

推动国家级零碳工厂建设，增强光伏行业绿色发展动能

——《关于组织开展国家级零碳工厂建设工作的通知》专家解读之五

日前，工业和信息化部办公厅印发《关于组织开展国家级零碳工厂建设工作的通知》(以下简称《通知》)，正式启动国家级零碳工厂建设工作。光伏产业是我国清洁能源装备制造领域的优势产业，为能源绿色低碳转型提供关键装备支撑的同时，也面临提升制造环节低碳化水平、增强产品绿色竞争力的重要任务。在“双碳”目标引领下，推动光伏行业加快国家级零碳工厂建设，不仅是坚持节能优先、系统推进行业深度脱碳的关键路径，更是打造新质生产力、助力工业领域如期实现碳达峰碳中和目标的战略举措。

中国光伏行业协会副秘书长 江华

光伏行业绿色化基础不断夯实 零碳工厂建设正当其时

经过多年发展，我国光伏产业已形成全球最完善的硅料、硅片、电池、组件全产业链布局，在节能降碳改造、清洁能源利用、碳管理体系建设等方面积累了坚实基础。一是节能降碳技改深入推进。各生产工序持续迭代低能耗工艺，余热回收、自动化生产装备广泛配套，企业普遍建立专职能源管理岗位。部分光伏企业已入选国家绿色工厂、绿色供应链管理企业等绿色制造名单，能源管理体系和绿色低碳管理基础不断完善。二是厂区分布式光伏广泛普及。企业依托厂房屋顶、仓储空间大规模布局分布式光伏，实现新能源就近消纳。三是碳管理体系初步建立。头部企业已常态化开展企业碳排放核算、产品碳足迹分析，搭建能碳管理平台，积极参与绿电绿证交易。四是绿色供应链协同机制逐步完善。部分企业推行绿色供应商管理，生产废料、报废组件资源化回收技术实现产业化应用，产业链协同降碳已形成行业共识。

近十年来，行业节能成效突出。依托多晶硅还原工艺升级、拉棒热场优化、电池烧结余热回收等技术迭代，全产业链单位产出能耗持续下降。以多晶硅为例，根据中国光伏行业协会《中国光伏产业发展路线图》统计，平均综合电耗已从2016年的80kWh/kg-Si降至2025年的50kWh/kg-Si，十年累计降幅超37%。

然而，行业节能降碳仍面临多重短板。一是单纯依靠设备工艺优化挖掘节能潜力的空间持续收窄，可物理溯源的非化石能源电力供给不足，多数企业仅依靠厂区分布式光伏，绿电直连、工业绿色微电网落地偏少。二是部分中小企业碳核算和数字化管控能力相对薄弱，原材料生产、采购和运输等上游环节碳排放占比较高，产业链供应链协同降碳难度较大。三是厂区光伏仅日间发电，昼夜负荷错配，单纯依靠自产光伏难以满足非化石能源电力消费物理认定量占比要求。在此背景下，光伏行业节能降碳转型仍存在可观提升空间，以国家级零碳工厂建设为总抓手，统筹节能提效与新能源替代，正当其时、意义重大。



把握国家级零碳工厂建设要求 明确光伏行业实施路径

零碳工厂建设契合光伏行业制造端低碳转型需求。光伏行业本身服务于清洁能源发展，但光伏产品“发绿电”不等于制造过程天然低碳。多晶硅、拉棒、电池等环节电力消耗较高，原辅材料、热力供应、物流运输等环节也会影响产品全生命周期碳足迹。国家级零碳工厂建设对光伏行业的意义，不只是满足若干指标要求，更在于推动企业把清洁能源装备制造优势进一步延伸到制造过程低碳化、能源消费绿色化和供应链协同降碳能力提升上。

从行业实际看，光伏企业推进零碳工厂建设，重点应把握三个方向。一是以重点耗能工序为突破口，持续提升工艺和装备能效，降低制造环节用能强度；二是充分发挥光伏企业在分布式光伏、储能、光储融合等方面的技术和场景优势，提高厂区及园区非化石能源利用水平；三是针对光伏制造用电占比较高的特点，积极探索绿电直连、工业绿色微电网、源网荷储一体化等可追溯供电模式，提升绿色电力实际消纳和计量溯源能力。通过这些路径，光伏行业可以推动自身从“生产清洁能源装备”进一步走向“以低碳

方式生产清洁能源装备”。

单位能耗碳排放、非化石能源消费占比、非化石能源电力消费物理认定量占比三个核心指标相互关联，需协同推进。其中，节能降耗是基础，非化石能源替代是主线，可物理溯源的非化石能源电力供给提升是关键突破口。

一是强化节能降碳技改，持续压降单位能耗碳排放。深化全工序节能改造，针对重点耗能环节持续迭代低能耗工艺装备。在多晶硅环节，推广还原炉大型化、还原余热闪蒸制汽、耦合精馏等技术；在单晶拉棒环节，优化热场部件，提升余热回收利用水平；在硅片切割环节，推广梯级余热利用热泵系统、冷却液减量等技术；在电池环节，推广低温低碳工艺与材料，更换节能型真空泵、节能炉管、低压气动元件，采用高能效的公辅设备、集中真空系统、热排热回收、高效冷冻站、高效空压站；在组件环节，推行绿色设计理念，推广再生玻璃、浆料等材料应用以及物理法、化学法等高效综合利用工艺，探索全回收再生组件制备。全面推广变频节能、智能调控等技术，建立健全能源管理体系，确保单位能耗碳排放强度稳步向目标靠拢。

二是推进非化石能源替代，大幅提升非化石能源消费占比。充分盘活厂区屋面、停车场、仓储空间，大规模布局分布式光伏，配套储能系统平衡昼夜发电缺口，扩大自产绿

电电力规模。打造零碳交通物流，加快采用清洁方式运输、采用纯电或氢燃料电池车辆等运输方式；推进电气化水平提升，扩大工业热泵应用，减少化石燃料直接燃烧排放。探索绿氢作为生产原料和能源在产业中的耦合应用。积极参与绿电交易，规范开展绿证交易、采购和核销，在避免重复计算的基础上提升非化石能源电力消费水平，确保实现非化石能源消费占比95%以上占比目标。

三是推动实施绿电直连，稳步提升非化石能源电力消费物理认定量占比。光伏企业可结合厂区负荷特征和周边新能源资源条件，探索绿电直连、工业绿色微电网、源网荷储一体化等模式，提高可计量、可追溯的非化石能源电力消费比例。同时，准确区分物理可追溯电量、绿电交易电量和绿证核销电量，避免重复计算，稳步向非化石能源电力消费物理认定量占比35%目标靠拢。

光伏行业推进国家级零碳工厂建设，应以科学算碳为基础，以源头减碳、过程脱碳、协同降碳、智能控碳、碳抵销和信息披露为重点，推动零碳工厂建设从单项措施实施向系统能力提升转变。一是科学算碳，建立健全碳排放核算机制，按年度开展碳排放核算与报告，动态掌握碳排放底数。二是源头减碳，在新建、改扩建项目立项阶段开展低碳方案前置评审，优先选用低能耗工艺与新能源供能方案。三是过程脱碳，推广低碳原辅

材料替代、生产废料循环回收，综合运用碳捕集、生物碳汇等手段抵销残余排放。四是协同降碳，建立绿色供应商考核机制，推动上下游企业同步开展节能降碳改造。五是智能控碳，搭建一体化能碳数字化管理平台，支撑精细化管控与决策优化。六是碳抵销和信息披露，定期公开低碳改造进展，碳抵销方案及绿电使用数据，主动接受行业与社会监督。

多方协同 推动光伏行业绿色低碳发展

零碳工厂建设是贯穿技术研发、生态建设、标准构建的系统性变革，需系统谋划、多方协同、共同推进。

一是生产企业应紧跟政策导向，扎实推进节能降碳工作。光伏企业应将国家级零碳工厂建设纳入核心战略层面，制定符合自身工艺特点的节能降碳改造方案，积极采用先进节能技术和装备，推进用能向绿色化、电气化、低碳化转变。持续攻关多晶硅、拉棒等高载能工序超低能耗新工艺，推动电池组件技术升级、工艺能耗下降。同时，光伏企业应以自身零碳转型实践为基础，积极向工业园区、制造业客户输出绿电直连、光储充一体化等系统性零碳解决方案，带动更多行业加速迈向零碳转型。

二是行业上下游应加强生态构建，实现产业链供应链协同降碳。通过搭建全产业链碳足迹追溯平台，打通矿产开采、原材料加工、光伏制造、终端电站全流程碳数据链路。上下游联合研发轻量化、低碳化辅材，普及生产废料、报废组件资源化回收利用，深挖循环经济减排潜力。

三是行业组织要发挥平台作用，夯实行业低碳发展基础。行业协会、标准化机构等应结合产业链各环节差异化用能特征，完善能源消费、碳核算、产品碳足迹、非化石能源电力计量溯源等相关行业标准。搭建行业交流平台，推广分布式光伏、绿电直连、余热回收等成熟低碳方案及零碳工厂建设典型经验做法。

以国家级零碳工厂建设为重要抓手，打造一批光伏零碳工厂标杆，将有力推动行业用能结构持续优化、全链条碳排放系统降低，进一步增强光伏产业绿色低碳竞争力。这不仅将充分释放光伏行业装备制造与清洁能源生产协同发展的独特转型价值，也将为其他制造业领域推进零碳升级提供成熟实践路径，有力助推我国如期实现碳达峰碳中和战略目标。

统筹能效碳效标杆建设，稳步推进工业领域碳排放双控转型

——《关于组织开展2026年度重点行业能效、碳效领跑者企业推荐工作的通知》专家解读之一

中国电子技术标准化研究院副院长 陈大纪

近日，工业和信息化部、国家发展改革委、市场监管总局联合印发《关于组织开展2026年度重点行业能效、碳效领跑者企业推荐工作的通知》(以下简称《通知》)，部署开展能效、碳效领跑者企业推荐工作。《通知》在稳步扩大能效领跑者企业推荐行业范围的基础上，创新开展碳效领跑者企业推荐工作，进一步强化能效、碳效对标达标，引导工业企业对标行业先进实施节能降碳改造，支撑能耗双控逐步向碳排放双控转变。

认识重点行业能效、碳效领跑者 对工业节能降碳的重要意义

重点行业能效、碳效领跑者是带动工业能效、碳效提升的重要载体。节能和能效提升是最清洁、最经济的“第一能源”，也是二氧化碳减排的最主要路径。《“十五五”碳达峰行动方案》提出“开展传统产业节能降碳改造。聚焦重点行业主要用能设备、装置、工序等，全面实施节能降碳改造，大力推广应用节能低碳技术和装备，强化低碳工艺革新和数字化转型，有效提升能源资源利用效率、降低碳排放水平”。开展重点行业能效、碳效领跑者遴选是推动全面实施节能降碳改造的重要举措。截至目前，我国已累计发布8批共224家重点行业能效领跑者企业名单，覆盖35个细

分行业，有效带动行业实施节能降碳改造，实现能效水平持续提升。

重点行业能效、碳效领跑者是推动标准升级与产业绿色转型的重要支撑。能效、碳效领跑者的意义不止于单一行业企业标杆，更在于其撬动全行业标准升级与产业转型的杠杆效应。“十四五”以来，我国修订发布的30余项强制性能源消耗限额标准技术指标较旧版标准均有大幅提升。领跑者企业的先进实践，直接推动了能效标准技术指标的动态升级，形成了“标杆引领—标准提升—行业跟进”的良性循环。围绕重点行业深入开展能效、碳效领跑者行动，有利于加快产业结构、能源结构优化调整，助力产业智能化、绿色化、融合发展。当前，我国正从能耗双控全面转向碳排放双控，深入开展能效、碳效领跑者遴选，正是推动这一转型从单点突破迈向系统协同的关键举措。

重点行业能效、碳效领跑者是推动先进节能降碳技术工艺创新应用的重要“场景”。能效、碳效领跑者带动节能降碳领域先进适用技术装备在行业内的推广应用，推动企业积极建设分布式光伏、分散式风电等可再生能源发电系统，发展绿色电力直接供应模式，提高可再生能源利用比例；引导企业更新应用永磁电机等节能技术装备产品，提高用能设备能效水平；助推企业建设数字化能碳管理中心，应用先进过程控制系统，提升生产工艺流程数字化、精细化控制水平。

持续提升能效领跑者企业 引领带动作用

进一步扩大重点行业能效领跑者覆盖行业范围。《通知》进一步新增工业硫酸、工业冰醋酸、甲醛、苯乙烯和单晶硅等5个细分行业。其中，硫酸、工业冰醋酸、甲醛、苯乙烯均为重要的基础化工原料，涉及的下游产品众多，其生产过程具有较大的节能潜力；单晶硅是光伏产业和半导体产业的核心基础材料，其能效水平直接关系到我国在全球新能源和芯片产业链中的竞争力。截至目前，能效领跑者企业遴选行业范围已拓展至43个细分行业，实现《工业重点领域能效标杆水平和基准水平(2023年版)》所有行业全覆盖。

强化可再生能源利用。《通知》要求“绿色电力消费比例不低于本地区2025年可再生能源电力总量消纳责任权重、重点用能行业绿色电力消费比例”，推动工业企业主动承担可再生能源消纳义务，常态化参与绿电直购、绿证认购、自建厂内分布式光伏等，持续提升生产环节可再生能源应用，促进可再生能源消纳。

充分发挥能效领跑者企业引领带动作用。《通知》要求，各级工业和信息化主管部门、发展改革委、市场监管部门加大能效领跑者企业宣传推广，通过案例宣传、现场会

等多种形式广泛宣传推广先进经验，持续推动工业企业节能降碳。通过宣传推广节能降碳先进经验，在全国范围内形成“比学赶超”的良好氛围，带动行业企业节能技术应用与用能管理水平持续提升。

首次开展遴选 推动行业企业生产环节节能降碳

《通知》聚焦电解铝、水泥熟料、合成氨、乙烯、甲醇等5个高碳排放行业，首次开展碳效领跑者遴选，推动行业企业生产环节节能降碳。

碳效领跑者是支撑能耗双控向碳排放双控转变的重要举措。树立碳效领跑者企业标杆，既是推动工业领域能源清洁低碳高效利用、实现工业高质量发展的必然要求，也是推动能耗双控向碳排放双控转变、实现“双碳”目标的重要举措。行业碳效领跑者企业是指行业可比范围内，单位产品二氧化碳排放量达到行业领先水平的企业。碳效领跑者企业遴选通过以单位产品碳排放量为核心评价维度，直接锚定了碳排放这一核心管控目标，更好适配能耗双控向碳排放双控转型的工作要求。通过明确行业先进碳效水平标杆，引导全行业对照先进企业的碳效水平找差距、补短板，带动行业整体碳效水平提升。《通知》明确，碳效领跑者的企业与能效领跑者企业申报的基本

要求一致，要求碳效领跑者企业单位产品能效达到或优于本行业现行能耗限额强制性国家标准中1级(先进值)和《工业重点领域能效标杆水平和基准水平(2023年版)》标杆水平的基础上，通过应用先进节能降碳技术和工艺、提高可再生能源利用等，降低单位产品碳排放。

碳效领跑者推动产品碳足迹核算规则标准衔接应用。碳效领跑者核心指标是单位产品二氧化碳排放量，其计算依据是对应产品碳足迹核算规则标准。工业和信息化部等四部门已发布三批共111项重点工业产品碳足迹核算规则团体标准清单，碳效领跑者遴选工作将与产品碳足迹核算规则标准制修订工作相互衔接，引导重点行业加快研制、应用兼具实践指导性和产品适配性的产品碳足迹核算规则标准，支撑完善工业产品碳足迹管理体系，进而推动产品全生命周期碳减排。

碳效领跑者为碳排放限额标准制定提供依据。依托产品碳足迹核算规则标准开展碳效领跑者遴选，能够掌握电解铝、水泥熟料、合成氨、乙烯、甲醇等重点行业企业全流程碳排放数据，客观反映当前行业最优碳效水平，为科学划定分行业碳效先进值(1级)、准入值(2级)、限定值(3级)，提供扎实的数据支撑，并适时将领跑企业先进碳效指标转化为碳效限额标准的先进门槛，让碳排放限额标准更贴合产业发展现状。