

双碳愿景下中国光伏发电发展的困境及破解之策

■ 赵万明

摘要：能源是工业的粮食、国民经济的命脉，是经济社会发展的重要物质基础。中国绿色发展的关键是能源的绿色低碳发展，太阳能发电是指利用太阳能和半导体材料的电子学特性实现发电的方式，太阳能发电应成为未来中国重要的电源之一。本文从中国光伏发电产业发展的现状出发，指出当前光伏发电发展存在的问题和面临的制约因素，提出中国光伏发电大发展的思路及路径选择。

关键词：光伏产业 发展困境 实现路径

能源是工业的粮食、国民经济的命脉，是经济社会发展的重要物质基础，也是碳排放的最主要来源。提升非化石能源在一次能源消费中占比、构建以新能源为主体的能源生产革命与双碳目标密切相关。

一、中国光伏发电产业发展的现状

（一）中国光伏发电现状

截至 2021 年底，中国的可再生能源发电总装机容量达到 10.63 亿千瓦，占发电总装机的比重超过 42%，而其中光伏发电并网装机容量突破 3 亿千瓦，达到历史新高 3.06 亿千瓦，仅在 2021 年，中国光伏发电新增并网装机容量就达 5300 万千瓦，光伏发电并网装机容量连续 7 年稳居全球第一。2021 年光伏发电发展呈现新特点。一是分布式光伏发电占全部光伏发电并网装机容量的三分之一，突

破 1 亿千瓦，达到 1.1 亿千瓦。

二是集中式光伏发电与分布式光伏发电并举发展。2021 年分布式光伏发电新增 2900 万千瓦，约占光伏发电新增装机总量的 55%，三是户用光伏发电快速发展，2021 年新增户用分布式光伏发电达到约 2150 万千瓦。户用光伏发电已经成为我国如期实现碳达峰碳中和目标和落实乡村振兴战略的重要力量。

（二）光伏发电成本变化状况

随着光伏发电新技术的全面进步，中国光伏发电成本逐年下降，使得光伏发电企业具备了较好的成本和价格优势。据统计，2020 年，中国光伏发电平均上网电价已降至 0.35 元/千瓦时，达到全国平均燃煤标杆基准电价水平，为下一步高比例、低成本、大规模发展创造了有利条件。其中，青海 2020 年 5 月的光伏发电上网电价达到了 0.22 元，成为全国最低。长期来看，“十四五”期间，中国光伏发电

平均上网电价还将有下降空间，预计能降低到 0.25 元/千瓦时以下，届时光伏发电成本将低于绝大部分煤电，同时储能也将降低到 0.22 元左右，这些都有利于在能源的供给侧和用户侧同时实现转型替代。

（三）光伏发电产业链发展情况

在光伏发电产业领域，主要有光伏设备制造企业和光伏发电企业等产业链主体，中国长期占据全球主导地位，拥有全球最大的光伏发电全产业链集群。到 2020 年，中国光伏组件生产量连续 14 年位居全球首位，为全球市场供应了超过 70% 的组件。2020 年主要环节实现两位数增长，组件出口量创历史新高，同比增长 18.3%。光伏发电产业发展需求的提升和国产能源替代的潜力增长，将为国内光伏发电产业链行业打开广阔的成长空间。与此同时，国产光伏发电产业链技术和产能的提升，也将从产业

基金项目：2021 年国家哲学社会科学基金项目《脱贫地区“绿水青山”转化为“金山银山”的路径研究》（项目编号：21BKS042）

链层面为光伏发电发展提供充足的原料，并进一步提升中国光伏发电的竞争力和应用实力，最终加速中国能源低碳转型步伐。

二、中国光伏发电发展面临的困境

近年来，中国的石油进口量长期居世界首位，每年进口量占比已经高达 73%；天然气进口量占比也高达 43%。从中国新能源发展的长期趋势来看，我们要坚定不移走生态优先、绿色低碳的高质量能源发展道路。从长远来看，一定要调整能源结构，既逐步减少对化石能源的依赖，特别是要减少石油、天然气等的进口依赖，这样才能帮助中国实现能源本质安全。大力发展光伏发电将极大帮助中国摆脱化石能源依赖，同时也是减污降碳、保障中国能源安全的必然选择。发展光伏发电应对碳达峰、碳中和已成为共识，但在实施过程中还面临观念、市场、技术、能源结构等多方面挑战和困难。

（一）传统经济发展方式的能源路径依赖

随着中国经济的快速发展，中国人均用电量在 2000 年到 2018 年期间，从 1 千千瓦时增至近 5 千千瓦时，人均用电量增长近 5 倍，人均生活用电从 130 多千瓦时增至近 700 千瓦时。GDP 增速与能源用量增速的相关系数高达 0.9，以最新国家统计局

公布的数据来看，2021 年上半年，中国国内生产总值同比增长 12.7%，但能源消费没有得到很好的控制，同比也增长了 10.5%。特别是煤电气消费均快速增长，2021 年上半年全社会用电量同比增长 16.2%。经过测算 2021 年上半年能源消费弹性系数高达近 0.83，这与近几年能源消费弹性系数在 0.2-0.5 之间的区间相比，2021 年上半年经济增长对能源消费的依赖程度又有了明显的增加，这就进一步造成了对能源消费总量和强度进行“双控”的困难。

（二）能源结构转型滞后

从世界主要发达国家发展的历程来看，能源结构转型一般都经历了三个阶段：第一阶段：以煤炭为主要能源阶段；第二阶段：以油气为主要能源阶段；第三阶段：以非化石能源阶段为主。即大都经历了从高碳能源到低碳能源，目前正在由低碳能源到零碳能源的转型过程。中国能源结构转型相比其他国家更困难，进入 20 世纪以来，中国原煤年产量保持在 34.1 亿至 39.7 亿吨；原油年产量保持在 1.9 亿吨至 2.1 亿吨；在中国能源产业格局中，产生碳排放的化石能源，煤炭、石油、天然气等高碳能源占能源消耗总量的 84%，而低碳排放的水电、风光电、核能等只占 16%。以 2021 年上半年为例，煤炭、天然气、成品油等消费继续保持较快增长，其中

煤炭消费同比增长 10.7%，特别是发电用煤同比增长 15.7%，电煤对煤炭消费增长贡献率达到 76.7%，使得煤炭消费整体持续较快增长，而天然气消费也同比增长达到 21.2%，成品油消费同比增长 15.7%。

2021 年底，中国的可再生能源发电总装机容量超过 10 亿千瓦，其中光伏发电装机容量已占全部发电装机容量的近 12.6%。但 2020 年光伏发电量仅占我国发电量的 3.5%，光伏发电量占比仍然偏低。中国电力能源消费结构仍然以化石能源为主，化石电力能源消费占比仍然很高，为电力能源转型带来了巨大的挑战。

（三）光伏发电推广难度加大

目前，尽管光伏发电成本逐年下降，但是 2021 年以来，多晶硅等原材料价格大幅上涨，极大地削弱了低成本竞争优势，低成本竞争优势是光伏发电一直以来的制胜法宝，部分企业因为赚取短期利润把这个唯一的护城河给填平了，对光伏发电推广产生不利影响，给今后实现大规模装机蒙上阴影。过高的价格不仅会抑制需求，而且短期内过高的利润率，会影响上下游协同发展，更会吸引其他资本大举进入光伏行业，如何妥善处理企业短期和长期利益关系，避免行业不断涨价，给当前的光伏行业带来挑战。

（四）电网系统技术成熟度稳定不够

随着光伏发电的快速发展

和渗透率的提升，电网稳定性和系统安全成为主要挑战。电网建设滞后于电源建设，光伏发电的间歇性、随机性和波动性导致光伏发电的大规模接入给电力系统稳定和能源安全带来了新挑战。

三、加速发展光伏发电的主要路径与对策建议

碳达峰、碳中和是全球参与的世纪大考，是人类文明的必考题。要实现碳达峰、碳中和首先需要改变的是能源产业格局，必须加快向绿色低碳能源转型的步伐。主体能源是在能源消费结构中占比较高的能源种类，主体能源变更是能源结构优化的关键。中国主体能源结构偏煤，转型有困难的一面，但这也恰恰说明在低碳转型中，中国可以获益更多，更能转出好成绩。

（一）政府推动：加强顶层设计，科学制定规划

光伏发电需要政府和市场共同承担责任，在这个体系中，政府的主导作用和战略规划角色至关重要。

一是优化顶层设计。要妥善解决电站建设与电网建设的协调发展问题，切实做到光伏发电与电网发展在速度上匹配、规模上均衡、技术上适应，要充分发挥光伏发电与储能协调互补优势，布局建设光储一体化示范基地。要及时总结成功经验和有效做法，开展督促检查。

二是科学制定规划。要组织专门力量，科学制定全国及各地的光伏发电规划，统筹光伏发电发展各项工作，强化规划科学引领作用。加强电网基础设施科学规划，以保障光伏发电规划实施效果，加强电力大数据中心智能调度等虚拟电厂示范建设。围绕光伏发电能源做好由煤炭变更为光伏能源的规划，最终形成以光伏发电能源为主、其他能源与光伏发电能源发展相适应的能源系统。

（二）政策引领：加大扶持力度，完善配套政策

坚持政策引领，突出发展与规范并重，出台配套政策。加强政策协同，重点加强出台支持光伏发电发展的财税金融、用地用海、投融资等政策，协同推动光伏发电持续健康发展、高质量发展。

一是财税金融政策。设立扶持光伏发电产业发展专项资金。制定各地分布式光伏发电补贴政策。支持民营企业以需求为导向，积极投资建设集中式或分布式新能源、大容量储能设施，开展“光储一体化”示范项目建设，为实现碳达峰、碳中和发挥重要作用。

二是土地政策。研究光伏项目差别化土地利用政策，在保护耕地，合理利用土地前提下，积极利用荒山荒坡、盐碱滩涂等低效闲置土地，按照国家有关要求，规范项目用地办理流程，有

效解决光伏发电用于升压站建设的小面积永久占地问题。要明确规定各省市要依据当地土地利用总体规划和光伏发电产业政策，合理布局光伏发电建设项目，实现节约集约用地。

三是光伏发电设备循环利用政策。制定光伏废旧组件的回收再利用的相关政策。光伏发电作为一项系统化的大工程，要制定有关政策激发企业的积极性和主动性，引导建立废旧组件再利用、修复和材料循环再生利用的市场发展机制，进而将光伏产业回收利用培育成为产业新的经济增长点。

（三）城乡统筹：深挖分布式光伏潜力，加大农村复合式光伏发电

一是继续坚持“抓大放小”“藏能于民”原则，大力发展分布式光伏发电。在各级党政机关、学校、医院、公共建筑中率先开展光伏发电；充分利用火车站、高速公路服务区及周边、机场航站楼、综合交通枢纽屋顶、大型体育场馆和停车场等公共设施以及粮库、别墅等各类建筑，推广应用分布式光伏发电；结合污水处理厂、垃圾填埋场等城市基础设施，推进分布式光伏发电。

二是加大农村复合式光伏发电发展，引领光伏发电行业将巩固脱贫攻坚成果与乡村振兴衔接起来。自2014年国家启动光伏扶贫工程以来，到2020年10月，

我国光伏扶贫项目已经惠及 6 万多个贫困村，将近有 415 万贫困户受益，每年仅电费和补贴收入就有近 180 亿元，相应安置公益岗位 125 万个，成为搬不走的“阳光银行”。光伏扶贫为我国提前实现全面脱贫目标作出了巨大贡献，已成为推进产业扶贫的重要业态。能源是农业农村发展的重要物质基础，要结合推动碳达峰、碳中和工作，加快乡村能源变革，助推乡村振兴发展。优先支持农村地区发展分布式太阳能，开展整县（市、区）推进屋顶分布式光伏建设，在集约利用土地前提下，大力推广建设“农光互补”“林光互补”“渔光互补”以及建设“盐光互补”“牧光互补”等多模式的光伏+发电项目。实现土地资源最大化利用，科学推进光伏电站建设。

（四）创新驱动：打造智能电网，助力光伏并网

要进一步调动光伏设备制造企业、光伏发电等企业的主观积极性，坚持创新驱动发展，加大光伏发电“卡脖子”技术装备和核心部件攻关力度，提升光伏发电产业链供应链现代化水平，打造自立自强的光伏发电科技完整体系。加快高效光伏组件、光热利用、发电装置防腐蚀等关键核心技术的研发突破，打造一批国家级、省级工程技术研究中心和重点实验室等技术平台，激发光伏领域发展活力。

要加快配电网改造和智能



化升级。基于大数据、物联网、先进信息通信和人工智能技术基础上，加大光伏发电项目的精细化管理和发电量预报等，提升光伏发电效率和电能质量。积极开展光伏与其他能源相结合的多能互补，研发融合光伏发电应用的新一代互联网智能电网、先进的储能和电力电子等技术，降低光伏发电的不稳定性，增强光伏发电与电网融合度，提高光伏发电系统综合利用率，让光伏发电可储可控，可独立组网，最终助力光伏发电成为主力能源。

四、结束语

碳达峰、碳中和的深层次问题是能源问题，要提高光伏发电占一次能源的比重，光伏发电在全国 31 个省份均有分布，对于东部、中部地区来说，光伏发电具有距离电力用电负荷中心近、输送电力成本低、对输送环境的负面影响小、不过多占用土地资源等诸多优势，因此要加快建设以光伏发电为主体的能源体

系，为我国如期实现双碳目标和“两山”转化贡献力量。■

参考文献：

- [1] 郭朝先. 2060 年碳中和引致中国经济系统根本性变革 [J]. 北京工业大学学报. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4558.G.20210428.2036.002.html>.
- [2] 林卫斌. 实现碳达峰与碳中和要注重三个“统筹” [J]. 价格理论与实践, 2021,(1).
- [3] 周淑慧. 碳中和背景下中国“十四五”天然气行业发展 [J]. 天然气工业, 2021,(2).
- [4] 陈浮. 碳中和愿景下煤炭行业发展的危机与应对 [J]. 煤炭学报, <https://doi.org/10.13225/j.cnki.jccs.2021.0368>.
- [5] 邹才能. 新能源在碳中和中的地位与作用 [J]. 石油勘探与开发, 2021,(4).
- [6] 郭永生. 光伏发电产业发展障碍和相关建议 [J]. 价格理论与实践, 2013,(6).
- [7]. 王光凯. 光伏新政下内蒙古地区地面光伏项目发展前景浅析 [J]. 经济师, 2014,(1).

（作者单位：天津市委党校）

责任编辑：张莉莉