

揭开光伏“污染”的迷思

——中国光伏产业清洁生产研究报告

太阳能作为一种清洁能源，其转化和使用也应该是清洁的，这也是全社会对太阳能光伏发电的期望。经过几年爆发似的增长，这个行业存在着一些亟待解决的问题，清洁生产便是其中之一。近年来，随着产能快速扩张，光伏产业的污染与能耗问题备受关注与质疑。在这样的背景下，本研究通过梳理光伏产业的各个生产环节发现，技术已经不是实现污染减排和降耗目标的障碍，中国太阳能光伏产业有能力、也应该做到清洁生产，让太阳能发电这种低碳能源真正实现清洁化。

本研究作为首份对中国光伏清洁生产现状进行梳理的报告，通过访谈和调研，分析了国内光伏产业链各个环节的环境影响、解决办法，以及能耗、碳足迹等问题，探讨了光伏清洁生产的必要性及经济性。通过梳理和回应外界对中国光伏产业所存在的疑惑，我们希望能包括政策制定者、投资者和公众面前，呈现光伏产业的真实现状并提出解决方案。

以下摘录主要研究结论，对公众最为关心的问题试做回答：

● 目前光伏产业的清洁生产状况如何？

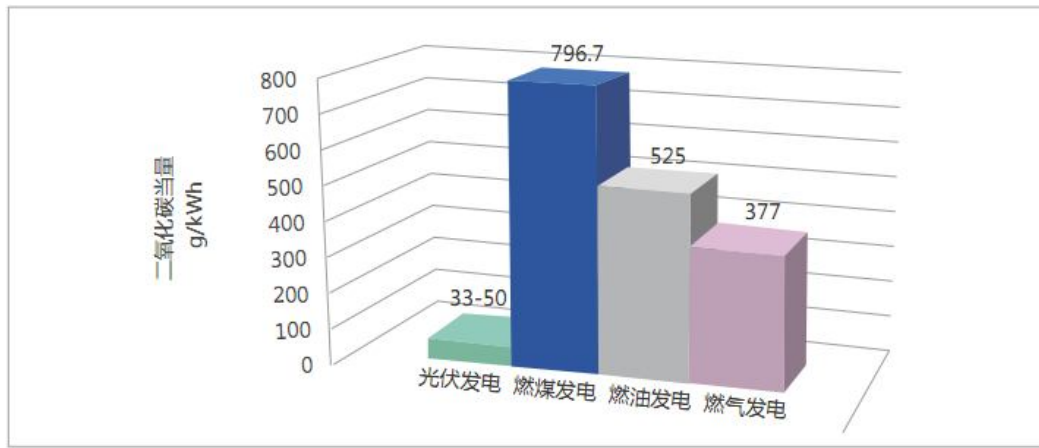
总的来看，整个光伏产业的清洁生产状况确实不令人满意。

以产业上游的多晶硅环节为例，目前中国的多晶硅企业有 70 多家，只有 20 家达到 2011 年颁布的国家《多晶硅行业准入条件》要求，说明中国的多晶硅企业只有不到三分之一的企业的能耗和环保达标能够满足清洁生产的基本要求。这 20 家企业规模也参差不齐，有的生产规模达到了万吨级，有的规模较小，有的还在建设中没有实际生产，能够继续生产的企业不到 10 家。

除了多晶硅环节，国内下游的组件企业多达 700-800 家，只有少数几家上市企业发布了企业社会责任报告，披露了企业的能耗水平和“三废”排放情况。现在看起来，这是唯一披露光伏企业环境信息的渠道。这暴露出中国光伏企业对清洁生产的认识不足，还多停留于口号和形式上。由此产生的违法、违规隐患，比如在常规污染控制方面就存在很多漏洞。

● 生产环节能耗较高，光伏发电还能称为是一种低碳能源吗？

一般光伏发电系统的使用寿命是 25 年，而据研究估算，太阳能光伏发电的能量回收期仅为 1.3 年，也就是说，光伏发电在之后的近 24 年中都是零碳排放的。晶硅太阳能电池光伏发电的碳排放为 33~50g/kWh，而煤电的碳排放为 796.7g/kWh，燃油发电的碳排放量为 525g/kWh，燃气发电的碳排放量为 377g/kWh。光伏发电仅为化石能源发电碳排放量排放十分之一到二十分之一，是真正的低碳能源。



● 哪个环节污染风险最大？哪个环节有最大的改善空间？

环节	“三废” 排放风险	能耗	减排 潜力	成本降 低潜力	评价
多晶硅					<ul style="list-style-type: none"> “三废”排放有较大的治理空间 高能耗 减排潜力巨大 较大的成本下降空间
硅锭/硅棒					<ul style="list-style-type: none"> “三废”排放有一定的治理空间 能耗居中 有较大的减排潜力 一定的成本下降空间
硅片					<ul style="list-style-type: none"> “三废”排放有较大的治理空间 能耗居中 有较大的减排潜力 较大的成本下降空间
电池					<ul style="list-style-type: none"> “三废”排放有一定的治理空间 能耗水平较高 有一定的减排潜力 有一定的成本下降空间
组件					<ul style="list-style-type: none"> “三废”排放存在治理空间 能耗较低 存在减排潜力 有一定的成本下降空间
系统					<ul style="list-style-type: none"> “三废”排放存在治理空间 能耗居中 存在减排潜力 有一定的成本下降空间

上表归纳出太阳能光伏各生产环节的环境影响评价。需要指出的是，多晶硅环节在能耗和“三废”排放方面首当其冲，因而也具有最大的污染物减排以及降低能耗的空间，且其成本下降的潜力也最大。处在这个生产环节中的企业应该努力创新，将清洁生产技术的改

进和提高作为企业的核心竞争力。

● 生产环节中的污染问题是否能够解决？如何解决？

作为一种成熟的能源转化技术，光伏生产过程中可能出现的污染是可以通过清洁生产技术解决的。比如，在多晶硅的生产环节中四氯化硅这种危险化学品的排放，实际可以通过冷氢化技术提高四氯化硅的转化率，再通过使用闭路循环来有效解决。闭路循环的使用可以有效解决四氯化硅以及三氯氢硅的排放问题，并达到回收并重复利用的目的。而“晶科能源”事故中出现的氢氟酸污染事故，可以通过使用碱中和的措施，将氟离子完全沉淀再做处理。

同时，涉及危险化学品的环节，废弃物需严格按照操作规程，交由有资质的部门或单位处理。这些措施和技术在国内已经有企业实施，说明技术并不是清洁生产的瓶颈。

● 光伏制造产业链上哪个生产环节的能耗最高？

从我们的研究可以看出，多晶硅制造是整个生产过程中耗能最高的环节。

根据国内光伏产业的能耗水平，提出以下估算。不包括从硅砂到冶金硅的能耗；以行业的平均水平：8吨硅料生产1MW硅片，计算从多晶硅开始到光伏系统整个产业链的能耗为1.032~1.658kWh/Wp。

	多晶硅	硅锭	硅片	电池	组件	系统
单位能耗	80-150 kWh/kg	7-9 kWh/kg	2 kWh/kg	0.15-0.2 kWh/Wp	0.02 kWh/Wp	0.15 kWh/Wp
总能耗占比	56%-72%	4-5%	2-3%	12-14%	1-2%	9-20%

● “三废”排放不达标的主要原因是什么？

1. 地方政府对企业的监管不利、执法不严；
2. 企业不达标排放的成本较低，导致一些企业，在常规污染物：废液、废气、固废，包括生物需氧量、化学需氧量各种指标排放方面不尽人意；
3. 企业对特殊岗位人员（例如危险化学品管理等职位）的培训不足、管理不严也会造成环境污染事故的发生。

● 最关键的清洁生产技术主要有哪些？

本研究主要提出的可达到环保与成本双赢的光伏产业关键清洁生产技术有以下几个：

1. 多晶硅生产中的冷氢化技术

2. 多晶硅生产中的闭路循环技术
3. 硅片切割使用 PEG 砂浆循环利用技术
4. 硅片切割中将钢线替换为金刚线

● 升级清洁生产会对企业成本产生什么影响？

在光伏行业中，采用清洁生产技术不但能使企业达到国家各项环保标准，还有助于公司持续降低成本，在行业中取得更强的竞争力，具有环保和经济双重效益。

在上游的多晶硅环节，经过计算，多晶硅生产环节中电力成本占总成本的比例最高，为 36% 左右，而冷氢化以及闭路循环技术能够很大程度上降低电力成本。但是由于初始投资比较大，国内只有 60% 的企业采用此冷氢化技术，与国际上 90% 比例还有很大差距。

在下游的硅片环节中，切割线、切割液和刃料在成本中总占比为 33%。使用金刚石线可以提高效率，同时节约成本；浆料内部回收再利用也能降低硅片的加工成本。经过走访企业得知，在此环节中，若新旧切割液比例由 7:3 提高到 6:4，则每生产 1MW 的硅片可以节约 30 万元。

● 实现清洁生产的主要障碍有哪些？

1. 大多数国内企业还是把清洁生产停留在末端治理阶段，并没有将清洁生产的概念从源头实施，未升级换代生产技术，使得治理费用高，而效果却并不理想。
2. 行业缺少监管以及统一的行业生产标准，加之各地方政府在大力发展新能源的过程中，盲目追求数量，地方有关部门以及工业园区为了招商引资降低三废排放标准，或者不严格执行相关环境标准，配套污染治理设施落实不到位，使得光伏行业的环境影响存在一定隐患。
3. 多晶硅行业在发展前期供不应求的局面使得生产企业忽略环保标准和清洁生产。而国内的多晶硅行业由于起步较晚，又同时面临工艺和装备落后的问题。

● 需要做出哪些改进？

1. 将清洁生产从源头做起，努力实现全产业链清洁生产；
2. 环保部门应严格执行环保标准，加强监管；
3. 制定并定期更新清洁生产的行业标准；建立相关认证体系；政府或行业协会和企业要发布年度清洁生产报告；
4. 推动科技进步、技术创新，实现清洁生产的可持续发展。