情况下，2012 年 12 月中国政府出台政策措施支持光伏产业，包括加快产业结构调整和技术进步，增加利用市场“倒逼机制”，鼓励企业兼并重组，淘汰落后产能，提高技术和装备水平；积极开拓国内光伏应用市场，着力推进分布式光伏发电，鼓励单位、社区和家庭安装、使用光伏发电系统，有序推进光伏电站建设。

2013 年中国政府对于标杆电价的结构做了调整，根据各地太阳能资源条件和建设成本，将全国分为三类太阳能资源区，分别执行每千瓦时 0.9 元、0.95 元、1 元的光伏电站标杆上网电价。对分布式光伏发电项目，按照发电量进行补贴，补贴标准为每千瓦时 0.42 元。此后随着光伏成本下降，标杆电价逐年有所下降。2018 年 6 月 1 日以后投运的光伏电站，一类、二类、三类资源区标杆电价降低为每千瓦时 0.50 元、0.60 元和 0.70 元；分布式光伏发电全电量补贴标准降低为每千瓦时 0.37 元。此外，对于光伏发电产品增值税即征即退 50%的政策，2017 年政府决定将其有效期从 2018 年 12 月 31 日延长到 2020 年 12 月 31 日，这为光伏发电走向平价上网、脱离补贴提供了更长的过渡转型期。

表二： 2011-2018 年中国光伏发电上网电价补贴调整

年份	地面光伏电站上网标杆电价（元/千瓦时）			分布式光伏度电补贴（元/千瓦时）
	Ⅲ类资源区	Ⅱ类资源区	Ⅰ类资源区	
2011 年	1.15			无
2012 年 1 月-2013 年 8 月	1.00			无
2013 年 9 月-2015 年 12 月	1.00	0.95	0.90	0.42
2016 年	0.98	0.88	0.80	0.42
2017 年	0.85	0.75	0.65	0.42
2018 年 1-5 月	0.75	0.65	0.55	0.37
2018 年 6 月 - 今	0.70	0.60	0.50	0.37

资料来源：国家能源局

光伏标杆电价的实质是通过大力鼓励可再生能源发展的能源政策开拓国内光伏市场，既是能源转型和减少温室气体排放、空气污染物的需要，也是支持我国光伏制造业的产业政策。

除了上网标杆电价以外，中国政府还出台了一系列政策措施规范光伏市场的持续发展，其中包括制定光伏制造业规范条件以加强产业管理、促进产业规范化；通过招标建设光伏发电领跑基地，试点最新技术并降低成本，推进无补贴平价上网；以可再生能源配额制，激励和惩戒并举，推动光伏发电市场化交易。

4. 我国光伏产业发展的成绩

回顾中国光伏产业近 20 年来的发展历程，从产业链中游入手，在上游迅速赶超发达国家，同时在下游光伏发电侧实现从单纯出口转为内需为主的市场转型，是能源政策与产业政策的成功结合，也是新结构经济学所阐释的“有效市场”与“有为政府”的典型实践。我国光伏行业的成长和壮大，在能源供应、产业发展、经济效益、社会效益以及生态环保等方面都取得了重要成绩。

在能源供应方面，根据中国电力企业联合会统计，2018 年中国光伏累计装机 174.63 吉瓦，占全国发电装机（1899.67 吉瓦）的 9.2%。2018 年发电量 1775 亿千瓦时，占全国发电量（69940 亿千瓦时）的 2.5%，比 2011 年光伏发电量（6 亿千瓦时）增长 296 倍。

在产业发展方面，截至 2017 年底，光伏产业上中下游的相关规模化企业超过 2000 家，就业人数超过 200 万人；分布式光伏尤其是户用屋顶光伏的发展，拉动全国 1 万多家小微企业成为户用光伏经销商，为乡村提供数十万个就业岗位。光伏产品出口到 200 多个国家和地区，累计创汇 1300 亿美元。光伏组件产能前 20 名的企业皆为民企，而在光伏发电装机容量前 20 名的企业中，有 12 家为民营企业。

在经济效益方面，按保守估计，光伏行业 2017 年产值超过 4000 亿元，上缴的税收高达 1708 亿元；2017 年行业发电量为 1166 亿度，所需的补贴大约为 600 亿元。由此可见，光伏行业上缴的税收远高于行业所需补贴。

在社会效益方面，2013-2015 年光伏为 154.5 万边远地区无电人口供电，为国家在 2015 年实现 100%人口通电做出了重要贡献。截至 2017 年，共有 25 个省、940 个县开展光伏扶贫项目，帮扶 3 万个贫困村，164.6 万户贫困户脱贫。

在生态环保方面，到 2017 年中国光伏累计发电 2565 亿千瓦时，相当于减少煤炭消耗 8000 万吨标准煤，累计减少温室气体排放 2.1 亿吨。以上这些的数据来源是中国光伏行业协会。

四、我国光伏产业走出去的必要性

在整个太阳能光伏电池产业链中，多晶硅、电池制造在我国目前已经从追赶型转变为领先型的产业；而组件制造部分劳动密集，随着我国劳动力成本的不断提高，已经慢慢成为转进型产业。近年来，发达国家的光伏企业纷纷倒闭，而我国光伏企业在国际竞争中取得了明显优势，在多晶硅、硅片、电池片、电池组件等几大生产环节产量领跑全球，但是也面临着诸多困难和巨大挑战。

首先是产能过剩，表现在产业链各环节利用率都普遍不高，如表三所示：

表三：2018 年中国光伏产业的产能利用率

	多晶硅（万吨）	硅片（吉瓦）	电池（吉瓦）	组件（吉瓦）
产能水平*	69	218	113	151
2018 年产量**	25	109.2	87.2	85.7
利用率	36%	50%	77%	57%

资料来源：* Energy Trend; **中国光伏行业协会

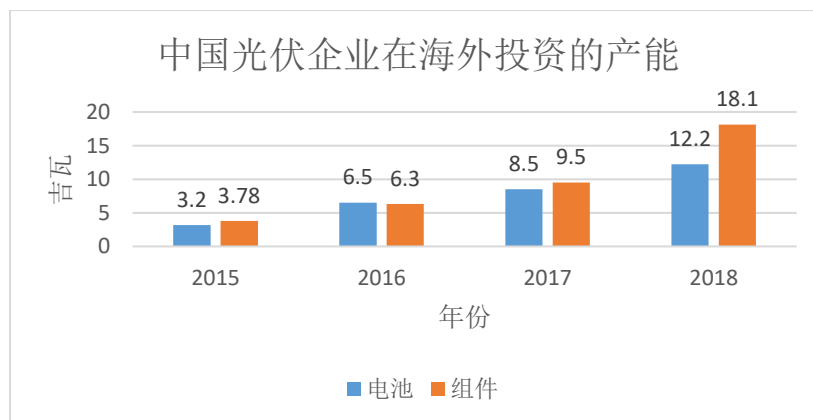
我们看到，在上游的部分产能过剩问题要比中游更加严重，中国的多晶硅产能已经超过全球的需求。近年来，我国多晶硅产能逐步向电价较低的西部集中，2018 年包括新疆、内蒙古、青海等西

部地区多晶硅产量在总产量中的占比由 2017 年的 41%提升至 2018 年的 50%以上（中国光伏行业协会数据）。由于受工艺所限，中国多晶硅企业的生产成本长期高于国外企业，所以多晶硅产能的相当部分并不是有效产能，能否释放取决于市场价格。在多晶硅价格低迷（约 20 美元/公斤）的情况下，中国很多多晶硅企业依然处于亏损状态。这就出现了中国的多晶硅市场会在“产能过剩”的同时，又是世界上最大的多晶硅进口国的矛盾现象。但是随着 2018 年西部地区先进工艺提升以及低电价的新产能的投入，中国多晶硅企业已经可以和国外企业竞争，预计中国多晶硅进口在 2019 年以后将大幅度下降，而占现有产能将近一半的落后工艺的产能将面临淘汰。

其次是补贴拖欠。随着光伏市场规模快速扩大和可再生能源附加费用征收不足，2018 年光伏补贴资金缺口累计达 600 亿人民币，多数光伏发电项目难以及时获得补贴，这增加了企业全产业链的资金成本。特别是光伏产业中以民营企业居多，且业务单一，市场波动易导致经营亏损。根据光伏上市企业发布的 2018 年业绩快报，在 30 家主要光伏企业中，有 9 家公司在 2018 年出现亏损，累计亏损额超过 75 亿元。这说明中国光伏企业的自生能力依然不足，主要靠市场规模和超速发展盈利。随着补贴力度的下降，部分不具备竞争优势的光伏制造业企业将面临经营困境。

如果说 2011-2013 年间中国光伏产业应对严峻困难靠的是“有为政府”的政策利好措施，以扩大国内市场走出了危机，那么针对 2019 年以后光伏产业面临的困难与挑战，中国光伏制造业走出去必然成为一个选项，解决的关键办法应该是发挥“有效市场”的作用，协助光伏制造业走出去。这有三个原因：一是欧美国家对中国出口的光伏产品实施“双反”的威胁无时不在，如果我国光伏企业在海外建立制造基地，则可规避贸易壁垒。二是我国光伏企业在海外投资建设光伏电站时，一些国家要求必须使用当地企业生产的光伏产品，以此作为获得光伏电站投资建设优惠政策条件的前提。所以，如果我国企业直接在当地投资生产光伏产品，不仅可以有助于获得当地的政策优惠，而且也有助于解决我国光伏产业中上游环节产能过剩的问题。三是海外投资优惠政策和低人力成本吸引光伏企业“走出去”。例如，中国光伏企业在越南的综合人力成本仅为中国的 50%，在泰国的综合人力成本为中国的 80%（江华，2017），这个产业在我国已经逐渐失去生产的比较优势，成为转进型的产业。

根据中国光伏行业协会发布的数据显示，我国光伏企业近年来加快了走出去的步伐（见图四）。到 2018 年为止，我国企业通过投资、合资、收购兼并等方式在世界 20 多个国家建立生产基地，主要集中在越南、泰国、马来西亚等国。中国光伏制造企业在海外的电池片有效产能达 12.2 吉瓦，组件有效产能达 18.8 吉瓦，分别相当于国内电池及组件产能的 10.8%和 12.5%。此外，中国光伏企业“走出去”的产业链环节也在不断拓展。在发展初期，海外的投资多为成本和技术门槛较低的组件制造厂。但从 2015 年下半年以来，随着我国海外组件厂运转逐渐步入正轨，企业投资重点开始向上游硅片、电池片等环节延伸，逐渐形成本地配套产业链（王勃华，2019）



图四：中国光伏企业在海外投资的产能

总体而言，从我国光伏产业发展转型升级的自身需要来看，无论是从技术、经济、政治还是战略的角度，都支持该产业已经到了如何更好地转移出去的发展阶段。从技术的角度来看，中国转移部分电池和组件制造产能只占我国全部产能的 25%以下，可以更集中在高端、高附加值的先进硅料、电池技术的开发方面；从经济的角度来看，光伏产业链走出去可以降低生产成本，在扩大海外市场的同时规避贸易壁垒，有利于促进本国的产业升级（王勇，2018）；从政治的角度看，光伏作为可再生能源仅限于当地使用，避免了中国到海外“获取资源”的不实舆论；从战略的角度看，中国光伏走出去是实施“一带一路”倡议的切实举措，将有望成为与高铁一样成为中国在海外亮眼的名片。

五、“一带一路”国家发展光伏产业的潜力

根据国际能源署的统计，到 2016 年全球还有 10.6 亿无电人口，特别是“一带一路”沿线的发展中国家普遍存在电力供应不足的问题（见表四），然而其日照资源却非常丰富，十分需要而且适合发展光伏产业。2017 年 5 月，国家发改委、能源局发布“推动丝绸之路经济带和 21 世纪海上丝绸之路能源合作愿景与行动”，鼓励中国企业以直接投资、收购并购、政府与社会资本合作模式（PPP）等多种方式，深化能源投资合作。对于处于转进型的中国光伏产业来说，“一带一路”倡议正好是推动产业转型升级、促进产业迈向全球价值链中高端的机遇。

表四：2016 年发展中国家无电人口数据

	无电人口（亿人）	无电人口比例（%）
非洲	5.88	48%
亚洲发展中国家	4.39	11%
中南美洲	0.17	3%
中东	0.17	7%
全球发展中国家	10.60	14%

资料来源：国际能源署, World Energy Access Outlook, 2017

1 “一带一路”国家光伏发展的潜力

根据国际能源署的估算，发展中国家太阳能光伏装机增长潜力巨大（见表五）。

表五：亚太、非洲、中南美洲发展中国家的光伏装机需求潜力（单位：吉瓦）

	2017（实际）	2030 年（预测）	2040 年（预测）
亚太地区*	39	333	665
非洲	3	57	138
中东	1	29	91
中亚及俄罗斯	0	3	4
中南美洲	5	30	55
世界	398	1589	2540

*不包括中国、日本

数据来源：国际能源署 World Energy Outlook 2018

可见，首先是亚太地区（主要是除中国、日本以外的“一带一路”沿线国家），预计 2017-2030 年光伏累计装机净增 294 吉瓦，2030-2040 年再增 332 吉瓦，是最具光伏发展潜力的地区；其次是

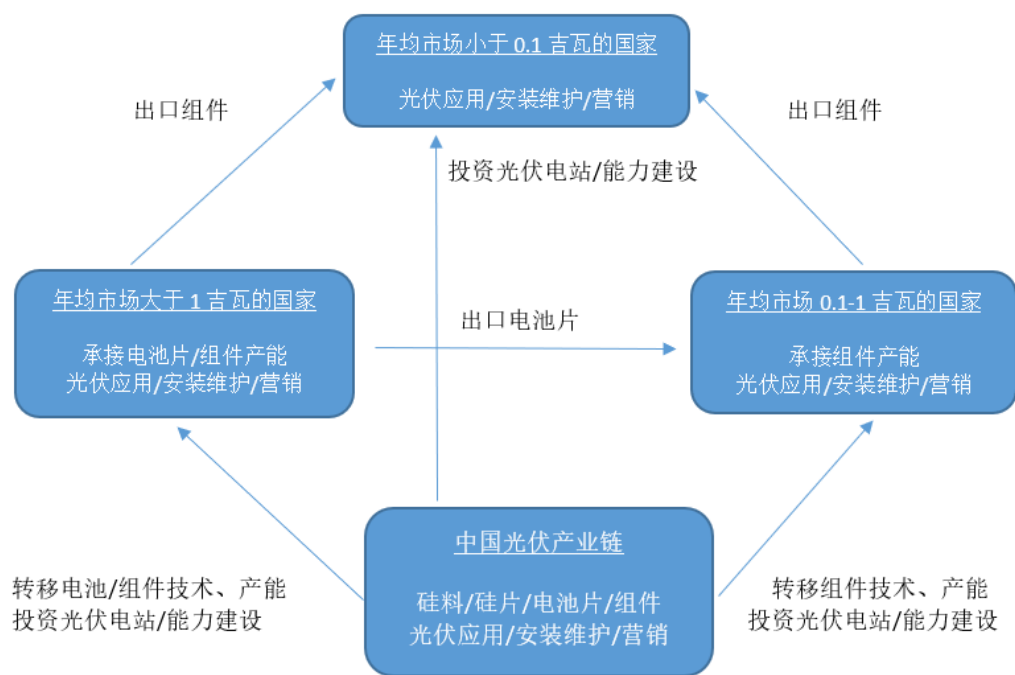
非洲，预测 2017-2030 年光伏累计装机净增 54 吉瓦，2030-2040 年再增 81 吉瓦。中东（2017-2030、2030-2040 新增装机分别为 28 吉瓦、62 吉瓦）、中南美地区（2017-2030、2030-2040 新增装机分别为 25 吉瓦、25 吉瓦）是光伏发展的第三梯队，而中亚和俄罗斯地区由于资源禀赋（光照资源较弱）的原因，光伏发展潜力比较有限（2017-2040 年仅增 4 吉瓦）。上述亚太、非洲、中东、中南美洲等国家在 2017-2040 年期间累计光伏装机预期可达 902 吉瓦，相当于每年新增光伏装机 34 吉瓦。如果这些国家所需光伏组件不再从中国进口，那么中国转移到海外的产能需要达到 34 吉瓦，只占中国现有产能（151 吉瓦）的 22.5%，是可以实现的目标。

2 中国光伏产业链在“一带一路”国家的梯级转移

新结构经济学强调经济发展是一个产业、技术、基础设施、制度结构不断内生变迁与升级的过程。在产业升级过程中，发展中国家具有后来者优势，对于资本密集度从小到大的所有产业，都有世界产业链中的成熟产业和技术可供选择。当一个国家在经济发展过程中顺着产业阶梯拾级而上时，该国生产的规模效应也在扩大，反过来也要求基础设施（比如电力供应、交通运输、通讯、仓储等硬件基础设施以及金融服务、政策配套等其他软件基础设施）的相应提高与改善。以撒哈拉以南非洲地区为例，普遍在水、电、通信、道路以及航空等方面有明显的劣势，频繁的缺水停电直接导致了企业的生产效率低下，也是影响外来投资的主要瓶颈之一。

从中国的发展实践可见，光伏作为电力供应的来源（光伏产业链的最下游），本身就是基础设施的一部分。在光照和土地资源比较充裕的地区，大型地面光伏电站可以与国家电网并网，实现跨越式发展，成为主力电源之一；而在“一带一路”发展中国家的边远地区，小型分布式光伏可以为无电人口提供有效的解决方案。以中国的光伏应用经验来看，大约 500 美元的投资可以解决一个边远山区（指大电网无法延伸到的山区）一户居民的通电，仅是电网投资成本的 25%。然而，目前大部分发展中国家没有光伏制造业，光伏的应用完全依靠进口，加上市场规模、融资成本等因素，在这些国家的光伏成本（以全生命周期的单位平均成本计算）要比成熟市场的国家高出 2-3 倍，制约了光伏在这些国家发展的潜力。

根据新结构经济学的分析原则，我们对“一带一路”国家以及其他发展中国家承接光伏产业链不同环节的能力做出评估，主要是与他们的经济发展水平以及市场规模相匹配（图五）。



图五：中国光伏产业链在“一带一路”国家的梯级转移远景评估示意图

对于中高收入和中等市场规模以上的发展中国家而言，他们有相当的工业基础、供应链、研发能力、人力资源，年均光伏市场有可能达到吉瓦规模（包括大型地面光伏和屋顶光伏），因此有条件承接光伏组件制造产业以及部分已经成熟的电池制造产业，其产能不仅可以满足自身的光伏需求（公共事业级大型地面光伏、分布式光伏），也可以向其他国家出口光伏产品。

对于中低收入和中等人口规模的国家而言，有一定的工业基础、人力资源，年均光伏市场在 100 兆瓦至 1 吉瓦之间，他们可以承接光伏组件制造技术，在满足本国需求（地面光伏、屋顶光伏、农村微电网）的同时，有可能出口部分产品到其他国家特别是周边国家。

对于低收入的小国来说，光伏市场规模较小（年均市场不足 100 兆瓦），也没有工业基础和人力资源，全部光伏产品依然需要进口，发电方式主要是分布式（如屋顶光伏、农村微电网）。

我们主张中国光伏产业走出去不仅针对一个国家和地区，而且要考虑发展中国家整体的市场规模、工业基础以及人力资源等，需要整体规划。值得注意的是，无论处于何种发展阶段，具有何种国内市场规模，一个国家都需要培育与本国光伏应用市场相关的规划、商务模式、营销、安装和维护的专业人才，这也将是中国“一带一路”技术服务和智力输出的重要内容。

3 以“工业园区+屋顶光伏”模式助力中国光伏走出去

在“一带一路”建设中，中国光伏产业走出去面临政治、技术、融资三个方面的主要困难和挑战。

从政策角度看：欧美、中国等光伏市场的发展历程充分说明，光伏应用的起步阶段需要政府的政策支持，特别是光伏电站的用地、税收以及电价的补贴等。此外，出台的政策也需要切实落地和贯彻执行。但是，在许多“一带一路”沿线的发展中国家，政府对于光伏缺乏有效的政策支持，处于“不作为”状态，造成市场无效，难以形成规模化的光伏需求。

从技术的角度看：光伏制造业落地需要一定的工业基础、供应链和技术力量，以及与其他制造业落地的相关配套，许多中小发展中国家目前尚没有相应的能力。

从融资的角度看，由于发展中国家光伏市场不成熟，工业基础较差，光伏制造、应用项目的融资成本偏高。中国光伏企业走出去，特别是民营企业融资问题一直是扩大投资的一个障碍。此外，由于“一带一路”国家普遍基础设施发展薄弱，投资风险高，导致企业在进行海外产能扩张时融资非常困难。

面对上述挑战，“一带一路”国家应该按照新结构经济学的理论，因势利导集中力量办大事，建立加工出口区、工业园区，创造局部有利的基础设施和营商环境招商引资 (Lin and Monga, 2010)。光伏产业可以在工业园区内发挥双重角色。第一，工业园区内可以兴建太阳能光伏微电网（辅以储能系统，可与大电网对接、互补），为园区提供廉价稳定的电力；第二，光伏产业本身（如组件制造）作为高新技术可以落户园区，起到第一波投资人（first movers）的作用，带动其他产业入园。在园区内，中国光伏企业可以与其他行业的投资者“抱团”出海，扮演各自产业在能力、技术、设备、服务以及上中下游配套的角色，并发挥其各自的优势，为不同层次的投资目的地提供完整的解决方案，在解决能源供给的同时创造承接制造业转移的机会，实现工业化和经济转型。以新结构经济学理念为指导，创造“工业园区+屋顶光伏”的模式，包含了产业升级、能源安全以及绿色可持续发展的元素，将形成多赢局面。屋顶光伏属于分布式供电模式，辅以储能电池可以建设微电网为园区供电，特别适用于大电网供电不稳定或者成本过高的发展中国家。

在融资方面，“工业园区+屋顶光伏”的模式有望降低风险，争取到丝路基金、国开行、进出口银行等金融机构的更多支持。同时，光伏作为绿色能源，中国投资者有可能获得国际金融机构（如世界银行、非洲发展银行、亚洲开发银行、亚投行、金砖新开发银行等）以及各类大型跨国公司绿色金融的支持，并与其他国家的投资者一同合作，扩大产品的出口市场。

总体而言，对于“一带一路”国家来说，承接部分中国光伏产业链转移具有多重意义。第一，从民生的角度来看，光伏是绿色能源，本地生产的设备将有效降低成本，为扩大应用解决无电人口通电问题提供切实的解决方案。第二，从产业的角度来看，光伏技术在这些国家属于高新技术，在为其他产业提供稳定和廉价电源的同时，还有助于这类新兴国家在电源方面实现跨越式发展。第三，“工业园区+屋顶光伏”的模式有利于改善投资环境，降低运营和舆论风险，并且还可以为其他产业的升级转移创造条件。

综合以上所有分析，从应用市场、产业政策、产业链特征三个维度，我们可以将中国光伏产业发展的不同阶段的特点做出归纳，请见表六。

表六：中国光伏产业发展的三个阶段及其特征

	应用市场	产业政策	光伏产业链
第一阶段 （2000-2012）	主要集中在欧洲等发达国家	地方政府税收、土地、融资优惠鼓励光伏产业 + 中央政府“金太阳”工程	中游（电池、组件）+上游（多晶硅、硅片）
第二阶段 （2013-2018）	发达传统市场 + 中国市场	光伏标杆电价 + 地方电价补贴	中游（电池、组件）+上游（多晶硅、硅片） +下游（光伏电站）
第三阶段 （2019-今）	发达传统市场 + 中国市场 + “一带一路”发展中国家	市场在产业发展中起决定性作用，政府应该在产业走出去方面发挥“因势利导”的作用	部分电池、组件产能向“一带一路”国家转移（“工业园区+屋顶光伏”）

六、结语

本文从新结构经济学的视角，对我国光伏产业近 20 年来发展的历史进行了梳理与解读。该产业作为清洁可再生能源的产业，在我国能够从几乎一片空白到成为全球领先的主导产业，非常需要总结其成功的原因。我们认为该案例再一次印证了新结构经济学的基本理论，即发挥禀赋比较优势，是以“有效市场”和“有为政府”作为政策导向的成功实践。同时，我们运用新结构经济学的方法，就中国光伏产业在未来如何转型升级，特别是如何更好地抓住“一带一路”的历史机遇走出去，提供了理论分析与具体的政策建议。我们将光伏产业链中的不同部分按照新结构经济学的产业分类方式进行分析，证明了光伏产业链在“一带一路”不同层次的国家实现梯级转移的理论可行性与必然性，我们认为“工业园区+屋顶光伏”的具体模式也有助于降低光伏企业在海外投资风险，以点带面推进“一带一路”和其他发展中国家产业升级。

我们认为，我国光伏产业链走出去是该产业发展的必由之路，而且在技术、经济、政治、战略上都有着积极正面意义。由于我国自身庞大的经济与市场体量，任何一个成熟产业向外转移，都会对全球经济带来巨大影响，而且反作用于我国，所以需要全面考虑产业走出去以后对本国总体的一般均衡效应（王勇，2019）。我国光伏产能约占全球产能的 50% 以上，未来向“一带一路”和其他发展中国家的部分转移可以起到扩大光伏市场规模的积极效应，不仅有利于我国光伏产业自身升级，而且也同时有利于更多发展中国家招商引资，弥补清洁能源基础设施的短板，可促进这些国家更好的工业化和可持续增长，这反过来又进一步促进中国其他产品的对外出口，真正有利于实现“人类命运共同体”。

参考文献：

1. Ju J., Lin J. Y., and Wang, Y. 2015, "Endowment Structures, Industrial Dynamics, and Economic Growth", *Journal of Monetary Economics*, Vol. (76): 244–263.
2. Lin, J.Y. and Monga, C. (2011) "Growth Identification and Facilitation: The Role of the State in the Dynamics of Structural Change," *Development Policy Review*, vol. 29, no. 3: 259–310
3. Lin J. Y., and Wang, Y., 2019, "Remodeling Structural Change", Oxford Handbook of Structural Transformation. Oxford University Press.
4. Zhang, W., and White, S., 2016, "Overcome the liability of newness: Entrepreneurial Action and the Emergence of China's Private Solar Photovoltaic Firms". *Research Policy*, 45(3) 604-617
5. 江华, 《中国光伏再出海: 五大难题待解》, 《中国经济报告》2017 年第 11 期
6. 金立群、林毅夫等著, 《“一带一路”引领中国: 国家顶层战略设计与行动布局》, 中国文史出版社, 2015 年
7. 林毅夫, 新结构经济学-重构发展经济学的框架, 经济学(季刊), 2011
8. 林毅夫、巫和懋、邢亦青, 《“潮涌现象”与产能过剩的形成机制》, 《经济研究》2010 年第 10 期
9. 林毅夫、张军、王勇、寇宗来(主编), 2018, 《产业政策: 总结、反思与展望》, 北京大学出版社
10. 吕鑫等, 2019, 《2019 年光伏及风电产业前景预测与展望》, 北京理工大学能源经济预测与发展报告 2019 年总第 42 期, 年 1 月
11. 童昕、王涛、李沫, 无锡光伏产业链中的全球本地联系, 《地理科学》, 2017 年 12 月
12. 孙晋、尹强, 《我国光伏产业持续发展的政策转型: 从产业政策到竞争政策》, 《武汉科技大学学报(社会科学版)》, 2018 年 6 月
13. 王勃华, 《光伏产业 2018 年回顾与 2019 年展望》, 2019 年 1 月
14. 王勇, 《新结构经济学中的“有为政府”》, 《经济资料译丛》, 2016 年 (2)
15. 王勇, 《新结构经济学思与辩》, 北京大学出版社, 2017a
16. 王勇, 《论有效市场与有为政府: 新结构经济学视角下的产业政策》, 《学习与探索》, 2017b 年第四期
17. 王勇与华秀萍, 《详论新结构经济学中“有为政府”的内涵——兼对田国强教授批评的回复》, 《经济评论》, 2017 年第 3 期
18. 王勇: 《产业动态、国际贸易与经济增长》, 《经济学(季刊)》, 2018 年第 2 期。
19. 王勇、鞠建东、林毅夫, 2019. 因势利导的有为政府与产业政策, 北大新结构经济学工作论文
20. 王勇, 从新结构经济学角度看我国当前的财政政策调整, 《学习与探索》, 2019 年第 8 期
21. 杨卫东, 《光伏产业产能过剩根源与对策找寻》, 《现代经济信息》2017 年 14 期
22. 张凯竣、雷家骥, 2013. 《中国光伏制造业国际竞争力评价分析》, 《科技促进发展》第 2 期
23. 赵秋运、王勇, 《新结构经济学的理论溯源与进展——庆祝林毅夫教授回国从教 30 周年》, 《财经研究》, 第 9 期, 2018 年 9 月
24. 中国光伏行业协会, 2017-2018 年中国光伏产业年度报告, 2018 年 5 月