

# 印度太阳能发展的状况和中国企业进入的机会

张 维

(云南省科学技术情报研究院, 昆明 650051)

**摘 要:** 印度政府出于能源安全、应对气候变化、履行强制性减排义务等考虑, 正积极发展太阳能等新能源和可再生能源, 本文对此进行了研究, 并分析了印度发展太阳能的优越自然条件和不断提高支持力度的良好政策环境, 认为制造业基础薄弱、关键技术和人力资源缺乏、社会接纳程度不高等问题将影响印度未来太阳能发展, 并对中国企业进入印度太阳能领域开展合作提出了相关建议。

**关键词:** 印度; 太阳能; 产业合作; 中国企业

**中图分类号:** TK519.351      **文献标识码:** A      **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2016.07.008

为解决能源问题以突破制约经济高速发展的瓶颈, 应对日趋严重的气候变化, 印度政府自 2007 年起陆续出台国家农村电气化、半导体政策、发电激励计划和国家太阳能计划等政策措施, 积极发展太阳能<sup>[1]</sup>。2014 年印度新一届政府对国家太阳能计划进行了修订, 规划 7 年后印度的太阳能安装量将超过 100 吉瓦<sup>[2]</sup>, 且近期有大跨越发展的实施方案, 印度将成为全球第四大太阳能市场, 仅次于中国、美国和日本。政策引导和支持是印度太阳能蓬勃发展的关键因素, 但印度要实现修订版国家太阳能计划的目标, 仅靠其自身力量远远不够, 需要加大引进国际的资本、技术和人才, 共谋发展。

中国太阳能制造业保持较强的国际竞争力, 光伏组件产量占全球的 70%, 但随着中国经济整体进入新常态, 光伏电站等项目建设受到资源匹配能力、限电等问题的限制, 增速已趋减弱, 因此, 积极响应和融入国家“一带一路”倡议, 摸清印度太阳能发展的优势、政策和存在问题, 寻找中国 and 印度在太阳能领域开展深度合作的交集, 将有利于太阳能及相关领域的中国企业加强与印度产能和创新

合作, 促进产业转型升级。

## 1 印度积极发展太阳能的动因

### 1.1 印度未来能源需求缺口巨大

印度是人口大国和目前全球经济发展增速最快的国家, 现有人口 12.73 亿, 占世界总人口的 1/6, 近三年来印度经济增速均在 7% 左右, 但印度尚有 1/5 的人口没有用上电, 其能源需求在全球增长中的占比最大, 占全球能源需求增长的近 1/4<sup>[3]</sup>。莫迪政府已制定包括“印度制造”(Make in India) 在内的多项加速发展计划, 伴随工业化、城市化和现代化进程, 印度进入一个能源消耗持续快速增长的时期, 到 2040 年, 印度将新增近 6 亿个新电力消费者, 城市人口再增加 3.15 亿, 届时, 能源消费量将赶超中国和美国, 成为世界能源增量的主要消耗者。按照世界能源组织 (IEA) 的测算, 自 2015 年起的未来 20 年, 印度能源需求将以年均 4% 的速度增长, 日均消耗近 1 000 万桶石油, 能源领域的年均投资将不少于 140 亿美元, 其中 75% 用于满足不断增长

**作者简介:** 张维 (1978—), 男, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为技术转移、创新管理、区域经济等。

**项目来源:** 云南省科技计划项目“面向南亚东南亚科技创新与合作战略研究”(2015RD015)和“中国—东盟创新中心和云南技术转移中心运行机制和政策研究”(2014RD007)。

**收稿日期:** 2016-06-29

的电力消耗需求<sup>[4]</sup>；由于印度自身的燃煤和油气资源开发的限制，将增大石油进口，到2025年，印度将取代日本成为世界第三大能源进口国，2030年石油进口量将可能达到日均600万桶，能源对外依存度高达91%，未来的能源安全问题较为严重。

## 1.2 印度来自国内外的节能减排压力巨大

印度当前面临着应对气候变化减排的内外双重压力。从内部看，印度三面临海，地处亚热带和热带，应对气候变化的能力较弱，观测数据显示，印度近450个区域正经历年平均气温的明显上升，海平面每年平均上升1.06~1.75毫米，对近3000万人口产生严重影响；到2045年，整个印度年均气温将上升1~1.5摄氏度，将对2/3从事农业的印度人带来巨大的影响，因“极端气候事件”引发的损失及危害可能会达到每年50亿~60亿美元。另外，印度面临大面积城市空气污染，世界卫生组织2014年城市户外空气污染数据库排名中，印度有12座城市位列“全球最污染城市前20名”，新德里以PM2.5年均值153成为“全球最污染首都”<sup>[5]</sup>。从外部看，作为世界第三大碳排放国，印度始终坚持发展优先的原则，一直宣称他国不应该强求印度作出减

排目标的承诺，自1997年《京都议定书》通过以来，一直拒绝就强制性减排协定进行任何谈判，长期处于国际舆论的不利地位；近年来，印度正在重塑一个“与国际社会积极互动”的国家形象，还在2015年巴黎气候峰会上承诺，到2030年，温室气体排放在2005年的基础上削减33%~35%，40%的电力装机容量将来自非化石燃料，减排压力极大<sup>[6]</sup>。

## 2 印度发展太阳能的优势及政策环境

### 2.1 印度具有优越的太阳能资源禀赋

印度位于北纬8°24'~37°36'和东经68°7'~97°25'之间，地处热带和亚热带地区，由于靠近赤道，大部分国土常年有300个左右的晴天，日照时间充足，年均太阳辐射量可达1700~2500千瓦时/千瓦特/年(kWh/kWp/year)，集光器日均太阳辐射量可达4.0~7.0千瓦时/平方米，太阳能辐射资源在当今世界各大经济体中名列前茅，优于中国、美国、日本和欧盟，具体如表1所示。印度每年约有3000小时的太阳辐射，相当于5000万亿千瓦时的规模，但截至2015年，印度太阳能总装机容量为4.1吉瓦，仅占其总发电容量的2.0%，太阳能辐射资源可开发的巨大空间<sup>[7,8]</sup>。

表1 世界主要国家和地区太阳能辐射资源禀赋比较

	印度	中国	美国	日本	欧盟
年均太阳辐射量 (千瓦时/千瓦特/年)	1700~2500	1050~2450	1000~2100	1051	900~1300
集光器日均太阳辐射量 (千瓦时/平方米)	4.0~7.0	3.0~7.5	3.0~7.0	2.0~4.0	2.4~5.20

数据来源：联合国环境规划署和美国国家可再生能源实验室。

### 2.2 印度历届政府大力推行大型太阳能计划顶层设计

印度政府早在2006年就发布《能源综合政策报告》，作为印度“第十一个五年(2007—2012年)计划”的能源发展指南，2009年更特别出台了《尼赫鲁国家太阳能计划》(JNNSM，以下简称国家太阳能计划)作为发展太阳能的行动纲领，国家太阳能计划通过关税优惠和公用事业可再生能源购买协议等政策激励和改善投资环境，推进太阳能产业领

域的发展，保障印度在2030年前实现能源独立。国家太阳能计划的阶段性目标如表2所示，共分为三个阶段，旨在设立相应的战略重点、实现途径和预期目标，形成太阳能超巨型项目、公共事业规模项目、大型屋顶和住宅屋顶联合发展的“大象—马—鸽子—蜜蜂”模式。

莫迪政府执政以来，2014年对国家太阳能计划进行修订，将太阳能发电指标翻了五倍，即到2022年印度太阳能发电量达到100吉瓦，总投资

表 2 印度国家太阳能计划阶段性目标

阶段及年份	战略重点	实现途径	目标		
			光热(兆平方米)	光伏发电(兆瓦)	离网发电(兆瓦)
第一阶段 2010—2013	太阳能离网技术和集热利用	社会和经济适用性试验示范工程	7	1 100	200
第二阶段 2013—2017	全面发展太阳能发电系统,同时兼顾降低发电成本	推出适宜太阳能技术推广的商业模式	15	4 000 ~ 10 000	1 000
第三阶段 2017—2022	实现平价上网和自主的太阳能技术	用全商业化手段实现太阳能技术快速推广应用	20	20 000	2 000

数据来源：印度新能源和可再生能源部，并根据相关资料整理。

将达到 6 万亿卢比，主要内容包括实现 40 吉瓦太阳能屋顶发电和建造 60 吉瓦大中型太阳能并网项

目。2015 年又公布了未来 7 年的光伏年度发展路线图<sup>[9]</sup>，如表 3 所示。

表 3 印度新能源和可再生能源部国家太阳能计划修订

年 份	2015—2016	2016—2017	2018—2020	2021—2022
年度 目标	2 吉瓦(0.2 吉瓦屋顶, 1.8 吉瓦地面安装)	12 吉瓦(4.8 吉瓦屋顶, 7.2 吉瓦地面安装)	各年分别为 15、16、 17 吉瓦	每年 17.5 吉瓦

按照发展路线图，印度又设立了国家太阳能任务(NSM)，制定了发展 56 个太阳能城市的总体规划<sup>[10]</sup>，其中包括首都圈地区的三个城市，其主要情况如表 4 所示。同时还规划了 25 个太阳能公园，总装机容量达 25 吉瓦，平均每个园区装机容量为 500 ~ 1 000 兆瓦，如图 1 所示。

最近，印度负责电力、煤炭和可再生能源的部长 Piyush Goyal 又宣称印度计划把 100 吉瓦太阳能装机容量的目标提前到 2017 年底，完成太阳能大跃进。印度 2015 财年太阳能装机量为 2.9 吉瓦，2016 财年预计为 5.8 吉瓦，按实现 100 吉瓦的目标，需要增长约 16 倍。

### 2.3 印度政府推进太阳能发展的投资和配套措施

为了配合国家能源长期计划和行动计划，印度政府配套出台了一系列加速推进太阳能以及鼓励和优惠太阳能商业化的政策。一是政府投入力度加强，在政府投资方面，设立 9 000 亿卢比规模的太阳能发电项目投资，与目前的火电开发双向推进，形成捆绑机制，并加大大型太阳能公共事业和独立电力生

产商(IPP)的项目开发；在政府补贴方面，通过印度太阳能公司(SECI)以适应性补偿基金(VGF)开发项目方式对发展屋顶太阳能项目予以支持，同时进行小型太阳能项目分散式管理，补贴总体规模达到 1 505 亿卢比。二是积极鼓励太阳能商用发展，在税收优惠政方面，规定从事太阳能产业发展投资固定资产可以按照高达 80% 的加速折旧率计算，按照标准 30% 税率的一半进行优惠，免除中央销售税，对进口材料、部件和设备实行软贷款关税减免；在太阳能并网发电特惠方面，制定了太阳能发电价逐年下调方案，到 2020 年，太阳能电价为 4.2 卢比/千瓦时(约 0.4 元/千瓦时)，到 2025 年将进一步降至 3.59 卢比/千瓦时，并把对于不包括商业和工业的屋顶太阳能补贴从 15% 提高至 30%。三是充分拓展国际合作渠道，就太阳能发展，通过接受更多国际捐助、设立诸如绿色气候基金(Green Climate Fund)等双边和多边合作机制，探讨加入德国复兴信贷银行、亚洲开发银行和世界银行等国际金融机构利率补贴计划等多种形式来实现融资和项目建设目标。



图 1 印度各邦太阳能公园发展现状

资料来源：Bridge to India，《2016年印度太阳能手册》。

表 4 获批的主要印度太阳能城市

主要城市	
规划获批	阿格拉、甘地纳加尔、拉杰科德、苏拉特、塔那、舍地、那格浦尔、奥兰加巴德、英帕尔、昌迪加尔、古尔冈、法里达巴德、比拉斯布尔、赖普尔、阿加尔塔拉、古瓦哈蒂、乔尔哈特、迈索尔、西姆拉、哈默坡、焦特布尔、维杰亚瓦达、卢迪亚纳、阿姆利则、德哈拉丹、帕纳吉、新德里
原则上核准	提鲁瓦南萨普拉姆、斋普尔、印多尔、列城、马赫布卜纳加尔

资料来源：根据印度新能源与可再生能源部官网整理。

### 3 印度发展太阳能存在的问题

#### 3.1 印度太阳能制造业基础薄弱

太阳能产业，按照关联产业横向一体化和产业链纵向一体化可以涵盖光伏原材料，多晶硅，电

池组件，光伏逆变器等零部件，生产设备，光伏电站设计，采购和施工（EPC）等，其中，从组件到生产设备的制造业具有基础性作用。目前在印度太阳能产业发展过程中，存在设计开发和安装颇具实力，但制造业产品主要依靠全球供应链、本土弱小

的问题。在设计开发服务和光伏电站的 EPC 领域，印度本土的 Moserbaer、Welspun Urja 和 Lanco Solar 号称传统三强，控制印度太阳能市场 EPC 业务的 40%，新进入的 Welspun Urja 等也具有较强实力。

但涉及制造业产业链的其他环节时，印度本土企业较为弱小。一是在两个关键的制造业领域，印度本土企业不占优势：在光伏组件领域，印度 40% 是薄膜组件，60% 是晶硅组件，十大组件供应商中没有印度本土的企业，最大的是美国的第一太阳能公司（First Solar），晶科能源、天合光能、

昱辉阳光和阿特斯阳光电力等来自中国，其中阿特斯阳光电力主营晶硅业务。在零部件制造领域，核心部件光伏逆变器的生产制造 50% 以上来自瑞士的 ABB、德国的 SMA、意大利的 Bonfiglioli 等西欧品牌，Vikram Solar 是印度本土唯一进入十大供应商名录的太阳能零部件制造商，其仅占印度国内市场很小的份额。二是在制造业发展要素中，除人力成本外，印度发展太阳能制造业的成本都较高，表 5 展示了印度和中国发展制造业的成本对比。

表 5 印度和中国制造业成本比较

对比项	用工成本（元/月）		物流成本	工业成本	综合税收
	普工	熟练工			
印度	1 200	2 200	高速公路仅有 1 324 千米，陆路物流报价随意性较大，且路况差	水：3.5 元/立方米 电：0.9 元/度（经常停电，需计算发电机购置，柴油燃料和其他支出的成本）	30%（各邦不同，但普遍关税较高）
中国	3 500	7 000	高速公路达到 11.2 万千米，陆路运输成本比印度平均低 25%	水：3 元/立方米 电：0.4 元/度	25%

数据来源：印度 ASA & Associates 会计事务所和相关资料。

从产业经济角度看，如果印度太阳能产业发展主要局限于产业链下游光伏电站等，会导致中游制造业的问题不能有效解决，核心技术无法突破，最终不但会制约印度制造战略的实施，而且还将延续从国外买技术和核心部件设备的尴尬景象。

### 3.2 印度缺乏太阳能利用关键技术和相应人力资源

印度本土的太阳能利用技术发展程度与其产业发展状况相似，目前缺乏具有较强实力的企业集团，在光伏薄膜技术、互动电网、能源储备、高密度和轻重量模块太阳能前沿技术，在混合发电系统、非并网太阳能光热利用、太阳能建筑技术、工业生产蒸汽用太阳能制冷和太阳能蒸汽热发电系统等工程技术方面有巨大需求。

根据美国环保行动小组自然资源保护委员会（NRDC）与印度能源、环境和水委员会（CEEW）的联合测算，以修订版国家太阳能计划的 100 吉瓦为目标，不包括发展制造业所必需的人力资源，以及屋顶太阳能和公共事业规模以上太阳能项目

持续运营和维护所必需的管理和专业技术人力资源，以当前发展水平开展太阳能项目建设，印度尚需 210 800 名工程技术人员和技师、624 600 名熟手技工，182 400 名一般工人。

### 3.3 社会文化对太阳能产品接纳度较低

目前，印度社会对光伏产品的社会接纳程度不是十分理想。首先，印度贫困范围较广，影响了居民对太阳能经济层面的接纳力。世界上 12 亿极端贫困人口中有 1/3 居住在印度，印度贫困人群每天的生活开销小于 2 美元，难以负担太阳能发电相对较高的电价，印度国家电力销售公司以低于成本价售电，平均每年亏损 7 000 亿卢比（110 亿美元），累计损失已经超过 2.5 万亿卢比。其次，印度经济上的两极分化导致了社会认知程度的二元化，知识阶层充分接纳太阳能，但接收新式教育较少的民众对新鲜事物的认知能力低，印度许多居民不认可投资商的许诺，严重地阻碍了太阳能产品的广泛推广。

## 4 中国企业进入印度太阳能领域的相关建议

### 4.1 充分借助科技合作规避贸易壁垒

印度的太阳能产品进口关税壁垒较高, 2014年印度实施反倾销税贸易政策, 光伏组件关税一度达到 0.11 美元/瓦, 在印中太阳能产品尚未实现自由贸易的背景下, 中国企业直接向印度出口光伏组件等产品不仅会遇到关税壁垒, 还会遇到非关税壁垒。因此, 要利用科学技术传播不受经贸规则限制和贸易摩擦影响的特点, 借助中国“一带一路”战略加强国际产能合作, 抓住印度实施国家太阳能计划修订版资金、技术、人才缺乏的机遇, 以科学技术为切点, 基于与欧美高端制造商相比, 中印企业在技术研发、关键组件和零部件、转换效率等方面仍存在很大差距的现实情况, 通过联合研发、技术研讨、互访交流等形式增加技术合作。在此基础上通过技术转让和建立合资企业等降低关税壁垒的形式, 帮助中国企业向印度转移太阳能光伏发电设备生产技术, 为其太阳能发展提供半成品, 实现互利共赢。

### 4.2 基于比较优势进入差异化的产业技术领域

在太阳能全产业链中, 印度和中国各具优势, 中国是当今世界上最大的太阳能电池组件生产国, 具备技术先进和自产设备成本低等优势, 而印度虽然缺乏本土优势光伏设备企业, 且制造业成本高, 却在设计开发服务和光伏电站建造方面具有较强实力。因此, 中国企业应在光热和光伏两大方向选择差异化路径进入印度太阳能产业领域。在太阳能光热领域, 主要聚焦于太阳能热水器、空气加热和冷却设备、太阳能灶等产品, 以及太阳能混合动力系统、离网太阳能热利用、用以加热和冷却的被动型太阳能建筑一体化、太阳能冷却和蒸汽发电、太阳能工业过程系统、高温太阳能热利用等技术的开发; 在太阳能光伏领域, 主要聚焦于社区照明系统、太阳能路灯、家用照明系统、太阳能水泵等产品, 提高转换效率、能源储存、轻重量和高密度模组改进技术, 以及太阳能薄膜生产工艺、低成本基板、大号电池和模组等产品和技术研发。

### 4.3 开展深层次的融资与合作

在修订版国家太阳能计划下, 印度太阳能市场发展和项目规模扩大, 资金缺口比较大, 需要在国

际范围内寻找具有强劲实力的独立电力开发运营商和较低资本成本的国际公共部门开展合作, 这给中国众多有“走出去”意愿的企业创造了机会。因此中国企业可以采取延伸策略, 创新债务融资、资产融资、项目融资等模式, 开展与印度可再生能源开发署、印度电力财务公司(PFC)、印度农村电气化公司等的深度合作, 按生产要素配置和优化布局生产线, 通过跨国公司、战略联盟、特许经营、以商建(太阳能)园等方式, 延长成熟太阳能技术的生命周期, 形成中国资金输出和品牌扩展的合作路径; 同时, 基于太阳能利用, 加大对印度在应对自然灾害和气候变化、改善发展环境、人员培训和教育等民生领域提供援助和能力建设的帮助。■

#### 参考文献:

- [1] Debasish Paul Choudhury. India-A New Rising Star of Asian PV Market[R/OL].(2011-04-20) [2016-06-20].<http://www.semi.org.cn/DownLoad/DownLoading.aspx?>
- [2] Government of India, Ministry of New & Renewable Energy. Guidelines for Implementation of Scheme for Setting Up of 2 000 MW Grid-Connected Solar PV Power Projects with Viability Gap Funding (VGF) Under Batch-III of Phase-II of the JNNSM[R/OL]. New Delhi, 2015[2016-06-18]. <http://mnre.gov.in/file-manager/grid-solar/Scheme-2000MW-Grid-Connected-SPV-with-VGF-under-JNNSM.pdf>.
- [3] International Energy Agency. Key World Energy Statistics 2015[R]. Paris, 2015.
- [4] International Energy Agency. World Energy Outlook 2015[R].Paris, 2015.
- [5] World Health Organization. Database: Outdoor Air Pollution in Cities[R]. Geneva, 2014.
- [6] European Commission. Paris Agreement[R/OL]. (2015-12-12) [2016-06-20]. [http://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris/index_en.htm).
- [7] 时宏远. 印度应对气候变化的政策[J]. 南亚研究季刊, 2012, 150(3): 88-94.
- [8] 万媛. 印度的低碳经济发展现状与趋势[J]. 全球科技经济瞭望, 2014, 29(3): 16-21.
- [9] National Institute of Solar Energy. List of Institutes and Organisations offering Suyamitra-Skill-Development-

Program[R/OL]. (2015-11-2) [2016-06-21]. <http://nise.res.in/pdf/Updated%20as%20on%2028-10-2015.pdf>.

[10] Bridge to India. India Solar Handbook 2016[R]. New Delhi, 2016.

## Solar Energy Development Status and Opportunities for Chinese Enterprises Entering India

ZHANG Wei

(Yunnan Academy of Scientific and Technical Information, Kunming 650051)

**Abstract:** For consideration of energy security, climate change and obligation of mandatory emission reduction, Indian government has actively developed new energy and renewable energy sources, such as solar energy. The favorable natural conditions and continuous improving support policy environment of developing solar energy in India are analyzed in this paper, and the viewpoints that weak manufacturing base, the lack of key technology and human resources, and low social acceptance would affect further development of the solar energy have been given. This research also put forward some suggestions for Chinese enterprises to enter the field of solar energy in India.

**Key words:** India; solar energy; industrial cooperation; Chinese enterprises

---

(上接第49页)

## New Measures for the Scientific Management System Reform of Institute of Physical and Chemical Research of Japan

HU Zhi-hui, HUI Zhong-yang

(National Science Library of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190)

**Abstract:** The institute of Physical and Chemical Research of Japan (RIKAGAKU KENYUSHO, RIKEN) has carried out series of reforms since 2013 on the basis of national science and technology basic plan, such as organizations and management, to promote the scientific research institutions efficiencies. This paper introduces the mission and orientation of RIKEN, and on this basis it mainly analyzes reform measures of organization structure, research systems, council system, personnel systems and scientific cooperation. The reform and its measures are discussed in order to provide advisory for scientific system reform of scientific institutions in China.

**Key words:** Japan; RIKEN; system reform