

中国分布式光伏 高质量发展

探讨山东省和江苏省的先锋作用



专家荐语

张晓斌，山东省太阳能行业协会常务副会长兼秘书长

推动中国能源革命是应对全球能源全新发展格局、保障国家能源体系安全性的重要举措，对中国重塑能源格局，共筑绿色、高效、持续的能源体系具有深刻的实际意义。

其中，分布式光伏是最贴近我们生活的一种可再生能源，是能源革命、能源转型的核心要素之一。文章从多维度、多角度阐述了当前分布式光伏发展现状及痛点，以及结合山东、江苏两大应用市场的推动模式，给出了未来发展分布式光伏的一些建议。涵盖的方向内容全而不空，涉及的问题细而不虚，有极高的推动作用。对各级能源主管部门及电网，以及一些金融机构有很强的借鉴意义。对广大光伏企业及从业人员来说，更像是分布式光伏的百科全书，能让很多企业转变思路，也可以让更多跨界进入该领域的少走弯路。

一个行业的健康有序发展，需要有系统完善的政策指引，需要有先进技术及模式推动，需要有金融工具的有力支持，需要有行业机构的调研分析，需要有专家学者的建言献策。分布式光伏走到今天，经历多次的政策调整及峰口的来临，当前的行业瓶颈期也只是破茧成蝶的又一次重启。把握好时机，相信分布式光伏会一直陪伴我们这一代人的成长，会见证能源革命的顺利转型！

孙文健，江苏省工程咨询中心能源处项目经理，江苏省可再生能源行业协会光伏专委会副主任

《中国分布式光伏高质量发展研究报告》不仅是分布式光伏行业历史进程的编年通史，亦是一幅细腻描绘当前行业生态的显微画卷，同时，它还是一枚精准指向新型能源体系构建与可持续发展浪潮中行业未来走向的风向标。

本报告不仅聚焦于技术革新的日新月异、政策导向的灵活调整以及行业规模的迅猛增长，更深入挖掘了分布式光伏发展的内在动力机制，以及其在未来道路上即将遭遇的新机遇与严峻挑战。通过深度剖析国内如山东、江苏两个标杆省份的实践经验，报告全方位展现了不同地域分布式光伏发展的卓越成就与独特挑战，为行业提供了宝贵的实践案例与开发策略的风险提示。这份报告不仅构建了分布式光伏高质量发展的理论研究基础，还针对性地提出了开发导向与政策建议，兼具深远的理论探索价值与迫切的现实指导意义。

马丽芳，中国循环经济协会可再生能源专业委员会政策研究部主管

绿色低碳转型是当下能源行业和社会经济发展的重要议题，分布式光伏具备因地制宜、清洁高效的特征，可以有效提高能源利用效率、减少传统能源使用，对促进全社会的绿色可持续发展具有深远意义。

在过去的十余年中，中国分布式光伏经历了从政策扶持到市场化驱动的转变，实现了规模的爆发式增长，也涌现出了多种创新的开发利用模式。如何更好地总结过往经验，为未来发展提出参考和思考成为了当下处于新时期发展背景下的分布式光伏非常重要的研究内容。本报告正是紧扣这一议题，深入剖析了“户用为主-整村开发”的“山东模式”和工商业为主的“江苏模式”这两个先锋地区的发展经验，既具有典范的代表性，也可对其他省份产生示范借鉴效应。报告最终进一步针对分布式光伏并网消纳、参与市场化交易、运营模式创新等关键领域提出了展望及建议，在理论研究和实践操作方面展现出了专业性和前瞻性。

站在市场化发展的十字路口，中国分布式光伏又一次迎来了发展的关键节点，希望此份报告能对促进中国分布式光伏行业未来可持续高质量发展发挥出更大作用。

吴俊宏，中国能源研究会配售电研究中心副主任

分布式光伏经过过去几年的井喷式发展，已经遇上了消纳不足、接入受限、电价波动等瓶颈问题。如何与配电网协同高质量发展，如何更有效服务于社会经济，是未来分布式光伏发展需要思考的重要问题。

报告正是基于中国分布式光伏当下的发展形势，通过实地调研、案例研究、专家讨论等多种方式，研究分析了中国分布式光伏过去的成效与当下的困境，展望了中国未来分布式光伏的发展趋势和重点任务。报告为当下分布式光伏陷入的消纳、接入、经济等困境提出了合适的解决思路，对于行业主管部门以及投资、运营等各方参与者均具有重要的参考价值。

在成本快速下降和统一电力市场要求的背景下，分布式光伏必须走出偏向性政策呵护的襁褓。正如报告所说，未来中国分布式光伏将在新型电力系统建设的总体要求下，通过技术创新和商业模式创新实现更进一步的蓬勃发展。

作者团队

北京工业大学：相楠；祝胜来；李圣楠；黄杰一雄；洪之涵；任思绮

绿色和平：高雨禾；何婧；郭诗语；张凯；王昕楠

致谢

此外，感谢能源电力及光伏行业专家蒋莉萍、马丽芳、张晓斌、孙文健、吴俊宏、徐峰、王植平、刘巍、满震、王勇、尹春日、赵尤成、蒋杏国、程明、王冲、王林、潘磊、张鹏对本次报告给予的宝贵建议。

同时，感谢绿色和平谢雯雯、雍容、孙一丹、李星宇对本次报告的大力支持。

免责声明

本报告作科学研究、环保公益和信息分享目的使用，不作为公众及任何第三方投资或决策的参考，不承担因此而引发的相关责任。

本报告为课题组基于实地调研和各种公开信息研究产出的成果。由于信息获取渠道的局限性，不对报告中所含涉信息的及时性、准确性和完整性作担保。

目 录

1. 中国分布式光伏发展现状.....	1
1.1 中国分布式光伏的发展成就.....	1
1.2 中国分布式光伏高质量发展挑战.....	1
2. 山东省和江苏省分布式光伏高质量发展的先锋作用研究	5
2.1 山东省和江苏省案例的选取意义.....	5
2.2 山东省分布式光伏高质量发展研究.....	5
2.2.1 山东省分布式光伏发展现状和特点.....	5
2.2.2 分布式光伏助力乡村振兴——户用分布式光伏的开发模式分析.....	9
2.2.3 山东省分布式光伏高质量发展的核心挑战.....	13
2.2.4 山东省分布式光伏高质量发展的主要任务.....	15
2.3 江苏省分布式光伏高质量发展研究.....	17
2.3.1 江苏省分布式光伏发展现状和特点.....	17
2.3.2 分布式光伏助力企业低碳转型——工商业分布式光伏的开发模式分析.....	20
2.3.3 江苏省分布式光伏高质量发展的核心挑战.....	25
2.3.4 江苏省分布式光伏高质量发展的主要任务.....	26
2.4 “山东模式”和“江苏模式”的比较分析.....	27
3. 中国分布式光伏高质量发展展望和建议	30
3.1 中国分布式光伏高质量发展展望.....	30
3.2 中国分布式光伏高质量发展的政策建议.....	32
参考文献	35

摘要

近年来，中国分布式光伏发展迅猛，累计并网容量持续上升，正在成为中国能源结构转型和构建新型电力系统的主力军。分布式光伏一方面推动农村清洁能源转型，改善人居环境，另一方面依托政策引领，为乡村振兴注入源源不断的强劲动力。截至 2024 年上半年，中国光伏发电累计并网容量达 71293.0 万千瓦，其中户用分布式光伏为 13184.0 万千瓦^[1]。中国农村地区户用分布式光伏累计安装户数超过 500 万，带动有效投资超过 5000 亿元，已成为农村地区可再生能源发展的重要动力源^[2]。

在如火如荼的发展潮流下，分布式光伏行业也迎来一系列高质量发展挑战，如分布式光伏并网需求与配电网内承载、消纳能力的矛盾愈发凸显、“源网荷储”一体化建设中的诸多基础性问题尚未厘清、分布式光伏“入市”的收益风险挫伤市场积极性等问题。

报告基于对山东省和江苏省的实地调研，结合书面材料，选取典型分布式光伏项目和企业案例，构建一套关于中国分布式光伏高质量发展的研究框架。报告凝练中国具有代表性的两种分布式光伏发展模式，即以“户用为主-整村开发-集中汇流-全额上网”为特征的“山东模式”和以“工商业为主-自发自用-余电上网”为特征的“江苏模式”，并深入剖析不同模式驱动下的两省分布式光伏发展的挑战和未来主要任务。山东省和江苏省在技术探索、市场融合、政策互鉴等多个维度呈现出均衡发展特点，双方的地理相邻和电网互联使这一互动模式具有整体的区域带动性和示范性。“山东模式”和“江苏模式”各有所长，也均面临着各自难题，如何化解这些挑战和实现经验互鉴是两省分布式光伏高质量发展的重要内容，也对全国其他省市具有重要的借鉴意义。

聚焦山东省，报告指出目前以户用为代表的山东省分布式光伏高质量发展面临着四大主要挑战。第一，“整村开发”模式下，政策目标和省内分布式光伏发展的实际情况未完全匹配。一方面，现行政策中“五四三二”的配比目标要求未充分考虑电网实际消纳能力，导致实施难度很大，同时因为配网端的改造不及新能源的发展速度，造成多地出现消纳“红区”。另一方面，山东省户用光伏的建设标准尚未统一，户用光伏市场竞争趋于白热化，部分县镇政策鼓励“一企包一县”的现象仍然存在，市场失衡问题显著。第二，山东省农村户

用光伏应用场景单一，乡村用电负荷与光伏发电量不匹配矛盾突出，基本为“集中汇流，全额上网”模式，未实现就地消纳，导致并网消纳问题长期突出。第三，当前配建储能机制不健全，受山东省“一充一放”模式和配置储能成本等影响，分布式光伏项目配置储能的经济性较差和意愿较低，亟需加强与分布式光伏的协同发展。第四，分布式光伏“入市”前景不明，随着分布式光伏“全额保障性收购”时代的终结，以民营企业为代表的广大光伏企业如何参与电力市场，保障自身收益将成为全新挑战。

基于山东省分布式光伏面临的突出问题和挑战，报告建议山东省未来聚焦以下三个重点任务：

第一，持续发挥分布式光伏助力乡村能源转型与乡村振兴的“模范作用”。近年来，中央和山东省相继出台一系列发挥分布式光伏助力乡村振兴作用的政策，这些政策保持着高度的延续性，不仅有助于加快山东省乡村清洁能源革命和低碳转型，更有助于促使分布式光伏成为助力农民增收和新农村发展的有力抓手。未来山东省应持续发挥分布式光伏助力乡镇居民增收创收的重要作用，为乡村振兴提供配套的能源系统条件，将满足分布式光伏并网需求作为巩固提升农村电网、强化农村能源保障的重点工作。

第二，山东省需要充分发挥新型储能在分布式光伏系统消纳和平衡中的作用，尤其是负荷侧及网侧配置储能与分布式光伏发展的协同作用。通过实地调研，课题组发现山东省分布式光伏配储存在广阔的发展空间，其中集中汇流配储将是未来山东省的主要任务。未来用户侧储能的发展将以光伏储能一体化为主要形式，网侧储能发展则以共享为核心要求，统一接受电网调度。

第三，进一步提高配电网对分布式光伏的承载力和电网的灵活性。2024年2月，山东省发展和改革委员会、山东省能源局印发的《全省能源绿色低碳转型试点实施方案》重点任务提出，提高配电网接纳新能源和多元化负荷的承载力和灵活性，推动电网适应大规模集中式新能源和量大面广的分布式能源发展。探索发展智能微电网，提高消纳新能源能力。针对海量380/220V的分布式光伏，需要根据配网有源化、多元化的特征，结合分布式光伏实际增长情况、因地制宜建设与分布式光伏相适应的配网感知能力，构建一体化的分布式光伏功率预测模型，提升其预测能力。此外，山东省将启动专项配电网规划工作，将分布式光伏开发规模和布局作为规划重要边界条件予以明确，根据分布式光伏发展

现状、资源情况、负荷水平和电网承载力等，组织编制建设改造实施方案，有针对性的做好分布式光伏项目的接网消纳方案。

聚焦江苏省，报告指出以工商业为代表的江苏省分布式光伏面临着三大核心挑战。第一，由于消纳压力、成本上涨、屋顶光伏产权法律归属不清、分时电价中的谷段用电量大涨等一系列问题导致江苏省工商业分布式光伏项目收益存在不确定风险，一定程度上制约其未来规模化发展。第二，整村开发机制欠缺，户用分布式光伏发展潜力尚未充分挖掘。一方面户用分布式光伏开发主要集中在农村地区，通常一村存在多家开发安装企业，缺乏统一管理机制。另一方面，户用分布式光伏通常采用低压并网模式，不便于电网进行统一调度指挥，对电网存在一定冲击。同时，苏北地区部分城市分布式光伏电网规模容量趋于饱和，相比之下，针对苏州市等电力系统接入能力较高、投资成本接受度较高的苏南地区城市，提高当地民众对开发模式的认可度和开发意愿至关重要。第三，分布式光伏市场化交易带来更多不确定性。江苏省正在探索分布式光伏入市交易，目前交易量尚不活跃，作为交易主体的负荷聚合商正处于起步阶段，其大规模参与市场化交易仍存在一定议价压力和专业性挑战，企业也存在一定收入风险。

为缓解江苏省分布式光伏高质量发展面临的突出挑战，报告提出以下三个重点任务：

第一，江苏省需要确立更加雄心的分布式光伏发展目标，尤其需要探索行之有效的户用光伏规模化开发模式，以最大化利用工商业和户用光伏的屋顶资源，促使分布式光伏装机规模的进一步扩张。江苏省光伏资源充足，可接入电网充分，从“十四五”到“十五五”前中期仍是分布式光伏加速发展的“窗口期”。2024年8月，江苏省发布《关于高质量做好全省分布式光伏接网消纳的通知》，提出到2025年分布式光伏接网能力将扩容至5000万千瓦以上，表明无论户用光伏或工商业光伏均具有较大的开发潜力。此外，江苏省鼓励分布式光伏投资企业开展“整村连片”的规模化开发，意味着行之有效的“山东模式”也将在江苏省扎根发芽。

第二，未雨绸缪加快配电网升级改造，逐步探索“风光打捆”送电模式。

《关于高质量做好全省分布式光伏接网消纳的通知》同时要求江苏省电网加快配电网升级改造，积极适应大规模分布式光伏快速发展的新形势。配电网高质

量发展不仅要解决供电安全可靠性的问题，更是要解决大量分布式光伏、虚拟电厂、微电网等新兴业态接入和友好互动的问题。配电网改造升级带来的投资成本上升将转嫁到用户的输配电价中，这也对分布式光伏发展提出新要求，要通过技术创新、模式创新主动适应未来的新型电力系统发展目标。与此同时，随着未来江苏省逐步放开分散式风电并网，“风光打捆”的送电方式将得到进一步探索，通过升级原有升压站或新建升压站，将原来难以送出的分布式光伏同风电打捆送出。

第三，园区智能微电网和虚拟电厂共同助力“源网荷储一体化”建设。江苏省的园区微电网建设处于全国领先水平，发展智能微电网成为业界共识。在欧盟“碳边境调节机制”实施背景下，外向型企业的绿电需求高速增长，而微电网建设有利于园区稳定使用绿电，未来如何在园区层面设立智能微电网，统筹协调园区内企业屋顶光伏电力调度将成为重点内容。同时，虚拟电厂作为代理售电和响应电网方面的主体，将深入参与到源网荷储一体化建设的重要环节，更具智能化和实时性地实现需求侧响应。随着电力市场化改革进程加快，虚拟电厂将纳入电力市场经营主体。2024年9月18日，江苏省电力交易中心有限公司印发《关于开展江苏分布式新能源聚合参与省内绿电市场交易试点入市相关工作的通知》标志着绿电聚合交易模式发展逐渐起步，“源网荷储一体化”建设步入新阶段。

“十四五”后期到“十五五”中期仍然是分布式光伏发展的关键“机遇期”，面向全国，报告提出中国未来分布式光伏高质量发展的几个重要趋势。

第一，分布式光伏的高质量发展已经成为推进农村能源革命的重要抓手，户用分布式光伏作为促进农民增收的有效手段，未来将进一步推动乡村振兴迈向新台阶。一方面乡村振兴需要分布式光伏与电网一同构建更加安全稳定和清洁高效的电力基础设施；另一方面，乡村振兴推动县域经济迅速发展，也将提升农村用户终端电气化水平，不断提升的农村电力负荷将为未来农村分布式光伏高质量发展创造更多的创新应用场景和消纳条件。

第二，提升配电网支撑保障能力和综合承载能力，服务分布式光伏“四可”功能建设已经成为电网的重点任务。电网部门应加快主配网升级改造，强化电网的可靠性和承载力。一方面，“四可”功能对电网部门加快新型电力基础设施网络建设提出新的要求，另一方面，提升配电网支撑保障能力和综合承载能

力是有效实现分布式光伏“安全并网、有序管理、高效调控、友好互动”的必由之路。从“能接尽接，能并尽并”到“科学、公平限电”再到“高质量发展”，电网部门将对分布式光伏进行广泛深入的摸排和查验工作，有序推进“四可”改造工作，兼顾安全性和全社会合理利用分布式光伏资源的普惠性。

第三，分布式光伏“入市”加快全国统一电力市场建设。光伏“入市”是电力市场化建设的关键问题之一，也是解决消纳问题的关键一环。2023年10月，国家发展改革委办公厅、国家能源局综合司发布《关于进一步加快电力现货市场建设工作的通知》，提出分布式新能源装机占比较高的地区，推动分布式新能源上网电量参与市场，探索参与市场的有效机制。随着各地光伏补贴政策逐步退坡，分布式光伏开发模式从“政策引导”向“市场主导”转变。目前，各地区电力现货市场试点尚处在探索阶段，市场机制与商业模式尚不健全，关于明确入市节点和新老项目划分的呼声尤为高涨。

第四，微电网将为分布式光伏的消纳提供更灵活的应用场景，虚拟电厂将以独立市场主体参与电力市场，以共同助力分布式光伏高质量发展。2024年7月31日《中共中央国务院关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见》提出新型电力系统发展的重要方向，即“加快构建新型电力系统…建设智能电网，加快微电网、虚拟电厂、源网荷储一体化项目建设”。虚拟电厂和微电网是电力系统向智能化、绿色化转型的重要技术手段。微电网由分布式电源、储能装置、能量转换装置和负荷等组成，为局部地区提供灵活、可靠的电力供应解决方案。通过构建更加友好的微电网，能够以专线形式带动分布式光伏就近消纳。虚拟电厂建设在未来电力体系中扮演重要角色，一方面，虚拟电厂有助于平衡电力供需矛盾，实现分布式电源、负荷、储能等协调优化；另一方面，《电力市场运行基本规则》已将虚拟电厂作为新型主体纳入电力市场经营主体。

最后，报告对中国分布式光伏高质量发展提出如下几点建议：

第一，电网方面应积极回应分布式光伏并网需求，加大力度实施对主配电网的升级改造，因地制宜与各方协商化解消纳难题。针对分布式光伏并网规模快速增长造成电网可开放容量不足等问题，应加强电网基础设施建设，加快推进配套电网规划、改造和建设，提升电网承载力和灵活性，扩大电网可接入容量，切实保障分布式光伏并网需求。各地电网应启动专项配电网规划工作，将分布式光伏开发规模和布局作为规划重要边界条件予以明确，根据分布式光

伏的发展现状、资源情况、负荷水平和电网承载力等，组织编制建设改造实施方案，有针对性地做好分布式光伏项目的接网消纳方案。电网企业应秉承开放包容的心态接受多元社会主体参与责任分担，在顶层设计和各方共识的基础上，推动社会资本更好地参与构建新型电力系统，引导电源侧、电网侧、负荷侧和独立储能等主动作为，实现科学健康发展，促进分布式光伏发电就近、高效消纳。

第二，深化电力体制改革，建立有利于分布式光伏商业模式创新的市场交易环境。进一步鼓励消纳可再生能源为主的增量配电网、微电网、源网荷储一体化项目等新型经营主体的发展，保障该类业态公平公正参与电力市场。完善分布式光伏参与市场化的电价机制，通过绿电和绿证交易，确保其获得环境属性价值。探索和优化分布式光伏市场化交易中的输配电价机制，促进分布式发电就近消纳。省电力交易中心定期组织分布式光伏发电企业常态化参与省内电力市场绿电交易，鼓励分布式光伏的光储直柔、源网荷储、虚拟电厂、多能互补等聚合模式，参与绿电交易。鼓励分布式光伏项目单位、电力用户和电网企业签订三方供电用电合同，通过虚拟电厂等聚合方式构建分布式发电市场交易平台，实现多方共赢。

第三，进一步发挥新型储能在分布式光伏系统中的消纳和平衡作用。无论是电源侧、电网侧和用户侧等场景，还是“集中汇流+储能”等不同模式，各地配置储能需要因地制宜探索符合当地需求的技术路线，尤其注重在负荷侧和电网侧配置储能以助力分布式光伏的就地消纳和协同发展。能源局和发改委等有关部门应尽快出台完善针对分布式光伏配置储能的实施规范和适配标准，并明确各级主管部门的监管责任以加快储能市场化模式的落地实践。

第四，大力发挥分布式光伏与储能、新能源汽车等在推动全面乡村振兴中的协同增效作用。面对当前农村绿电负荷缺乏、光伏消纳场景单一等问题，政府部门应积极推动分布式光伏与储能、新能源汽车等产业的融合发展，为分布式光伏在农村地区发展提供更多就地消纳和应用场景。地方能源局和发改委等部门应积极统筹“新能源汽车下乡”和“千家万户沐光行动”在推动乡村能源革命中的战略协同，发挥分布式光伏与储能、新能源汽车等产业联动作用，加快农村电网的升级改造和村镇充换电设施建设，因地制宜推广“光储充”一体化试点，以推广分布式光伏发电实现“自发自用”和就地消纳，真正有效赋能

乡村能源转型，创造县域经济绿色增长新动能，为巩固扶贫成果和实现共同富裕创造更多绿色价值。

1. 中国分布式光伏发展现状

1.1 中国分布式光伏的发展成就

过去十余年间，中国光伏发展取得显著成就，光伏累计并网容量从 2013 年的 1745.0 万千瓦上升至 2023 年的 60891.8 万千瓦，增长超三十倍^{[3]-[4]}。截至 2023 年，中国光伏累计并网容量约占全球光伏总并网容量的 43.2%^[5]。其中，2023 年中国分布式光伏累计并网容量达 25443.8 万千瓦，占整体光伏累计并网容量的 41.8%^[4]。2024 年上半年中国新增光伏并网容量 10248.0 万千瓦，其中分布式光伏 5288.0 万千瓦，超过集中式光伏电站^[1]。山东省、江苏省、河南省、浙江省和河北省是中国分布式光伏发展的主力军，截至 2024 年上半年分布式光伏累计并网容量占中国整体的 56.6%^[1]，为推动中国分布式光伏建设做出重要贡献。未来中国分布式光伏仍具有广阔的发展前景，根据 IEA 预测，预计 2024 年中国分布式光伏将占全球分布式光伏增长的近一半^[6]。

近年来，随着国家对光伏产业发展的政策支持和光伏发电系统的成本下降，分布式光伏在推动农村清洁能源革命和助力乡村振兴方面发挥着越来越重要的作用。截至 2019 年底，中国光伏扶贫建设任务已经全面完成，累计建成光伏扶贫电站规模 2636.0 万千瓦，惠及 415.0 万户，大概每年可产生发电收益 180.0 亿元。光伏扶贫电站中，村级电站是主体，约有 8.3 万座，覆盖了 9.2 万个村，其中约有 6.0 万个村是建档立卡的贫困村，为缓解贫困做出重要贡献^[7]。2022 年 5 月，国务院办公厅转发国家发改委、能源局《关于促进新时代新能源高质量发展的实施方案》，明确提出促进新能源开发利用与乡村振兴融合发展，支持农民利用自有建筑屋顶建设户用光伏。2023 年 4 月 6 日，国家能源局印发《2023 年能源工作指导意见》，明确指出强化能源建设助力乡村振兴，实施光伏“千家万户沐光行动”，稳步推进整县屋顶分布式光伏开发试点，促进农村用能清洁化。2024 年，“推动分布式能源开发利用”首次被写入《政府工作报告》，也被多个地方列入政府工作重点。

1.2 中国分布式光伏高质量发展挑战

从 2009 年发布的《关于实施金太阳示范工程的通知》开创中国光伏补贴的先河，到 2012 年国家能源局颁布的《太阳能发电发展“十二五”规划》提出要大力推广分布式光伏发电，以及在经历短暂中欧光伏贸易摩擦后，中国的分布

式光伏产业重整旗鼓，在 2013 年步入高速增长阶段。之后，国家对分布式光伏发电实行全电量补贴，成为分布式光伏并网容量激增的重要因素，2013 年国家明确分布式光伏 0.42 元的度电补贴^[8]。2017 年 12 月 22 日，国家发展改革委发布《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）》，规定 2018 年 1 月 1 日以后投运的、采用“自发自用、余量上网”模式的分布式光伏发电项目，全电量度电补贴标准降低 0.05 元，即补贴标准调整为每千瓦时 0.37 元（含税）^[9]。2018 年 6 月 1 日，国家能源局、国家发改委、财政部三部委联合发布《关于 2018 年光伏发电有关事项的通知》，业内俗称“5.31 光伏新政”，规定 2018 年暂不安排普通光伏电站建设规模，并将分布式光伏补贴标准由 0.37 元/千瓦时（含税）下调至 0.32 元/千瓦时（含税）^[10]。尽管分布式光伏的度电补贴下调，但分布式光伏项目仍无规模限制且备案简单。2018 年新增分布式光伏装机容量达到 2096.0 万千瓦^[11]。随着分布式光伏发展逐渐成熟，补贴强度逐渐退坡，2021 年和 2022 年陆续出台政策停止新备案分布式光伏项目的度电补贴，中国工商业分布式光伏和户用分布式光伏实现平价上网。截至 2024 年 6 月，中国分布式光伏累计并网容量达到 30951.0 万千瓦^[1]。

分布式光伏的高速发展进程中也伴随着一系列“成长的烦恼”，电网配套设备的升级改造与光伏发展规模快速增长的不匹配、不同步，导致严重的并网消纳矛盾，以及为解决这一问题带来的一系列技术、市场、政策挑战。

第一，电网建设与分布式光伏规模快速增长的不匹配、不同步矛盾愈发凸显，从而引发部分地区停止分布式光伏项目备案，投资收益受损，新能源开发企业投资积极性降低等问题。中国分布式光伏装机规模的迅速增长与既有的电网配套设施无法匹配，部分地区出现调节能力不足、反送功率受限、电压偏差过大等制约分布式光伏接入的问题。户用分布式光伏存在“时空错配”现象，发电时间与用电时间错位、电站安装位置与用电主力区域不匹配，进一步加剧分布式光伏的消纳难题。2023 年 6 月 1 日，国家能源局综合司发布《关于印发开展分布式光伏接入电网承载力及提升措施评估试点工作的通知》，选择山东省、黑龙江省、河南省、浙江省、广东省、福建省 6 个省份开展试点工作，解决分布式光伏接网受限的难题成为当前分布式光伏发展过程中的重点任务。六省评估报告显示，消纳容量告急的“红区”越来越多，逐渐开始在非试点省份蔓延。2024 年 5 月，国家能源局发布《关于做好新能源消纳工作保障新能源高

质量发展的通知》，对进一步推动新能源消纳提出一系列要求，标志着国家层面已经明确解决分布式光伏消纳问题的紧迫性。

第二，储能作为消纳分布式光伏的重要资源尚无法自主大量建设和发挥重要作用。从经济性来看，储能当前盈利性不高，无论是电网企业还是光伏投资者对分布式储能的投资意愿均相对较低；另外，由于储能的商业模式和市场机制没有充分与分布式光伏消纳挂钩，导致储能运营对于分布式光伏消纳作用有限。

第三，“源网荷储”一体化项目建设中的多方主体权利与责任尚未厘清。目前，源网荷储一体化项目作为涵盖“电源、电网、负荷、储能”的综合性解决方案是化解分布式光伏并网及消纳矛盾的重要手段。2021年2月，国家发改委与国家能源局联合发布《关于推进电力源网荷储一体化和多能互补发展的指导意见》，明确提出“多能互补实施路径”、“推进源网荷储一体化”，强调源网荷储一体化是实现碳达峰的重要支撑。随后，各地方纷纷提出围绕源网荷储一体化的“十四五”规划或建设方案。总体来看，源网荷储一体化处于发展初级阶段，申报模式、商业模式和运营模式等尚在探索中，包括外部电力系统为其提供备用的服务费用如何合理计算、交叉补贴如何处理等诸多基础性问题与权责事项尚未明晰，使得电网公司对该业态的掣肘较大，电网公司对源网荷储一体化项目的态度尚不够积极。另外，与智能微电网、虚拟电厂情况类似，源网荷储一体化项目作为聚合类资源，参与电力市场机制不够完善，运营收益被弱化。

第四，分布式光伏“入市”的收益不确定性挫伤市场积极性。2022年1月，国家发改委、国家能源局印发的《关于加快建设全国统一电力市场体系的指导意见》明确提出“到2030年，新能源全面参与市场交易”。2023年10月，国家发展改革委办公厅、国家能源局综合司发布《关于进一步加快电力现货市场建设工作的通知》，提出分布式新能源装机占比较高的地区，推动分布式新能源上网电量参与市场，探索参与市场的有效机制，说明分布式光伏“入市”已经成为未来的主要发展趋势。现货市场本质是发现合理价格，充分反映市场供需关系，推动分布式光伏“入市”是通过市场化手段来引导和促进消纳的必经之路。随着2024年4月1日《全额保障性收购可再生能源电量监管办法》的实施，分布式光伏发电将参与电力现货市场交易，电网不再对全部分布式光伏所

发电量按照标杆上网电价收购，标志着中国分布式光伏正在迈出脱离全额保障性收购“舒适区”的重要一步。与此同时，对于即将迈入电力现货市场的新能源企业而言，由于分布式光伏出力的波动性和间歇性导致其发电出力曲线难以与用电曲线相匹配，如果在偏差考核的市场要求下，分布式光伏项目成本将出现上升。另一方面，多地调整峰谷分时电价机制，分布式光伏发电出力的高峰时段适逢低谷电价时段，造成发电量收入大幅下降。分布式光伏“入市”意味着将打破固有的投资收益模型，也对分布式光伏的投资方带来新的挑战。在电力供给丰富的高峰段，甚至会出现负电价的现象，例如山东电力现货市场 2022 年共有 176 天全天最低电价小于 0 元/kWh，其中共有 135 天出现-0.08 元/kWh 的最低负电价^[12]，对分布式光伏企业的投资意愿产生一定冲击。

2. 山东省和江苏省分布式光伏高质量发展的先锋作用研究

2.1 山东省和江苏省案例的选取意义

山东省和江苏省是中国分布式光伏发展的排头兵，截至 2024 年上半年，山东省和江苏省分布式光伏累计并网容量分别位居全国第一和第二^[1]，且两省在发展过程中逐步探索出符合自身发展特点的“山东模式”和“江苏模式”。然而，两省也暴露出一系列具有代表性的难题挑战，对全国分布式光伏高质量发展具有重要的参考价值。“户用为主-整村开发”的“山东模式”一定程度上代表北方省份的资源禀赋和发展特点，其面临的并网消纳问题具有高度一致性。近年来，在冀鲁豫的部分市县，配电网台区与线路的承载能力已接近饱和，户用光伏在 380 伏侧接入已无容量可用。以工商业为主的“江苏模式”代表南方经济活跃省份的市场化发展路径，积极探索微电网、虚拟电厂等应用场景。“户用为主-整村开发”的“山东模式”和工商业为主的“江苏模式”也在技术探索、市场融合、政策互鉴等多个维度呈现出彼此结合的均衡发展特点，双方的地理相邻和电网互联使这一互动模式具有整体的区域带动性和示范性。本章重心是以山东省和江苏省作为研究对象，结合书面调研和对山东省、江苏省的实地调研，从光伏发电量、分布式光伏并网容量和相关政策等维度回顾山东省和江苏省的分布式光伏建设成就；从政策引领、开发范式、驱动因素、产业发展等多角度总结山东省和江苏省分布式光伏发展特点；从并网、消纳、储能、入市、开发潜力、投资意愿等多方面识别山东省和江苏省分布式光伏发展困难及挑战。明确分布式光伏发展的未来重点，以期为中国分布式光伏高质量发展提供相关参考和政策建议。

2.2 山东省分布式光伏高质量发展研究

2.2.1 山东省分布式光伏发展现状和特点

分布式光伏已成为带动山东省清洁能源转型、助力山东省实现“双碳”目标的重要抓手。山东省光伏装机量连续七年居全国第一，新型储能规模居全国第一，“十四五”以来，新能源和可再生能源装机、发电量实现三年“双翻番”^[13]。截至 2024 年 6 月底，山东省光伏累计并网容量达到 6353.7 万千瓦，其中分布式光伏累计并网容量达 4576.5 万千瓦^[1]。

首先，山东省分布式光伏发展兼具良好的资源禀赋和政策导向支持。一方面，山东省拥有丰富的光照资源，具备广袤的农村屋顶面积和采光优势，而风电、水能等其他清洁能源的开发条件受环境、政策和成本限制严重，例如水电需要完善移民安置、土地利用和生态保护配套政策等，风电除设备造价高昂外，还涉及土地利用、移民安置、贷款等其他成本。另一方面，截至 2023 年 5 月，山东省拥有 68483 家光伏发电企业，远超排名第二的江苏省 22319 家^[4]，大量的光伏企业、广阔的市场空间和完整的光伏产业链也大大促进分布式光伏发展。在中央和地方政府支持引导下，山东省分布式光伏累计并网容量迎来快速增长。然而，受光伏扶贫、光伏上网电价补贴、整县屋顶分布式光伏规模化开发等政策影响，2017-2023 年其新增并网容量增长波动较大。

表 1 山东省 2017-2023 年分布式光伏新增并网容量（单位：万千瓦）

年份	新增并网容量
2017	352.0
2018	242.0
2019	229.0
2020	525.4
2021	867.0
2022	751.4
2023	1013.0

表格来源：作者自制

数据来源：国家能源局^{[4][11][16][17][18]}

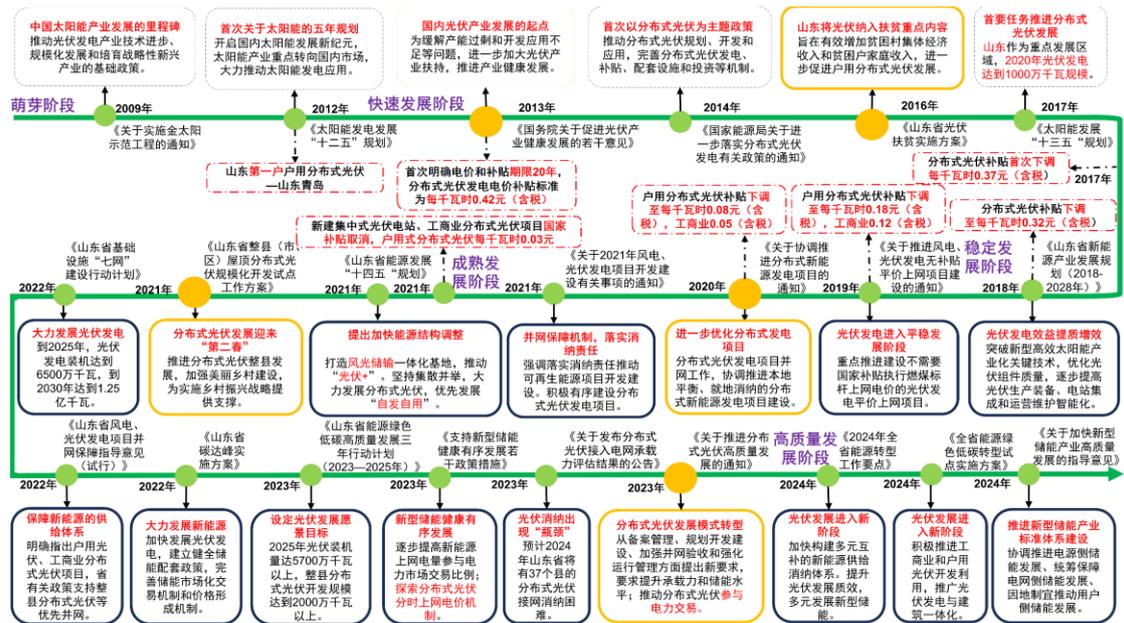


图 1 山东省光伏政策梳理

图片来源：作者自制

其次，“整县规范化”开发模式带动山东省分布式光伏并网容量激增。2021 年国家能源局综合司发布《关于报送整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点方案的通知》，拟在全国开展整县（市、区）推进屋顶分布式光伏开发试点工作。同年山东省发展和改革委员会、能源局等相关部门联合发布《山东省整县（市、区）屋顶分布式光伏规模化开发试点工作实施方案》，要求“十四五”末，全省整县（市、区）分布式光伏规模化开发容量达到 2000 万千瓦以上，50% 以上的试点县（市、区）达到国家规定的试点标准，即党政机关建筑、公共建筑、工商业厂房、农村居民屋顶总面积安装光伏发电比例分别不低于 50%、40%、30%、20%。2030 年底前，试点县（市、区）全部达到国家试点标准，总开发规模达到 3000 万千瓦以上。山东省是中国各省市屋顶分布式光伏规模化开发试点最多的省份，共包含 70 个县（市、区）。其中，潍坊市（9 个）、济南市（7 个）和聊城市（7 个）试点个数最多，其次是鲁南地区和鲁北地区部分地级市，胶东经济圈地级市试点个数较少。整体呈现出“东少西多”的空间分布特征，试点多集中在内陆城市，沿海试点较少，例如威海市和日照市分别包含 0 和 2 个试点。

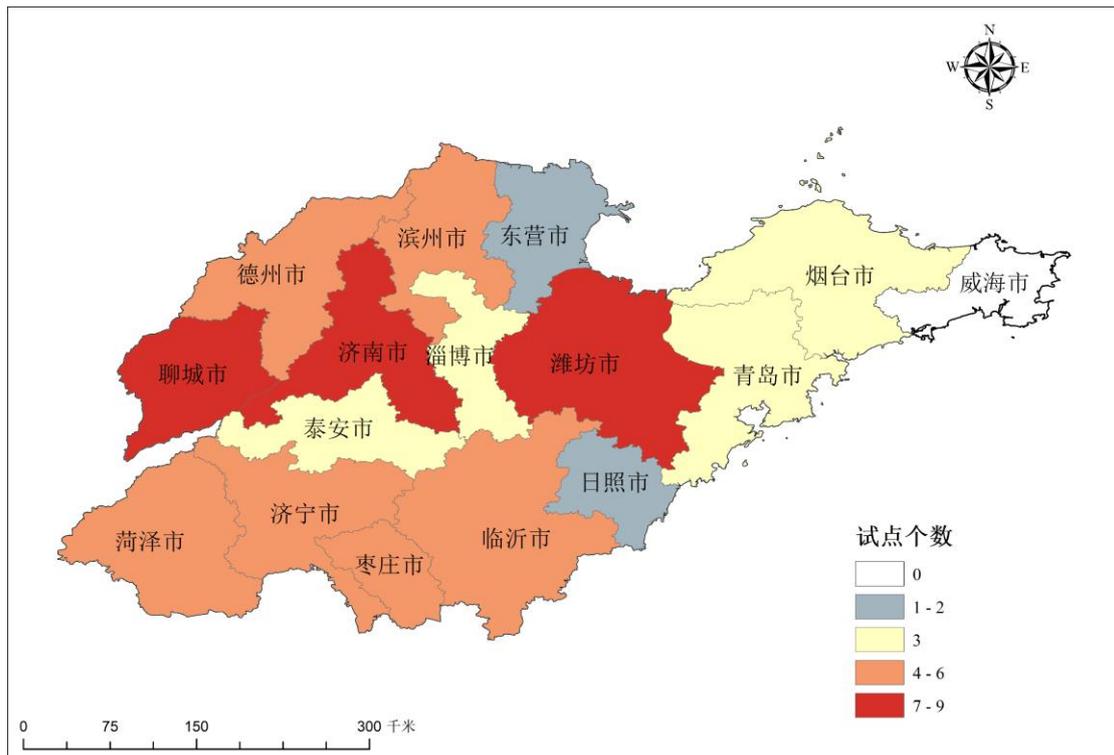


图 2 山东省整县（市、区）屋顶分布式光伏规模化开发试点

图片来源：作者自制

数据来源：山东省能源局^[19]

最后，“户用为主”是山东省分布式光伏发展的主要特点。山东省光伏累计并网容量呈现持续增长趋势，且呈现出“分布式多、集中式少”的并网特征，而分布式光伏又以户用为主。如图 3 所示，山东省分布式光伏累计并网容量呈现出持续上升趋势，受分布式光伏补贴下降等影响，2018-2019 年山东省分布式光伏新增并网容量出现明显下降。截至 2023 年底，山东省户用分布式光伏累计并网容量达到 2560.7 万千瓦，占分布式光伏比重虽有所下降，但仍保持 62.5% 的占比^[4]。

总体而言，山东省光伏发展十分迅猛，已经成为中国光伏累计并网容量最多的省份，其中，分布式光伏是山东省光伏发展的主要形式。

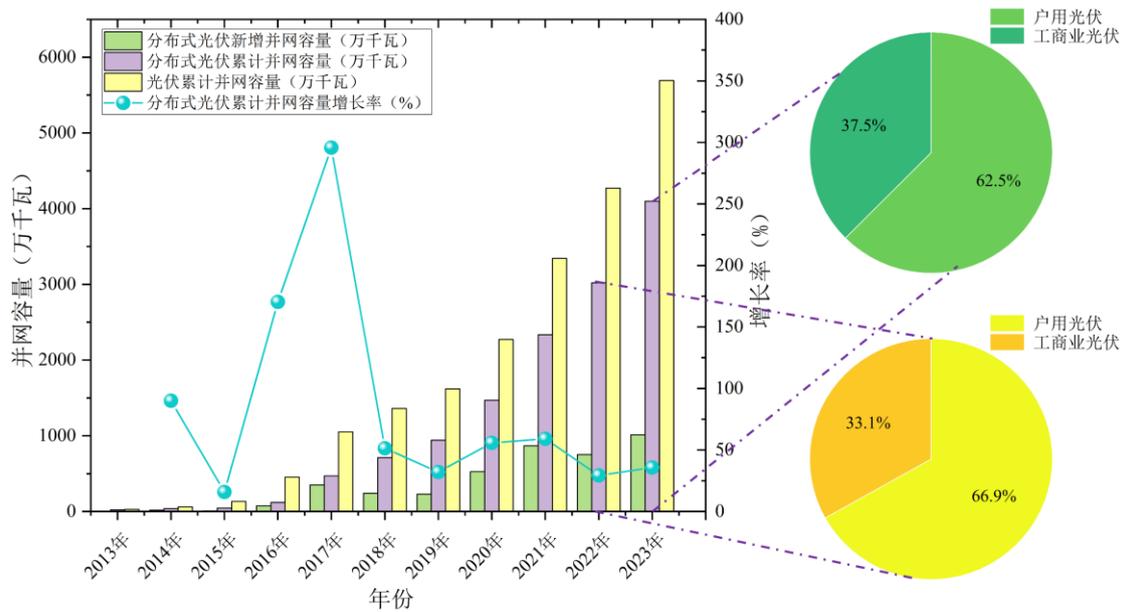


图3 山东省分布式光伏并网容量概况¹

图片来源：作者自制

数据来源：国家能源局^{[3][4][11][16][17][18][20][21]}

2.2.2 分布式光伏助力乡村振兴—户用分布式光伏的开发模式分析

基于山东省户用分布式光伏建设取得的显著成效，项目组实地走访调研山东省典型的户用分布式光伏开发项目及企业，深入剖析其典型的开发范式及特征，以期为中国其他地区户用分布式光伏建设提供一定参考和依据。

一、在投资建设方面，政策引领和国央企发力，户用分布式光伏助力乡村振兴

通过走访调研山东省泰安市、济宁市户用分布式光伏项目的典型案例发现，当前山东省户用分布式光伏主要以整村为单位进行集中开发，由政府牵头、国央企投资，多主体协同共建，共同促进农村能源绿色低碳转型，助力乡村振兴。

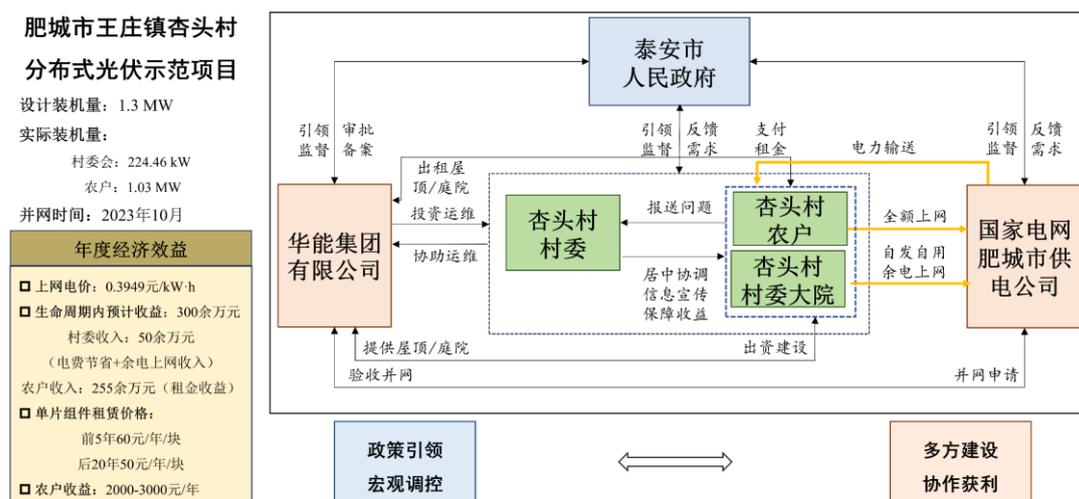
以肥城市王庄镇杏头村分布式光伏示范项目（案例 1）和华能曲阜整县分布式光伏保安村示范项目（案例 2）为例，山东省户用分布式光伏已经形成成熟的开发示范模式。在《山东省整县（市、区）屋顶分布式光伏规模化开发试点工作方案》的引领下，积极开展整县开发试点分布式光伏的推动工作。从政府主体角度看，案例当地政府主管部门均积极响应上级政策，为光伏投资企业

¹ 数据来源：国家能源局，缺失年份数据采用相邻年份数据计算得出，2022 年分布式光伏比例采用 2023 年数据计算。

提供政策引导和支持，同时为基层村集体和农村居民创收。从投资主体看，案例 1 和 2 均为华能集团出资建设，一方面国央企积极响应政策号召布局新能源行业，推动能源低碳发展，另一方面积极承担社会责任，为农村居民增收创收，助力乡村振兴。从安装主体看，农村居民通过出租闲置庭院或屋顶获取收益，衍生出新的增收途径，使老百姓切身享受到能源转型、低碳发展的时代红利。

案例 1 肥城市王庄镇杏头村分布式光伏示范项目

作为王庄镇推进整村光伏建设项目示范村，杏头村光伏项目由华能集团有限公司投资 500 万元建设，拟建设容量 1.3MW，安装户数 33 户，年均发电量为 160 万千瓦时，2023 年 10 月竣工并网发电。项目合同签订年限为 25 年，村民前 5 年每块光伏板补贴 60 元，后 20 年每块光伏板补贴 50 元，预计每户每年可增加 2000-3000 元收入，项目当前未配备储能。预计合同期内，该项目可为杏头村增加经济收入约 300 万余元。



图片来源：作者自制

案例2 华能曲阜整县分布式光伏保安村示范项目

该项目位于山东省曲阜市保安村，为积极响应国家政策，推动创建“美丽乡村”，由华能（曲阜）新能源有限公司投资建设，项目设计安装容量为 4.29MW，包括光伏廊道、光伏庭院、光伏车棚等多种安装场景。为便于电网管理，项目采用整村“集中汇流，高压上网”的并网模式，但该模式投资

较大。该项目签订合同周期为 25 年，预计日满负荷发电大约为 3.5 小时，年累计 1200 小时左右，上网电价为 0.3949 元/kWh。预计村民每户每年可增加 2000-3000 元租赁收入，项目并未配备储能。

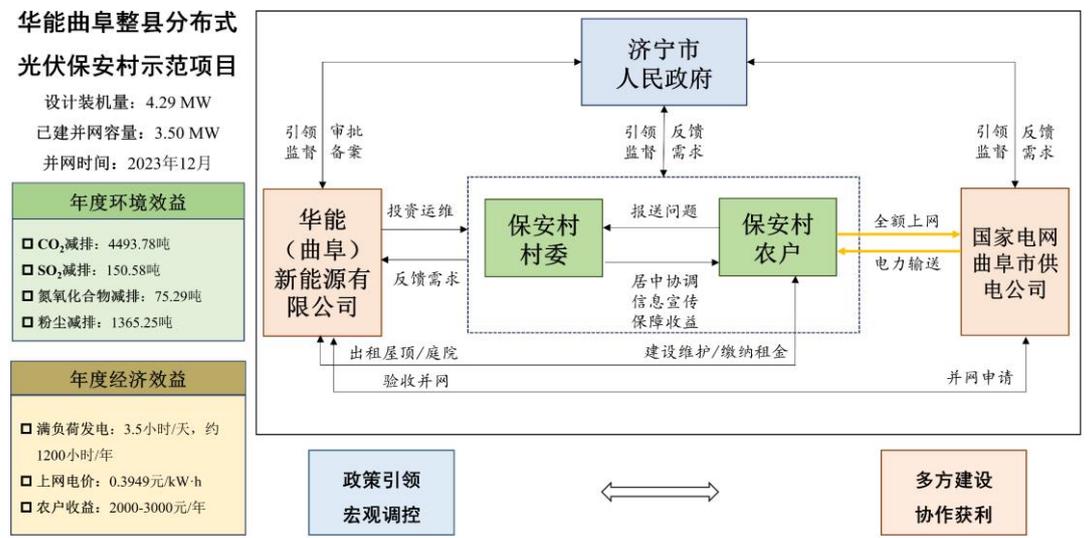


图5 华能曲阜整县分布式光伏保安村示范项目各主体间关系

图片来源：作者自制

二、在系统运作方面，多元主体协同共建，“集中汇流，全额上网”的山东模式渐趋成熟

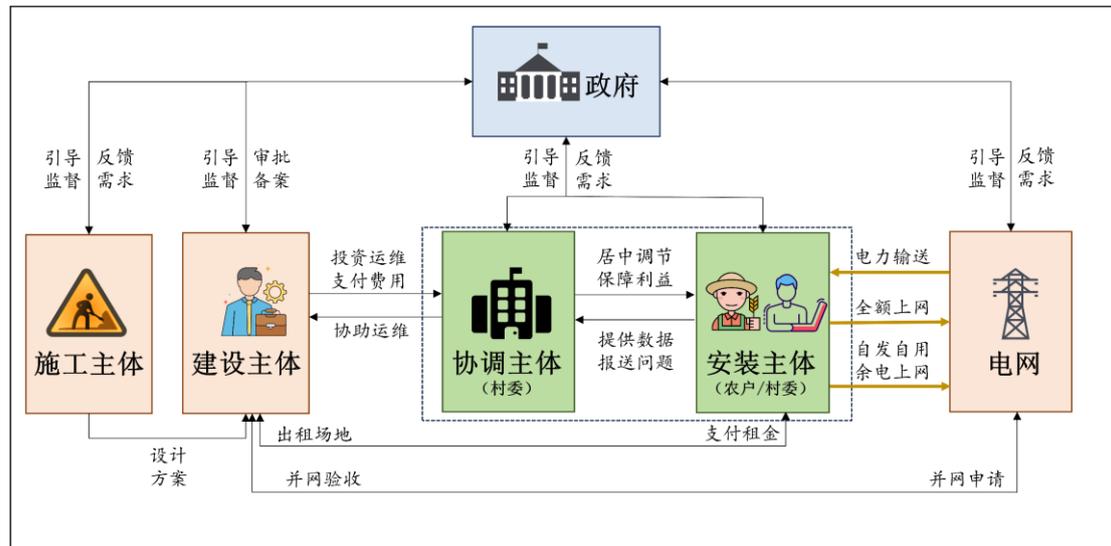


图 6 山东省农村户用分布式光伏典型开发模式

图片来源：作者自制

中国户用光伏主要集中在农村地区，形成业主投资（全款购买或银行贷款）、融资租赁、合作共建（开发企业统一投资和集中开发，居民用户获得屋

顶租金)等开发和商业模式,其中合作共建模式应用较为普遍,根据系统规模和不同地区租金水平,农户通过屋顶租赁每年可获得1500-3000元的稳定收益。山东省户用分布式光伏项目开发模式已经逐渐形成包含政府、安装主体、协调主体、建设主体和电网企业等多元主体协同共建的典型范式。该模式有利于各主体间互相支持、互相配合,共同解决项目建设过程的问题和挑战。一方面,目前山东省户用分布式光伏并网主要为“全额上网”的模式,即“接入户用电网”和“集中汇流升压送出”,该模式下,多元主体协同建设的积极作用将得到进一步体现,促使更好发挥“集中汇流,全额上网”模式的优势。另一方面,围绕具有山东省特色的“集中汇流,全额上网”的光伏项目是否违背分布式光伏“就近消纳”的初衷,是否应归类到集中式光伏等问题仍存在广泛争议。

多主体开发模式下,政府能够充分整合资源,引导各主体有序进行项目开发、建设和运维等工作,进一步规范户用分布式光伏开发市场。与此同时,政府在积极响应政策规划和现实需求基础上,还可以获得税收,提升当地财政收入。以肥城市王庄镇整域光伏项目为例,该项目由王庄镇政府牵头华能集团、各村村委等多主体协同共建,项目投运后,预计每年为王庄镇增加50万元村集体收入,形成480万元税收,有效地促进分布式光伏项目开发与乡村振兴战略相结合。

安装主体(农户或村委)通过出租闲置屋顶和庭院获得租金,无需参与光伏日常运维。随着光伏组件成本持续降低(单瓦成本从2元降价到目前每瓦1.2元左右,单瓦降价0.8元左右)和光伏装机量持续上升等,农户可获取的租金收益逐年上涨。农村户用分布式光伏的协调主体一般以村委为主,作为基层群众性自治组织,通过上传下达引导政策执行,对上级政府负责的同时,承上启下推进民企沟通和项目开展,发挥自身作用保障农户利益。项目运维过程中村委负责汇总相关问题并及时向企业维护团队反馈信息,确保分布式光伏项目正常运转,同时村委将获得部分收益,增加村集体收入。

电网公司是确保该模式稳步推进的重要保障,可以直接通过建设主体对整村或整域分布式光伏项目进行统一并网验收和管理监督。多主体协同共建的户用分布式光伏项目开发模式有助于进一步规范项目运转程序,实现多主体利益最大化,简化主体间关系。采用“集中汇流、高压上网”模式,降低电网接入难度,减少弃电现象的出现,提高使用效率。

综上案例所述，山东省已经逐渐形成“户用为主-整村开发-集中汇流-全额上网”的“山东模式”。在该模式下，农村户用分布式光伏“集中汇流、高压上网”对技术要求高，该模式根据屋顶可安装光伏面积和集中程度选择合适功率的逆变器，将整村光伏电力集中汇流至一台或几台专用的升压变压器，导致投资成本较高，当前建设主体以国央企为主。基于案例 1 和案例 2 的走访调研发现，国企投资居于主导地位。然而，随着项目开发经济性的降低以及消纳风险的增加，国企面临的投资收益考核等问题更为严峻，参与市场的意愿和占比将降低，而民营企业通过多年的深耕，在项目资源积累、运营操作的灵活性方面更具优势，有望获得更多的参与市场投资机会，但不论国企或民企，都将投资收益和风险之间的平衡作为入市投资的重要考虑因素。

2.2.3 山东省分布式光伏高质量发展的核心挑战

随着山东省分布式光伏累计并网容量迅猛增长的同时，也伴随着一系列相关的困难和挑战。“户用为主-整村开发-集中汇流-全额上网”的“山东模式”在“源网荷储一体化”建设上仍存在较大短板，分布式光伏“就近消纳”原则与周边电力负荷不匹配间的矛盾尤为突出，市场化程度较低，各部门也亟待从并网、消纳、配储、入市、调峰等多方面发力，推动分布式光伏走向高质量发展道路。

第一，“整村开发”模式下，政策目标和省内分布式光伏发展的实际情况未完全匹配。2021年6月20日，国家能源局综合司下发《关于报送整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点方案的通知》，正式拉开分布式光伏“整县推进”的大幕。依照《基础设施“七网”建设行动计划》方案，山东省也在加速推动“整县制”分布式光伏发展，提出2030年底前，实现总开发规模3000万千瓦以上。全国范围内来看，山东省“整县推进”战略走在前列，但现行政策中“五四三二”的配比目标要求未考虑电网实际消纳能力，导致实施难度很大。与此同时，由于配网端的改造不及新能源的发展速度，造成多地出现消纳红区，导致整县光伏政策在实际推进过程中遇到很多困难和挑战。另一方面，由于山东省不同地区分布式光伏发展条件差异较大，导致省级层面很难出台统一的指导意见，地方政府需要制订配套的激励政策。此外，户用光伏的建设标准尚未统一，部分村民对光伏安装毁坏屋顶和影响采光的担忧仍然存在。山东省分布式光伏的爆发增长也加剧了市场竞争失衡，垄断与过度竞争同时存在。

随着优质屋顶资源的急剧减少，户用光伏市场竞争趋于白热化，开发机会稀缺，不少开发商陷入“赚钱难”的局面。另一方面，部分县镇政策鼓励“一企包一县”的现象仍然存在，大部分民营企业甚至无法获得参与竞争的机会。

第二，农村分布式光伏应用场景单一，并网消纳问题长期突出。根据实地调研发现，山东省目前农村户用光伏基本以农户屋顶安装为主，并网模式多采用“集中汇流，全额上网”，意味着农户没有实现就地消纳，主要原因在于农村目前的用电负荷与光伏发电量不匹配。此外，民众对项目“自发自用、余电上网”模式下的收益理解不足、接纳度有限也造成更多模式的推广困难。在未安装储能的情况下，户用光伏“全额上网”模式虽然可以帮助村民实现增收，但并没有真正发挥分布式光伏的电力属性。同时，分布式光伏在整县布局的规模化发展下，并网消纳矛盾愈加严峻。在2023年11月的《问政山东》节目中，“想装光伏证明难开”“光伏建好并网难”等诸多问题引发全社会的高度关注。截至2024年6月，山东省分布式光伏累计并网容量占整体光伏累计并网容量的72.0%^[1]。随着分布式光伏并网发电量逐渐增多，原有送电设施不足以支撑输电配送，且山东省光伏应用场景主要以“集中上网”为主，导致电力并网消纳出现瓶颈。2023年山东省能源局发布《关于发布分布式光伏接入电网承载力评估结果的公告》，指出预计2024年53个县（市、区）低压配网接网预警等级为“受限”，占全省的39.0%。预计37个县（市、区）分布式光伏出力将向220千伏及以上电网反送电，新增分布式光伏出力难以在县域范围内全部消纳，占全省的27.2%^[22]。上述县（市、区）主要集中在聊城市、德州市、济宁市和临沂市，说明当前山东省分布式光伏并网消纳存在明显瓶颈，从而抑制其进一步发展。

第三，配建储能机制不健全，利用率低且经济性有待提高，需加强与分布式光伏的协同发展。配置储能获取收益的主要方式是“多充多放”赚取价差，但受山东省“一充一放”模式和配置储能成本等影响，分布式光伏项目配置储能的经济性较差。这些因素导致山东省分布式光伏项目配置储能的意愿不高，更重要的是目前山东省缺乏分布式光伏配置储能的相关政策、标准及实施规范。当前，山东省政策最大化支持分布式电源上网，且未强制要求分布式光伏配置储能，尤其在农村户用光伏消纳场景单一，负荷与发电不平衡的情况下，分布式光伏给电网带来巨大的消纳压力。为解决消纳难题，储能将发挥关键作

用。目前，独立共享储能机制健全，方便电网调度，但独立共享储能一般配置在 220 千伏的电压等级下，最小调度容量也需满足 3 万千瓦，周边负荷相对较少。对山东省而言，未来储能发展必须注意与分布式光伏发展的协同性，才能真正起到提升消纳能力的作用，但分布式光伏配置储能又涉及到市场机制、标准规范缺失和经济性较差等问题。山东省庞大的新能源装机是以分布式光伏为主力的能源，因此，配网端储能设施应尽快出台一系列的规划措施及政策。同时，面对分布式光伏即将入市的新局面，针对负荷侧也要出台“光伏+储能”的措施及办法，推动虚拟电厂模式尽快落地，同时，允许光伏系统自带能量时移，允许“光伏+储能”向电网送电，允许“光伏+储能”共同参与市场化交易。规避广大投资商入市后面临的收益风险，解决电网由光伏出力曲线与负荷不平衡造成的消纳压力，促使山东省由新能源大省向强省转型。

第四，分布式光伏“入市”前景不明，影响企业投资意愿。民营企业投资建设的光伏项目装机量占山东省七成以上，在各类分布式光伏项目中也贡献较大力量。然而，相比国央企，民营光伏企业经营规模和范围较小、市场话语权稍低，更加依赖政策引导投资方向，这些因素导致民营企业开展分布式光伏投资时需要承担更高风险。2024 年 2 月 8 日，国家发改委发布《全额保障性收购可再生能源电量监管办法》，指出未来电量收购分为保障性收购和市场性收购，意味着电网将根据自身用电需求收购电量，不再承诺百分百收购光伏发电，可能暂停收购部分“全额上网”分布式光伏项目的电力。这将极大影响规模较小的光伏民营投资企业经营情况，同时也降低其对分布式光伏的投资意愿。因此，在新政影响下，山东省分布式光伏民营企业及市场将受到极大冲击。与此同时，山东省的电力现货市场在 2024 年 6 月正式运营启动，通过日前、月清等发布的电力曲线看，未来山东省光伏的加权平均电价在 0.2 元/度左右，远低于之前的 0.3949 元/度的燃煤标杆电价，未来光伏投资方将面临着严峻挑战，因此山东省分布式光伏如何参与电力市场，采用何种运行模式将极为关键。

2.2.4 山东省分布式光伏高质量发展的主要任务

随着《关于做好新能源消纳工作，保障新能源高质量发展的通知》的出台，标志着国家层面已经意识到解决分布式光伏能源消纳问题的紧迫性。2024 年 6 月，山东省能源局发布《关于推进分布式光伏高质量发展的通知有关事项

的补充通知（征求意见稿）》，释放了分布式光伏“入市”信号。2024年7月，山东省能源局等17部门联合印发《关于加快新型储能产业高质量发展的指导意见》，要求到2025年，全省新型储能产业营业收入达到2500亿元；到2030年，产业规模进一步壮大，竞争力达到全国领先。上述文件为山东省分布式光伏高质量发展指明了方向。

为进一步推动山东省分布式光伏的高质量发展，报告提出如下重点任务。

第一，山东省应持续发挥分布式光伏助力乡村能源转型与乡村振兴的“模范作用”。能源转型的整体性要求全民参与，这也是构建碳普惠社会的题中之义。目前来看，分布式光伏是当前唯一真正实现全民接触的能源形式。2024年以来，中央和山东省相继出台一系列进一步发挥分布式光伏助力乡村振兴作用的政策，包括2024年的一号文件《中共中央国务院关于学习运用“千村示范、万村整治”工程经验有力有效推进乡村全面振兴的意见》，特别指出“推动农村分布式新能源发展”。2024年山东省印发《全省能源绿色低碳转型试点实施方案》，提到“结合整县屋顶分布式光伏规模化开发试点，积极推进户用和工商业光伏开发利用。推动光伏发电与农业、养殖业、生态环境治理等融合发展，布局一批‘光伏+’综合利用示范区”。上述政策同先前政策保持着高度的延续性，不仅有助于加快山东省乡村清洁能源革命和低碳转型，更有助于促使分布式光伏成为助力农民增收和新农村发展的有力抓手。

第二，充分发挥新型储能助力山东省分布式光伏的系统消纳和平衡作用，尤其在负荷侧及网侧配置储能以实现与分布式光伏发展的协同。山东省分布式光伏在配储方面存在广阔的发展空间。2024年，山东省能源局等17部门联合印发《加快新型储能产业高质量发展的指导意见》，强调“统筹保障电网侧储能发展，根据全省新能源项目推进情况和电力系统调节能力建设需求，合理确定储能区域布局和投运时序，重点在大规模新能源汇集、分布式光伏集中开发、调峰调频困难和电压支撑能力不足的电网枢纽站点等布局储能设施”，并提出完善新型储能参与电力市场机制，支持分布式储能聚合为“云储能”，完善新型储能市场化“电量电价+容量电价”机制等要求。基于此，未来用户侧储能发展将以光伏储能一体化为主要形式，网侧储能发展则以共享为核心要求，统一接受电网调度。

第三，进一步提高配电网对分布式光伏的承载力和电网的灵活性。2024年

2月，山东省发展和改革委员会、山东省能源局印发《全省能源绿色低碳转型试点实施方案》，提出提高配电网接纳新能源和多元化负荷的承载力和灵活性，推动电网适应大规模集中式新能源和量大面广的分布式能源发展，探索发展智能微电网，提高消纳新能源能力。基于此，当前山东省存量及新增的分布式光伏项目已按电网要求配置光伏规约转换器。针对海量 380/220V 的分布式光伏，需要根据配网有源化、多元化的特征，结合分布式光伏快速增长的实际情况、因地制宜建设与分布式光伏相适应的配网感知能力，构建一体化的分布式光伏功率预测模型，提升其预测能力。未来，山东省也将启动专项配电网规划工作，将分布式光伏开发规模和布局作为规划重要边界条件予以明确，根据分布式光伏发展现状、资源情况、负荷水平和电网承载力等，组织编制建设改造实施方案，有针对性的做好分布式光伏项目的接网消纳方案。

2.3 江苏省分布式光伏高质量发展研究

2.3.1 江苏省分布式光伏发展现状和特点

2021 年国家能源局综合司发布《关于公布整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点名单的通知》（国能综通新能〔2021〕84 号），拟在全国开展整县（市、区）推进屋顶分布式光伏开发试点工作。江苏省共包含 59 个屋顶分布式光伏规模化开发试点，仅次于山东省（70 个）和河南省（66 个）。从各地级市看，徐州市、盐城市和南通市试点个数最多，连云港市和宿迁市最少，多数地市均包含 3-5 个试点。从试点县（市、区）的空间分布看，大致呈现出“南高北低”特征，试点多集中在苏南地区。同年，江苏省发展改革委发布《关于组织开展整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点工作的通知》，要求围绕党政机关、公共建筑、工商业以及居民户用等各类屋顶资源进行整体设计，各试点县（市、区）要积极稳妥开展试点推进工作，科学合理安排各年度推进目标，确保完成国家能源局“5432”分布式光伏目标任务。2022 年，江苏省发布《关于推进全省公共机构分布式光伏系统建设的通知》，提出到 2025 年，新建公共建筑屋顶面积力争实现光伏覆盖率达到 50%。到 2025 年，全省分布式光伏发电装机达到 1500 万千瓦以上^[23]。

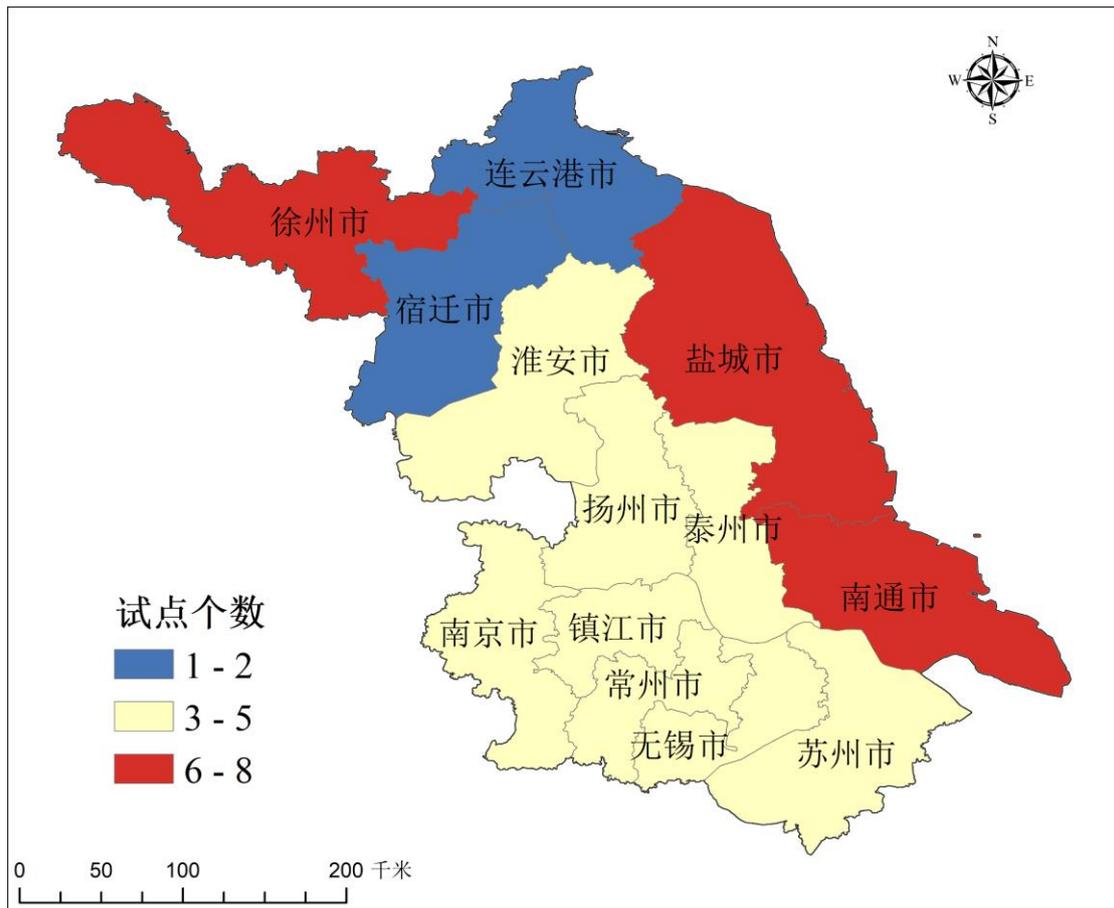


图 7 江苏省整县（市、区）屋顶分布式光伏规模化开发试点

图片来源：作者自制

数据来源：国家能源局^[24]

目前江苏省分布式光伏呈现以下几个显著特点：

第一，经济发展动力和政策调控带动分布式光伏开发并网。江苏省作为中国的经济强省，2023 年全省实现生产总值 128222.2 亿元^[25]，排名全国第二，强劲的经济水平伴随着大量的能源资源消耗，2023 年江苏省全社会用电量为 7833.0 亿千瓦时^[26]，清洁能源发电规模持续扩大，其中光伏发电成为推动其快速发展的关键驱动力。截至 2024 年 6 月底，江苏省光伏累计并网容量达 5003.3 万千瓦，仅次于山东省和河北省，排名全国第三，其中集中式光伏累计并网容量 1283.3 万千瓦，分布式光伏累计并网容量 3720.0 万千瓦，占比约 74.4%^[1]。

2009 年江苏省发布《江苏省光伏发电推进意见》，提出建设“三大工程”以提高光伏发电应用水平，带动光伏产业迅速发展。2013-2023 年江苏省光伏累计并网容量持续上升，从 2013 年的 105.0 万千瓦增长至 2023 年的 3928.0 万千瓦^[31-4]，增长达 36.4 倍，已经提前完成 2022 年《江苏省碳达峰实施方案》提出的

全省 2025 年 3500 万千瓦的光伏并网容量目标。然而，受相关政策和光伏市场需求等影响，江苏省光伏年新增并网容量呈现出较强的波动态势。2018 年前其呈现明显上涨趋势，2019 年受光伏补贴退坡等相关政策影响，分布式光伏市场总体缩水，新增并网容量呈现下滑趋势。2020 年以来新增并网容量逐渐恢复增长，2022 年江苏省发布《江苏省“十四五”可再生能源发展专项规划》提出聚焦可持续发展，全力推进分布式光伏发电，探索形成“政府引导、企业为主、百姓受益”的屋顶分布式光伏开发机制，极大地促进分布式光伏发展，推动 2022-2023 年分布式光伏新增并网容量显著上升。

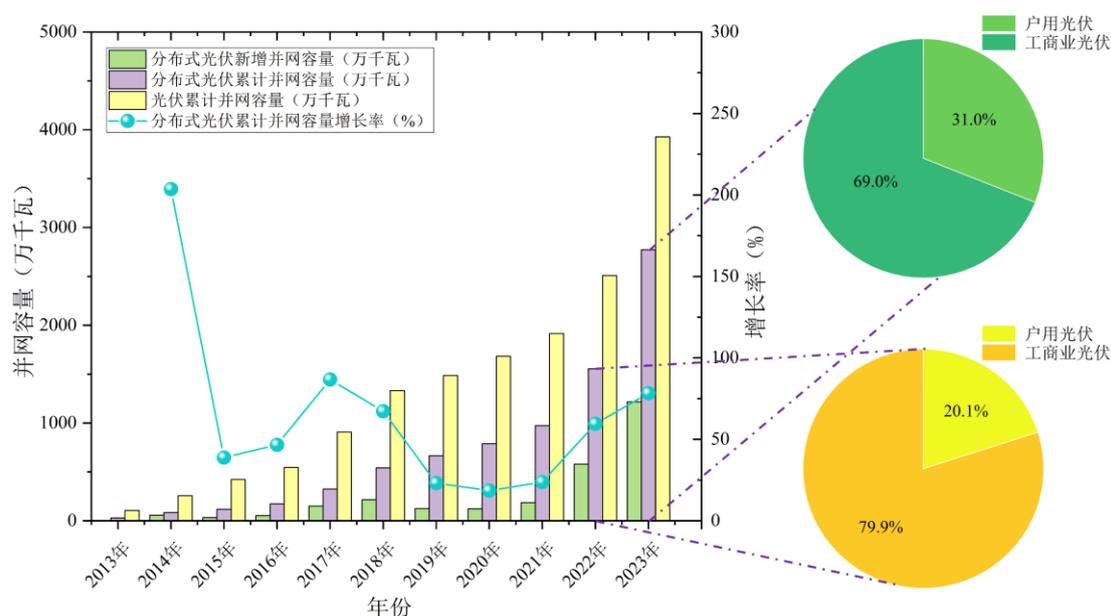


图 8 江苏省分布式光伏并网容量概况²

图片来源：作者自制

数据来源：国家能源局^{[3][4][11][16][17][18][20][21]}

第二，江苏省分布式光伏以工商业分布式光伏为主。与山东省不同，江苏省分布式光伏中户用光伏的累计并网容量占比较低，整体呈现出“户用少，工商业多”的特征。截至 2024 年 6 月，江苏省分布式光伏的累计并网容量为 3720.0 万千瓦，其中户用光伏为 1364.5 万千瓦，工商业分布式光伏为 2355.5 万千瓦，占比约为 63.3%^[1]。工商业分布式光伏占主导是政策与市场环境相互作用的结果。一方面，政策引领分布式光伏建设，从政治、经济和社会等方面提供充分的保障条件，推动光伏上下游产业链一体化发展，规范分布式光伏市场，

² 数据来源：国家能源局，缺失年份数据采用相邻年份计算得出，2022 年分布式光伏比例采用 2023 年数据计算。

促进工商业分布式光伏的快速发展。2024年8月，江苏省发改委发布《关于高质量做好全省分布式光伏接网消纳的通知》，对配储、绿电交易做出新的部署，有望进一步调动工商业分布式光伏发展的积极性。另一方面，江苏省活跃的工商业带动庞大的清洁电力需求，为分布式光伏发展提供广阔的市场空间。此外，发达的工业水平、密集的工厂分布以及广袤的屋顶面积也为分布式光伏发展提供良好的安装条件。与此同时，大量光伏龙头企业纷纷落地江苏省，逐渐形成从硅料生产、硅片制造、电池组件组装到光伏电站建设与运维的完整产业链条。此外，江苏省存在多家A股上市光伏企业，一定程度上促进工商业分布式光伏的发展。

第三，江苏省分布式光伏就地消纳能力强，省内消纳情况整体较好，打破“隔墙售电”壁垒的呼声较高。相比山东省，江苏省绝大多数县（市、区）的并网和消纳情况较好。山东省分布式光伏的户用安装占比较高，且多以全额上网为主，自主消纳能力欠缺。相比之下，江苏省的分布式光伏以工商业为主，多安装在园区、企业工厂、仓库等地，靠近负荷，采用“自发自用，余电上网”的并网模式，自主消纳能力较强。通过对常州市、无锡市、盐城市等地的调研发现，多数安装工商业分布式光伏的企业用电需求高，大部分分布式光伏项目可自主消纳90%以上的电力，说明企业的用电特性与分布式光伏发电特性匹配度较高，从而有效推动江苏省分布式光伏的整体消纳。在江苏省外向型的经济结构下，出口企业高度重视绿电的开发与使用，进一步带动分布式光伏发展。此外，同一园区内企业间电力富余和供不应求的现象同时存在，因此，引申出“隔墙售电”的需求讨论。江苏省有关部门和工商业界正探讨在低碳园区层面设立统一供配电协调平台，在规避法律风险的同时实现局域配电优化和参与电力交易。

2.3.2 分布式光伏助力企业低碳转型—工商业分布式光伏的开发模式分析

一、工商业光伏多方合作开发，共同协作获利

江苏省工商业分布式光伏项目已经形成多主体参与、协作共赢的典型开发范式。根据项目开发和运行过程中各主体承担的责任和作用不同，江苏省工商业分布式光伏项目的重要相关方主要包括政府、建设主体、安装主体、施工方、供应方和电网公司等。

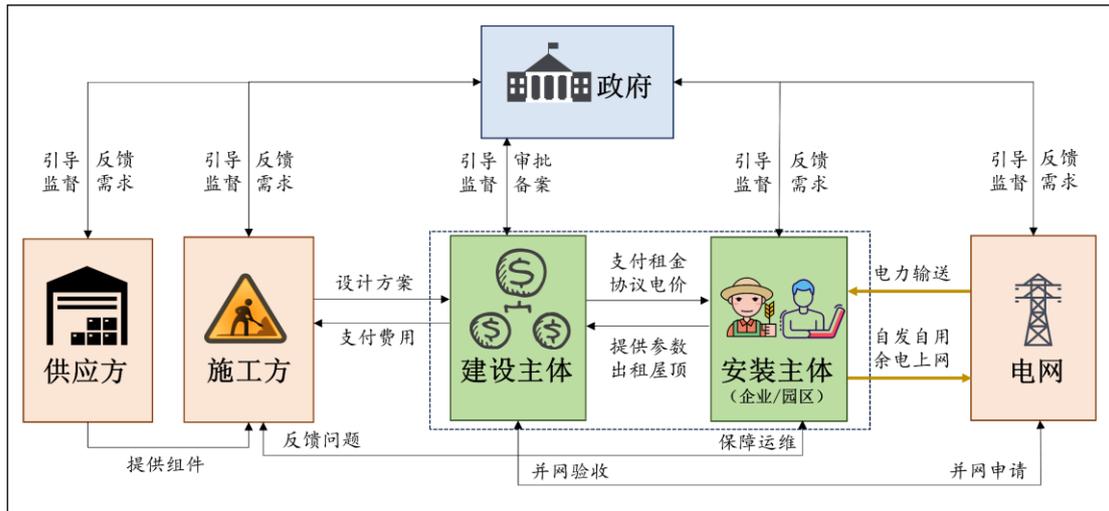


图9 江苏省工商业分布式光伏典型开发模式

图片来源：作者自制

政府有关部门主要负责工商业分布式光伏项目的报备、审批及监管工作。建设主体积极响应政府政策引导和号召，投资建设工商业分布式光伏项目，并出资委托施工方为整体项目开发提供具体的建设方案。施工方主要承担项目的设计、软硬件支持、运维等一系列任务。对于安装主体（企业用户）而言，通过提供具备安装光伏条件的屋顶资源，不仅可以从投资方获得屋顶租金，而且可以以合约电价的形式优先使用所发电量，节约用电成本。供应方主要负责提供项目安装所需光伏组件等。最后，电网公司直接通过建设主体对分布式光伏项目进行统一验收、并网和管理监督。

光伏电站的投资模式包含企业自持电站、第三方持有电站以及合作管理三大类。在光伏产业链完整度高的情况下，建设主体、安装主体、施工方甚至上游光伏组件制造公司在实际项目案例中可能呈现为同一家企业的情况。以案例3为例，该项目是典型的“自投、自建、自营、自用”的工商业分布式光伏项目，该特殊模式要求企业自身需具备完整的光伏产业链条，且发电量供企业自身生产活动使用，由于项目投资、建设、运维以及使用均为同一企业，因此该模式相比其他项目的开发过程更为便捷、高效。

案例3 A公司某仓库屋顶工商业分布式光伏项目

该项目位于江苏省常州市，项目投资、建设与运维相关工作均由A公司及其下属公司自行承包。项目年发电量约为600万千瓦时，并网模式为“自发自用，余电上网”。该项目安装在仓库屋顶，由于自身用电量较大，项目

所发电量几乎可全部消纳。

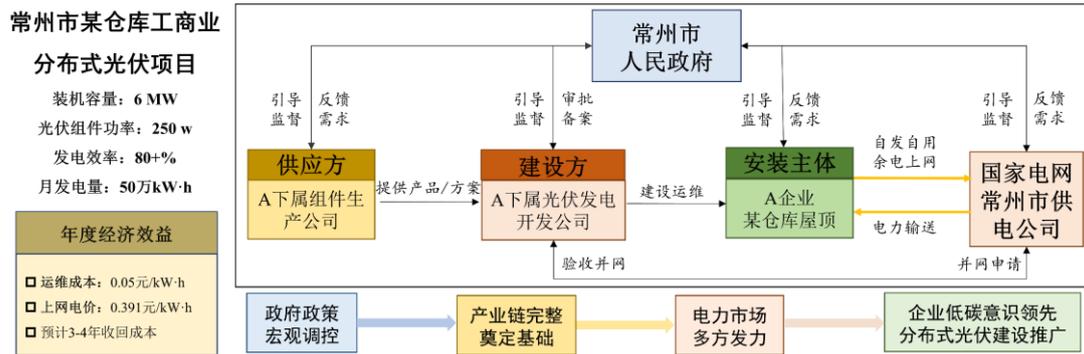


图10 A公司某仓库工商业分布式光伏项目各主体间关系

图片来源：作者自制

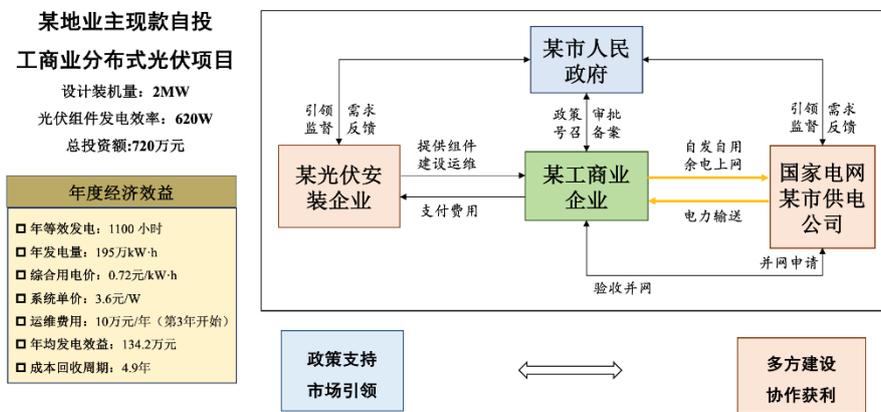


图11 现款自投模式运行关系（2MW为例）

图片来源：作者自制

二、光伏产业园区建设引领，带动产业链一体化发展

江苏省精心布局并成功创建多个光伏产业园区，形成无锡市、常州市、苏州市、盐城市、宿迁市等多个光伏产业集聚区。通过整合资源、优化布局，促进光伏产业链上下游企业的紧密协作与集群化发展，成为引领行业发展的新高地，有利于构建高效协同、竞争力强的光伏产业生态系统，为江苏省经济发展注入新的活力。江苏省各地市依托自身资源禀赋和产业基础，积极打造光伏产业集聚区，例如南通半导体光电产业链园以“半导体光电产业”为主导，“智能制造”为辅助，其他战略新兴产业为补充，打造集“科研、成果转化、产业化”于一体、百亿级产值的泛半导体光电产业集群^[27]。昆山开发区光电产业园是国内唯一按照光电产业链布局进行规划、建设和发展的光电产业园区^[28]。这些光伏产业园不仅汇聚先进的光伏技术研发力量与高端制造能力，还形成完

善的配套服务体系，可以有效提升区域内光伏产业的规模与水平，带动储能、微电网等领域与光伏行业共同发展。

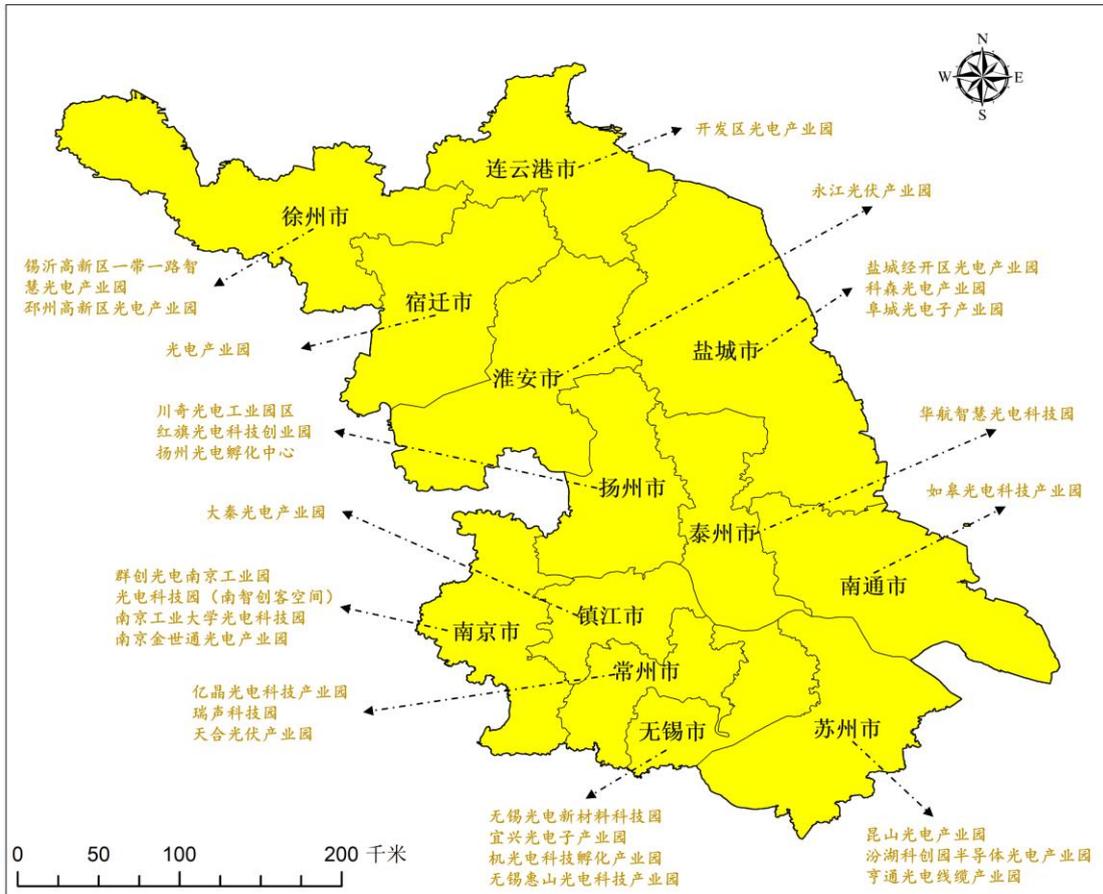


图 12 江苏省部分光伏产业园区分布

图片来源：作者自制

数据来源：作者整理、前瞻产业研究院^[29]

三、园区成为重要载体，助力光伏发展形成新趋势

首先，江苏省园区数量充沛，安装条件便利。截至 2024 年 7 月江苏省共包含 8596 个产业规划园区，全国范围内仅次于广东省^[29]。从发展质量看，2023 年园区高质量发展百强中，江苏省共囊括 19 个，约占整体数量的五分之一^[30]，成为入选数量最多的省份。同时，产业园区内集聚大量的工厂车间、仓库等，存在丰富的屋顶资源，为分布式光伏提供有利的安装条件。

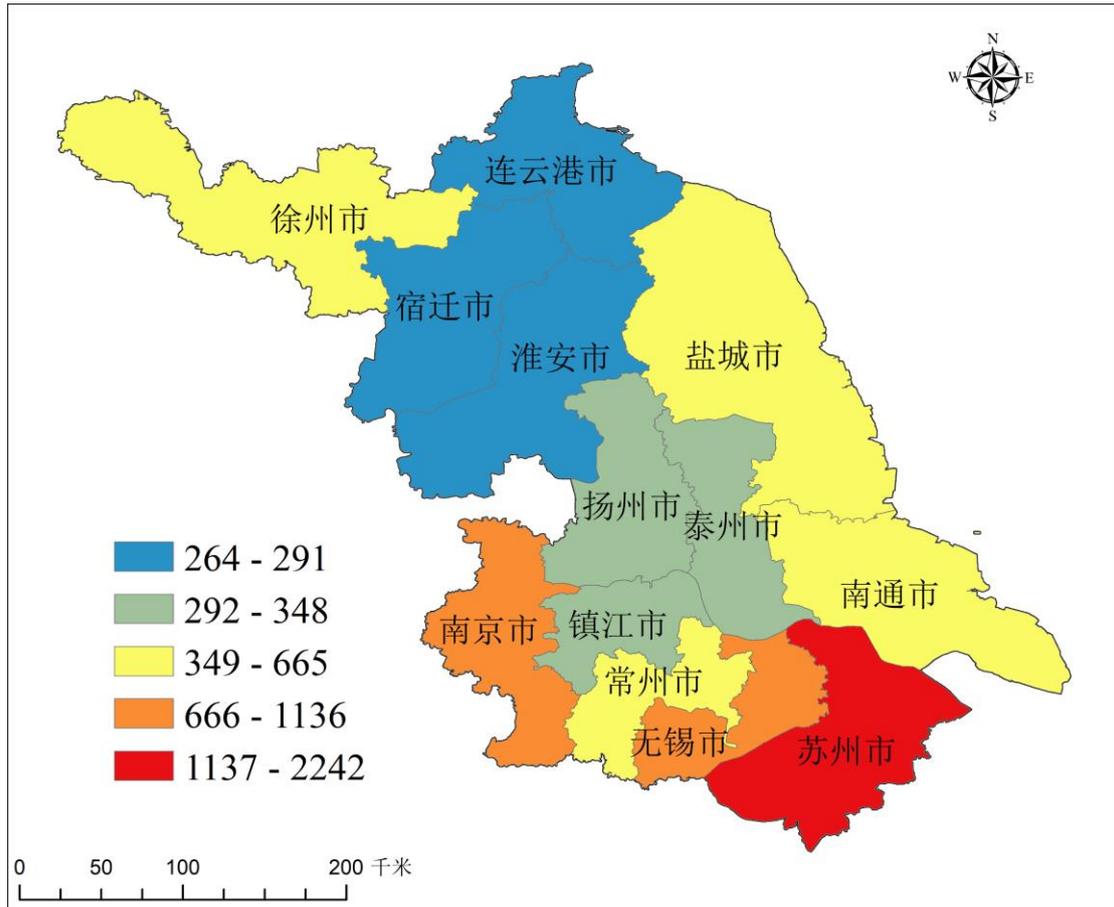


图 13 江苏省产业园区规划数量分布 (截至 2024 年 7 月)

图片来源: 作者自制

数据来源: 前瞻产业研究院^[29]

其次，用电需求旺盛，投资收益可观。产业园区通常伴随着大量的经济和社会生产活动，存在高额用电需求，一定程度上为推动分布式光伏发展注入强大动力。以苏州市工业园区为例，其区划行政面积仅占苏州市 3.2%^{[31]-[32]}。然而，2020-2023 年其工业用电量均保持 90 亿千瓦时左右^{[33]-[36]}，占苏州市整体工业用电量的 8%左右^[37]。为积极响应国家政策和实现“双碳”目标，2022 年苏州工业园区发布《苏州工业园区进一步推进分布式光伏发展的若干措施》指出率先推进工业厂房屋顶光伏发电设施建设，满足荷载条件的存量厂房做到宜建尽建，并对接入园区碳达峰平台的分布式光伏和储能项目的业主投资方进行财政补贴。截至 2023 年底，苏州工业园区分布式光伏装机容量已达 27.0 万千瓦，占苏州市分布式光伏总装机的 7.1%^[38]。此外，2024 年苏州市政府印发《国家碳达峰试点（苏州工业园区）实施方案》，再次强调发挥园区单体建筑面积较大优势，推

动企业加快分布式光伏建设，新建厂房屋顶光伏覆盖率不低于 50%，满足荷载条件的存量厂房宜建尽建。

总体来看，在政策引领和现实需求驱动下，园区已经成为推动分布式光伏发展的重要载体。一方面园区内汇集大量企业厂房、仓库等，具有丰富的屋顶资源，为安装光伏提供便利条件。另一方面园区内存在大量的生产生活活动，用电需求较高，提升企业的安装意愿。

2.3.3 江苏省分布式光伏高质量发展的核心挑战

第一，江苏省的工商业分布式光伏受到消纳压力、成本上涨、屋顶光伏产权法律归属不清、分时电价中的谷段用电量大涨等一系列因素带来的项目收益风险，将制约未来工商业分布式光伏的规模化发展。在消纳问题上，江苏省也面临着电力系统与分布式光伏之间的普遍问题，部分地区既有负荷较低、配网资源较少，未来可能逐渐出现地方分布式光伏发电消纳问题，导致限制并网的“红区”出现。其次，从成本角度看，光伏组件的长期下行趋势有所回调，居间费价格也存在上涨可能，挤压工商业光伏的获益空间。再次，工商业分布式屋顶光伏尚存法律缺失问题，工商业光伏项目周期通常 20 年起步，由于企业和屋顶产权的可变更性，对变更后的屋顶光伏产权归属问题尚缺乏明确的法律规定，投资者将面临较大风险。最后，在电价方面，现行的分时电价风险较高，很多地区引入中午时分的低谷电价，导致大量企业午时用电量不断上涨，用电发电渠道“拥挤”，光伏发电的预期收入大幅下降。

第二，整村开发机制欠缺，户用分布式光伏发展潜力尚未充分挖掘。2023 年江苏省户用分布式光伏累计并网容量为 859.3 万千瓦，占分布式光伏整体不足三分之一^[4]。一方面户用分布式光伏开发主要集中在农村地区，通常一村存在多家开发安装企业，缺乏统一管理机制。另一方面，户用分布式光伏通常采用低压并网模式，该方式不便于电网进行统一调度指挥，对电网产生一定冲击。为方便电网管理和减小电网冲击，“整村开发、集中汇流”的“山东模式”有望在江苏省得到探索和应用，但该模式的成本要求较高，投资收益率一般，大规模推广需要大型国央企投资建设。同时，从江苏省电网规划层面来看，“山东模式”的南下将会对苏北的电力系统负荷形成较大压力。部分地区分布式光伏电网规模容量趋于饱和，未来如何在农村地区有序稳定地开发户用分布式光伏成为当务之急。针对江苏省南部等经济发达地区，例如苏州市等地，电力系

统的接入能力较高，对投资成本的接受度较高，其未来发展关键在于提高当地民众对开发模式的认可度和开发意愿。相比之下，江苏省北部等农村地区需对投资成本、电网建设等方面做好提前规划和准备。

第三，分布式光伏市场化交易带来更多不确定性。中国的电力市场化建设处在初级阶段，目前只有四个省可以进行电力现货交易，其余十几个省市还处在试运营阶段，且还有部分省市没有进入试运营。目前，江苏省已经开展分布式光伏入市交易，虽然交易效果较好，但主体较少，交易量尚不活跃，作为交易主体的负荷聚合商尚处于起步发展阶段，其大规模参与市场化交易仍存在一定议价压力和专业性挑战，企业也存在一定收入风险。

2.3.4 江苏省分布式光伏高质量发展的主要任务

第一，江苏省需要确立更加雄心的分布式光伏发展目标，尤其需要探索行之有效的户用光伏规模化开发模式，以最大化利用现有工商业和户用光伏屋顶资源，促进分布式光伏装机规模进一步扩张。目前，江苏省的工商业光伏发展空间仍然广阔，2024年上半年工商业新增装机规模稳居全国第一。同时，江苏省的户用分布式光伏步入高速发展阶段，2024年上半年江苏省的新增户用装机规模已经超过工商业光伏，体现出江苏省分布式光伏均衡化发展的新趋势。目前，江苏省光伏资源充足，电网可接入容量充分，从“十四五”到“十五五”前中期仍是分布式光伏加速发展的“窗口期”。根据国家统计局数据对江苏省工商业和户用可租赁屋顶资源面积的摸排显示，工商业潜在的光伏装机容量在6500.0万千瓦左右，户用光伏可能超过2900.0万千瓦，二者近1亿千瓦^[39]。此外，江苏省发布的《关于高质量做好全省分布式光伏接网消纳的通知》（下称《通知》）提出到2025年分布式光伏接网能力将扩容至5000万千瓦以上，表明无论户用光伏还是工商业光伏均具有较大的开发潜力。此外，《通知》还鼓励分布式光伏投资企业开展“整村连片”的规模化开发，意味着行之有效的“山东模式”将在江苏省扎根发芽。

第二，未雨绸缪加快配电网升级改造，逐步探索“风光打捆”送电模式。

《关于高质量做好全省分布式光伏接网消纳的通知》同时要求江苏省电网加快配电网升级改造，积极适应大规模分布式光伏快速发展的新形势。2024年8月19日，江苏省发布县（区）分布式光伏专项配电网规划方案模版，要求各地区市县公司牵头完成对电网承载力、运量及相关计算方法的编制。为此，电网部

门有望开展分布式专项扩网计划，为未来分布式光伏并网提升信心。从电力企业运营角度看，存量市场运营也很重要，应加强运营维护，切实保障已有项目更好、更多的发电。配电网高质量发展不仅是要解决供电安全可靠性的问题，更是要解决大量分布式光伏、虚拟电厂、微电网等新兴业态接入和友好互动的问题。配电网改造升级带来的投资成本上升将转嫁到用户的输配电价，这对分布式光伏发展提出新的要求，需要通过技术创新、模式创新主动适应未来的新型电力系统发展目标。与此同时，随着未来江苏省逐步放开分散式风电并网，“风光打捆”的送电方式将得到进一步探索，通过升级原有升压站或新建升压站，将原来难以送出的分布式光伏同风电打捆送出。

第三，园区智能微电网和虚拟电厂共同助力“源网荷储一体化”建设。江苏省的园区微电网建设处于全国领先水平，发展智能微电网成为业界共识。在全球供应链低碳化发展背景下，外向型企业对于绿电的需求高速增长，而微电网的存在有利于园区稳定使用绿电，未来如何在园区层面设立智能微电网，统筹协调园区内企业的屋顶光伏电力调度将成为重点。同时，虚拟电厂作为代理售电和响应电网调度的主体，也将深入参与到源网荷储一体化建设的重要环节，实现更具智能化和实时性的需求侧响应。随着电力市场化改革进程的加快，《电力市场运行基本规则》已将虚拟电厂纳入电力市场经营主体。2024年9月18日，江苏电力交易中心有限公司印发《关于开展江苏分布式新能源聚合参与省内绿电市场交易试点入市相关工作的通知》，指出为充分发挥电力市场机制作用，引导分布式光伏、分散式风电等分布式新能源参与市场交易，提升新能源消纳能力，经政府主管、监管部门同意，交易中心将于2024年9月20日启动聚合商注册、分布式能源聚合试点业务，标志着绿电聚合交易模式逐渐起步，“源网荷储一体化”建设步入新阶段。

2.4 “山东模式”和“江苏模式”的比较分析

山东省和江苏省作为中国工业大省，用电需求较大。然而两省的经济结构、城乡分布和市场活跃程度不同，因此分布式光伏发展模式上也存在很大差别。以“户用为主-整村开发-集中汇流-全额上网”为主要特点的“山东模式”和以“工商业为主-依托园区平台”的“江苏模式”各有所长，也都面临各自的难题，如何化解这些挑战以及实现经验互鉴事关两省分布式光伏的未来发展，也对全国其他省市分布式光伏事业发展有着重要的借鉴意义。

类型		山东模式	江苏模式
基础条件		1. 潜在户用分布式光伏安装主体数量多，农村地区屋顶资源丰富； 2. 政策支持力度大； 3. 资源禀赋优越，太阳能充足。	1. 工商业活跃，园区经济发达； 2. 园区安装条件便利； 3. 就近消纳情况良好。
主要特点		户用为主-整村开发-集中汇流-全额上网模式	“工商业为主”的“自发自用，余电上网”模式
面临挑战	共同挑战	1. 消纳压力； 2. “入市”收益的不确定性压力； 3. 法律法规完善问题。	
	各自挑战	1. “整村开发”模式下，政策目标和省内分布式光伏发展的实际情况未完全匹配； 2. 配储机制不健全，配储意愿低迷； 3. 配电网升级改造迟缓等。	1. 分时电价中的谷段用电量大涨，光伏发电的预期收入大幅下降； 2. “整村开发”模式有待探索，户用光伏潜力尚未充分挖掘。
重点任务		1. 发挥分布式光伏助力乡村能源转型与乡村振兴的“模范作用”； 2. 在负荷侧及网侧配置储能以实现与分布式光伏发展的协同作用； 3. 进一步提高配电网对分布式光伏的承载力和电网的灵活性。	1. 树立更具雄心的分布式光伏发展目标，尤其探索规模化户用开发模式； 2. 加快配电网升级改造，逐步探索“风光打捆”送电模式； 3. 园区智能微电网和虚拟电厂共同助力“源网荷储一体化”建设。



图 14 “山东模式”和“江苏模式”的分布式光伏发展比较

图片来源：作者自制

“山东模式”在“整村开发”领域独树一帜，该开发模式适应中国北方多地省情，以国企为主体的投资建设和“光伏下乡”工程带动山东省农村分布式光伏的快速开发，但由于后期政策调控难度大，造成该行业的“无序扩张”和“产能堆积”。与此同时，电网方面在适配性上也未能较好的回应和化解这一发展趋势，消纳问题日益严峻，最终导致“应接尽接”未能落到实处，山东省“红区”遍布，挫伤用户和光伏企业的积极性。山东省及时意识到问题痛点，遵循系统思维对分布式光伏消纳问题进行一体化治理。2024 年山东省印发《全省能源绿色低碳转型试点实施方案》，要求推动光伏发电与农业、养殖业、生态环境治理等融合发展，布局一批“光伏+”综合利用示范区；2024 年 7 月，山东省能源局等 17 部门联合印发《关于加快新型储能产业高质量发展的指导意见》，提出到 2025 年，全省新型储能产业营业收入将达到 2500 亿元。在农村户用分布式光伏逐步饱和的形势下，山东省城市户用光伏将成为下一个“蓝海”，城市用电需求能够更好的回归分布式光伏“就近消纳”本义。随着分布式光伏向城市迈进，其应用场景、应用模式也将有所转变，一些新的产品技术将更新迭代，例如阳台式、幕墙式、光储直流等光伏产品应运而生。基于此，国家与省级层面也应持续深化与科研单位的合作，探索适合分布式光伏的新模式与政策框架。

江苏省绝大多数地区的并网和消纳情况良好。江苏省分布式光伏以工商业为主，光伏设备多安装在企业园区内，采用“自发自用，余电上网”的并网模式，自主消纳能力较强。在相对活跃的市场环境下，企业对效率要求较高，对电力市场化改革的适应程度较强，对新兴储能技术的投资热情较高，江苏省鼓励发展工商业储能，各地园区对微电网和虚拟电厂建设的呼声较高，对打破“隔墙售电”限制的意愿较强。江苏省户用分布式光伏的高速发展态势明显，也为江苏省升级改造配电网带来较强动力。同时，江苏省正在推动构网型的储能电站，以此解决一些户用光伏难参与调峰的问题。2024年8月12日出台的《关于高质量做好全省分布式光伏接网消纳的通知》对江苏省分布式光伏高质量发展做出全面部署。未来，随着户用光伏和工商业光伏的均衡发展，低碳园区治理的不断规范，江苏省有望建成全国交易度较为活跃的区域电力市场，成为加速建设全国统一电力大市场的引领者。

3. 中国分布式光伏高质量发展展望和建议

3.1 中国分布式光伏高质量发展展望

“十四五”时期,中国分布式光伏发展潜力得到不断释放,市场规模迅速增加,持续迈向规模化、一体化、市场化的高质量发展道路。2024年6月14日,国家能源局组织召开“十五五”能源规划研究工作组启动会及座谈交流会,会议指出“十五五”是碳达峰的攻坚期,也是新型能源体系建设加速推进的关键期,能源发展面临的不确定性极大、约束性极强,国际环境严峻复杂,国内经济发展仍然存在一些困难和挑战,碳排放、生态环境、土地资源等因素对能源发展的约束趋紧。复杂的内外形势对分布式光伏高质量发展提出新的要求,而“十五五时期”的分布式光伏发展环境也将较“十四五”时期发生一系列变化。

第一,发展分布式光伏已经成为推进农村能源革命的重要抓手,户用分布式光伏作为促进农民增收的有效手段,未来将进一步推动乡村振兴迈向新台阶。一方面乡村振兴需要分布式光伏与电网一同构建更加安全稳定和清洁高效的电力基础设施;另一方面,随着乡村振兴带来县域经济的发展,农村用户终端电气化水平不断提升,越来越多的农村电力负荷将为未来农村分布式光伏的高质量发展创造更多的创新应用场景和消纳条件。2024年5月,工业和信息化部办公厅和国家发展改革委办公厅等五部门下发《关于开展2024年新能源汽车下乡活动的通知》,将有望激发农村绿色消费市场,不仅进一步拓展农村居民的绿电负荷需求,也促进分布式光伏与储能、新能源汽车等产业的融合发展,为打造县域经济的新增长点带来全新机遇。

第二,提升配电网支撑保障能力和综合承载能力,服务分布式光伏“四可”功能建设已经成为电网的重点任务。2023年下半年开始,各级电网部门要求,新建屋顶分布式光伏项目应具备“可观、可测、可调、可控”功能,多个省份已经出台文件要求电网对存量的分布式光伏项目进行免费改造,以便其及时响应电网调节需求。面对当前分布式光伏大规模发展带来的电力供需矛盾和平衡难题,以往分布式光伏全额保障性消纳的运行模式将不再适用,分布式光伏将逐渐与其他类型电源同等、公平地承担电力系统调节责任,共同保障电力系统安全稳定运行。对此,电网部门应加快主配网升级改造建设,强化电网的可靠性和承载力。一方面,“四可”功能对电网部门加快新型电力基础设施网络建

设提出新的要求，另一方面，“四可”功能也是有效实现分布式光伏“安全并网、有序管理、高效调控、友好互动”的必由之路。从“能接尽接，能并尽并”到“科学、公平的限电”再到“高质量发展”，电网部门将对分布式光伏开展广泛深入的摸排和查验工作，有序推进“四可”改造工作，兼顾安全性和全社会合理利用分布式光伏资源的普惠性。

第三，分布式光伏“入市”加快全国统一电力市场建设。习近平总书记在2021年11月24日中央全面深化改革委员会第二十二次会议审议通过《关于加快建设全国统一电力市场体系的指导意见》，强调要遵循电力市场运行规律和市场经济规律，优化电力市场总体设计，实现电力资源在全国更大范围内共享互济和优化配置。2016年以来，全国电力市场交易规模快速扩大，交易电量由1.1万亿千瓦时增长至2023年的5.7万亿千瓦时，占全社会用电量比重提升至61.4%。中长期交易电量占比超过90%，有效稳定总体市场规模和交易价格。截至2023年底，全国电力市场累计注册经营主体74.3万家，同比增长23.9%，市场活力被进一步激发^[40]。光伏“入市”是电力市场化建设的关键问题之一，也是解决消纳问题的关键一环。2023年10月，国家发展改革委办公厅、国家能源局综合司发布《关于进一步加快电力现货市场建设工作的通知》，提出分布式新能源装机占比较高的地区，推动分布式新能源上网电量参与市场，探索参与市场的有效机制。随着各地光伏补贴政策逐步退坡，分布式光伏开发模式从“政策引导”向“市场主导”转变。目前，各地区的电力现货市场试点尚处在探索阶段，市场机制与商业模式尚不健全，关于明确入市节点和新老项目划分的呼声尤为高涨。

第四，微电网将为分布式光伏的消纳提供更灵活的应用场景，虚拟电厂将以独立市场地位参与电力市场，以共同助力分布式光伏高质量发展。2024年1月27日，国家发展改革委、国家能源局联合印发《关于加强电网调峰储能和智能化调度能力建设的指导意见》，提出积极推动各类调节资源参与电力市场，明确负荷聚合商、虚拟电厂等主体以独立市场地位参与电力市场。2024年7月31日《中共中央国务院关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见》强调新型电力系统发展的重要方向，即“加快构建新型电力系统…建设智能电网，加快微电网、虚拟电厂、源网荷储一体化项目建设”。虚拟电厂和微电网都是电力系统向智能化、绿色化转型的重要技术手段。微电网由分布式电源、储能装置、

能量转换装置和负荷等组成，为局部地区提供灵活、可靠的电力供应解决方案，通过构建更加光伏友好的微电网，能够以专线形式带动分布式光伏就近消纳。虚拟电厂建设在未来电力体系中扮演着重要角色，一方面，虚拟电厂有助于平衡电力供需矛盾，实现分布式电源、负荷、储能等协调优化；另一方面，《电力市场运行基本规则》已将虚拟电厂作为新型主体纳入电力市场经营主体。用户光伏、储能、虚拟电厂的一体化电力托管业务更适合以虚拟电厂或者微电网经营主体的身份参与电力市场交易，更加灵活地以买方或卖方参与电力交易，为用户创造更大价值。

第五，分布式光伏配置储能将成为缓和消纳矛盾的重要一步，分布式配储的未来发展趋势聚焦于灵活性与系统性，核心模式包括集中汇流配储与台区云储能，后者尤为强调共享机制。其中网侧储能强调共享理念，旨在通过电网调度实现资源优化配置，预防无序扩张，确保储能参与需求侧响应。电网角色转型为稳定盈利的通道，不直接承担新能源投资风险。随着新能源装机增长与电价机制调整，传统峰谷套利模式面临挑战，用户侧储能尤需转型。当前用户侧储能市场竞争激烈，高成本叠加有限的市场容量，迫使行业寻找新出路。“光储一体化”成为关键思路，即将光伏与储能视为整体解决方案而非独立元素，依据实际用电需求而非屋顶面积配置资源，以实现系统整体经济性与适应性最优。此举有助于提升储能项目在未来电力市场中的竞争力与可持续性。在用户端，随着分时电价的调整，用户的用能结构将得到改变，光伏+储能共同参与电力市场出现峰谷套利的空间。工商业储能有望在相关标准出台后，安全性和经济性得到有效提升，满足分布式光伏“自发自用”的核心要求。

3.2 中国分布式光伏高质量发展的政策建议

第一，电网方面应积极回应分布式光伏并网需求，加大力度实施对主配电网的升级改造，因地制宜与各方协商化解消纳难题。针对分布式光伏并网规模快速增长造成电网可开放容量不足等问题，应加强电网基础设施建设，加快推进配套电网规划、改造和建设工作，提升电网承载力和灵活性。通过改造中低压电网，扩大电网可接入容量，切实保障分布式光伏并网需求。各地电网还应启动专项配电网规划工作，将分布式光伏开发规模和布局作为规划重要边界条件予以明确，根据分布式光伏发展现状、资源情况、负荷水平和电网承载力等，组织编制建设改造实施方案，有针对性地做好分布式光伏项目的接网消纳方案。

电网企业应秉承开放包容的心态接受多元社会主体参与责任分担，在顶层政策和各方共识的基础上，推动社会资本更好的参与构建新型电力系统，引导电源侧、电网侧、负荷侧和独立储能等主动作为，实现科学健康发展，促进分布式光伏发电就近、高效消纳。

第二，深化电力体制改革，建立有利于分布式光伏商业模式创新的市场交易环境。进一步鼓励消纳可再生能源为主的增量配电网、微电网、源网荷储一体化项目等新型经营主体发展，保障该类业态公平公正参与电力市场。积极探索分布式光伏分时上网电价机制，释放需求侧潜力，推动分布式光伏参与电力市场交易。制定分布式光伏电力市场交易规则，明确交易条件以及各参与主体的权利、责任和义务。省电力交易中心定期组织分布式光伏发电企业常态化参与省内电力市场绿电交易，鼓励分布式光伏的光储直柔、源网荷储、虚拟电厂、多能互补等聚合模式，参与绿电交易。鼓励分布式光伏项目单位、电力用户和电网企业签订三方供电用电合同，通过虚拟电厂等聚合方式构建分布式发电市场交易平台，实现多方共赢。

第三，进一步发挥新型储能助力分布式光伏的系统消纳和平衡作用。无论是电源侧、电网侧、用户侧等场景，还是集中汇流+储能等不同模式，各地需要因地制宜探索符合当地需求的技术路线，尤其注重在负荷侧和电网侧配置储能以助力分布式光伏的就地消纳和协同发展。2024年新型储能被首次写入《政府工作报告》，同年国家发展改革委、国家能源局联合印发《关于加强电网调峰储能和智能化调度能力建设的指导意见》，要求到2027年保障新型储能市场化发展的政策体系基本建成。能源局和发改委等有关部门应尽快出台完善针对储能的实施规范和适配标准，并明确各级主管部门的监管责任以加快储能市场化模式的落地实践。

第四，大力发挥分布式光伏与储能、新能源汽车等在推动全面乡村振兴中的协同增效作用。面对当前农村绿电负荷缺乏、光伏消纳场景单一等问题，政府部门应积极推动分布式光伏与储能、新能源汽车等产业的融合发展，为农村地区分布式光伏发展提供更多就地消纳和应用场景。地方能源和发改部门应积极统筹“新能源汽车下乡”和“千家万户沐光行动”在推动乡村能源革命的战略协同，发挥分布式光伏与储能、新能源汽车的产业联动作用，加快农村电网的升级改造和村镇充换电设施建设，因地制宜推广“光储充”一体化试点，以

推广更多居民实现“自发自用”和就地消纳，培育乡村绿色增长新动能，以农村新兴产业发展带动新就业机会，进一步提升农村居民的低碳意识和绿色消费水平，让分布式光伏真正有效赋能乡村能源转型，创造县域经济绿色增长新动能，为巩固扶贫成果和实现共同富裕创造更多绿色价值。

参考文献

- [1] 国家能源局. 2024 年上半年光伏发电建设情况[EB/OL]. 2024.07. https://www.nea.gov.cn/2024-07/25/c_1310782757.htm
- [2] 人民网. 户用分布式光伏助力乡村全面振兴[EB/OL]. 2024.06. http://paper.people.com.cn/rmrbhwb/html/2024-06/17/content_26063847.htm
- [3] 国家能源局. 2014 年光伏发电统计信息[EB/OL]. 2015.03. https://www.nea.gov.cn/2015-03/09/c_134049519.htm
- [4] 国家能源局. 2023 年光伏发电建设情况[EB/OL]. 2024.02. https://www.nea.gov.cn/2024-02/28/c_1310765696.htm
- [5] IRENA. Renewable capacity statistics 2024[EB/OL]. 2024.03. <https://www.irena.org/Publications/2024/Mar/Renewable-capacity-statistics-2024>
- [6] IEA. Energy system of China[EB/OL]. <https://www.iea.org/countries/china>
- [7] 国家能源局. 光伏扶贫：建设任务全面完成，扶贫方式广受欢迎[EB/OL]. 2020.10. https://www.nea.gov.cn/2020-10/30/c_139478911.htm
- [8] 国家发展和改革委员会. 关于发挥价格杠杆作用促进光伏产业健康发展的通知（发改价格〔2013〕1638 号）[EB/OL]. 2013.8. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/201308/t20130830_963934.html
- [9] 国家发展和改革委员会. 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）[EB/OL]. 2017.12. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghxwj/201712/t20171222_960932.html
- [10] 国家发展和改革委员会. 关于 2018 年光伏发电有关事项的通知（发改能源〔2018〕823 号）[EB/OL]. 2018.06. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/201806/t20180601_962736.html
- [11] 国家能源局. 2018 年光伏发电统计信息[EB/OL]. 2019.03. https://www.nea.gov.cn/2019-03/19/c_137907428.htm
- [12] 信达证券. 新能源发展的消纳风险研究[EB/OL]. 2023.05. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1765397008227556885&wfr=spider&for=pc>
- [13] 新华网. 山东省加快推进大型清洁能源基地建设[EB/OL]. 2024.09. <http://sd.news.cn/20240919/4a767ea262c54c1a803366937cb7fd9d/c.html>
- [14] 界面新闻. 6.8 万家企业扎堆，连续七年装机第一，山东光伏为啥这么牛？[EB/OL]. 2023.10. <https://www.jiemian.com/article/10231070.html>

- [15] 国家能源局. 2017 年光伏发电新增装机 5306 万千瓦居可再生能源之首[EB/OL]. 2018.01. https://www.nea.gov.cn/2018-01/24/c_136920159.htm
- [16] 国家能源局. 2019 年光伏发电并网运行情况[EB/OL]. 2020.02. https://www.nea.gov.cn/2020-02/28/c_138827923.htm
- [17] 国家能源局. 2021 年光伏发电建设运行情况[EB/OL]. 2022.03. https://www.nea.gov.cn/2022-03/09/c_1310508114.htm
- [18] 国家能源局. 2022 年光伏发电建设运行情况[EB/OL]. 2023.02. https://www.nea.gov.cn/2023-02/17/c_1310698128.htm
- [19] 山东省能源局. 山东省整县（市、区）屋顶分布式光伏规模化开发试点工作方案[EB/OL]. 2021.12. http://nyj.shandong.gov.cn/art/2021/12/31/art_59960_10291032.html
- [20] 国家能源局. 2015 年光伏发电相关统计数据[EB/OL]. 2016.02. https://www.nea.gov.cn/2016-02/05/c_135076636.htm#:~:text=2015%E5%B9%B4%E5%85%89%E4%BC%8F%E5%8F%91%E7%94%B5%E7%9B%B8
- [21] 国家能源局. 2016 年光伏发电统计信息[EB/OL]. 2017.02. https://www.nea.gov.cn/2017-02/04/c_136030860.htm#:~:text=%E6%88%AA%E8%87%B32016%E5%B9%B4%E5%BA%95%EF%BC%8C%E6%88%91
- [22] 山东省能源局. 关于发布分布式光伏接入电网承载力评估结果的公告[EB/OL]. 2023.12. http://nyj.shandong.gov.cn/art/2023/12/18/art_59960_10302214.html
- [23] 江苏省发展改革委. 江苏省“十四五”可再生能源发展专项规划[Z]. 2022.06.30.
- [24] 国家能源局. 关于公布整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点名单的通知[EB/OL]. 2021.09. https://zfxgk.nea.gov.cn/2021-09/08/c_1310186582.htm
- [25] 江苏省统计局. 2023 年江苏经济“成绩单”出炉[EB/OL]. 2024.01. https://tj.jiangsu.gov.cn/art/2024/1/29/art_85272_11138445.html
- [26] 江苏省统计局. 2023 年 1-12 月江苏省主要统计指标[EB/OL]. https://tj.jiangsu.gov.cn/art/2024/1/29/art_88090_11138599.html
- [27] 南通市人民政府. 半导体光电产业链园项目落户南通高新区[EB/OL]. 2020.05. <https://www.nantong.gov.cn/ntsrnzf/sxcz/content/4cc1796f-2b95-482c-abda-0eeae2ee55b6.html>

- [28] 昆山市人民政府. 昆山特色专业创业园区“长”出经济新生态! [EB/OL]. 2023.08. <https://www.ks.gov.cn/kss/ttxw/202308/5d830588ae234a6095f27a51cc810c1e.shtml>
- [29] 前瞻产业研究院. 江苏省产业园区规划[EB/OL]. <https://f.qianzhan.com/yuanqu/diqu/32/>
- [30] 中国经济网. 赛迪顾问发布园区高质量发展百强（2023）[EB/OL]. http://www.ce.cn/cysc/newmain/yc/jsxw/202307/05/t20230705_38618861.shtml
- [31] 苏州工业园区管理委员会. 园区简介[EB/OL]. 2024.02. https://www.sipac.gov.cn/szgyyq/yqjj/common_tt.shtml
- [32] 苏州市人民政府. 苏州概括[EB/OL]. <https://www.suzhou.gov.cn/szsrnzf/szgl/szgl.shtml>
- [33] 苏州工业园区管理委员会. 园区月度统计资料（202012）[EB/OL]. 2021.02. https://www.sipac.gov.cn/szgyyq/xhtml/sjzf_detail.html?id=79398
- [34] 苏州工业园区管理委员会. 园区月度统计资料（202112）[EB/OL]. 2022.01. https://www.sipac.gov.cn/szgyyq/xhtml/sjzf_detail.html?id=79394
- [35] 苏州工业园区管理委员会. 园区月度统计资料（202212）[EB/OL]. 2023.01. https://www.sipac.gov.cn/szgyyq/xhtml/sjzf_detail.html?id=84960
- [36] 苏州工业园区管理委员会. 园区月度统计资料（202312）[EB/OL]. 2024.02. https://www.sipac.gov.cn/szgyyq/xhtml/sjzf_detail.html?id=95712
- [37] 苏州市人民政府. 部分年份用电量情况[EB/OL]. 2024.06. <https://www.suzhou.gov.cn/szsrnzf/szsqsl2022/202406/2d1ffeed40ff4d8e9e330621d38f45fd.shtml>
- [38] 可持续发展网. 国网苏州供电：建设区域分布式光伏碳普惠市场，“化零为整”激发减碳活力[EB/OL]. 2024.01. <http://sdg-china.net/NewsList/info.aspx?itemid=69473>
- [39] 北极星太阳能光伏网. 江苏分布式光伏市场潜力约为一亿千瓦[EB/OL]. 2024.04. <https://mguangfu.bjx.com.cn/mnews/20240425/1373733.shtml>
- [40] 国家统计局. 电力统一大市场建设取得新成效[EB/OL]. 2024.08. https://www.nea.gov.cn/2024-08/16/c_1310784517.htm

GREENPEACE 绿色和平

绿色和平是一个全球性环保组织，
致力于以实际行动推动积极的改变，
保护地球环境。

地址：北京东城区东四十条94号亮点文创园A座201室

邮编：100007

电话：86 (10) 65546931

传真：86 (10) 64087851

www.greenpeace.org.cn