

2024

中国光伏绿色供应链发展报告

ECOPV

中国绿色供应链联盟光伏专委会
秀洲光伏科技馆
二零二四年十月

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

序 言

全球已有众多国家提出了"碳中和"的气候目标，光伏在内的可再生能源将成为全球能源转型主力军已是全球共识。我国光伏应用市场超预期发展，2024 年上半年光伏新增装机 102.48GW，同比增长 30.7%。光伏制造端规模持续扩大，随着产能的快速释放，市场出现阶段性供大于求的局面，供需形势严峻。同时在我国光伏产业国际化的进程中，面临新一轮全球绿色博弈的挑战，对我国光伏产业供应链韧性和安全提出新要求，对我国光伏企业的转型步伐也提出新思路。

由中国绿色供应链联盟光伏专委会、秀洲光伏科技馆联合倾力打造的《中国光伏绿色供应链发展报告（2024）》聚焦国际光伏产业绿色发展的要求，结合中国光伏绿色供应链发展的政策、标准、绿色发展实践、光伏组件全生命周期碳足迹 LCA 分析、光伏行业环境、社会和治理（ESG）的发展等，以典型光伏企业绿色发展经验为案例，开展我国光伏供应链供需形势分析，并对光伏出海提出建议。

在报告的编制过程中，得到了众多光伏企业的支持，尤其对隆基绿能科技股份有限公司、正泰新能科技股份有限公司、一道新能源科技股份有限公司、固德威技术股份有限公司、福莱特玻璃集团股份有限公司和浙江中聚材料有限公司给予的支持表示诚挚的感谢。

希望本报告能够助力我国光伏产业加速构建绿色供应链协同发展，助力我国光伏产业穿越周期。2024 年是本报告编制工作的第一年，以后将作为一项年度常态化工作持续推进，有不当之处，敬请批评指正，我们将在今后工作中持续改进！

《中国光伏绿色供应链发展报告》编制组

2024 年 10 月

目 录

1	绿色供应链发展概述	1
2	国际光伏产业绿色发展概述	4
2.1	美国 EPEAT 认证体系	4
2.2	欧盟绿色认证体系	13
2.3	小结	24
3	中国光伏绿色供应链发展概述	25
3.1	法律	25
3.2	政策	25
3.3	标准	29
3.4	光伏绿色制造实施情况	32
3.5	光伏绿色供应链专业机构	34
3.6	光伏绿色供应链实践成效	34
3.7	小结	39
4	中国光伏绿色供应链企业实践	40
4.1	隆基绿能科技股份有限公司	40
4.2	正泰新能科技股份有限公司	42
4.3	一道新能源科技股份有限公司	45
4.4	固德威技术股份有限公司	46
4.5	福莱特玻璃集团股份有限公司	48
4.6	浙江中聚材料有限公司	49
5	我国光伏供应链供需形势分析	52
5.1	我国光伏供应链形势	52
5.2	光伏行业发展趋势展望	54
5.3	小结	55
6	光伏组件全生命周期碳足迹和 LCA 分析	56
6.1	项目概述	56
6.2	PERC 光伏组件全生命周期分析	56
6.3	TOPCon 光伏组件全生命周期分析	57
6.4	TOPCon 光伏组件与 PERC 光伏组件产品碳足迹对比	58
6.5	小结	59
7	光伏行业环境、社会和治理（ESG）的发展	60
7.1	光伏行业 ESG 发展面临的挑战与机遇	60

7.2	光伏出海的 ESG 风险与机遇	61
7.3	小结	64
8	国际绿色博弈对我国光伏产业的影响和对策建议	65
8.1	对我国光伏产业的竞争优势提出新挑战	65
8.2	对我国光伏产业的供应链韧性和安全提出新要求	65
8.3	对我国部分光伏企业的转型步伐提出新思路	65
8.4	对策建议	66

ECOPV



图目录

图 2-1EPEAT 组织架构及运营图	4
图 2-2 认证模式流程图	6
图 2-3 《气候变化缓解标准》封面及目录	7
图 2-4 《超低碳太阳能评估准则》	8
图 2-5 《光伏组件和光伏逆变器的可持续发展标准》	9
图 2-6 组件碳足迹要求	12
图 2-7 超低碳排放标准	13
图 2-8 欧盟产品绿色规范体系	14
图 2-9 部分已经颁布实施的产品实施细则	15
图 2-10 欧盟对光伏组件产品的碳足迹要求（来源：IEA PVPS Task12 专家 报告）	16
图 2-11 光伏产品欧盟生态设计指令---技术要求	17
图 2-12 欧盟生态标签标志	17
图 2-13 产品全生命周期的评估框架	19
图 2-14 《2020-2024 年欧盟生态标签战略工作计划》	19
图 2-15 《可持续产品生态设计法规》提案	20
图 2-16 光伏组件能源标签格式	21
图 2-17 CE 标志	22
图 3-1 绿色制造标准体系构建模型	32
图 3-2 企业绿码示例	33
图 3-3 第三届中国光伏绿色供应链大会主会场	35
图 3-4 2024 金砖国家工业创新大赛能源电子赛道选拔赛	36
图 3-5 光伏回收产业发展合作中心成立仪式	37
图 3-6 光伏老组件展厅	38
图 3-7 “光伏回收和循环利用” 优秀集体和菁英人物行业颁奖	38
图 3-8 十四届全国政协第十二次双周协商座谈会	38
图 4-1 隆基绿色供应链减碳倡议书发布	40
图 4-2 隆基供应链绿色伙伴赋能计划	40
图 4-3 2023 正泰新能科技股份有限公司环境、社会及治理(ESG)报告	43
图 4-4 正泰零碳工厂核查声明	44
图 4-5 正泰新能产业生态群颁证仪式	45

图 4-6 产品碳足迹证书	47
图 4-7 温室气体核查证书	47
图 4-8 背板的 CO ₂ 排放量	50
图 4-9 高分子背板生产工艺	50
图 5-1 组件产能和产量预期展望（数据来源：SMM）	54
图 5-2 组件需求展望（数据来源：SMM）	55
图 6-1 我国 PERC 光伏组件的环境影响及与 PEF 代表产品的对比（%）	57
图 6-2 以 182-72 版型 TOPCon 组件为例，单玻组件和双玻组件各个组成部 分的重量百分比和生产过程中碳足迹贡献百分比	58
图 6-3 PERC 和 TOPCon 光伏组件生产过程碳足迹数值及各部分贡献比例影 响	59
图 7-1 ESG 本质及核心图	62
图 7-2 ESG 行为准则	63
图 7-3 ESG 两个市场	63

表目录

表 2-1EPEAT 认可的 CAB 机构	5
表 2-2 注册产品等级分类及需满足的要求	8
表 2-3 光伏组件及逆变器注册等级分类	10
表 2-4 材料回收目标表	11
表 2-5 部分获得生态标签的产品种类表	18
表 2-6 有害物质要求	22
表 3-1 光伏绿色标准列表	29

ECOPV



1 绿色供应链发展概述¹

绿色供应链管理将全生命周期管理、生产者责任延伸理念融入传统的供应链管理中，依托上下游企业间的供应关系，以核心企业为支点，通过绿色供应商管理、绿色采购等工作，推动链上企业持续提升环境绩效，进而扩大绿色产品供给。

我国绿色供应链实践起步相对较晚，为引导企业关注并打造绿色供应链，作为全球第一制造大国，中国加大了相关制度建设及试点示范工作，出台了《国民经济和社会发展的第十三个五年规划纲要》、《国务院办公厅关于积极推进供应链创新与应用的指导意见》、《粤港澳大湾区发展规划纲要》、《工业绿色发展规划(2016-2020年)》、《环境保护部推进绿色制造工程工作方案》等政策文件，制定了《绿色制造制造企业绿色供应链管理导则》等标准，实施了绿色制造系统集成、绿色制造示范、供应链创新与应用试点示范等项目的实施，国内企业打造绿色供应链的积极性显著提高。

绿色供应链相关法律政策发展可以划分为萌芽期和发展期两个阶段。

第一个阶段：萌芽期（1978—2013年）。改革开放以来，我国生态环境保护法律政策制定工作进入“快车道”，出台了《环境保护法》《水污染防治法》《大气污染防治法》《固体废物污染环境防治法》《节约能源法》《关于开展

工业产品生态设计的指导意见》《再生资源回收管理办法》《电子废物污染防治管理办法》等法律政策，在探索中不断完善。法律政策的制定，经历了从末端治理向源头预防、过程控制的延伸，并最终实现了产品全生命周期管理。同时，也完成了以行政管制为主向行政管制和市场管制并重的转变。该时期，尚无法律政策以推进绿色供应链管理作为制定初衷，具体条文中也找不到关于“绿色供应链”的字眼，但不乏相关规定已经调整到产品设计、生产、采购、销售、使用、回收处理等供应链的某个环节，对于企业打造绿色供应链起到一定的促进作用。

第二个阶段：发展期（2014年至今）。2014年以来，国家在政策文件中明确指出了鼓励企业打造绿色供应链，相关政策陆续出台。2014年12月，商务部等印发的《企业绿色采购指南（试行）》明确提出了绿色供应链管理的要求，表明国家已经开始高度关注绿色供应链管理问题，在绿色供应链管理法律政策的发展史中具有里程碑式的重要意义。2016年密集推出了《工业绿色发展规划（2016—2020年）》《绿色制造工程实施指南（2016—2020年）》和《关于开展绿色制造体系建设的通知》等政策。2017年10月，国务院办公厅发布了《关于积极推进供应链创新与应用的指导意见》，文件阐述了开展绿色供应链管理的重点领域以及相关工作，强调了打造绿色

¹ 第一章内容参考《中国绿色供应链发展报告（2019）》（中国绿色供应链联盟），并作适当更新。

供应链的重要性。2018 年 4 月，商务部、工业和信息化部等八部门共同发布的《关于开展供应链创新与应用试点的通知》，把发展全过程全环节的绿色供应链体系作为试点的一项重要内容。2019 年 1 月，国务院办公厅发布的《“无废城市”建设试点工作方案》提出大力推行绿色供应链管理，发挥大企业及大型零售商带动作用，培育一批固体废物产生量小、循环利用率高的示范企业。2019 年 2 月，中共中央、国务院印发的《粤港澳大湾区发展规划纲要》，作为指导粤港澳大湾区当前和今后一个时期合作发展的纲领性文件，同样明确提出了在制造业领域打造绿色供应链。2020 年，国家发展改革委等部门发布《关于加快推进快递包装绿色转型的意见》，进一步加强快递包装治理，推进快递包装绿色转型，为供应链中物流管理提供指导性意见。2021 年，国务院发布的《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》，明确提出“鼓励企业开展绿色设计、选择绿色材料、实施绿色采购、打造绿色制造工艺、推行绿色包装、开展绿色运输、做好废弃产品回收处理，实现产品全周期的绿色环保”，鼓励企业建立绿色供应链制度体系。2021 年 9 月，工业和信息化部等发布《关于加强产融合作推动工业绿色发展的指导意见》，提出构建完善绿色供应链，要推动绿色产业链与绿色供应链协同发展，引导企业构建数据支撑、网络共享、智能协作的绿色供应链管

理体系，提升资源利用效率及供应链绿色化水平。2021 年 11 月，工业和信息化部印发的《“十四五”工业绿色发展规划》提出要鼓励汽车、家电、机械等生产企业构建数据支撑、网络共享、智能协作的绿色供应链管理体系，提升资源利用效率及供应链绿色化水平。2022 年 7 月，工业和信息化部、国家发展改革委、生态环境部联合印发《工业领域碳达峰实施方案》提出要支持汽车、机械、电子、纺织、通信等行业龙头企业，在供应链整合、创新低碳管理等关键领域发挥引领作用，推动供应链全链条绿色低碳发展。此阶段，在密集推出相关政策的同时，伴随着《环境保护法》《固体废物污染环境防治法》等相关法律法规的制修订，法律政策环境越来越有利于企业打造绿色供应链。2023 年 8 月，为加快绿色低碳先进适用技术示范应用，在落实碳达峰碳中和目标任务过程中锻造新的产业竞争优势，国家发展改革委等 10 部门发布了《绿色低碳先进技术示范工程实施方案》提到，“鼓励建设退役光伏组件、风机叶片、动力电池等新型废弃物高水平循环利用示范”，促进新兴固废的资源化再利用。2024 年 1 月，中共中央国务院发布《关于全面推进美丽中国建设的意见》（以下简称《意见》），《意见》中重点提到“加快构建废弃物循环利用体系，促进废旧风机叶片、光伏组件、动力电池、快递包装等废弃物循环利用。推进原材料节约和资源循环利用，大力发展再制造产业。全面推

进绿色矿山建设。到 2035 年，能源和水资源利用效率达到国际先进水平”。2024 年 3 月 7 日，国务院《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》（国发〔2024〕7 号），推动能源重点领域大规模设备更新和技术改造，国家发展改革委、国家能源局组织编制并发布《能源重点领域大规模设备更新实施方案》（以下简称“《方案》”），《方案》重点围绕火电、输配电、风电、光伏、水电等领域实现设备更新和技术改造，加快构建清洁低碳安全高效的能源体系，培育和发展新质生产力。

2 国际光伏产业绿色发展概述

“绿色”日益成为国际关注的焦点。一方面，随着政策、标准体系的建立和完善，产品是否具备绿色属性，一定程度上已经可以被量化评估。另一方面，对于产品在全生命周期中资源消耗和环境污染的关注，也逐渐从制造、使用和回收阶段往产品的设计阶段靠拢。现阶段，欧盟、美国在内的多个国家和地区已经完成了国内生态设计认证及标准体系的建设，而且正加快完善的步伐，包括产品碳足迹、可回收性设计、能源标签等方面的内容在近些年被逐步纳入。美国 EPEAT 认证体系和欧盟绿色认证体系是目前国际上相对比较成熟的两个体系。

2.1 美国 EPEAT 认证体系

EPEAT 全称为电子产品环境评价工具（Electronic Product Environmental Assessment Tool），由全球电子委员会（Global Electronics Council GEC）组织实施，于 2006 年开始正式上线，是一个全面的环境评估体系。通过评估产品生命周期内对环境的影响等级为机构和消费者提供产品对比、评估和选择。全球电子委员会制定了 IEEE 1680《电子产品环境影响评价》标准，用以指导 EPEAT 认证体系中某类具体产品评估准则的制定。EPEAT 由产品制造商、部件供应商、环境倡导组织、政府代表、电子产品的大型购买者、零售商、电子产品回收商、学术研究人员等广泛的不同利益相关方共同组成，是电子工业领域全球领先的 I 类生态标签，涵盖了技术领域的产品和服务。如图 2-1 所示。

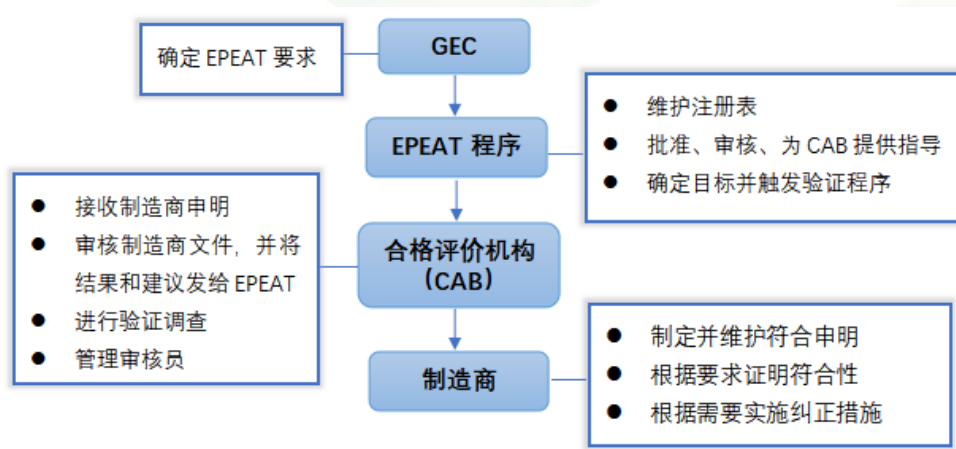


图 2-1 EPEAT 组织架构及运营图

2.1.1 产品在 EPEAT 认证体系中的注册

(1) 合格保证机构 Conformity Assurance Body (CAB)

制造商或品牌方在 EPEAT 下注册产品时，必须选择一个合格保证机构 Conformity Assurance Body (CAB)，CAB 是与制造商合作的第三方组织，以验证他们的产品是否符合 EPEAT 标准。CAB 在 EPEAT 系统中起着关键作

用，主要负责接受制造商的声明、审核制造商文件并将结果和建议反馈给 EPEAT、对制造商进行验证调查和管理其审核员等。制造商不能与 GEC 直接取得联系，因此 CAB 是决定产品能否出现在注册清单中的关键评定机构。CAB 可以帮助制造商了解 EPEAT 的要求以及如何证明其符合性。截至目前，已获得 EPEAT 认可，并在注册网站可查询到的 CAB 如表 2-1 所示：

表 2-1EPEAT 认可的 CAB 机构

序号	CAB 名称	所在地区	认证产品或服务类别
1	全球电子委员会合格保证机构（Global Electronics Council,s Conformity Assurance Body）	美国俄勒冈州波特兰市	计算机和显示器、影像设备、电视、网络设备、手机、服务器、光伏组件和逆变器
2	中国电子技术标准化研究院（CESI）	中国北京	计算机和显示器、影像设备、电视、手机、服务器、光伏组件和逆变器
3	中国国检测试控股集团股份有限公司（CTC）	中国北京	光伏组件和逆变器
4	德凯（DEKRA）	德国斯图加特、中国广州、美国加利福尼亚州康科德	影像设备、电视、服务器
5	通标标准技术服务有限公司（SGS）	中国上海	计算机和显示器、影像设备、电视、网络设备、手机、服务器、光伏组件和逆变器
6	德国莱茵（TÜV Rheinland）	德国科隆、中国北京、美国马萨诸塞州博克斯伯勒	计算机和显示器、影像设备、电视、网络设备、手机、服务器、光伏组件和逆变器

序号	CAB 名称	所在地区	认证产品或服务类别
7	UL（美国保险商试验所 Underwriter Laboratories）认证	美国伊利诺伊州诺斯布鲁克	计算机和显示器、影像设备、电视、网络设备、手机、服务器、光伏组件和逆变器
8	VDE（德国电气工程师协会 Verband Deutscher Elektrotechniker）认证	德国美因河畔奥芬巴赫	计算机和显示器、影像设备、电视、光伏组件和逆变器

（2）产品的注册认证模式

制造商要想使其产品在 EPEAT 注册网址上获得列名，既可以采取传统认证模式，也可以采取上市后验证模式²，传统认证模式由 CAB 提前对产品进行核查，并对符合性负责，而上市后验证模式由制造商进行自我声明，并对符合性负责，EPEAT 对注册产品进行跟踪验证。两种认证模式的具体流

程如图 2-2 所示。值得注意的是，一旦产品在 EPEAT 网站注册成功，CAB 会通过持续监控确保 EPEAT 注册产品的准确性，持续监测活动贯穿全年。所有产品类别中的所有 EPEAT 注册产品和所有参与的制造商都受到持续监控，每年的持续监测周期表及其结果都向公众公布。

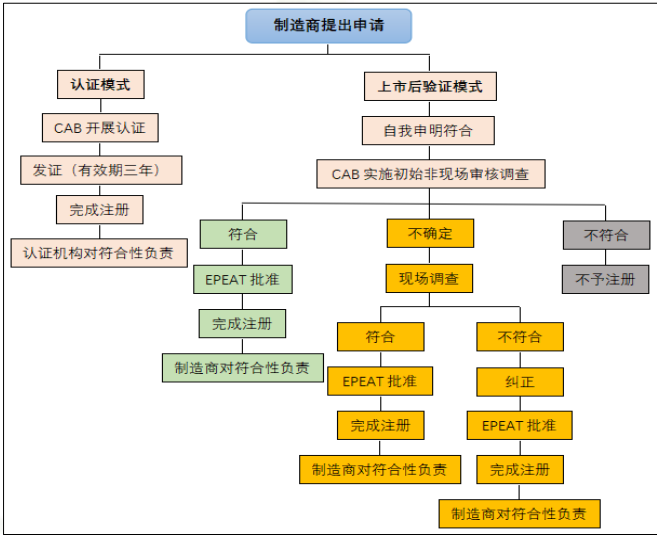


图 2-2 认证模式流程图

² 肖鹏军,吕芳,毛涛. 美国 EPEAT 绿色生态标签解读（三）[EB/OL].光伏绿色供应链,2020.11.23.

2.1.2 EPEAT 认证体系中的评价标准

EPEAT 覆盖的领域目前包括计算机和显示器、影像设备、电视、网络设备、手机、服务器、光伏组件和逆变器七大类，且针对各领域分别制定了不同的评价标准。EPEAT 所实施的标准是在各利益方自愿共识的基础上制定的（GEC 制定的动态标准开发机制），以确保这些标准满足 GEC 公平、公正和开放参与的政策要求。同时 GEC 会评估现有标准并对合适标准予以采纳，如果没有合适的标准，GEC 可以支持新标准的制定。

截至目前，EPEAT 认证体系已公布并实施以下标准，下列标准分别规

定了不同类别产品的验证要求：

《气候变化缓解标准（Climate Change Mitigation Criteria）》封面及目录如图 2-3 所示。该标准是 2023 年 5 月最新发布的一项 EPEAT 标准，适用于计算机和显示器、影像设备、手机、服务器和电视类别。在 EPEAT 注册的产品需要在 2025 年年底之前达到气候标准中的相关规定。其中重点提到“制造商应公开披露生命周期温室气体排放的评估结果或产品碳足迹（PCF）。单位为 CO₂ 当量”。而且此条为必选项，也就意味着现阶段已经在 EPEAT 体系中注册的产品以及未来进入到该体系中的产品，都需要向外界披露碳足迹数据。碳足迹逐渐成为产品生态设计的重要评价指标。

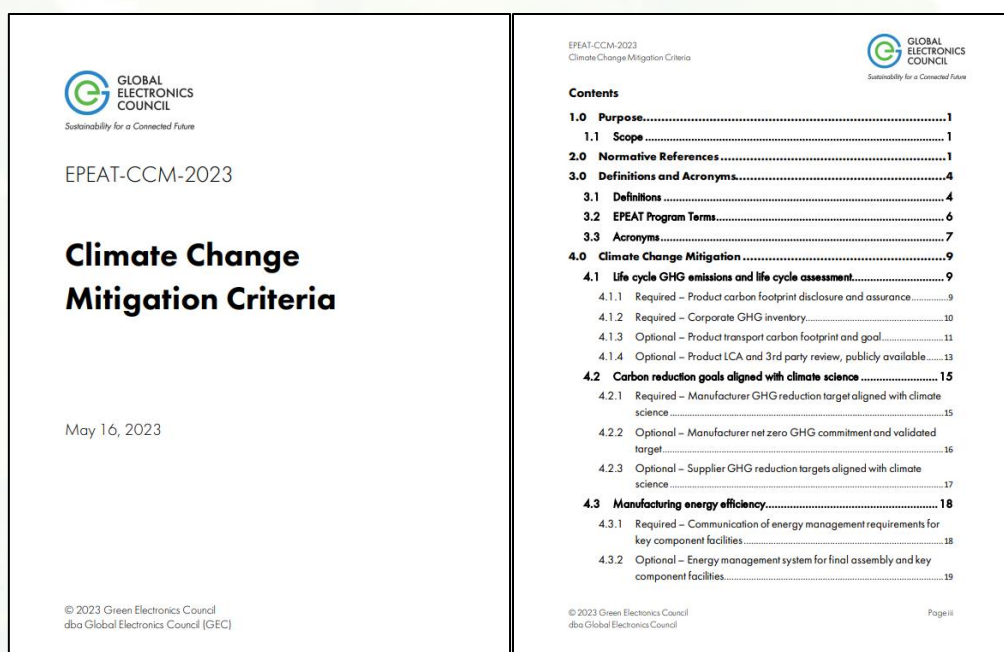


图 2-3 《气候变化缓解标准》封面及目录

- IEEE 1680.1-《个人计算机产品环境评估标准》
- IEEE 1680.2-《成像设备环境评估标准》
- IEEE 1680.3-《电视环境评估标准》
- UL 110-《手机可持续性标准》
- 《全球电子协会网络设备可持续性评估标准》
- NSF 426-《服务器的环境领导力和企业社会责任评估》
- NSF 457-《光伏组件和光伏逆变器的可持续发展标准》
- EPEAT-ULCS-2023《超低碳太阳能组件评估标准》

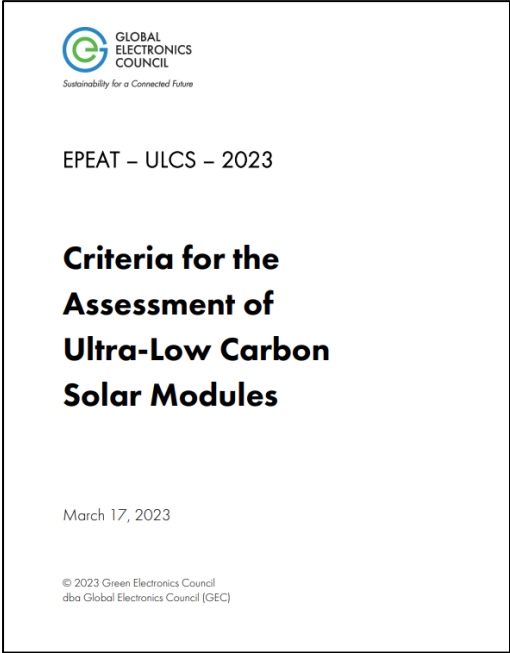


图 2-4 《超低碳太阳能评估准则》

EPEAT 标准将条款分为必选项 (Required) 和可选项 (Optional) 两类，注册表中的产品必须满足所有必选条款，可选条款满足的越多，代表其对环境越友好。EPEAT 列名产品会根据其

对标准的满足程度被划分为金、银、铜三个等级。不同等级标志及需满足的要求如表 2-2 所示。制造商无需在产品或包装上使用 EPEAT 名称或标记。购买者和公众可以通过在官网搜索注册表随时确定产品的注册状态。

表 2-2 注册产品等级分类及需满足的要求

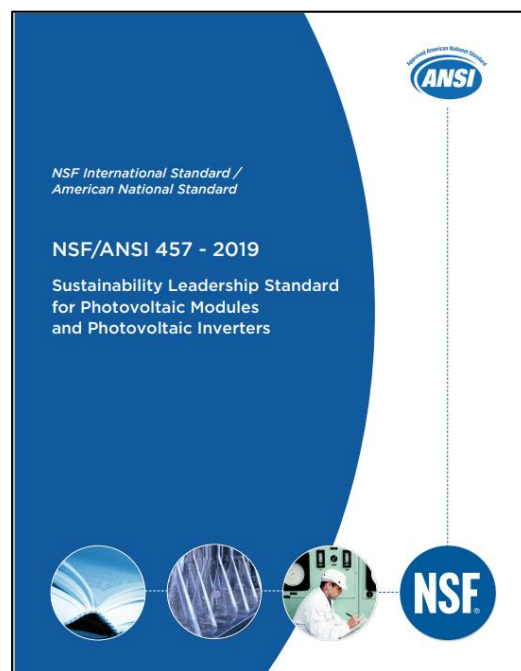
序号	等级	标志	需满足的要求
1	铜		满足所有强制要求
2	银		满足所有强制要求和 50%以上可选要求
3	金		满足所有强制要求和 75%以上可选要求

EPEAT 系列标准着眼于分析产品全生命周期内对环境造成的影响，环境影响分析涵盖了资源（包含原材料和能源消耗）获取、产品制造、使用和寿命终止等各个阶段，旨在促进全球电子行业的绿色发展，希望通过对产品的环境影响评估，改善如下内容：减少或避免使用对环境敏感的材料，选择对环境有益的材料、寿命终止设计、延长生命周期、节约能源、对产品进行生命周期管理、企业绩效管理和使用环保型包装等。

2.1.3 光伏产品在 EPEAT 认证体系中的生态设计标准及要求

（1）光伏组件的生态设计标准

2019 年，为了推动光伏组件和逆变器产品的生态设计，GEC 发布了光伏组件和逆变器的评价标准 NSF/ANSI 457 《光伏组件和光伏逆变器的可持续发展标准》如图 2-5 所示，该标准以全生命周期思想为核心进行展开，评价内容主要分为以下七个部分：物质管理（Management of substances）、首选使用材料（Preferable materials use）、生命周期分析（LCA）、能效和用水（Energy efficiency and water use）、退役管理和可回收性设计（End of life management & design for recycling）、产品包装（Product packaging）和企业责任（Corporate responsibility）。



Contents	
1 General	1
1.1 Purpose	1
1.2 Scope	1
2 References	3
2.1 Normative references	3
2.2 Informational references	7
3 Definitions and acronyms	7
3.1 Definitions	7
3.2 Acronyms	12
4 Conformance, evaluation and assessment	13
4.1 Criteria	13
4.2 Levels of conformance	15
5 Management of substances	16
5.1 List of declarable substances	16
5.2 Reduction of substances of concern	19
6 Preferable materials use	22
6.1 Recycled content	22
7 Life cycle assessment (LCA)	25
7.1 Life cycle assessment (LCA)	25
7.2 Reduction in LCA impacts	27
8 Energy efficiency and water use	28
8.1 Energy efficiency and management system	28
8.2 Water use metrics	34
9 End of life management and design for recycling	36
9.1 End-of-life (EOL) management	36
9.2 Design for recycling	40
10 Product packaging	41
10.1 Eliminate substances of concern	41
10.2 Recyclability of packaging	41
10.3 Recycled content in packaging	42
11 Corporate responsibility	42
11.1 Environmental, health and safety management systems	42
11.2 Corporate reporting	43
11.3 Corporate social performance	47
11.4 Conflict mineral sourcing	48
Informative Annex 1 Summary of criteria	51
Informative Annex 2 Section 7.1.1 system boundaries	55
I-2.1 Example flow	55

图 2-5 《光伏组件和光伏逆变器的可持续发展标准》

光伏组件和光伏逆变器产品想要纳入 EPEAT 体系，满足必选条款是前提，在这个基础上，产品会根据满足的可选条款数量被赋予一定的分数，得分越高，注册等级也越高。如表 2-3 所

示，其中对于光伏组件，必选条款 16 项，可选条款 27 项，可选条款总分数为 42 分。对于光伏逆变器，必选条款 19 项，可选条款 26 项，可选条款总分数 41 分。在光伏组件的所有条款中，光伏组件的退役管理必选条款有 1 条，可选条款有 3 条；可回收性设计的 2 条款均为可选条款。

表 2-3 光伏组件及逆变器注册等级分类

注册等级	NSF/ANSI 457-2019					
	光伏组件			光伏逆变器		
	必选条款数量	可选条款		必选条款数量	可选条款	
		数量	总分		数量	总分
	16	27	42	19	26	41
铜牌	16	≥0 分		19	≥0 分	
银牌	16	≥21 分		19	≥21 分	
金牌	16	≥32 分		19	≥31 分	

（2）光伏组件的生态设计要求

光伏组件的退役管理方面，必选条款提到，对于声明符合本标准的产品，制造商应当提供全国范围内的回收服务，而且回收计划不应该只局限于产品的简单回收处理，还应该包括产品的再利用、翻新和材料回收。同时，为了保证回收处理企业能够采用合理的方式处理回收来的光伏组件，制造商应提供描述产品回收服务的有效信息，包括如何使用服务。此外，制造商应公开披露，告知终端用户在使用回收服务

时，是否会被收取额外费用以及回收程序所满足的相关标准规范。光伏组件退役管理可选条款要求回收公司的回收成果需要以报告形式公开，报告内容需包括：年度回收的总重量、回收或者再循环利用的材料（金属、玻璃、半导体材料等）重量占比、材料被处理（能量回收或者填埋等）部分的重量占比、再使用部分的重量占比。其次，在材料的回收率上制造商至少应达到如表 2-4 所示的回收目标：

表 2-4 材料回收目标表

材料回收目标等级		分值
光伏组件	光伏逆变器	
— $\geq 80\%$ 玻璃; — $\geq 80\%$ 金属材料 (不包括半导体材料); and — $\geq 30\%$ 半导体材料.	— $\geq 80\%$ 金属材料 (不包括印刷电路板组装材料和扼流圈 choke); — $\geq 50\%$ 电子印刷电路板电子组件; — $\geq 50\%$ 扼流圈/感应器; — $\geq 80\%$ 塑料.	1
— $\geq 90\%$ 玻璃; — $\geq 90\%$ 金属材料 (不包括半导体材料); — $\geq 60\%$ 半导体材料.	— $\geq 90\%$ 金属材料 (不包括印刷电路板组装材料和扼流圈 choke); — $\geq 60\%$ 电子印刷电路板电子组件; — $\geq 60\%$ 扼流圈/感应器 — $\geq 90\%$ 塑料.	2

光伏组件的可回收性设计方面, 制造商需要向回收退役光伏组件的组织提供产品中存在的导体或金属及金属化合物的标识, 其中导体材料主要为金属及氧化物、光活性物质(photoactive substances)等。值得注意的是, 对于质量为 60 千克或更少的组件产品, 以上物质含量低于 2g 无需标注; 对于大于 60 千克的组件产品, 低于 4g 的物质无需标注。

碳足迹方面, 2023 年 3 月, GEC 发布《超低碳太阳能评估准则》Ultra-Low Carbon Solar(EPEAT-ULCS-2023), 如图, 针对光伏组件产品及光伏逆变器的碳排提出要求。该准则(New Criteria for the Assessment of Ultra-Low Carbon Solar)已经被纳入 EPEAT 认证体系, 并应用在光伏组件产品上, 该准则包含两项光伏组件全生命周期的碳排标准, 其中条款 4.1 要求光伏组件(含边框)的碳排放不高于 630 kg CO₂e/kWp, 并且该条款作为最低要求

必须满足, 条款 4.2 要求光伏组件(含边框)的超低碳排放不高于 400 kg CO₂e/kWp, 该条可以选择性满足。

标准中还提到利用已认证碳足迹 VCF (Verified Carbon Footprint) 方法计算光伏组件产品碳排结果, 并介绍了两种路径。第一条路径是利用碳贡献系数(carbon contribution coefficients)的标准数据表来计算; 另一种是允许使用供应商特定的生命周期评估(LCA) 数据来计算碳贡献系数。

2.1.4 超低排放认证

2023 年 3 月 14 日-16 日, 国际能源署 IEA PVPS TASK12 春季会议在法国巴黎召开。会上, 欧盟相关专家向参会代表介绍了光伏产品在欧盟生态设计(Ecodesign)和能源标签(Energy Label)政策方面的最新进展。其中光伏组件生态设计方面, 最新的政策对光伏组件的信息披露、可靠性、可修复性、可拆卸性、可回收性和碳足迹六个方面分别提出要求。尤其值得注意的

是，首次对于在欧盟国家使用的单晶、多晶以及碲化镉光伏组件产品全生命周期（包括原材料获取到组件制造以及出口到欧洲的整个物流过程）的碳足迹提出更加具体的两级要求：

等级一：（1st threshold）:25 g CO₂/kWh(date TBD) 等级二：（2nd

threshold）:18 g CO₂/kWh(date TBD)

光伏逆变器产品在生态设计方面，除了暂未对碳足迹提出要求，其他基本与光伏组件产品保持一致。在能源标签方面，最新的政策要求在产品标签上必须体现供应商信息、能效等级、衰减率、组件面积和功率等信息。

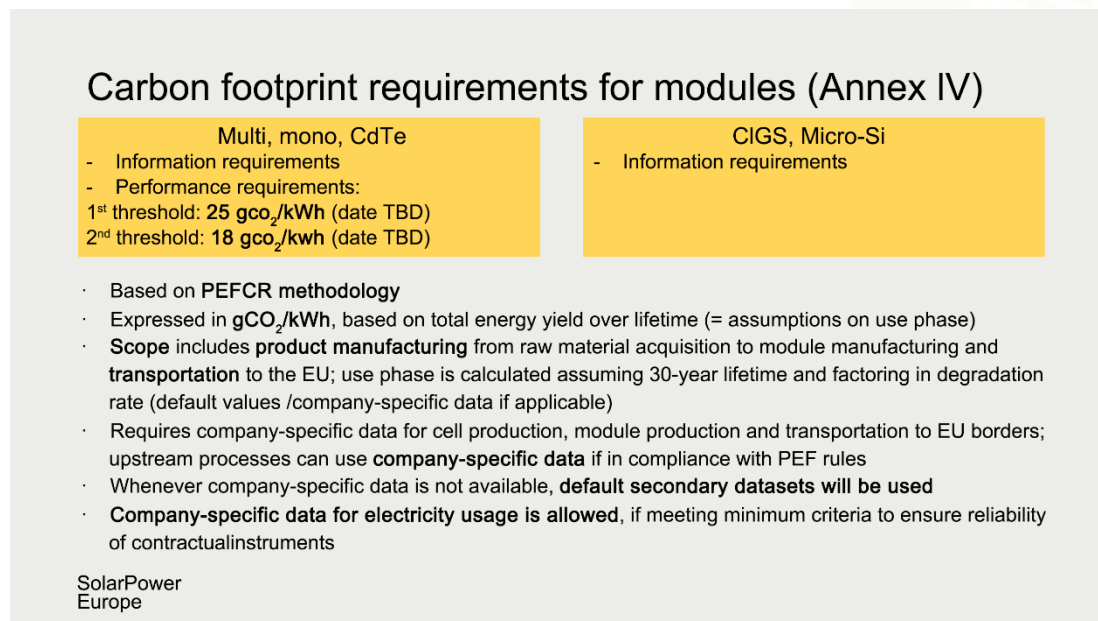


图 2-6 组件碳足迹要求

与欧盟类似的是，美国在最新的 EPEAT 认证体系 Ultra-Low Carbon Solar(EPEAT-ULCS-2023)中，也针对光伏组件产品及光伏逆变器的碳排提出要求。报告指出，最新的超低碳太阳能评估准则（New Criteria for the Assessment of Ultra-Low Carbon Solar）将会纳入 EPEAT 认证体系，并应用在光伏组件产品上，该准则包含两项光伏组件全生命周期的碳排标准，如图

2-7 所示：

标准 4.1（必须满足）：光伏组件的低碳排放≤630 kg CO₂e/kWp

标准 4.2（选择满足）：光伏组件的超低碳排放≤400 kg CO₂e/kWp

所有纳入 EPEAT 认证体系光伏组件产品（包括之前已经纳入的光伏组件）必须要在 2023 年 9 月 30 日前满足以上碳排的最低要求。

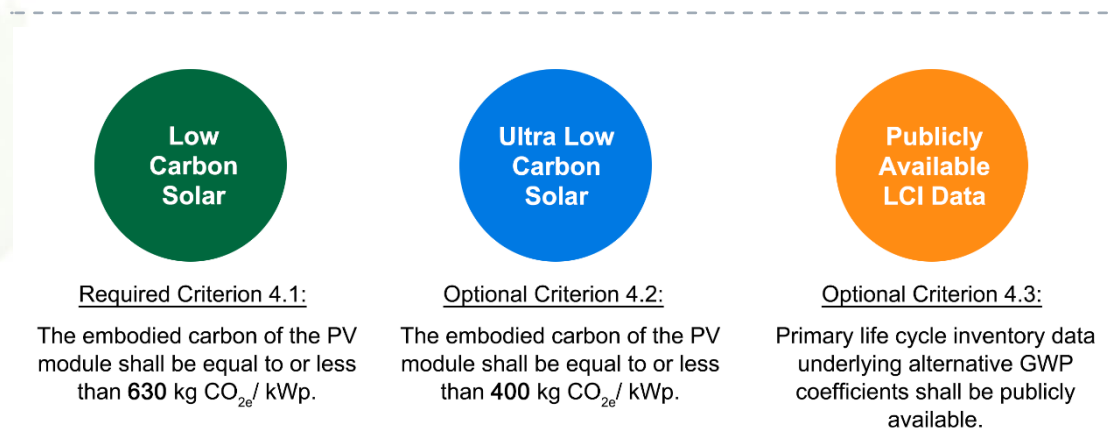


图 2-7 超低碳排放标准

2.2 欧盟绿色认证体系

为了提高产品的绿色属性，引导市场选择更加低碳、更高能效的产品，欧盟相继推出生态设计指令（Ecodesign Directive）、能源标签法规（Energy Labeling Regulation）、绿色公共采购标准（Green Public Procurement, GPP）及欧盟生态标签条例（EU Ecolabeling Regulation）等产品绿色规范，构建起了较为完善的绿色体系，如图 2-8 所示。其中，生态设计和能源标签是欧盟推出的强制性规范，对产品的绿色及可持续性要求较为基础，相关产品必须满足以上规范的要求才可以进入欧盟市场。而欧盟生态标签虽然是一项自愿的环境绩效认证

和标签方法，但却对企业产品的可持续性提出了更高、更严格的要求。

生态设计也称生命周期设计或绿色设计，是以资源节约和环境保护为宗旨的设计理念，要求在产品研发设计阶段充分考虑材料、生产、销售、消费、处理等各个环节可能对环境造成的影响，将污染防治和处理从消费终端前移至产品的开发设计阶段，减少资源的消耗和使用，提高资源循环利用效率，减少污染排放，从源头上实现节能减排。除了在源头设计强调在全生命周期内减少环境污染、降低能源及资源消耗，生态设计还要求保证产品的质量、使用寿命等可靠性要求，并兼顾产品经济性。

EU product policy instruments

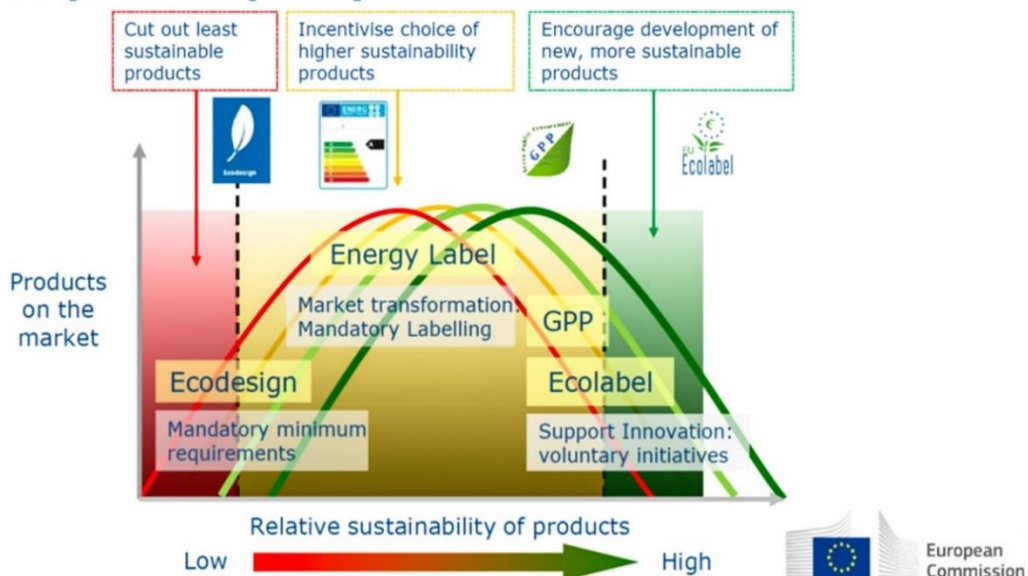


图 2-8 欧盟产品绿色规范体系

2.2.1 欧盟生态设计指令

2005 年 7 月 6 日，欧洲议会和理事会发布《建立用能产品生态设计要求框架类指令》2005/32/EC (a framework for the setting of ecodesign requirements for Energy-Using Products)，该指令又称“EUP (Energy-Using Products) 指令”。是继 WEEE (报废电子电气设备指令)、RoHS (关于限制在电子电气设备中使用某些有害成分的指令) 指令之后，欧盟另一项主要针对环境影响的技术性指令。

该指令首次将生命周期理念引入产品设计环节中，并给出产品一般性生态设计要求和特定生态设计要求的方法。其中，一般性生态设计旨在从源头入手，在产品的原材料的选择和使用、产品设计、制造、包装、运输和配送、使用、维护、回收、后期处理这一

周期内，从以下几个方面评估环境影响：

- 材料、能源和如淡水这样的其它资源的消耗（总输入）；
- 向空气、水和土壤的排放水平（有害化输出 1）；
- 如噪声、辐射和电磁场这种物理效应造成的污染（有害化输出 2）；
- 产生的废料（有害化输出 3）；
- 原料和/或能量的回收、循环使用和更新的可能性（无害化输出）。

特定的生态设计要求旨在改善产品的一个特定的环境影响。它们的形式可以是要求减少某一特定资源的消耗，例如在使用阶段对水的消耗量的限制，或在产品中加入的特定材料的数量的限制，或对回收材料的最低数量的要求等等。不同的产品会根据框架指令的要求，制定具体的实施细则

(Implementation measures)，部分已经颁布实施的产品实施细则如图 2-9 所示。实施细则对产品的生态设计提

出一般和特殊两类要求，产品只有同时满足了一般性要求及特殊性要求之后，才能被认为符合了 EUP 指令³。

- 1.家用办公用电子电气设备待机功耗生态设计要求 (No 1275/2008)
- 2.简单生态设计要求 (No 107/2009)
- 3.非定向家用灯生态设计要求 (No 244/2009)
- 4.不带集成式镇流器荧光灯、高强度气体放电灯及其镇流器和灯具生态设计要求 (No 245/2009)
- 5.外部电源生态设计要求 (No 278/2009)
- 6.电动机生态设计要求 (No 640/2009)
- 7.独立无轴封循环器生态设计要求 (No 641/2009)
- 8.电视机生态设计要求 (No 642/2009)

图 2-9 部分已经颁布实施的产品实施细则

2009 年 10 月，欧洲议会和欧盟理事会颁布了第 2009/125/EC 号《为规定能源相关产品的生态设计要求建立框架》指令，简称 ERP (Energy-Related Products) 指令。ERP 指令代替了欧洲议会和欧盟理事会于 2005 年颁布的第 2005/32/EC 号指令。新的 ERP 指令正文由 26 个条款和 10 个附件组成，对前期的 EUP 指令总结后提出更为详尽、完备的生态设计要求。值得一提的是，在原 EUP 指令基础上，

ERP 指令将范围从原来的用能产品，扩展到所有与能源相关的产品，确保所有重要的与能源相关产品的生态设计要求在法律层面上实现一致。同时，该指令还对哪些产品适用给定了更加具体的参考：

- 每年在欧洲超过 200,000 单位的销售和贸易量
- 对环境有重大影响
- 针对环境影响存在巨大改进潜能

³ 中华人民共和国商务部.出口商品技术指南-欧盟生态设计指令 [EB/OL].2015.4

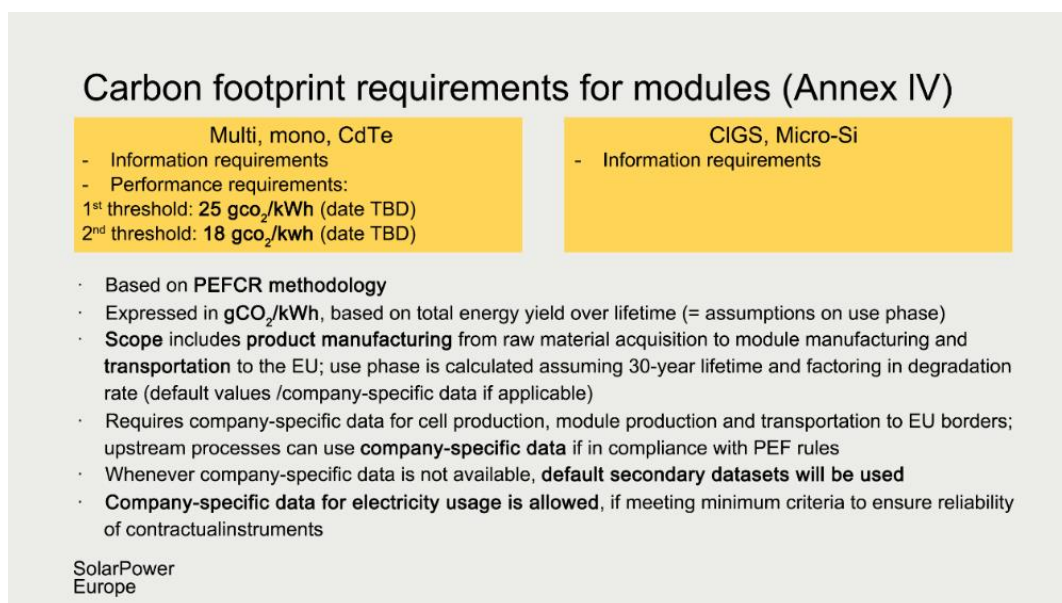


图 2-10 欧盟对光伏组件产品的碳足迹要求（来源：IEA PVPS Task12 专家报告）

在光伏产品方面，欧盟委员会于2023年3月30日发布《2022-2024年生态设计和能源标签工作计划》。该计划称，将完成针对光伏组件、逆变器和系统的生态设计和能效标签措施，包括可能的碳足迹要求。

根据国际能源署 IEA PVPS TASK12 工作组的最新消息，光伏产品生态设计将从信息披露、可靠性、可修复性、可拆卸性、可回收性和碳足迹等几个方面展开。同时，如图 2-10 所示，对于在欧盟国家使用的单晶、多晶以及碲化镉光伏组件产品全生命周期（包括原材料获取到组件制造以及出口到欧洲的整个物流过程）的碳足迹提出更加具体的两个阶段要求，其中第一级要求产品全生命周期内每千瓦时的能源消耗产生的二氧化碳排放量

不高于 25 克，第二级则达到了更严格的 18 克。上述要求一旦出台，不仅仅是给欧盟本地的光伏制造企业带来限制，也给国内企业向欧盟的产品出口产生巨大影响。

在光伏组件的可回收性设计要求上，目前主要从可拆卸性和材料披露⁴两个方面提出建议。其中可拆卸性要求制造商要注明光伏产品拆卸的可能性和方法，并且要求该拆解的方法可以保证产品拆卸后的完整性和纯度。在材料披露方面，要求制造商在光伏组件或任何产品部分中，声明关键原材料和与环境相关的材料含量，以便给产品的处理方式提供参考，避免有毒有害的物质流出给环境带来不可逆转的影响。如图 2-11 所示。

⁴ Europe Commission. Discussion paper on potential Ecodesign requirements and Energy Labelling scheme(s) for photovoltaic modules, inverters and systems, 2021.4.

	光伏组件	光伏逆变器
1	可靠性设计 (EN IEC 61215:2021 系列)	可靠性设计 (EN IEC 62093:2005)
2	产品碳足迹 (欧盟光伏组件PEFCR)	最小系统效率 (Guideline for PV Storage Systems 2.0 / Effizienzleitfaden für PV Speichersysteme 2.0, 2019)
3	能效指数 EEIM (EN 61853系列)	欧洲效率 (EN 50530:2010/A1: 2013)
4	衰减率	温度影响因子 (EN 50524:2009)
5	可修复性 (二极管, 接线盒)	可修复设计
6	可回收性 (电池, 分离方法等)	数据通讯敏捷性(IEC 61724-1:2017) 网络安全要求 (50549)
7	关键物质含量 (EN 45558:2019)	关键物质含量 (EN 45558:2019)
8	包含关键信息的用户手册 (基础信息+上述信息)	包含关键信息的用户手册 (基础信息+上述信息)

图 2-11 光伏产品欧盟生态设计指令——技术要求

2.2.2 欧盟生态标签制度

欧盟生态标签 (EU Ecolabel) 制度, 是一种自愿的环境绩效认证和付费标签制度, 背后有着严格的环境标准。该制度旨在为市场提供优秀的“环保产品”, 积极推动欧盟各类企业减少产品在全生命周期内 (从设计、生产、销售、使用到回收处理) 对生态环境产生的影响, 同时引导消费者选购“绿色”产品。由于生态标签的外形像一朵绿色的小花, 所以该标签又被称为“花朵标志”或“欧洲之花”, 如图 2-12 所示。



图 2-12 欧盟生态标签标志

企业在生态标签申请通过后, 可将生态标签的标志附在自己产品的包装上, 获得生态标签的产品也常被称为“贴花产品”。

欧盟生态标签 (EU Ecolabel) 制度最早开始于 1992 年。欧共体 (现欧盟) 于 1992 年 3 月 23 日出台了欧共体生态标签奖励计划 (Community eco-label award scheme (EEC) No 880/92) 的条例, 正式将生态标签制度作为法规引入。作为框架性的条例, 它主要从一般原则、产品范围、申请要求、责任主体以及管理办法等多个方面对生态标签进行规定。在框架条例发布后, 相关部门需要根据条例附件中给定的产品全生命周期环境影响评估的指标 (包括产品的使用及可回收性等) 来制定不同产品组 (具有相似和同等用途的产品包括在同一组中) 的生态标准 (Ecological criteria)。企业在申请生态标签时, 除了需要缴纳一定的费用, 还需要通过检测满足对于产品组生态标准的要求。主管机构会与每一申请

人签订合同，规定标签的使用条款。部分获得生态标签的产品种类如表 2-5 所示。

表 2-5 部分获得生态标签的产品种类表

产品组	子产品组或产品
冲洗类化妆品	
吸水性卫生用品	
清理洗涤类	万能清洁剂和卫生清洁剂
	洗碗机的洗涤剂
	工业自动洗碗机洗涤剂
	手洗餐具洗涤剂
	洗衣洗涤剂
	工业洗衣洗涤剂
	纺织品
服装和纺织品	鞋类

2000 年，欧盟发布 1980/2000 号条例对之前的生态标签条例进行修订，新条例对产品范围提出更加详细的规定：

- 应在欧盟市场上有庞大的销售与交易量；
- 应在产品一个或多个生命周期阶段中，对自然环境存在重大影响；
- 如果消费者选择符合生态标准的该

类产品会对改善环境起到积极作用；

- 如果产品或服务贴有生态标签可以给生产商带来竞争优势；
- 销售的产品主要用于最终消费。

除此之外，在申请类别上也有所调整，允许贸易商及零售商为自己品牌的商品申请生态标签。同时在产品全生命周期环境影响评估的指标上还增加了“服务”的类别。如图 2-13 所示。

INDICATIVE ASSESSMENT MATRIX								
Life cycle of products								
Environmental aspects	Goods					Services		
	Preproduction/ raw materials	Production	Distribution (including packaging)	Use	Reuse/ recycling/ disposal	Acquisition of goods for service performance	Service performance	Waste management
Air quality								
Water quality								
Soil protection								
Waste reduction								
Energy savings								
Natural resource management								
Global warming prevention								
Ozone layer protection								
Environmental safety								
Noise								
Biodiversity								

图 2-13 产品全生命周期的评估框架

2009 年 11 月 25 日，欧盟对 1980/2000 号条例再次修订，并发布第 66/2010 号条例。更新了产品适用范围，“适用于在欧盟市场上以有偿或无偿方式提供分销、消费或使用的任何商品或服务”，药品和医疗器械除外。同时建议成立欧盟生态标签委员会（EUEB），负责对欧盟生态标签计划的执行情况进行管理。

如图 2-14 所示，在光伏产品的生态标签方面，欧盟在 2020 年制定了《2020-2024 年欧盟生态标签战略工作计划》（Strategic EU Ecolabel Work Plan 2020-2024），该文件于 2023 年 4 月份更新。未来欧盟生态标签有可能扩展到零售金融产品，当欧盟金融产品生态标签标准被采用时，将有助于促进环境可持续性投资。除此之外，光伏产品生态标签标准也正在研究中，未来标准将从原材料的使用、产品的耐用性、可修复性及可回收性等多个

方面提高光伏产品的可持续性要求。

经过十多年的发展，“生态标签”已经逐渐被欧盟消费者所认可，加贴“生态标签”商品不仅可以帮助企业获得更广泛的客户群体，同时也是产品畅销欧洲的通行证。

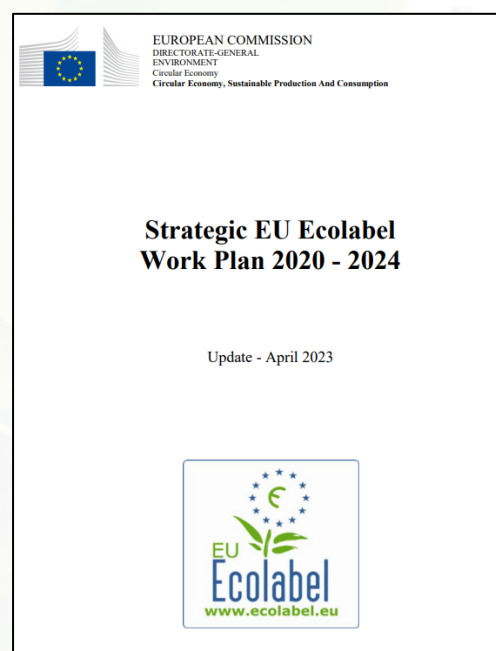


图 2-14 《2020-2024 年欧盟生态标签战略工作计划》

2.2.3 欧洲绿色新政

2022年3月30日,欧洲委员会提出了一揽子提案,旨在落实欧洲绿色新政,使得可持续循环利用产品成为欧盟的规范,促进循环商业模式并为消费者绿色转型赋能。正如此前《循环经济行动计划》中表示,欧洲委员会的新规划,促使欧盟市场上绝大部分的实物商品在其全生命周期中变得更加环境友好、更具循环性、更节能。这一揽子提案主要包括四项内容:关于出台《欧盟可持续产品生态设计法规》的提案,《欧盟可持续和循环纺织品战略》,关于修订《欧盟建筑产品法规》的提案和关于实现绿色转型赋能消费者的新规则提案。



图 2-15 《可持续产品生态设计法规》提案

这些提案共同组成了欧洲可持续

产品倡议,主要从两个方面扩展了现有的生态设计框架:第一,覆盖尽可能广泛的产品范围;第二,拓宽产品的合规要求范围,不仅要为产品能效设定标准,还要为产品循环性设定标准,减少产品整体的环境和气候足迹,这将带来更多的能源和资源独立性,减少污染。

值得一提的是,欧盟委员会的一揽子提案中,如图 2-15 所示,《可持续产品生态设计法规》的提案着重解决产品设计问题,对产品高达 80% 的生命周期的环境影响起着决定作用。提案提出了新的要求,产品需更耐用、更可靠、更加可重复使用、更可升级、更可修复、更易于维护、翻新和回收,以及可以好地节省能源和资源。

为配合关于出台《欧盟可持续产品生态设计法规》的提案,欧盟委员会也通过了《2022-2024 年生态设计和能效标识工作计划》,以涵盖新能源相关产品,作为新法规生效前的过渡措施。该计划特别着眼于增长最快的废弃物物质流——消费电子(智能手机、平板电脑、太阳能电池板等)。

目前,光伏产品还未有能源标签的相关细则正式发布,不过相关工作已在稳步推进。2016 年,欧盟开始对光伏组件和光伏逆变器纳入生态设计和能效标签指令进行调研,2022 年 6 月,欧盟召开会议,对光伏产品生态设计和能效标签指令草稿进行多方研讨,相关指令细则 2023 年二季度发布。

2023 年 3 月 14 日-16 日,国际能

源署 IEA PVPS TASK12 春季会议在法国巴黎召开。会上, 欧盟相关专家介绍介绍了光伏组件在欧盟能源标签(Energy Label) 方面的进展。光伏组件能源标签格式如图 2-16 所示。据专家介绍, 光伏组件欧盟能效标签将由 9 个部分组成, 包括供应商信息、3 种典型气候条件下的能效等级(单位: kWh/m²)

及指数、衰减率、组件面积和功率等内容。目前该标准对于光伏建筑一体化产品、消费类产品、钙钛矿组件、总产量低于 500MW 的新技术产品暂不适用。未来, 该指令的发布或将给国内光伏组件在欧洲市场的销售带来新的挑战。

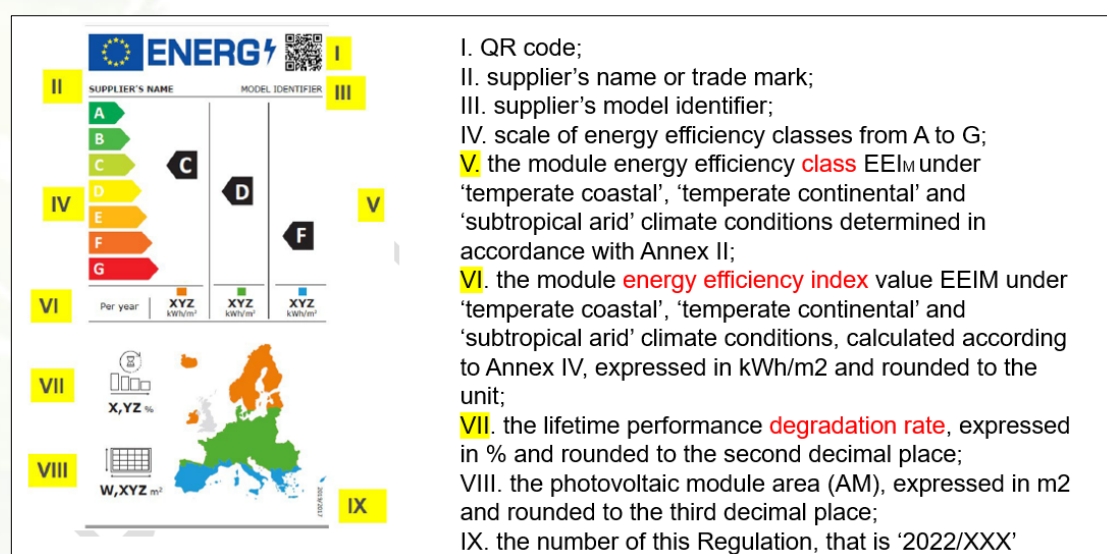


图 2-16 光伏组件能源标签格式

2.2.4 欧盟新电池法规

欧盟电池法规(EU 2023/1542)已于 2024 年 2 月 18 日起强制实施, 电池法规的管控要求涉及电池的生产、再利用、回收的全生命周期。

2024 年 8 月 18 日起, 多项新要求生效, 包括有害物质、标签标识、性能耐久性、电池管理系统要求、固定式电池储能系统的安全性、合格评定、符合性声明、CE 标志、经营者义务等要求,

涉及所有电池类型。电池全产业链的相关企业需要特别关注电池法规的管控动态, 确保产品出口欧盟时的合规性。

有害物质要求新电池法规中要求各类电池不仅要满足重金属限制要求, 还需关注 REACH 法规附录 XVII 和欧盟 ELV 指令规定的有害物质要求。如表 2-6 所示。

表 2-6 有害物质要求

管控要求	便携式电池		SLI 电池		LMT 电池	EV 电池	工业电 池
	除便携式锌-空气纽扣电 池外的便携 式电池	便携式锌-空气纽扣电 池	车用 SLI 电 池	非车用 SLI 电 池			
重金属（基 于电池）	Hg≤5 ppm		Hg≤5 ppm				
	Cd≤20 ppm						
	Pb≤100 ppm(2024. 8. 18 起适用)	Pb≤100 ppm(2024. 8 . 18 起适用)					
REACH 附录 XVII（基于 材料）	适用于所有电池						
ELV 指令（基于材 料）	/	/	Cd≤100ppm	/	/	Cd≤100 ppm	/
			Pb/Hg/Cr(VI) ≤1000 ppm			Pb/Hg/Cr(VI) ≤1000 ppm	

电池管理系统 2024 年 8 月 18 日起，固定式电池储能系统、LMT 和 EV 电池制造商在满足上述标签标识要求之外，还需在电池管理系统中提供电 池健康状况和预期使用寿命参数。符 合性声明及 CE 标志 2024 年 8 月 18 日 起，所有固定式储能系统、LMT 电池

和电动汽车电池都必须装备电池管理 系统，该系统能够存储和提供电池健 康状况及预期使用寿命的关键数据。 制造商需按法规条例的要求起草欧盟 符合性声明(DoC)并在产品上张贴 CE 标志。如图 2-17 所示。

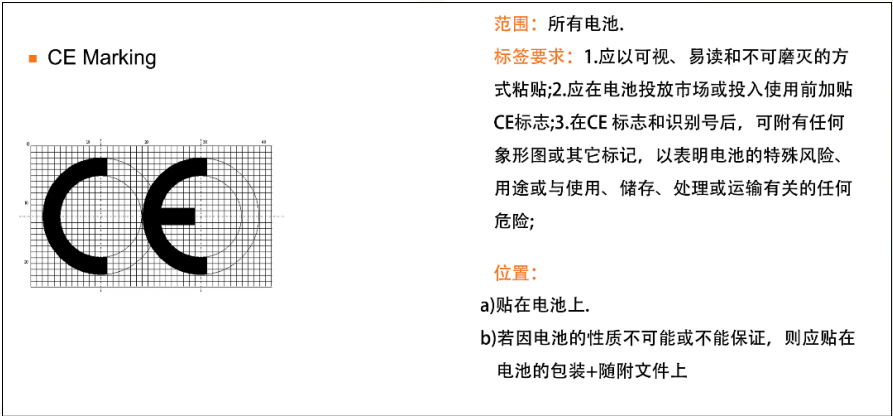


图 2-17 CE 标志

进口商标签要求根据法规第 41 条,进口商应当在电池上注明其名称、注册商号或者注册商标、邮寄地址、联系点,如有,应当注明网址和电子邮件地址。如果无法做到这一点,则应在包装上或电池随附的文档中提供所需的信息。联系方式应采用最终用户易于理解的语言,由将在市场上提供电池的成员国确定,并且应清晰易懂。

制造商标签要求,根据法规第 38 条,制造商应确保电池附有清晰、易懂、易读的说明和安全信息,且使用最终用户可以轻松理解的一种或多种语言,具体语言由电池投放市场或投入使用的成员国决定。

法规适用范围:欧盟使用的所有类别(除军事、航天、核能等特种用途外)(主要有五类)的电池,包括从非欧盟国家进口到欧盟的电池:便携式电池;启动、照明、点火电池(SLI 电池);电动汽车电池;轻型交通工具电池(LMT 电池);工业电池。

具体要求如下:

有害物质。规定 2027 年 12 月 31 日前,在欧洲化学品管理局的支持下,针对电池中的有害物质出具一份评估报告。目的在于控制电池中有害物质的含量。

碳足迹要求。规定电池要公布其碳足迹相关信息,应带有醒目的、清晰易读和不可磨灭的标签,以表明单个电池所对应的碳足迹性能等级。

回收要求。到 2028 年 8 月 18 日或相关授权法案生效 24 个月后(LMT

电池为 2033 年 8 月 18 日起适用),电池产品附带的技术文件应该包括电池活性材料中再生锂、镍、钴的数量信息,以及每个电池型号每年和每个制造工厂的电池中存在的和从废物中回收的铅的最低百分比份额。

耐用性要求。从 2024 年 8 月 18 日起,电动汽车电池、可充电工业电池(2KWh 以上)、LMT 电池均需要附带含有电化学性能与耐久性参数的技术文件。

可拆卸和可替换。法规实施 42 个月,要求便携式电池针对终端用户必须是可拆卸和可替换。LMT 电池明确由专业人事来拆卸和替换。而主要用于潮湿环境和一些医疗设备的电池可以不用达到该要求。

电池标签信息。法案要求所有电池上均应标有一些必需的信息以及主要可识别电池的信息(即电池标签)包括但不限于:使用寿命、充电量,单独回收要求、有害物质及安全风险告知、根据不同类型的电池,QR 二维码将提供快速查询入口以呈现足够的电池信息。新增电池关键原料超过 0.1%需标注。以及灭火剂类型。

数字电池护照。从 2027 年 2 月 18 日起,投放市场或投入使用的 LMT 电池、容量大于 2kWh 的工业电池和电动汽车电池应具有电子记录,即数字护照。数字护照对不同人员可链接到的信息不同,主要分为四个部分:可公开获取信息;仅对具有合法利益的人和委员会开放的;仅供认证机构、市场监

督当局和委员会查阅的信息；仅供具有合法利益的人访问的信息和数据。

欧盟新电池法规的推出和实施，对中国光伏产业链的上下游提出了全新的要求，也产生了新的机遇和风险。中国光伏产业已经站在全球光伏产业发展的领跑地位，光伏企业出海建厂动作活跃。如果中国想要继续保持这种竞争优势，面对新的绿色贸易壁垒，就必须认真分析新规定可能带来的影响，提前做好应对举措。引导光伏全产业链协同优化，鼓励光伏生产制造领域和回收领域核心技术的创新，进一步做好光伏产业绿色低碳发展标准制度保障，促进相关标准体系演化成为国际规则，加强国际话语权。

2.3 小结

美国认证体系及欧盟生态设计体系均已对光伏组件产品的生态设计提出具体的要求和规范，尤其是对于光伏组件产品的碳足迹，作为生态设计的硬性要求被发布，并且被强制执行。除此之外，欧盟和美国的两套体系中，均公布了光伏组件产品可回收性设计的要求，主要围绕敏感材料的使用及公示、产品的可拆卸性等要求。同时，对于光伏组件的回收渠道及回收处理方法也要求对消费者进行告知，减少随意处理带来的资源浪费和环境污染同时，提高资源的综合利用率。国内目前在碳足迹和产品的生态设计尤其是可回收性设计规范方面还有待完善，中国作为光伏制造和应用大国，未来也将是光伏产品生态制造的引领者，随着国内体系的不断完善，中国的光伏产业也将进一步实现“制造绿色”和“绿色制造”的双轮驱动发展。

3 中国光伏绿色供应链发展概述

3.1 法律

我国早在 1995 年颁布实施的《电力法》第 5 条提出国家鼓励开发利用清洁可再生能源发电。2005 年，全国人大常委会通过了《中华人民共和国可再生能源法》（简称《可再生能源法》）。自此，我国建立了以《可再生能源法》为基础的可再生能源法律政策体系，为我国可再生能源产业的快速发展提供了重要支撑。

2020 年 4 月 10 日，国家能源局发布公告，对《中华人民共和国能源法（征求意见稿）》（简称《能源法》）向全社会公开征求意见。这是该法相隔 13 年第二次公开征求意见，这与近年来的能源改革有很大关系。新版《能源法》贯彻创新、协调、绿色、开放、共享发展理念，遵循推动消费革命、供给革命、技术革命、体制革命和全方位加强国际合作的发展方向，共计 11 章 117 条，其中再次将可再生能源摆在了突出的位置：统计数据显示，“可再生能源”在该法中出现高达 24 次，涵盖能源战略和规划、能源开发与加工转换、能源供应与使用、能源市场、能源安全、科技进步等，提出了可再生能源目标制度、强制消纳保障制度和消费管理政策等具体措施，提出实行可再生能源发电优先上网和依照规划的发电保障性收购制度，国家从制定相关制度、财政、金融、价格和发电补贴等政策，大力支持可再生能源开发

利用，实施节约优先、绿色低碳的能源发展战略，构建清洁低碳、安全高效的能源体系。

3.2 政策

为了实施制造强国战略，进一步打造绿色制造先进典型，加快建设绿色制造体系，引领工业绿色发展，及贯彻落实国家《工业绿色发展规划（2016-2020 年）》和《绿色制造工程实施指南（2016-2020 年）》，国家工业和信息化部于 2016 年发布了《工业和信息化部办公厅关于开展绿色制造体系建设的通知》，并随后开始了绿色工厂、绿色设计产品、绿色园区、绿色供应链管理企业的推选评定工作。各省市自治区在各自的 2020 年的能源战略规划中都将清洁能源，节能减排，绿色产业等领域列入其发展重点，推出绿色制造发展政策，开展省级绿色企业的评选工作，并从中择优推荐申报国家级示范名单。

工信部在对十三届全国人大三次会议第 2713 号建议的答复中表示，下一步，将利用绿色制造资金专项，培育一批绿色制造供应商，带动工业固废综合利用产业快速发展。加强与国家开发银行、中国农业银行等金融机构合作，进一步落实好工业资源综合利用绿色信贷政策。积极配合有关部门研究废石资源综合利用装运费等优惠政策。预计这些政策的具体实施细则将在近期陆续推出。

据不完全统计，自 2016 年开始，已有 70 多个省市出台了地方绿色政策

和实施细则。可以查询到的省，直辖市级政府发布的最新政策文件包括：重庆发改委《关于加快建立绿色生产和消费政策体系的实施意见（征求意见稿）》；浙江省经济和信息化厅《关于加快制造业绿色发展的指导意见》；江苏省政府《关于推进绿色产业发展的意见》；安徽省经济和信息化厅《2020年支持制造强省建设若干政策实施细则》；山东省工业和信息化厅《关于开展省级绿色工厂建设工作的通知》；以及云南省即将制订的绿色制造政策措施等。

在电力能源领域，新能源已经成为我国能源发展中不可忽视的板块之一，光伏在其中又占据着重要地位。自2017年工信部公布首批绿色工厂名单以来，每年都会有光伏企业入选，且入选数量逐年上升，但与整体入选企业的数目相比，比例偏低。光伏行业是可再生能源最重要的一个组成部分，除了提供清洁能源，其本身也应该成为绿色制造的典范。国际上的一些国家和地区，特别是美国和欧盟，都已经或正在加速发展光伏行业绿色制造的标准认证，很快将成为一个新的市场准入门槛。毫无疑问，对于那些针对这些国家和地区市场的国内光伏系统供应商，尽快进行国内国际绿色认证，不仅可以获得相应的经济利益，进入绿色采购优选名列，而且在提升自身国内外市场竞争力，顺应国际技术发展趋势等各方面都具有重大的意义。

在支持和激励政策方面，各地做

法有所区别。除了国务院和工信部出台的原则性政策，具体实施细则的制定则由省级，市级，甚至区级的政府部门负责。有些地方政策只从原则上提出了对当选企业在财政，金融，税务，政府采购，专项资金和信贷等方面的支持，根据具体情况进行奖励，而有些地方则提出了更加具体的针对省级和国家级别的绿色产品，工厂，供应链和园区的不同资金奖励政策，额度从数万到数百万不等。如江苏苏州市的吴江区就出台了自己的《吴江区工业转型升级扶持政策》，通篇内容就是对八大类领域中重点企业的各项资金奖励政策和数额进行详细的描述。共同的一点是，各地都将其入选国家级绿色名录企业的数量视为一项重要的政府业绩，因此会尽其所能对这项工作给予大力支持。

为推动我国光伏产业绿色可持续发展，梳理相关政策如下：

（1）《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划纲要》

2021年3月12日发布《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划纲要》，全面推行循环经济理念，构建多层次资源高效循环利用体系。深入推进园区循环化改造，补齐和延伸产业链，推进能源资源梯级利用、废物循环利用和污染物集中处置。加强大宗固体废弃物综合利用，规范发展再制造产业。加强废旧物品回收设施规划建设，完善城市废旧物品回收分拣体系。推行生产企业“逆向回收”

等模式，建立健全线上线下融合、流向可控的资源回收体系。拓展生产者责任延伸制度覆盖范围。推进快递包装减量化、标准化、循环化。

(2) 《“十四五”生态环境监管保护规划》

2022年3月18日生态环境部印发《“十四五”生态环境监管保护规划》，以改善生态环境质量为核心，推进生态保护与污染治理协同增效。大力推进生态保护监管重点区域的一体化保护修复治理，加强生态保护修复工程实施成效监督评估，提高生态保护修复质量。贯通生态保护监管与污染防治监管，以减污降碳协同增效提升生态保护综合监管能力，加大对环境污染导致的生态破坏等问题的督促整改，提升区域整体生态环境质量。

(3) 《“十四五”循环经济发展规划》

2021年7月国家发改委印发《“十四五”循环经济发展规划》，规划指出要大力发展循环经济，推进节约集约循环利用，对保障国家资源安全，推动实现碳达峰、碳中和。

(4) 《工业领域碳达峰实施方案》

2022年7月7日，为深入贯彻落实党中央、国务院关于碳达峰碳中和决策部署，加快推进工业绿色低碳转型，切实做好工业领域碳达峰工作，工业和信息化部、国家发展改革委、生态环境部印发《工业领域碳达峰实施方案》。《方案》中提出推动产业结构优化升级，坚决遏制高耗能高排放低水

平项目盲目发展，大力发展绿色低碳产业，深度调整产业结构、深入推进节能降碳、积极推行绿色制造、大力发展循环经济。

完善绿色制造体系，深入推进清洁生产，打造绿色低碳工厂、绿色低碳工业园区、绿色低碳供应链，通过典型示范带动生产模式绿色转型，建设绿色低碳工厂、构建绿色低碳供应链、打造绿色低碳工业园区、促进中小企业绿色低碳发展、全面提升清洁生产水平。

(5) 《关于深入推进黄河流域工业绿色发展的指导意见》

2022年12月，为深入推进黄河流域工业绿色发展，提高资源能源利用效率和清洁生产水平，构建高效、可持续的黄河流域工业绿色发展新格局，工业和信息化部、国家发展改革委、住房城乡建设部、水利部发布《关于深入推进黄河流域工业绿色发展的指导意见》，提到“推动山西、四川、陕西等省、区积极落实生产者责任延伸制度，强化新能源汽车动力蓄电池溯源管理，积极推进废旧动力电池循环利用项目建设。提前布局退役光伏、风力发电装置等新兴固废综合利用。”

(6) 《关于统筹节能降碳和回收利用 加快重点领域产品设备更新改造的指导意见》

2023年2月，为加快构建废弃物循环利用体系，推动废旧产品设备物尽其用，实现生产、使用、更新、淘汰、回收利用产业链循环，推动制造业高

端化、智能化、绿色化发展，形成绿色低碳的生产方式和生活方式，国家发展改革委等部门发布《关于统筹节能降碳和回收利用 加快重点领域产品设备更新改造的指导意见》，提到“依托废旧物资循环利用体系建设重点城市、国家‘城市矿产’示范基地、资源循环利用基地，规划布局一批废旧产品设备高水平分拣中心、加工利用基地和区域交易中心，推动废旧产品设备规模化、规范化、清洁化再生利用。”

(7)《绿色低碳先进技术示范工程实施方案》

2023年8月，为加快绿色低碳先进适用技术示范应用，在落实碳达峰碳中和目标任务过程中锻造新的产业竞争优势，国家发展改革委等10部门发布了提到，“鼓励建设退役光伏组件、风机叶片、动力电池等新型废弃物高水平循环利用示范”，促进新兴固废的资源化再利用。

(8)《关于促进退役风电、光伏设备循环利用的指导意见》

2023年8月，国家发展改革委等六部委发布《关于促进退役风电、光伏设备循环利用的指导意见》，这是光伏回收行业的首份指导性意见。文件提出两个阶段的目标：到2025年，集中式光伏电站退役设备处理责任机制基本建立；到2030年，光伏设备全流程循环利用技术体系基本成熟。

(9)《关于全面推进美丽中国建设的意见》

2024年1月，中共中央国务院发

布《关于全面推进美丽中国建设的意见》（以下简称《意见》），《意见》中重点提到“加快构建废弃物循环利用体系，促进废旧风机叶片、光伏组件、动力电池、快递包装等废弃物循环利用。推进原材料节约和资源循环利用，大力发展再制造产业。全面推进绿色矿山建设。到2035年，能源和水资源利用效率达到国际先进水平。”

(10)《固体废物分类与代码目录》

2024年1月，为推动落实《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》关于固体废物转移管理、信息公开和工业固体废物管理台账、排污许可、环境统计等要求，提升固体废物管理规范化、精细化、信息化水平，生态环境部发布了《固体废物分类与代码目录》（以下简称“《目录》”）。值得注意的是，最新一版的《目录》中，报废光伏组件（包含了生产、技改及退役过程中产生的废弃光伏组件）废物代码（900-015-S17）首次发布。

(11)《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》

2024年3月7日，国务院《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》（国发〔2024〕7号），推动能源重点领域大规模设备更新和技术改造，国家发展改革委、国家能源局组织编制并发布《能源重点领域大规模设备更新实施方案》（以下简称“《方案》”），《方案》重点围绕火电、输配电、风电、光伏、水电等领域实现设备更新和技术改造，加快构建清洁低

碳安全高效的能源体系，培育和发展新质生产力。

(12)《中国的能源转型》白皮书

2024年8月29日，国务院新闻办公室发布《中国的能源转型》白皮书，推动光伏、风电跃升发展。中国风能、太阳能资源丰富，风电、光伏发电成为清洁能源的主力军。有序推进大型风电光伏基地建设，以库布其、乌兰布和、腾格里、巴丹吉林沙漠为重点，规划建设4.5亿千瓦大型风电光伏基地项目。推进海上风电规模化集群化发展，累计装机规模达3728万千瓦。积极推进分布式新能源发展，开展“千乡万村驭风行动”“千家万户沐光行动”，推广农光互补、渔光互补、牧光互补等“光伏+农业”新模式，打开了农村新能源发展的广阔空间。

3.3 标准

2017年5月工业和信息化部发布了《工业节能与绿色标准行动计划（2017-2019年）》，提出加快制定一批工业节能与绿色发展标准，并加快制定绿色工厂、绿色园区、绿色产品、绿色供应链标准。

近年来，随着光伏产业的不断壮大，光伏领域也启动了“绿色”标准及规范的编制，2020年是光伏行业“绿色”标准发展元年，在中国光伏行业协会标准委员会（CPIA标准委员会）、中国材料与试验团体标准委员会（CSTM标准委员会）、中国质量认证中心（CQC）等团体机构和光伏龙头企业、科研院所共同努力下，《光伏硅片制造业绿色工厂评价要求》于2020年3月10日作为第一项光伏行业“绿色”标准正式发布，开启了光伏标准的“绿色”之路。绿色光伏现行标准统计如表3-1：

表 3-1 光伏绿色标准列表

序号	标准名称	标准号	标准级别	备注
1	《玻璃和铸石单位产品能源消耗限额》	GB 21340-2019	强制性国家标准	现行
2	《多晶硅和锗单位产品能源消耗限额》	GB 29447-2022	强制性国家标准	现行
3	《工业硅和镁单位产品能源消耗限额》	GB 21347-2023	强制性国家标准	现行
4	《晶体硅光伏组件回收处理方法物理法》	GB/T 43752-2024	国家标准	现行
5	《光伏产品全生命周期评价技术规范》	2023-0642T-SJ	行业标准	制定中

序号	标准名称	标准号	标准级别	备注
6	《绿色设计产品评价技术规范光伏硅片》	T/CESA1074-2020、 T/CPIA0021-2020	行业标准	现行
7	《光伏硅片制造业绿色工厂评价要求》	T/CPIA0022-2020	行业标准	现行
8	《多晶硅制造业绿色工厂评价要求》	2019002-CPIA	行业标准	现行
9	《绿色设计产品评价技术规范光伏电池》	2019001-CPIA	行业标准	现行
10	《绿色设计产品评价技术规范光伏组件》	20180013-CPIA	行业标准	现行
11	《光伏企业绿色供应链管理规范》	2019005-CPIA	行业标准	现行
12	《光伏电池制造业绿色工厂评价要求》	2019003-CPIA	行业标准	现行
13	《光伏组件制造业绿色工厂评价要求》	2019004-CPIA	行业标准	现行
14	《光伏逆变器绿色工厂评价要求》	CSTM LX 0322 00501-2020	行业标准	现行
15	《绿色设计产品评价技术规范光伏逆变器》	CSTM LX 0322 00500-2020	行业标准	现行
16	《光伏组件绿色等级认证技术规范》	CQC5306-2020	行业标准	现行
17	《光伏逆变器绿色等级认证技术规范》	CQC5037-2020	行业标准	现行
18	《光伏组件绿色等级认证规则》	CQC53-471547-2020	行业标准	现行
19	《光伏逆变器绿色等级认证规则》	CQC53-461284-2020	行业标准	现行
20	《绿色建材认证实施规则光伏组件/构件》	CTC-TVe-0P15	行业标准	现行
21	《绿色建材认证实施规则光伏系统》	CTC-TVe-0P16	行业标准	现行

序号	标准名称	标准号	标准级别	备注
22	《光伏组件/光伏逆变器 EPEAT 生态绿色标签认证实 施规则》	CTC-TVe-OP17	行业标准	现行
23	《晶体硅光伏组件回收再 利用光伏组件处理方法研 磨法》	2023-1065T-SJ	行业标准	制定中
24	《晶硅光伏组件回收包 装、运输、贮存技术规 范》	2023-1062T-SJ	行业标准	制定中
25	《废旧光伏组件回收利用 企业技术要求》	2023-1063T-SJ	行业标准	制定中
26	《低碳产品评价技术规范 光伏组件》	2021-1812T- SJ	行业标准	制定中
27	《产品碳足迹产品种类规 则光伏组件》	2021-1808T- SJ	行业标准	制定中
28	《光伏发电碳资产管理导 则》	2021-1816T- SJ	行业标准	制定中

3.4 光伏绿色制造实施情况

为贯彻落实《绿色制造工程实施指南（2016-2020 年）》（以下简称“指南”），以绿色供应标准和生产者责任延伸制度为支撑，加快建立以资源节约、环境友好为导向的采购、生产、营销、回收及物流体系，完善采购、供应商、物流等绿色供应链规范，开展绿色供应链管理试点。工业和信息化部已经完成了八批绿色制造体系建设示范

名单的征集工作，其中绿色供应链为重点支持方向。通过发掘一批典型企业，树立行业标杆，对带动全行业打造绿色供应链起到积极促进作用，推动绿色供应链管理相关政策标准建设。

《指南》提出了绿色制造标准体系构建模型，各子体系相辅相成，构建了绿色制造标准体系，其中，绿色供应链是贯穿产品、工厂、企业、园区的重要链条，如图 3-1 所示。

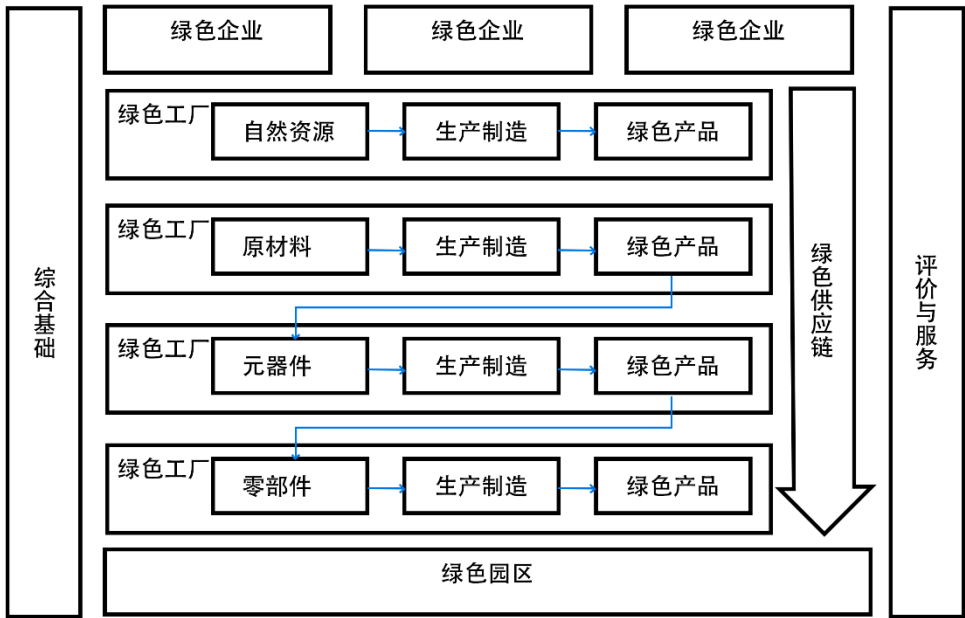


图 3-1 绿色制造标准体系构建模型

《指南》对绿色制造标准体系框架作出了规定，具体包括综合基础、绿色产品、绿色工厂、绿色企业、绿色园区、绿色供应链和绿色评价与服务七个子体系，提出要加快绿色供应链等重点领域标准制修订，主要包括绿色供应链构建、绿色采购、绿色营销、绿色物流及仓储、回收及综合利用等方

面的标准，为系统推进绿色制造标准化工作奠定了基础。

在前八批绿色制造申报工作中，共有 623 家企业进入绿色供应链管理示范企业名单，其中 2023 年第八批绿色制造名单中绿色供应链共 205 家，行业影响力大、经营实力雄厚、产业链完整、绿色供应链管理基础好、在产业

链发挥主导作用的链主企业。

光伏企业开展绿色制造申报工作呈现出以下特点，光伏企业在申报绿色供应链的企业中占比较小，前八批申报企业中光伏企业申报总数为二十余家，占比低于 4%，光伏企业绿色制造发展空间巨大。

在绿色制造名单中，内蒙古中环光伏材料有限公司、包头晶澳太阳能科技有限公司、上海晶澳太阳能科技有限公司、咸宁南玻光电玻璃有限公司、咸宁南玻节能玻璃有限公司、四川永祥新能源有限公司、保山隆基硅材料有限公司、宁波锦浪新能源科技股份有限公司等入选绿色工厂。

扬州荣德新能源科技有限公司和镇江仁德新能源科技有限公司的太阳能级高效多晶硅片，隆基绿能科技股份有限公司的单晶硅片；内蒙古鄂尔多斯多晶硅业有限公司、亚洲硅业、新特能源的多晶硅入选绿色设计产品。

江苏固德威电源科技股份有限公司、海宁正泰新能源科技有限公司、通威太阳能（成都）有限公司、隆基绿能科技股份有限公司、一道新能源科技（泰州）有限公司等入选绿色供应链管理企业。

2023 年 3 月 23 日《工业和信息化部办公厅关于公布 2022 年度绿色制造名单的通知》中提出了绿色制造名单动态调整，要求加强绿色制造企业的跟踪指导和动态管理，对于绿色制造水平关键指标不符合绿色制造评价要求的，经综合评估后对绿色制造名单

进行调整。对于发生重大安全、质量、环境污染等事故的，将从名单中予以除名。

为进一步完善绿色制造和服务体系，加强绿色工厂梯度培育和动态管理，引导绿色工厂持续对标提升，引领制造业绿色化发展水平不断提高。2024 年 1 月 19 日，工业和信息化部发布《绿色工厂梯度培育及管理暂行办法》中提出推广反映绿色工厂绿色发展水平的“企业绿码”，对绿色工厂绿色化水平进行量化分级评价和赋码，直观反映企业在所有绿色工厂中的位置以及所属行业中的位置。国家层面绿色工厂分为 A+、A、B 三级，比例分别为 5%、35%和 60%。目前“企业绿码”仅面向已获批的国家层面绿色工厂，且按要求实施动态管理。企业绿码示例如图 3-2 所示。



图 3-2 企业绿码示例

3.5 光伏绿色供应链专业机构

经过二十多年的发展，在持续不断地技术创新、产业进步和规模扩大的情况下，光伏行业已经发展成“国家名片”产业，成为全球产业制造和市场应用的双料冠军，在发电效率、制造成本和市场规模三个方面，都已成为了世界领跑者。为了让绿色能源更加绿色，绿色制造以及绿色供应链在光伏领域也得到了越来越普遍的重视，并率先在光伏国际市场形成了新的风向标，甚至有可能成为中国光伏走向全球市场的壁垒。中国光伏产业积极践行工信部“绿色制造体系”战略，在工信部领导的指导下，成立中国绿色供应链联盟光伏专委会，整合资源，凝聚力量，全方位开展光伏绿色供应链的专业服务和具体工作。

习近平主席在第75届联合国大会上提出中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。这个目标对于国内疫情后加速绿色转型和长期低碳战略的实施将发挥重要指引作用。“十四五”是可再生能源转型关键期，太阳能光伏发电作为可再生能源发电的主力军，有专家建议“十四五”期间的光伏装机容量新增规模不低于3亿千瓦，因此，在未来能源结构绿色转型中，光伏发电必将从补充能源逐渐走向替代能源甚至是主导能源。

中国绿色供应链联盟光伏专委会

在2020年1月8日于北京正式成立，致力于围绕“光伏绿色供应链”为宗旨，在光伏产业的物料供应、生产制造、应用推广、报废处理的全生命周期内，打造我国光伏绿色技术和应用的合作交流平台。重点在光伏领域技术创新、标准化研究、绿色评定与认证、绿色回收与应用、国际交流与合作等方面，作为政府、产业界、学术界之间的桥梁和纽带，开展技术创新服务、政策研究建议、标准规范制定、市场商务对接、人才能力建设、国际合作交流、科普公益等活动。

3.6 光伏绿色供应链实践成效

自中国绿色供应链联盟光伏专委会成立起，伴随光伏行业绿色发展，ECOPV在以下方面推动了相关进展如下：

（一）队伍不断壮大，职能更加全面

队伍进一步壮大，已形成152家光伏会员企业(含11家副理事长单位、14家理事单位以及127家会员单位)、18名顾问组成的专家委员会、12名工作班子(含1名主任、7名副主任、1名秘书长、3名副秘书长)、3地秘书处(北京、嘉兴和广州)的建制，涵盖了光伏材料、光伏硅片、光伏电池、光伏组件、光伏系统构件、光伏科研院所、光伏评定认证机构等全产业链的龙头企业。随着会员单位的不断壮大，我专委会职能也在不断增加，联盟内部协作互动，积极开展绿色供应链管理和技术

创新、标准化研究、绿色评定与认证，绿色回收与应用、促进国际交流与合作，全方位推动绿色供应链的相关工作。

在中国绿色供应链联盟支持下，由中国绿色供应链联盟光伏专委会（ECOPV）联合相关企业、高校、科研院所、金融机构及行业协会等单位，按照平等、自愿的原则，发起并成立了全国性、综合性、服务性、非盈利性合作组织 ECOPV 光伏回收产业发展合作中心（以下简称“光伏回收中心”）。光伏回收中心聚焦光伏回收产业，凝聚力量，整合资源、协作互动，积极开展光伏回收技术创新和评价、光伏回收关键装备研制和示范、光伏回收标准体系制定和推广、光伏回收政策法规研究和建议、促进国际交流与合作，探索光伏回收市场的投融资模式，全方位推动光伏回收的相关工作。

（二）线上线下活动丰富多彩

为促进光伏绿色制造高质量发展，光伏专委会设置了多项线上线下的品

牌栏目，包括中国光伏绿色供应链大会、光伏回收中心年会、“瞰说”微讲堂、“瞰馆”直播间等。

1、中国光伏绿色供应链大会

自 2022 年 8 月起，连续三年成功在嘉兴秀洲举办三届中国光伏绿色供应链大会，连续三届大会参会人数超过 1500 人。第三届中国光伏绿色供应链大会主会场如图 3-3 所示。作为专业的光伏绿色供应链大会，“中国光伏绿色供应链大会”得到了行业内的极大关注和行业同人鼎力支持。大会分为主会场和分论坛，就国内外光伏绿色新政、新型电池及产业链新趋势、“光伏+”全领域低碳转型 xIPV 应用模式、光伏出海指南等，探讨破局产业内卷之策。大会不仅吸引了诸多行业同仁到场参会，线上直播和回放点击率超万次，大会还吸引了二十余家媒体报道超百次，视频及新闻点击播放量累计五万余次，关注度和讨论度逐年创新高。



图 3-3 第三届中国光伏绿色供应链大会主会场

在第三届中国光伏绿色供应链大会期间，举办了 2024 金砖国家工业创新大赛能源电子赛道选拔赛，金砖国家工业创新大赛是落实金砖国家新工业革命伙伴关系的重要品牌活动。今年大赛首次设置“能源电子—光伏+新型储能”赛道，旨在遴选适用于金砖国家能源转型的创新产品、应用及解决方案，交流创新观点和标准，进一步凝聚金砖国家共同发展新能源产业的共识。选拔赛在巴西与中国两大赛区先

后启动，重点围绕太阳能光伏、新型储能产品、重点终端应用、关键信息技术等主要领域开展项目征集，共计 300 多家企业、高校、科研院所及个人联系参赛。经过创新技术类、创新产品类及创新应用类三个方向的形式审查、初审、专家遴选、现场答辩，最终产生 35 个优秀项目入围 2024 金砖国家工业创新大赛总决赛。2024 金砖国家工业创新大赛能源电子赛道选拔赛现场如图 3-4 所示。



图 3-4 2024 金砖国家工业创新大赛能源电子赛道选拔赛

2、光伏回收产业发展合作中心

光伏回收中心设立专项研究项目、发布白皮书、专题研究报告。

“光伏回收产业发展合作中心”（以下简称“光伏回收中心”）是在中国绿色供应链联盟支持下，由中国绿色供应链联盟光伏专委会联合相关企业和院校，按照平等、自愿的原则，发

起并成立的全国性、综合性、服务性、非盈利性合作组织。光伏回收中心于 2022 年 2 月收到中国绿色供应链联盟成立批函，2022 年 4 月正式成立，至今已发展 87 家会员单位。光伏回收产业发展合作中心成立仪式如图 3-5 所示。



图 3-5 光伏回收产业发展合作中心成立仪式

(1) 编制国内第一本《中国光伏回收和循环利用白皮书》

光伏回收中心于每年年初举办光伏回收产业发展合作中心年会，于2022年初发布了国内首本《中国光伏回收和循环利用白皮书》（以下简称“白皮书”），《白皮书》已连续两年发布。《白皮书》由中国绿色供应链联盟光伏专委会光伏回收产业发展合作中心携手业内企业和专家，联合推出的国内首本光伏回收与循环利用的年度行业白皮书。《白皮书》全面介绍了光伏产品回收和循环利用行业特点、国际动态、市场预测、技术趋势、产业状况、标准认证、最新政策、项目发布、重点企业、菁英人物等内容，与《德国光伏回收和循环利用白皮书》成为国际姊妹篇，白皮书将成为政府主管部门、科研院所、行业协会、企业等了解光伏回收和循环利用的工具书。

(2) 实施六个重点研究项目

光伏回收中心持续围绕行业共性、基础性以及紧急性问题开展项目研究，

已开展了其中项目一：“光伏组件回收市场预测及数字化体系与平台创建”、项目二：“光伏回收企业标准规范调研及建议报告”、项目三：“光伏组件全生命周期碳足迹和 LCA 分析”、项目四“退役光伏组件回收和循环化利用的技术经济性分析”、项目五“Ecodesign 技术分析与 DfR 光伏组件指南建议”、项目六“退役光伏组件循环利用市场分析及技术示范”。

(3) 建成中国首个光伏老组件和回收展厅

中国首个“光伏最美老组件特展”于2022年8月在浙江嘉兴秀洲光伏科技馆内完成建设并于“2022 中国光伏绿色供应链大会”会议期间首次向公众开放，此批展品捐自于中国绿色供应链联盟光伏专委会，在2015年6月起开始的公益科研活动——“寻找中国最美光伏老组件”行动中，寻访中国七大气候资源区近15万公里，并收集了当地实际发电运行20年以上的光伏老组件。除了用以研究在不同资源和

气候环境下光伏组件的电性能和材料性能的稳定性、长效性和耐候性,探索组件老化和效率衰减的失效机理以外,作为珍贵藏品,以此展示光伏制造历史,以及不同地区和年代的太阳能光伏应用,那些在生产、生活里的一个个生动、感人的故事。光伏老组件展厅如图 3-6 所示。



图 3-6 光伏老组件展厅

(4)开展“光伏回收和循环利用”优秀集体和菁英人物行业评奖

中国绿色供应链联盟光伏专委会光伏回收产业发展合作中心“光伏回收和循环利用”优秀集体和菁英人物评选活动收到行业关注。如图 3-7 所示。



图 3-7 “光伏回收和循环利用”优秀集体和菁英人物行业颁奖

(5) 参与全国政协关于“加快新能源产业再生资源回收利用体系”调研和双周协商会议汇报

2023 年,《关于推动光伏组件回收和循环利用的提案》被列为全国政协重点提案(大会提案共计 5399 件,立案率 80%,重点提案 60 件), 备受国家生态环境部关注。从 2023 年 4 月至 10 月,我光伏回收中心参与了全国政协人口资源环境委员会牵头的一系列调查研究和协商汇报。

11 月 10 日,十四届全国政协第十二次双周协商座谈会在北京召开,会议围绕“加快建立新能源产业再生资源回收利用体系”展开。我光伏回收中心秘书长吕芳受邀参加本次座谈会并作专家发言和建议,如图 3-8 所示。



图 3-8 十四届全国政协第十二次双周协商座谈会

3、“瞰说微讲堂”

“瞰说微讲堂”以“让技术归于技术”为主题,已举办 3 期线上研讨会,邀请国内光伏行业一流的专家学者分享了技术开发和研究成果,以及产业化实施的进展,包括:第 1 期“创建绿色工厂,助力绿色制造”、第 2 期“绿

色建材的发展现状与展望”、第 3 期“绿色贸易壁垒与碳足迹”。

（三）国际合作再现新局面

光伏专委会秘书长吕芳作为国际能源署 IEA PVPS 副主席、IEA PVPS TASK1/TASK12(环境、回收和安全)工作组的中方代表，定期参加光伏组件绿色评定、绿色设计等会议并利用专委会公众号向行业宣传；肖鹏军副主任作为 PVQAT 工作组 TG15 的委员，多次参加光伏组件绿色环保回收交流会。

同时我们初步成立了欧洲办事处 ECOPV-EU、澳洲办事处 ECOPV-AU，

及时了解国际绿色产业、回收处理等动向，形成国内和国际绿色产业的良好互动。

3.7 小结

经过多年光伏绿色供应链实践，在政策、标准、绿色示范、企业绿色制造实践等方面，初步形成了“政府引导、第三方推动、企业参与”的绿色供应链管理“中国模式”。政策实践日益成熟，相关标准不断完善，多方主体共同推进，企业热情显著提高，提升我国光伏产业链供应链稳定性和竞争力，促进光伏产业发展新质生产力。

4 中国光伏绿色供应链企业实践

4.1 隆基绿能科技股份有限公司

隆基绿能科技股份有限公司秉承“善用太阳光芒，创造绿能世界”的使命，是中国首家同时加入科学碳目标 SBTi 和 RE100、EP100、EV100 的中国企业，并且 2023 年成为首家通过 SBTi 审核的光伏企业，在国家提出“双碳”目标以来，积极践行绿色低碳与可持续发展，将可持续发展和 ESG 理念全面融入供应链管理，驱动责任供应链的理念向纵深发展，打造绿色低碳、协同创新、可持续发展的供应链生态体系，引领了光伏行业绿色发展。

（1）行业倡议，共建绿色供应链减碳倡议

2021 年，隆基绿能作为光伏行业首家企业，联合 150 家供应商发起《隆基绿色供应链减碳倡议书》，呼吁供应链伙伴行动起来实现气候承诺。包括在生产经营场所优先推广使用可再生能源，推广使用光伏+电动充电桩；加强绿色采购，不断减少供应链上的碳足迹；主动公开自身及供应链相关企业的碳排放信息；组织更多的上下游企业和同行加入此行动，并主动分享经验做法等。隆基绿色供应链减碳倡议书发布仪式现场如图 4-1 所示。



图 4-1 隆基绿色供应链减碳倡议书发布

（2）赋能支持，实施“供应链绿色伙伴赋能计划”

在倡议的基础上，2022 年隆基向供应链合作伙伴发起了“绿色伙伴赋能计划”，旨在通过碳管理赋能培训、减碳排目标和路径规划、建立项目监测评估体系等行动，提高供应链企业的碳管理意识和能力，并推动其开展节能减排行动。“绿色伙伴赋能计划”的获得 200 多家行业伙伴响应，共计超过 120 家供应商代表参与了赋能培训，并针对低碳燃料、供应链绿色减碳、环境和碳数据披露、科学碳目标设定、综合能源解决方案与实践等相关话题进行了交流学习，帮助 50 家行业伙伴开展碳盘查，10 家行业伙伴制定科学减排目标，共同打造更加绿色可持续的供应链。



图 4-2 隆基供应链绿色伙伴赋能计划

(3) 协同创新，不断完善绿色供应链管理体系

隆基坚持供应链协同创新，我们向供应商合作伙伴发出了《新材料新工艺倡议书》，建立了全方位服务通道和交流机制，定期组织公司研发技术团队与供应商就新技术、新材料、新工艺、新设备发展和技术路线等进行交流，提出研发需求，带动供应链协同创新。隆基在官网设立供应商门户，传达公司的供应链生态愿景、绿色采购原则，并对供应商引入流程、供应商管理SRM系统操作等进行指南。对大宗生产材料供应商采用环境标准进行筛选，监测供应商环境信息，另外，还推动绿色供应商自评。隆基参考国家《电器电子产品有害物质限制使用管理办法》、欧盟强制性标准《关于限制在电子电器设备中使用某些有害成分的指令》，不断规范供应商的材料选择、工业标准、环境保护等多项标准，推动供应商践行气候行动和可持续发展的承诺。隆基通过与第三方独立机构IPE合作，监测供应商环境合规表现。2023年内，联合IPE从环境违规异常影响、撤除方法、持续推动撤除辅导等耐心辅导供应商成功移除不良记录的达到30家，加强了对供应商在环境影响方面的管理。

(4) 责任引领，构建可持续采购管理体系

隆基绿能成为中国光伏行业内首家通过国际认可的社会责任指南标准评估，并获得SGS通标标准技术服务

有限公司签发ISO 26000绩效评估声明的企业。2024年8月，隆基又荣获SGS通标标准技术服务有限公司颁发的ISO 20400可持续采购指南绩效评估声明，标志着公司在可持续采购管理领域取得卓越成就。为了将可持续的理念融入公司的采购战略，隆基供应链部门按照集团可持续发展与ESG规划要求，统筹设计，跨部门协同合作，提出了“公平公正、诚信守法、遵守商业道德、践行企业社会责任、提倡绿色采购、实现互利共赢”的可持续采购方针，制定了一系列可持续采购政策和行动计划，并在公司运营中高效落地，开展供应商ESG/CSR(Corporate Sustainability Reporting)审核，推进冲突矿产采购管理政策，根据《供应商行为准则》等一系列制度文件，隆基将商业道德、环境影响、劳动权益、健康与安全等可持续发展要求纳入供应商管理范畴，面向供应商开展社会责任相关培训，帮助供应商开展碳盘查和节能减排，持续践行供应链可持续发展，最终获得第三方机构的认可。

(5) 智能制造“点亮”全球光伏行业首个“灯塔工厂”

2023年12月14日，世界经济论坛(WEF)公布最新一批“灯塔工厂”名单，21位新成员加入其全球灯塔网络。隆基绿能嘉兴基地是全球光伏行业唯一入围工厂，这意味着全球光伏行业首个“灯塔工厂”诞生，隆基绿能在智能制造和数字化领域已经达到了世界领先水平，是引领全球制造业发

展趋势的“灯塔”。作为“数字化制造”和“工业 4.0”的示范者，隆基绿能嘉兴基地大规模采用工业互联网、大数据、人工智能、数字孪生等新技术，开发实施了 30 多项数字化用例推动智能制造。

隆基将新一代信息技术融合到先进的光伏制造技术创新中，成为制造业高质量发展发展的典型，是制造业转型升级探索新路径的先行者，也将助力光伏行业供应链从“制造”向“智造”加速跃迁”实现目标。

隆基绿能始终坚持践行可持续发展理念，凭借在绿色生产、绿色供应链、推动能源转型等方面的表现，隆基在全球主流的 MSCI 明晟 ESG 评级中获得 BB，去年我们在 CDP 的气候问卷与水问卷中评分均为 B。在公众信息环境研究中心 IPE 评选的企业气候行动指数 CATI 指数中连续三年位居光伏行业第一名。2024 年，隆基连续入选《财富》中国 500 强，入选标普全球《可持续发展年鉴（中国版）》并荣膺行业最佳进步企业，成为中国工业企业中践行可持续发展价值的行业标杆。

4.2 正泰新能科技股份有限公司

正泰新能科技股份有限公司始终将“绿色可持续发展”作为企业的长期战略规划，在产品“开发-采购-生产-销售-交付-回收”的全生命周期中，坚持绿色理念的实践。制度层面，正泰新能建立了从绿色产品开发设计管理、采购管理，到质量管理、能源管理，再到

废弃物管理等一系列管理机制，让整个供应链系统的绿色标准有章可循。此外，公司每年还会针对设备制造生产部门的温室气体排放量进行核算，并在浙江省气候变化研究交流平台进行碳排放申报。同时，在企业内部，正泰新能也在积极开展绿色、节能、低碳的智慧能源供应与利用项目，推进绿色工厂的建设。

自开展绿色供应链管理以来，正泰新能先后取得了“绿色供应链管理示范企业”、“中国绿色建材产品认证三星级”、国家级“绿色工厂”等荣誉，能源利用率也不断提高。2024 年，企业可持续发展评级提供商 EcoVadis 依据企业社会责任的 21 项标准，发布了正泰新能可持续性表现的评估报告，在涵盖环境、劳工和人权、商业道德、可持续采购四大方向的评估中，正泰新能荣获铜牌，位列全球 TOP24%。

2022 年，正泰新能入选工信部第三批绿色供应链管理典型案例，未来，正泰新能将秉承“汇聚光能，助力零碳，畅享绿色新生活”的使命，坚持绿色低碳道路，引领光伏行业向更持续、更高效、更绿色的方向迈进。

2024 年 4 月 30 日，正泰新能发布《正泰新能科技股份有限公司 2023 年度环境、社会及治理（ESG）报告》，该报告围绕应对气候变化、可持续供应链、产品全生命周期管理、科技创新、商业道德等核心议题，向各利益相关方公开披露正泰新能 2023 年在社会责任、环境保护、公司治理和员工发展等

方向上的关键绩效及价值创造。

2023 年，正泰新能发布可持续发展战略，承诺 2050 年实现全价值链碳中和。同时，公司成立独立的可持续发展部门作为管理机构，管辖环境治理、社会责任和公司管治三大专项工作小组，统筹、规划、实施和监督各项与 ESG 相关的活动与项目，不断提升企业的可持续发展能力。

在系统性实施可持续发展战略的第一年，正泰新能实现自身运营碳排

放强度、耗水强度、能源强度“三降”；通过与客户、员工、合作伙伴等利益相关方的广泛沟通，带动产业链伙伴节能减排，引领行业绿色发展。与此同时，正泰新能致力于建设多元人才体系，推动营造多元、公平、包容的文化氛围，积极履行社会责任，促进社会公益。此外，正泰新能将 ESG 目标与业务目标、合规目标提升作为管理机构成员考核指标，并 100%与绩效和薪酬挂钩。正泰发布 ESG 报告如图 4-3 所示。



图 4-3 2023 正泰新能科技股份有限公司环境、社会及治理(ESG)报告

2023 年，正泰新能可持续发展战略发布，包含面向 2028 及 2035 年的温室气体排放目标。为实现这一目标，公司以零碳工厂建设为抓手，持续降低生产运营碳排放。

在气候变化减缓与适应方面，依托现有的 EHS 管理制度与内部环境管理体系，通过节能减排、使用清洁能源、环保包装等一系列的温室气体减排行动，正泰新能 2023 年全年碳排放强度同比下降 7.12%，全年节约 2708.47 吨

标煤，节电 1576.84 万度，节水 6.9 万方，能源强度同比下降 34.18%，耗水强度同比下降 25.43%，无害废弃物回收率同比提升 14.65%，实现废弃物零填埋。

在低碳工厂建设方面，正泰新能积极推动工厂的数字化、智能化转型，以全生命周期数字化管理推动产品质量和绿色制造转型升级，实现 ISO 9001:2015 体系认证全覆盖。

2023 年，正泰新能完成首家零碳

工厂认证，打造第一家零碳工厂——盐城零碳工厂，全年碳排放强度同比下降 7.12%，工厂共减少 42221.37 吨二氧化碳排放，环境效益显著。2024 年 8 月，正泰新能第二家零碳工厂酒泉基地完成零碳工厂认证。未来，正泰新能计划在 2028 年完成 8 家零碳工厂的认证。此外，正泰新能还宣布承诺加入 SBTi 科学碳目标倡议、联合国全球契约组织“加速前进（Forward Faster）”倡议，以及 SSI 太阳能管理倡议、CCCA 中国企业气候行动等国际组织。



图 4-4 正泰零碳工厂核查声明

2023 年，正泰新能入选了由工业和信息化部办公厅公布的 2023 年度绿色制造名单，成功获评国家级绿色工厂。除此之外，正泰新能还拥有“浙江省绿色低碳工厂”“绿色建材评价光伏组件三星级认证”“嘉兴市无废工厂”等诸多荣誉，ASTRO 系列组件入选国家发展改革委环资司发布的《绿色技

术推广目录名单》，带动上下游企业低碳转型。

2023 年，在确保产品品质的前提下，正泰新能通过技术优化降低生产成本和生产能耗，如硅片厚度优化、电池片银浆耗量改善、组件封装材料、组件焊丝规格优化等，显著降低产品材料消耗及生产能耗。此外，正泰新能在行业内率先开发并应用钢边框和复合材料边框等新型绿色材料，对产品进行可持续升级，并对 15 款主推产品开展产品生命周期评估。

运输方面，正泰新能还强化物流环节的绿色运输，通过优化运输方式、提高装载率、推广新能源运输工具等措施，减少货物运输过程中的碳足迹。

充分发挥光伏制造业价值链长、关联性强的行业禀赋，正泰新能正将可持续发展理念向上下游进行纵深式延展，不仅有效推动了光伏制造的零碳变革，还带动供应商等价值链伙伴构建起了绿色、可持续的商业生态，显著提升全价值链可持续竞争力。

打造绿色供应链方面，正泰新能从供应商的准入、评估考核、审查等各环节进行全流程规范化管理。目前，核心供应商全部通过 ISO 45001 认证，核心供应商通过 ISO 14001 认证占比超 80%。



图 4-5 正泰新能源产业生态群颁证仪式

正泰新能发挥积极的示范引领作用。2023 年，正泰新能对供应商进行了绿色培训及评选，20 家供应商凭借出色的绿色化表现脱颖而出，被授予“绿色供应商”称号。参加评选的供应商中，有 9 家获得工信部“绿色产品”荣誉，9 家获得国家级“绿色工厂”荣誉，6 家获得工信部国家级“绿色供应链”荣誉，7 家供应商获得市级/省级“绿色工厂”荣誉。

4.3 一道新能源科技股份有限公司

一道新能源科技股份有限公司坚持产品创新、绿色制造、协同共进的原则，将低碳、绿色、环保理念融入到光伏组件生产制造的各个环节，并加速研发布局组件回收关键技术及落地方案，打造贯穿产品全生命周期的绿色发展体系。在发展过程中，积极探寻人

与自然和谐共生的美好生态，开发农光互补、渔光互补、牧光互补等光伏+多场景应用模式，持续探索绿色可持续发展新模式与新路径，用切实行动助力碳达峰、碳中和目标早日实现。

一道新能在绿色供应链减碳实践方面开展了以下工作：

产品创新：作为 N 型技术的引领者，一道新能在 N 型 TOPCon 领域率先布局并持续深耕，自成立以来保持着持续增长的科研投入，在追求技术创新和效率突破之路上砥砺前行。目前公司 TOPCon 4.0 Plus 电池量产平均效率突破 26.7%，开路电压达到 742mV，多次打破大面积电池的世界纪录，持续引领着行业 N 型技术的发展和迭代。基于自身深厚的技术积淀，在新技术、新材料、新结构、新工艺等应用方面持续的创新研发，使电池效率节节攀升并朝着接近于理论效率的极限不断迈

进。

绿色制造：在自身运营层面持续落实节能举措，以打造零碳工厂为目标，开展产品生态设计，执行基础设施绿色建筑标准建设，制定温室气体减排实施路径，推动减碳进程。多基地通过部署分布式屋顶光伏系统，构建智慧能源管理平台，采用数字化运维解决方案。搭建智能业务管理系统、智能制造平台，智能物流，确保产品质量、提升运营效率和服务效率，降低了运营碳排放。

协同共进：一道新能采用数字化SRM采购平台，建立了“绿色低碳稳健可靠的供应链体系”，促进了运营效益的提升和无纸化交易。同时使用TMS（物流管理系统）优化物流路径，做到零碳物流。特别是在选择上游供应商时，制造环节绿电的使用，绿色化程度高的封装胶膜材料和物流循环可降解包材的应用，是我们选择供应商的重要选择依据。制造环节绿电的使用，绿色高可靠性的封装胶膜材料和物流循环可降解包材的应用。

目前，一道新能通过自建分布式光伏等措施，每年企业自发电量占使用电量的6%，已经启动在忻州、衢州二期、泰州等基地部署分布式绿电，绿电的使用量占用电总量的15%以上。通过建设自营电站360MW，预计每年可发电为26,000,000.00度电，共计可开发绿证494,000张，相当于抵消288,446.6吨CO₂的碳排放量。这些绿证将用于抵消其他碳排放行为的影响，

进一步减少对环境的不良影响。

一道新能制定了“双碳”目标：2027年实现两个基地碳中和，2030年其余基地实现碳达峰，2050年所有基地实现碳中和。漳州基地内部光伏装机量高达13.3MW，使其成为集团建设“零碳”工厂的首选试点基地。园区完善的配套产业和较低的运输成本，进一步增强了其作为试点基地的吸引力。一道新能漳州基地已按照ISO 14064:2018完成2023年温室气体数据核查，通过ISO 50001能源管理体系认证，以更加科学合理的能源管理，实现能源利用的最大化。截止2023年底，公司累计发货量35GW，相当于节约标准煤约1234万吨，减少二氧化碳排放约3596万吨。

4.4 固德威技术股份有限公司

固德威一直致力于太阳能、储能等新能源电力电源设备领域的研发与创新，上市以后陆续开拓了光电建材、智慧能源、充电桩、热泵这些围绕新型电力系统的品类，在促成降低用电成本、提高用电效率的同时，推出智慧零碳全场景解决方案赋能千家万户、千行百业。

固德威采取积极措施，优化供应链管理，发挥绿色供应链转型在市场机遇中的关键作用，确保在全球市场中持续合规，并通过绿色转型提升竞争力，以应对未来挑战。

2020年10月，固德威成功入选《第五批绿色制造名单》，荣膺国家级

“绿色供应链管理企业”，彰显走绿色发展、智能制造之路的决心。

2020 年，固德威获得工信部“国家级绿色供应链管理企业”称号，2023 年苏州工厂被评为“江苏省绿色工厂”。

固德威持续践行绿色低碳理念，着重降低自身运营过程中的温室气体排放，于 2022 年启动产品碳足迹认证，依据 ISO14067&PAS2050 的标准完成了碳足迹认证，截止 2024 年 5 月公司共取得了 17 款逆变器产品的证书，另有 2 款逆变器产品通过环境产品声明(EPD)认证。光电建材获得碳足迹证书，及绿色建材认定。

同时，固德威已获得 ISO 50001 能源管理体系认证，并连续多年依据 ISO 14064-1:2018 标准开展企业运营层面温室气体排放核查工作。2023 年起，固德威新增范围三的温室气体核查，将碳减排的范围扩展至供应链上下游，从全局的角度来审视和减少碳排放，并于近日完成对总部 2023 年温室气体的核查，取得了第三方的核查鉴证，如图 4-6、图 4-7 所示。



图 4-6 产品碳足迹证书



图 4-7 温室气体核查证书

固德威不仅为客户提供智慧零碳解决方案，其自身也在不断践行绿色发展理念。固德威在推进自身降碳的同时，也推动上游供应商共同降碳。固德威已将以碳管理、有害物质过程管理等为代表的环境、社会及管治相关因素纳入供应商资格审查与评估范畴，确保供应商从筛选、准入到考核、评估的全生命周期符合 ESG 管理要求。

为减少供应链的碳排放，固德威采取了以下措施：

上游供应链：

➤选择低碳或可再生原材料：例如采用可回收的铝镁合金材料用于制作逆变器外壳和上盖和可持续的 AL6063 金属作为散热器材料。

➤优化运输方式：减少空运，增加海运或铁路运输比例，提高物流效率以降低运输过程中的排放。

能源间接使用：

➤鼓励供应商采用清洁能源：推动供应链合作伙伴转向可再生能源供电，从而减少购电产生的间接排放。

优化合作机制:

►通过沟通、培训和数字化赋能,增强供应商对碳排放管理的认识,并鼓励他们参与到 GHG 排放报告中来。2023 年,固德威围绕供应商诉求、供应商问题、供应商能力及供应商规范管理等,共计开展 497 次供应商交流活动,参与人数达 3141 人。

未来,固德威将继续通过创新驱动和绿色转型,强化其在全球新能源市场的竞争力,推动行业向更加可持续的未来迈进。

固德威致力于零碳技术研发投入和创新,着力推动智慧美好的零碳未来加速到来。期待未来能够真正实现光伏储能逆变器、光电建材、储能电池、智慧充电桩以及智慧能源管理平台共同形成的智慧零碳系统,绿色赋能千家万户、千行百业,让每一个家庭和每一个企业园区都可以享受到绿色零碳的美好未来。

4.5 福莱特玻璃集团股份有限公司

福莱特集团是目前全球最大的光伏玻璃生产商之一,集玻璃研发、制造、加工和销售为一体。集团主要产品涵盖太阳能光伏玻璃、优质浮法玻璃、节能玻璃、家居玻璃四大领域,并纵向拓展太阳能光伏电站的建设和石英岩矿开采,通过多年关键核心技术研发与产品迭代,如今已形成完整的产业链。

福莱特始终以“共创世界绿色生活价值”为使命,秉持“共融共生,同创同享”的核心价值观和“诚信 务实

专注 激情 创新”的精神,高度重视长期可持续发展,强调经济、环境和社会效益的统一,提出“携手共赢”“绿色可持续”“共融共生”为核心的管理策略。

福莱特在以下几方面为助理世界可持续发展贡献力量:

(1) 采用新工艺、新技术、新材料、新设备,创建新型节能大型光伏玻璃熔窑。

近年来,公司致力于精进窑炉技术,提高光伏玻璃成品率,降低单位综合能耗,现已建成投产运行的熔窑从 1000t/d 到现在的 1200t/d 是目前全球最大、技术最先进的光伏玻璃熔窑。此外,公司亦将推出 1600t/d 的光伏玻璃窑炉,预计单位综合能耗将进一步下降。

同时,公司持续加大对清洁技术如光伏玻璃、绿色产品等方面的研发投入,注重提高自身产品的创新性,如美学玻璃的自主研发、光伏组件表面清洁技术等。

(2) 对老旧设备进行优化改造,提高能源使用效率。

排放熔窑废气需集中经过脱硫脱硝除尘处理后才可排放,公司对各扬尘点分别设置机械除尘系统、自然收尘系统和湿法除尘系统,并对现有的窑炉脱硫、脱硝、除尘烟道系统进行技术改造,新增换热器、增压风机等设备,同时对部分老系统烟道进行封堵、优化、清理及更换,淘汰落后的机器设备,使燃料充分燃烧。

(3) 提高清洁能源的使用比例，减少化石燃料。

公司每个基地玻璃熔窑余热烟气都配置了发电用高效余热锅炉及凝汽式汽轮发电机组，充分利用玻璃熔窑余热。同时，为了充分发挥基地的光伏产业特性，在基地的建筑物能进行光伏发电的屋顶都配置光伏发电装置，采用“自投自建自发自用”模式安装分布式光伏电站，年均自由发电超过1200万kWh，每年大幅减少有害气体和废弃排放。另外，在运输方面，公司购入多辆新能源货车，在降低直接能源使用的同时每年可降低约人民币10.3万元的货运成本。今年，国家工信部公布了“2023年度绿色制造名单”，福莱特集团及其下属子公司安徽福莱特光伏玻璃有限公司双双入选国家级绿色工厂名单，标志着公司在低碳环保和可持续方面成绩显著。

未来，福莱特集团将以“国家级绿色工厂”为依托，继续践行绿色可持续发展理念，不断在绿色光伏玻璃领域、可再生能源、环境保护、可持续发展等方面进行积极探索和研究，推动企业高质量绿色发展，为实现碳达峰、碳中和目标做出积极贡献。

4.6 浙江中聚材料有限公司

随着全球气候变化问题日益严重，中国政府提出了“双碳”目标，即碳达峰和碳中和。中聚材料致力于成为全球领先的材料企业，积极投身“双碳”事业中，打造“无氟”、“无胍”绿色产品，畅通光伏产业链全生命周期，提

升光伏行业从“浅绿”至“深绿”；通过引进先进的生产技术和设备，提高能源利用效率，降低生产过程中的碳排放；同时，积极参与绿色供应链管理理念实践，积极参与行业、产品“绿色”标准制定，共同实现绿色发展。

中聚材料在减碳方面做了以下工作：

一是绿色产品设计，凝聚减碳核心推动力。

中聚材料秉持“求是、至善、尽美”的经营理念，一直努力创造更“绿色”的材料，服务光伏行业全生命周期回收利用，开创光伏辅材“无氟”、“无胍”的先河。

国际能源署光伏专委会（IEA PVPS）在其2023年会上报告了最新的研究成果，如图4-8所示，采用4种无氟PO背板和3种含氟背板，对比了它们的CO₂排放量（GWP：Global Warming Potential），发现无氟背板的环境影响较含氟背板有明显降低。在过去的几十年，氟背板最让行业诟病的，是“含氟”材料的回收。根据国际能源署（IEA）数据，预计到2050年累计会有7800万吨组件退役并需要回收处理，其中如何处理这些含氟背板将会是一个非常棘手的问题。当光伏组件报废，行业普遍采用处理办法是焚烧、裂解和填埋。在光伏组件中，氟元素以氟碳化合物的形态存在，也就是我们常说的PVF、PVDF和用于涂覆型背板的氟碳涂料。氟碳化合物具有异常稳定的化学结构，通常的填埋处

理方法或许在 1000 年内都无法降解，成为一种新的白色污染；而如果降解，氟元素进入土壤同样会造成大量污染。采用焚烧处理，氟化物的毒性很大，焚烧产生的氟化氢气体呈现无色有刺激性气味，极易溶于水而腐蚀烧伤人体

器官，足以致命。已有报道，光伏电站着火后，救援人员发生氟化物中毒的案例。如果是工商业、户用屋顶、分布式电站，失火造成的氟化物危害就会更严重。

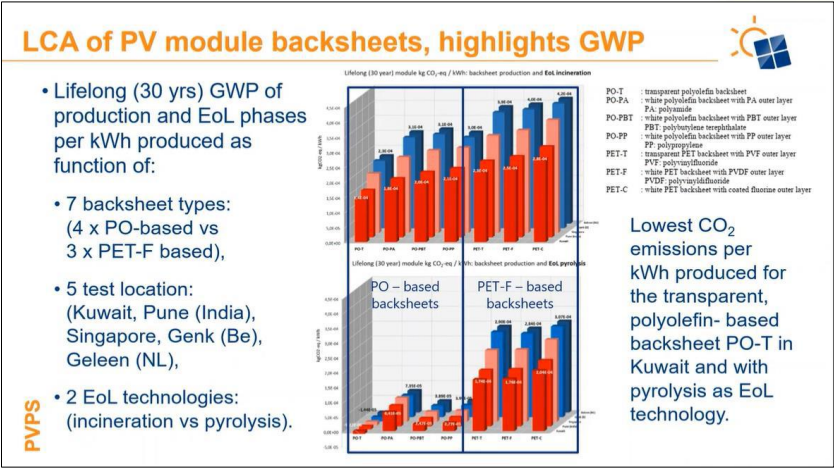


图 4-8 背板的 CO₂排放量

二是绿色工艺，践行减碳实施路径。

中聚材料在绿色领域不断开拓进取的同时，在产品生产的工艺流程端不断创新，坚持运用“绿色”工艺（共

挤型）生产“绿色”（无氟）产品。目前，背板常见的生产工艺分三种：复合型，涂覆型和共挤型，高分子背板生产工艺简要对比如图 4-9 所示。

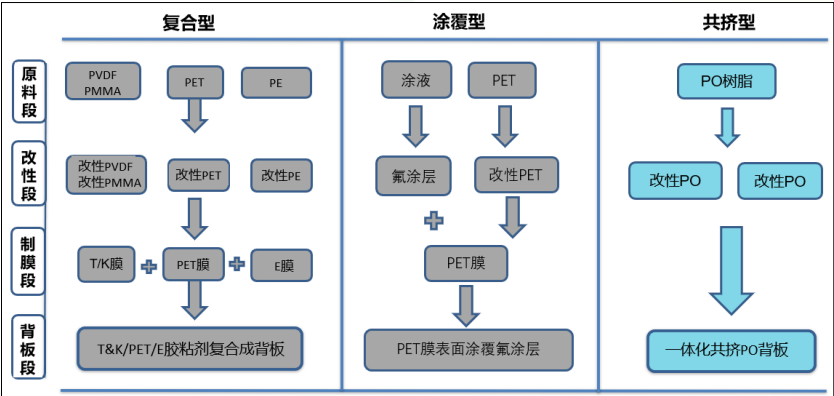


图 4-9 高分子背板生产工艺

复合型：三层材料各自制成薄膜，然后通过胶黏剂粘接在一起。外层材料是 PVF, PVDF, ETFE 等其中任何一种材料制成薄膜；中间层材料是 PET 基膜；内层材料多为 PVF, PVDF, ETFE 等材料中任何一种制成薄膜；复合型背板生产步骤多、流程长，生产时需要烘烤挥发溶剂，因此有较高的能耗和 VOC。

涂覆型背板是在 PET 基膜上涂覆耐候涂料，涂料成分一般为 FEVE, ETFE 等主体树脂配成氟碳涂料。与复合型背板相比，虽省去了胶黏剂，但在生产过程中需要挥发溶剂，仍存在高能耗和高 VOC 的问题。

中聚共挤背板是将改性后的聚合物粒子通过一体化多层共挤成型技术制成背板。该技术充分简化了生产工艺流程，有效降低了单位能耗。如果采用无氟材料设计和层间材料一体化共挤工艺，那么生产过程中就避免了 VOC 排放，背板退役后也可以整体回收利用，无需背板和封装胶膜分开，现已成为光伏背板的一个主要发展应用方向。

三是绿色理念，营造减碳全流程。

在采购环节中，注重选择环保、低碳的原材料和零部件。通过与供应商建立长期合作关系，推动供应商采取环保措施，降低原材料和零部件的碳排放。同时，还建立了严格的供应商评价体系，对供应商的环保表现进行评估和监督，确保供应商符合绿色供应链管理要求。

在物流环节中，注重减少运输过程中的碳排放。通过采用低碳排放的运输方式和优化运输路线，降低运输过程中的碳排放。同时，与客户合作回收包材，如栈板，纸箱等，主要是包材的重复使用，这不仅增加包材的使用寿命，也可以降本减碳。

在销售环节中，注重推广绿色消费理念。通过加强产品环保性能的宣传和推广，引导消费者选择环保、低碳的产品和服务。同时，还建立了完善的售后服务体系，对消费者在使用过程中遇到的问题进行及时解决和处理，确保消费者享受到绿色、环保的产品和服务。

5 我国光伏供应链供需形势分析

5.1 我国光伏供应链形势

全球已有众多国家提出了“碳中和”的气候目标，发展包括光伏在内的可再生能源已成为全球共识，推动全球光伏市场高速增长。2023 年，全球光伏新增装机 390GW，创历史新高。2023 年全球各国新增装机数据亮眼，中国光伏新增装机 216.3GW，同比增长 147.5%；欧盟新增装机 55.8GW，同比增长超 40%；美国新增装机约 32.4GW，同比增长超 50%；印度新增装机 10GW，同比下降约 30%。

我国光伏应用市场超预期发展，我国 2023 年光伏累计装机规模达 608.92GW，超越水电装机规模，成为装机量仅次于火电的第二大电源形式，在电力能源结构中的地位进一步攀升。2024 年上半年光伏新增装机 102.48GW，同比增长 30.7%。光伏新增装机量保持增长，但增速回落，4 年来首次出现单月同比下降，首次出现在 2024 年 3 月份，较去年同期下降 4.27GW，二次出现在 2024 年 4 月，较去年同期下降 0.28GW。

光伏制造端规模持续扩大，随着产能的快速释放，市场出现阶段性供大于求的局面，供需形势严峻，产能增速放缓，部分企业退出。从产业链的各环节⁵分析如下：

（1）多晶硅。至 2023 年底，我

国多晶硅有效总产能达到创纪录的 230 万吨/年，总产量 147.2 万吨。这些多晶硅生产重点区域在内蒙古、新疆、青海、四川、宁夏、甘肃和云南，部分企业在一期投产的同时，启动二期项目建设，预计 2024 年总产能将超过 310 万吨/年。2024 年上半年多晶硅产量约 106 万吨，同比增长约 60.6%，预计 2024 年多晶硅供应量将达到 160 万吨至 180 万吨，折合光伏硅片产量约 700GW。

（2）硅片。2023 年我国硅片产能约 953.6GW，同比增长 46.6%；产量约 668.3GW，同比增长 80%，占全球硅片产量的 98.1%，在全球硅片领域占据绝对主导地位。2024 年上半年硅片产量约 402GW，同比增长约 58.9%。产能供过于求，加剧中小企业淘汰。大尺寸硅片市占率进一步提升，2023 年以来 182 和 210 尺寸的硅片已成为市场主流，合计占比高达 98%，而 166 及以下尺寸的硅片逐渐退出主流市场，仅占 2%。硅片薄片化进程放缓，截止 2023 年底，多晶硅片平均厚度为 170 μm ，p 型单晶硅片平均厚度为 150 μm ，n 型单晶硅片平均厚度为 125 μm 。n 型硅片需求进一步增长，n 型硅片市场占有率持续提升，预计 2024 年 n 型硅片市场占比将超过 50%。

（3）电池片。2023 年我国电池片总产能达到 929.9GW，增幅达到 84%。2023 年电池片产量达到 591.3GW，同比增长 78.9%。2024 年上半年电池片

⁵ 5.1 节数据来自中国光伏行业协会编制的《2023-2024 年中国光伏产业年度报告》

产量约 310GW，同比增长约 37.8%。TOPCon 产能加速扩张，成为新增产能的绝对主流，根据《中国光伏产业发展路线图（2023-2024 年）》数据显示，TOPCon 的市场占比有望大幅提升至约 60%，而 PERC 电池片的市场占有率则可能迅速下降至 30% 左右。行业洗牌加速，成本落后产能加速淘汰，随着 2024 年 p、n 型产品的快速切换，大量 p 型旧产能将面临转型或淘汰的风险。随着市场竞争的加剧，下游终端客户对组件功率和效率的要求日益提高，预计光伏行业将经历一轮洗牌，那些成本高昂、效率低下的产能将加速退出市场。

（4）光伏组件。2023 年我国光伏组件产能、产量分别达 920GW、518.1GW，同比分别增长 66.7%、75.8%，产业整体规模进一步扩大。2024 年上半年组件产量约 271GW，同比增长约 32.2%。光伏组件功率进一步提升，根据中国光伏行业协会发布的《中国光伏产业发展路线图（2023-2024 年）》，PERC 单晶组件（182mm）、PERC 单晶组件（210mm）、TOPCon 单晶组件、异质结组件（210mm）的平均功率分别达到 555W、665W、580W、710W。n 型组件将占据绝对主流，预计 2024 年 n 型产量占比将超过 7 成。组件出口持续受到贸易壁垒影响，美国方面，延长 201 关税政策，增加反倾销反补贴税率，提出涉疆法案，任何包含新疆元素的材料和产品都不允许进入美国，对中国光伏企业开展“反规避”调查。欧

洲方面，欧洲太阳能管理倡议组织（SSI）发布了新的环境、社会和公司治理（ESG）标准，该标准可能会对我国光伏产品出口带来新的障碍。印度方面，2024 年 4 月 1 日，印度重新实施 almm，即只有进入 almm 清单的光伏组件、逆变器和制造商才有资格被应用于印度的政府光伏项目。面对日益严峻的国际贸易形势，国内企业赴海外建厂成为热点。

（5）辅材 EVA。2023 年全球光伏组件封装胶膜市场需求量继续保持高速增长态势。随着双面组件、大尺寸组件的进一步应用和组件功率的不断提升，平均单瓦组件所消耗的封装胶膜用量相应减少，约为 940 m²。2023 年全球全年封装胶膜市场需求约 57.5 亿 m²，同比增长约 80%。其中，2023 年我国封装胶膜的需求市场规模约 48.7 亿 m²。2023 年，POE 胶膜和共挤型 EPE 胶膜的市场占比有明显的提升，二者相加的市场份额相比透明 EVA 已大幅拉近。2023 年也是 BC 及 HJT 电池和组件新技术快速发展的一年，对于 BC 电池组件，因其电池正面无栅线，对前侧封装胶膜的厚度需求大幅下降，相比 PERC/TOPCon 电池组件有 15-20% 的厚度下调。对于 HJT 电池组件，为解决其紫外光衰减问题，胶膜厂商开发了紫外光转换胶膜；同时，HJT 厂商为减少低温银浆用量，纷纷推进 0BB 工艺的应用，胶膜厂商相应也推出 0BB 工艺专用皮肤膜（也称“承载膜”）。

5.2 光伏行业发展趋势展望

光伏行业未来市场空间广阔，2030 年全球可再生能源装机容量增至 3 倍已达成共识。2023 年 11 月，中美两国共同发布了《关于加强合作应对气候危机的阳光之乡声明》。该声明明确提出，在 21 世纪 20 年代这一至关重要的十年中，两国均表示支持二十国领导人宣言中的目标，即努力推动全球可再生能源装机容量在 2030 年前增至三倍。随后，在第 28 届联合国气候变化大会上，全球超过 100 个国家达成共识，同意 2030 年前将全球可再生能源装机容量增至三倍，至少达到 11000GW 的目标水平。

新技术投产将引领未来光伏组件供应增长，全球光伏组件需求仍有成长空间。随着阶段性产能过剩，2024 年

-2027 年光伏行业整体扩产速度预计放缓。PERC 产能将逐步被市场淘汰，TOPCon 产能占据主导，未来产能增量主要来自于包括 HJT、BC、薄膜组件等新技术路线的新投入扩产。2026 年往后随着钙钛矿的成熟，又将加入新一轮的组件投产。

全球以印度、美国、欧洲等主要光伏市场对其本土组件产能的扩张规划，据 SMM 测算，预计 2026 年大部分产能将完全落地，加上中国庞大的组件产能，全球组件产能预计超过 1700GW。中国市场在 2025 年将迎来十四五计划收尾，近期新能源利好政策频发，国家对新能源发电的支持力度愈发增加，预计在 2025 年装机端将实现较大增长，其对组件的消费需求也预计超过 380GW。如图 5-1 所示。



图 5-1 组件产能和产量预期展望 (数据来源: SMM)



图 5-2 组件需求展望 (数据来源: SMM)

如图 5-2 所示, 全球市场对光伏发电需求预期向好, 欧美印等大国对光伏发电需求增速趋于稳定, 中东非、拉美等新兴国家因光伏度电成本下降、缺电问题紧迫、国家对可再生能源转型的大力支持推动, 未来, 在光伏发电成本持续下降和全球绿色复苏等有利因素的推动下, 全球光伏新增装机仍将保持增长。

5.3 小结

总体来看, 2024 年上半年我国光伏行业发展呈现出冰火两重天, 2024 年上半年多晶硅、硅片、电池、组件产量同比增长均超 32%。全产业链价格下跌, 多晶硅、硅片价格下滑超 40%, 电池片、组件价格下滑超 15%。制造端产值下降, 2024 年上半年国内光伏制造端(不含逆变器)产值约 5386 亿元, 同比下降 36.5%。

我国光伏产品出口突出的特点是“量增价减”, 2023 年我国光伏产品出口量(硅片、电池片、组件)分别为 70.3GW、39.3GW 和 211.7GW, 分别

同比增长 93.7%、65.1%和 37.8%。光伏产品出口总额(硅片、电池片、组件)约 484.8 亿美元, 同比下降 5.4%, 硅片出口额 48.6 亿美元, 电池片出口 40.1 亿美元, 组件出口额 396.1 亿美元, 占比分别为 10.0%、8.3%、81.7%, 分别同比下降 4.1%、增长 5.2%和下降 6.5%。2024 年上半年硅片、电池、组件出口量分别同比增长 34.5%、32.1%、19.7%。出口总额(硅片、电池片、组件)约 186.7 亿美元, 同比下降 35.4%。

我国光伏行业供需形势严峻, 自 2023 年下半年起, 光伏全产业链价格快速下滑, 以组件中标价格为例, 从 2023 年初的 1.6 元/W 降至 2024 年 9 月 18 日最低投标价 0.6221 元/W, 下滑幅度超过 60%, 光伏组件价格跌破成本, 越来越多的企业出现亏损。据披露 2024 年半年报的主产业链企业中, 大多数处于净利润亏损状态, 与一季度相比, 二季度主产业链企业亏损加剧。预计行业竞争压力将进一步上升, 无论是头部企业, 还是中小企业, 都将面临更加严峻的生存压力。

6 光伏组件全生命周期碳足迹和 LCA 分析

6.1 项目概述

在全球推行“双碳”目标的背景下，光伏产品的绿色属性逐步强化，欧美率先形成碳足迹为核心的新市场环境。碳足迹，是用来衡量个体、组织、产品或国家在一定时间内直接或间接导致的二氧化碳排放量的指标。产品碳足迹，一般指产品从原材料加工、运输、生产到出厂销售等流程所产生的碳排放量总和，是衡量生产企业和产品绿色低碳水平的重要指标。建立碳足迹管理体系，有利于推动产业升级、促进绿色消费、提升外贸产品竞争力，是加快构建“双碳”政策体系的重要一环，将为实现“碳达峰、碳中和”目标提供有力支撑。

国内光伏龙头企业已经接到欧洲光伏行业协会的相关调研函，要求了解制造和能耗清单和相关数据信息，用以作为相关研究的中国默认值。为有效应对国际市场碳足迹核查需求，2022 年，中国绿色供应链联盟光伏专委会光伏回收产业发展合作中心开展“光伏组件全生命周期 LCA 分析”重点研究项目，通过对行业主流光伏组件全生命周期碳足迹和 LCA 分析，为企业提供国际市场的参考行业值，探索光伏发电碳足迹水平进一步降低的可能性。

本章将结合“光伏组件全生命周期 LCA 分析”项目的前两个阶段的研究成果开展论述，基于 PEF 方法，项

目第一阶段评估我国光伏企业生产的单晶硅钝化发射器和后部接触（Passivated Emitter and Rear Cell, PERC）光伏组件其生产、使用和寿命终止各阶段的全生命周期环境影响分析。项目第二阶段对隧穿氧化层钝化接触（Tunnel Oxide Passivating Contacts, TOPCon）光伏组件，使用生命周期评价方法，分析 TOPCon 光伏组件（182-72 版型）从原材料提取（摇篮）到产品各个阶段生产完成到出厂（大门）的产品碳足迹，并将其与已经成熟的 PERC 组件相对比。

6.2 PERC 光伏组件全生命周期分析

项目集合了 5 家 PERC 光伏组件生产企业，基于其实际生产数据，依据各产品型号的产量进行加权平均，得到我国 PERC 光伏组件的代表产品 RP-CN，并依照欧盟 PEF 方法（此方法在寿命终止阶段默认光伏组件采用填埋处理）计算我国 PERC 光伏组件的环境影响。

生命周期影响评价是利用各种特征化因子对产品系统在其整个生命周期中潜在环境影响的程度和重要性进行了解和评估，是对清单分析阶段所识别的环境影响压力进行定量或定性的表征评价，即确定产品系统的物质、能量交换对其外部环境的影响。其目的是通过使用与 LCI 结果相关的影响类型和类型参数，从环境角度审查一个产品系统，并为生命周期解释阶段提供信息。

我国头部光伏企业所生产的 PERC 光伏组件 (RP-CN) 与欧盟 PEF 代表产品 (RP-PEF) 的环境影响如图 6-1 所示。在各个指标, RP-CN 的环境影响均优于 RP-PEF。其中, RP-CN 的酸化指标为 RP-PEF 的 66.94 %; 富营养化指标为 RP-PEF 的 59.76%; 全球

变暖(GWP100a)指标为 RP-PEF 的 69.19%; 光化学氧化指标为 RP-PEF 的 69.33%; 非生物耗损-元素指标为 RP-PEF 的 44.54%; 非生物耗竭-化石燃料指标为 RP-PEF 的 67.50%; 水资源匮乏指标为 RP-PEF 的 77.73%; 臭氧层耗损(ODP)指标为 RP-PEF 的 48.96%。

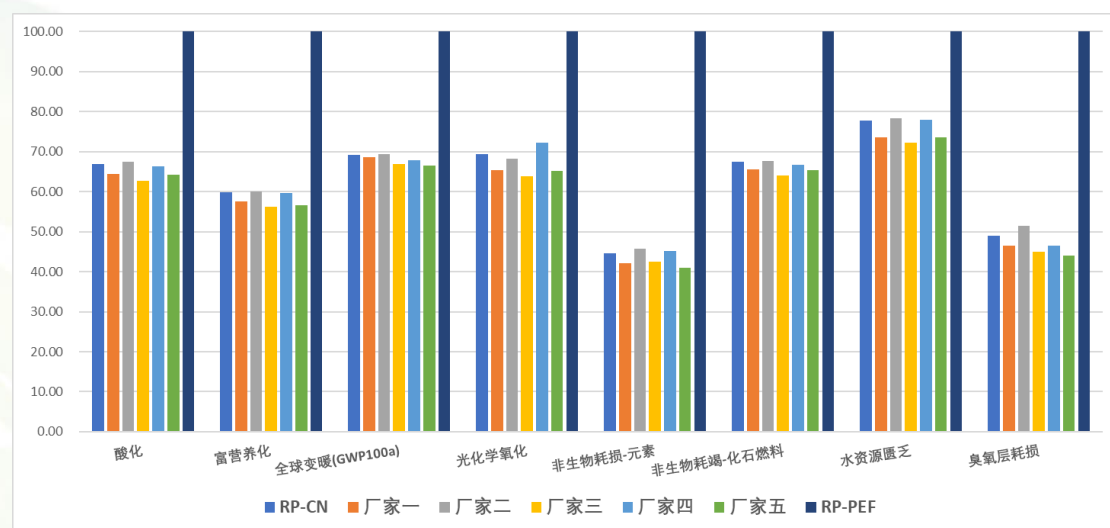


图 6-1 我国 PERC 光伏组件的环境影响及与 PEF 代表产品的对比 (%)

对各项指标的贡献进行分析, PERC 光伏组件中对环境影响占比最大的是 PERC 太阳能电池的生产过程; 而 PERC 太阳能电池中对环境影响占比最大的是硅片的生产过程。在本项目的建模工作中, 由于缺乏我国目前光伏硅片的实际生产数据, 因而采用了 PEF 公布的默认背景数据。在 PEF 默认背景数据中, 硅片的切割仍采用砂浆切割法而非目前已普遍更新的金刚线切割法, 硅锭的生产技术也未考虑到目前已有的各种技改和降耗。因此, 本项目中计算得到的 LCA 结果数据实际上劣于我国现有实际水平。

6.3 TOPCon 光伏组件全生命周期分析

针对隧穿氧化层钝化接触 (Tunnel Oxide Passivating Contacts, TOPCon) 光伏组件, 使用生命周期评价方法, 调研了 5 家我国头部 TOPCon 光伏电池组件生产企业, 1 家辅材生产企业, 4 家晶硅光伏组件回收企业等, 揭示 TOPCon 光伏组件 (182-72 版型) 从原材料提取 (摇篮) 到产品各个阶段生产完成到出厂 (大门) 的产品碳足迹。

TOPCon 光伏组件的环境影响需要使用全生命周期评价 LCA 的方法进

行评估。依照 ISO 14040 和 14044 标准，以政府间气候变化专门委员会（IPCC）发布的计算方法 IPCC 2013 GWP 100a 计算相应过程的全球变暖潜势指标（GWP100）（碳足迹）。对于冶金级硅生产、太阳能级多晶硅提纯、直拉单晶硅棒、切割光伏硅片、太

阳电池制备和光伏组件封装整个生产阶段的供应链，以中国光伏行业协会发布的《2022-2023 年中国光伏产业发展路线图》为主要依据进行生命周期清单 LCI（Life cycle inventory），并计算相应产品“摇篮—大门”的碳足迹。

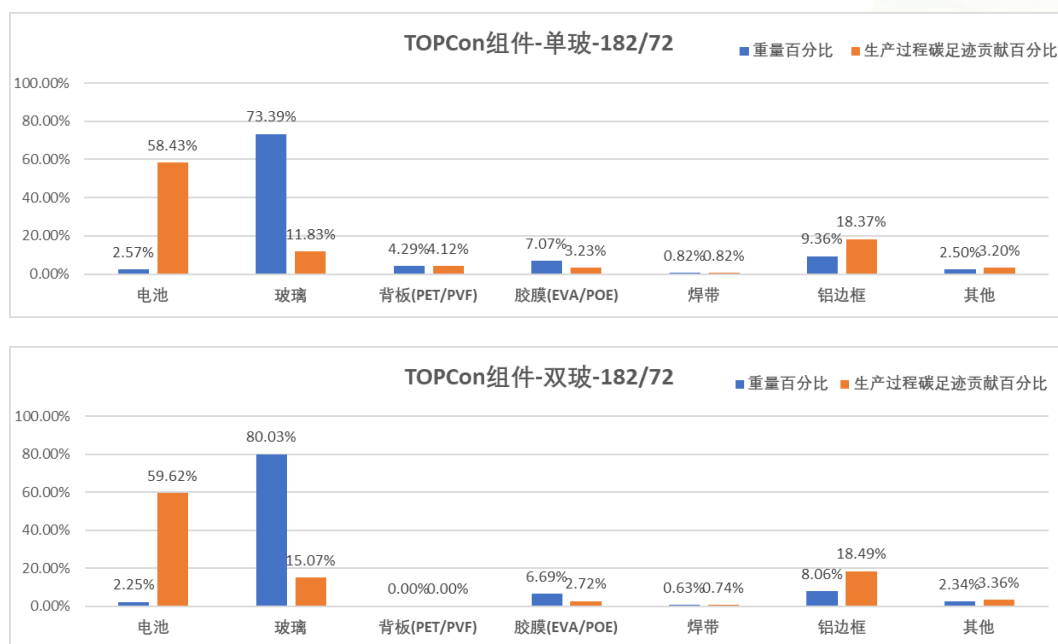


图 6-2 以 182-72 版型 TOPCon 组件为例，单玻组件和双玻组件各个组成部分的重量百分比和生产过程中碳足迹贡献百分比

如图 6-2 所示，其中，材料重量百分比与生产过程中碳足迹贡献百分比相差较大有电池、玻璃、铝边框三项。太阳能电池的重量只占组件重量的 2%，但是碳足迹贡献却高达近 60%。玻璃是组件中重量占比最大的部分，单玻组件占比 73%，双玻组件占比 80%，但是碳足迹贡献比重却只占 12%和 15%。铝边框的重量约占组件的 9%，碳足迹贡献比重约 20%。

6.4 TOPCon 光伏组件与 PERC 光伏组件产品碳足迹对比

使用 TOPCon 结构替代钝化发射极和背面接触（Passivated Emitter and Rear Cell, PERC）结构，是光伏产业由 p 型电池向 n 型电池的重要转折，其理论光电转换效率可达 28.7%。目前行业量产的 TOPCon 太阳能电池效率在

25%左右,而 PERC 行业量产效率基本限制在 23.5%。

以 1 kWp 光伏组件(正面功率)为功能单位,PERC 组件和 TOPCon 组

件生产过程的碳足迹数值及各部分贡献比例如图 6-3 所示。对于 1 kWp PERC 组件,其碳足迹数值较 TOPCon 组件高 3%左右。

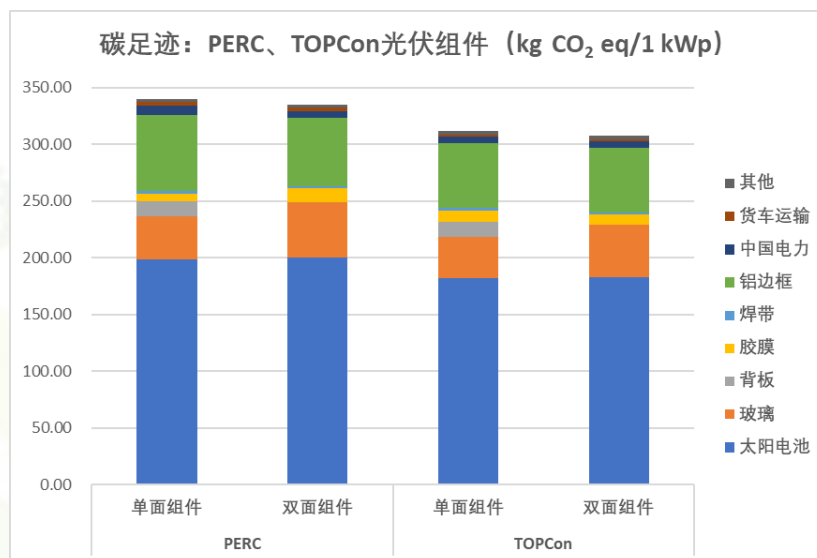


图 6-3PERC 和 TOPCon 光伏组件生产过程碳足迹数值及各部分贡献比例影响

6.5 小结

通过项目分析得出在生产阶段, TOPCon 太阳能电池及光伏组件的碳足迹均低于 PERC 技术相应产品,这与 TOPCon 电池适用于更加薄的硅片有关,因为硅片供应链对于 TOPCon 太阳能电池碳足迹的贡献比例达到 70%,而太阳能电池对于光伏组件碳足迹的贡献比例达到 60%。

产业发展的“含绿量”正在通过碳足迹数据清晰地展现出来,成为评价光伏产品国际竞争力的关键指标。2023 年碳足迹依旧为光产品出口的热点词汇,产品“出海”相关过程中面临的碳足迹管理要求愈发严格。中国光伏产品一直保持着较高的国际市场份额,必将面临进行碳足迹核查和声明的市场需求。

7 光伏行业环境、社会和治理(ESG)的发展

全球 ESG 蓬勃发展,成为全球可持续发展的重要力量,为企业、投资者和其他利益相关方提供了全新的可持续发展视角,承诺和关注 ESG 投资的资管机构总量及其资产管理规模也在逐年攀升。根据联合国负责任投资原则(PRI)的数据显示,截至2023年7月31日,来自全球的5,384家资产机构已将 ESG 的指标融入投资决策之中,覆盖管理资产规模达121.3万亿美元。此外,格拉斯哥净零金融联盟(GFANZ)数据显示,截至2023年9月30日,超过500家全球最大规模的资产管理机构和金融机构正致力于推动全球经济的净零转型,覆盖资产近150万亿美元。与此同时,欧洲可持续发展立法趋严,美国党派之争反 ESG 浪潮凶猛,而中国市场搭乘"高质量发展"和"双碳"战略的东风,ESG 理念得到空前反响,ESG 在全球不同国家地区的发展阶段呈现明显差异⁶。

7.1 光伏行业 ESG 发展面临的挑战与机遇

联合国《2023年可持续发展目标报告:特别版——制定拯救人类和地球的计划》报告显示,在全球气候危机、地缘政治冲突与大流行的冲击下,当前全球在减缓和适应行动及支持方面

虽然取得了重大进展,但全球可持续发展目标进展缓慢,世界正在"严重偏离"在2030年最后期限前实现可持续发展目标的轨道。

为加速推动目标实现,联合国提出5项当前急需采取的行动。第一,在国家与国际层面采取七年加速、持续和变革性行动,实现可持续发展目标的承诺;第二,推进具体、综合和有针对性的政策和行动,以消除贫困、减少不平等和结束对自然的战争,重点是促进妇女和女童的权利,并赋予最弱势群体权利;第三,调动发展中国家实现可持续发展目标所需的资源和投资,特别是那些处于特殊情况和极度脆弱的国家;第四,促进和继续加强联合国发展系统,提高多边体系应对新出现的挑战和解决2015年以来国际架构中与可持续发展目标相关的差距和弱点的能力;第五,加强国家和国家以下各级的能力、问责制和公共机构,加快实现可持续发展目标的进程。

全球的可持续发展浪潮下,供应链管理也被赋予更多使命,承担起应对气候变化和管理自然议题的重责。当前,德国和挪威均已通过企业尽职调查法,而欧盟《企业可持续发展尽职调查指令》(CSDDD)预计将于2024年通过。欧盟企业可持续发展报告指令(CSRD)的配套法律 CSDDD 涉及领域包括童工、奴隶制、劳动剥削、污染、环境退化和生物多样性丧失等,

⁶ 7.1 节参考光伏行业协会编制的《2023-2024年中国光伏产业年度报告》,专题篇五 环境、社会和治理(ESG)标准、信息披露与光伏

对企业供应链尽责管理提出更高要求。同时，CSDDD 将尽职调查涵盖到生产、使用、处置产品及提供服务的整个生命周期中，这将成为中国光伏企业进入欧盟市场必须跨过的“门槛”。随着供应链的传导，未在 CSDDD 覆盖范围内的中国企业也可能面临欧盟下游客户的尽职调查，可持续尽职调查体系建设将成为中国企业无法避开的重要环节。

随着 ESG 监管从严，“漂绿”也成为各国重点监管对象。近年来，许多国家正在不断完善相关的法律法规体系，从打击企业的“漂绿”营销宣传，到规范企业环境信息披露，与“漂绿”有关的各个方面均有涉及。联合国 COP27 气候变化大会上，联合国秘书长安东尼奥·古特雷斯也曾明确表示“对有关净零排放中的‘漂绿’行为，我们必须采取零容忍态度”。2023 年 5 月，欧洲议会以 544 票赞成、18 票反对的结果通过了一项新的拟议规定，新规旨在提高产品可持续性和耐用性以及打击“漂绿”行为。新规禁止误导性广告和笼统的环境声明。根据提案，公司如果没有详细的证据，将被禁止使用“环境友好”“天然”“可生物降解”“气候中性”等环境声明。

ESG 作为一种全球性的可持续发展理念，光伏行业的 ESG 同样面临新的发展机遇。首先，ESG 提升了光伏行业的市场认可度。随着全球气候变化问题的加剧，可持续发展和清洁能源已成为全球共识。光伏行业作为清

洁能源的重要组成部分，其 ESG 表现已成为市场关注的焦点。其次，ESG 有助于推动光伏行业的技术创新和产业升级。在 ESG 框架下，光伏企业需要不断探索新的技术路径，以降低能耗、减少排放、提高资源利用效率，这将有效推动技术创新和产业升级。ESG 也要求光伏企业在产品全生命周期中注重环保和可持续性，这将推动企业在产品设计、生产、使用和回收等各个环节进行改进，实现更加环保、高效的光伏产品。这将促使光伏行业向更加高效、环保、可持续的方向发展，为行业的长期发展奠定坚实基础。最后，ESG 为光伏行业国际合作与交流提供了平台。随着全球对 ESG 的关注度提升，各国政府、企业和组织在 ESG 方面的合作与交流也日益频繁。光伏企业积极参与国际 ESG 合作与交流，有助于提升光伏企业的国际影响力，也为光伏行业带来新的发展机遇。

7.2 光伏出海的 ESG 风险与机遇

全球 ESG 发展历经企业自律、行业自律、立法监管发展至长臂监管，我国光伏全产业链出海趋势愈发明显。相较国内，欧美各国在气候治理、生物多样性保护、供应链环境与人权保护、产品碳足迹管理等方面要求企业遵循更严苛的标准和要求。中国光伏企业出海亟需集中优势资源，将“ESG”壁

垒和门槛转化为企业可持续发展能力，境、社会、治理的方方面面，其相互关
以实现出海"破局"⁷。系见图 7-1：

ESG 本质是除恶扬善，贯穿在环



图 7-1 ESG 本质及核心图

ESG 的核心之一是做好责任产品和服务，包括：产品安全、产品道德、产品环保、产品功能、产品成本、金融服务和服务属性。ESG 的核心之二是责任商业行为，包括：营销 ESG、采购 ESG、制造 ESG、人力 ESG、财务 ESG、投资 ESG 和 PR/IR 沟通 ESG。公益慈善、ESG 报告、ESG 评级都只是边缘议题。做好两个核心工作，预防 ESG 危机，以防发生业务中断、防止踩踏

ESG 红线、违反 WRO 暂扣令和防止被列入实体清单。

ESG 行为准则见图 7-2，包括：SSI / SEIA 光伏行业行为准则、RBA 电子行业行为准则、JAC 电信行业可持续发展指南和 RSCI / AIAG 汽车行业可持续发展指南。重点做好劳工标准、健康安全、环境保护、商业道德和管理体系等。

⁷ 7.2 节参考 IPC-140ESG 管理体系标准技术组主席周国银先生在 2024 年 8 月 9 日“第三届中国光伏绿色供应链大会”上的主题演讲整理。

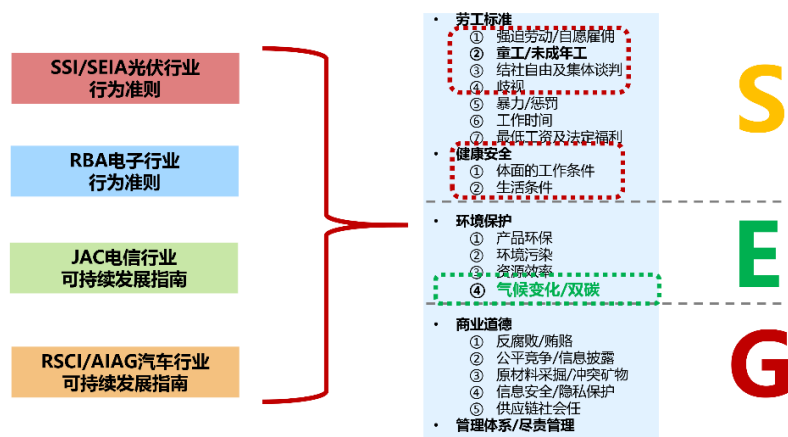


图 7-2 ESG 行为准则

聚焦 ESG 两个市场，如图 7-3。包括：资本市场和产品市场，重点关注两个协会 Solar Energy Association (SEIA) 和 Solar Stewardship Initiative (SSI)，遵守五个法律：1930 关税法 307 条强迫劳动、1979EAA/2018EAR 出口

管制法规 744 节、2021 涉疆法案/UFLPA 强迫劳动预防法案、2024 欧盟强迫劳动产品禁令和 2024 欧盟企业可持续性尽责管理法规/德国供应链尽责管理法案。

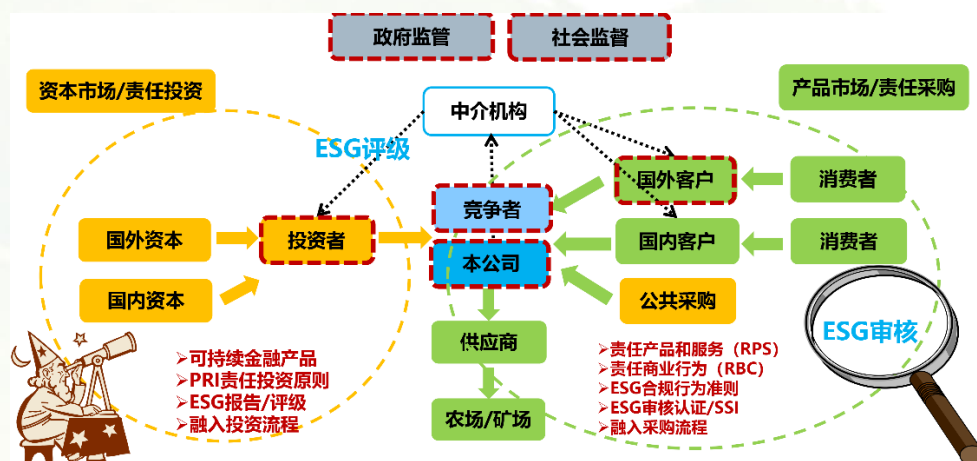


图 7-3 ESG 两个市场

德国议会通过《企业供应链尽责管理法案 (the Act on Corporate Due Diligence in Supply Chains)》，简称《供应链法》，2023 年 1 月 1 日生效。

IPC-1401ESG 管理体系标准提出了一个有效的 CSR 管理体系的要求和

最佳实践指南，协助企业将 CSR 作为客户要求融入产品及价值链活动，与客户和供应商合作，识别和管理 CSR 风险和机遇，以提升企业及其供应链的竞争优势。

除了实现企业自身的绿色低碳发

展，光伏行业还承担着助力其他行业节能减排、顺利达成“双碳”目标的重要使命。提升光伏企业 ESG 与风险管理能力，实现企业高质量转型，为走向国际市场提供可持续发展指引。

7.3 小结

全球正处于可持续发展商业生态的深刻变革之中，光伏作为核心参与者，企业正面临着新的挑战与机遇。如何为环境改善和社会进步贡献新的解

决方案，已成为企业无法回避的时代课题。ESG 这一融合了企业财务绩效、环境和社会影响以及公司治理的综合评价体系，正逐渐成为衡量企业可持续发展能力和潜力的关键指标。因此，深入理解和运用 ESG 理念和工具，以 ESG 构建光伏企业可持续发展生态圈，将成为推动企业实现可持续发展转型的重要驱动力。

8 国际绿色博弈对我国光伏产业的影响和对策建议

在全球迈向碳中和的进程中，“绿色壁垒”的存在，不仅减缓了全球低碳转型的步伐，还对光伏产业的健康发展产生了影响⁸。

8.1 对我国光伏产业的竞争优势提出新挑战

我国的光伏产品在技术水平和价格方面均有全球领先优势，广泛使用中国光伏产品，可以帮助很多国家以较低的成本实现能源转型和碳减排。然而，由于本土产业保护等原因而设置的“绿色壁垒”，已经形成了不公平的竞争环境，这不仅增加了使用我国光伏产品的成本，还削弱了我国光伏产品的竞争优势。例如，在计算中国光伏组件碳足迹时，国外认证机构使用的默认因子值显著高于我国的实际情况，若准确使用我国本地的碳排放因子，最终的碳足迹结果相较法国标准可降低 50.3%；同样，由于碳足迹被高估，我国光伏产品无法获得韩国的相应补贴。此外，由于部分国家在光伏产品准入方面认可的第三方机构多为外方，这给国内的光伏企业带来了诸多不便，其中沟通不便、成本较高、周期较长等问题突出。

8.2 对我国光伏产业的供应链韧性和安全提出新要求

当前，我国正在加快推进新型工

业化，提升产业链供应链韧性和安全水平。在全球竞争中，为确保国内大循环和国内国际双循环的顺畅，像光伏等体现中国竞争优势的“新三样”产业，其供应链的韧性和安全至关重要。在参与国际循环方面，西方国家在使用反倾销、反补贴等传统“贸易壁垒”的同时，还叠加使用碳足迹、环境产品声明、生态标签等新型“绿色壁垒”，严重影响了光伏产品在国际市场上的自由流通，迫使我国许多光伏企业不得不改变海外市场的发展战略，从以产品出口为主的对外贸易转向海外设厂的对外投资。此外，近期部分海外市场提出了光伏产品本地化的要求。例如，欧盟发布的《净零工业法案》明确规定，到 2030 年，每年至少有 10% 的关键原材料供应、40% 的关键原材料加工和 15% 的关键原材料回收必须来自欧盟本土，这对我国光伏产业供应链的韧性和安全性提出了挑战。

8.3 对我国部分光伏企业的转型步伐提出新思路

发达国家提出的“绿色壁垒”，主要针对光伏企业自身的绿色发展问题，这需要引起高度重视。对于光伏企业来说，在提供清洁能源的同时，也需要加强自身生产制造过程中的绿色发展，从“制造绿色”向“绿色制造”和“绿色制造”并重的方向转型。对于国外提出的“绿色壁垒”，许多光伏龙头企业已经开始积极应对，并提出了供应链碳中和

⁸ 【论绿色】毛涛、扶亚兰：我国光伏产业出海面临的“绿色壁垒”及应对建议

目标和时间表。这一举措值得鼓励，但也需要进行理性分析，对于“绿色壁垒”，既不能无动于衷，也不能操之过急，以免落入“绿色陷阱”。

8.4 对策建议

为了在激烈的全球竞争中继续保持我国光伏产业的竞争优势，结合“绿色壁垒”的特点，建议加快引导企业打造绿色低碳供应链，并以此为重点完善碳足迹数据库和标准认证体系。

1)、加强绿色低碳供应链管理

在全球碳中和的背景下，我国光伏产品“走出去”所面临的“绿色壁垒”主要是产品碳足迹。减少产品碳足迹的方法有多种，其中一种有效的措施是绿色低碳供应链管理。充分发挥龙头企业“采购力量”的作用，积极引导光伏组件、逆变器、系统集成等核心企业进行绿色低碳供应链管理，可以将减碳要求从核心企业自身覆盖到各级供应商，带动采矿、冶炼、零配件生产、物流、仓储等上游企业开展碳减排工作，形成供应链上下游协同减碳的态势，进而减少光伏产品的碳足迹。在绿色低碳供应管理方面，建议重点使用好采购和供应商管理两个制度工具。在采购方面，积极引导核心企业优先采购低碳原材料和零部件，对一级供应商率先提出要求，并逐步向二级、三级等供应商延伸，最终实现低碳采购的全覆盖，形成各级供应商都进行低碳采购的局面。在供应商管理方面，积极引导核心企业延伸社会责任，充分发挥其在管理、技术、资金等方面的优

势，以大企业带动中小企业，通过供应商分类管理、现场核查、培训等工作，把好供应商入门关，并对其进行必要的赋能，在供应链上形成大中小企业协同低碳转型的态势。

2)、建立碳足迹数据库

在国际上，我国光伏产品的碳足迹数据被高估的一个重要原因是我国缺乏国际认可的光伏产品碳足迹数据库。因此，建立光伏产品全生命周期碳足迹数据库，可以让企业树立全生命周期的碳排放管理理念，根据碳足迹分析制订未来的减排战略，应对绿色贸易壁垒冲击。2024年6月，生态环境部等15个部门印发《关于建立碳足迹管理体系的实施方案》，提出到2027年初步建立碳足迹管理体系。作为具有国际竞争优势的光伏行业，应率先打造覆盖原材料获取、生产、运输、仓储、安装、运营和废弃处理的碳足迹数据库，全面客观地评估我国光伏产品的碳排放。在数据库建设方面，建议与国际主流数据库进行对标，并加强与国际权威专家、标准化组织、认证机构等在方法学领域的交流研讨，尽早打造形成国际认可的碳足迹数据库。

3)、完善标准和认证体系

在建设数据库的同时，需要结合“绿色壁垒”的相关内容和国际标准，尽快完善光伏企业绿色低碳供应链、碳足迹等方面的评价和认证标准。在绿色供应链管理标准方面，建议以《光伏企业绿色供应链管理规范》（T/CPIA 0027-2020）为基础，围绕光伏供应链

碳排放的关键领域，修订与采购低碳原材料和零部件、供应商低碳管理、低碳生产、低碳物流和仓储等相关的内容，将低碳要求提升至与绿色要求同等重要的地位，将协同减污降碳的理念体现在标准文本中，同时争取将此团体标准提升为行业标准乃至国家标准。在碳足迹标准方面，建议针对出口量较多的组件、电池片、硅片等光伏产品，参照国际标准和相关方法学，制订碳足迹标准，同时与我国打造的碳足迹数据库进行必要的协同。在制订国内标准的同时，应积极参与国际标准制订、认证认可以及国内外标准互认工作，以标准为基础、以认证为保障，为我国光伏产品突破“绿色壁垒”提供服务。

