

# 中美光伏产业竞争力比较分析及启示

袁惊柱 王 婧

**摘要：**在全球能源供需格局变化和我国实施能源供给侧结构性改革的背景下，推动形成清洁高效、安全低碳的新能源逐步取代化石能源是我国能源产业发展的主要方向。而以光伏为代表的清洁能源具有良好的经济效益和环境效益，是我国可再生能源产业中的重要组成部分。从生产能力、企业规模、就业、进出口贸易以及产业政策等角度对比中美光伏产业的竞争力，从而提出促进我国光伏产业加快发展、提高国际竞争力的政策建议。

**关键词：**光伏产业 竞争力 产业政策 进出口贸易

伴随着中国经济步入新常态，在能源领域推进供给侧结构性改革的主要途径是推动清洁能源逐步替代化石能源成为我国的主体能源，建立有效竞争、要素流通顺畅的能源产业市场体系。在此背景下，以光伏为代表的清洁能源具有良好的经济效益和环境效益，得到国家政府的支持。据国际可再生能源署（IRENA）发布的数据，2017年底全球可再生能源发电装机容量达2179吉瓦，其中中国占28.4%，处于全球领先地位；欧盟国家占20.4%、美国占10.6%居后。在各类不同的可再生能源中，中国在水电（占全球装机的26.9%）、太阳能（33.5%）领先，而美国在地热发电领先（19.3%），欧盟在风电（32.9%）、生物质能源（33.0%）、海洋能发电（45.6%）、光热发电（46.6%）处于领先地位。光伏产业作为我国可再生能源产业中的重要组成部分，在中美贸易摩擦中受到了很大影响，这里，我们对中美光伏产业的竞争力进行比较分析。

## 一、中美光伏产业产能对比

光伏产业涉及的材料主要包括硅矿、工业硅、多晶硅材料、硅片、硅电池、光伏组件、逆变器等。其生产能力一方面体现在生产成本上，一方面体现在产业链条中各种材料和产品的生产能力。目前全球光伏产业在生产能力方面表现出如下趋势：

### （一）产业生产成本呈现出明显的下降趋势，但仍有降低的空间

全球平均而言，2010年大型地面光伏发电平准成本LCOE为0.36美元/千瓦时，2017年LCOE为0.10美元/千瓦时，7年间下降了72%。2010年的大型地面光伏装机投资成本为4394美元/千瓦，2017年为1388美元/千瓦，7年间下降68%。2010年光伏电站的容量系数平均为0.14，到2017年提高为0.18，7年间上升28%（见表1）。而在不同的类型的光伏系统中，软成本、硬件、转换器和组件的成本比例是不同的。例如：在美国，居民用光伏系统成本中组件成本约占22%，商业用光伏系统成本中组件成本约占30%，单轴追踪的大规模光伏电站成本中组件成本约占42%，固定轴的大规模光伏电站成本中组件成本约占45%。

在光伏产业链原材料成本方面，2018年第一季度美国光伏供应链的各个环节报价如下。多晶硅：17.75美元/公斤，比去年同期上涨4.8%；硅片：0.14美元/瓦，比去年同期下降6.7%；电池：0.21美元/瓦，与去年同期持平；组件：0.47美元/瓦，比去年同期上涨23.7%（主要是市场供应偏紧）。

根据REN21发布2018年版的可再生能源现状报告，中国

表1 全球各地区或国家光伏发电成本情况

地区或国家	光伏加权平准成本 (美元/千瓦时)	投资成本 (美元/千瓦)	运行容量系数
非洲	0.14	2172	0.18
亚洲	0.10	1248	0.17
中美洲	0.13	1688	0.17
欧亚	0.13	1904	0.14
欧洲	0.13	1294	0.12
中东	0.12	2487	0.22
北美	0.12	2084	0.20
大洋洲	0.09	1924	0.22
南美洲	0.12	2044	0.20
中国	0.08	1058	0.17
美国	0.11	1869	0.20
印度	0.07	971	0.19

资料来源：RENEWABLES 2018 GLOBAL STATUS REPORT.

在光伏发电的生产成本上相比美国具有一定的比较优势，光伏发电的加权平准成本和投资成本都比美国低。但在运行容量系数体现的运行效率上，美国相比中国要略高一些。

### （二）中国生产能力大幅增长，领跑全球光伏产业

光伏产业的产品生产主要包括光伏发电量和光伏产业链材料生产两大类。在光伏发电量方面，2012年之前，美国的太阳能装机容量、光伏装机容量、太阳能发电量和光伏发电量都远高于中国。2013年，中国的太阳能装机和光伏装机容量增长迅速，超过了美国，特别是“十八大”以来，经过“十二五”时期的增长，中国的太阳能装机容量和光伏装机容量已经远远超过了美国。而在发电量上，中国的太阳能发电量在2015年首次超过美国，光伏发电量在2014年首次超过美国。截至2018年底，中国光伏发电装机达到1.74亿千瓦，较上年新增4426万千瓦，同比增长34%。其中，集中式电站12384万千瓦，较上年新增2330万千瓦，同比增长23%；分布式光伏5061万千瓦，较上年新增2096万千瓦，同比增长71%。2018年，全国光伏发电量1775亿千瓦时，同比增长50%；平均利用小时数1115小时，同比增加37小时（见表2）。

在光伏产业链材料生产方面，根据美国国家可再生能源实验室（NREL）汇总的数据，2017年全球光伏出货量装机92吉瓦，其中98%由亚洲国家供应，中国占57%。2017年美国生

表2 中美光伏装机容量和发电量比较情况

类别	光伏装机容量 (MW)			光伏发电量 (GWh)		
	世界	中国	美国	世界	中国	美国
2008	14630	113	1153	11937	235	1214
2009	22444	156	1614	20132	345	1699
2010	38576	414	2909	32203	729	3063
2011	68785	2298	5172	62179	1998	5322
2012	95850	3628	8137	95928	4391	9186
2013	133261	16188	11759	131094	8798	14858
2014	169863	25198	14878	181670	23751	21915
2015	219596	42988	21684	240126	38978	32091
2016	292021	77556	32958	317673	67865	46633
2017	385674	130632	41131			

资料来源: IRENA Renewable Energy Statistics (2017、2018)。

产光伏电池 260 兆瓦、光伏组件 970 兆瓦, 比上一年分别下降了 66% 和 43%。这一年美国晶体硅光伏电池占美国生产的晶硅组件的 39%, 而美国生产的光伏组件占全部光伏安装量的 9%。2017 年美国晶硅电池产能利用率为 29%, 晶硅组件产能利用率为 47%, 薄膜组件产能利用率为 57%。随着 2018 年美国光伏进口关税实施, 预计美国光伏产能利用率会显著提高。同时, 由于中国 2014 年 8 月以来对美国多晶硅进口实行反倾销税, 美国多晶硅产能利用率 2017 年仅为 43%, 大大低于 2014 年的 86%。

表3 2011-2017 年中美企业全球生产规模排名前十企业数

年份	多晶硅生产		硅片生产		电池片生产		组件生产	
	中国	美国	中国	美国	中国	美国	中国	美国
2011	4	3	6	2	4	2	4	2
2012	4	3	7	1	5	2	5	2
2013	4	3	8	0	4	1	4	2
2014	4	2	8	0	5	0	4	2
2015	4	2	9	0	5	0	7	1
2016	6	1	9	0	7	0	7	1
2017	6	1	10	0	8	0	7	0

注: 中国统计口径只包括中国大陆企业。

(二) 中国光伏企业的岗位提供能力强于美国光伏企业

根据美国太阳能基金会 (The Solar Foundation) 的调查报告, 2017 年美国共有 11, 529 个太阳能企业, 共计有 250272 个与太阳能相关的就业人员 (26.9% 为女性), 比 2016 年略有下降 (-3%)。其中 51.7% 的工作岗位与太阳能安装有关, 14.7% 与太阳能制造业有关; 12.4% 与太阳能产品的销售与配送有关; 14.3% 与太阳能项目开发有关。2017 年美国有 1017 万户居民安装了屋顶光伏。而据《2018 年美国能源与就业报告》(The 2018 U. S. Energy and Employment Report) 资料显示, 2017 年美国太阳能发电就业人数 349, 725 人 (主要是光伏从业人员, 只有 7.5% 从事光热发电), 占发电领域就业人数的 40%。具体来说, 太阳能发电领域的就业构成是: 建设、安装

二、中美光伏企业生产规模与岗位提供能力对比

随着全球光伏产业的迅速发展, 光伏产业企业数量大增, 在给全球提供了大量工作岗位的同时, 也催生了一些大型龙头企业 and 一大批产业链配套小企业。

(一) 中国光伏产业龙头企业生产规模大于同类美国企业

从 2011 年到 2017 年, 全球多晶硅产量由原先的 24 万吨递增至 44.2 万吨, 中国企业的产量占比也由 35.0% 逐步增加至 54.8%。协鑫旗下的江苏中能从 2013 年开始便领跑全球, 其产能大约在 7.4 万吨左右。在全球生产规模前十的企业中, 中国大陆从占有 4 个增长到占有 6 个, 美国从占有 3 个减少到仅有 1 家。相比于多晶硅来说, 从 2011 到 2017 年, 原先存在于榜单前十的国外硅片企业全部被国内企业代替, 我国硅片的产能也从 56GW 在 8 年时间里跃升到 122.3GW。全球生产规模前十的中国企业数目从 2011 年的 6 家增长到 2017 年的 10 家, 而美国从 2 家减少到 0 家。从 2011 到 2017 年, 全球电池片产量从 35GW 逐渐增加至 104.3GW, 中国大陆的产能占比高达 67.2%。全球生产规模前十的中国企业数目从 2011 年的 4 家增长到 2017 年的 8 家, 美国从 2 家减少到 0 家。2011 年到 2017 年, 组件产能由原先的 35GW 逐步增长到现在的 105.5GW, 中国大陆占据了 72% 左右的产能。以 FirstSolar、Sunpower 为代表的一部分国外企业无缘最新榜单前十, 以天合光能、晶澳、晶科、阿特斯基本牢牢占据了榜单前四名, 这四家组件企业的大陆产能总计高达 26GW。全球生产规模前十的中国企业数目从 2011 年的 4 家增长到 2017 年的 7 家, 而美国则从 2 家减少到 0 家 (见表 3)。

(51.7%)、制造业 (14.7%)、专业服务 (14.3%)、批发贸易 (9.0%) 以及其他。2017 年美国公共事业级光伏发电量达到 496.88 亿千瓦时, 而分布式 (商业建筑、居民屋顶) 光伏发电量为 241.39 亿千瓦时。但是从就业人数来看, 屋顶光伏占 43.4%、商业建筑光伏占 33.4%, 而公共事业级光伏占 23.2%。值得注意的是, 2017 年太阳能发电就业人数比 2016 年 (373807 人) 减少了 24, 079 人 (降幅 6%), 是 2010 年有相关统计数字以来的首次下降。2018 年, 太阳能光伏行业给全球提供了 336.5 万个岗位, 其中, 中国占据了 65.85%, 美国只占有 0.69%。从 2015 年到 2018 年的变化趋势看, 光伏行业给中国提供的岗位数占全球比重越来越多, 而给美国提供的岗位数占全球比重越来越少 (见表 4)。

表4 中美太阳能光伏发电就业岗位数

(单位: 1000 岗位)

	2015			2017			2018		
	全球	中国	美国	全球	中国	美国	全球	中国	美国
太阳能光伏占比	2772	1652	194	3095	1962	241.9	3365	2216	23.3
		59.60%	7%		63.39%	7.82%		65.85%	0.69%

资料来源: IRENA、REN21。

### 三、中美光伏产业进出口贸易竞争力分析

目前我国光伏电池及组件主要以加工贸易方式出口，出口占比达到了52%，我国光伏产品出口依存度依然过高。目前我国的光伏产业仍未形成自主研发体系，出口过度依赖加工贸易，市场结构很不稳定，贸易摩擦风险较大。在出口目的地上，主要出口亚洲、欧洲和北美洲，其中，出口到美国的光伏电池出口额排第2位，占全球出口量的15.04%，出口数量同比下降了12.57%。2016年，我国光伏产品出口额为140亿美元，同比下降10.4%，其中，硅片出口量为34.5亿片，出口额为26.9亿美元，同比增长28.3%；电池片出口量为2.9GW，出口额为8.1亿美元，同比增长11.50%；组件出口量21.3GW，出口额为105亿美元，同比下降18%。2017年，中

国光伏组件出口达到37.9吉瓦，比2016年出口量（21.3吉瓦）大幅增长78%。

（一）中美光伏产业在原材料出口规模、价格等方面都呈现明显的下降趋势

从光伏产业链原材料的出口来看，除了直径30厘米及以上的单晶硅棒，不论是单晶硅棒、多晶硅，还是光伏组件，中国出口到美国的规模都呈现出下降的趋势（见表5），如多晶硅出口量占全部出口量的比例从2010年的约3.1%下降到2017年的约0.32%；光伏组件出口量占全部出口量的比例从2013年的17%下降到2017年的6%。从出口金额上看，中国出口到美国的多晶硅金额占全球比重总体上也呈现出下降的趋势，从2010年的2.14%下降到2017年的0.48%。

表5 中国光伏产业原材料出口到美国的情况

指标	单晶硅棒 ：美国		多晶硅 ：累计值		单晶硅棒 ：美国		出口金额 ：多晶硅：累计值		出口数量 ：光伏组件		出口金额 ：光伏组件	
	直径 30厘米 及以上	直径在 7.5厘米 及以上	合计	美国	直径 30厘米 及以上	其他直径 在7.5厘米 及以上	合计	美国	合计	美国	美国	合计
单位	千克	千克	千克	千克	美元	美元	美元	美元	兆瓦	兆瓦	亿美元	亿美元
2010	237	8955	2226791	68932	79279	961929	135610902	2900166	0	0	0	0
2011	643	75654	1251242	46054	236264	9296965	47508718	1521483	0	0	0	0
2012	136	7865	1743215	60674	54470	552735	42397682	886520	0	0	0	0
2013	880	6239	4720266	40973	361428	609585	84748615	557230	0	0	0	0
2014	2964	3554	2304786	22630	859253	189421	42697498	203232	20216.02	3424.92	20.7115	127.662
2015	0	4811	7541112	45540	0	354626	111191483	367058	19608.48	2627.34	13.2272	106.2504
2016	35814	1621	7209633	23699	6505717	503873	87455790	239499	20061.42	2764.62	12.5271	92.5871
2017	50112	443	6280770	19798	9378868	46558	86136651	412884	26134.47	1499.07	5.3513	93.9923

资料来源：Wind 资讯。

在光伏产业原材料的出口价格方面，中国出口到美国和全球的光伏组件价格都呈现出下降的趋势。从市场份额来看，中国出口到美国的光伏组件占全部出口的市场份额从2014年以来出现了明显的降低趋势，尤其是2017年以来，下降到很低的份额（见图1）。

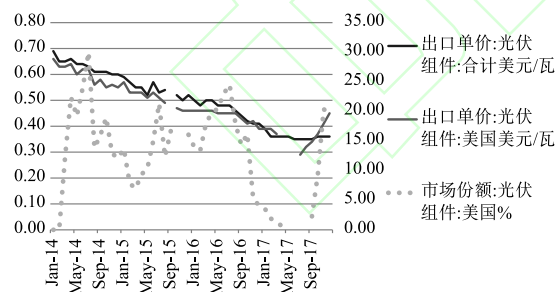


图1 中国出口到美国的光伏组件价格与市场份额

数据来源：Wind 资讯

1. 光伏产业的原材料进口价格下降，产业内贸易顺差规模加大，且以一般贸易和进料加工贸易方式为主。从光伏产业链原材料的进口来看，从2010年到2017年，中国从美国进口的金属硅数量快速减少，2017年，仅进口1832千克；多晶硅进口数量也有所减少，但仍保持有较大的规模量，占全球进口量的比例也从2010年的38.41%下降到2017年的5.49%（见表6）。从不同的进口种类来看，一般贸易类型仍呈现出增长的趋势；特殊监管区域物流货物也有所抬头，且保持较大体量；进料加工贸易等其他类型的进口规模发生了较大程度的降低。

而对于美国，进口光伏组件的规模不断增加，即从2010

年的2GW增长到2016年的13GW；进口来源国从2015年开始逐渐向亚洲转移，2016年有三分之二的进口来自于马来西亚、中国和韩国。光伏组件的价格从2012年至今下降了有40%左右，具体表现为：2012年的平均价格为1.15美元/瓦，2016年下降为0.72美元/瓦，2017年年底已经降为0.45美元/瓦。

2. 中美光伏产业贸易争端不断升级。2018年1月22日，美国政府宣布对进口光伏产品采取为期4年的全球保障措施，这是继2011年、2013年两次贸易救济调查后的第三起涉及光伏产品的贸易措施。美国对进口光伏产品采取为期4年的全球保障措施的依据，是《1974年贸易法》第201条。“201条款”是美国政府对由于进口产品造成本国制造业损害的贸易保护条款。根据该措施，美国在未来4年对进口的电池产品实施关税配额管理，对每年的首个2.5吉瓦之内的进口电池免征关税，在此之后的进口将被征收特别关税。随着光伏“双反”措施，中国向美国的光伏出口已经大幅下降。据中国机电产品进出口商会法律部主任陈惠清介绍，2017年中国对美国太阳能板出口同比大降41%。双反税率与全球保障措施税率叠加会产生大约50%的税，中国大陆的企业是无法在这么高的税率下向美国出口的。

### 四、中美光伏产业国家政策分析

美国的光伏产业发展具有完善的法律保障，其产业发展政策主要通过联邦能源立法、联邦环境政策、各州立法、农业立法等形式表现出来。而中国的光伏产业发展缺乏相关的法律保障，其发展政策主要是以政府政策文件的方式出台和实施。

（一）中国光伏产业政策从重“规模”逐渐向重“质量”演变

2013年以来，中国出台了一系列有关光伏产业发展的政



表 6 中国从美国进口光伏产业原材料的情况

指标	金属硅 (工业硅)	多晶硅 累计值		多晶硅: 美国						金属硅 (工业硅)	多晶硅: 累计值		多晶硅: 美国					
	美国	合计	美国	一般贸易	进料加工贸易	保税监管场所进出境货	来料加工装配贸易	特殊监管区域物流货物	其他	美国	合计	美国	一般贸易	进料加工贸易	保税监管场所进出境货	来料加工装配贸易	特殊监管区域物流货物	其他
单位	吨	吨	吨	吨	吨	吨	吨	吨	吨	万美元	万美元	万美元	万美元	万美元	万美元	万美元	万美元	万美元
2010	2141	47510	18248	0	0	0	0	0	0		267222	99140						
2011	1943	64613	17476	0	0	0	0	0	0		380043	103686						
2012	1350	82760	32680	0	0	0	0	0	0		209786	70112						
2013	240	80653	22312	0	0	0	0	0	0		151258	30878						
2014	15	102177	21132	1023	2612	1462	1318	4686	0	4	219498	39360	3773	5583	803	2214	7464	0
2015	19	112221	12502	1525	1829	73	497	9325	0.938	9	202699	23529	2793	3350	51	1357	16642	2
2016	176	141022	5635	542	513	0.001	0	4581	1.8	8	223011	19078	1294	693	0.5	0	17091	4
2017	1.9	158918	8727	2197	852	0	0	5677	0.542	8	250586	15796	2468	1111	0	0	12093	2

资料来源: Wind 资讯

策。如《国务院关于促进光伏产业健康发展的若干意见》(国发[2013]24号)、《关于分布式光伏发电项目管理暂行办法的通知》(国能新能[2013]433号)、《关于进一步落实分布式光伏发电有关政策的通知》(国能新能[2014]406号)、《关于进一步优化光伏企业兼并重组市场环境的意见》([2014]591号)、《关于促进先进光伏技术产品应用和产业升级的意见》(国能新能[2015]194号)、《关于实施光伏发电扶贫工作的意见》(发改能源[2016]621号)、《关于可再生能源发展“十三五”规划实施的指导意见》(国能发新能[2017]31号)、《国家发展改革委关于2018年光伏发电项目价格政策的通知》(发改价格规[2017]2196号)和《关于2018年光伏发电有关事项的通知》等。从产业政策提出的脉络看,中国光伏行业主要沿着“补贴促进规模发展——规范行业环境——多种模式发展——新能源电力并网——降低补贴”的路径发展。

(二) 美国光伏产业政策更重视对其市场机制进行完善

美国光伏行业政策主要有两大类:法律法规、标准、约束性指标等管理类政策和联邦财政激励计划。代表性政策有:1603 财政部计划、联邦加速折旧成本回收制度、光伏投资减免税政策、太阳能税收减免等。随着光伏产业发展到一定阶段,各类补贴相应政策优惠力度会逐渐减小,直至完全退出。在分布式光伏系统上,美国也有包括 ITC、绿证制度、资产评估性清洁能源贷款等在内的政策制度。对于光伏发电的激励政策依各州情况不同,大多数采用可再生能源配额、税收优惠、现金补助计划等措施。

五、结论及启示

从产能、企业及岗位提供能力、进出口贸易竞争力和产业政策四个方面,我们对中美光伏产业竞争力进行了比较分析,研究发现:中美光伏行业都处于产业生命周期的快速发展期,相比较而言,在发展规模、速度和市场份额和生产成本上,中国相比美国具有一定的优势;在岗位提供能力上,新能源行业给中国提供了更多的就业岗位;在发展效率上,美国相比中国具有较高的效率;在进出口方面,中国出口到美国、从美国进口的规模都呈现出下降的趋势,美国从中国进口的规模也不断下降。在产业政策方面,中美两国共同的特征是:在产业发展的初期,使用财政政策和税收优惠等政策大力扶持,而后逐渐降低政策扶持力度和补贴幅度。在贸易争端方面,中美两国在光伏产业上的贸易争端总共有3次,此次贸易争端对中国光伏产业的影响最大,中国可能会将出口到美国的份额转移到欧洲

和亚洲、非洲市场,而美国也逐渐将进口来源国调整到亚洲各国,特别是东南亚地区。

我们认为,应该加强中美双方谈判,重回世界贸易组织的规则框架中去。在美国一意孤行的贸易保护主义影响下,中国应该加大光伏行业的技术攻坚,一方面,降低光伏行业的技术成本和商业化运作成本;另一方面,增强光伏行业电力并网的技术稳定性和比例,降低弃光率,提高运行容量系数,提升光伏行业的发展效率。综合利用光伏产业的发展不断促使我国提升可再生能源在一次能源使用中的比例,促进国家能源转型,实现更低碳排放的绿色发展方式。在光伏行业的国际布局上,应该结合欧洲市场“去煤化”和促进国家能源转型的形势,抓住机遇,提升中国光伏行业在欧洲市场的份额。同时,加大对亚洲和欧洲市场的出口力度,不断增强光伏行业的国际竞争力。

参考文献:

[1] 郭爽. 美国加紧研发太阳能核心技术 [N]. 经济参考报, 2012-05-24.  
 [2] 世界各国纷纷落子新能源, 寻求可持续发展突破口 [OL]. [http://www.heneng.net.cn/index.php?mod=news&category\\_id=9&action=show&article\\_id=18801&category\\_id=9](http://www.heneng.net.cn/index.php?mod=news&category_id=9&action=show&article_id=18801&category_id=9), 2012-05-24.  
 [3] 美国太阳能产业发展现状及前景 [OL]. [http://blog.sina.com.cn/s/blog\\_5485b2a40101jkyr.html](http://blog.sina.com.cn/s/blog_5485b2a40101jkyr.html), 2014-4-28.  
 [4] 何英. 美太阳能产业持续向好 [N]. 中国能源报, 2014-10-13.  
 [5] 袁园, 刘天琪, 程道卫. 并网光伏最大接入功率研究 [J]. 可再生能源, 2012 (06).  
 [6] 袁惊柱. 中美新能源行业产业竞争力比较分析 [J]. 中国能源, 2019 (03).

[本文系中国社会科学院登峰战略优势学科(产业经济学)项目;中国国际经济交流中心基金课题“供给侧结构性改革:巩固、增强、提升、畅通”(项目编号:2019002)阶段性成果]

[袁惊柱(通讯作者),中国社会科学院工业经济研究所。王婧,中国国际经济交流中心]