

分布式未来：探讨光伏发电对中国能源供应链的影响

张红蓉

大唐环境产业集团股份有限公司

DOI:10.12238/jpm.v4i10.6350

[摘要] 随着全球对环境保护和气候变化的关注度逐渐加强，可再生能源如光伏（PV）太阳能，特别是分布式光伏（DPV），在各国能源供应链中的地位迅速上升。本文探讨了分布式光伏发电在中国能源领域中的变革角色。

[关键词] 光伏发电；分布式光伏；能源供应链结构；

Distributed Future: Discuss the impact of photovoltaic power generation on China's energy supply chain

Hong-rong zhang

(Datang Environmental Industry Group Co., Ltd., Beijing Haidian District 100097)

[Abstract] With the increasing global attention to environmental protection and climate change, renewable energy, such as photovoltaic (PV) solar energy, especially distributed photovoltaic (DPV), has been rapidly increasing in the energy supply chain of various countries. This paper discusses the changing role of distributed photovoltaic power generation in China's energy field.

[Key words] photovoltaic power generation; distributed photovoltaic; energy supply chain structure;

一、前言

近年来，中国光伏发电行业经历了快速发展和技术进步。作为一种分布式能源形式，光伏发电正在改变传统的能源供应链模式，为中国的能源结构带来了新的机遇和挑战。本文旨在从光伏发电行业的发展历程、对光伏发电在中国能源行业中所起的作用、以及分布式光伏对能源供应链的潜在改变等方面展开分析，探讨光伏发电在中国能源转型中的作用和前景。

二、中国光伏发电产业现状

中国的光伏行业在上世纪末和本世纪初起步。中国政府对光伏行业提供了强有力的政策支持，包括财政补贴、产业政策和目标，推动了光伏行业的快速扩张。随着技术的不断进步和成本的下降，中国光伏行业迅速崛起。目前中国光伏产品不仅满足国内市场需求，还远销海外，成为全球领先的光伏产业基地。光伏发电在中国能源结构中占据着越来越重要的地位，作为清洁能源之一，有助于实现能源结构的多元化和清洁化。光伏发电因其清洁环保的特性，成为这一转型中的关键角色。光伏发电的分布式特性有助于提高能源供应的稳定性。在能源供应链中，光伏发电通过分布式系统的建设，减轻了对传统中心化能源供应的依赖，有助于提高整体能源系统的韧性。

技术进步是中国光伏发电行业快速发展的核心驱动力。在光伏领域，中国在晶硅、薄膜、太阳能电池、光伏材料等方面的研发取得了重大突破，不断提高光伏发电效率和可靠性。随

着产量的扩大，中国的光伏发电产业进一步降低了成本。大规模生产使得光伏组件的制造成本不断下降，使太阳能成为了越来越具竞争力的能源选择。中国光伏产业链日趋完善，形成了从硅材料、电池片、组件到系统集成的完整产业链，从而降低了制造成本。供应链的优化和技术进步共同推动了光伏产业的发展。



光伏发电在中国能源结构中的地位日益凸显，作为清洁、可再生能源，它不仅对能源结构和环境具有积极影响，还对经济增长和能源供应的稳定性产生重要影响。中国政府正在持续支持光伏发电行业的发展，以推动国家能源结构的转型和可持续发展。

三、中国能源供应链的现状及其面临的挑战

1、当前中国能源供应链的结构

中国能源供应链结构以传统中心化模式为主导。这一模式主要依赖于大型能源基础设施，如煤炭、石油和天然气发电厂，这些集中式能源生产方式占据主导地位。大部分能源供应仍依赖于化石燃料，尤其是煤炭。煤炭在中国能源结构中扮演着重要角色，占据了主要的能源生产和消耗份额。中国的能源供应链主要由国家电网体系构成，国家电网占据能源输电的核心地位，主导能源从发电厂到消费者的分配和供应。

随着清洁能源技术的不断发展，新能源如风能、水能和太阳能等开始逐渐渗透至中国能源供应链中，光伏发电作为其中的重要部分逐步崭露头角。政府在能源行业中发挥着决定性作用，通过政策引导和监管来规范和管理国家的能源供应，鼓励清洁能源的应用和发展。当前，中国能源供应链的结构仍然以传统的中心化模式为主导，但随着新能源技术的不断发展和政策的支持，清洁能源逐渐成为中国能源结构的重要组成部分。在这一变革的过程中，光伏发电作为分布式清洁能源形式，逐渐改变着中国能源供应链的结构和格局。

2、传统能源供应模式存在的问题和挑战

传统中心化能源供应模式主要依赖于化石燃料，其燃烧会释放大量的二氧化碳等温室气体，对环境产生污染，加剧气候变化。能源供应链的单一性和依赖传统能源，如煤炭和石油，使中国在能源安全方面存在挑战。国际能源市场波动、地缘政治影响等可能对能源供应产生影响，导致目前能源工艺连存在着能源供应的单一性和脆弱性。

这些问题对中国能源行业的可持续发展和环境保护提出了重要挑战，也为发展清洁能源提出了迫切需求。在这种背景下，分布式清洁能源，如光伏发电，具有巨大的潜力来应对传统模式的局限性。分布式清洁能源如光伏发电在融入传统能源供应链中遇到挑战，包括接入电网难题、技术标准、政策支持等问题。这些挑战和漏洞突显了中国能源供应链结构中的问题，对能源供应链的可持续性、环境影响和能源安全构成了重要挑战。解决这些问题需要政府、产业界和科研机构共同努力，加强技术创新和清洁能源的发展，以推动能源供应链的改善和转型。

四、分布式光伏的潜在影响

1、分布式光伏的特点：

地点分散：分布式光伏系统不局限于集中式太阳能发电站，而是分布在各个地点，包括屋顶、地面、工业用地等多样场所。这种分散布局有利于更广泛地利用可利用空间，避免了单一集中式发电站对土地的大面积占用。

近距离接近用户：分布式光伏系统通常安装在能源消费者附近，能够更直接地为当地用户提供清洁能源。这有助于减少能源输送损失，提高能源利用效率。

系统规模灵活：分布式光伏可以根据需求规模灵活扩展或收缩。从小型的家庭系统到大型的商业或工业系统，其规模和容量可以根据实际需求进行调整。

整合性与互联网技术：分布式光伏系统常常与智能电网和互联网技术相结合，具备监控、数据分析和运营管理能力。这种整合性有助于实现智能化的能源管理，提高系统的可靠性和效率。

可再生性和环保特性：分布式光伏作为可再生能源形式，具有清洁、零排放的特点，有利于减少对环境的影响，降低碳排放和污染。

2、分布式光伏在能源供应链中的潜在优势

增强供应链韧性：传统中心化能源结构主要依赖于大型发电站集中供能，而分布式光伏将能源生产地点分散到消费者附近，改变了供应链的中心化模式。分布式光伏系统将能源生产分散到多个地点，有助于提高供应链的韧性。这样的分散性设计降低了对单一供应点的依赖，减少了某一区域出现故障或灾难时整个系统停摆的风险。

提高可靠性和稳定性：传统模式下，能源生产由少数大型发电厂掌控，而分布式光伏使得能源生产变得更为分散化和多元化，每个光伏系统都能够为附近的需求提供能源，使能源生产更接近能源消费者，提高了能源供应的可靠性和稳定性。即使在某些地区或点出现问题时，整体能源供应也不会过于受影响。

降低输电损耗：传统能源结构依赖长距离输电，而分布式光伏系统减少了对输电的依赖，减少了输电损耗，降低了对大规模输电线路的需求。相对于中心化发电站，减少了长距离输电的损耗，提高了能源传输的效率。

促进能源可持续性：传统能源结构主要依赖于化石燃料，而分布式光伏是一种清洁、可再生的能源形式，推动了能源结构向更为清洁和可持续的方向转变。作为可再生能源的一种，光伏发电系统的分布式布局有助于减少碳排放，改善环境，提高能源的可持续性。

分布式光伏系统在中国的能源供应链中具有提高供应链韧性、减少输电损耗、增加能源供应的稳定性和可靠性等潜在优势，为能源结构的改善和提升带来积极影响。同时，分布式光伏的影响是多维度的，涉及技术、经济、社会和环境等各个方面，促进了能源结构的转型、产业的升级和经济的增长，同时也为环境保护和社会可持续发展带来了积极影响。

五、产业链调整与经济效益

1、分布式光伏对能源产业链的影响

供应链结构调整：传统能源供应链主要集中在大型发电厂，而分布式光伏系统将能源生产地点分散到消费者附近，改变了生产模式。

多元化供能：光伏发电系统的分散布局使得能源生产更多元化，不再依赖于单一供能点，提高了供能的多元性。

多元竞争：分布式光伏加入了更多的参与者，例如普通居民、企业等，增加了市场的多元竞争，促进了更健康的市场竞争环境。

新业态出现：光伏产业链的调整催生了新的服务业态，例

如光伏设备安装、维护、智能化服务等，为市场增添了新的经济增长点。

清洁能源推广：推动了清洁能源的应用和普及，促进了能源消费模式的改变，转向更清洁、可持续的方向。

智能化管理需求：分布式光伏系统需要更智能化的管理和监控技术，推动了管理技术的创新和应用。

电网升级和改造：光伏的分散布局需要智能电网和输电系统的改造升级，以更好地接纳和管理分布式能源。

分布式光伏的应用改变了整个能源产业链的结构和模式，从供应链结构、市场机制、用户角色到技术要求，都带来了深刻的调整 and 变化。这些调整和影响在能源产业链的各个环节产生了全面性的影响，推动了整个能源产业链向更为多元化、清洁和可持续的方向转变。

2、分布式光伏的经济效益和可持续发展优势

减少碳排放：光伏系统是一种清洁能源，可降低碳排放并减缓气候变化，对环境友好。分布式光伏的发展促进了中国能源结构的转型，推动了清洁能源的应用，有助于减缓气候变化和降低对化石燃料的依赖。

可再生性：太阳能是可再生资源，通过分布式光伏系统收集的太阳能具有不竭的来源。

地方发展推动：分布式光伏推动了当地清洁能源的利用，促进了可持续发展和地方经济的增长。

分散风险：分布式光伏系统的分散布局减少了对单一能源供应的依赖，降低了整个能源系统的风险。

应急响应：在紧急情况下，分布式光伏系统可以快速投入使用，为当地提供能源支持。

促进产业链发展：光伏产业链的发展刺激了光伏设备、材料、组件制造等相关产业链的发展，推动了产业结构升级和经济增长。

总的来说，分布式光伏的经济效益和可持续发展优势体现在降低能源成本、刺激经济增长、推动清洁能源应用、提高能源安全性和促进技术创新等多个方面。这些优势共同推动了分布式光伏系统的应用和普及，为可持续发展和清洁能源转型提供了新的增长动力和方向。

六、挑战与未来展望

1. 分析分布式光伏在能源供应链中可能面临的挑战

电网适应性不足，传统电网可能无法有效整合大量分布式光伏系统产生的电力，导致输电、储能和管理方面的问题。分布式光伏系统的技术标准和一致性可能存在差异，这可能影响系统的集成和运行，也增加了相关管理难度。光伏发电的不稳定性可能导致电力供应的不确定性，天气、日照等因素影响发电量，需要寻找储能和备用能源作为补充。分布式系统的数量众多，如何有效地监控和管理这些系统、及时发现和解决问题是一个挑战。大规模的分布式光伏系统需要大量土地和资源，可能引发对土地利用和环境保护的争议。1. 经济性挑战：

很多国家和地区曾为光伏项目提供了丰厚的补贴，但随着

技术的成熟和市场的扩大，这些补贴逐渐减少，这对项目的经济性造成了挑战。尽管光伏组件的价格已经大幅下降，但为了确保项目的投资回报，仍需要进一步降低系统的总体安装和运营成本。与其他可再生能源技术和传统的化石燃料电源相比，分布式光伏必须提供具有竞争力的电价

应对这些挑战需要综合考虑技术、政策、经济和社会等多个方面，如优化技术标准、加强监管政策、推动储能技术的发展和改进电网设施等，以促进分布式光伏在能源供应链中更加稳定和可持续的应用。

2. 分布式光伏发展的趋势和前景展望如下：

发展更成熟的储能技术，解决间歇性发电带来的问题，使分布式光伏系统更稳定。光伏发电是间歇性的，受到日照、天气等因素的影响。储能技术能够在日照充足时储存多余的电能，并在日照不足或没有日照的时候释放，从而提供稳定的电力输出。储能系统可以提供频率调节、需求响应和峰值削减等辅助服务，有助于保持电网的稳定运行。在电网发生故障时，储能系统还可以为关键设备提供紧急备用电源。储能技术可以将电价低时生产的过剩电力储存起来，在电价高的时段释放，从而优化电力销售策略，提高经济收益。在偏远地区或岛屿等地方，分布式光伏发电结合储能技术可以构建独立的微电网，为当地居民提供可靠的电力供应。有了储能技术的支持，分布式光伏发电系统可以减少对化石燃料电源的依赖，从而降低碳排放和环境污染。促进电动车和光伏发电的整合：

电动车的电池可以作为分布式储能设备，与光伏发电系统整合，形成 V2G (Vehicle-to-Grid) 解决方案，为电网提供更多的柔性。

电网升级与智能化：为适应分布式光伏的接入，电网将迎来升级和智能化的发展，提高系统的稳定性和可靠性。微电网技术对于分布式光伏 (Distributed Photovoltaics, DPV) 的稳定性和可靠性的影响是显著的。分布式光伏系统依赖于太阳辐射来产生电力，但太阳辐射可能因天气条件而发生变化。微电网内的储能系统 (例如电池储能) 可以缓冲这些电力波动，提供连续稳定的电力输出。微电网通常由多种能源资源组成，包括太阳能、风能、柴油发电机等。当某一能源来源出现故障或不可用时，其他能源可以提供备用电力，增强整体系统的可靠性。微电网中的高级管理系统可以实时监控电力供需，并进行智能负荷管理，以确保电力供应始终与需求相匹配。微电网具有隔离功能，可以在主电网出现问题时与其断开，独立运行。此外，其自愈功能可以自动检测、定位并隔离故障，恢复正常部分的电力供应。微电网可以优化各种分布式能源资源的调度，确保光伏系统在最佳状态下运行，并与其他能源资源相互补充。微电网内的电力电子设备可以对电力质量进行管理，如调整电压和频率，确保电力供应稳定。通过高级的数据分析和预测工具，微电网可以提前预测太阳辐射和电力需求的变化，并提前做出调整，确保光伏系统的稳定运行。

总的来说，微电网为分布式光伏系统提供了一个稳定、可

靠的运行环境，确保了电力的连续供应，增强了对不稳定和不可预测因素的应对能力。智能电网和数据分析技术的应用，提高系统的智能化管理水平。数字化平台和智能监测系统的发展，提升分布式光伏系统的运行效率和可靠性。

七、结论：光伏发电对中国能源供应链格局的变革和重要性

随着全球对环境保护和气候变化的关注度逐渐提高，清洁能源、尤其是光伏发电在中国的能源供应链中扮演着越来越重要的角色。近年来，中国政府大力支持光伏产业的发展，使得光伏发电已经成为中国能源转型的重要组成部分。

过去，中国的能源供应链主要依赖于煤炭、油气等化石燃料。而现在，光伏和其他可再生能源正在逐步替代这些传统能源，从而使能源供应链更加绿色、可持续。光伏技术的持续进步和规模化生产带动了成本的快速降低，使得光伏发电在很多地区已经成为最具经济效益的能源选择。随着光伏产业的蓬勃发展，为中国创造了大量的就业机会，同时也拉动了相关产业链的发展。光伏发电作为国内的能源来源，可以降低对外部能源的依赖，增强国家的能源安全。通过大力发展光伏发电，中

国在全球气候变化治理中发挥了重要作用，为实现全球碳中和目标做出了积极贡献。

光伏发电不仅是中国能源供应链变革的象征，更是国家在追求可持续发展、响应全球气候挑战中的明确选择。它对于提高能源安全、促进经济增长、保护环境都具有深远的意义。面对 21 世纪的多重挑战，选择和支持清洁、可再生的能源已经不再是一个简单的选项，而是一个必然的趋势。光伏发电为中国、乃至全球的可持续发展提供了宝贵的机会和无限的可能。

[参考文献]

[1]《中国可再生能源发展报告 2022》水利水电规划设计总院。

[2]World Energy Outlook 2023, <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>

[3]欧洲专利局 (EPO) 和国际能源署 (IEA) 联合发布《专利与能源转型：清洁能源技术创新全球趋势》(Patents and the energy transition: global trends in clean energy technology innovation)