

光伏点亮美丽星球
Solar Lights the Planet

中国“光伏⁺”再构想

China's Solar+ Reimagination

清华大学社会科学学院能源转型与社会发展研究中心
公众环境研究中心

COP28, 阿联酋迪拜
2023年12月



更多免费行业报告

并购家

www.ipoiipo.cn

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

光伏点亮美丽星球

中国 "光伏+" 再构想

—— 2030 行动： 每人一千瓦光伏

吴昌华，世界绿色设计组织，IPE 高级顾问

何继江，清华大学社会科学学院能源转型与社会发展研究中心

马军，公众环境研究中心

陈靖，清华大学社会科学学院能源转型与社会发展研究中心

沈苏南，公众环境研究中心

郭红艳，清华大学社会科学学院能源转型与社会发展研究中心

金哲，清华大学社会科学学院能源转型与社会发展研究中心

《联合国气候变化框架公约》缔约方会议第二十八届会议

阿联酋迪拜

2023 年 12 月

序言

中国已将高质量可持续发展作为国家的核心战略和未来几十年的发展方向。清洁、绿色、低碳是现阶段能源转型最具代表性的特征。值得国际社会进一步明确和关注的是，中国的能源转型的加速度更快、规模更大。

正如本报告所示，如果未来几年的发展势头保持不变，中国的清洁能源革命将与国际能源署的净零排放情景完全吻合。清华大学团队及其合作伙伴所引领的工作和所走过的历程已经生动体现了中国加速可持续发展和能源规模化转型的渴望。

中国农村利用屋顶和庭院建设了大量每户 10 千瓦-30 千瓦的光伏，大大推进了中国每人 1 千瓦光伏进程，有助于促使中国在光伏装机量 2030 年前达到 14 亿千瓦，同时实现碳排放达峰。

清华大学团队及其合作伙伴提出到 2030 年实现每人 1 千瓦光伏的行动倡议，其目的非常明确——以人均 1 千瓦光伏作为关键载体，在中国农村推行“全电化、绿电化、零碳化”三步走的零碳乡村建设路线，协同推进农村的供热能源转型、交通能源转型，以及农业现代化和低碳化。

他们提出的“光伏+高效电供热”的零碳供热方案，创造性地设计了一种村民零初装费模式，为中国广大北方地区以及长江流域地区提供了一种零碳转型与绿色发展的新路径。这不仅能够加速中国的能源转型，也促进了中国农村的现代化，为公平转型提供了一种现实可操作的方案。

热泵是高效电供热的代表，和燃煤供暖相比，它更便宜、方便、卫生、安全，便于管理。该团队目前正在开展的“太阳能+热泵”项目倡导大规模无碳供热，将覆盖中国北方 10 万户农村家庭。我很高兴见证了他们在许多县取得的进展。我向所有人，包括中国以外的其他国家和地区，强烈推荐这一项目。

试想一下——从十万户家庭开始，到一百万户家庭、一千万户家庭，甚至一亿户家庭，“中国行动”正在点亮地球上光伏革命的火花。在此，我强烈呼吁所有

国家加入到每人 1 千瓦光伏的竞赛中来。让我们一起，在 2030 年之前跨过加速转型的终点线。

杜祥琬

杜祥琬

中国工程院院士、前副院长

中国国家气候变化专家委员会委员

“光伏点亮美丽星球”项目：中国行动

2016 年，清华大学社会科学学院能源转型与社会发展研究中心启动了“2035 年人均 1 千瓦光伏装机量”试点计划，目的是打破僵局，推进中国农村清洁能源转型。在中国社会经济发展议程和联合国可持续发展目标的背景下，通过对伙伴关系、融资和商业模式以及治理机制的综合创新设计，该试点计划为中国许多地区提供了宝贵的实地见解和经验。

试点计划的一个主要成果是建立了一些可行的模式，以更快的速度扩大光伏安装规模，特别是在村、乡镇和区县范围。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、研究和调查，因此可以推广和复制。

根据案例，安装 1 千瓦光伏需要约 5 平方米（土地、水域或屋顶），前期投资约 2800 元。安装完成后，根据安装地点和光照条件，每年可发电约 800 至 2000 千瓦时，还可避免约 456 千克至 1140 千克的碳排放（中国的平均碳排放系数为 570 克/千瓦时）。

这些经验和发现为下一阶段工作以及到 2030 年将其转化为每人 1 千瓦光伏的“中国行动”提供了重要参考，还为我们提供了一些最重要的定量基准和定性分析，以便我们计算和衡量项目影响，验证项目是否成功。

2023 年，试点项目开启新阶段，引入了更多的牵头合作伙伴。目前，“中国行动”在四个相互关联的方面取得了进展：

1. 光伏地图：将光伏革命的全球行动和成果可视化。公众环境研究中心（IPE）在其环境大数据平台“蔚蓝地图”推出了以数据和证据为导向的全球光伏地图。光伏地图是一个窗口，通过它可以跟踪全球、国家/地区和地方各级光伏建设进展数据和案例，让每个人都能“看到”、学习和受到启发，并加入行动联盟，加速能源转型。
2. 案例研究：通过全国各地的项目，介绍以“光伏+”为基础的促进可持续发展的案例。清华大学社会科学学院能源转型与社会发展研究中心开展了大量实地

案例调研，并将案例信息整理显示在光伏地图上。这些案例首先讲述了太阳能发电如何帮助实现可持续发展目标和促进农村发展的故事；然后，梳理成功因素和面临的挑战，明确加速规模化安装需要克服的障碍，以及，非常重要，分享在中国和全球支持加速规模化安装的模式和机制方面的经验教训。在这一过程中，我们倡导、发现和推广“光伏先锋”，以激励社会各界的参与。

3. 责任保证：提高可追溯性和透明度。我们特别关注企业 ESG 和可持续发展报告和披露，同时也关注整个供应链。IPE 和世界绿色设计组织正在部署一个报告和披露框架，以及一项推进可持续供应链的倡议，旨在确保在重塑全球产业价值链的过程中将可持续发展放在核心位置，并确保能源转型方向与我们所期望的全球清洁能源革命和积极的解决方案保持一致。我们尤其关注中国领先企业在这场能源革命中的作用。
4. 合作伙伴关系：联合各部门和世界各地的力量和更多资源，推动全球行动，打破化石燃料的“诅咒”。同时，我们促进负责任的金融和投资模式的创新，并希望动员可持续的资金流支持光伏革命加速推广。

在 COP28 大会上，我们将与我们现在和未来的所有合作伙伴一道，呼吁全球采取集体行动，实现这一坚定的共同目标。我们的口号是“每人 1 千瓦光伏碳达峰，每人 10 千瓦光伏碳中和”。我们坚信，正如我们的项目和本报告中的案例一样，中国在部署和清洁能源制造产业价值链方面的全球领先地位能够为加速全球清洁能源转型做出重要贡献。



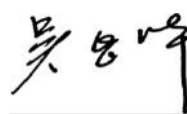
何继江

清华大学



马军

公众环境研究中心



吴昌华

世界绿色设计组织

重构叙事：通过行星边界的视角

人类在避免全球升温超过 1.5°C 后的灾难性未来方面接二连三地失败，这给 COP28 蒙上了一层阴影。我们比以往任何时候都更清楚，全球仅剩的 2500 亿吨二氧化碳当量的碳预算将支撑不了多久。按照目前的速度，它将在六到七年内耗尽。

不幸的是，第一份《全球盘点》证实，即使所有的国家发展计划都得到实施，世界仍将处于升温 3°C 的轨道上。以目前每年 500 亿吨的二氧化碳总排放量计算，我们每年的排放量与目标相差 200 亿吨。

但问题远比碳排放复杂得多。大气中已经没有空间可以安全地容纳更多温室气体，同时，最新的 "行星边界" 健康检查显示，世界不能再失去更多原生态和野生物种，海洋则已经达到或超过了生态承载能力。大自然吸收了大约一半由人类产生的大气碳排放，例如海洋吸收了 90% 的热量和 25% 的碳排放，森林每年储存 156 亿吨二氧化碳，土壤含有 25000 亿吨碳，真菌每年捕获并储存超过三分之一的全球碳排放。

我们的危机在于，人类正在触及地球的天花板，面临破坏整个地球稳定的风险，从而影响地球上所有人类的宜居性。波茨坦气候影响研究所知名地球系统科学家约翰·罗克斯特伦表示，进一步加剧危机的是，在调节地球状态的九个生物物理系统和过程中，有六个已经超越了边界水平，超出了对人类安全的运转空间。

在地球上的 16 个大型气候临界点中，有 4 个可能会在全球变暖 1.5 °C 时越过临界点，这可能会引发加速变暖，使地球进一步远离我们的文明和现代世界所依赖的稳定状态。

2015 年各国通过的联合国 2030 年可持续发展议程为人类和地球现在与未来的和平与繁荣描绘了一幅共同蓝图。然而，2023 年的中期报告却发出了严重预警。联合国秘书长警告道："可持续发展目标中的承诺岌岌可危。"以下是一些突出的例子：

- 全世界有 6.7 亿人生活在极端贫困中，这使得全世界在 2015 年至 2030 年间仅能将贫困人口减少 30%。
- 据估计，2022 年全世界将有 9.2% 的人口面临长期饥饿，比 2019 年增加 1.22 亿。
- 2022 年，仍有 22 亿人缺乏安全管理的饮用水，其中 7.03 亿人没有基本的供水服务。
- 如果目前的趋势继续下去，到 2030 年仍将有约 6.6 亿人用不上电。
- 对自然资源的日益依赖使地球走上了不可持续的道路，造成了气候变化、生物多样性丧失和环境污染三重危机。

从科学角度而言，我们现在对土地、大气、海洋和所有生命如何相互作用的生物地球化学和物理过程有了更多了解。实事求是地讲，我们对食物、水、能源和健康系统之间的协同作用和联系有了更清晰的认识。在行动方面，我们已经很好地掌握了应对紧迫问题所需的速度和规模。世界各国政府已承诺到 2030 年将全球二氧化碳排放量减少近一半，到 2050 年实现整个世界经济的净零排放；对于大自然而言，我们必须在 2030 年之前阻止物种进一步减少，让世界回到 "大自然+" 的轨道上来；到 2030 年，我们需要实现大多数（如果不是全部的话）可持续发展目标。

随着需要弥合的差距得到明确界定和阐述，世界已不再是渐进和线性变化的世界。正如罗克斯特伦博士经常说的，我们需要将线条向积极变化的方向弯曲，并在各个部门和地区带来显著变化。这意味着，在未来几十年里，我们只有两个指导原则需要遵循——加速和扩大向可持续发展转变。而我们实现气候安全着陆的唯一机会就是采取统一的方法，同时回到所有行星边界——特别是生物多样性、土地和水的生物圈边界——的安全空间内。

重新设计变革：中国的气候再思考

放弃循序渐进的线性变革之路是一项艰巨而勇敢的任务。这种转折可能会带来巨大的社会和经济成本，必须由整个社会来承担。这需从根本上进行转变，将创新、新技术、产业价值链、新商业模式、城市和乡村、交通和建筑、能源和食品以及整个社会的设计、管理和运营方式的结构性变革整合起来，并与可持续性、循环性、公平性和复原力等原则保持一致。创新、解决方案和投资必须与法规、政策和定价激励措施相结合，使面向可持续发展的选择可行、可及、易于采用并惠及所有人。

在这个充满不信任、地缘政治动荡、经济动荡，维护透明度、真相和民主原则面临巨大挑战的世界中，中国已将能源转型作为国家战略的重点。这吸引了全球的关注与合作。中国仍然是世界上最大的能源消费国和最大的二氧化碳排放国。中国人口约占全球人口的六分之一，其二氧化碳排放量却占当今全球总排放量的三分之一。尽管中国已在《巴黎协定》中承诺在 2030 年前碳达峰，但何时达峰以及达到何种水平仍是一个有待解决的难题。

另一方面，中国在加速清洁能源转型方面迈出了人类历史上最大的步伐，不仅引领而且支持全球部署清洁能源解决方案，如太阳能和风能，以及电池技术和电动汽车。到 2023 年，中国清洁能源发电的快速部署已达到 1.5°C 情景下的预测规模。根据能源与清洁空气研究中心和海因里希·伯尔基金会的预测，如果每年新增的清洁发电能力保持在 2023 年的水平或进一步提高，中国在未来几年内将达到二氧化碳排放量峰值并且开始下降。

在面临新挑战的同时，中国的气候再思考也带来了更多机遇。首先，中国采取了 "1+N" 的战略路径，加速推动能源转型，以实现 2030-2060 双碳目标。"1+N" 战略路径将脱碳目标作为核心主线，拉动经济跨地区、跨部门、跨价值链进行系统性变革。从中国 "十四五" 规划 (2021-2025 年) 及其实施情况的中期评估来看，中国正在超额完成清洁能源部署的目标和指标，但同时在逐步减少煤炭使用的步伐上也面临着障碍。

其次，中国在引领供应链转型方面具有得天独厚的优势。中国的清洁能源技术世界领先。根据国际能源署《2023 年能源技术展望》，中国目前在大多数清洁能源技术装备的制造和贸易中占据主导地位。中国对清洁能源供应链的投资有助于降低全球关键技术的成本，从而为清洁能源转型带来多重益处。而当去碳化成为投资战略的核心时，它将成为有史以来最大的转型机遇之一。

材料生产和技术制造通常占碳排放量的 90% 以上。但中国已经回收了 95% 以上的镍和锂。一些大型清洁能源技术设备制造企业已开始采取措施，投资新技术和价值链开发，以消除障碍，开创技术解决方案和商业模式以实现闭环，通过循环再生创造价值，并加强以可追溯性为基础的企业责任。

三是把加快标准全球接轨作为推进清洁绿色转型的重要战略。2022 年 10 月，中国确定了建设 "结构优化、先进合理、国际兼容 " 的标准体系的目标——到 2035 年，结构优化、先进合理、国际兼容的标准体系更加健全，具有中国特色的标准化管理体制更加完善，市场驱动、政府引导、企业为主、社会参与、开放融合的标准化工作格局全面形成。中期目标是，到 2025 年，国家标准与国际标准关键技术指标的一致性程度大幅提升，国际标准转化率达到 85% 以上。这为弥合市场差异、促进贸易流动和合作提供了一个载体，从而加快可持续解决方案、产品和投资的推广。

最后但并非最不重要的一点是，加强信息公开和问责已成为推动转型的有力工具。对中国企业气候信息披露长达十年的跟踪可以见证这一进步——供应链污染减轻和排放降低与中国加强环境治理的历程相得益彰。有充分的理由表明，绿化供应链可以为能源转型和减排创造共同利益。

作为向净零排放和良性经济转型努力的一部分，中国监管机构正在酝酿要求国内上市公司进行强制性环境、社会和公司治理信息披露。由生态环境部牵头制定的《企业环境信息依法披露管理办法》于 2022 年 2 月 8 日生效，代表了中国在努力实现气候排放和其他环境保护目标的过程中，推动企业规范和强制报告环境、社会和公司治理的行动。

重塑加速基础：推动清洁能源转型

三年前，当中国制定了可再生能源发展“十四五”计划（2021-2025 年）的目标时，可再生能源在国内和国际市场上都已成规模，中国制造企业实现了成本的大幅降低，在中国和其他地方实现了与传统化石燃料发电平价上网。

虽然到 2023 年光伏装机量再增加 100 吉瓦的预期在当时看起来太过“雄心勃勃”，但在 2023 年头 10 个月，光伏装机量已累计新增 142.5 吉瓦，到 2023 年 10 月底，累计光伏装机容量已接近 540 吉瓦，人均约为 0.4 千瓦。

将这一大幅增长与现有的到 2030 年达到 12 亿千瓦太阳能和风能装机量的承诺相比，我们可以清楚地看到：1) 中国肯定会提前至少五年超额完成既定目标，如果保持这个势头，碳达峰指日可待，然后开始迅速下降；2) 加速和扩大光伏装机是最具成本效益的选择，而加速向可持续发展转型的成功需要全球产业价值链本着团结、统一和普遍性的精神建立伙伴关系，开展合作。

中国国务院于 2022 年 5 月 30 日发布的《关于促进新时代新能源高质量发展的实施方案》中有几项计划行动为中国加快可再生能源发展奠定了坚实的基础：

- 促进农村地区分布式风能和屋顶太阳能光伏的发展，以类似农村农业合作社的方式，组建新能源合作社，作为新的农村能源发展实体，使农村地区不仅成为粮食供应源，也成为清洁能源供应源。
- 以绿色能源微电网的形式在工业区和工业园区推广应用太阳能和风能技术，在所有建筑中推广光伏发电和供热，到 2025 年在所有新建公共建筑中实现 50% 的光伏覆盖率。
- 开展绿色电力交易试点；完善绿色电力证书，促进与碳排放交易有效衔接的绿色电力证书交易；鼓励各类用户购买绿色电力制造的产品。
- 提升配电网接纳分布式新能源的能力，使其更智能、更有交互性，并尝试建设基于可再生能源的直流配电系统。

- 通过建立可再生能源项目集体审批的 "绿色快速审批系统", 提高可再生能源项目的审批效率。
- 在风险可控的前提下, 在同等风险管理条件下, 加大绿色债券和绿色信贷对可再生项目开发的支持力度; 允许银行对可再生项目开发提供贷款, 抵扣其尚未支付的政府逾期补贴。

如今, 中国是少数几个主要通过可再生能源满足日益增长的电力需求的国家之一。国际能源署指出, 要实现 2050 年净零排放, 2022-2030 年期间年均光伏发电量必须增长 25%。如前所述, 中国目前光伏发电的迅猛增长与这一情景十分吻合。

重新想象价值创造：释放“光伏+”的力量

2022年6月1日，中国政府发布了《“十四五”可再生能源发展五年规划》，该规划并非按传统由国家发展和改革委员会（NDRC）及国家能源局（NEA）发布，而是由9个部委和机构联合发布，其目的是共同行动，共享资源，推进可再生能源进入规模化发展的新阶段，使其成为国家能源结构中的主要“燃料”。

2021-2025年可再生能源发展主要目标

指标	目标
可再生能源总量目标	● 2025年，可再生能源消费总量达到10亿吨标煤左右 ● 可再生能源在一次能源消费增量中占比超过50%
可再生能源发电目标	● 2025年，可再生能源发电量达到3.3万亿千瓦时左右（2020年为2.21万亿千瓦时） ● “十四五”期间，可再生能源发电量增量在全社会用电量增量中的占比超过50% ● 风电和太阳能发电量实现翻倍
可再生能源电力消纳目标	● 2025年，全国可再生能源电力消纳责任权重达到33%左右（2020年为28.8%） ● 可再生能源电力费水电消纳责任权重达到18%左右（2020年为11.4%）
可再生能源非电利用目标	2025年，地热能供暖、生物质供热、生物质燃料、太阳能热利用等非电利用规模达到6000万吨标煤以上

有两组目标值得特别关注：

- “十四五”期间，可再生能源发电量增量在全社会用电量增量中的占比超过 50%；
- 在“五年计划”期间，首次正式引入可再生能源电力消纳责任权重。这是地方政府在其管辖范围内消费可再生能源的“法定”义务。这种自上而下的命令和控制工具有望推动地方政府在其电力消费组合中消纳更多可再生能源。

现在，中国正在全面推广分布式光伏发电。

- 在工业园区、经济区和公共建筑中推广光伏发电装置。
- 城市屋顶光伏计划：提高现有屋顶的光伏覆盖率，到 2025 年，工业区和公共建筑中至少 50% 的新建屋顶必须安装光伏发电设备。
- 农村光伏计划：到 2025 年，建设 1000 个光伏村。
- 促进“光伏+”农业、养鱼场、铁路、高速公路、电动汽车充电站、高速公路服务站、5G 基站和数据中心的联合互补发展。
- 在新的专业服务支持下，以新的商业模式开发可再生能源利用的新模式。

但是，要达到理想的速度和规模，仍然需要克服许多障碍，并制定政策，激励对系统转型的投资。“中国行动”特别关注需要打破的几个障碍：

- 1) 土地和空间的限制；
- 2) 如何将太阳能转化为跨越式发展的机遇和关键杠杆，以综合方式应对社会、经济和环境挑战，尤其是实现联合国 2030 年议程的可持续发展目标；
- 3) 中国农村的新治理模式，尤其是如何确保当地社区在能源转型中获得应有的利益。

中国的乡村振兴计划带来了更多政策机遇。2022 年，中共中央国务院《关于做好 2022 年全面推进乡村振兴重点工作的意见》明确提出：

- （二十三）扎实开展重点领域农村基础设施建设，推进农村光伏、生物质能等清洁能源建设。
- （十六）持续推进农村一二三产业融合发展。

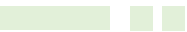
另一个是国家发改委、国家能源局《关于促进新时代新能源高质量发展的实施方案》，强调促进新能源开发利用与乡村振兴融合发展，培育农村能源合作社等新型市场主体，鼓励村集体依法利用存量集体土地通过作价入股、收益共享等机制，参与新能源项目开发，鼓励金融机构为农民投资新能源项目提供创新产品和服务。

重塑雄心：到 2030 年人均光伏装机量达到 1 千瓦

最近在亚太经合组织峰会上发表的《中美联合公报》呼吁到 2030 年将能源效率提高一倍，将可再生能源增加两倍。这一呼吁是一个进步，得到了全球商界和许多其他利益相关者的响应和支持。我们为这样的共识和统一行动取得的进展而欢呼，但我们认为，目标还可以更高。我们不仅要在中国证明更高的目标是可行的，而且，如果在设计和实施过程中能与其他可持续发展目标产生协同效应和共同利益，就能更有力地证明向可持续发展的加速转型即将到来。

如今，光伏发电已成为世界大部分地区成本最低的发电选择。全球光伏装机总量刚刚超过 1 太瓦，但增长速度很快。按全球 80 亿人口平均计算，人均安装量约为 0.125 千瓦。中国开展的到 2030 年人均 1 千瓦光伏的活动，证明到 2030 年实现全球人均 1 千瓦光伏是可能的，也是可行的，同时还能与其他可持续发展目标产生协同效应。



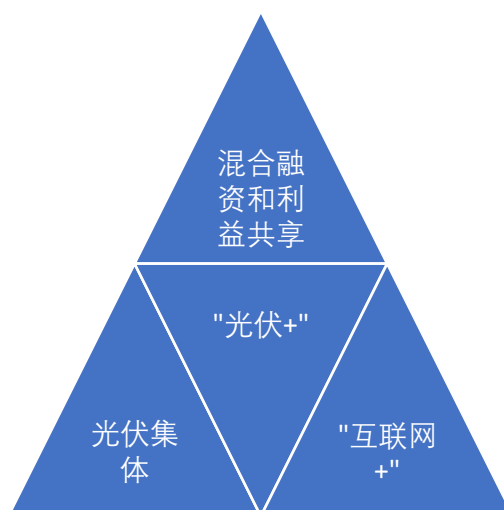


正如《联合国 2019 年可持续发展目标报告：未来即现在》指出：要在某一可持续发展目标方面取得进展，最有效的方法（有时甚至是唯一的方法）是利用与其他目标的积极协同作用，同时解决或改善与其他目标的消极权衡。

就中国而言，要实现人均 1 千瓦光伏装机容量，意味着到 2030 年光伏总装机容量将达到 14 亿千瓦。上述分析表明，这是一个可以实现的目标，尤其是在系统转型、可持续发展目标协同效益的前提下。我们现在为中国行动添加了一个 "至少" 的框架。

重新试点 "光伏+" 转型：提出的理由

中国行动探索并开发了一个符合可持续发展目标宗旨的社会经济影响模型。该模型包含四个相互关联的关键模块，可推动中国大规模的系统变革，除数据和证据展示外，这四个模块还构成了中国行动案例研究的核心支柱，如下图所示：



首先是 **"光伏+"**，将 "人均 1 千瓦光伏" 作为实现农村发展转型的唯一干预点。它强调城乡互动与协调的机会、去碳化驱动的增长，以及“绿水青山就是金山银山”的国家雄心和计划。

该行动努力使项目活动向目标看齐，如改造一户清洁取暖、建设电动汽车充电基础设施、加强一个村能源服务站、升级一个村青少年发展中心、保护一亩耕地和认养一棵树。此外，还旨在扩大村庄生产经营中的绿色电力使用，包括乡村旅游、使用电炉的乡村餐馆、农业电气化、农产品加工电气化，同时吸引向乡村进行有助于扩大绿色电力使用的投资。由于白天光伏发电的成本远低于电网电价，当地增加绿色电力使用意味着村庄和农民能从太阳能发电中获益更多。

二是 **"混合融资与利益共享"**。我们采用了三种投资模式，并对其可行性进行了测试，包括

1) 屋顶租赁——在这种情况下，农民不承担任何投资风险，同时获得以下好处：a) 租金收入或免费电力；b) 提高建筑性能和增加使用功能；c) 免费提供家用电器，提高家庭生活质量；

2) 农户直接投资；

3) 农户贷款自建——也可以建立村能源合作社来实现，届时农民可以用屋顶作为抵押或投入现金成为股东，收入来自屋顶租赁、投资分红、维修和维护服务以及出售绿色电力。

第三是 **"光伏合作社"**。该行动以现有的村合作社为项目推进机构，确保合作社中的每个成员都接受项目理念并积极参与。合作社筹集资金投资光伏项目，并获得相应的长期收益。对于用电量大、并网能力强、消纳能力强的村庄，由村合作社负责提供所有屋顶——来自农民住宅、公共建筑、工商业建筑以及零散的非耕地，用于建设更多的光伏项目，从而获得更好的投资回报。

第四是 **"互联网+"与绿色电力交易**。在持续技术创新的推动下，该行动抓住机遇，推广 "互联网+绿色电力交易" 模式，使农村能源系统的零碳化更加有效和高效。该模式将分布式光伏发电、交通电力系统、需求响应和柔性电力系统以及清洁供暖系统纳入交易平台，以产生规模效应。

近两年，清华大学社会科学学院能源转型与社会发展研究中心团队在全国各地实地考察农村能源转型案例。所有的实地考察合计如下：

- 2022 年 6 月至 9 月：对陕西、内蒙古、宁夏、甘肃、新疆和青海的 30 个县市共 19 个项目进行实地考察
- 12 月至 2023 年 2 月：对江苏、广东和河北的 15 个项目进行实地调查
- 2023 年 5-6 月：骑自行车实地考察京杭大运河沿线 20 个村庄项目
- 2023 年 9 月-11 月：考察甘肃省山丹县东门村光伏+热泵试点项目

该团队在实地考察中收集了 18 个零碳村庄的案例。团队及其专家合作伙伴对这些案例进行了进一步的审查和评估，最终选出了 10 个案例，在本报告中首次与全球社区分享，更以此呼吁更多全球合作伙伴携手加速和扩大清洁能源转型。

案例	地点	主要功能
#1: 零碳乡村	甘肃省通渭县平襄镇孟河村	村级分布式太阳能项目
#2: 清洁能源转型	河南省兰考县	太阳能+风能+废物变能源+秸秆/生物发电
#3: 零碳过渡	浙江省海宁市	超过人均 1 千瓦目标的佼佼者；村庄规模的太阳能+农业
#4: 一体化智慧能源系统	浙江省杭州市安吉县梅溪镇	渔光互补、储能和新能源汽车充电
#5: 牧光互补	内蒙古川井苏木高勒嘎查村	合作社+牧民+企业的创新投资模式
#6: 清洁供暖	陕西省临汾市曲沃县南常村	煤改电
#7: 光储直柔	山西省芮城县庄上村	一体化清洁能源系统变革
#8: 整县光伏	浙江省杭州市萧山区群围村	超额完成任务的佼佼者；县级清洁能源转型
#9: 整县	浙江省杭州市临安区桂芳桥村	超额完成目标的光伏先锋；县级规模的太阳能革命
#10: 零碳乡村	甘肃省山丹县东门村	乡村能源转型

零碳乡村：甘肃省通渭县平襄镇孟河村



项目信息

包括三种光伏应用场景：

户用分布式光伏电站	公共建筑屋顶光伏	光伏储能充电一体化停车棚
-----------	----------	--------------

(1) 户用光伏电站利用农户屋顶和庭院建设，累计签约建成 100 户（全村总人口 305 户）、装机 1121 千瓦。项目由正泰投资建设，提供设备、设计、安装、管理、运营、维护等全周期综合能源服务。农户不投入任何资金，年屋顶租赁收入 600 元。

(2) 公建屋顶光伏利用孟河村村委会、“陇上孟河”电商办公用房以及徐川初级中学屋顶安装光伏电站，计划建设装机 212 千瓦。

(3) 光储充一体化停车棚利用孟河村村民广场建设，装机规模 24 千瓦，配套建设四轮、两轮电动汽车充电桩和储能设施。

光伏装机量

1357 千瓦

初始投资

600 万元

年光伏发电量

223 万千瓦时

全村光伏发电年收入
(屋顶租赁)

5.3 万元

替代煤炭

17200 吨

减少 CO₂ 排放

45000 吨



碳中和

项目年发电量相当于目前孟河村年用电量的 3-4 倍。孟河村不仅实现了碳中和，而且成为“光伏+”模式的领跑者。

光伏停车棚



村党群服务中心屋顶光伏



山边的光伏电站



邮箱: hejj@tsinghua.edu.cn

清华大学社会科学学院能源转型与社会发展研究中心

光伏地图: <https://www.ipe.org.cn/MapPowerStation/PowerStation.aspx>



河南省兰考县的能源革命



- 兰考县位于黄河沿岸。过去由于沙漠化，这里土地贫瘠，曾被称为河南省最贫穷的地区之一。
- 2017年，兰考县成为河南省第一个脱贫县。
- 2018年7月，兰考被国家能源局确定为全国首个农村能源革命试点建设示范县。

能源革命模式

太阳能	风能
垃圾焚烧	地热
能源互联网和能源系统整合	

兰考县已建成投运风电装机79.4万千瓦、光伏发电装机31.9万千瓦、地热站27座，建成了1.5万千瓦生活垃圾热电联产工程和2.4万千瓦秸秆电厂。

2018年-2023年，非化石能源消费占总能源消费量比例



2018年-2023年，电力占最终能源消费比例



国家电力投资公司给我们安装的屋顶光伏每年的收入相当于出租两亩地。这是我们过去无法想象的。

----- 赵大爷，兰考县三义寨乡付楼村村民

现在在兰考，一切都被认为是有价值的。安装风力发电机，风能变成电能；安装太阳能电池板，阳光变成电能。甚至村里的垃圾和秸秆都被运到发电厂发电。

----- 李合义，兰考县谷营镇朱场村村民

别以为我们村很偏，其实我们的电网很强大。现在，无论是冬天取暖、夏天降温，还是灌溉田地和做饭，我们都用上了方便、实惠、清洁的电。

----- 栗凤莲，兰考县瓜营乡栗庄村村民



邮箱: hejj@tsinghua.edu.cn

清华大学社会科学学院能源转型与社会发展研究中心

光伏地图: <https://www.ipe.org.cn/MapPowerStation/PowerStation.aspx>



浙江省海宁市： 金庸故里从养猪村到零碳村的能源转型故事



多年来，长啸村一直以养猪闻名，全村三分之一的农户养猪，年出栏生猪2万多头，也产生大量粪便和污水。



村民在光伏大棚下种植蘑菇。蘑菇年销售收入达到119万元人民币。



宣良铮
(笔名：金庸)
《金庸的江湖》



国网海宁市供电公司是长啸村能源转型的主要驱动力。该公司改造了大量供电设施。

2022年，一部以长啸村为背景的微电影《我和我的庄》在英国奥德赛电影节获评最佳企业可持续发展影片-消除贫困与乡村发展影片奖。



零碳公园



屋顶光伏电站



儿童乐园



女干部



邮箱: hejij@tsinghua.edu.cn

清华大学社会科学学院能源转型与社会发展研究中心

光伏地图: <https://www.ipe.org.cn/MapPowerStation/PowerStation.aspx>



浙江省湖州市安吉县梅溪镇渔光互补、光储充综合智慧能源项目



位置



人均光伏装机量: 3.688千 瓦时

- 梅溪镇光伏装机量: 225兆瓦
- 50兆瓦渔光电站
- 7兆瓦光储充综合智慧能源电站
- 居民屋顶光伏

50兆瓦渔光电站



电站年发电量:
0.5亿千瓦时

渔业年产量: 310吨



7兆瓦光储充综合智慧能源电站



7兆瓦



智能充电桩

投资与收益

投资方	国家电投集团浙江电力有限公司
建设方	国家电投集团浙江电力有限公司
运维方	国家电投集团浙江电力有限公司
总投资	3.4363亿元 (渔光互补电站: 3.0038亿元, 光储充一体化电站: 4325万元)
年收入	渔光互补电站: 4778万元 光储充一体化电站: 750万元
村集体收入	土地租赁收入: 380000万元
村民收入	发展旅游业, 为村民创造了新就业机会



户用光伏产生的部分电力
被用于充电桩



邮箱: hejj@tsinghua.edu.cn

清华大学社会科学学院能源转型与社会发展研究中心

光伏地图: <https://www.ipe.org.cn/MapPowerStation/PowerStation.aspx>



内蒙古乌拉特中旗川井苏木巴彦高勒嘎查村： 牧光一体项目



投资模式：

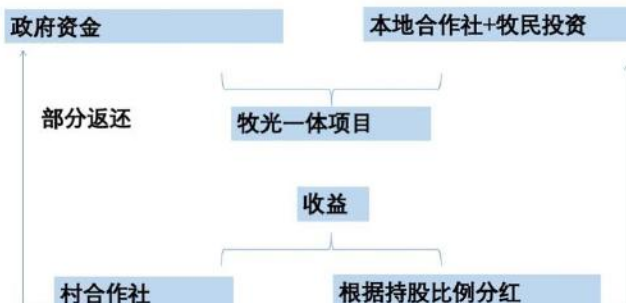
合作社+牧民+企业

- 2021年12月28日，由嘎查股份经济合作社和22户牧民发起成立农牧业专业合作社
- 第一阶段：1兆瓦光伏电站，22户牧民入股。
- 第二阶段：2兆瓦光伏电站，196户牧民入股。
- 合计光伏装机量3兆瓦。
- 牧业和旅游业由企业管理。

牧光一体



位置



"光牧旅"一体化融合发展产业园



投资和收益

投资方	村合作社、牧民、企业
总投资额	714,285 USD
收益	年发电量: 175万千瓦时 收入: 68,571 USD /year
村集体收入	6,857 USD /year
牧民收入	根据持股比例分红
牧业和旅游业投资	养羊企业投资800万元



邮箱: hejj@tsinghua.edu.cn

清华大学社会科学学院能源转型与社会发展研究中心

光伏地图: <https://www.ipe.org.cn/MapPowerStation/PowerStation.aspx>



山西省临汾市曲沃县南常村煤改气清洁供暖项目



位置

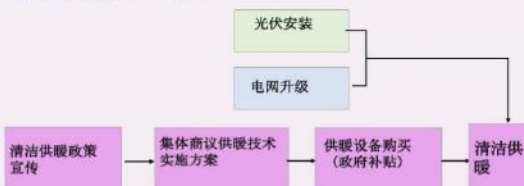
南常村位于华北地区山西省，距北京大约800公里，靠近空气污染严重的京津冀及周边地区。



基本情况

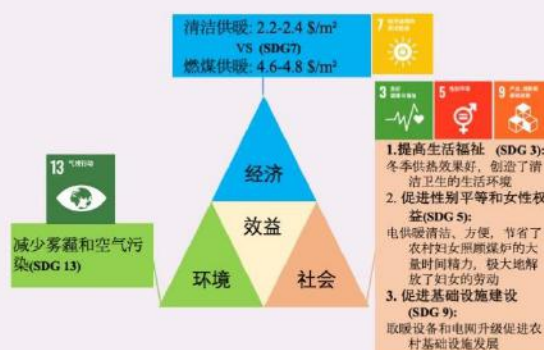
全村347户，冬季主要以传统燃煤方式取暖，雾霾及空气污染严重，于2020年完成全村清洁能源供暖改造。清洁供暖项目得到了当地居民的大力支持和高度认可。

清洁供暖实施路线



技术方案以空气源热泵为主，辅以电锅炉和石墨烯供热方式。

经济、环境和社会效益



空气源热泵



电锅炉



居委会屋顶光伏



传统取暖方式：烧煤炭和煤球

煤改气项目
低碳发展



清洁取暖方式：绿色电力清洁供暖



邮箱: hejj@tsinghua.edu.cn

清华大学社会科学学院能源转型与社会发展研究中心

光伏地图: <https://www.ipe.org.cn/MapPowerStation/PowerStation.aspx>

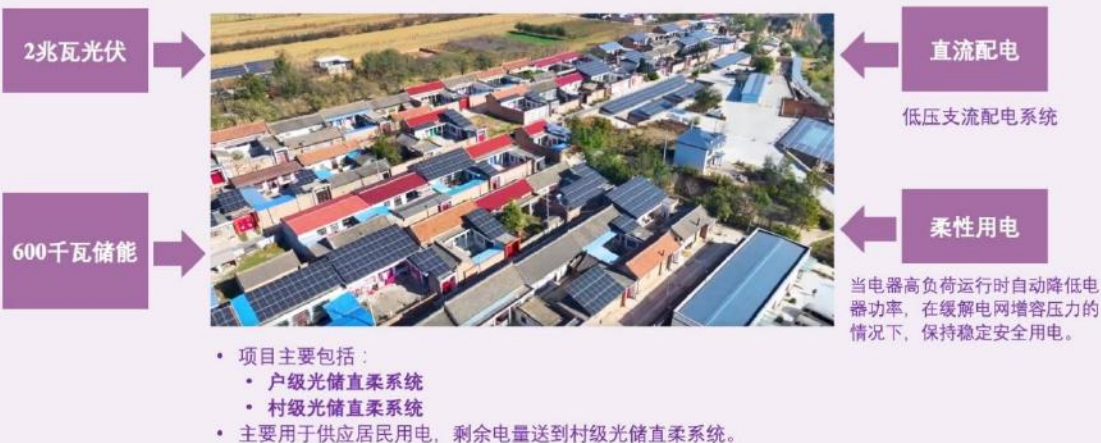


山西省芮城县庄上村： 屋顶光伏+储能+直流配电+柔性用电



人均光伏装机量: 1.767 千瓦

光储直柔系统



- 2023年4月24日，庄上村被农业农村部 and 联合国开发署授予“中国零碳村镇项目示范村”。
- 平均每年可节约标准煤966吨，减少排放二氧化碳2392.8吨、二氧化硫72吨、粉尘652.8吨、氮氧化物36吨。

投资和收益

投资方	中电国际
建设方	南京国臣直流配电科技有限公司
总投资额	980万元
光伏发电收益	- 平均年发电量240万千瓦时 - 平均年发电收入约100万元
村集体收入	每年缴税10万元
村民收入	- 每年每户免费用电1200千瓦时，共计免费用电8.52万千瓦时 - 平均每户年增收1200元以上

光伏停车棚



光伏凉棚



光伏长廊



屋顶光伏



邮箱: hejj@tsinghua.edu.cn

清华大学社会科学学院能源转型与社会发展研究中心

光伏地图: <https://www.ipe.org.cn/MapPowerStation/PowerStation.aspx>



浙江省杭州市萧山区群围村整村光伏



人均光伏装机量： 1.292千瓦

- 群围村的光伏布局已从农居房延伸到企业、公共区域等十个区块，**总装机容量约3040.4千瓦**。
- 典型应用场景包括：
 - 绿电企业
 - 绿电学校：3所
 - 绿电村委：群围村村委会建筑
 - 绿电农户：181户
 - 绿电河岸：沿友谊河岸1.6公里光伏景观带
- 2023年4月全部完成并网发电

沿友谊河岸安装的光伏带



位置



投资与收益

投资方	群围村村集体
建设方	浙江中新电力工程建设有限公司
总投资额	1600万元
光伏发电收益	- 年发电量2845万千瓦时，年收益126.58万元 - 预计10年左右收回成本
村集体收入	25年生命周期内收入1900万元
村民收入	每户光伏安装户每年获得3000千瓦时免费用电额度。



金沙社区屋顶光伏



村委会屋顶光伏



益农二小屋顶光伏



邮箱: hejij@tsinghua.edu.cn

清华大学社会科学学院能源转型与社会发展研究中心

光伏地图: <https://www.ipe.org.cn/MapPowerStation/PowerStation.aspx>



浙江省杭州市临安区桂芳桥村整县光伏



人均光伏装机量: 1.109千瓦

- 2022年9月7日, 杭州市临安区发展和改革局发出了“每人一千瓦光伏”倡议, 鼓励有实力的企业与镇、村合作, 以镇、村为单位系统推进光伏项目开发。桂芳桥村共有100余户签订了屋顶租赁协议, 占全村符合安装条件的60%。
- 光伏装机量约1.5兆瓦, 安装光伏板2832块。
- 预计2023年12月全部并网。

浙江临安: 率先发出“每人一千瓦光伏”倡议



位置



投资与收益

投资方	中国华能集团有限公司
建设方	中国华能集团有限公司
运维方	浙江碳银互联网科技有限公司
投资额	500余万元
光伏发电收益	年发电量: 150万千瓦时 年发电收益: 63万元
村集体收入	管理费: 25年共35.4万元
村民收入	屋顶租金: 600余元 一次性光伏建设补贴: 1600元

浙江省临安市天目山镇



邮箱: hejj@tsinghua.edu.cn

清华大学社会科学学院能源转型与社会发展研究中心

光伏地图: <https://www.ipe.org.cn/MapPowerStation/PowerStation.aspx>

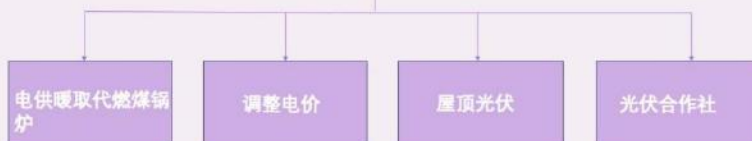


甘肃省山丹县东门村零碳乡村试点项目



东门村太阳辐射强，日照时间长，昼夜温差大。2023 年之前，由供热公司使用燃煤锅炉集中供暖。锅炉的运行成本高达80万元/年，但他们只从村民那里收到了约20万元/年的取暖费。由于煤炭价格持续上涨，供热公司长期亏损，从2023年起将不再为东门村提供集中供热。

农村能源革命计划



1. 经济效益 (SDG7&9)

- 原来交集中供暖费2300元（26元/平方米）的家庭，每年至少节省电费300-500元。
- 楼栋屋顶安装1000块光伏板，光伏企业投资，年屋顶租金50000元，25年租金125万元。
- 村集体投资持有光伏200千瓦，合作社年增收超10万元。

2. 环境效益 (SDG13)

- 减少冬季雾霾和空气污染

3. 社会效益 (SDG3, 5&9)

- 提升生活福祉：节约了村民冬季取暖费用，增加了租金收入，创造了清洁干净的生活环境。(SDG 3)
- 促进性别平等和女性权益：清洁供暖干净方便，节省了农村妇女烧柴取暖的时间精力，很大程度上解放了妇女，促进了该村的性别平等。(SDG 5)
- 促进基础设施建设：清洁供暖设备和屋顶租赁光伏促进农村基础设施建设。(SDG 9)

3 良好健康与福祉



5 性别平等



7 经济适用的清洁能源



9 产业、创新和基础设施



13 气候行动



屋顶光伏



新房



太阳能热水器



传统供暖模式（燃煤）



清洁供暖技术（空气源热泵）



邮箱: hejj@tsinghua.edu.cn

清华大学社会科学学院能源转型与社会发展研究中心

光伏地图: <https://www.ipe.org.cn/MapPowerStation/PowerStation.aspx>



重绘转型图景：光伏地图

良好的数据质量、数据开放以及易于获取和理解是实现清洁能源转型的重要因素。如果设计和执行得当，数据可以

- 帮助决策者做出明智、有说服力的决策，并取得富有成效的产出。
- 激发行动和更远大的目标
- 创造合作机会
- 有助于确认企业责任，提升可信度
- 建立和加强信任与尊重

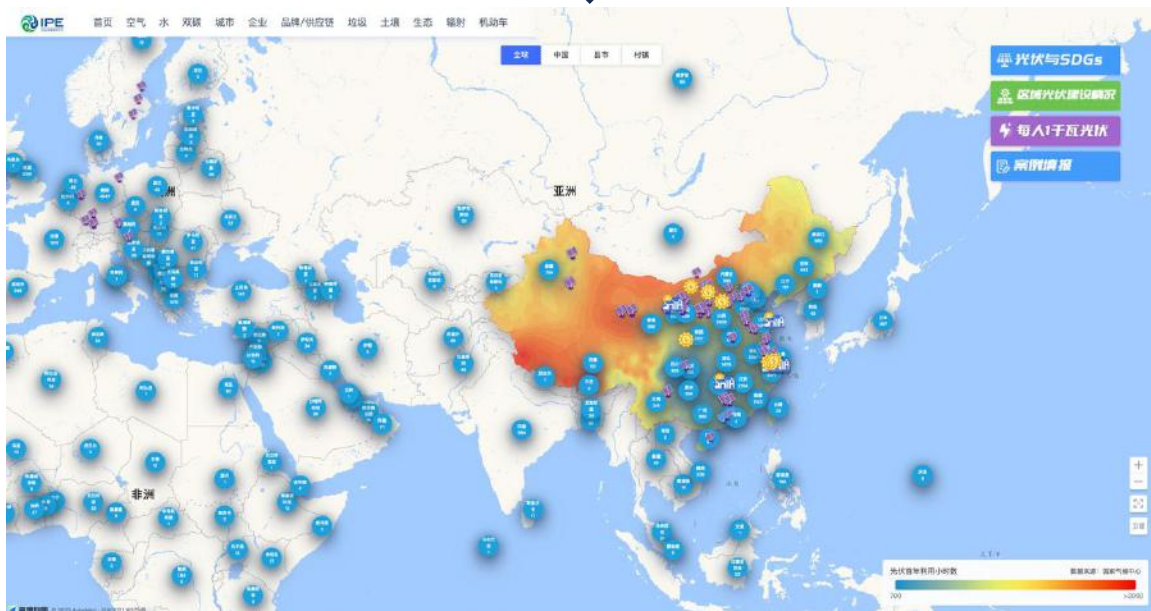
数据有助于为扩大合作和伙伴关系奠定坚实的基础，汇聚所需的资源和人才，为实现共同的目标和目的而携手行动。

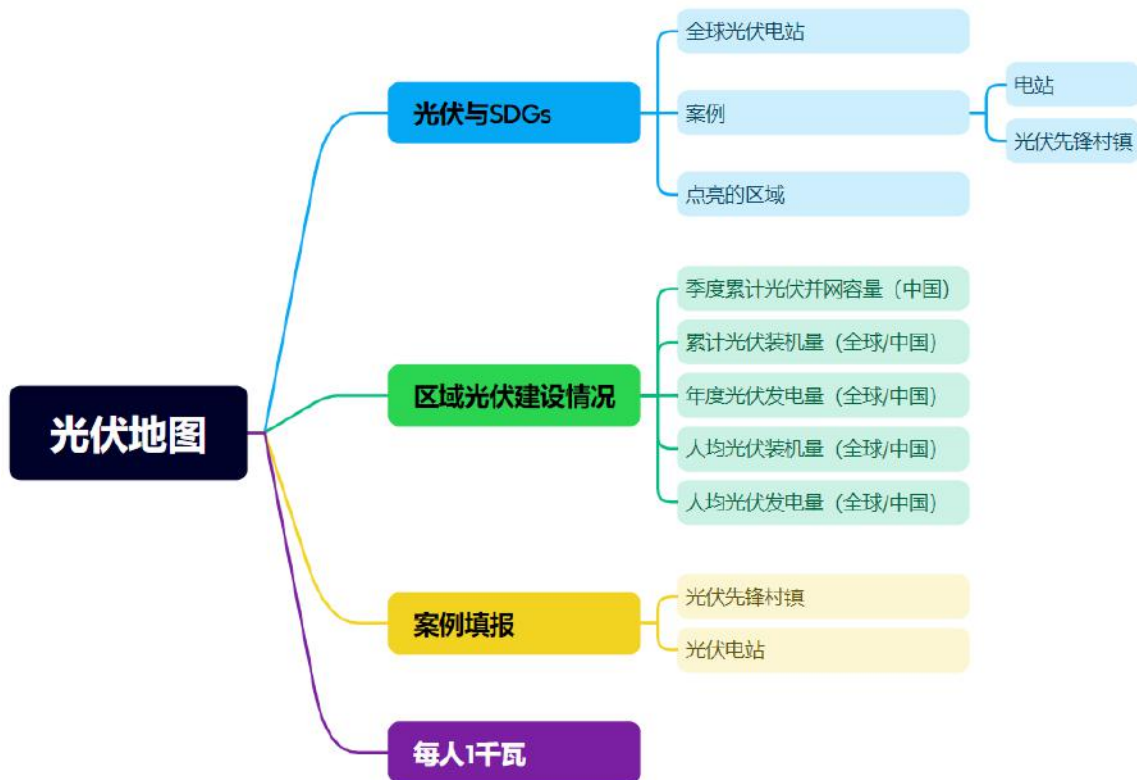
蔚蓝地图是 IPE 的核心数字产品。IPE 是中国领先的非营利组织，致力于分析整合环境数据提高公众意识，激发公众参与，并推动企业采取行动，实现绿色、清洁、智能、公正和可持续的转型。

IPE 从 "蔚蓝地图 "的开发运营中积累的专业能力和经验为开发光伏地图奠定了基础。光伏地图是 "光伏点亮美丽地球 "全球行动的数据平台，访问路径是 <https://wwwen.ipe.org.cn/index.html> -气候与能源-光伏地图。

光伏地图的目标有四个方面：

- 记录全球光伏设施建设进展
- 识别光伏助力实现可持续发展目标的优秀案例
- 分享光伏建设创新模式
- 展示光伏企业 ESG 表现

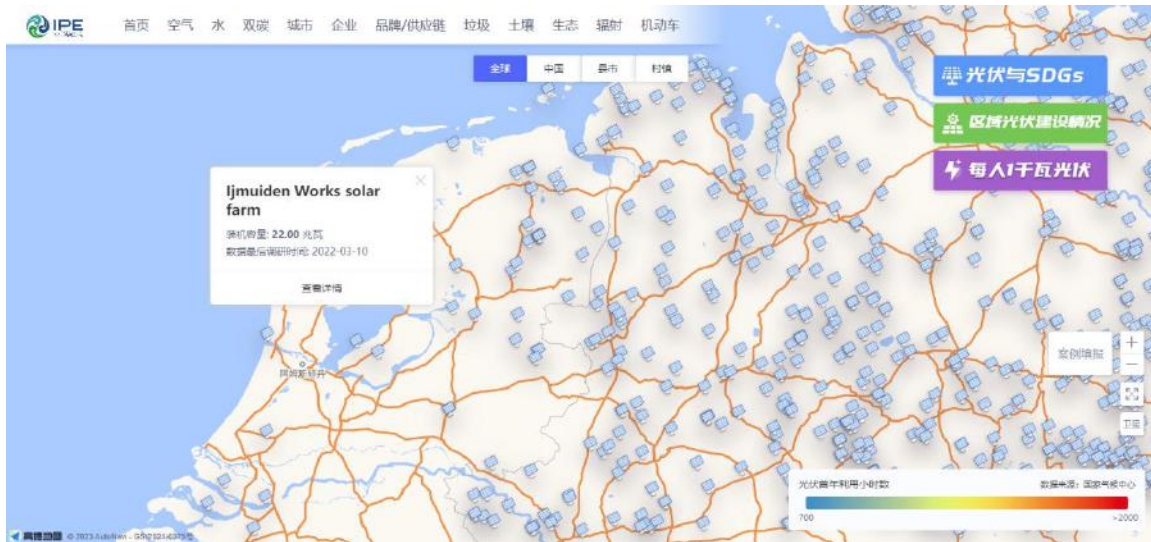




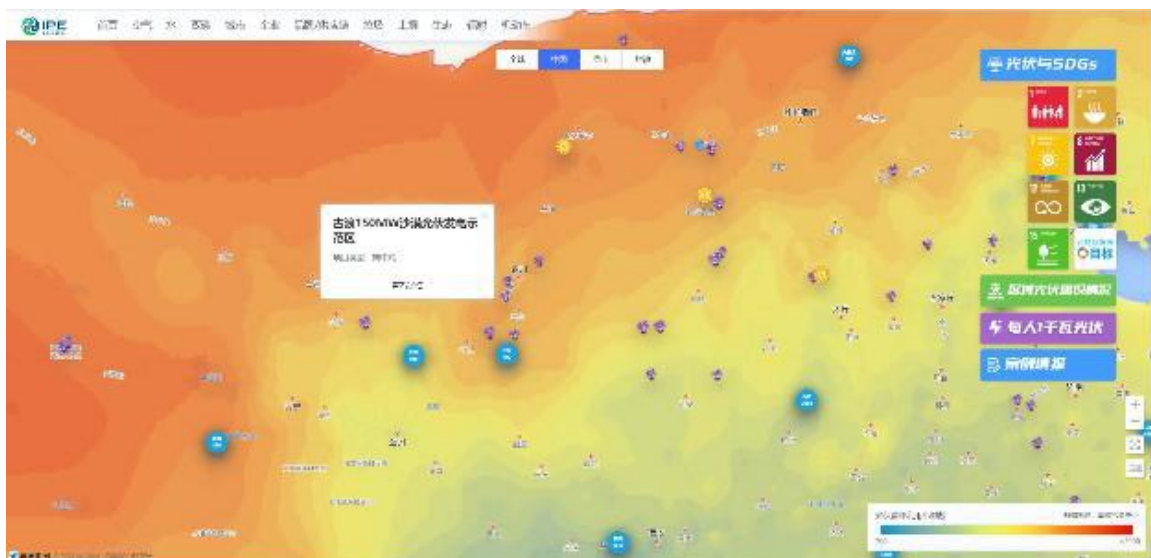
光伏地图的一个重要内容是介绍通过光伏建设实现可持续发展目标的案例。该地图的 "光伏与 SDGs " 栏目包含三类信息：

1. 全球光伏电站：目前包含 全球和中国共 59000 多个集中式和分布式光伏电站项目位置、项目名称、装机量。信息来源包括 Global Energy Monitor 和中国国家电网等。





2. 案例：光伏地图特别关注光伏建设案例。以数据和证据为基础，讲述中国农村 "光伏+可持续发展目标 "转型的真实故事。目前该栏目收录的案例主要来自项目团队的调研案例，未来也将从政府文件、媒体报道和合作伙伴等其他来源收集。



实景图册



项目介绍

装机总容量150MW项目分二期：一期古浪项目50MW于2013年11月正式并网发电；二期古浪项目100MW，2014年5月正式并网发电。占地5800亩，年平均降雨量约200毫米。1期古浪项目建设光伏电站的典范。电站外圈建机械沙障和防风固沙林组成的立体防护体系，场区内种植红柳灌木，增加植被覆盖率，降低风沙危害。2期电站自设计之初就将电站工程和防沙固沙工程紧密联系在一起，在电站外建立了草方格沙障和固沙林，场区内灌木长势对比场站外也较好，场区已完成外围治沙4300亩，种植樟子松、沙枣、梭梭、柠条等各苗木。

补充说明

数据显示，2021年，古浪县沙区前10林草植被盖度由治理前的20%恢复到60%以上，防风线修建20多公里。2020年林草覆盖整个古浪县，蓝色的光伏板星罗棋布，而在板下又是生机勃勃的别样风景。

可持续发展目标



目标2.消除饥饿，实现粮食安全，改善营养状况和促进可持续农业

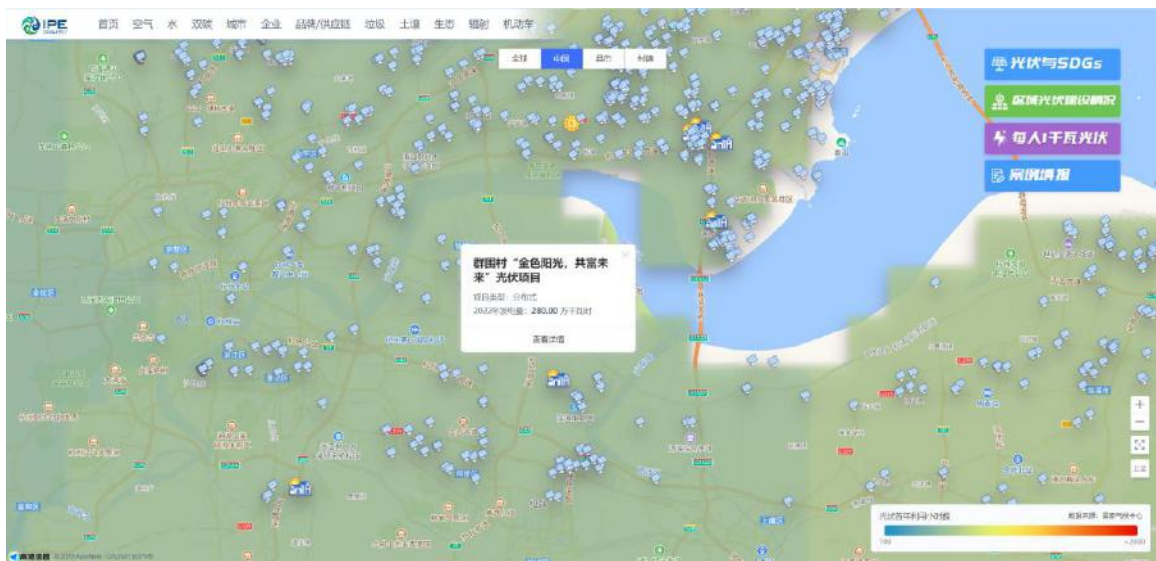


目标7.确保人人获得负担得起的、可靠和可持续的现代能源



目标15.保护、恢复和促进可持续利用陆地生态系统，可持续管理森林，防治荒漠化，制止和扭转土地退化，遏制生物多样性的丧失





[地图](#)
[气候/能源](#)
[企业表现](#)
[绿色供应链](#)
[绿色金融](#)
[服务](#)
[关于我们](#)
[关注我们](#)
[中文](#)
[EN](#)
[登录](#)
[注册](#)

实景拍摄

项目介绍

该项目主要涉及三大类型（公共区域涉及学校三所和村委会、企业5家、农居户101户）、十个区块，总装机容量的3040.4kWp，投资1600万元，建设后年收益126.58万元（年光伏发电收益148.08万元，年运维费支出21.50万元），预计10年左右收回成本。项目已于2023年4月全部完成并网发电，从2022年11月三所学校开始并网，到现在已累计发电100余万度。

建设运营情况

坚持因地制宜发展，突出分类设计，落实一户一方，在整体规划中低度美观、实用、离网，同时为进一步降低成本，提高光伏项目收益，并符合各方实际需求，针对村内村、校、企等不同主体实施分类施策，农户按照全额上网的方式进行收费（已纳入电网对接）；学校等公共区域按照自发自用余量上网的模式收费，此外光伏光伏按照自发自用模式建成并就近接入企业用电的模式利用。

补充说明

可持续发展目标

目标1. 在全世界消除一切形式的贫穷
 光伏项目由群山村自行投资建设，遵循“村企合作、村民共富”的建设理念，在进一步壮大村集体经济，夯实基础“共致富”基础同时，也让村民切实享受到共同富裕的“红利”（群山村村民代表大会决议通过，为脱贫户兜底，每户每月免费用电300度）。

目标7. 确保人人获得负担得起的、可靠和可持续的现代能源
 该项目建成投产采用“自发自用、余电上网”模式，开展了帮电学校、帮电企业、帮电农户、帮电电网等光伏扶贫，以保障用户生活用电安全。

目标13. 采取紧急行动应对气候变化及其影响
 每年可以减少二氧化碳排放量2617吨。

3. 已经实现人均一千瓦目标的城市。数据来自项目调研政府文件和新闻报道。

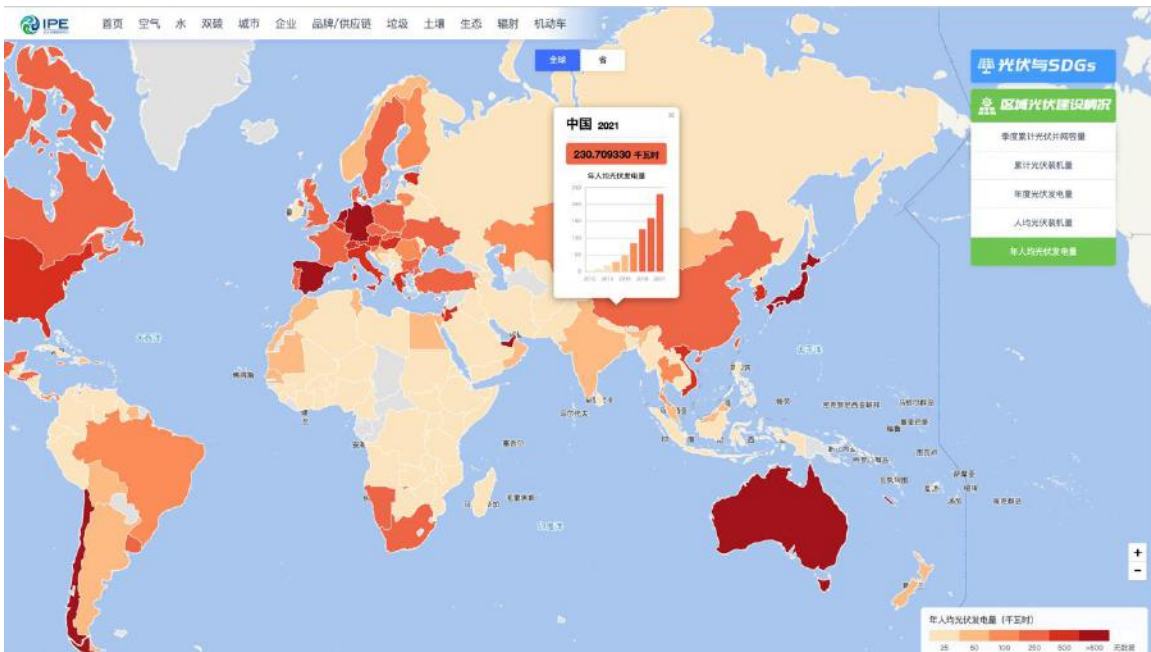


同时, "光伏地图" 记录了全球/中国太阳能装机进展, 包括中国省级和许多国家的国家级装机和太阳能年发电量。资料来源: Ember 全球电力评论、世界银行、中国国家统计局、中国国家能源局等。

中国各省季度累计光伏并网容量







光伏地图提供的数据和证据说明了全球光伏革命的一些令人兴奋但也充满挑战的趋势：

- 全球光伏发电设施建设极不均衡。欧洲、大洋洲、北美洲起步较早，人均装机量和发电量持续增长，澳大利亚人均装机量于 2022 年超过 1 千瓦，是首个实现“每人一千瓦”的国家，荷兰、德国紧随其后。中国光伏总装机量和人均装机量迅速增长，显示了中国能源转型的决心。中东、非洲光伏发电潜力极大，也有巨大的需求，但目前发展大大落后。
- 在中国，光伏发电除了带来绿色电力以外，还产生了良好的经济、生态和社会效益，有助于落实多个可持续发展指标。例如，在沙漠、荒原、盐碱地、滩涂、采矿沉陷区大规模建设的集中式光伏电站提高了土地利用率，还在一定程度上修复了生态系统；开创了林光互补、牧光互补、农光互补、渔光互补的经济模式，增加了本地就业，提高了居民收入；分布式电站为偏远地区和贫困地区增加了电力供应，使人们的生活更加舒适，医院、学校等公共设施也有了充足的电力保障。中国贡献了光伏发电丰富的应用场景和创新模式，可以为发展中国家和地区所借鉴。
- 随着“光伏地图”中包含的数据和案例越来越多，大数据平台有望创造出更多具有洞察力的趋势和实践，从而帮助加速清洁能源变革。

光伏地图团队将继续优化升级，并计划增强另外两项功能

- 1) 领先光伏公司的环境、社会和公司治理表现，特别是通过价值链视角，作为我们推动供应链转型的更大议程的一部分；
- 2) 知识库，展示相关法律、法规和技术标准。

我们呼吁全球合作伙伴加入太阳能地图和我们的全球行动。欢迎随时通过文末的联系方式给我们留言，与我们探讨合作机会。

重新定义共同的美好未来：前进之路

当前太阳能和风能发电在全球的快速增长表明，加速清洁能源转型是可行的，而且已经在进行之中。如今，无碳电力从未如此充裕。在过去二十年里，风能和太阳能的发展速度超过了专家们的预期。但这还不足以停止燃煤和燃气发电的发展。对于发展中国家来说，风能和太阳能项目的融资仍然是一个挑战。国际能源署的专家指出，从全生命周期来看，可再生能源的成本竞争力远远高于任何化石燃料发电，但前期成本是一个障碍。

当我们呼吁全球共同掀起一场光伏清洁能源革命的时候，中国正在努力向前，朝着到 2030 年实现人均 1 千瓦太阳能装机量的目标稳步迈进。据研究模型预测，中国要实现碳中和，人均光伏装机容量应达到 7 千瓦，届时人均年用电量将达到 15000 千瓦时，其中 50%-60%来自太阳能。中国需要 10 万平方公里土地来安装光伏发电设备，这相当于浙江省的面积。

正如中国行动所展示的，中国的成功揭示了如何消除前进道路上的这些障碍。中国的统一目标是使农村地区成为清洁能源的生产者，而不仅是粮食供应者，这为清洁、绿色和智慧能源革命提供了支持。这场革命有助于克服清洁能源投资障碍，解除获取清洁电力的拦路虎，并通过部署“光伏+”战略创造社会经济附加值，同时恢复生态健康、再生生态价值。

今天，中国仍有三分之一的人口居住在农村地区。过去几十年来，中国在农村能源发展方面取得的成功为国家电力普及做出了巨大贡献。中国是唯一一个在 2015 年前实现联合国千年发展目标的发展中大国。目前正在实施的《“十四五”现代能源体系规划》首次以整章的篇幅专门论述农村能源问题，将农村地区重新定位为现代能源体系的清洁能源来源，使可再生能源成本在地广人稀的农村大幅降低。

此时此刻，中国各地正在开展四项宏大的计划，代表着这样具有远见卓识的转变：

- 综合利用生物质资源——目前正在采用多种技术，将超过 10 亿吨的农作物秸秆和 38 亿吨的动物粪便转化为固体颗粒、沼气、生物乙醇或电力。
- 光伏发电——国家能源局倡导的光伏 "整县推进" 计划要求在政府部门的支持下部署分布式光伏。县级参与必须符合光伏覆盖屋顶的要求：1) 至少 50% 的办公建筑；2) 40% 的学校和医院；3) 30% 的商业和工业建筑；以及 4) 20% 的住宅建筑。截至 2021 年 9 月（“十四五” 的第一年），在全国 2860 个县（含区和县级市）中，已有 675 个被列入试点名单。
- 综合供暖解决方案——农村住宅建筑的冬季供暖解决方案仍在不断变化，但节能和清洁能源方案已得到广泛尝试，包括建筑隔热、太阳能热水器、被动式太阳能房屋、热泵和电能储存设施。
- 综合电力解决方案——在农村社区试点零碳微电网，以满足日常用电需求，外加热泵供暖，以及电气化交通，并利用数字技术优化电力系统运行。

与四十年前相比，中国农村的能源需求已经发生了巨大变化，从单纯提供清洁的烹饪燃料和改善用电条件，转变为提升农村生活质量、创造新的盈利机会、遏制当地污染、恢复和再生生态价值，以及使农村地区比大城市更宜居、更宜游。

在迪拜 COP28 峰会上，我们将接过接力棒，加快 "光伏+" 在中国的扩展，引入更多的合作伙伴和拥护者，共同 "点亮" 全球清洁、绿色、自然和智能的光伏革命。"光伏地图" 有望成为一个重要的平台和载体，将世界各地的伙伴联系起来，集体行动，建立更紧密的伙伴关系。

在中国，我们发起了行动号召，政府、企业、非政府组织、学术界和公民个人正在成为加速的清洁能源革命的一部分。虽然我们的总体目标是实现人均 1 千瓦光伏，但该运动正在将所有利益相关者、专业知识和资源汇聚到这条通往更美好的

共同未来的道路上。每个人都可以通过帮助建设、投资、展示、捐赠和宣传，将 1 千瓦的目标变为现实。

我们正在推进我们的行动，呼吁

- 一批县、镇、村在 2025 年前率先实现人均 1 千瓦光伏；
- 到 2030 年，一批先锋城镇和村庄实现户均 10 千瓦光伏。
- 一流的公司和金融机构在融资和商业模式方面引领投资和创新，为可持续发展做出贡献。
- 公民个人参与该行动。

这是一次鼓舞人心、令人愉悦和充实的旅程。通过集体协作，我们可以重新确定前进的道路。现在的核心任务是加速转型，扩大转型范围，为地球上所有生命实现可持续发展。

参考资料

1. 解读中国能源转型，陈泽维尔、吴昌华、翟永平，北京大学能源研究所、北京能源俱乐部，2023 年
2. What the Latest Health Check Tells Us About the State of Our Planet, Time, Johan Rockstrom, University of Potsdam, and Institute for Climate Impact Research, 2023
3. 《推进可持续的产业价值链》，世界经济论坛简报（尚未公开），吴昌华和马军，公众环境研究中心，2023 年
4. ipe.org.cn

联系我们

何继江，hejj@tsinghua.edu.cn

马军，ipe@ipe.org.cn

吴昌华，wu_changhua@yahoo.com