

# 服务“双碳”目标 助力光伏产业稳健发展

## 硅料期货服务能源产业绿色低碳转型发展

上海期货交易所 胡慧 高一铭 张廷波 盛玮辰

### 一、前言

2020年9月，习近平主席在第七十五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。”这标志着我国能源产业迈入新发展格局。太阳能是未来最清洁、安全和可靠的能源，运用光伏发电将太阳能进行开发利用，是目前我国及欧美国家未来能源发展的重要规划之一。

2001年是我国光伏产业开启产业化发展的元年。这一年，国家推出“光明工程计划”，我国第一条10MWp（兆瓦）太阳能光伏电池生产线获得成功。过去二十年里，我国光伏产业经历三次重大行业革命<sup>1</sup>，光伏发电的度电成本大幅下降。目前我国光伏产业已成为发展迅捷、国际竞争力最强的产业之一，形成了完整的拥有自主知识产权的光伏新能源产业链，成为一张新的“中国名片”。我国已由“两头在外”的世界加工基地，逐步转变为全产业链发展创新基地。“双碳”目标的提出，使光伏产业面临巨大发展契机；产业链上下游急剧扩张，产品价格波动加剧。期货市场服务“双碳”目标可以有哪些作为？本文结

合长期以来对新能源产业的研究跟踪，从市场角度重点论证推出多晶硅期货的必要性与可行性，并对推出工业硅期货进行展望，在条件具备时加快硅料期货的研发上市；同时，切实贯彻服务实体经济的宗旨，积极储备新能源产品期货品种，为实现“双碳”目标贡献期货力量。

### 二、多晶硅产业链及市场概况

能源按照原有形态是否改变，可分为一次能源（核能、草木燃料等）和二次能源（电能、氢能等）；按照开发利用情况，可分为常规能源（煤、石油、天然气等）和新能源（核能、太阳能、风能、地热能、海洋能等）；按照能否“再生”，可分为非再生能源（石油、煤等）和可再生能源（太阳能、水能、风能、生物质能等）。

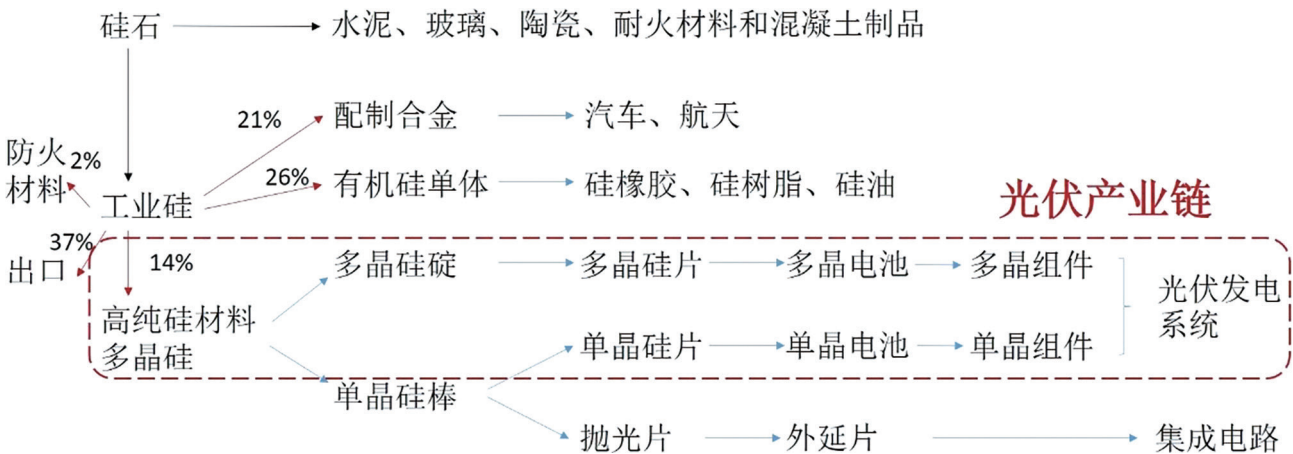
根据2020年12月21日国务院新闻办公室发布的《新时代的中国能源发展》规划，“生态优先、绿色发展”是我国能源的新时代发展导向；在“优先发展非化石能源”的具体举措上，鼓励“推动太阳能多元化利用”。太阳能是未来最清洁、安全和可靠的能源；发达国家正把太阳能开发利用作为能源革命的主要内容进行长期规划。光伏发电是根据光生伏特效应原理，利用太阳能电池将太阳光能直接转化为电能；光伏产业作为战略

<sup>1</sup> 2000年光伏电池产业链生产技术导入，2013年多晶硅改良西门子法生产技术带来的电耗大幅下降，2017年单晶炉连续拉棒、金刚线切割和PERC技术带来的电池转换效率的提升。

性新兴产业，对调整能源结构、推进能源生产和消费方式变革、促进生态文明建设具有重要意义。

近十年来我国光伏产业快速发展，已形成较完整的光伏制造产业体系，逐渐成为太阳能光伏发电强国。光伏产业链包括高纯硅材料（多晶硅）、硅片、电池片、电池组件以及光伏发电系统，多

晶硅是产业链的关键材料（图 1）。我国光伏产品在满足国内需求的同时，也正逐渐走向世界，国际化运营特点显著。在光伏整个产业链中的各环节（多晶硅、硅片、电池片和组件），我国的产能、产量的全球占比都超过 50%，硅片环节更是高达 90% 以上，是名副其实的光伏生产国。



数据来源：中国有色金属工业协会硅业分会

图 1：我国硅产业链和光伏产业链示意图

光伏产业链中各环节产品的价格波动，对于光伏产业链上的企业来说影响巨大；多晶硅作为光伏产业链的源头材料，其价格波动在整个产业链中尤为关键。为支持我国光伏产业进一步做大做强，为光伏产业链企业提供管理价格波动风险的工具，为其“走出去”参与国际竞争保驾护航，上市多晶硅期货刻不容缓。

### 三、上市多晶硅期货是服务能源产业绿色低碳转型发展的重要举措

我国是全球最大的多晶硅生产国和消费国。2021 年，我国多晶硅总产量为 49 万吨，在全球占比约为 78.3%；多晶硅消费量为 61.3 万吨，在全球占比约为 94.81%。目前国内多晶硅贸易主要采用现货定价模式，多晶硅上下游企业只能被动地接受价格波动带来的冲击，给企业的稳定生产经营带来很大的困扰。尽快上市多晶硅期货品种，是贯彻落实习近平主席在气候雄心峰会上

的讲话、《新时代的中国能源发展》白皮书的规划的重要举措；为光伏产业链企业提供有效的价格发现和风险管理工具，促进多晶硅产业公正、客观、透明定价体系的建设，对服务我国西部大开发战略等都具有重要意义与实践作用；以全球唯一光伏产业链商品期货的角色，乘“能源革命”之风助力人民币国际化。

#### （一）贯彻落实习近平主席的重要讲话

2020 年 12 月 12 日，习近平主席在气候雄心峰会上发表《继往开来，开启全球应对气候变化新征程》讲话，表示为落实践行《巴黎协定》，“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，力争 2030 年前二氧化碳排放达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和”，“到 2030 年，中国单位国内生产总值二氧化碳排放将比 2005 年下降 65% 以上，非化石能源占一次能源消费比重将达到 25% 左右，森林蓄积量

将比 2005 年增加 60 亿立方米，风电、太阳能发电总装机容量将达到 12 亿千瓦以上。”多晶硅作为光伏产业链原材料，上市多晶硅期货，是为光伏产业链企业的发展保驾护航也是贯彻落实习近平主席在气候雄心峰会上讲话的重要举措。

## （二）符合《新时代的中国能源发展》白皮书的规划部署

2020 年 12 月 21 日，国务院新闻办公室发布《新时代的中国能源发展》白皮书，提出新时代的中国能源发展贯彻“四个革命、一个合作”能源安全新战略，确立了“生态优先、绿色发展”的发展导向，在“优先发展非化石能源”的具体举措上，鼓励“推动太阳能多元化利用；全面协调推进风电开发；推进水电绿色发展；安全有序发展核电；因地制宜发展生物质能、地热能和海洋能；全面提升可再生能源利用率。”上市多晶硅期货，助力太阳能发电产业平稳发展，符合新时代我国能源发展目标与趋势。

## （三）服务国家西部大开发战略

2020 年 5 月，中共中央、国务院印发了《关于新时代推进西部大开发形成新格局的指导意见》，提出充分发挥西部地区比较优势，推动具备条件的产业集群化发展，在培育新动能和传统动能改造升级上迈出更大步伐。我国多晶硅产业主要集中在新疆、内蒙古、四川、青海等西部地区。上市多晶硅期货将为多晶硅产业在西部地区实现更大规模的扩张和建设提供有效保障，对促进当地经济发展、提高居民收入水平、支持国家西部大开发战略具有重要意义与实践作用。

## （四）价格波动剧烈，行业呼声强烈，在产业扩张期急需价格发现工具和风险管理工具，为产业链企业稳健发展保驾护航

多晶硅价格波动幅度巨大，2010 年至 2021

年，多晶硅价格的年均波动率为 71.78%。为实现“双碳”目标，光伏产业在未来将进入快速扩张期，预计多晶硅价格波动幅度将持续增大。对于国内光伏产业链企业来说，价格避险渠道相当匮乏，价格风险的暴露使得企业避险需求增加，亟需运用期货进行套期保值规避价格波动风险。同时，期货远期价格对于企业的经营具有指导作用，也对公司估值具有重要意义。然而，目前光伏产业链的商品期货市场仍是一片空白。尽快推出多晶硅期货，为高速发展的光伏产业提供价格发现和风险管理的有效工具。

## （五）促进多晶硅产业公正、客观、透明定价体系的建设

目前多晶硅现货交易多以厂家直销为主，价格通常由多晶硅生产企业向下游硅片企业报价形成。随着多晶硅生产技术升级，我国多晶硅产能、产量迅速扩张，行业需要一个更公正、客观、透明的定价体系。期货定价已成为全球大宗商品定价的主要模式，受市场普遍认可。推出多晶硅期货能发挥我国第一大多晶硅消费国和生产国优势，形成一个参与者众多、交投活跃的期货市场，并以此推动建立公正、客观的定价体系。

## （六）作为全球唯一光伏产业链商品期货，乘“能源革命”之风促人民币国际化

我国光伏产业链产品的产能、产量已居世界首位，在世界范围内占比逾 70%。目前在全球范围内，尚无光伏产业链商品期货。推出多晶硅期货，一方面可以助力我国光伏产业链企业管理价格波动风险、支持企业进一步做大做强；另一方面，多晶硅期货将作为全球范围内光伏产业链的唯一权威的价格风向标，在我国大量出口光伏产品的同时，以人民币报价，乘“能源革命”之风服务我国人民币国际化的长远之计。

## 四、多晶硅现货市场高质量发展为上市多晶硅期货提供现实支撑

多晶硅产品标准化程度高、易于存储和运输、产销量大、可供交割资源充足，具有广泛的市场需求与良好的参与主体，具备成为商品期货品种标的物的基本条件。

### （一）多晶硅标准化程度高，满足开展期货交易的基本条件

一是理化特性稳定。多晶硅是单质硅的一种形态。熔融的单质硅在过冷条件下凝固时，硅原子以金刚石晶格形态排列成许多晶核，如这些晶核长成晶面取向不同的晶粒，则这些晶粒结合起来，就结晶成多晶硅；如这些晶核长成晶面取向相同的晶粒，则这些晶粒结合起来，就结晶成单晶硅。多晶硅作为单质晶体硅的一种形态，因其半导体特性被广泛应用于光伏和微电子行业。多晶硅形态稳定，自然属性稳定，力学性能和化学性能不随时间和气候而改变，存储于清洁、干燥、通风良好和温度适宜的室内，采用集装箱或车厢运输，在存储和运输过程中品质不会发生改变。

二是国家标准明晰。按照中华人民共和国国家标准，多晶硅可以分为太阳能级多晶硅（GB/T 25074-2017）和电子级多晶硅（GB/T 12963-2014）。电子级多晶硅根据施主杂质浓度、受主杂质浓度、少数载流子寿命、碳浓度、氧浓度、基体金属杂质浓度和表面金属杂质浓度等七项指标分为三级（电子1级、电子2级和电子3级）；太阳能级多晶硅根据上述七项指标分为四级（特级品、1级品、2级品和3级品）。随着近年我国多晶硅生产技术的提高，多晶硅产量中约90%以上达到太阳能级特级品。多晶硅期货交割品标准建议设定为符合太阳能级多晶硅的特级品和电子级多晶硅的电子3级。

三是可交割资源量充足。我国是世界最大的

多晶硅生产国和消费国，现货交易顺畅，可供交割资源十分充足。2021年我国多晶硅总消费量约为61.3万吨，按照均价247.63元/公斤（2022年上半年均价）计算，产业价值约为1188亿元；其中90%以上为可交割资源。近年来，随着光伏产业链的快速扩张，我国多晶硅产能、产量将进入快速投放期。

### （二）多晶硅现货市场化程度高，产业政策明确

一是现货市场程度化高。多晶硅的市场化程度和国际化程度高，现货市场价格均通过充分竞争形成，不存在价格管制和调控。现货市场高度开放，充分竞争，现货交易顺畅。从现货市场集中度来看，我国排名靠前的多晶硅生产企业有永祥股份、保利协鑫、新特能源、新疆大全、东方希望、亚洲硅业、鄂尔多斯、内蒙东立、天宏瑞科、聚光硅业等，2021年前10大多晶硅生产企业总产能为51.3万吨，占全国总产能（行业集中度CR10）的98.84%（表1）。

二是产业政策明确。我国多晶硅现货市场产业和关税政策明确，法规健全，没有明显的不可控因素，没有影响市场稳定运行的制度障碍。我国多晶硅材料产业已基本形成了以工业和信息化部、国家能源局为主管部门，全国和地方性行业协会为自律组织的监管体系。

光伏产业是全球新能源领域的重要发展方向之一，发展趋势向好。近年来我国陆续出台了一系列促进其健康、有序发展的政策措施，极大加快了我国太阳能光伏行业发展，使之成为我国具有国际竞争优势的战略性新兴产业之一。自2017年以来，国家发展改革委、国家能源局相继颁布了《关于2018年光伏发电价格政策的通知》《关于2018年光伏发电有关事项的通知》《关于积极推进风电、光伏发电无补贴平价上网有关



表 1：2021 年我国万吨级多晶硅企业产能情况

企业名称	2020 年底 (吨 / 年)	2021 年底 (吨 / 年)
永祥股份	90000	100000
保利协鑫	85000	110000
新特能源	72000	81000
新疆大全	70000	80000
东方希望	40000	70000
亚洲硅业	20000	20000
鄂尔多斯	12000	12000
内蒙东立	12000	12000
天宏瑞科	8000	18000
聚光硅业	0	10000
其他	10500	6000
总计	419500	519000

数据来源：中国光伏行业协会，中国有色金属工业协会硅业分会

工作的通知》《国家能源局关于 2019 年风电、光伏发电项目建设有关事项的通知》《关于公布 2020 年风电、光伏发电平价上网项目通知》《关于 2021 年光伏发电上网电价政策有关事项的通知》等产业扶持政策，推动了光伏产业链快速发展。随着光伏行业技术的逐步成熟、行业规模的迅速扩大以及成本的持续下降，国家对光伏行业的政策扶持力度总体呈现减弱趋势。

### （三）多晶硅价格波动显著，具有良好的市场参与主体

近年来，多晶硅市场价格波动剧烈。2011 年至 2021 年，多晶硅价格年均波幅为 73.57%。2011 年是多晶硅价格的转折年，从年初上涨至 725714 元 / 吨后直线下跌，年内最低至 200000 元 / 吨，年波动率达 262.86%；2012 年至 2015 年，多晶硅价格运行于 110000 元 / 吨至 230000 元 / 吨；2016 年至 2020 年，多晶硅价格再下一个台阶，运行于 50000 元 / 吨至 145000 元 / 吨；2021 年，多晶硅价格大幅上涨，一度超过 250000 元 / 吨，创 2013 年以来新高（表 2）。

表 2：2011-2020 年多晶硅价格情况

元 / 吨	2011	2012	2013	2014	2015	2016
最高价	725714	222500	138250	163750	149429	137143
最低价	200000	116667	116667	138250	114857	93571
年波动幅度	262.86%	90.71%	18.50%	18.44%	30.10%	46.56%
元 / 吨	2017	2018	2019	2020	2021	2022 上半年
最高价	142429	143143	79429	76857	269000	272000
最低价	116571	79429	60857	53286	84000	230000
年波动幅度	22.18%	80.21%	30.52%	44.24%	220.24%	18.26%

数据来源：PVNews

我国多晶硅市场的直接产业参与者为多晶硅的上游生产企业（多晶硅料生产企业）、多晶硅的下游消费企业（硅片生产企业）和多晶硅中游贸易企业。截至 2021 年底，我国有效产能在万吨以上的多晶硅料生产企业有 10 家，其总产能达 51.3 万吨，占全国总产能的 98.84%。多晶硅的主要消费企业有隆基股份、上机数控、东海晶澳、包头美科硅能源、天合光能等，上述企业的多晶硅消费量约占我国总消费量的 80%。

## 五、工业硅期货展望

工业硅位于硅基新材料产业链的顶端，是光伏、有机硅、合金等国民经济重要部门的核心原料。我国是世界上最大的工业硅生产国、消费国和出口国，在全球工业硅产业发展过程中居主导地位。我国工业硅产能、产量在全球占比分别约为 80% 和 70%；随着现有化石能源的不断消耗，未来各国将向太阳能行业投入更多财力，全球光伏需求增速预计将不断加快，并带动多晶硅产量快速上升，多晶硅对工业硅的消费量随着光伏需求的增长将不断攀升。

我国工业硅产业总体产能大于需求、行业集中度相对较低。目前国内工业硅生产企业数量达 200 家以上，五大主产区产能、产量占比超过 80%，其中新疆企业数量为 23 家、云南企业数量为 70 多家、四川企业数量约为 50 家、福建企业数量为 14 家。前五大生产企业产量达 80 万吨/年，特别是合盛硅业作为国内工业硅龙头企业，其产能、产量占比分别达 20.8% 和 24%。

总体而言，工业硅产业市场化程度极高，不存在价格管制和影响市场稳定运行的制度障碍；其产品标准化程度较高，易于存储和运输。受电力成本和原辅材料价格波动的影响，工业硅企业生产经营面临着产能过剩、生产成本波动、需求波动以及缺乏公正、透明、客观的定价参考等诸

多风险。上市工业硅期货，对于期货市场发挥功能、增强工业硅行业的竞争力、提高行业发展水平与地位、打造国际工业硅定价中心具有重要意义。目前，广州期货交易所正在积极储备研发上市，建议加快推进上市进度。

## 六、结语

习近平主席在 2021 年 10 月 12 日出席《生物多样性公约》第十五次缔约方大会领导人峰会时表示，为推动实现“双碳”目标，中国将陆续发布重点领域和行业碳达峰实施方案和一系列支撑保障措施，构建起碳达峰、碳中和“1+N”政策体系。中国将持续推进产业结构和能源结构调整，大力发展可再生能源，在沙漠、戈壁、荒漠地区加快规划建设大型风电光伏基地项目。在我国及全世界能源产业迈入新发展格局的情况下，以光伏产业链为代表的新能源产业势必保持高速扩张，上下游扩张速度的错配可能导致新能源产业链产品价格剧烈波动。在我国新能源产业发展的关键时刻，应该勇立潮头、奋楫扬帆，以前期市场跟踪研究为基础，在具备条件的情况下加快硅料期货的研发上市，积极储备新能源期货品种，充分发挥期货市场发现价格、帮助企业管理价格波动风险、服务实体经济的功能，不负习近平主席在浦东开发开放 30 周年庆祝大会上对上海浦东提出的“增强全球资源配置能力，服务构建新发展格局”、“提升重要大宗商品的价格影响力，更好服务和引领实体经济发展”、“成为全球产业链供应链价值链的重要枢纽”的重大使命。

（责任编辑：吕清华）

## 作者简介：

胡慧、高一铭、张廷波、盛玮辰，均任职于上海期货交易所商品二部。