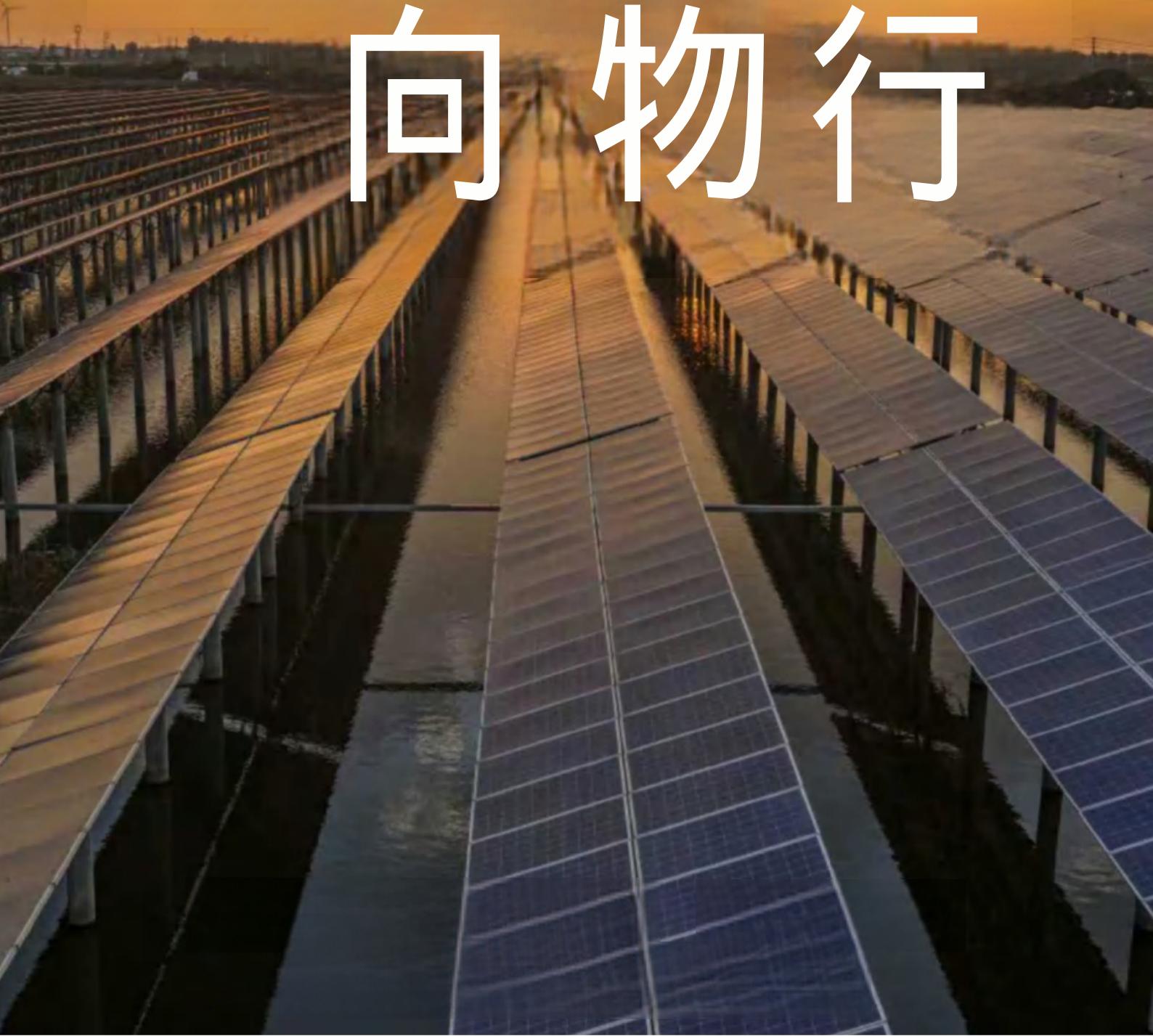


2025中国光伏建设进展报告

# 收低 向物行



## 编写单位

### 公众环境研究中心

公众环境研究中心（IPE）是一家在北京注册的公益环境研究机构。自 2006 年 6 月成立以来，IPE 致力于收集、整理和分析政府和企业公开的环境信息，搭建环境信息数据库和“蔚蓝地图”网站、“蔚蓝地图”APP 两个应用平台，整合环境数据服务于绿色采购、绿色金融和政府环境决策，通过企业、政府、公益组织、研究机构等多方合力，撬动大批企业实现环保转型，促进环境信息公开和环境治理机制的完善。

### 绿色江南

绿色江南公众环境关注中心是一家 2012 年 3 月 22 日在苏州注册成立的环保公益组织。绿色江南始终秉承着

“我们消灭污染，不是消灭污染企业，而是推动污染企业治理污染，从而消灭污染”的工作态度，坚持以“在监督中服务，在服务中监督”的工作方式开展工作，充分与生态环境部门保持友好合作，促进企业节能减排，主动承担社会责任，实现多元共治，社会共享，人人支持环保，人人参与环保的大格局。

## 技术指导单位

### 中国环境科学研究院 (CRAES)

中国环境科学研究院 (Chinese Research Academy of Environmental Sciences, CRAES) 是国家级社会公益非营利性科研机构，成立于 1978 年 12 月 31 日，业务上接受中华人民共和国生态环境部指导。作为生态环境领域的科研国家队和主力军，CRAES 长期围绕国家可持续发展战略，开展创新性、基础性重大环境保护科学研究，致力于为国家经济社会发展和环境决策提供战略性、前瞻性和全局性的科技支撑，服务于经济社会发展中重大环境问题的工程技术与咨询需要。

## 编写组成员

执笔：马军、沈苏南、方应君、阳平坚

参与调研：何继江、吴昌华、郭红艳、金哲、陈靖、肖媛媛、张慧文、鲁丽、金心妮、韦伟、张楠、李思楠、

设计与可视化：石欢、郭华鑫

## 报告联系人

ipe@ipe.org.cn

lvse\_jiangnan@126.com

## 免责声明

本研究报告由公众环境研究中心（IPE）和绿色江南（PECC）撰写，研究报告中所提供的信息仅供参考。本报告根据公开、合法渠道获得相关数据和信息，并尽可能保证可靠、准确和完整。

本报告不能作为 IPE 或绿色江南承担任何法律责任的依据或者凭证。IPE 和绿色江南将根据相关法律要求及实际情况随时补充、更正和修订有关信息，并尽可能及时发布。IPE 和绿色江南对于本报告所提供信息所导致的任何直接的或者间接的后果不承担任何责任。如引用发布本报告，需注明出处为 IPE 和绿色江南，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

本报告之声明及其修改权、更新权及最终解释权均归 IPE 所有。

## 前言

从烟雨江南的粉墙黛瓦，到华北平原的广袤田野；从岭南丘陵的层层梯田，到西部戈壁的浩瀚沙海，直至雪域高原的离天最近处——一片片深蓝的光伏板，正以惊人的速度，在中国大地上延伸。

在东中部地区，分布式光伏如星辰般洒落，在城市的屋顶、工厂的厂区、乡村的庭院遍地开花；在辽阔的西部大地，集中式光伏电站宛如一片片蓝色海洋，在无垠的荒漠、苍茫的戈壁、巍峨的高原上铺展开来，将太阳无尽的能量转化为清洁电力。截至 2025 年 7 月，这幅蓝色画卷的总装机量已达到惊人的 11.1 亿千瓦，较去年同期增长 50.8%。

中国的光伏图景正在以惊人的速度延展。2024 年，中国光伏新增装机量占全球新增光伏装机量的 61.24%，连续十一年蝉联全球首位，光伏发电量贡献了全球光伏发电量的 39.38%。当 2025 年第一季度，中国风电和光伏发电累计装机量达到 14.82 亿千瓦，历史性超越火电装机量（14.51 亿千瓦）的时刻，中国能源体系正式迈入了“风光领跑”的新纪元。中国不仅提前六年实现了气候雄心目标（风光发电装机量 12 亿千瓦），还为全球实现可再生能源三倍目标注入了强劲动能。

在这片蓝色版图上，每一块光伏板都在讲述自己的故事。东中部的分布式光伏，是能源革命的“毛细血管”。大量的光伏发电设施深入负荷中心，让电力的生产与消费前所未有地贴近，在每一片可利用的屋顶、每一寸闲置的土地上生根发芽，让工厂更绿，助力全球产业链加速脱碳。在广大乡村，分布式光伏的推广助力推进能源普惠，成为农村参与能源转型的载体，为实现联合国可持续发展目标（SDG）7 设定的“确保人人获得可负担、可靠和可持续的现代能源”提供了可行路径。屋顶上的一面面微光，正在汇聚成改变生活、赋能社区的强大力量。

西北无垠的旷野，是阳光最为慷慨的地方。这里的集中式光伏电站成为支撑能源转型的“主动脉”。在曾经被视为“不毛之地”的荒漠戈壁上，建立起一座座清洁能源的大型工程。在世界屋脊青藏高原，光伏阵列在稀薄的空气中汲取耀眼的阳光，转化为绿色电能，减少化石能源燃烧带来污染和碳排放，为应对全球环境和气候挑战添砖加瓦。

光伏地图清晰地显示着这些“蓝色能源基地”的密度与规模。它们不仅源源不断地输送着绿色电力，支撑起东部发展的脉搏，更在荒漠治理、生态修复和促进当地经济发展方面展现潜力。

从全球来看，集中式光伏电站的规模化建设，也可能引发土地利用、生态扰动及社区问题。应对这些挑战，多地在近年来的光伏建设中，探索农光互补、渔光互补、牧光互补，建设光伏扶贫项目，以及将光伏发电和采煤/采矿沉陷区和石漠化山区修复相结合，实现能源转型与土地可持续利用的共赢。

在部分偏远地区，一批分布式光伏成了阳光银行，为村民带来收益；在西北干旱地区，部分光伏电站转化阳光能量的同时，通过减少蒸发留住更多水分，助力荒漠化治理。在东中部的广袤农田，一些光伏电站拓展“棚顶发电、棚下种植”的双赢路径，一批水上光伏项目在探索为渔民开拓新的收入来源；在西南石漠化山区，部分光伏项目已经开始尝试将发电与修复结合；在北方采煤塌陷区，光伏电站成为新的土地利用形式，一些地区也在探索“板上发电、板下修复，板间种植”。

在“双碳”目标引导下，中国光伏在技术创新能力、生产能力和市场应用能力等方面领跑全球。从星罗棋布的分布式微光，到规模庞大的集中式阵列，中国光伏建设的扩展，是全球能源转型的最大尝试。而这样大规模的低碳能源转型，也不可避免地面临用地、建设、储能、传输、应用等多方面挑战，对传统的能源体系带来改变，对固有的利益格局带来冲击。

我们期待各界更多关注光伏发电建设，通过政策优化、机制改善、技术创新，促进产业实现绿色能源转型和可持续发展的深度结合，为建设美丽中国、守护地球家园，做出更大的贡献。

光之所及，未来已来。

## 摘要

2025年，正值《巴黎协定》签署十周年与中国“双碳”目标提出五周年。面对日益严峻的全球气候危机和复杂多变的国际形势，中国坚定履行气候承诺，大力推进能源转型，在光伏建设领域取得了举世瞩目的成就，助力中国实现双碳目标和经济社会的可持续发展的同时，也为全球应对气候变化注入了强大动力。

十亿千瓦  
向光而行



# 01

## 中国光伏建设 取得惊人进展

中国光伏产业在过去十年间实现了跨越式发展，装机容量与发电量均呈现爆发式增长，成为全球能源转型的主要引擎。

### 光伏装机与发电量高速增长

2013年至2024年，中国太阳能发电装机量从1589万千瓦激增至8.8亿千瓦，增长56倍，年均增速高达44%。光伏装机占全国总装机量的比重从1.41%提升至26.48%。2024年，风电与光伏总装机量已达14亿千瓦，提前六年实现2030年目标。

2025年1月至7月，中国新增光伏装机2.23亿千瓦，累计装机规模突破11亿千瓦。该装机规模年发电量能够替代1.56亿吨标准煤，大幅度避免碳排放。自“双碳”目标发布以来，新增光伏装机量持续超越火电，2025年1-7月新增光伏装机量是新增火电的5.3倍，表明中国的电力系统增量正快速实现清洁化。

在发展模式上，集中式光伏与分布式光伏齐头并进。截至2025年二季度，集中式光伏并网容量为6.05亿千瓦（55.2%），分布式光伏并网容量为4.92亿千瓦（44.8%）。

光伏发电量也同步实现高速增长。2013年至2024年，中国太阳能发电量从84亿千瓦时增至8390.4亿千瓦时，增长近100倍，占总发电量的比重从0.2%跃升至8.3%。2024年，太阳能发电量已能满足中国城镇居民的年生活用电需求。

### 东中西部光伏发展各有侧重

为最大化利用资源禀赋并适应经济社会需求，中国光伏建设因地制宜，形成了鲜明的“西集东散”发展格局。

在广袤的西部地区，一批国家级清洁能源基地正在崛起。内蒙古、青海、新疆、甘肃、宁夏等西北省区，凭借沙漠、戈壁、荒漠带来的土地资源和优越的光照条件，大力发展集中式光伏发电。

以青海省为例，通过建设大规模光储项目和多能互补系统，青海新能源装机占比全国第一，人均光伏装机量高达6.2千瓦。为促进“绿电”外送，青海电网近年来发展全面提速。2020年，世界首条以输送新能源为主的输电大通道——青豫特高压直流工程建成投运。2025年，青豫直流最大运行功率提升至600万千瓦，累计输送电量超过600亿千瓦时，外送范围拓展至15个省区市，青海绿电点亮了北京大兴机场和杭州亚运会赛场。

中部地区集中式和分布式建设并行。中部地区可供大规模光伏建设的土地资源不如西部充裕，当地利用沙漠化、石漠化地区，丘陵缓坡的低效利用地，采煤采矿沉陷区，以及鱼塘水面等，建设了一批集中式光伏发电项目。而在人口密集的平原地区，比如

农业大省河南的平原地区，则以发展分布式光伏为主。

东部地区的特点是人多地狭，但贴近电力负荷中心。在山东、江苏、浙江、广东等沿海省份，见缝插针的分布式光伏成为发展的重点。这些省份的分布式光伏装机占比远超全国平均水平。

山东通过“整县屋顶光伏开发”模式，调动地方政府、企业和居民的积极性，工商业和户用光伏双轮驱动，光伏总装机量全国第一，全省的光伏总装机量可位居世界第六。近年来，山东探索虚拟电厂、现货交易等机制，为高渗透率分布式能源系统的运行探索经验。

作为制造业强省和全球供应链基地，江苏、浙江和广东2025年上半年工商业光伏增量排名全国前三位，工商业光伏并网容量占分布式光伏比重高达66.4%、88.2%和85.1%。得益于其庞大的厂房资源和强劲的产业链绿电需求，苏浙粤将分布式光伏与高端制造业深度融合，助力产业链实现低碳转型的同时，促进了对分布式光伏发电的有效消纳。

# 02

## 直面挑战，探 索创新解决方 案

随着光伏等新能源占比快速增长，其波动性、不稳定性、储能不足、电网承载力有限等问题日益凸显。同时，大规模光伏建设也带来了土地利用、生态环境和社会影响等挑战。为此，各方积极探索创新解决方案，力求实现光伏建设与可持续发展的协同。

### 应对生态环境和社会影响

针对部分光伏项目违规占用耕地、林地、河湖及生态保护区的情况，国家出台《关于支持光伏发电产业发展规范用地管理有关工作的通知》，明确规定光伏方阵用地严禁占用耕地和生态敏感区，优先利用沙漠、戈壁等未利用地。水利部也出台政策，防止光伏电站建设对防洪、供水和水生态环境造成影响。

中国积极探索“光伏+”模式以应对生态挑战。国家林草局等三部门联合印发《三北沙漠戈壁荒漠地区光伏治沙规划》，旨在到2030年新增光伏装机2.53亿千瓦，治理沙化土地1010万亩。采煤沉陷区通过安装光伏设施“板上发电、板下修复”。在西南石漠化地区，光伏建设不仅提供清洁电力，还通过替代薪柴消费巩固石漠化防治成效。

此外，各地还通过农光互补、渔光互补、牧光互补、林光互补等模式，探索提升土地利用效率，避免侵占优质耕地，并创造就业机会，促进乡村经济增长。例如，江苏盐城阜宁县的协鑫新能源农光互补项目，通过高支架、宽行距保障农作物日照，实现“板上发电、板下种植”，带动农民增收。

光伏结合公共建筑和基础设施也成为重要方向，如中国船舶燃料有限责任公司江阴碳中和水上绿色综合服务区安装大功率光伏系统，在满足自身用电的同时为船只提供岸电服务，减少碳排放。



### ● 应对集中式光伏弃光挑战

近年来，中国光伏发电站的平均利用小时数和有效利用率呈下降趋势，弃光问题在一些地区较为突出。为此国家层面出台政策，加强电网调峰、储能和智能化调度能力建设，提升跨区域电力互济能力，促进可再生能源的有效消纳。

在西部大型光伏基地，配建储能设施已成常态。“光伏+储能”模式助力平滑输出、减少弃光，还能参与电网调峰调频。部分项目更进一步探索“光氢储”一体化，将多余电力用于电解水制氢，实现绿电的就地高效转化和存储。根据《新型储能规模化建设专项行动方案（2025—2027年）》，截至2024年底，我国已建成投运新型储能项目累计装机规模达7376万千瓦/1.68亿千瓦时，约为“十三五”末的20倍，较2023年底增长超过130%。

### ● 应对分布式光伏消纳难题

2021年，国家能源局启动整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点，有力推动分布式光伏快速发展。然而，快速的装机节奏也带来消纳空间告急、并网困难等问题，例如山东省曾出现负电价现象。

为规范分布式光伏发展，2025年1月，国家能源局修订印发《分布式光伏发电开发建设管理办法》，覆盖项目全生命周期管理，要求电网企业提供差异化接入服务，省级能源主管部门建立配电网可开放容量预警机制，并要求新建分布式光伏项目实现“可观、可测、可调、可控”。

针对农村分布式光伏发展中遭遇的瓶颈，国家能源局发布《关于进一步组织实施好“千家万户沐光行动”的通知》，强调尊重农民意愿，规范市场秩序，保障农户利益，并将光伏建设与美丽乡村建设相结合，提升农村能源普惠水平；要求电网企业加强配套电网改造升级，保障农村地区分布式光伏可持续发展。山东、浙江等省积极探索，采取底线调控、鼓励配储、完善电力市场、农网升级改造、推进乡村电气化等方式，提升电网承载力。

## 03

### 助力全球达成可再生能源三倍计划

尽管面临诸多挑战，但全球从化石燃料转向清洁能源的趋势不可逆转。中国光伏发电的崛起不仅改变了自身的能源结构，更在全球范围内承担了“压舱石”和“发动机”角色。

### ● 联合国强调抓住清洁能源机遇时刻

联合国最新报告显示，全球可再生能源装机容量已接近化石燃料，几乎所有新增发电能力都来自可再生能源，其发电量已占全球总发电量的三分之一。联合国秘书长古特雷斯指出，清洁能源时代已然到来，2023年全球清洁能源投资达2万亿美元，已超过化石燃料。太阳能和海上风能成本大幅下降，清洁能源行业已创造近3500万个就业岗位。清洁能源不仅促进绿色增长，保障能源安全，还能实现能源普惠，为全球应对气候变化带来希望。

### ● 中国光伏大幅领跑，其他地区滞后于气候目标

中国在全球光伏建设中扮演着核心角色。2024年中国光伏新增装机量达2.78亿千瓦，占全球新增光伏装机量的61.5%。中国光伏累计装机量已超过全球排名第二至第三十一位国家的总和，光伏发电量占全球光伏发电量的39.1%，超过全球排名第二至第九位国家的总和。在新型储能方面，中国新增装机规模接近全球第二至第十位新增装机总和的两倍。

但若不考虑中国这一“强劲发动机”，其他国家和地区可再生能源增速远低于COP28“可再生能源装机容量增至3倍”目标所需的速度。除中国以外的新兴市场和发展中经济体则面临债务负担重、融资成本高、电网老旧、技术落后、人才短缺等挑战，清洁能源投资远低于可持续发展目标所需水平。

### ● 保障各国都能“用得上、用得起、用得好”

中国不仅大力推动自身能源转型，也通过技术创新和产业输出，降低了全球能源转型成本，为能源普惠和应对气候变化做出了重要贡献。“十四五”期间，中国光伏产业“出海”已从产品销售转向技术和资本输出。据统计，中国已在海外投资建设了143个光伏电厂，进一步促进了全球光伏发展。

《自然》一项定量研究估计，从2008年到2020年，全球化的光伏组件市场为美德等国节省了数十亿到上百亿美元。另一项研究表明，2024年中国出口的清洁能源装备在海外投入使用后，每年将避免碳排放量达2.2亿吨。



### ● 全民参与迈向清洁能源新时代

一个清洁能源的新时代正在到来。作为全球最大的光伏市场和生产国，中国如何解决高比例可再生能源并网，如何平衡能源发展与生态保护，如何构建健康的分布式能源市场，不仅关系到自身“双碳”目标的实现，其探索的路径、制定的标准和形成的经验，都将为世界其他国家提供关键的“中国方案”和实践借鉴。

通过多方参与的“每人一千瓦”光伏项目，课题组看到中国蓬勃发展的分布式光伏正在带动更多场景、更多类型利益主体参与，共享能源普惠的红利，实现环境、经济、社会多个可持续发展目标，为公众带来实实在在的“参与感”和“获得感”。

浙江省杭州市临安区是其中一个突出的案例。以“每人一千瓦光伏”倡议为牵引，临安区积极构建政策引领、产业协同、技术支撑与民生共富相结合的“临安模式”，努力破解县域光伏发展的用地、融资与技术瓶颈，实现光伏项目的高质量、规模化落地，为“整县推进”光伏项目提供可复制样本。

近期出现的 RWA（现实世界资产）投融资探索，有望为光伏资产流动性提升和绿色项目融资开辟新路径。

将十四亿千瓦的宏大叙事分解为“每人一千瓦”的个体参与，动员全社会力量，不但将进一步激发中国的能源转型活力，同时也会为世界提供气候融资的创新思路，助力全球可再生能源三倍目标的实现，助力人类迈向一个更加清洁、公平和可持续的未来。



## 04

### 战略建议 与行动方向

## 05

### 结语

报告提请关注古特雷斯秘书长提出的六点建议，包括通过新的国家气候计划，全力推进能源转型，兑现到 2030 年可再生能源产能增加两倍的全球承诺，建设 21 世纪能源系统，用可再生能源满足 AI 等所有新增电力需求，帮助低收入国家实现能源公正转型，通过贸易和投资推动新能源时代向前发展。

为应对气候变化，加速光伏建设和绿色转型，报告也提出六项政策建议：一是制定长期发展战略，强化顶层设计，建立跨部门协同机制；二是构建新型电力系统，加快发展“源网荷储”一体化项目，加快电网基础设施升级，深化电力市场改革，深度融合零碳园区与光伏建设；三是完善“光伏+”标准，布局循环经济，加强光伏组件回收利用；四是优化分布式光伏市场，创新投融资工具；五是建设零碳供应链，推进行业深度脱碳；六是深化光伏国际合作，克服贸易保护主义，发挥光伏巨大减碳作用，造福世界各国人民。

2025 年 9 月 24 日，习近平主席郑重宣布中国新一轮国家自主贡献：“到 2035 年，中国全经济范围温室气体净排放量比峰值下降 7%-10%，力争做得更好。非化石能源消费占能源消费总量的比重达到 30% 以上，风电和太阳能发电总装机容量达到 2020 年的 6 倍以上、力争达到 36 亿千瓦，森林蓄积量达到 240 亿立方米以上，新能源汽车成为新销售车辆的主流，全国碳排放权交易市场覆盖主要高排放行业，气候适应型社会基本建成。”该承诺为中国下一阶段光伏发展确立了清晰的航标，将驱动光伏产业在技术创新、市场稳健、环境友好方面迈出更大步伐，以空前的规模和速度推进能源结构的深度变革，不仅为国内经济的绿色转型提供核心动力，而且在构建高比例可再生能源电力系统方面积累的实践经验与解决方案，能够为世界各国应对气候变化、实现能源自给提供宝贵的借鉴与坚实的产业支持，强有力地推动全球可持续发展进程，共创清洁美丽的未来。



# CONTENTS 目录

前言	02
摘要	03

## 01 中国光伏建设 取得惊人进展

光伏装机高速增长	15
光伏发电量同步迅速增长	18
东中西部光伏发展各有侧重	21

## 02 直面挑战， 探索创新解决方案

应对生态环境和社会影响	37
应对集中式光伏弃光挑战	43
应对分布式光伏消纳难题	47

## 03

助力全球达成 可再生能源三倍计划	53
联合国倡导抓住清洁能源机遇时刻	55
中国光伏建设领跑全球	60
全球其他地区光伏建设滞后于气候目标	63
保障各国都能“用得上、用得起、用得好”	65
全民参与迈向清洁能源新时代	71
创新工具能否打通光伏融资最后一公里？	79

## 04 战略建议 与行动方向

05 结语	86
-------	----

# 01

## 中国光伏建设取得 惊人进展

2025年是《巴黎协定》签署十周年，也是中国提出“双碳”目标五周年。近年来，全球升温不断刷新纪录，极端天气事件此起彼伏，气候危机日益凸显。与此同时，地缘政治紧张给全球合力应对气候变化带来重大挑战，全球碳排放不降反升，《巴黎协定》确立的温升控制目标岌岌可危。面对复杂多变的形势，中国对外坚守气候承诺，对内大力推进能源转型，可再生能源取得惊人进展。

十亿千瓦  
向光而行



摄影：绿色江南

## 光伏装机高速增长

2013 年至 2024 年，中国太阳能发电装机量从 1589 万千瓦增长到 8.8 亿千瓦<sup>1</sup>，是 2013 年的 56 倍。光伏装机年均增速高达 44%，占全国总装机量比重从 1.41% 增长到 26.48%。2024 年，风电、光伏装机量合计达到 14 亿千瓦，提前 6 年超额完成 2030 年风光发电总装机 12 亿千瓦的目标。

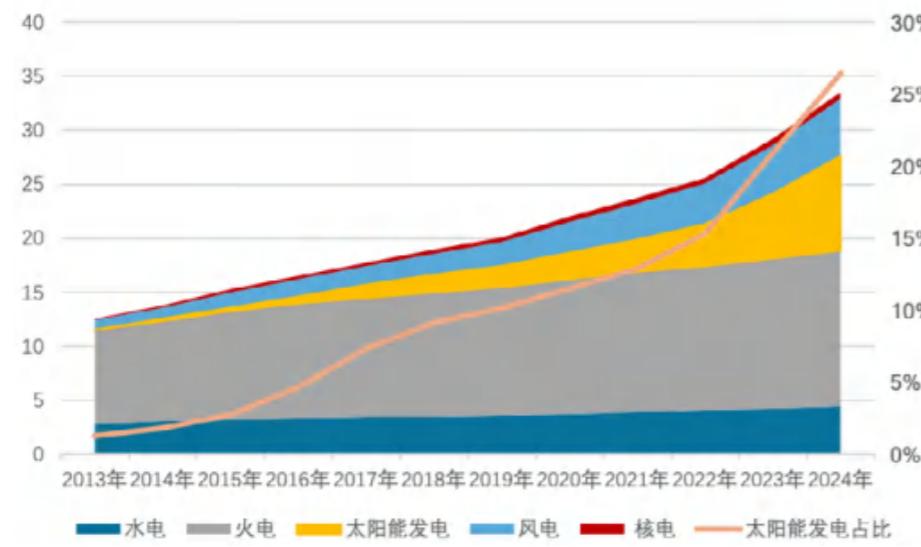


图 1: 2013-2024 年中国各能源类型发电装机量（单位：亿千瓦）

2025 年 1-7 月，中国光伏发电装机量新增 2.23 亿千瓦，光伏发电装机规模突破 10 亿千瓦，达到 11.10 亿千瓦，同比增长 50.8%<sup>2</sup>，相当于约 49 个三峡电站的总装机量，一年大约发电 1.23 万亿千瓦时，可替代 1.56 亿吨标准煤，能够满足近 5 亿户家庭年生活用电需求。



图 3 光伏地图 2016-2024 年中国光伏发电装机量变化

虽然火力发电仍是中国最主要的电力供应来源，但双碳目标发布以来，中国新增光伏发电装机量持续超过火电装机，2025 年 1-7 月新增光伏装机是新增火电装机的 5.3 倍。

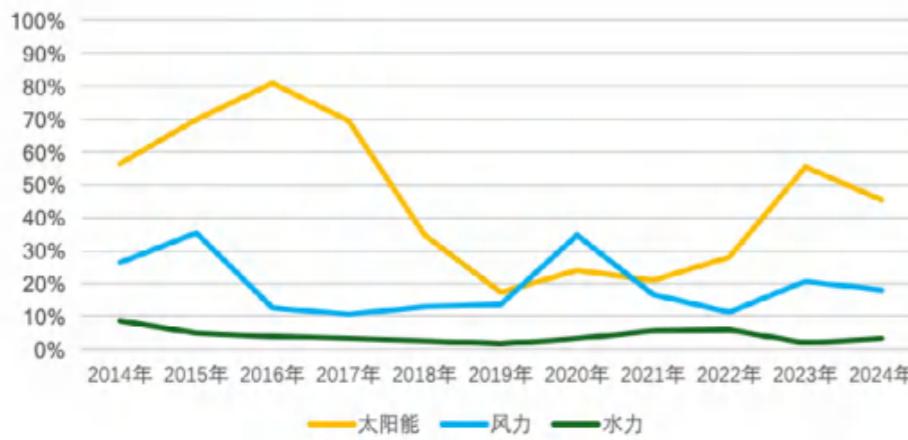


图 2: 中国可再生能源发电装机量增速



图 4 中国新增光伏装机量和火电装机量（单位：万千瓦）

1. 如无特别说明，中国装机量数据来自 2014-2019 中国电力年鉴、2020-2024 中国电力统计年鉴和 2024 年全国电力工业统计数据

2. 国家能源局. 2025 年 1-7 月份全国电力工业统计数据 [EB/OL]. 国家能源局网站 .2025-8-23. <https://www.nea.gov.cn/20250823/7e111f0a60ac44438346bd8332db345e/c.html>

## 光伏发电量同步迅速增长

集中式光伏和分布式光伏建设齐头并进。截至 2025 年二季度，累计集中式光伏并网容量 6.05 亿千瓦，占 55.2%，分布式光伏并网容量 4.92 亿千瓦，占 44.8%。<sup>3</sup>

2013 年 -2024 年，中国太阳能发电量从 84 亿千瓦时增长到 8390.4 亿千瓦时<sup>4</sup>，是 2013 年的 100 倍，占总发电量比重从 2013 年的 0.2% 增长到 2024 年的 8.3%。



图 5: 2021 年 1 季度 -2025 年 2 季度中国季度新增光伏发电并网容量 (单位: 万千瓦)

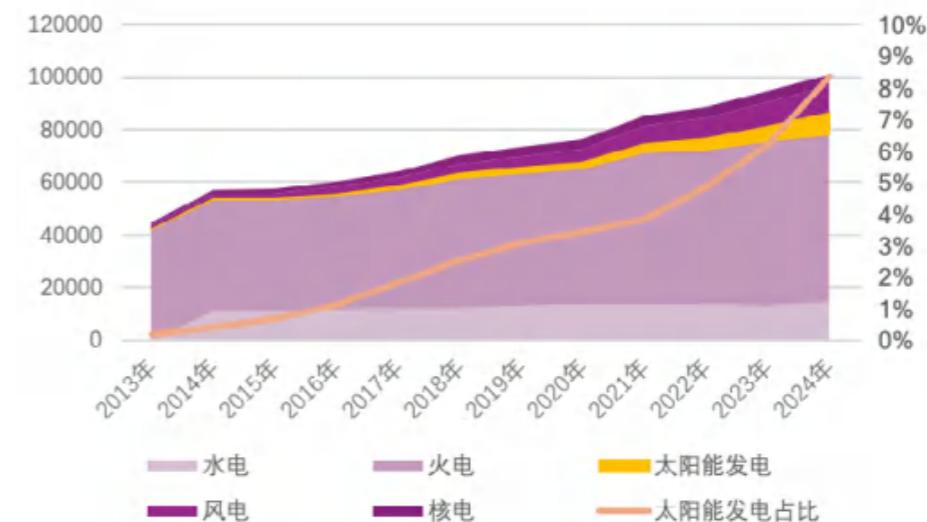


图 7 2013-2024 年中国各能源类型发电量变化 (单位: 亿千瓦时)



图 6: 光伏地图 -2021 年第一季度至 2025 年第一季度中国省级行政区季度累计光伏并网容量 (单位: 万千瓦)

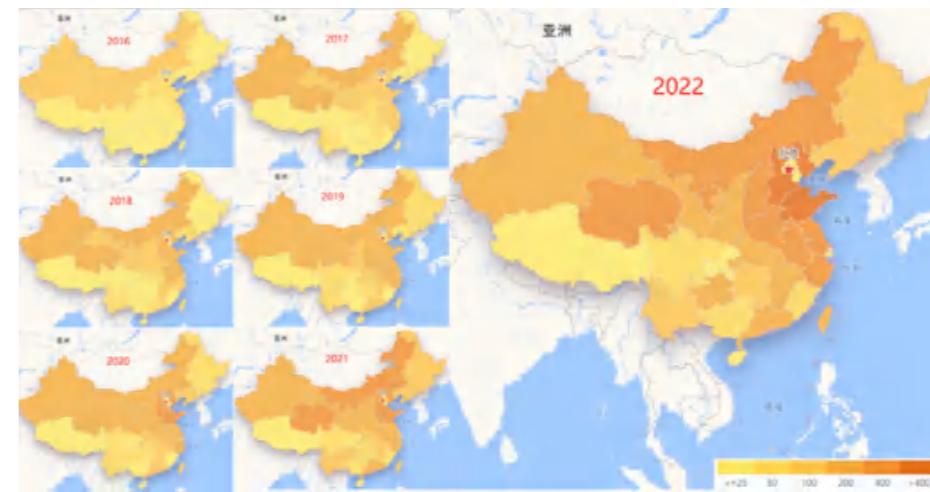


图 8 光伏地图 2016-2022 年全国分省光伏发电量 (单位: 亿千瓦时)

3. 并网容量数据均来自国家能源局新能源司每季度发布的《光伏发电建设情况》。<https://www.nea.gov.cn/sjzz/xny/index.htm>

4. 如无特别说明，中国发电量数据来自 2014-2022 年中国能源统计年鉴和 2024 年中国国民经济和社会发展统计公报

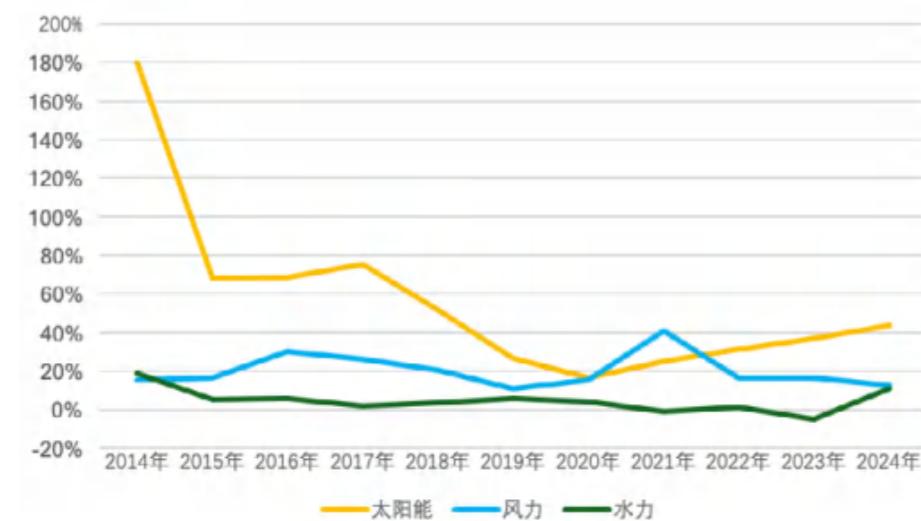


图 9: 中国可再生能源发电量增速

2013-2024 年，中国太阳能发电量占全社会用电量比重从 0.2% 增长到 8.5%。2024 年，中国城镇居民生活用电量为 8341 亿千瓦时<sup>5</sup>，乡村居民生活用电量为 6601 亿千瓦时，意味着太阳能发电量终于可以完全满足城镇居民生活用电需要，满足乡村居民生活用电需要还有较大富余。

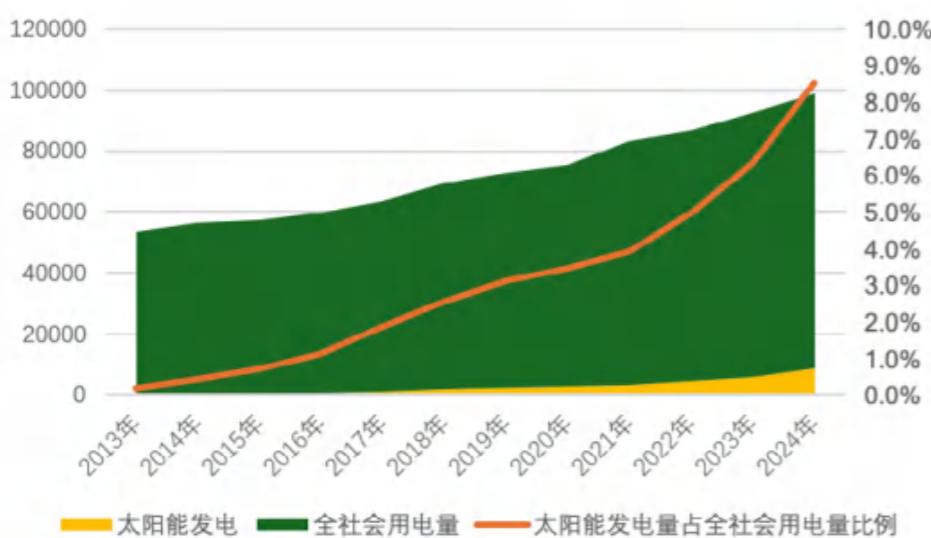


图 10: 2013 年 -2024 年中国太阳能发电量占全社会用电量比重 (发电量单位: 亿千瓦时)

5. 中国电力企业联合会 .2024-2025 年度全国电力供需形势分析预测报告 .[https://www.cpnn.com.cn/news/hy/202501/t20250126\\_1769420\\_wap.html](https://www.cpnn.com.cn/news/hy/202501/t20250126_1769420_wap.html)

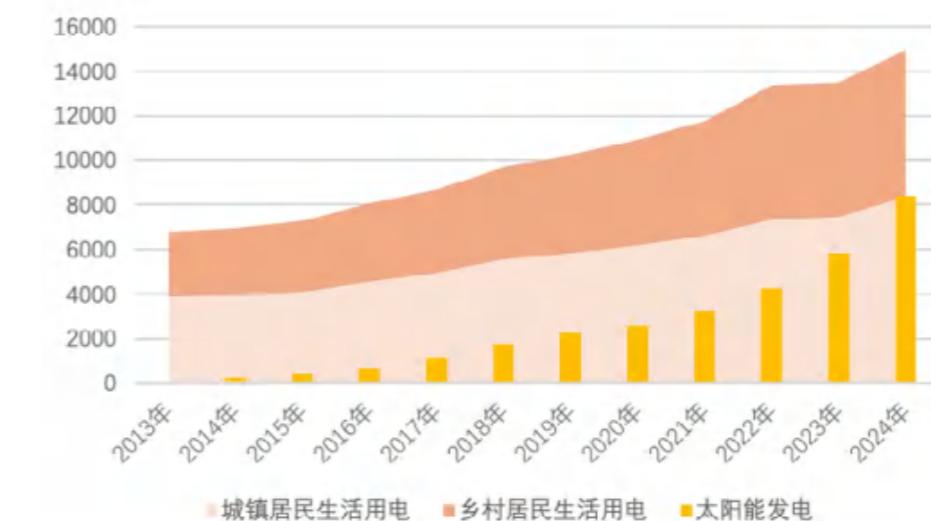


图 11 2013 年 -2024 年城乡居民用电量和太阳能发电量 (单位: 亿千瓦时)

## 东中西部光伏发展各有侧重

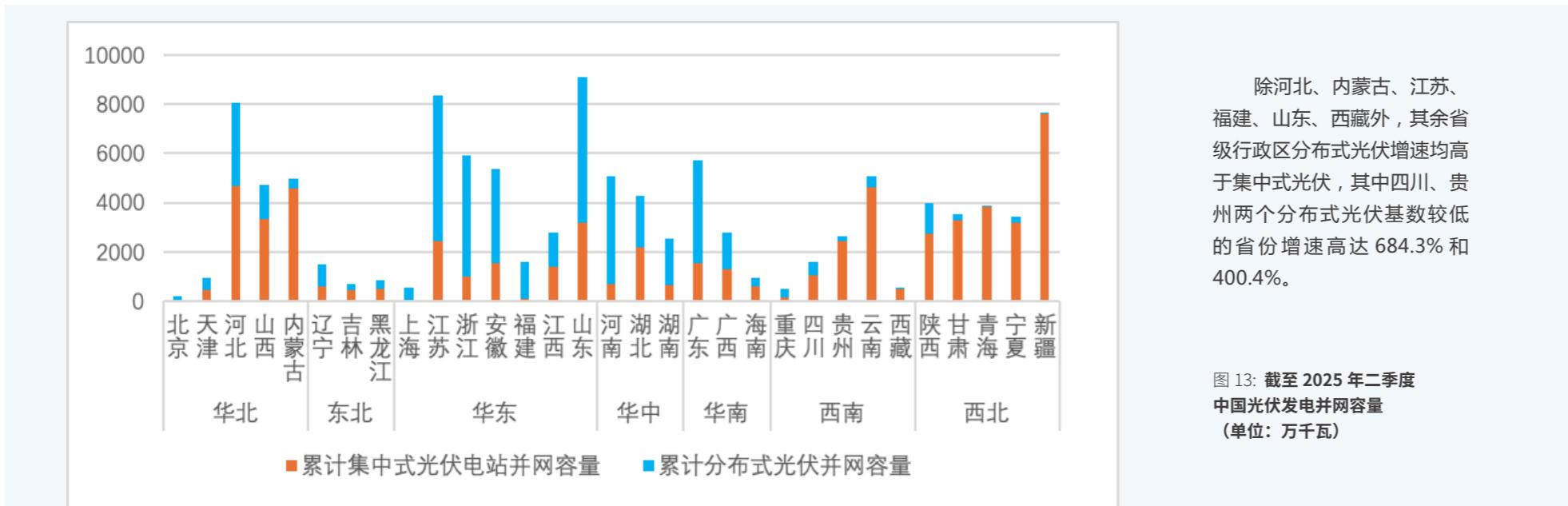
光伏发电按照项目开发建设管理方式不同分为集中式光伏电站和分布式光伏发电两种。分布式光伏电站是指在用户侧开发、在配电网接入、原则上在配电网系统就近平衡调节的光伏发电设施，分为自然人户用、非自然人户用、一般工商业和大型工商业四种类型。<sup>6</sup> 集中式光伏电站是在大面积空旷地带集中建设的光伏发电设施，发电通常直接并入公共电网，接入高压输电系统，由电网统一调配供电。

2024 年以来，中国集中式光伏发展稳定，分布式光伏建设在多省提速。截至 2025 年二季度，累计集中式和分布式光伏发电并网容量较 2024 年同期分别增长了 2.03 亿千瓦和 1.83 亿千瓦。



图 12: 2025 年上半年相对 2024 年上半年累计光伏发电并网容量增速

6. 国家能源局 .《分布式光伏发电开发建设管理办法》问答 (2025 年版) . [https://www.nea.gov.cn/20250411/dca28f9186e848dda1d690d192fa50f8/20250411dca28f9186e848dda1d690d192fa50f8\\_113000de00999043e8a7fe4446dd6d97d8.pdf](https://www.nea.gov.cn/20250411/dca28f9186e848dda1d690d192fa50f8/20250411dca28f9186e848dda1d690d192fa50f8_113000de00999043e8a7fe4446dd6d97d8.pdf)



除河北、内蒙古、江苏、福建、山东、西藏外，其余省级行政区分布式光伏增速均高于集中式光伏，其中四川、贵州两个分布式光伏基数较低的省份增速高达 684.3% 和 400.4%。

图 13: 截至 2025 年二季度  
中国光伏发电并网容量  
(单位: 万千瓦)



打开蔚蓝光伏地图，可以清晰地看到中国光伏电站类型在不同地区各有侧重，形成鲜明的对比，其中东部沿海代表分布式光伏的蓝色柱通常较高，西部则以代表集中式光伏的黄色柱为主，中部和东北地区两种颜色较为平均。



图 14: 光伏地图 - 2021 年 - 2025 年第一季度中国部分省级行政区季度累计光伏并网容量变化 (单位: 万千瓦)

## 西部着力开发 集中式光伏电站

我国的西北、西南高原地区，地广人稀，尤其西北地区降水量有限，有大片沙漠、戈壁、荒漠，同时拥有极佳的光照条件。当地利用土地和光照等自然禀赋，大力开发集中式光伏，建设清洁能源基地。新疆、内蒙古、云南、青海、甘肃、宁夏、贵州、西藏集中式光伏并网容量均占本地区光伏总并网容量的 90% 以上。

进入“十四五”，西部沙漠、戈壁、荒漠地区大型风电光伏基地建设加速推进。2022 年 4 月，国家发展改革委和国家能源局发布《以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地规划布局方案》，方案以库布其、乌兰布和、腾格里、巴丹吉林沙漠为重点，规划建设大型风电光伏基地，布局一批以新能源为主的电源基地和电力输送通道，实现新能源电力全局优化配置。

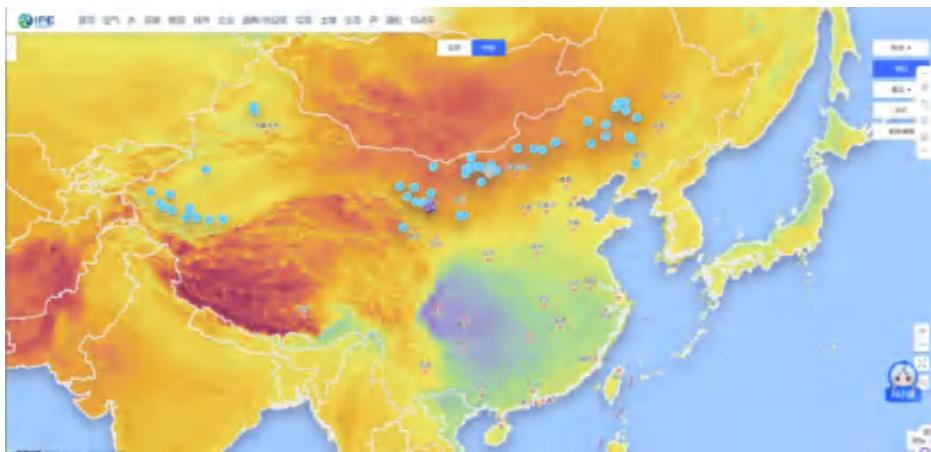


图 15: 光伏地图 - 沙戈荒项目分布



图 16: 光伏地图 - 腾格里沙漠中的光伏基地

图 17: 塔克拉玛干沙漠东北部沙戈荒光伏生态治沙示范项目区，摄影：王骞<sup>7</sup>

7. 杜刚. 光伏 + 治沙 一体化共筑沙漠生态屏障 [N]. 新华社 .2024-8-16.https://www.news.cn/local/20240816/2bb01546e8cd4420b4289c28e30ec0bd/c.html

## 案例：青海建成绿电大省

青海省太阳能、风能和水能资源丰富，是我国重要的清洁能源生产基地。2024年是青海省新增清洁能源装机规模最多的一年，电力总装机容量突破7100万千瓦，清洁能源装机量达6788.8万千瓦，占94.6%，其中光伏3631.7万千瓦，光热21万千瓦，风电1268.3万千瓦，储能200万千瓦/661万千瓦时，水电1644.5万千瓦，合计新能源装机量占比70%，居全国首位。<sup>8</sup>

2024年，青海风、光发电量为418.52亿千瓦时，占全省总发电量的40.4%<sup>9</sup>。2017年-2022年，青海省连续6年成功实施“绿电”7日、9日、15日、31日、31日、35日创新实践。6年“绿电”活动，累计清洁发电351.36亿千瓦时，相当于减少燃煤1596.4万吨，减排二氧化碳2874.1万吨，实现了生态效益、经济效益和社会效益多方共赢。<sup>10</sup>

时间	持续天数	“绿电”供电范围
2017	7	全省
2018	9	全省
2019	15	三江源地区
2020	31	全省
2021	31	全省
2022	35	全省

为了进一步推动清洁能源的发展，青海省先后制定《青海省关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》、《青海打造国家清洁能源产业高地行动方案(2021—2030年)》、《支持储能产业发展的若干措施》、《青海省国家储能发展先行示范区行动方案(2021—2023年)》等政策，加快推动清洁能源开发、新型电力系统构建、清洁能源替代、储能多元打造、产业升级推动、发展机制建设“六大行动”。

在政策支持引导下，青海省发展了多能源互补发电系统和大规模电化学储能技术，建设了贵南新型电力系统科研实证基地，建立了全球首个智能组串式构网型储能电站，还积极推进大规模风光基地建设，如柴达木沙漠基地和海南藏族自治州戈壁基地等。柴达木沙漠基地格尔木东出口、乌图美仁、德令哈西出口等三个光伏新能源基地已经形成规模。

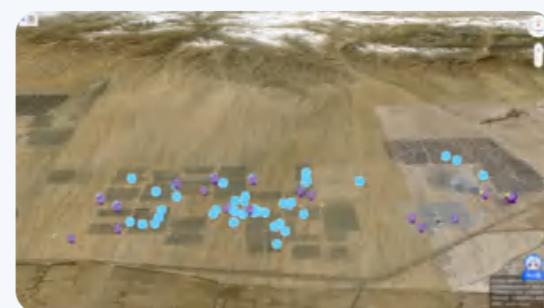


图 18: 光伏地图 - 德令哈光伏发电基地

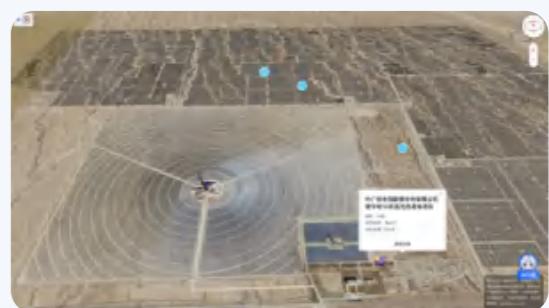


图 19: 光伏地图 - 中广核德令哈 50 兆瓦光热发电项目

8. 贾泓. 7100 万千瓦的“青海实力” [N]. 青海日报 .2025-1-20 http://www.qhnews.com/newscenter/system/2025/01/20/030339514.shtml

9. 青海省统计局. 2024 年青海省国民经济和社会发展统计公报

10. 况玉. 青海：“绿电 5 周”减排二氧化碳 816.1 万吨 [N]. 人民网 - 青海频道 .2022-8-2.http://qh.people.com.cn/n2/2022/0802/c378418-40064171.html

海西州的新能源装机总量在 2025 年 3 月底达到了 2481.751 万千瓦<sup>11</sup>。格尔木市正在加快“沙戈荒”大基地的建设进程，到 2025 年，格尔木东基地将形成光伏、风电、煤电、光热、抽水蓄能一体化发展格局。根据国家发展改革委和国家能源局发布的规划布局方案，海南州规划建设的新能源电站规模为 3250 万千瓦。截至 2024 年 12 月，海南州清洁能源总装机容量达 4916 万千瓦，并网装机 2726 万千瓦，占全省 52%<sup>12</sup>。海南州生态光伏园区和龙羊峡水光互补发电站的装机规模获得了吉尼斯世界纪录认证。



图 20：青海千万千瓦级新能源基地海西格尔木光伏产业园区，摄影：王国栋<sup>13</sup>

为促进“绿电”外送，青海电网近年来发展全面提速。2020 年，世界首条以输送新能源为主的输电大通道——青豫特高压直流工程建成投运。2025 年，青豫直流最大运行功率提升至 600 万千瓦，累计输送电量超过 600 亿千瓦时，外送范围拓展至 15 个省区市，青海绿电点亮了北京大兴机场和杭州亚运会赛场。<sup>14</sup>

## 光伏调研实景——西部

绿色江南行程 3 万公里，无人机飞行 3000 公里，调研了我国东、中、西部地区光伏建设的面貌。在广袤的西部地区，绿色江南通过无人机的天眼，真实记录下集中式光伏建设的巨大规模。

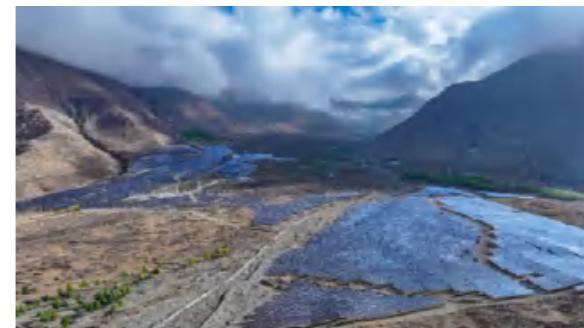


图 21：西南地区一个集中式光伏电站，摄影：绿色江南



图 22：西南地区一个集中式光伏电站，摄影：绿色江南



图 23：西南地区一个集中式光伏电站，摄影：绿色江南



图 24：西南地区一个集中式光伏电站，摄影：绿色江南



图 25：西南地区一个集中式光伏电站，摄影：绿色江南



图 26：西南地区一个集中式光伏项目，摄影：绿色江南



图 27：西南地区一个集中式光伏项目，摄影：绿色江南



图 28：西北地区一个集中式光伏项目，摄影：绿色江南

11. 祖国“聚宝盆”添新宝 [N]. 瞭望 2025 年第 20 期 .<https://lw.news.cn/20250518/72f0ff8e618b41cdb17d03d7f2f82180/c.html>

12. 海南州清洁能源总装机容量达 4916 万千瓦 [N]. 人民网 - 青海频道 <http://qh.people.com.cn/n2/2024/1226/c378418-41088210.html>

13. 滕萌, 王宏霞. 青海新能源发电连续两日突破千万千瓦大关 [N]. 央广网, 2021-11-19. [https://www.cnr.cn/qhfw/jjjh/20211119/t20211119\\_525665021.shtml](https://www.cnr.cn/qhfw/jjjh/20211119/t20211119_525665021.shtml)

14. 打造国家清洁能源产业高地的青海实践——青海在全国率先实现新能源装机和发电量占比“双主体” [N]. 中国电力报. 2025-1-2. <https://www.nea.gov.cn/20250102/5c846f39114445a49f2525d7911da7f1/c.html>

## 中部地区兼顾集中式和分布式光伏建设

在我国华中、华北和华南的部分地区，以及东北地区，是第二阶梯与第三阶梯的过渡地带，人口密度总体大于西部，可供大规模光伏建设的土地资源不如西部充裕，但高于东部。

当地利用沙漠化、石漠化土地，丘陵缓坡的低效利用地，采煤采矿沉陷区，以及鱼塘水面等，建设了一批集中式光伏发电项目，在人口密集、人地关系紧张地区发展分布式光伏。

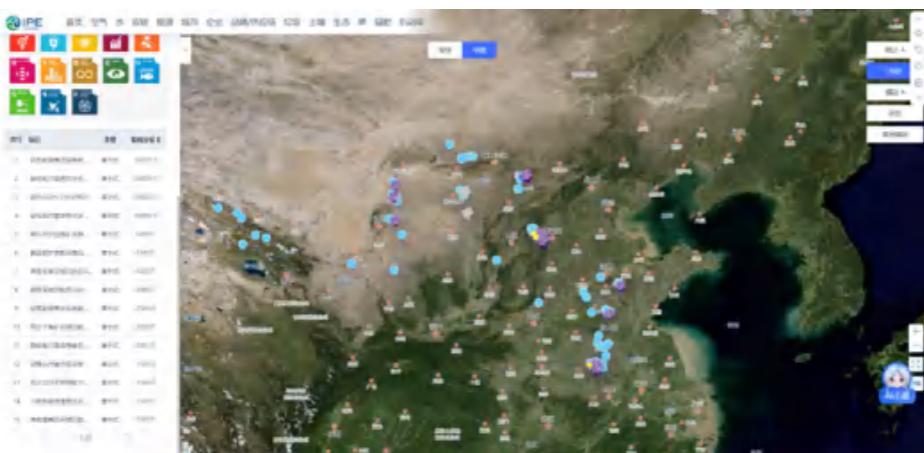


图 29: 西北、华北和华东地区的采煤沉陷区光伏项目



图 30: 西北、华北和华东地区的采煤沉陷区光伏项目



图 31: 华中地区的某水上光伏发电项目，摄影：绿色江南

例如，大唐华银娄底生态治理 100 万千瓦光伏项目利用重金属污染区、石漠化区、采矿塌陷区，涉及湖南娄底冷水江、涟源、新化三地，占地近 3 万亩，是中南四省唯一列入国家首批大型风电光伏基地清单的 34 个项目之一。2024 年，娄底百万光伏项目提供清洁电量超 10 亿千瓦时，节约标煤约 30 万吨，减少二氧化碳排放 78 万吨、二氧化硫排放 0.25 万吨，可满足约 33 万个普通家庭年用电需求。<sup>15</sup>



图 32: 大唐华银娄底生态光伏项目<sup>16</sup>



图 33: 光伏地图 - 东北地区一个集中式光伏发电项目

农业大省河南较为特殊，该省平原地区以耕地为主，且大多为基本农田，山区水土生态较为脆弱，且多位生态红线内<sup>17</sup>，因此分布式光伏占比显著高于中部其他省份，与东部省份相当。

15. 河南省发改委等. 河南省新能源和可再生能源发展“十四五”规划 . 2023-4-10. <https://fgw.henan.gov.cn/2023/04-17/2726482.html>

16. 孙岩辉. 湘中因你而美丽——大唐华银娄底生态光伏项目走笔 [N]. 2023-7-25. <https://www.china-cdt.com/dtwz/xwzx/mtgz/2024/12/l1313445280154124288.html>

17. 河南省发改委等. 河南省新能源和可再生能源发展“十四五”规划 . 2023-4-10. <https://fgw.henan.gov.cn/2023/04-17/2726482.html>

## 案例：

## 河南兰考县光伏革命试点

2018年7月，国家能源局批复兰考成为全国首个农村能源革命建设试点县。该县立足能源开发，全县非化石能源消费占比从22%提高到80.4%，电能占终端能源消费比重从37.5%提高到67.3%，可再生能源发电量占全社会用电量比重从21%提高到95%。<sup>18</sup>



图34: 兰考县三农学院屋顶分布式光伏, 摄影: 朱恒<sup>19</sup>

河南省兰考县付楼村打造了全国首个集风(微风机)、光(屋顶光伏及光伏车棚)、储(储能)、充(充电桩)、放(V2G, 即利用电动汽车特有的储能功能与电网双向互动送电)于一体的村级综合智慧零碳电厂项目。项目将聚合县域的10万千瓦光伏、5万千瓦风电、10兆瓦/20兆瓦时用户侧储能、数十座充电站以及V2G车辆。<sup>20</sup>



图35: 河南省兰考县付楼村利用坑塘周围区域搭建光伏发电长廊, 摄影: 赵双剑<sup>21</sup>

项目建设的付楼村零碳村庄, 已被纳入河南省首批源网荷储一体化实施方案, 也是全省唯一的整村类源网荷储试点。零碳村庄模式将发挥全村新能源绿电优势, 为居民、学校、小商超、游学中心和农产品加工厂等多种场景提供绿色能源, 助力乡村优化能源结构, 为村集体和村民增加收入, 每年可为村集体收入增加5万元到10万元。



图36: 中国电能在河南省兰考县付楼村建设的光储充一体化充电<sup>20</sup>

18. 张胜杰.河南兰考:立足能源促振兴 奏响“红绿变奏曲”[N].中国能源报 2023 年 07 月 03 日第 13 版

19. 河南兰考:用新能源绘就乡村振兴新画卷 [N].中国新闻网 .2023-10-24. <https://www.ha.chinanews.com.cn/news/dfxw/2023/1024/49281.shtml>

20. 中国电能赋能兰考能源革命 [N].电力网 .2024-11-7.<http://mm.chinapower.com.cn/fd/gdbd/20241107/266398.html>

21. 李洪雷,钟云松.文明中国 | 河南开封:在传统与现代的交融中构建文明城市新典范 [N].新华网 .2023-10-23. [https://www.news.cn/politics/2023-10/23/c\\_1212292426.htm](https://www.news.cn/politics/2023-10/23/c_1212292426.htm)

## 东部大力发展分布式光伏, 同时力图形成突破

东部电力需求大省见缝插针推进分布式光伏建设, 截至2025年第二季度, 仅山东、江苏、浙江、广东四省分布式光伏并网容量就占全国分布式光伏装机并网容量的51.1%, 占本省光伏装机并网容量的比重高达65.0%、71.0%、83.1%和72.8%。

山东通过“整县屋顶光伏开发”模式, 调动地方政府、企业和居民的积极性, 工商业和户用光伏双轮驱动, 光伏总装机量全国第一, 全省光伏总装机量可位居世界第六。作为制造业强省和全球供应链基地, 江苏、浙江和广东2025年上半年工商业光伏增量排名全国前三位, 工商业光伏并网容量占分布式光伏比重高达66.4%、88.2%和85.1%。得益于其庞大的厂房资源和强劲的产业链绿电需求, 苏浙粤将分布式光伏与高端制造业深度融合, 助力产业链实现低碳转型的同时, 促进了对分布式光伏发电的有效消纳。

## 案例: 整县分布式光伏助力山东成为光伏第一大省

“十四五”以来, 山东新能源和可再生能源装机以年均25.2%的速度增长, 装机规模和发电量三年实现“双翻番”。2024年, 山东新能源和可再生能源装机容量达到1.15597亿千瓦, 增长23.0%; 占全省全部装机容量的49.8%<sup>22</sup>, 其中光伏是绝对主力, 装机达7352.53万千瓦<sup>23</sup>, 占比达63.6%。如果将山东一省与全球比较, 其光伏装机规模位居世界第六。

山东为人口稠密的工业、能源和农业大省, 土地资源稀缺。早期山东的光伏建设也是以集中式光伏为主, 主要依靠采煤沉陷区、渔光互补、农光互补的发展规划, 加上一些分布式项目, 缺少进一步大规模发展的基础。2017年, 山东开始推进整县光伏, 光伏发展进入快车道。

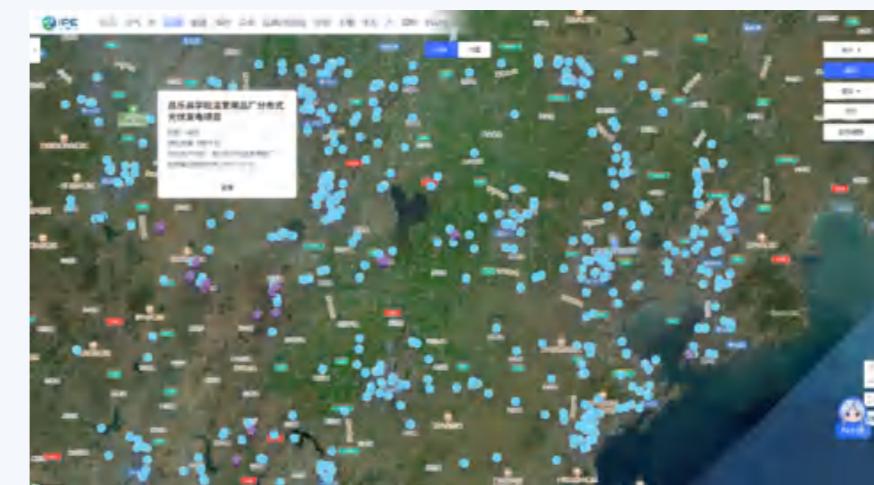


图37: 光伏地图 - 山东省光伏项目 (局部)

22. 山东省统计局 .2024 年山东省国民经济和社会发展统计公报 .[http://tjj.shandong.gov.cn/art/2025/3/5/art\\_6196\\_10316729.html](http://tjj.shandong.gov.cn/art/2025/3/5/art_6196_10316729.html)

23. 刘童,葛畅.山东电网风电光伏装机容量突破1亿千瓦 [N].2024-12-30.<http://www.sd.news.cn/20241230/f21a0026e77047b1a68f637da36445b0/c.html>

在分布式光伏建设中，山东以工商业与户用光伏双轮驱动，截至 2025 年二季度，分布式光伏并网容量达 5929.1 万千瓦。山东大规模的分布式光伏建设，有力推动了全国碳排放第一大省的能源转型。在这场县域能源革命中，寿光、郓城等 10 个县（市）分布式光伏渗透率超 90%，实现县域日间用电 80% 以上清洁化。

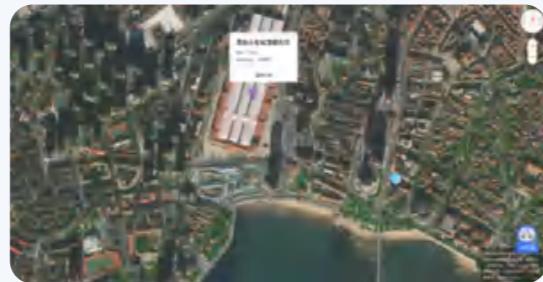


图 38: 光伏地图 - 青岛火车站屋顶光伏

山东省分布式光伏不仅是可再生能源装机超越火电的“第一推力”，更通过技术创新（如虚拟电厂）、商业模式（如户用光伏金融）和制度突破（现货交易试点），为全国探索如何运行“高渗透率分布式能源系统”，以清洁、低碳和可负担的清洁能源达成能源转型、经济增长与民生改善等多重目标。



图 39: 山东省农村户用分布式光伏<sup>24</sup>

例如，在整县光伏建设中，山东对公共建筑采用国企投资 + 工程总承包模式开发。其中，诸城市财政局建成全省首个“绿色低碳”办公示范项目，装机容量 45.39 千瓦，年发电量约 5.9 万千瓦时，年可节约标准煤 30 吨、减排二氧化碳 70 吨；探索建设山东首个县级虚拟电厂，依托新光驿站微电网项目，打造集屋顶光伏发电、光伏车棚、智慧路灯、大型充电站为一体的新能源综合利用精品示范工程，力争实现“零碳”办公和“全时段”不间断供电，构建“3 公里”充电生态圈。

对工商业建筑，采用自投、融资租赁和合同能源管理模式，支持企业自主开发。其中，国家电投采用合同能源管理模式，投资 1860 万元，利用奥扬科技公司厂区屋顶打造低碳循环工厂示范项目，同步建设光伏车棚，装机容量 4 兆瓦，年发电量 492 万千瓦时，每年可节约标准煤 1519 吨、减排二氧化碳 4151 吨，相当于植树造林 196 亩。

对整村建筑，采用国企投资、农户出租屋顶模式降低农户借贷风险、稳定多方收益。其中，昌城镇车道口社区作为示范项目，采用屋顶租赁、整村打包备案、全额上网、“交流汇集 + 专变升压 + 一点并网”模式，先后开发 81 户，装机容量 1.4 兆瓦，每户每年可增加收入 2000 元左右，以每块光伏板 50 元价格租赁农户屋顶，每块光伏板 10 元看护费给村集体，集体经济增收约 5 万元<sup>24</sup>。

24. 山东推进整县屋顶分布式光伏规模化开发成效显著 [N]. 大众日报 .2022-12-9.

## 案例：

### 江苏省分布式光伏工商业唱主角

江苏是中国经济强省，也是用能大省，2024 年全省社会用电量为 8487 亿千瓦时，仅次于广东。2024 年，江苏新能源总发电装机达 8808 万千瓦，占全省总发电装机 43.2%，历史性地超过煤电。其中，净增新能源发电装机 2278 万千瓦，同比增长 55%；分布式光伏装机增量居全国第一，装机达 4570 万千瓦，月均增量达 150 万千瓦<sup>25</sup>。截至 2025 年二季度，江苏省光伏发电装机并网容量达 8372.1 万千瓦，其中分布式光伏 5945.7 万千瓦，位居全国第一。

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，极大地促进了分布式光伏发展，带动分布式光伏新增并网容量显著上升。

和山东省不同，江苏省分布式光伏以工商业光伏为主，占比超过六成。江苏省工商业高度发达，工厂密布、屋顶面积较多，分布式光伏安装条件较好；作为全球产业链中心之一，清洁电力需求强劲，消纳分布式光伏发电的空间较大。

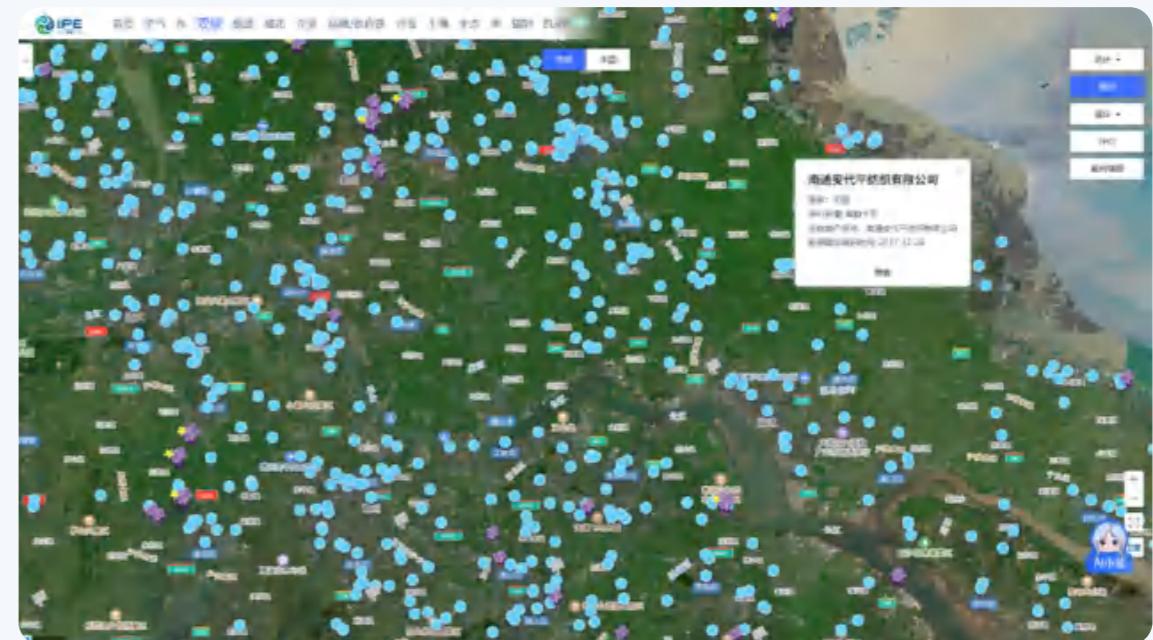


图 40: 光伏地图 - 长三角区域，江苏及周边地区分布式光伏项目密集，其中大量为企业厂房屋顶项目

25. 倪敏. 去年江苏超六成用电量到了这里 感受一只“电表”折射出的经济脉动 [N].2025-3-25.<https://www.xhby.net/content/s67e-275a7e4b0fec0879a332f.html>

与此同时，江苏省有大量光伏龙头企业，产业链完整，还有多家上市光伏企业，也助推了工商业分布式光伏的发展<sup>26</sup>。



图 41: 常熟阿特斯阳光电力有限公司的工商业分布式光伏，摄影：绿色江南



图 42: 无锡通威生物科技有限公司，摄影：绿色江南

江苏省还在全省推广公共机构分布式光伏统一采购和建设，抓住整县试点机遇，推进党政机关、各级中小学校等公共机构积极参与，并推动开展“光伏+充电桩”、“光伏+储能”、全电厨房、电锅炉等多种形式的电能替代，解决部分公共机构消纳能力弱的问题。公共机构的分布式光伏建设不仅节约了财政资金，减少了碳排放，又起到了很好的示范引领作用，带动了产业发展<sup>27</sup>。



图 43: 南京九华村党群服务中心的屋顶光伏，摄影：绿色江南



图 44: 中环领先半导体材料有限公司的屋顶光伏，摄影：绿色江南



图 45: 江苏省盐城市滨海县界牌镇淮南村五组屋顶光伏，摄影：绿色江南



图 46: 华东某盐场风光发电项目，摄影：绿色江南



图 47: 华东地区某稻鱼共生试验项目，摄影：绿色江南



图 48: 摄影：绿色江南

26. 相楠等. 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 [R]. 北京工业大学 .<https://www.greenpeace.org.cn/wp-content/uploads/2024/10/2024distributed-solar-report.pdf>

27. 陈月飞, 沈昀. 分布式光伏集中建, 屋顶“蓝海”变电仓 [N]. 新华日报 .2025-7-5.<http://www.js.xinhuanet.com/20250705/715e96e8071949bd899e0ffb8ad584c7/c.html>

## 02

### 直面挑战， 探索创新解决方案

随着光伏、风电等可再生能源占比快速提高，新能源发电的波动性和不稳定性、储能设施不足、电网承载能力有限、传统调度模式不适应，以及政策与市场机制的不完善等问题凸显。

集中式光伏和风电的大规模扩展，也会带来土地利用方式的变化，引发潜在生态环境和社会影响，包括但不限于西部脆弱敏感生态区林草地侵占、生态廊道阻隔、栖息地破碎化、鸟类迁徙通道影响、局地小气候变化等。受限于时间跨度不够长和科学研究不足，诸多可能的影响还不足以被完全识别，需加以密切关注和跟踪研究。

与此同时，在光伏发电超常规的快速发展中，一些项目出现了重建设、轻维护的倾向；部分项目盈利能力堪忧；面对风光组件退役潮带来的废弃和处置问题，技术储备不足。

面对这些问题，各方探索解决方案，力图将光伏建设和可持续发展目标相结合，逐步形成了一系列良好实践。



摄影：绿色江南



## 应对生态环境和社会影响

在光伏项目高歌猛进的过程中，部分项目存在违规占用耕地、林地、保护区及泄洪区等的情况，甚至出现“光伏圈地”、改变地表形态、破坏植被、破坏河湖生态等问题，亟需明确禁止性规定，平衡“绿色能源发展”与“国土空间可持续利用”的双重战略目标要求，并解决历史遗留问题与地方政策冲突。

2022年，长江经济带生态环境警示片披露，淮南金辉光伏科技有限公司、淮南中电焦岗湖光伏发电有限责任公司、颍上聚安光伏发电有限公司3家光伏发电企业自2015年以来违规占用焦岗湖水域3400多亩，建设光伏发电项目，部分光伏项目还占用焦岗湖芡实国家级水产种质资源保护区。2023年4月，安徽省淮南市毛集区下达违建光伏项目限期拆除通知，要求相关企业拆除违法构筑物；阜阳市颍上县针对光伏项目违规侵占焦岗湖问题，制定了拆除方案。2023年11月，违建项目全部光伏板及相关组件拆除完毕。<sup>28</sup>

2024年以来，国家和地方自然资源和林草部门公开披露了多起违法用地的光伏项目，如河北省阳原县四起未经林草部门审核同意，非法使用草地/草原用地案，云南省华能澜沧江（巍山）新能源有限公司擅自占用林地107.85亩建设光伏电站案<sup>29</sup>，贵州省黔西市洪家渡水光互补农业光伏电站违法占用林地、草地案，兴仁市巴铃大山农业光伏电站违法占用林地案、三都水族自治县周覃农业光伏电站违法占用林地案、平塘县大塘塘舟农业光伏电站违法占用林地案<sup>30</sup>等。

为规范光伏项目选址和建设，自然资源部办公厅、国家林业和草原局办公室、国家能源局综合司于2023年发布了《关于支持光伏发电产业发展规范用地管理有关工作的通知》，旨在规范用地分类管理、严守生态红线、细化复合利用标准，解决产业扩张与土地保护的矛盾，并统一地方执行尺度。

《通知》规定，光伏方阵用地禁占耕地和生态敏感区，优先利用沙漠、戈壁等未利用地，允许通过租赁方式备案使用；配套设施用地按建设用地审批并落实占补平衡；强化监管，明确林光/草光互补技术要求（如支架高度、植被保护），建立联审机制简化手续，并严禁项目占用永久基本农田、基本草原及I级保护林地，确保光伏产业在生态保护前提下规范有序发展。

对于水光项目，2022年，《水利部关于加强河湖水域岸线空间管控的指导意见》要求光伏电站、风力发电等项目不得在河道、湖泊、水库内建设。在湖泊周边、水库库汊建设光伏、风电项目的，要科学论证，严格管控，不得布设在具有防洪、供水功能和水生态、水环境保护需求的区域，不得妨碍行洪通畅，不得危害水库大坝和堤防等水利工程设施安全，不得影响河势稳定和航运安全。

2024年，水利部出台《关于纵深推进河湖“清四乱”常态化规范化的通知》，要求紧盯在河湖管理范围内违法违规建设光伏电站，以绿色廊道及各类公园名义违法侵占河湖水面，涉河建设项目施工违法占用河道。一些地方也出台了林光互补、草光互补、渔光互补项目选址用地的具体规定。

一批光伏项目在合理利用土地资源，助推实现联合国可持续发展目标“防治荒漠化，制止和扭转土地退化”（SDG15）方面有所尝试：利用光伏板阵列提供遮阴效应，减少土壤蒸发和风蚀，促进植被恢复和固沙，防治荒漠化；在矿区沉陷区，利用闲置土地安装光伏设施，不仅修复沉陷地貌，还结合生态重建，恢复土壤肥力和生态系统稳定性；在石漠化地区，光伏电力替代薪柴消费，巩固石漠化防治成效。



图 49: 某沿海滩涂光伏项目，摄影：绿色江南

28. 淮南市林业局. 突出生态环境问题整改验收销号公示 [EB/OL]. 淮南市人民政府. 2024-01-08.

29. 国家林业和草原局. 2024 年第四批毁林毁草典型问题 [EB/OL]. 2024-12-27. <https://www.forestry.gov.cn/c/www/slzyjd/602928.jhtml>

30. 贵州省林业局. 省林长办挂牌督办四起光伏项目毁林毁草典型案件 [EB/OL]. 2024-11-15. [https://lyj.guizhou.gov.cn/xwzx/sjdt/20241115\\_86082109.html](https://lyj.guizhou.gov.cn/xwzx/sjdt/20241115_86082109.html)

## 光伏治沙尝试



图 50：武威市凉州区九墩滩光伏治沙示范园区，摄影：绿色江南

沙漠戈壁荒漠地区气候干旱、水资源匮乏、植被稀疏、土壤易风蚀，生态破坏容易、修复难。光伏电站建设过程中难免会扰动脆弱的生态系统，破坏植被和土壤结皮，如不科学修复，极易造成局部风蚀或风积现象，加剧风沙危害，直接影响光电转换效率和工作时长，并造成空气污染，影响人民生产生活。

2025 年 6 月，国家林草局、国家发改委、国家能源局联合印发《三北沙漠戈壁荒漠地区光伏治沙规划（2025—2030 年）》，明确到 2030 年，新增光伏装机规模 2.53 亿千瓦，治理沙化土地 1010 万亩。

光伏治沙是在保护好生态的前提下，促进防沙治沙和光伏建设融合发展，以高水平保护支撑高质量发展。三北沙漠戈壁荒漠地区土地资源丰富，其中，八大沙漠和四大沙地面积 10.15 亿亩，戈壁（含石砾地）面积 7.18 亿亩，大部分区域为太阳能资源最丰富区或很丰富区，建设光伏电站潜力大。

《规划》提出，按照生态优先、绿色发展、协同推进的总体思路，充分考虑气候特征和适建区域，以风光资源为基础，以区域电网、输电通道、调节电源为保障，明确了三大气候区和五大重点发展区域。<sup>31</sup> 以实验项目为引领，推进荒漠化防治与风电光伏一体化工程建设，构筑东起内蒙古中部西至新疆“点、线、面”相结合的光伏治沙长城。在光伏治沙选址、设计、施工、运维等环节，推进防沙治沙与光伏建设融合发展。科学分析光伏治沙的有利和不利影响，有针对性地采取生态环境保护措施，最大程度减少规划实施对生态环境的不利影响。建立健全规划实施保障机制，加强组织领导，创新政策和技术模式，强化监督监管，营造良好氛围，稳步推进光伏治沙高质量发展。

当前，推进光伏治沙还面临一些问题和困难，包括少数地方对光伏与治沙之间关系认识不到位，光伏治沙理念不科学；本地消纳能力不足，电网支撑和接入能力较弱；少数企业注重电站建设，科学开展防沙治沙考虑不足，尚未形成有效的融合发展模式；光伏电站对生态环境的影响需长期系统观测、科学评估；光伏治沙标准体系尚需完善。

为落实好《规划》目标和任务，三部门下发通知要求各有关省（区）人民政府和新疆生产建设兵团牢固树立系统观念，按照生态优先、治沙为主、分步推进、先疏后密等要求，结合实际，编制好荒漠化防治和风电光伏一体化工程建设方案，统筹协调本地消纳和光伏治沙项目建设。以实验项目为引领，创新政策机制，指导能源企业科学编制光伏治沙项目实施方案，发挥企业在资金、技术、人才等方面的优势，支持农牧民及农村牧区集体经济组织参与光伏治沙，保障投资者的合法权益。

2025 年，绿色江南使用无人机实地观察了凉州区九墩滩光伏治沙示范园区。据《中国绿色时报》报道，腾格里沙漠东南缘的凉州区九墩滩光伏治沙示范园实行两种光伏治沙模式。一种是以亿恒 20 万千瓦项目为代表的立体光伏治沙模式，采取“板上发电、板下种植”方式，在光伏电站区栽种樟子松与柠条，形成固沙生态屏障，板下种植四翅滨藜、梭梭等沙生植物。另一种是以华电 50 万千瓦项目为代表的固定支架光伏治沙模式，根据光伏板间距种植单排或双排梭梭、花棒、柠条等灌木，其他区域播种沙蒿、沙米等沙生植物，构建多层次固沙体系。目前，园区已完成光伏治沙 7.26 万亩<sup>32</sup>。

## 采煤沉陷区治理

我国煤炭储量丰富，经过长时间、大规模的开采，在一些地区形成了大面积的采煤沉陷区，成为不小的环境“包袱”。但采煤沉陷区临近矿区，电网接入条件好，又大多处在太阳能资源丰富地区，适合开展光伏发电建设。

例如，2016 年并网发电的山西大同采煤沉陷区国家先进技术光伏示范基地采用“林光互补”模式，在光伏板下种植大量的灌木等常绿植物，既不影响发电效率，又促进了沉陷区水土保持、改善生态环境<sup>33</sup>。

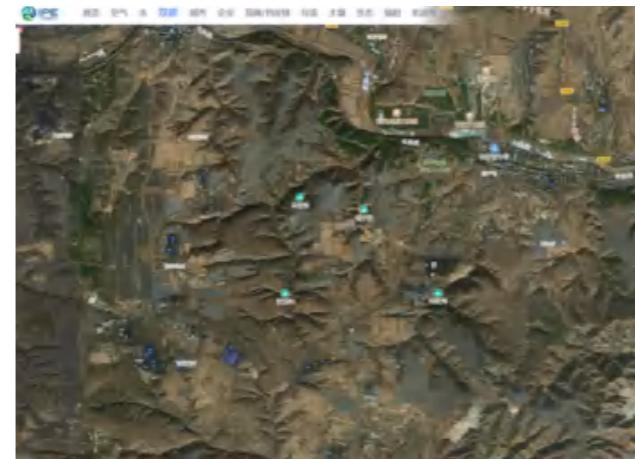


图 51：光伏地图 - 山西大同采煤沉陷区国家先进技术光伏示范基地



图 52：山西大同采煤沉陷区国家先进技术光伏示范基地，摄影：刘天宇<sup>33</sup>

又如，安徽颍上县 650 兆瓦水面漂浮式光伏项目充分利用采煤沉陷区闲置水面约 1.3 万亩，年均发电量可达 7.1 亿千瓦时，每年可节约标准煤约 23.18 万吨，对优化城市能源结构、保护生态环境起到积极作用。<sup>34</sup>



图 53：光伏地图 - 光伏地图 - 安徽颍上县 650 兆瓦水面漂浮式光伏项目

31. 253GW! 三北沙漠戈壁荒漠地区光伏治沙规划（2025—2030 年）发布 [N]. 中国绿色时报. [https://www.sohu.com/a/908504366\\_121117467](https://www.sohu.com/a/908504366_121117467)

32. 徐凡马中浩, 张世虎. 武威这样建设全国荒漠化治理样板区 [N]. 中国绿色时报. 2025-6-12. [https://www.sohu.com/a/903795948\\_121119355](https://www.sohu.com/a/903795948_121119355)

33. 刘天宇. 新时代中国调研行之看区域·中部篇 | 山西大同：采煤沉陷区向“绿”而生 [N]. 2024-6-4. <http://www.news.cn/photo/20240604/64c2cc27aaaf4614b293437023d5fe56/c.html>

34. 徐庆勇, 徐庆. 采煤沉陷区建起光伏电站 [N]. 人民日报 2024 年 6 月 7 日第 8 版. [https://paper.people.com.cn/rmrb/html/2024-05/07/nw.D11000renmrb\\_20240507\\_4-08.htm](https://paper.people.com.cn/rmrb/html/2024-05/07/nw.D11000renmrb_20240507_4-08.htm)

## 石漠化地区的光伏建设

中国南方岩溶区是石漠化土地广为发生的脆弱生态区域。据2005年调查，在南方岩溶区滇、黔、川、桂、湘、粤、鄂、渝8省(区、市)451个县(市)107万平方公里的地域范围内，石漠化土地面积达到12.96万平方公里，二者分别占土地总面积的42.1%和12.1%。<sup>35</sup>近年来，在深度石漠化地区，建设了一批光伏电站项目，其中部分项目尝试将光伏建设和生态修复、经济发展、能源转型和社会效益相协同。

关岭自治县盘江百万千瓦级光伏基地项目，是贵州省目前单体规模最大的光伏场站，也是建设在深度石漠化地区的“光伏+石漠化”治理项目。该项目副总经理、总工程师高昌海在接受《贵州日报》采访时提到，“项目建成后，由于光伏板的遮挡，避免了阳光对土地的长期暴晒，有利于土地保湿，下雨天光伏板又对雨水有缓冲作用，避免过多侵蚀土地。”<sup>36</sup>盘江百万千瓦级光伏基地项目对贵州能源结构优化、节能减排、石漠化治理起到了积极的示范作用。<sup>37</sup>

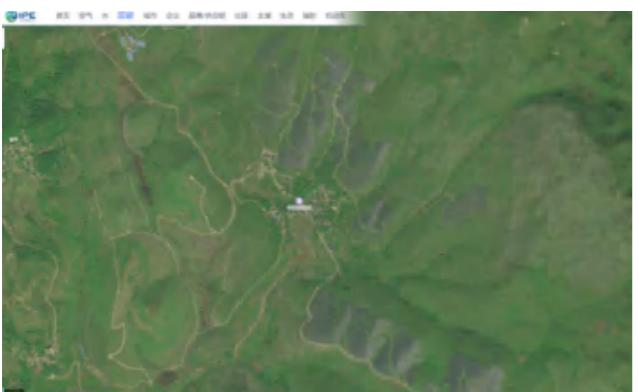


图 54: 光伏地图 - 盘江百万千瓦级光伏基地项目



图 55: 盘江光伏基地无人机调运光伏板，摄影：陶亮<sup>37</sup>



图 56: 盘江百万千瓦级光伏基地项目，摄影：陶亮<sup>37</sup>

## 探索农光 / 林光 / 牧光 / 渔光互补



图 57: 光伏地图 - 广西玉柴桂平农光互补发电项目



图 58: 玉柴桂平龚光互补光伏发电二期项目 - 光伏组件支架下养殖虾苗<sup>39</sup>



图 59: 江苏盐城东台市“风光渔”互补产业基地，摄影：绿色江南



图 60: 江苏盐城市阜宁县东沟镇村协鑫新能源农光互补项目，摄影：绿色江南

为应对集中式光伏电站的规模化建设可能引发的土地利用、生态扰动及社区问题，在近年来的光伏建设中，中国积极探索农光互补、渔光互补、牧光互补、林光互补等模式，提升土地利用效率，避免侵占优质耕地和林地，并且创造多种就业机会，提升农业、渔业、牧业和林业产出，增加农民收入，促进农村经济增长。很多项目融入了产业创新和基础设施优化，如“光储氢一体”、智能监测系统和高效光伏技术等，构建起有韧性的清洁能源网络，又促进了农林牧渔业生产现代化。

玉柴光伏基地“渔光互补”项目位于广西桂平市蒙圩镇曹良村，据曹良村党支部书记曹进飞介绍，该村流转750亩土地实施光伏发电项目，每年获得租金40多万元。光伏基地周边水资源丰富，土质保水性强，再加上光伏板对水产养殖有一定的遮光性，特别适合养殖喜阴怕光的澳洲淡水龙虾。因此，该村积极探索“光伏发电+农业养殖”模式，在光伏板下建立澳洲淡水龙虾养殖基地，提高土地利用效率。基地一期开发虾塘300亩，年产商品虾2.5万公斤，市场价每公斤60—200元，总收入超400万元。该基地每年能为村集体经济带来5万多元收入，为村民提供就业岗位20多个，村民劳务收入合计130万元。<sup>38</sup>

江苏东台市条子泥景区的“风光渔”基地是全球单体规模最大的滩涂风光电产业基地，按照集约集聚发展理念，上有风力发电、中有光伏利用、下有水面养殖，形成了“风光渔”互补、循环经济、高效养殖、生态科普旅游四大特色示范区。<sup>40</sup>

江苏盐城市阜宁县东沟镇村的协鑫新能源农光互补项目占地600亩，利用高支架、平单轴，保障了光伏板下层农作物日照时间，8-10米的行距，可供农业机械进出。光伏板下层建有20多个蔬菜、水果大棚，120亩油用牡丹，并计划逐步扩大农作物种植面积。除土地流转租金外，当地约100名农民以承包、务工的形式实现就业增收。<sup>41</sup>

35. 李梦先. 我国西南岩溶地区石漠化发展趋势 [J]. 中南林业调查规划, 2006, 25(3): 19-22.

36. 聂娜, 彭杨. “光伏+”带动多重效益——关岭加快打造清洁能源支柱产业 [N]. 贵州日报, 2024年1月30日第11版. <https://szb.eyesnews.cn/pc/att/202401/30/e6fbfee2-9447-4f98-9022-88ce31e6c09b.pdf>

41 37. 陶亮. 贵州关岭：盘江百万千瓦级光伏基地项目一期实现全容量并网发电 [N]. 新华网, 2024-5-25. <https://www.gz.news.cn/20240525/db8c8fad042c40b38ab3e23479b59841/c.html>

38. 唐正芳, 秦文清. 桂平：立体综合利用土地效益高 [N]. 广西日报, 2022-8-5. <http://nynct.gxzf.gov.cn/xwdt/gxlb/gx/t12907517.shtml>

39. 桂平市人民政府办公室、自治区生态环境厅自然生态保护处. 广西生态文明示范创建绿色发展案例 (5) | 国家生态文明建设示范区 桂平市 [EB/OL]. 广西壮族自治区生态环境厅, 2023-1-10. <http://sthjt.gxzf.gov.cn/zfxgk/zfxgkgl/fdzdgknr/sthjt/15509633.shtml>

40. 江苏东台：“风光渔”互补助力“双碳” [N]. 人民网, 2022-10-17. <http://vip.people.com.cn/albumsDetail?aid=1601116&pid=11501420>

41. 协鑫集团. 协鑫新能源特色光伏农业生产描绘出乡村美景 [N]. 扬子视讯, 2017-5-4. <https://mp.weixin.qq.com/s/dkzhirDppDbgQSvxtHIVg>

## 应对集中式光伏弃光挑战

在太阳平均年水平面总辐照波动升高的趋势下，2024 年全年光伏发电站平均利用小时数只有 1211 小时<sup>42</sup>，跌落到 2017 年的水平。

太阳能发电有效利用率也出现走低趋势，2020-2023 年，全国光伏发电利用率保持在 98%，但 2024 年降低到了 96.8%，2025 年 1-7 月进一步降到了 94.7%，低于近三年同期（2024 年 1-7 月 97.1%，2023 年 1-7 月 98.3%，2022 年 1-7 月 97.9%），大部分地区光伏发电有效利用率连续下降<sup>43</sup>。

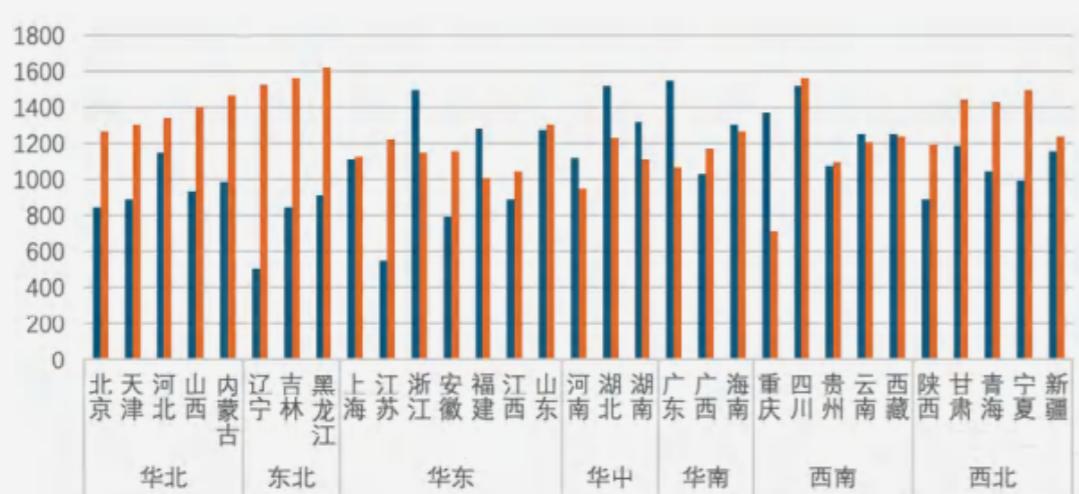


图 61: 2017 年和 2023 年各省级行政区 6000 千瓦及以上太阳能发电电厂发电设备平均利用小时数<sup>44</sup>

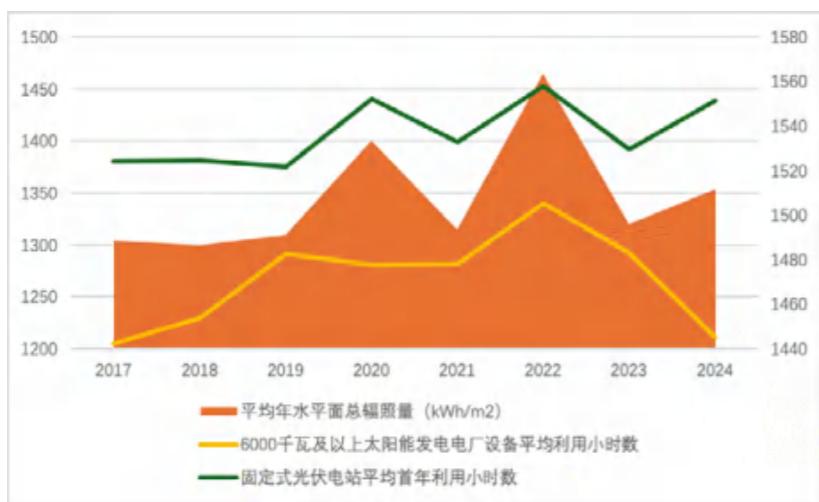


图 62: 2017-2024 年平均年水平面总辐照量、固定式光伏电站平均首年利用小时数和 6000 千瓦及以上太阳能发电电厂设备平均利用小时数<sup>45</sup>

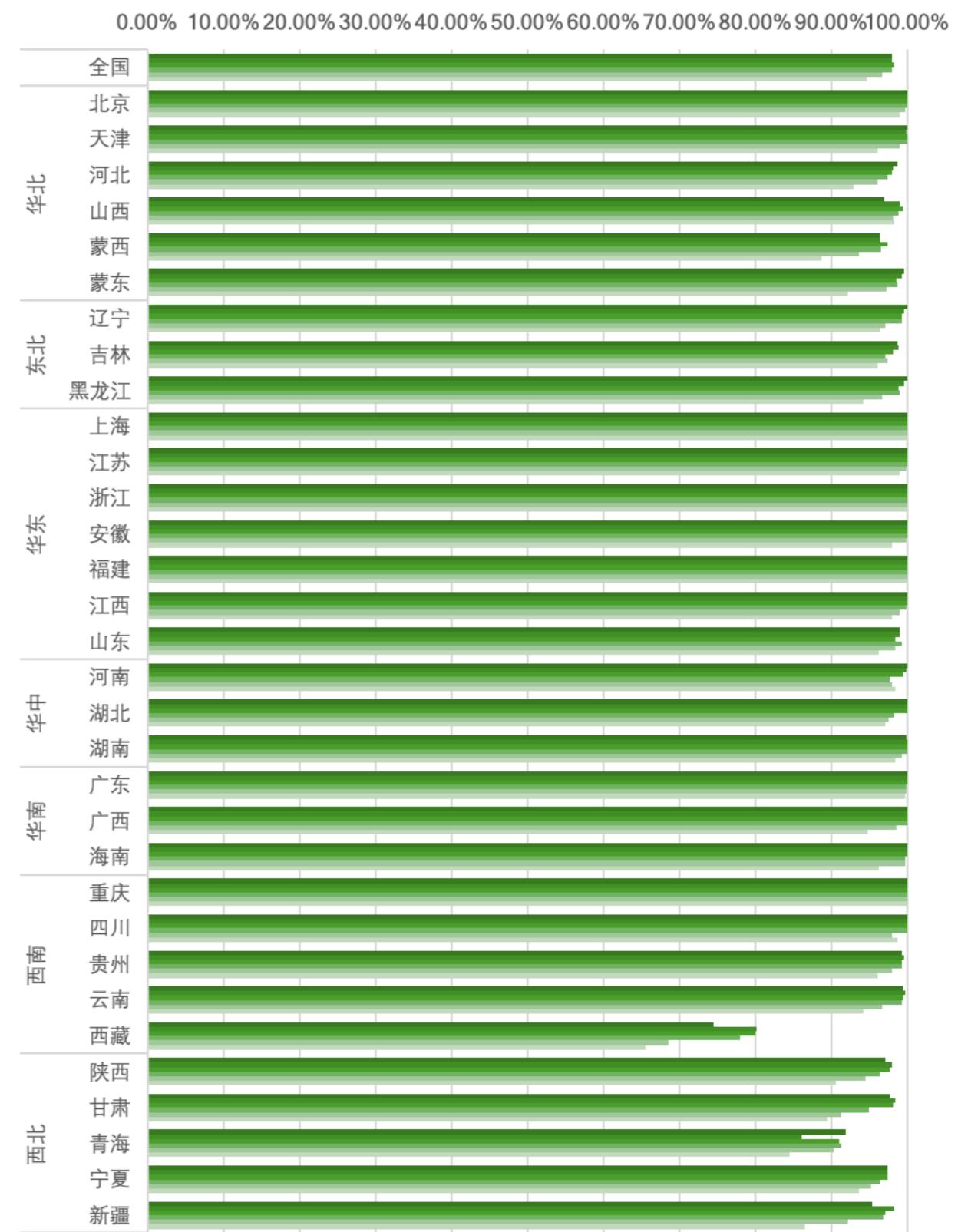


图 63: 2020-2025 年 1-7 月全国光伏发电利用率<sup>43</sup>

42. 徐进. 我国电力 2024 年发展综述及 2025 年发展展望 [EB/OL]. 能源新媒 .2025-03-03.https://www.gdshe.org/article/23838.html

43. 全国新能源消纳监测预警中心. 月度新能源并网消纳情况

44. 中国电力企业联合会. 中国电力统计年鉴

45. 中国气象局. 2017 年 -2024 年中国风能太阳能资源年景公报 [R]

在集中式光伏、风电基地布局大容量储能已成为各地优化新能源消纳的重要方式，不仅直接减少弃光，还提升了整个能源系统的效率和可持续性，“集中式光伏 + 储能”成为寄予厚望的储能应用场景。根据国家发改委和国家能源局编制的《新型储能规模化建设专项行动方案（2025—2027年）》，截至2024年底，我国已建成投运新型储能项目累计装机规模达7376万千瓦/1.68亿千瓦时，约为“十三五”末的20倍，较2023年底增长超过130%<sup>46</sup>。

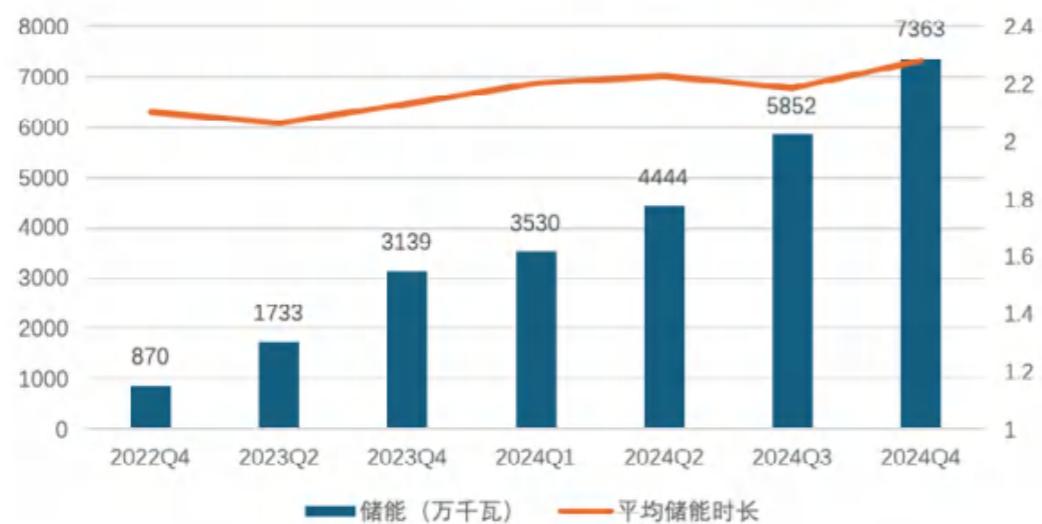


图 64: 中国建成投运的新型储能装置装机规模和平均储能时长（单位：万千瓦）

国家能源局相关负责人表示，在“双碳”目标引领下，新能源快速发展，系统调峰、电力保供压力不断增大，作为重要的灵活性调节资源，新型储能成为构建新型电力系统的客观需要。他预计三年内全国新增装机容量超过1亿千瓦，2027年底达到1.8亿千瓦以上，带动项目直接投资约2500亿元。

《新型储能规模化建设专项行动方案（2025—2027年）》提出，鼓励新型储能全面参与电能量市场。推动“新能源+储能”作为联合报价主体，一体化参与电能量市场交易。推进具备独立计量、控制等技术条件，符合相关标准规范和电力市场注册基本条件，具有法人资格的新型储能项目，作为独立主体参与电能量市场。有序推动新型储能参与中长期市场。

在培育试点应用场景方面，这份行动方案要求各地重点围绕电源侧、电网侧及其他多场景应用方向，依托大数据、云计算、人工智能等前沿技术，创新“人工智能+”应用场景，培育一批技术领先、应用前景好、可复制性强的新型储能应用场景。<sup>46</sup>

当前，集中式光伏发电为主的新疆、青海、内蒙古等地已有多个光储一体项目，分布式光伏装机量占比较高的大省则在城市充电站、高速公路服务区、工业园区、住宅区等引入综合性新能源充电设施，积极推动光储充一体化建设。一些大型集中式光伏发电项目还通过光氢储一体实现高效的能量转换与储存，并结合氢能生产环节，通过电解水制氢的方式，进一步提升能源利用效率，实现绿电就地消纳、转化应用。

46. 赵雅晴, 赵坤. 两部门印发《新型储能规模化建设专项行动方案（2025—2027年）》预计三年内全国新型储能新增装机超1亿千瓦 [N]. 中国能源新闻网. 2025-9-12. [https://www.cpnn.com.cn/news/hy/202509/t20250912\\_1831552\\_wap.html](https://www.cpnn.com.cn/news/hy/202509/t20250912_1831552_wap.html)



图 65: 西南地区一座 200MW 牧光互补光伏发电项目，配套储能 40 兆瓦 /160 兆瓦时，摄影: 绿色江南

解决弃光要加强电网调峰、储能和智能化调度能力建设，提升电力系统调节能力。为此，2024年，《国家发展改革委 国家能源局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》、《国家能源局关于促进新型储能并网和调度运用的通知》接连出台，提出推进储能能力建设，大力提升电网优化配置可再生能源能力，充分发挥大电网优化资源配置平台作用，加强可再生能源基地、调节性资源和输电通道的协同，强化送受端网架建设，支撑风光水火储等多能打捆送出。加强区域间、省间联络线建设，提升互济能力，促进调峰资源共享。探索应用柔性直流输电等新型输电技术，提升可再生能源高比例送出和消纳能力。

深化新能源上网电价市场化改革，是解决弃光问题的有力抓手。2025年1月，《国家发展改革委 国家能源局关于深化新能源上网电价市场化改革促进新能源高质量发展的通知（发改价格〔2025〕136号）》出台，核心变化是“新能源项目（风电、太阳能发电，下同）上网电量原则上全部进入电力市场，上网电价通过市场交易形成”。该政策一方面可引导光伏发电项目向用电负荷中心、电网接纳能力强的地区合理布局，而且通过价格信号可调动发电侧（主动调峰/储能）、电网侧（跨区输送）、用户侧（主动消纳）和储能侧（套利）四方的积极性，有助于光伏发电行业消纳、补贴、效率等核心问题，建设以新能源为主体的新型电力系统。



图 66: 光伏地图 - 中国的光伏制氢项目光伏地图 - 中国的光伏制氢项目



图 67: 如东 “光氢储一体化” 40 万千瓦光伏项目，配套建设 60 兆瓦 /120 兆瓦时储能站、制氢能力 1500 标方 / 小时及加氢能力 500 公斤 / 天的制氢加氢站。摄影: 绿色江南

# 应对分布式光伏消纳难题



## 案例：山东省

2021年，国家能源局组织开展整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点，各省（自治区、直辖市）及新疆生产建设兵团共报送试点县（市、区）676个，全部列为整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点。

迅猛的装机节奏将分布式光伏的发展带入了一个严峻的阶段，多省消纳空间告急、甚至无法接入电网，尤其是在集中开发地区。在一些地区，农户装的户用光伏，也出现了证明难开、并网难，造成了不少村民电表无法通过审批、不能并网发电的问题。还有一些不法分子借免费装光伏的名义，为不明就里的农户申请“光伏贷”，签订不平等的合同，导致许多农户陷入贷款漩涡。

2025年1月，国家能源局修订印发《分布式光伏发电开发建设管理办法》，覆盖了分布式光伏发电项目全生命周期各阶段的管理要求，引导分布式光伏发电科学合理布局，切实保障用户特别是农户利益，还聚焦当前分布式光伏发电行业存在的消纳难的现象，要求电网企业应当针对不同类型的分布式光伏发电项目制定差异化接入电网工作制度，合理优化或者简化工作流程，及时公布可开放容量、技术标准规范等信息，提供“一站式”办理服务，落实接入服务责任，提升接入服务水平；省级能源主管部门应组织地方能源主管部门、电网企业开展电网承载力评估，建立配电网可开放容量按季度发布和预警机制，引导分布式光伏科学合理布局。同时也提出，新建的分布式光伏发电项目应当实现“可观、可测、可调、可控”，提升分布式光伏发电接入电网承载力和调控能力。《办法》要求大型工商业分布式光伏原则上选择全部自发自用模式，这有望加速行业出清并缓解并网压力。

对于农村分布式光伏，国家能源局在《关于进一步组织实施好“千家万户沐光行动”的通知（国能综通新能〔2025〕44号）》中，要求做好“千家万户沐光行动”与能源、电力等发展规划的衔接，统筹平衡各类新能源发展需求，根据电网承载力，引导农村分布式光伏科学布局、有序开发、就近接入、就地消纳，并组织电网企业及有关方面

根据实际需要加强配套电网改造升级及其他提升消纳能力的措施，保障农村地区分布式光伏健康可持续发展。电网企业要优化内部工作流程，建立绿色通道，提供“一站式”办理服务，加强农村电网投资建设和提升改造，提高电网对分布式光伏发电的接纳、配置和调控能力。通知还要求充分发挥市场作用，充分尊重农民意愿，不得指定经营主体，不得强制要求配套产业，不得以特许经营等方式搞垄断开发，不得侵害农户利益，促进分布式光伏健康有序发展。国家能源局派出机构会同地方能源主管部门和电网企业加强对“千家万户沐光行动”实施情况的监管，及时受理相关投诉和反映，有效维护各方合法权益。

### 附件

#### 全面实现试点工作的县（市、区）名单

**河北（8个）：**鹿泉区、海港区、望都县、徐水区、博野县、南皮县、信都区、磁县；  
**江苏（7个）：**六合区、如皋市、如东县、启东市、大丰区、扬州经济技术开发区、扬中市；  
**浙江（21个）：**平阳县、长兴县、武义县、磐安县、龙游县、江山市、开化县、玉环市、莲都区、龙泉市、云和县、庆元县、松阳县、奉化区、吴兴区、南浔区、德清县、秀洲区、柯桥区、上虞区、诸暨市；  
**福建（1个）：**平和县；  
**山东（13个）：**章丘区、黄岛区、山亭区、滕州市、寿光市、峡山区生态经济开发区、嘉祥县、肥城市、河东区、郯城县、沂水县、临沂高新技术产业开发区、平原县；  
**河南（3个）：**登封市、原阳县、长垣市；  
**湖南（1个）：**祁阳县；  
**海南（1个）：**定安县；  
**陕西（1个）：**大荔县。

图 68：全面实现整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点工作的县（市、区）名单<sup>47</sup>

47. 国家能源局综合司关于进一步组织实施好“千家万户沐光行动”的通知（国能综通新能〔2025〕44号）[EB/OL]. 国家能源局网站. 2025-3-14. <https://www.nea.gov.cn/20250320/77110f875bc34fe3a6c19dd1babcfbf0/c.html>

山东省有多达70个县（市、区）入选整县开发试点，入选数量、装机容量均居全国第一。截止到2023年5月，山东省涌现68483家光伏发电企业，远超排名第二的江苏22319家。市场迅速饱和，光伏发电的波动性和电网调峰能力间的矛盾日益突出。

山东省采取底线调控、鼓励配储、完善电力市场等方式，为爆发式增长的分布式光伏“上保险”。

实行电网开放容量发布机制。省内各市、县的电网公司每月向社会公开发布其辖区内每个台区、每条线路的剩余可接入容量。一旦某个区域的电网承载力达到饱和或接近临界点，便会暂停该区域新增分布式光伏项目的并网受理。这种“红绿灯”式的管理模式，将消纳压力从后端治理，前置到了项目开发的前端，直接通过行政手段限制了在电网薄弱地区的无序扩张。

鼓励分布式光伏配储。2023年12月19日，山东发布《关于推进分布式光伏高质量发展的通知》，鼓励光伏投资企业、电网企业在消纳困难变电站（台区）配建储能设施，开发建设分布式储能，提升电力系统调节能力，促进分布式光伏就近就地消纳。2023年11月，全国首例分布式光伏配套储能项目在山东德州投运。除了政策支持，山东在分布式光伏配置储能的落地实施上也是先行先试，走在全国前列。<sup>48</sup>



图 69：山东省平原县农村光伏，摄影：马军

48. 发展新型储能，山东何以领跑？中国能源观察. 2024-8-8. <https://www.nationalee.com/newsinfo/7461798.html>



## 案例：浙江省

电价削峰填谷。山东在全国范围内率先建立并实施了“五段式”分时电价机制，将1天分为尖、峰、平、谷、深谷五个时段，根据不同时段的电力供需情况，实行差异化的电价政策，通过价格信号推动用户用电行为与新能源发电特性动态匹配，为新能源消纳腾挪空间。分时电价特别激励配置了储能的用户在电价低谷时充电，在高峰时放电，实现套利的同时帮助电网削峰填谷。《山东省分时电价政策创新与实践蓝皮书》指出，山东分时电价政策优化后，午间新能源消纳能力增加约583.87万千瓦，晚峰用电负荷转移约225.51万千瓦，分别占历史最大午、晚峰负荷的5.1%和2.1%。<sup>49</sup>

发展虚拟电厂。山东省推动构建“源网荷储”协同调节能力，鼓励聚合商整合分散的分布式资源，作为虚拟电厂参与调峰辅助服务市场，为电网提供灵活性支撑。目前，山东省建成虚拟电厂20家，聚合分布式光伏、储能、充电桩等负荷资源274.8万千瓦，可调节能力达到55万千瓦，聚合规模位居全国前列<sup>50</sup>。

拓展省外消纳空间。山东省在推动新能源省内最大化消纳的同时，打通省内新能源外卖交易渠道，实现在更大范围内配置。自2025年1月份开始，通过电网调度、交易机构等常态化组织开展省内富余新能源参与省间现货交易。截至2025年5月，在新能源消纳困难时段，已累计向外省卖出富余新能源3.3亿千瓦时，有力促进了新能源消纳利用<sup>49</sup>。



图 70：平原县协合太阳能发电有限公司，摄影：马军

49. 山东省实施“五段式”分时电价机制 居民一年可省电费几百元 [N]. 济南日报 .2025-4-16.http://www.jinan.gov.cn/art/2025/4/16/art\_1861\_5011890.html

50. 山东举行深入实施“八大行动”，推动新能源高水平消纳新闻发布会 [EB/OL]. 山东省人民政府网站 .2025-5-15.http://www.shandong.gov.cn/vipchat1//home/site/82/4625/article.html

浙江省经济发达，全社会用电量长期位居全国第四位，但土地资源高度紧张。为支持分布式光伏建设，2021年，浙江省能源局正式印发了全国首个针对整县推进分布式光伏开发试点工作的省级实施导则《浙江省整县（市、区）推进屋顶分布式光伏开发工作导则》，提出各试点县（市、区）新增光伏发电规模“十四五”期间不少于100MW，累计光伏发电装机不应低于当地“十四五”电力规划最高负荷的15%。截至2025年二季度，全省分布式光伏并网容量达4943.5万千瓦，位居全国第三。



图 71：入选“千家万户沐光行动”全国试点县的嘉兴市秀洲区<sup>51</sup>

浙江省以“整县推进”为契机，系统性规划乡村配电网升级。浙江省在推进屋顶光伏大规模开发的同时，同步进行农网的升级改造。首先，统筹规划满足光伏接网需求，统筹推进乡村配网建设，推动配置适量储能装置，以此提升农村电网光伏承载力。其次，推动乡村电气化提升就地消纳水平。第三，建设数智化供电所管理平台，推广供电所“互联网+”及电子渠道，为分布式光伏并网提供更加便捷化、精准化的服务。

浙江省还积极总结分布式光伏建设经验，为2023年12月，浙江省能源局推出《浙江省分布式光伏高质量典型案例集》，从统筹推进、创新引领、数智高效、能源保供、安全合规、环境协调六个方面，聚焦“高质量+共富”导向，围绕公共机构、工商业园区、乡村整域推进与多元场景（公共建筑、乡村民居、工商业屋顶、机场、交通、BIPV、光储融合等）展示浙江省分布式光伏在“统筹规划、数智赋能、标准管控、模式创新、收益共享、零碳共富”方面的实践路径。

51. 张萌,李洁.嘉兴秀洲将实施“千家万户沐光行动” [N]. 嘉兴日报 .2025-3-26.http://zj.people.com.cn/n2/2025/0326/c186327-41176360.html



图 72: 浙江省长啸村河岸光伏, 供图: 清华大学“每人一千瓦”项目组

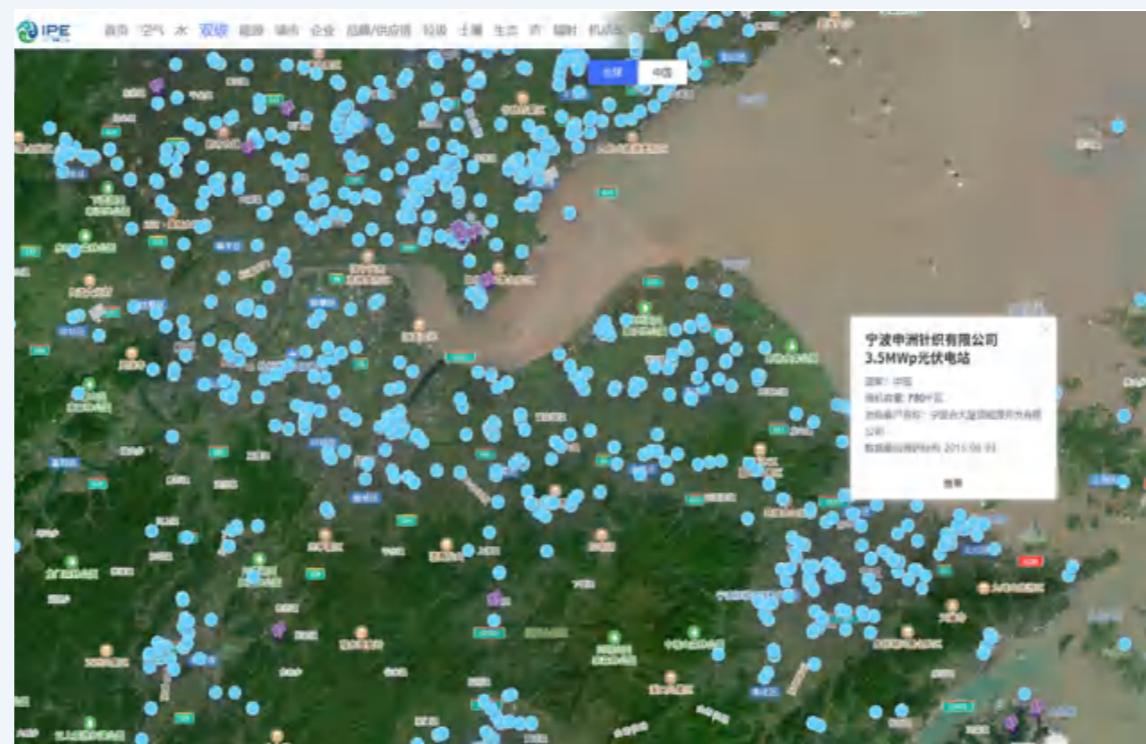


图 74: 光伏地图 - 杭州湾周边分布式光伏项目



图 76: 浙江省桐乡市屋顶光伏



图 73: 浙江省长啸村农业大棚光伏, 供图: 清华大学“每人一千瓦”项目组



图 75: 富通集团长三角信息科技产业园屋顶工商业分布式光伏项目,  
摄影: 绿色江南



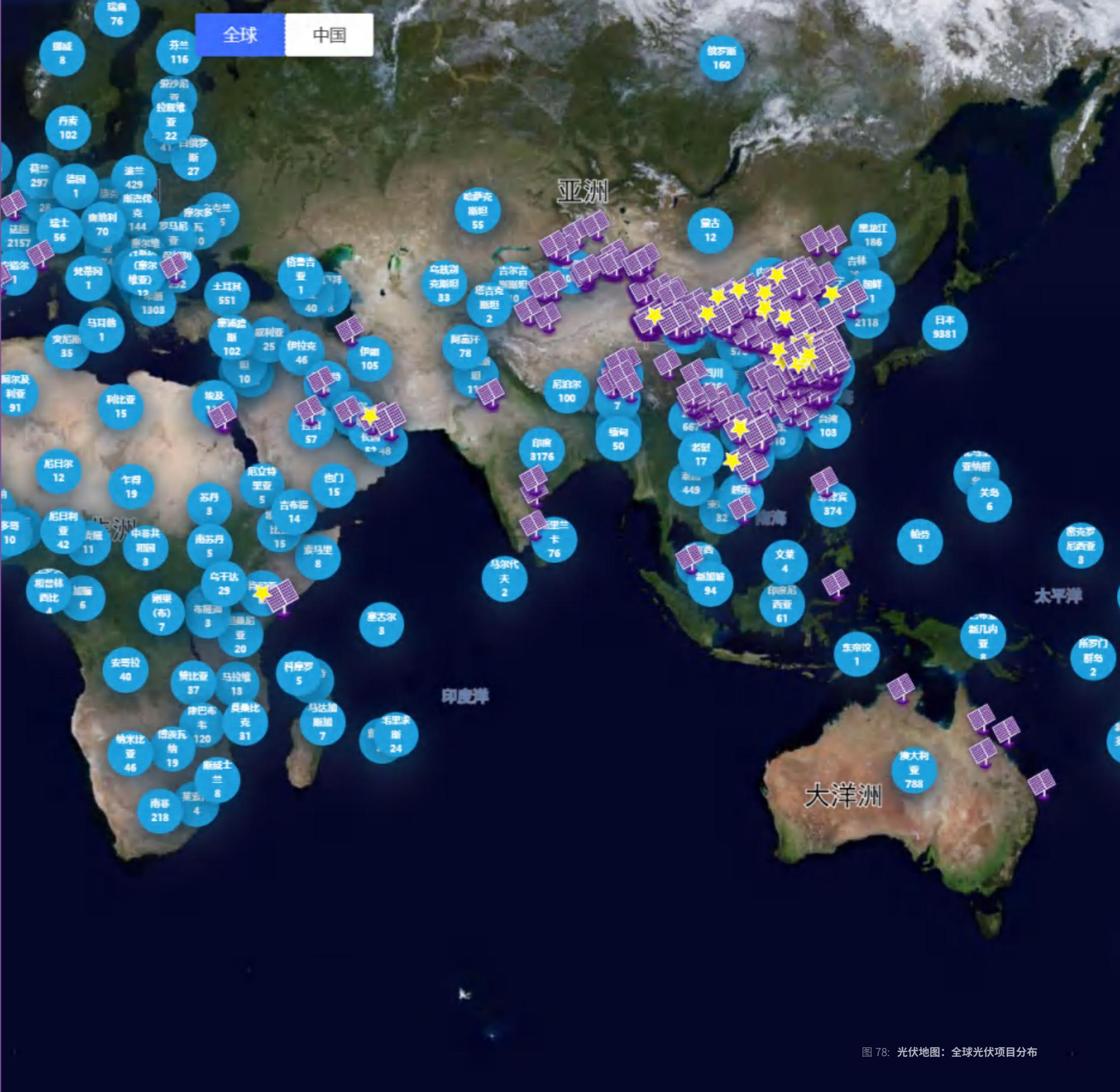
图 77: 浙江爱康新能源科技股份有限公司, 摄影: 绿色江南

# 03

## 助力全球达成可再生能源三倍计划

尽管困难重重，但全球从化石燃料转向清洁能源的车轮仍在滚滚向前。《巴黎协定》十年间，可再生能源装机容量已与化石燃料基本持平，2024年，可再生能源发电量占全球发电量的三分之一，几乎所有新增发电装机量都来自可再生能源。

十亿千瓦  
向光而行



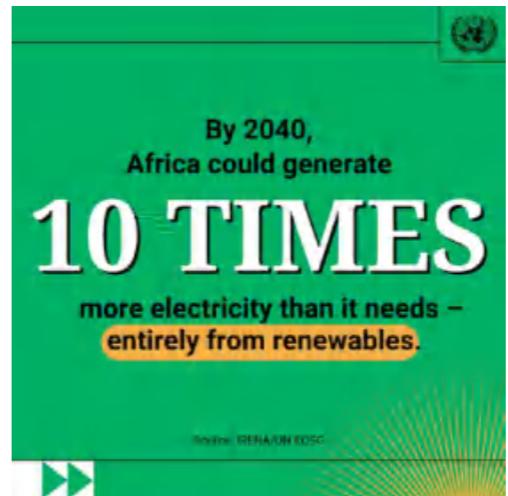


## 联合国倡导抓住清洁能源机遇时刻

在一些地区对能源转型产生新的疑问和动摇的背景下，2025年7月22日，联合国在纽约总部举办“机遇时刻：大力推进清洁能源时代”活动，总结自《巴黎协定》引发清洁能源革命以来十年间世界取得的进步。联合国秘书长古特雷斯在活动上发表重要讲话，深入阐述了新能源时代为应对气候灾害和动荡局势带来的希望和机遇。通过有说服力的证据，他指出，化石燃料向可再生能源过渡不可避免，这一过渡将为人类和经济带来巨大利益。



图 79: © 联合国图片 /Mark Garten | 古特雷斯秘书长就清洁能源问题发表讲话



“一个清洁能源时代正如同旭日冉冉升起。资本流向能说明一切。去年就有2万亿美元投入清洁能源，比化石燃料多出8000亿美元，十年间增长了近70%。国际可再生能源署今天发布的新数据显示，不久前，太阳能成本还是化石燃料的四倍，而现在则便宜41%。海上风能便宜53%。”

联合国题为《抓住抓住机遇时刻：为促进可再生能源利用、提升效率和电气化的新能源时代增添动力》的特别报告显示了自《巴黎协定》引发清洁能源革命以来的十年间世界取得的

进步。该报告得到联合国各机构以及国际能源署、国际货币基金组织、国际可再生能源署、经济合作与发展组织和世界银行等伙伴的支持。报告显示，目前全球可再生能源装机容量已近乎与化石燃料持平，而这仅仅是个开始。2024年，几乎所有新建的发电能力都来自可再生能源，全球各大洲新增的可再生能源装机容量都超过了化石燃料，可再生能源的发电量几乎占全球发电量的三分之一。

古特雷斯秘书长称，清洁能源的未来不再是一个承诺，它已成为事实。没有任何政府，没有任何工业，没有任何特殊利益可以阻挡它。

他列举了三个强有力的原因。首先是促进绿色增长。仅在2023年，清洁能源行业为全球国内生产总值增长贡献了10%，在印度贡献了5%，在美国贡献了6%，在中国——作为能源转型领军国家——贡献了20%，在欧盟贡献了将近33%。清洁能源行业的就业岗位现已超过化石燃料行业——在全球范围雇用了近3500万人。

其次是保障能源安全。化石燃料让经济和人们受制于价格冲击、供应中断和地缘政治动荡。可再生能源才是现代化、有竞争力的经济体需要的稳定、负担得起的能源。几乎每个国家都有足够的阳光、风或水，可以实现能源自给自足。

第三是实现能源普惠。与化石燃料相比，太阳能和风能的部署速度更快、成本更低、更灵活。对于仍生活在无电状态下的数亿人来说，所有这些都会改变游戏规则。



2024年，全球太阳能发电装机量为18.65亿千瓦，已超过水电，占总装机量比重从2013年的2.53%，增长到2024年的19.85%。在除中国大陆以外其他国家和地区，2013年-2024年，太阳能发电装机量从45.15亿千瓦增长到62.39亿千瓦<sup>53</sup>，占总装机量比重从2.7%，增长到15.7%，年均增长率20%，明显高于其他可再生能源。

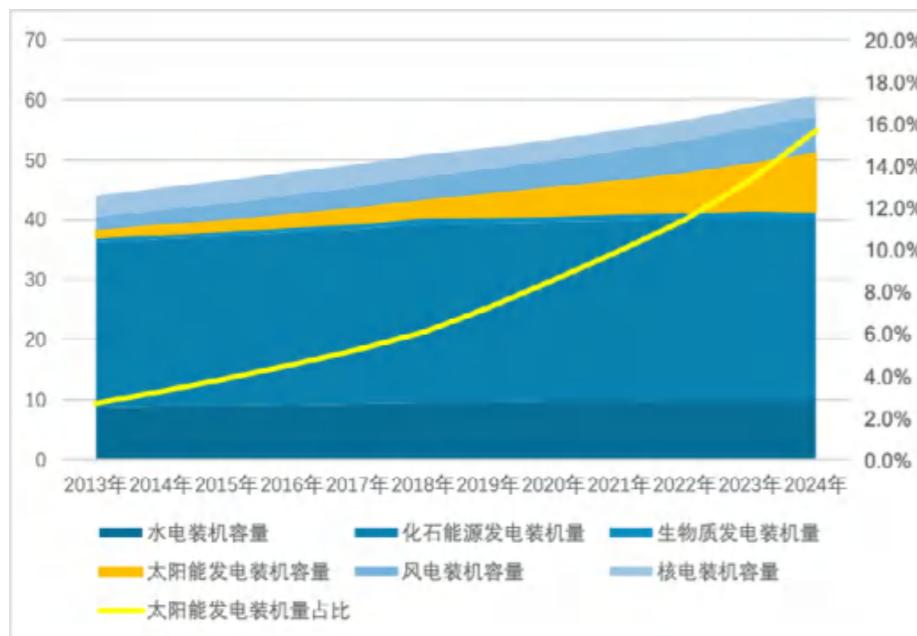


图 80: 全球除中国大陆以外国家和地区主要能源类型发电装机量（单位：亿千瓦）

2024年全球太阳能发电量为2130.64太瓦时，占总发电量比重从2013年的0.6%，增长到2024年的6.9%。2013-2024年，除中国大陆以外国家和地区太阳能发电量从123.58太瓦时增长到1296.54太瓦时，年均增速为28%，明显快于其他可再生能源，占总发电量比重从0.7%增长到6.2%。

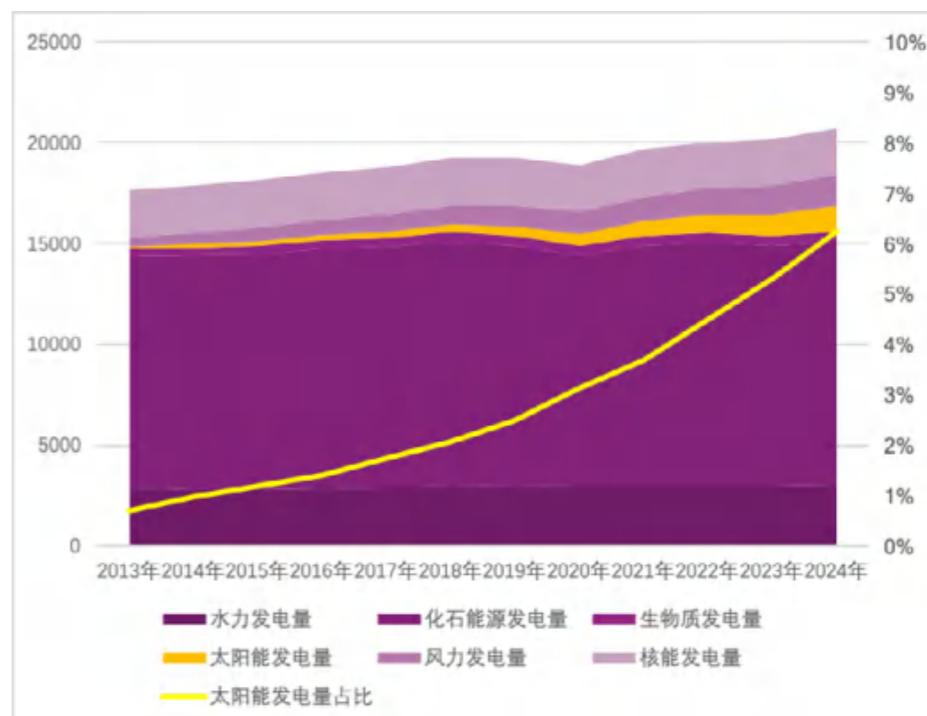


图 82: 世界除中国大陆以外国家和地区主要能源类型发电量（单位：太瓦时）

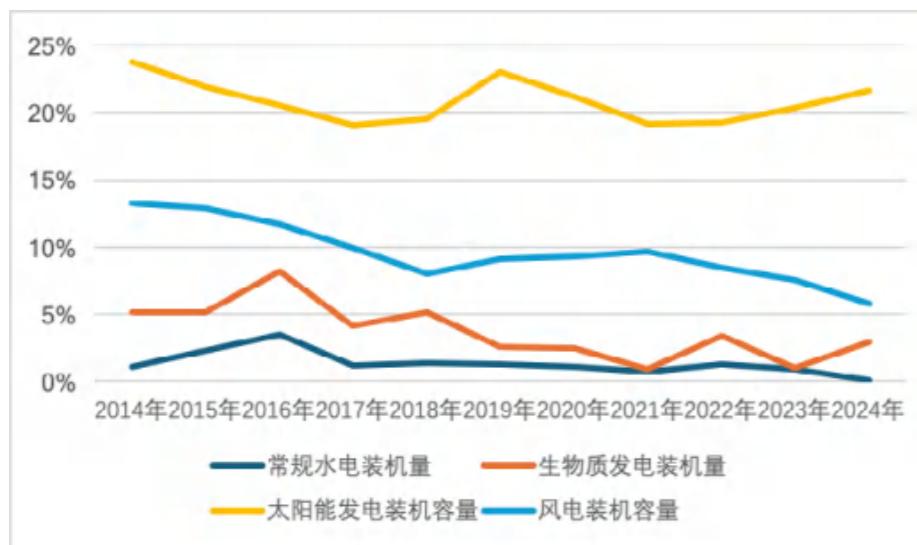


图 81: 全球除中国以外国家和地区主要可再生能源发电装机量增速

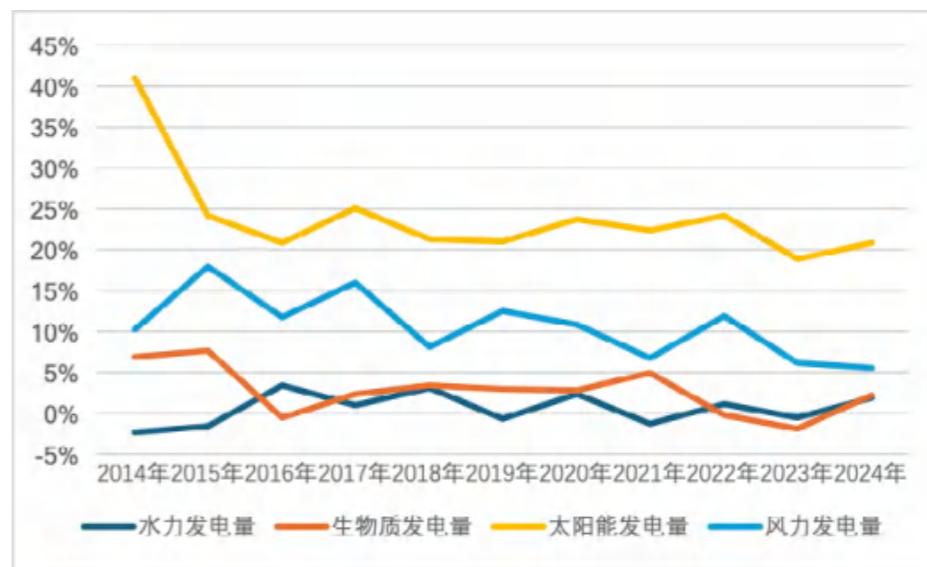


图 83: 全球除中国大陆以外国家和地区主要可再生能源发电量增速

53. 数据来源：IRENA



图 84: 泰国 304 工业园区浮动太阳能电站，该电站由国家电力供应公共有限公司（NPS）投资建设，发电能力达到 150 兆瓦，于 2023 年第四季度开始发电，是当时世界上最大的浮动太阳能电站之一。



图 85: 泰国 304 工业园区浮动太阳能电站<sup>54</sup>



图 86: 巴西 São Gonçalo 太阳能发电项目，总装机容量达到 864 兆瓦，年发电量达 2 太瓦时，是拉丁美洲最大的太阳能发电项目，每年可减少 130 万吨二氧化碳排放。<sup>55</sup>



图 87: São Gonçalo 太阳能发电项目<sup>56</sup>

54. <https://solarquarter.com/2023/06/15/nps-successfully-installs-first-phase-of-60-mw-floating-solar-power-plant-in-thailand/>

55. <https://www.enelgreenpower.com/media/press/2023/enel-green-power-announces-commercial-operation-of-the-second-ex>

56. <https://www.enelgreenpower.com/pt/nossos-projetos/highlights/parque-solar-sao-goncalo>

## 中国光伏建设领跑全球

中国光伏建设是世界能源转型的重要组成部分。2013 年 -2024 年，中国光伏装机量占全球光伏装机量比重从 12.7% 增长到 47.6%。



图 88: 中国累计光伏装机量占全球光伏装机量比重（装机量单位：亿千瓦）

截至 2024 年底，中国光伏累计装机量是全球光伏装机量排名第二到第三十一位国家的总和。

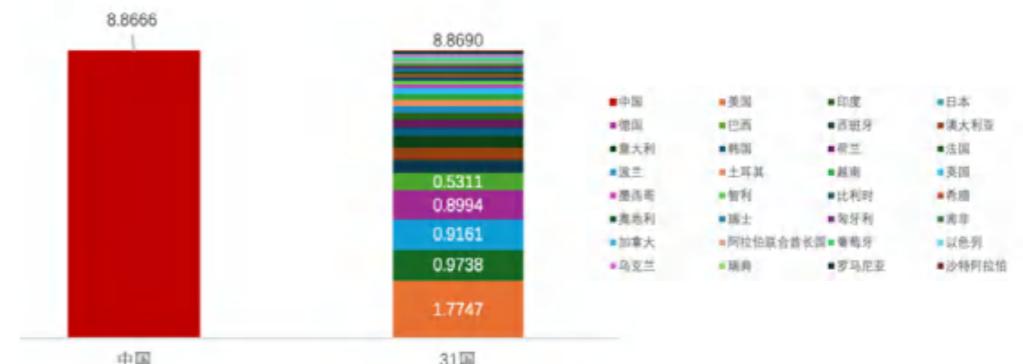


图 89: 2024 年中国和其他 31 国光伏装机量（单位：万千瓦）



2024年，中国光伏新增装机量为2.78亿千瓦，占全球光伏新增装机量的61.5%，也是连续第十一年位居全球首位，相当于美国光伏装机量的1.5倍，印度的2.8倍，日本或德国的3倍，澳大利亚的7倍，法国的13倍和英国的16倍。



图90: 中国光伏新增装机量占全球光伏新增装机量比重

2013年-2024年，中国光伏发电量占全球光伏发电量比重从6.3%增长到39.1%。



图91: 中国太阳能发电量占全球发电量比重（发电量单位：太瓦时）

2024年，中国光伏发电量超过光伏发电量第二到第九位国家的总和，相当于美国的2.8倍，印度的6.3倍，日本的8倍，德国的12倍，澳大利亚的17倍，大约可以满足美国20%、日本92%、欧盟3年的全年用电量。

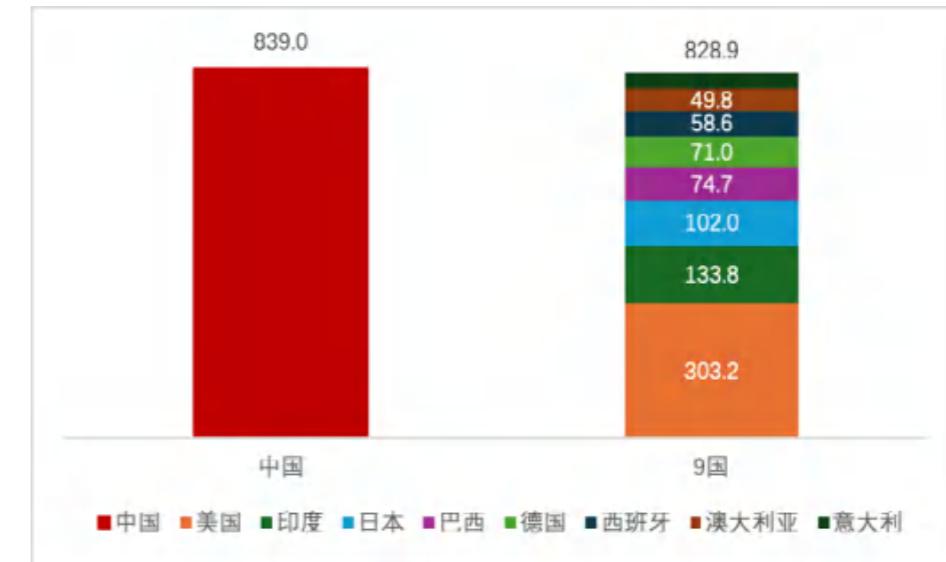


图92: 2024年中国和其他9国光伏发电量（单位: 太瓦时）

在新型储能方面，根据中关村储能产业技术联盟(CNESA) DataLink 全球储能数据库的不完全统计，2024年，全球新增投运新型储能项目装机规模达到74.1GW/177.8GWh，已连续7年在新增电力储能装机中占据最大比重，2024年达到历史新高89%。中国领先优势明显，新增装机规模接近2-10位新增装机总和的2倍。



## 全球其他地区 光伏建设滞后于气候目标

2023年12月，《联合国气候变化框架公约》第二十八次缔约方大会(COP28)就《巴黎协定》首次全球盘点、减缓、适应、资金、损失与损害、公正转型等多项议题达成“阿联酋共识”。该共识设定了到2030年的全球目标，即加速转型脱离化石燃料、将可再生能源装机容量增至3倍、将能效提升一倍以及大幅减少甲烷排放。“可再生能源3倍”目标要求到2030年，全球可再生能源装机容量至少达到1.1万吉瓦。

2022年-2024年，全球可再生能源装机量从3378.79吉瓦增长到4448.05吉瓦，年均增速为14.7%。如果保持该增速，可以在2030年实现3倍目标。但除了中国这台强劲的“发动机”，2022-2024年，其他国家和地区增速仅为8.6%。

如果中国2030年可再生能源装机量达到2022年的3倍，那么其他国家和地区装机量需达到7534.5吉瓦，2025-2030年年均增速需达到19.2%。2024年6月，国际能源署指出，在此前提交的194份国家自主贡献中，只有14份明确规定设定了2030年可再生能源总装机容量目标，总计仅为约1300吉瓦。<sup>57</sup>

古特雷斯秘书长指出，全球能源转型速度还不够快，也不够公平。经合组织国家和中国占全球可再生能源发电装机容量的80%，巴西和印度占近10%，而非洲仅占1.5%。



图93: 光伏地图 - 全球各国人均光伏装机量

57. “一带一路”绿色发展联盟.”一带一路”绿色发展展望[R]. “一带一路”绿色发展联盟网站 2024.<http://www.brigc.net/zcyj/bgxz/2024/202411/P020241115336431620179.pdf>

在发达经济体，化石燃料补贴及低价天然气削弱了可再生能源竞争力，私人资本往往对可再生能源高昂的初始成本与漫长回报周期缺乏兴趣；这些经济体内部政治分歧严重，导致政策不连续，目标与执行脱节；监管审批流程冗长，环境评估和社区的反对意见进一步延缓了项目部署；俄乌冲突后，短期能源安全需求优先于长期转型，储能和智能电网投资不足，加上化石燃料行业的强大游说，阻碍了大规模可再生能源投资，导致其未能引领能源转型，反而延缓了全球脱碳进程。

除中国以外的新兴市场和发展中经济体经济快速发展，城市化和人口增长迅速，电力需求持续增长，但是债务负担重，融资成本高，较难负担可再生能源项目高昂的初始投资以及大规模改造电力基础设施的费用，其老旧落后的电网无法适应可再生能源间歇性发电的冲击。人才短缺，并且缺乏本土制造和运行维护能力，也制约着这些国家和地区向清洁能源转型。而发达国家的援助和技术转移承诺往往没有兑现。除中国以外，新兴市场和发展中经济体仅占全球清洁能源投资的约15%。虽然印度、巴西和部分东南亚及非洲国家在清洁能源投资上有所增长，但整体水平仍远低于满足可持续发展目标所需的标准。



图94: 中国、美国、欧盟、印度、拉丁美洲、东南亚、非洲清洁能源投资额<sup>58</sup>

58. IEA (2024), Annual investment in clean energy by selected country and region, 2019 and 2024, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/annual-investment-in-clean-energy-by-selected-country-and-region-2019-and-2024>, Licence: CC BY 4.0



## 保障各国都能 “用得上、用得起、用得好”

中欧领导人关于应对气候变化的联合声明中提出：“加快全球可再生能源部署，促进优质绿色技术和产品的流动，使包括发展中国家在内的各国都能用得上、用得起、用得好。”<sup>59</sup>中国光伏建设不仅成为中国能源结构转型的强大引擎，也降低了全球能源转型成本，为能源普惠、可持续发展和应对气候变化作出了重要贡献，成为全球能源治理体系的重要力量。

中国光伏产业链各环节技术水平全球领先。在产业链的最上游高纯度晶硅制造环节，中国企业通过对传统工艺的极致优化，在能耗和成本控制上做到了全球最低；在硅片加工制造环节，通过制定“大尺寸”和“薄片化”等核心技术标准，中国实现对全球大尺寸、薄片化硅片技术的引领，182mm 和 210mm 大尺寸硅片合计市场占比已超过 95%；在电池片生产制造环节，中国 P 型电池的平均转换效率已超过 23.5%，处于全球最高水平，主流 N 型电池的量产效率已达到 25% 以上，良品率和成本控制全球领先，钙钛矿太阳能电池等新型电池技术崭露头角，PERC（钝化发射极和背面接触）、TOPCon（隧穿氧化层钝化接触）、HJT（异质结）等高效电池技术也逐步走向商业化应用；在终端产品的组件生产制造环节，中国主流组件功率已进入 600W+ 时代，通过上中下游的整合与技术突破，中国光伏组件达到全球功率最高、成本最低、可靠性最优的领先优势。<sup>60</sup>



图 95: 极电光能 GW 量产线 2.8 平方米钙钛矿组件首片下线，供图：极电光能<sup>61</sup>

59. 中欧领导人关于应对气候变化的联合声明 . 中华人民共和国生态环境部 . [https://www.mee.gov.cn/ywggz/ydqbh/qhbhlf/202507/t20250724\\_1124236.shtml](https://www.mee.gov.cn/ywggz/ydqbh/qhbhlf/202507/t20250724_1124236.shtml)

60. 廖睿灵 . 中国光伏发电装机突破十亿千瓦，火电装机占比降至约四成——升一降，彰显能源转型新成就 [N]. 人民日报海外版 2025 年 6 月 28 日第 03 版

61. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/5154930301>



图 96: 极电光能，摄影：马军

“十四五”期间，中国光伏产业出海已从产品销售为主转向兼顾先进技术和优质资本输出，并参与基础设施开发、运营和维护。中国光伏产业链上下游正协同出海、全面出海<sup>62</sup>。

中国在光伏发电领域的投资规模已经超过其他所有发电技术的总和，光伏技术研发和生产能力也处于全球领先地位。中国企业还积极在海外建厂，并参与多个国家合作开发可再生能源项目，促进了全球光伏建设和产业发展。

据中国全球电力数据库<sup>63</sup>最新统计，中国已在海外 39 个国家投资了 143 个光伏电厂，总计装机量 11648.187 兆瓦，占中国所有海外投资电力项目装机量的 6.6%。



图 97: 中国海外投资光伏项目装机量（单位：兆瓦）

62. 刘灿邦 . 国光伏产业链全面出海 可持续性议题摆上日程 [N]. 证券时报 . 2025 年 7 月 21 日 A004 版 .<https://www.stcn.com/article/detail/2659176.html>

63. 波士顿大学全球发展政策研究中心 .China’ s Global Power Database.<https://www.bu.edu/cgp/>



图 98: 阿联酋迪拜光热光伏复合项目, 总装机量 950MW, 由上海电气担任 EPC 总承包商, 中国工商银行、中国银行、中国农业银行等进行融资支持, 总投资额 44 亿美元<sup>64</sup>



图 101: 赞比亚凯布韦 100 兆瓦太阳能项目是赞比亚目前装机规模最大的单体光伏项目, 也是赞比亚国家电力公司在太阳能领域的首个项目。项目建设过程中, 为周边区域提供了 1350 余个就业岗位, 同时带动了周边相关基础服务设施的修建和完善。项目建成后, 预计年发电量达 1.8 亿千瓦时, 可满足 15 万户家庭年度用电需求, 直接缓解该区域 30% 的电力缺口。项目由中国电建承建<sup>66</sup>, 全部采用晶澳科技 DeepBlue 4.0 Pro 光伏组件<sup>68</sup>



图 99: 上海电气迪拜光热光伏复合项目, 来源: 新华社<sup>65</sup>



图 102: 赞比亚总统为凯布韦 100 兆瓦太阳能项目并网发电项目揭牌剪彩<sup>67</sup>



图 100: 1.25 吉瓦的沙特萨阿德 2 光伏电站, 首批 799 兆瓦 2025 年实现商业运行, 由中国电建华东院·山东电建三公司联营体总承包建设, 建设内容还包括 33/132kV 升压站、11.5 公里输电线路以及电网接入系统等, 将助力该国实现“2030 愿景”。<sup>66</sup>

- 64. 董清风. 上海电气全面进军智慧能源, 迪拜 950MW 光热光伏复合电站经济性凸显 [N]. 太阳能光热联盟. 2019-1-22. <http://www.cnste.org/html/jiaodian/2019/0122/4387.html>
- 65. [https://www.news.cn/world/2023-09/26/c\\_1129885659\\_4.htm](https://www.news.cn/world/2023-09/26/c_1129885659_4.htm)
- 66. 中国电建华东院 .1.25 吉瓦的沙特萨阿德 2 光伏电站首批投入商业运行 [EB/OL]. 中国电建网站. 2025-8-1. [https://www.powerchina.cn/col/col7449/art/2025/art\\_2085246913.html](https://www.powerchina.cn/col/col7449/art/2025/art_2085246913.html)
- 67. 赞比亚总统为凯布韦 100 兆瓦太阳能项目剪彩 [N]. 人民网 - 国际频道. 2025-7-3. <https://world.people.com.cn/n1/2025/0703/c1002-40513932.html>
- 68. 赞比亚总统希奇莱马来了! 晶澳 DeepBlue 4.0 Pro 全容量供货该国最大项目 [EB/OL]. 晶澳科技网站. 2025-7-1. <https://www.jasolar.com/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=419&id=877>
- 69. Chinese company helps to galvanize Egypt's clean energy development[N]. Xinhua. 2024-6-20. <https://english.news.cn/20240620/4fc2a0294494588ac4a707bfa17b311/c.html>
- 70. <https://unfccc.int/news/solar-projections>
- 71. 李芳. 出海记 | 中国光伏, 全球可再生能源的发展关键词 [N]. 海外网. 2025-2-14. <https://biz.haiwainet.cn/n/2025/0214/c3545024-32837792.html>



图 103: 埃及 Benban 太阳能发电园由 34 座太阳能发电厂组成, 占地 37 平方公里, 是世界上最大的太阳能发电园区之一, 年发电量达到 3.8 兆瓦时, 可为 100 多万户家庭供电, 每年可减少 200 万吨二氧化碳排放。项目由中国三峡集团投资, 光伏电池板由中国制造<sup>69</sup>



图 104: Benban 太阳能发电园<sup>70</sup>



图 105: 马来西亚吉打州瓜拉基蒂光伏电站, 该项目由中国广核能源国际控股有限公司所属埃德拉电力控股有限公司运营, 由中国能源建设集团天津电力建设有限公司承建, 占地 260 英亩, 装机 50 兆瓦, 2019 年开始商业运行。摄影: 张纹综<sup>71</sup>



图 106: 隆基韩国 U1 大学 1MW 工商业分布式光伏发电项目<sup>72</sup>

随着光伏项目在海外的加速发展，为解决日益凸显的弃光问题，海外储能市场也不断扩容。据 CESA 储能应用分会产业数据库统计，2025 年 1 月到 6 月，中国企业新获得 199 个海外储能订单 / 合作，总规模超 160GWh，同比增长 220.28%。<sup>73</sup>



图 107: 澳大利亚 Waratah Super Battery Site 不仅是南半球规模最大的电池项目，也是目前世界上功率最大的电池项目之一。该电池储能系统坐落于悉尼以北约 100km 处，旨在提升澳大利亚新南威尔士州电网的可靠性，确保在该州从燃煤发电向清洁能源转型期间电网的稳定性。据悉，该项目占地 138,000m²，项目设计达 850MW/1680MWh，瑞浦兰钧提供了其中超 70% 的电池。目前该项目正处于调试阶段。<sup>74</sup>

72. 隆基韩国 U1 大学 1MW 工商业分布式光伏发电项目 [EB/OL]. 隆基绿能网站 .<https://www.longi.com/cn/cases/korea-u1-university-1mw-project/>

73. 潘望 . 海外爆单超 160GWh！2025 储能出海竞争焦点在哪？[N]. 中国储能网 .2025-7-24.<https://www.escn.com.cn/news/show-2123724.html>

74. 瑞浦兰钧 . 瑞浦兰钧携手 Waratah Super Battery Site 助力南半球最大储能项目 [N]. 美通社 .2024-11-4. <https://www.prnasia.com/story/467100-1.shtml>

中国光伏产业驱动了全球光伏组件价格大幅下降，光伏发电成本显著降低，成为发达国家和发展中国家寻求经济可持续发展和能源转型的可靠选择。据IRENA计算，2010-2023年，光伏发电装机总成本从5310美元/千瓦降低到了758美元/千瓦，降低了86%，光伏发电平准化电力成本从0.46美元/千瓦时降低到了0.044美元/千瓦时。

据《自然》一项量化研究估算，从2008年到2020年，相对于各国在10年内全部转为国内生产的情景，全球化的光伏组件市场为美国的光伏安装节省了240亿美元（190-310亿美元），给德国节省了70亿美元（50-90亿美元），这在一定程度上要归功于中国主导的全球供应链<sup>75</sup>。

	Total installed costs			Capacity factor			Levelised cost of electricity		
	(2023 USD/kW)			(%)			(2023 USD/kWh)		
	2010	2023	Percent change	2010	2023	Percent change	2010	2023	Percent change
Bioenergy	3 010	2 730	-9%	72	72	0%	0.084	0.072	-14%
Geothermal	3 011	4 589	52%	87	82	-6%	0.054	0.071	31%
Hydropower	1 459	2 806	92%	44	53	20%	0.043	0.057	33%
Solar PV	5 310	758	-86%	14	16	14%	0.460	0.044	-90%
CSP	10 453	6 589	-37%	30	55	83%	0.393	0.117	-70%
Onshore wind	2 272	1 160	-49%	27	36	33%	0.111	0.033	-70%
Offshore wind	5 409	2 800	-48%	38	41	8%	0.203	0.075	-63%

图 108: 2010 年和 2023 年可再生能源发电总安装成本、容量系数和平准化电力成本 (LCOE)<sup>76</sup>

中国光伏“出海”也为全球控制碳排放做出了重要贡献。研究表明，2024 年中国出口的太阳能电池板等清洁能源装备在海外投入使用后，估计每年将避免碳排放量约 2.2 亿吨；2023-2024 年中国公司宣布的海外清洁能源设备制造项目建成后将避免 9000 万吨二氧化碳排放，清洁电力发电项目还将避免另外 4000 万吨二氧化碳排放。总体来看，光伏（包括产品出口、海外建厂和海外光伏发电项目）对减排量贡献最大，总计达到 2.8 亿吨<sup>77</sup>。

#### China's solar exports deliver the biggest emissions savings Overseas avoided CO2 emissions from China's clean-tech activity, MtCO2

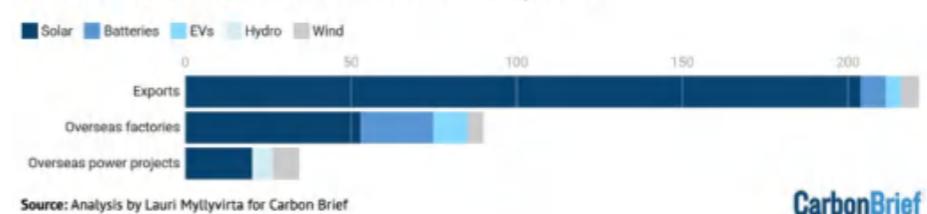


图 109: 2024 年，中国光伏、电池、电动汽车、水电和风电技术在其他国家和地区的碳减排量（单位：百万吨）

75. Helveston, J.P., He, G. & Davidson, M.R. Quantifying the cost savings of global solar photovoltaic supply chains. *Nature* 612, 83-87 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05316-6>

76. IRENA,2023 年可再生能源发电成本报告 [R], [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Sep/IRENA\\_Renewable\\_power\\_generation\\_costs\\_in\\_2023\\_executive\\_summary.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Sep/IRENA_Renewable_power_generation_costs_in_2023_executive_summary.pdf)

77. Lauri Myllyvirta.Analysis: China's clean-energy exports in 2024 alone will cut overseas CO2 by 1%[R]. CarbonBrief.<https://www.carbonbrief.org/analysis-chinas-clean-energy-exports-in-2024-alone-will-cut-overseas-co2-by-1/>



# 全民参与迈向清洁能源新时代

如联合国秘书长古特雷斯所言，化石燃料即将走到尽头，一个清洁能源时代正如旭日冉冉升起。中国光伏产业从规模扩张到技术输出，从国内减排到全球赋能，已成为能源转型的“压舱石”。应对全球日益加剧的气候危机，各国需进一步优化政策设计、强化国际合作，也需要提升公众意识，动员全社会共同参与。

在《巴黎协定》十周年与“双碳”目标五周年的关键节点，中国光伏的实践表明，清洁能源不仅是气候解决方案，更是公平发展与全球治理的新范式。当中国十四亿千瓦光伏装机的宏大叙事被分解到“每人一千瓦”的微小目标，曾经看似遥不可及的宏伟蓝图，就有可能在每个人的参与和推动下更快实现。

## “每人一千瓦” 光伏进展

2019年，清华大学社会科学研究院能源转型与社会发展研究中心启动了“2035年每人一千瓦光伏”试点计划，旨在打破僵局，推动中国农村清洁能源转型。通过对伙伴关系、商业模式和政府管理方式的创新设计，该计划为许多地区输出了宝贵的可操作性强的建议和经验。试点计划的一个重要成果是建立了一些可行的模式，让县、乡镇和村庄以更快的速度扩大太阳能安装规模，这些成功经验不仅在技术方面，而且在经济、财政和社会方面都经过了测试、调查和验证，可以推广和复制。2023年，该试点计划引入了更多牵头合作伙伴，扩展成为“每人一千瓦”项目。



图 110: 光伏地图 - 每人一千瓦项目介绍

随着光伏装机量的迅速增长，截至2025年二季度，中国人均光伏发电装机量已达0.78千瓦（按2025年第二季度按并网容量计算，其余年份按总装机量计算）。青海、宁夏、新疆、内蒙古、甘肃、西藏、山西、河北、云南、陕西已经实现“每人一千瓦”，江苏、海南、山东人均则已超过0.9千瓦。

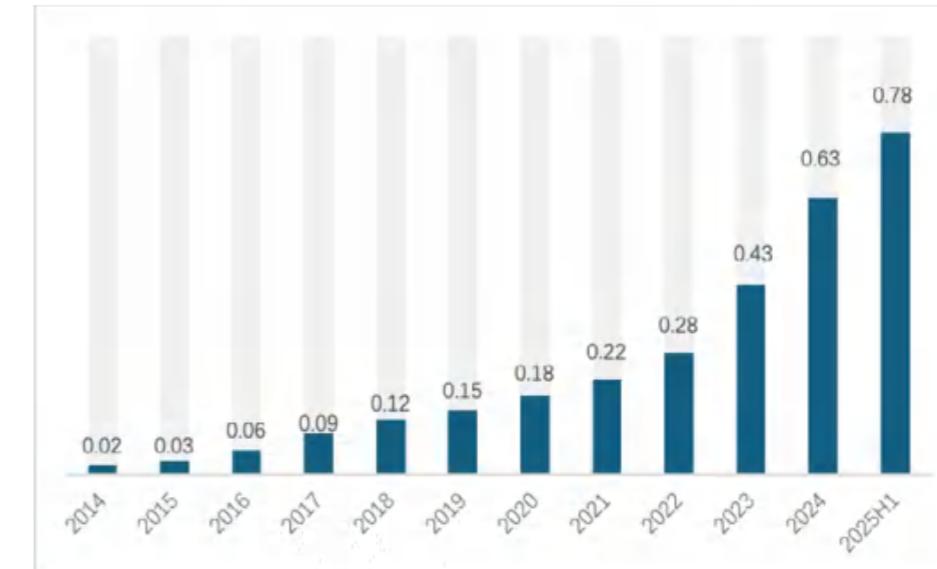


图 111: 中国人均光伏发电装机量（单位：千瓦）



图 112: 光伏地图 -2020-2024 年中国人均光伏装机量（单位：千瓦）

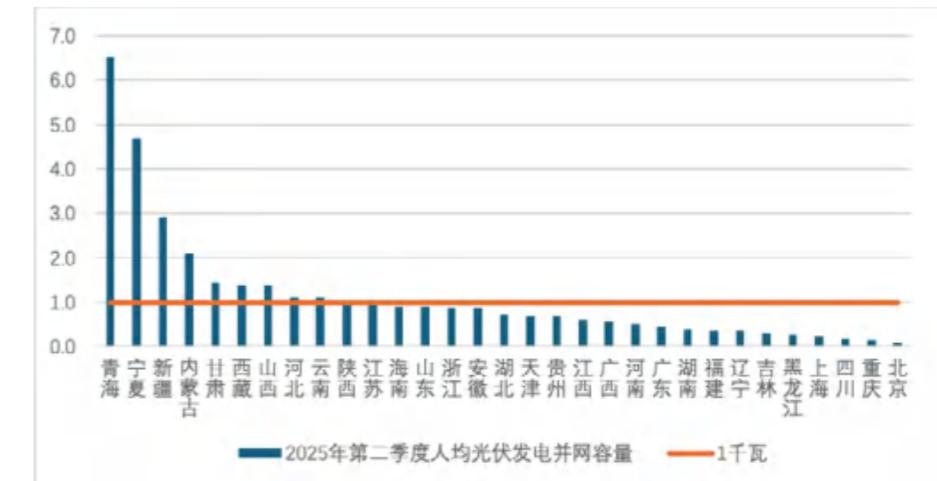


图 113: 2025 年二季度中国省级行政区光伏“每人一千瓦”建设进展（单位：千瓦）

在国际上，人均光伏装机量最高的国家是澳大利亚，2024年为1.41千瓦，中国位于第18位，较2023年前进了8位。



图 114: 2024 年人均光伏装机量前 30 位国家和地区 (单位: 千瓦)

当前我国已实现“每人一千瓦”的省份，主要是地广人稀的西部省区，以集中式光伏为主导。但要有效扩展光伏发电建设和使用规模，东中部人口密集的经济大省亟待赶上。在这些地区，分布式光伏需要发挥重要作用。

当然，分布式光伏也有诸多特有的问题有待解决。由于利益相关方多元化，项目协调难度增加；不同建筑类型、屋顶结构、用电模式都需要定制化设计方案，技术标准碎片化问题突出；大量小规模分布式电源接入配电网，对电网的双向潮流控制、电压调节、保护配置提出了更高要求，并网管理复杂性显著提升；需要发展自发自用余电上网、合同能源管理、社区共享等多样化商业模式，商业模式创新需求迫切；数以万计的小型光伏系统分布在不同地点，运维成本高、管理难度大，运维管理分散化；涉及建筑、电力、消防、城规、农业农村等多个部门的审批和监管，跨部门协同更加复杂。这些特点使得分布式光伏发展需要更加精细化的管理和更具创新性的解决方案。

在“每人一千瓦光伏”的调研中，我们看到在不同级别上对光伏建设模式的探索，包括光伏县、光伏村、光伏学校、光伏家庭等。

## 光伏县案例：浙江临安

杭州市临安区以“每人一千瓦光伏”倡议为牵引，通过一系列精细化的管理措施和创新性的解决方案，积极构建政策引领、产业协同、技术支撑与民生共富相结合的“临安模式”，努力破解县域光伏发展的用地、融资与技术瓶颈，实现光伏项目的高质量、规模化落地，为“整县推进”光伏项目提供可复制样本。

临安区制定了三年光伏建设行动方案（2023-2025），目标是到2025年实现65万千瓦的总装机容量，覆盖全区人口。这一宏伟蓝图不仅是量的追求，更是对临安区光伏项目发展质量和管理能力的前置考验。

为确保光伏项目有序、高效和安全推进，临安区建立了一套覆盖项目全生命周期的精细化管理体系。通过首创县域级的“多评合一”审批制度，临安将复杂的流程标准化、集约化，提升了项目启动效率。为解决市场主体良莠不齐、施工标准不一的问题，临安区于2022年牵头成立了光伏建设联盟，依托专家智库提供强大支撑，制定联盟章程和自律公约，搭建智能监管平台，实现项目数据的实时监控与透明化管理，推动行业自律与高质量发展。

在精细化管理的基础上，临安区积极推动绿色金融创新。实施差异化的财政激励政策，对工商业和户用光伏项目给予梯度补贴，有效激发了社会投资热情。推出“碳收益权质押贷款”等金融产品，将未来的“阳光收益”转化为当下的项目启动资金，盘活了碳资产。



图 115: 临安区“每人一千瓦光伏”倡议仪式，供图：清华大学“每人一千瓦”项目组



图 116: 清华大学“每人一千瓦”项目组调研临安光伏建设模式，供图：清华大学“每人一千瓦”项目组



图 117: 临安区光伏全生命周期管理培训会，供图：清华大学“每人一千瓦”项目组



图 118: 宁波银行光伏政策洽谈会，供图：清华大学“每人一千瓦”项目组



在推进户用光伏方面，临安探索出多种民生共富模式。农户可利用自家屋顶安装光伏，享受“自发自用、余电上网”的收益。引入新能源企业投资，为屋顶条件较差的农户免费更换屋顶瓦片并安装光伏。农户无需出资，即可每年获得固定返利，企业则通过发电收益获利，实现了多方共赢。



图 119: 安装屋顶光伏，供图：清华大学“每人一千瓦”项目组

针对土地资源紧张的问题，临安大力推动“一地两用、农光互补”的复合模式，实现了经济效益和生态效益的统一。例如茶光互补模式，在太阳镇太源村，300 亩茶园之上架设光伏板，板上发电，板下种茶，既带动村集体增收，也为茶树生长提供了适宜的遮阴环境，年发电量突破 1 千万千瓦时，带动村集体增收 10 余万元。又如渔光互补 / 药光互补模式：在龙岗镇等地，将光伏与水产养殖、中药材种植相结合，拓展了光伏应用边界。



图 120: 临安区昌化镇渔业养殖设施光伏项目，供图：清华大学“每人一千瓦”项目组

在交通领域，临安也进行了积极探索。在 329 国道临安玲珑至於潜段，建成了临安首个“公路边坡 + 光伏”项目。经测算，该项目年均可替代 251.55 吨标准煤，减少二氧化碳排放 627 吨，相当于植树造林 3400 余棵，同时每年可为公路运营节约电费超 40 万元，多余电量上网还可创造额外收益。



图 121: 临安区 329 国道边坡光伏项目，供图：清华大学“每人一千瓦”项目组

截至目前，临安区共建设光伏电站 10891 个，总装容量 56.14 万千瓦，人均装机量位列杭州第一，其中居民电站 10192 个，装机 14.38 万千瓦，工商业及地面电站 699 个，装机 41.76 万千瓦，预计到 2025 年底，年发电量达到 65 万千瓦时，可节约标准煤约 19.5 万吨、减排二氧化碳约 52 万吨。



图 122: 於潜镇大龙田光伏发电站，摄影：杨成

浙江省政府特约研究员、浙江农林大学原党委书记周国模指出：“临安通过政策协同、市场驱动与社会参与的三元机制，破解了县域光伏发展的用地、融资与技术瓶颈，为全国提供了可复制的‘整县推进’模式。”临安计划在“十五五”末实现累计光伏装机 1 吉瓦（1GW）的更高目标。其工作重心将继续围绕精细化管理展开，包括深化属地管理培训、提升联盟服务质量、完善全生命周期管理标准等，持续巩固和输出其在分布式光伏领域的成功经验。

## 光伏村案例：数字蒋巷

苏州常熟支塘镇蒋巷村是江苏省第一个零碳乡村。零碳数字蒋巷乡村振兴项目于 2021 年启动，建设内容包含综合能源项目、数字化项目和乡村旅游项目三个部分。综合能源项目通过屋顶光伏、景观光伏、风力发电等设施，配合空气源热泵、智慧照明等绿能设施，利用综合能源管控平台一屏统揽，实现清洁能源的多元应用。综合能源管控平台运用 1 个平台、PC 和手机移动 2 个终端、N 个运用管理模式的“1+2+N”体系，推进智慧化生产新运用，建设智慧化服务新农村。随着综合能源项目的全面投用，蒋巷村分布式光伏项目总装机容量目前已达 3.4911 兆瓦，年均减少碳排放 2825 吨，有效优化用能结构及用能成本，改善生态环境，为乡村振兴探索出可复制、可推广的绿色发展之路。<sup>78</sup>



图 123: 江苏省第一个零碳乡村，苏州常熟支塘镇蒋巷村 - 光伏车棚，摄影：绿色江南



图 124: 江苏省第一个零碳乡村，苏州常熟支塘镇蒋巷村 - 光伏游廊，供图：绿色江南



图 125: 蒋巷村 - 工厂屋顶光伏<sup>79</sup>



图 126: 零碳蒋巷村综合能源监控平台，供图：绿色江南

78. 常熟市人民政府. 常熟蒋巷村成为全省首个零碳智慧乡村 [EN/OB].2023-11-8.<https://www.suzhou.gov.cn/szsrmzf/fmqc/202311/b204a6ae429146ffabf874c9037aa009.shtml>

79. [https://www.sohu.com/a/738482606\\_420849](https://www.sohu.com/a/738482606_420849)

## 光伏学校案例：陕西省汉中西乡县学校

安装在乡村学校的屋顶光伏，可以充分满足照明、使用电化教学设备、取暖、制冷、炊事、洗浴的需求，大大改善教学条件和师生生活条件，发电收益可用于学校建设及学生资助，推动教育公平。

TCL 公益基金会与 TCL 中环合作，向全国乡村学校捐赠学校屋顶建设太阳能光伏发电系统。电能全额并入电网，为学校带来发电收益，用于学校教学环境建设及贫困学生资助，打造可持续助学模式，助力乡村教育发展<sup>80</sup>。到 2024 年，TCL 公益基金会已经在全国 25 所乡村学校建成低碳校园。<sup>81</sup>



图 127：陕西省汉中市西乡县学校屋顶光伏<sup>80</sup>

在云南省石林彝族自治县高石哨村，清华大学“每人一千瓦”项目组在调研中看到，当地人工湿地生态氧化塘采用了太阳能发电微循环装置，能满足污水处理过程中所需用电，经过简单处理的污水，可用来浇灌田地，实现了资源化利用。



图 130：石林彝族自治县人工湿地生态氧化塘太阳能发电微循环装置，供图：清华大学“每人一千瓦”项目组

## “光伏 + 基础设施”案例

公共建筑屋顶分布式光伏能够显著降低公共服务运营成本，在应急情况下，配备储能系统的公共设施屋顶光伏能够为关键服务提供可靠电力保障，增强城市面对自然灾害和突发事件的韧性。

中国船舶燃料有限责任公司江阴碳中和水上绿色综合服务区，安装了全景式大功率光伏发电系统，总装机容量达到 248KWp，安装光伏板 420 块，光伏板面积约 1100 平方米，年均发电量 28 万度，在满足服务区自身的电力需求的同时为靠泊服务区船只提供了岸电接用服务，全生命周期可减少碳排放 1.57 万吨，相当于种植超过 2.5 万棵树木。<sup>82</sup>



图 128：中国船舶燃料有限责任公司江阴碳中和水上绿色综合服务区，新华社<sup>82</sup>



图 129：中国船舶燃料有限责任公司江阴碳中和水上绿色综合服务区，摄影：马军

80. TCL 科技集团股份有限公司 2022 年环境、社会及治理报告

81. TCL 面向全国希望学校，“TCL 希望工程光伏低碳校园计划”签约仪式在京举行 [EB/OL].TCL 网站 . 2024-4-24.https://www.tcl.com/cn/zh/guangfu/news/tcl-guangfu-project-hope-photovoltaic-low-carbon-campus-project

82. 全国首个碳中和水上绿色综合服务区试运营 [N]. 中国交通新闻网 .2024-10-8.https://www.mot.gov.cn/jiaotongyaowen/202410/t20241008\_4157471.html

## 光伏家庭案例：云南省会泽县和广东省珠海市

城中村和农村的分布式光伏可以改善居住条件，增进居民健康，优化农村能源结构、增加农民收入，促进农村经济发展。

在云南省会泽县，清华大学“每人一千瓦”项目组调研看到，一户安装了屋顶光伏的农村家庭，做饭、饮水、洗澡已经全电化，为农村居民生活带来了干净、安全、舒适。



图 131：云南省会泽县居民屋顶光伏，供图：清华大学“每人一千瓦”项目组

在广东省珠海市，清华大学“每人一千瓦”项目组调研看到当地一个家庭安装了户用屋顶光伏后，不但节省了电费，而且夏季隔热效果明显。



图 132：广东省珠海市居民户用屋顶光伏 供图：清华大学“每人一千瓦”项目组

## 创新工具能否打通光伏融资最后一公里？

投融资是推动全球光伏发展的关键之一。在这个领域，中国最新的探索值得关注。

2024年12月23日，协鑫能科携手蚂蚁数科，成功完成基于光伏实体资产的RWA（Real World Assets，即现实世界资产），涉及金额超2亿元人民币。这是国内首单光伏实体资产RWA。协鑫能科将位于湖北、湖南的82MW左右“鑫阳光”户用光伏作为RWA锚定资产，通过区块链技术和IoT技术融合，将户用光伏项目的自身价值、运营、收益等数据打包存储在区块链上，形成数字通证，投资者通过购买数字通证，间接拥有光伏电站的部分所有权和收益权。<sup>83</sup>

2025年6月12日，在全球最大的光伏展会SNEC PV上，蚂蚁数科和协鑫能源宣布成立一家新公司“蚂蚁鑫能”，锚定能源AI应用的万亿级市场以及探索能源RWA等新场景、新方案。<sup>84</sup>

光伏项目之所以能够成为发行规模最大的RWA，是因为光伏项目满足可信、可追溯、收益稳定的条件，且市场融资需求明确。蚂蚁鑫能的业务范围与当前资本市场热炒的“稳定币概念”相关，且RWA作为稳定币的一大应用场景正在引发业内对于金融数字化创新的新一轮热议。

这一创新金融工具，为光伏资产流动性提升以及中国光伏企业境外绿色项目融资开辟了新路径，推动了国内绿色资产与境外资金的高效连接。未来，如何通过严格行业准入和强化透明监管，让这样的创新工具为投资者提供清晰可信的资产交易环境，引导全球金融资源更多流向新能源建设，助力全球驶向低碳转型和可持续发展的星辰大海，值得各界共同期待和关注。



图 133: 全国首个屋顶分布式发电村连云港市青南村，摄影：绿色江南



图 134: 浙江省宁波市龙观乡“寓建光伏”，来源：浙江省能源局

83. 鑫能科：已经实际完成 RWA 项目融资 [EB/OL]. 东方财富网 .2025-6-13. <https://caifuhao.eastmoney.com/news/1559740324>

84. 曹恩惠.2亿光伏资产上链！协鑫能科入局“稳定币概念RWA” [N].21世纪经济报道 .2025-6-27. [https://m.21jingji.com/article/20250627/herald/17f767e214694a47b24cbfedaf568e591\\_zaker.html](https://m.21jingji.com/article/20250627/herald/17f767e214694a47b24cbfedaf568e591_zaker.html)

# 04

## 战略建议 与行动方向

古特雷斯秘书长在“机遇时刻：大力推进清洁能源时代”活动的致辞中提出，当前应抓住六个机遇，采取行动。

第一，运用新的国家气候计划，全力推进能源转型，兑现到2030年能效增加一倍、可再生能源产能增加两倍的全球承诺。

第二，建设21世纪能源系统的机遇就在眼前，需要投资于现代化、灵活和数字化的电网，大规模扩大能源储存、充电网络和电气化。

第三，可持续满足不断增长的能源需求的机遇就在眼前。从人工智能到数字金融正在吞噬电力，政府必须致力于用可再生能源满足所有新增电力需求。

第四，实现公正能源转型的机遇就在眼前，清洁能源时代必须为所有人带来公平、尊严和机遇，应提供国际合作，帮助高度依赖化石燃料并正努力实现转变的低收入国家。

第五，以贸易和投资助推能源转型的机遇就在眼前。致力于新能源时代的各国须携手合作，确保贸易和投资推动新能源时代向前发展。

第六，释放融资的全部力量，推动向有着巨大潜力的市场进行投资，机遇就在眼前。

为应对气候变化，引领光伏产业迈向高质量发展阶段，实现绿色低碳转型，我们也提出六项政策建议。



十亿千瓦  
向光而行

摄影：绿色江南

## 1 制定长期发展战略，强化顶层设计

### 制定战略

从推进经济社会全面绿色转型高度，为光伏发展设定长期发展战略。

### 建立跨部门协调机制

统筹光伏与自然资源、生态、电网、住建、农业农村等规划，解决光伏发展中的跨领域冲突，实现能源规划与国土空间、生态保护、乡村振兴等规划的“多规合一”。

## 2 构建新型电力系统，推进电力市场改革

### 创新推动“源网荷储”一体化

大力发展战略性新兴产业，建设智能微电网系统；拓展非电利用途径（制氢、绿氢冶炼、绿色合成氨、绿色甲醇、绿色航煤等）；完善储能参与电力市场的价格机制和商业模式，确保储能设施“建得成、用得上、有收益”；积极探索 V2G ( Vehicle-to-Grid ) 技术，实现电动车( EV )与电网双向互动，为需求侧响应( DR )和储能能力增长提供革命性解决方案。

### 加快电网基础设施升级

将跨区域输电通道建设和现有主干网架的智能化、柔性化改造列为新基建的重中之重，提升大范围资源优化配置能力。大力投资配电网升级，为分布式光伏的“应接尽接”提供物理基础。

### 深化电力市场改革

推广电力现货市场，完善辅助服务市场，让电价能够真实反映电力稀缺性，通过价格信号引导用户侧（如虚拟电厂、可中断负荷）参与调峰，提升系统灵活性。

## 3 完善“光伏+”复合项目标准体系，布局循环经济

### 制定国家级技术标准

一行一策”，针对农光互补、渔光互补、林光互补等不同模式，尽快出台明确的、可量化的国家技术标准，严防“伪光伏+”项目。

### 建立全生命周期生态监管机制

尤其对于“沙戈荒”等大型生态脆弱区项目，开展全生命周期的生态环境影响跟踪监测，建立生态补偿基金，确保项目在建设、运营和退役各阶段都能履行生态保护责任。

### 布局光伏循环经济

关注产品生命周期末端处置的碳排放和环境污染，合力推进并逐步完善废旧光伏组件的规模化拆解及回用流程，实现资源利用最大化；将光伏组件回收利用技术研发和产业体系建设纳入国家战略性新兴产业规划，制定生产者责任延伸制度，为突破全球光伏供应链“最后一公里”障碍提供解决方案。

## 4 优化分布式光伏市场环境，创新投融资工具

### 简化并规范并网流程

建立分布式光伏“一站式”线上并网服务平台，公开透明地发布各区域配电网的可开放容量，实现并网流程的标准化、透明化和高效化。

### 加强金融监管与消费者教育

严厉打击“光伏贷”欺诈行为；通过官方渠道和媒体，广泛开展科普宣传，提高农户的风险识别能力。

### 推广创新金融工具

鼓励和支持基于区块链和物联网技术的资产数字化（如 RWA ）等金融创新，盘活存量光伏资产，为分布式项目提供低成本、高效率的融资新渠道。

## 5 建设零碳供应链，推进行业深度脱碳

### 测算和披露

关注并参与正在形成的企业环境信息披露规范，测算并披露企业环境和碳数据；开展产品碳足迹的测算和披露，识别高排放环节并加速脱碳进程；对标全球温控目标和各国自主贡献目标，科学设定企业碳中和目标，并公开披露年度进展。

### 落实供应链减排

将供应商环境和气候行动表现纳入采购考量，推动供应商开展碳和污染物核算、科学设定减排目标并披露进展状况；支持探索基于自然的供应链减排方案，协同生物多样性保护和气候行动。

### 开展行业脱碳路径和技术研究

提升光伏产品发电效率，同时提升生产过程中的清洁能源利用并提升生产能效。

### 共同构建约束激励机制

关注光伏行业在减污降碳方面的进展和态势，合力构建约束激励机制，推动光伏企业践行“绿色制造”。

## 6 深化光伏建设国际合作， 推进公正与可持续的全球低碳转型

### 加强研发与供应链协同

完善联合研发和技术共享机制，加速高效、低成本、可持续的光伏技术的研发。在尊重市场规律的同时，支持在条件适宜的地区建立区域制造中心，赋能本土研发和生产，增强供应链韧性，降低度电成本，并为当地创造绿色就业，促进公正转型。

### 共建标准与系统、可持续的解决方案

依托全球和区域合作机制和倡议，共同制定适配当地气候与生态的并网、储能安全、“光伏+”SDG等标准，建立和完善本地智能运维、电网协同和全生命周期运维能力，系统性提升当地的能源治理能力，确保项目的长期环境与经济效益。

### 金融合作，激活绿色投资

解决全球南方巨大的光伏潜力与薄弱的投融资能力的矛盾。呼吁发达国家与发展金融机构履行气候融资承诺，创新气候金融工具，吸引更多利益方加入光伏建设融资，推进公正与可持续的全球能源转型，让转型成果惠及每一个人。

# 05

## 结语

2025年既是《巴黎协定》达成10周年，也是提交新一轮国家自主贡献的重要节点。2025年9月24日，习近平主席在联合国气候变化峰会发表视频致辞时，郑重宣布中国新一轮国家自主贡献：“到2035年，中国全经济范围温室气体净排放量比峰值下降7%-10%，力争做得更好。非化石能源消费占能源消费总量的比重达到30%以上，风电和太阳能发电总装机容量达到2020年的6倍以上、力争达到36亿千瓦，森林蓄积量达到240亿立方米以上，新能源汽车成为新销售车辆的主流，全国碳排放权交易市场覆盖主要高排放行业，气候适应型社会基本建成。”这组涵盖减排力度、能源结构、行业转型、气候韧性等多个方面的系统性目标，不仅对照了《巴黎协定》要求，更体现了中国最大努力，彰显的是世界最大发展中国家对高质量发展和可持续发展路径的坚定抉择，展现的是负责任大国的担当和远见。该承诺为中国下一阶段光伏发展确立了清晰的航标，将驱动光伏产业在技术创新、市场稳健、环境友好方面迈出更大步伐，以空前的规模和速度推进能源结构的深度变革，不仅为国内经济的绿色转型提供核心动力，而且在构建高比例可再生能源电力系统方面积累的实践经验与解决方案，能够为世界各国应对气候变化、实现能源自给提供宝贵的借鉴与坚实的产业支持，强有力地推动全球可持续发展进程，共创清洁美丽的未来。

