

研究报告

深度专题

多晶硅产业供需格局及发展趋势

广州期货研究中心

联系电话：020-22836116

摘要：

多晶硅是单质硅的一种形态，以工业硅为原料，经过一系列的物理或化学方法提纯后，纯度达到99.9999%以上的高纯硅。其提纯制备工艺技术可分为两大类，即以化学提纯为基础的西门子法、流化床法，以及以冶金提纯为基础的物理法。

从供应端来看，中国供应占据全球绝对优势地位。2023年全球多晶硅产能为225.6万吨，中国产能达到209.9万吨，占比全球总产能比例达到93.1%。近年来，国内多晶硅产业发展具有以下显著特征，（1）国家产业政策扶持下光，带动多晶硅产业出现明显扩张，自2014年以来，年均复合增长率达到32.7%；（2）由于多晶硅产业受电价影响较大，产能逐步向具有能源优势的地区集中，例如新疆、内蒙古、四川等地；（3）行业集中度较高，2023年多晶硅产能CR5为73%，但随着新进入企业新增产能陆续投产释放，集中度已出现较为明显下降，未来有望进一步降低。

从需求端来看，消费可分为光伏领域与半导体领域，以光伏领域为主，主要来自于中国。2023年，全球总消费量为139万吨，光伏领域占比达到97.4%，而中国占比全球光伏消费量超过95%。换言之，多晶硅消费需求主要来自中国光伏领域。国内分区域来看，主要集中于内蒙古、云南、宁夏、四川、青海等地。未来，光伏行业发展增速或有放缓，但绝对量有望继续保持高位增长，也将继续拉动多晶硅需求的稳定增长，光伏领域的多晶硅消费量占比也有望得到进一步提升。

从现货市场来看，自由贸易环节的流通性，以及现货价格的透明度、公允性有待提高。（1）目前，自由贸易环节相对偏少，市场贸易以上下游企业之间点对点交易为主；（2）市场交易无统一定价方式，通常买卖双方在硅业分会、PV InfoLink等第三方报价的基础上进行谈判定价；（3）多晶硅对于包装的洁净度要求非常高，通常需要多层包装，行业上主流包装袋为10kg/袋，每个包装箱的净重在600kg-800kg之间；（4）国内多晶硅运输以汽车运输为主，铁路运输为辅。

在国家“双碳”战略目标下，国家陆续出台众多产业政策，以鼓励支持光伏行业健康发展。目前，光伏产业上下游一体化战略逐渐成为行业发展新趋势，有望带动国内多晶硅产业进一步扩张。展望未来，从中短期来看，市场正在由P型电池不断向N型电池发展，将引导多晶硅生产企业进行技术升级，逐步向生产N型多晶硅料转变。从长期来看，随着薄膜电池技术不断发展，相关难题得到攻克，有望逐步替代纯晶硅电池技术，行业有望迎来更高质量发展。

投资咨询业务资格：

证监许可【2012】1497号

联系信息

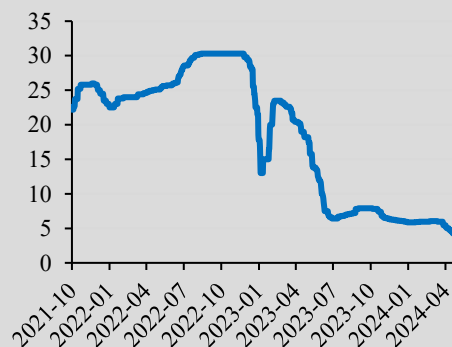
分析师：许克元

期货从业资格：F3022666

投资咨询资格：Z0013612

邮箱：xuky@gzgf2010.com.cn

多晶硅现货价格走势（万元/吨）



相关报告

目录

一、多晶硅产业概述.....	1
(一) 简介.....	1
(二) 产业链.....	1
(三) 生产工艺介绍.....	2
(四) 生产工艺对比.....	3
(五) 生产成本分析.....	4
二、多晶硅供需格局分析.....	5
(一) 全球供应：产能稳步增长，中国占据绝对优势地位.....	5
(二) 国内供应：产量&产量双增，多分布于能源优势地区.....	6
(三) 国内消费：半导体领域消费稳定，光伏领域消费为主.....	8
(四) 进出口：以进口为主，对外依赖度持续下降.....	10
三、国内多晶硅贸易情况.....	11
(一) 贸易模式.....	11
(二) 贸易流向.....	12
(三) 仓储情况.....	13
(四) 运输情况.....	13
四、行业政策及产业发展趋势.....	14
(一) 国内光伏产业政策.....	14
(二) 上下游一体化趋势影响.....	15
(三) 新一代光伏技术发展影响.....	15
免责声明.....	18
研究中心简介.....	18
广州期货业务单元一览.....	19

图表目录

图表 1：多晶硅外观.....	1
图表 2：多晶硅产业链示意图.....	2
图表 3：西门子法工艺示意图.....	2
图表 4：流化床法工艺示意图.....	3
图表 5：改良西门子法与流化床法对比分析.....	4
图表 6：国内多晶硅企业生产成本参考模型（2023 年 2 月）.....	5
图表 7：2021-2023 年全球多晶硅产能（万吨）.....	5
图表 8：2014-2023 年全球多晶硅产能（万吨）.....	6
图表 9：2014-2023 年全球多晶硅产量（万吨）.....	6
图表 10：2014-2025 年国内多晶硅产能及同比增速（万吨）.....	7
图表 11：2014-2025 年国内多晶硅产量及同比增速（万吨）.....	7
图表 12：2014-2023 年国内多晶硅分地区产能变化.....	8
图表 13：2018-2025 年国内多晶硅产能以及 CR5 变化（万吨）.....	8
图表 14：2014-2023 年多晶硅下游消费量及光伏消费占比（万吨）.....	9
图表 15：2014-2023 年全球硅片产量及中国占比（GW）.....	9
图表 16：2023 年硅片产能区域分布情况.....	10
图表 17：2014-2023 年中国光伏新增装机量及同比增速（GW）.....	10

图表 18: 2014-2023 年我国多晶硅年度进出口量	11
图表 19: 部分多晶硅长协统计 (万吨)	12
图表 20: 国内多晶硅主要贸易流向	12
图表 21: 多晶硅包装	13
图表 22: 多晶硅运输	13
图表 23: 国内光伏产业政策	14

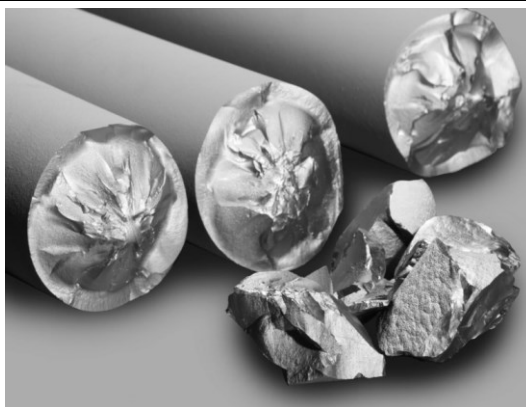
一、多晶硅产业概述

（一）简介

多晶硅是单质硅的一种形态，银灰色、有金属色泽的晶体，以纯度约99%的工业硅为原料，经过一系列的物理或化学方法提纯后，纯度达到99.9999%以上的高纯硅。

多晶硅按照其纯度不同可分为冶金级、太阳能级和电子级。（1）冶金级多晶硅，一般是指用冶金法提纯后的多晶硅，产品纯度在5N-6N（注：硅含量为99.999%-99.9999%）之间，可用于太阳能电池生产；（2）太阳能级多晶硅，一般是指纯度在6N~9N的多晶硅，主要用于太阳能光伏电池的生产；（3）电子级多晶硅是指纯度在9N以上的多晶硅产品，是制造硅抛光片、太阳能电池及高纯硅制品的主要原料，应用于电力电子上的硅材料纯度要求更高，需要达到11N以上。

图表 1：多晶硅外观



数据来源：公开资料整理 广州期货研究中心

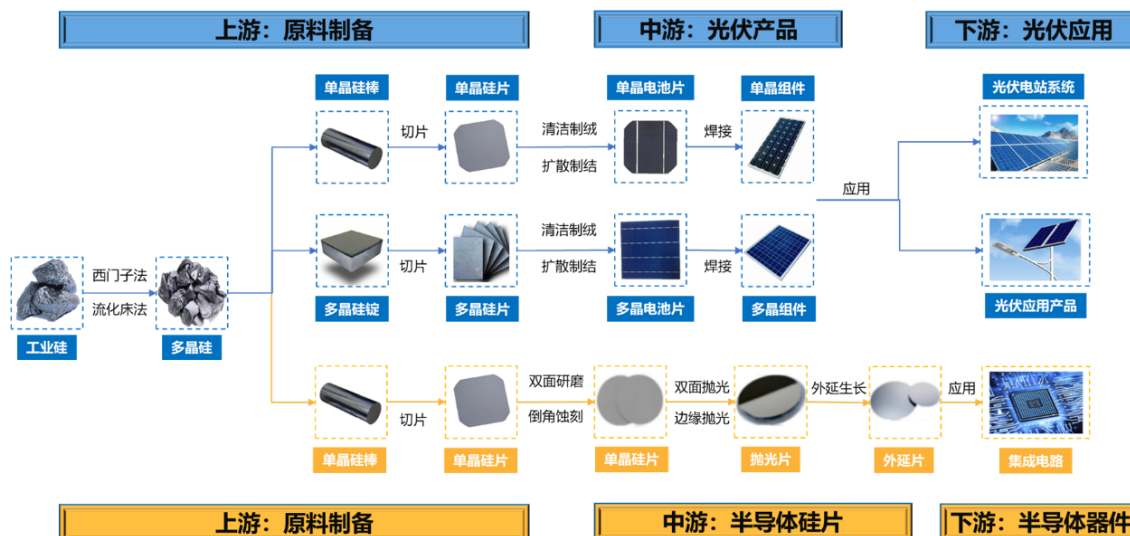
（二）产业链

多晶硅产业链是指以工业硅为基础原材料，进一步提纯加工成为多晶硅，最终应用到下游光伏产业与半导体产业的过程。因此，多晶硅产业链可细分出两个分支，分别为光伏产业链、半导体产业链。

（1）光伏产业链，包括硅料（工业硅-多晶硅）、铸锭/拉棒、切片、电池片、组件、应用系统等6个环节。上游为硅料、硅片环节；中游为电池片、电池组件环节；下游为应用系统环节。在整个产业链中，多晶硅是太阳能光伏材料的主要原料，以多晶硅和单晶硅片制造的太阳能电池占整个光伏市场的绝大部分；

（2）半导体产业链，由上游的硅料（多晶硅、单晶硅）、中游硅片（抛光片、外延片）环节支撑产业、下游的集成电路、分立器件等制造产业以及终端应用的手机、电脑、工业控制等应用产业构成。

图表 2：多晶硅产业链示意图



数据来源：公开资料整理 广州期货研究中心

（三）生产工艺介绍

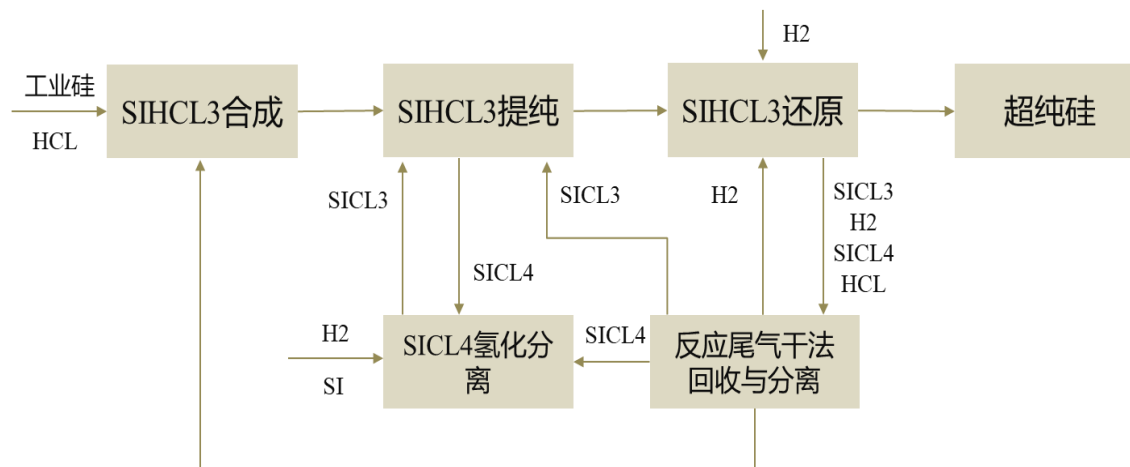
自20世纪40-50年代起，晶体管、集成电路被陆续发明后，电子工业对高纯半导体材料的需求也逐渐增大，近年光伏领域需求的“大爆发”，使得提纯技术成为相关生产企业、研究机构长期关注的焦点。由此，市场陆续开发出多种提纯制备工艺技术，大致可分为两大类，即以化学提纯为基础的西门子法、流化床法，以及以冶金提纯为基础的物理法。

（1）西门子法

由德国西门子公司于1955年发明创立，并于1957年应用于工业化生产。经过将近70年的应用和发展，西门子法不断改良优化，先后发展出了第一代、第二代、以及第三代生产工艺。

目前，第三代生产工艺即改良西门子法，它在第二代的基础上增加了还原尾气干法回收系统、 SiCl_4 回收氢化工艺，实现了完全闭环生产，是西门子法生产高纯多晶硅技术的最新技术。

图表 3：西门子法工艺示意图



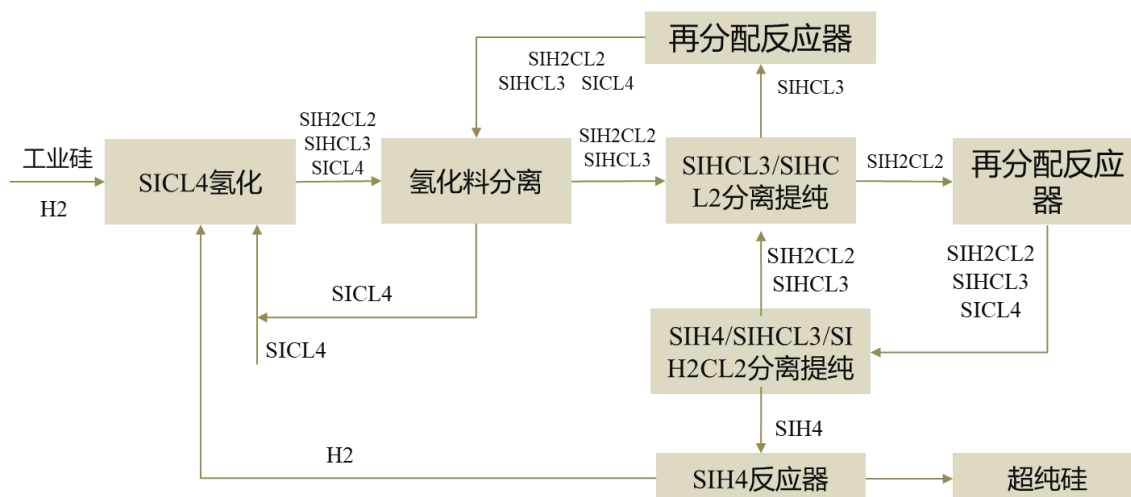
数据来源：公开资料整理 广州期货研究中心

(2) 流化床法

最早起源于 1952 年，由美国联碳公司发明创立。20 世纪 70 年代，德州仪器等多家公司对该工艺做进一步研究升级，1984 年美国 Sunedison 公司建厂生产电子级颗粒硅。目前，协鑫集团通过多年自主研发，已突破无法长周期稳定运行的瓶颈，并且通过吸收 SunEdison 先进技术，实现了技术、品质的双优化。

该工艺的主要原理是将硅烷或三氯氢硅在氢气载体的环境下与硅籽晶发生反应。在生产流程中，先将三氯氢硅经歧化反应生成硅烷气，再以氢气作为载体，将硅烷或三氯氢硅从流化床炉的底部注入反应器后上升到加热区（约 500-700 度），而硅籽晶从反应器顶部注入或预先放置在反应器中，从底部注入的气体流速足以将籽晶沸腾起来，处于悬浮的籽晶颗粒不断地外延生长，长大到足够重量的硅颗粒沉降到反应器的底部，而反应的副产物则从反应器的底部管路排出。该反应器的特点是可以持续地上下加料，反应气体从底部注入，籽晶从顶部加料，生产的硅颗粒从底部排出，可以连续生产，反应可以持续运行几千个小时。

图表 4：流化床法工艺示意图



数据来源：公开资料整理 广州期货研究中心

(3) 物理冶金法

指以工业硅为原料，直接经过冶金提纯得到纯度在 99.999%（5N）以上的多晶硅。该方法中硅元素没有参与化学反应，主要是利用材料的物理特性去除工业硅中的杂质。由此方法制得的多晶硅也被称为冶金级多晶硅，主要用于航天航空、尖端技术、军事技术的特种材料以及建筑、纺织、汽车、机械等领域，少量用于光伏领域。与化学提纯方法对比，冶金法的特点是在提纯过程中硅不参与任何化学反应，而是依靠硅与杂质物理性质的差异，通过冶金熔炼的方法将杂质去除，以获得满足纯度的多晶硅。

(四) 生产工艺对比

目前多晶硅生产工艺以西门子法为主，流化床法占比有所提高，而物理冶金法已基本被市场淘汰。其中，西门子法经过多年的发展与改进，该生产工艺已经非常成熟、稳定、安全，以及能够实现大规模生产，使其成为众多生产企业主流的选择。

与西门子法相比，流化床法在“降本增效”上具有较大的发展优势。首先，生产过程中的综合能耗相对较低，有助于降低生产成本；其次，生产连续性较高，一般可连续生产 6-18 个月，极大提高生产效率；此外，单位资本开支以及人工成本均比西门子法更低。但由于该工艺还处于发展之中，也存在一些缺点。例如，多晶硅产品纯度还有一定差距，以及硅烷易燃、易爆等特点使得对安全性要求更高，较大程度上限制了该工艺的推广使用。

与化学提纯法相比，物理冶金提纯法具有设备简单、能耗低、投资小等特点。由于物理法通过分凝、蒸发、真空氧化等方法提纯，杂质去除不彻底，杂质纯度上限在 6N 左右，以及不同批次产品的杂质均匀性不佳，因此多与改良西门子法生产的多晶硅混合使用。目前，多晶硅市场价格出现明显下降，同时光伏电池效率不断提高也对多晶硅品质提出更高要求，物理冶金法市场竞争力不断下降，已基本被市场淘汰。

综合来看，短期之内流化床法较难颠覆改良西门子法在多晶硅生产中的主流地位，但已成为国内多晶硅行业寻求技术突破的重点方向。随着国内对于流化床法技术的研究不断突破，以及新建产能逐步落地，未来流化床法市场份额将逐步提升，行业有望迎来两种工艺路线并驾齐驱的格局。

图表 5：改良西门子法与流化床法对比分析

类别	改良西门子法		硅烷流化床法	
	定性描述	备注	定性描述	备注
综合能耗	高	60-70 度/公斤	低	10-18 度/公斤
制造流程	分批次	一周	连续	6-18 月
原料	三氯氢硅	相对安全	甲硅烷	危险
产品形状	棒状	破碎成本 <0.3 美元/公斤	颗粒状	无额外处理成本
产品硅粉比例	低	<5%	高	高压流化床 10%-15%
人工要求	高	250-400 人/万吨	低	100-150 人/万吨
单位资本开支	稳定	1.4 亿美元/万吨	低	1 亿美元/万吨

数据来源：：中国有色金属工业协会硅业分会 广州期货研究中心

（五）生产成本分析

以国内改良西门子法为例，其生产成本包括原料成本、电力成本、蒸汽成本、折旧成本、人工费用、以及管理费用等。其中，原料、电力以及折旧成本为主要成本支出项目，三者合计占比达到 70%。

具体而言，（1）原料成本，主要消耗工业硅粉、氯化氢、氢气等。其中，工业硅粉为最主要成本开支，单耗系数约为 1.08，由于工业硅粉价格波动变化较大，该部分成本相对较不稳定，整体占比总成本约 30%-35%；（2）电费成本，主产区主流的电价在 0.25-0.3 元/度，整体相对稳定，综合电单耗约 6 万度/吨，生产多晶硅的电费成本在 15000-18000 元/吨，占比总成本约 25%-30%；（3）折旧成本，目前单吨投资额已降至 10 亿元/万吨之内，一般折旧期在 10-15 年之间，占比总成本约 10%。

图表 6：国内多晶硅企业生产成本参考模型（2023 年 2 月）

类别		单耗/t	单价/元	成本/元	占比
能源消耗	电力/kWh	60000	0.25	15000	25.2%
	蒸汽/t	35	60	2100	3.5%
原料消耗	工业硅粉等	1.08	19000	20520	34.5%
人工成本	-	1	5000	5000	8.4%
设备折旧	-	1	6890	6890	11.6%
研发费用	-	1	3000	3000	5.0%
管理费用	-	1	3000	3000	5.0%
销售费用	-	1	2000	2000	3.4%
财务费用	-	1	2000	2000	3.4%
合计	-	-	-	59510	100%

数据来源：中国有色金属工业协会硅业分会 广州期货研究中心

二、多晶硅供需格局分析

（一）全球供应：产能稳步增长，中国占据绝对优势地位

近十年来，全球多晶硅产能整体呈稳步增长趋势。2023年全球多晶硅产能达到225.6万吨，同比增长71.6%，主要得益于下游光伏装机快速增长拉动需求，使得较多企业纷纷进行扩产。其中，中国产能达到209.9万吨，占比全球总产能比例达到93.1%，海外产能主要分布在德国、美国、马来西亚、以及日本等。

图表 7：2021-2023 年全球多晶硅产能（万吨）

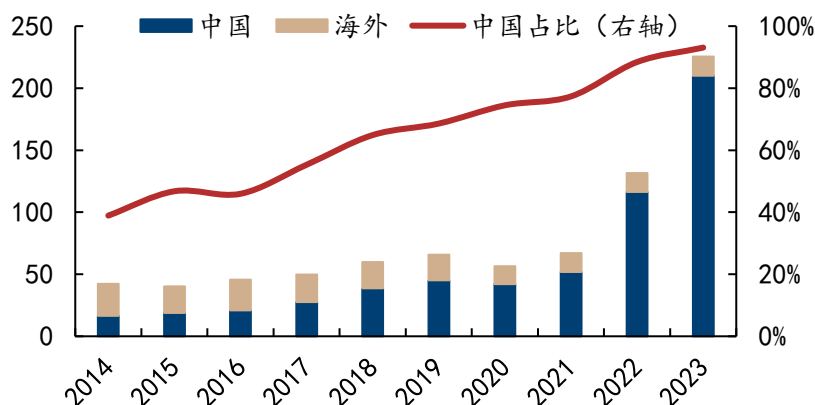
国家/地区	2021 年	2022 年	2023 年
中国	51.9	116.3	209.9
德国	6.5	6.5	6.5
美国	3.4	3.4	3.4
马来西亚	3.0	3.0	3.5
日本	1.6	1.6	1.6
韩国	0.5	0.5	0.5
其它	0.2	0.2	0.2
合计	67.1	131.5	225.6

数据来源：中国有色金属工业协会硅业分会 广州期货研究中心

从全球产能变化来看，近年来产能增量主要来自于中国，而海外国家扩产计划较少，基本维持稳定。中国多晶硅产业在全球范围内迅速崛起的原因主要有二，（1）多晶硅提纯过程需要消耗大量电能，而中国能源成本较海外其他国家具有较大优势，叠加大下游光伏装机需求刺激，使得中国光伏企业布局较多一体化产能，形成规模优势；（2）由于协鑫科技收购SunEdison后拥有较为先进的颗粒硅技术，经过多年的进一步研发，该生产工艺的稳定性与安全性得到有效保障，以及大幅降低多晶硅的生产成本，同时也获得下游市场的认可，使得近两年颗粒硅的产能也得到大幅的扩张。未来多晶硅产能增量仍主要来自中国，根据中国有色金属工业协会硅业分会预测，预计2025年中

国产能将提升至400万吨，进一步巩固供应大国地位。

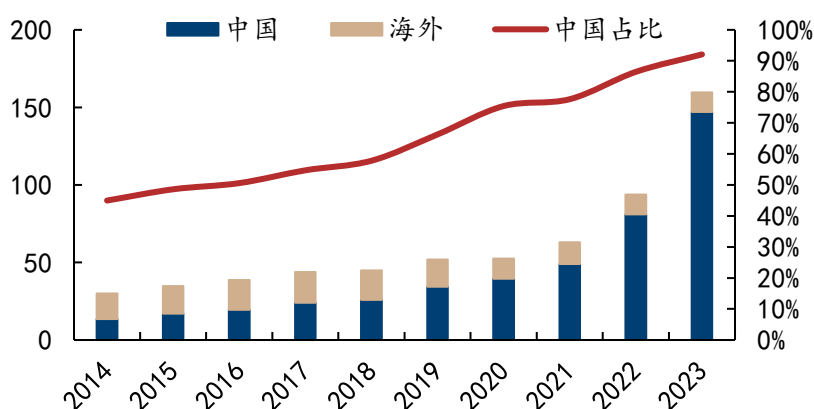
图表 8：2014-2023 年全球多晶硅产能（万吨）



数据来源：中国有色金属工业协会硅业分会 广州期货研究中心

从全球产量来看，近十年来随着多晶硅产能的扩张，产量也呈现稳步增长的趋势。2023年全球多晶硅产量达到159.7万吨，同比增长70.3%。其中，中国产能达到147.1万吨，占比全球总产能92.1%，其余海外产量主要来自德国、美国、马来西亚、以及日本等。自2016年起，中国多晶硅占比全球产量首度超过50%，之后占比呈现出逐年增长的趋势，已占据全球绝对优势地位。

图表 9：2014-2023 年全球多晶硅产量（万吨）



数据来源：中国有色金属工业协会硅业分会 广州期货研究中心

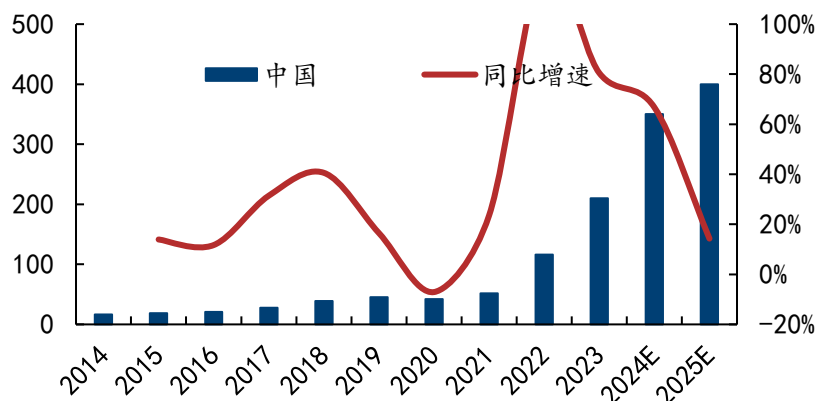
（二）国内供应：产能&产量双增，多分布于能源优势地区

近些年，国内光伏行业在国家政策扶持下呈现高速发展，同时带动多晶硅产能出现明显增长趋势。2014-2023年期间，多晶硅产能从16.5万吨增加至209.9万吨，年均复合增长率达到32.7%。自2020年以来，多晶硅价格一路走高，使得较多企业纷纷布局较多“一体化”产能项目，该部分产能于2022年下半年开始陆续投产释放，使得2022、2023年的产能同比分别增加124.1%、80.5%，远高于年均复合增长率。

目前，行业依旧尚存较多未投放的新增产能项目，据中国有色金属工业协会硅业分会预测，随着国内新增产能的持续释放，预计2025年底多晶硅产

能将达到400万吨，但国内产能已经出现饱和迹象，同比增速将出现放缓。

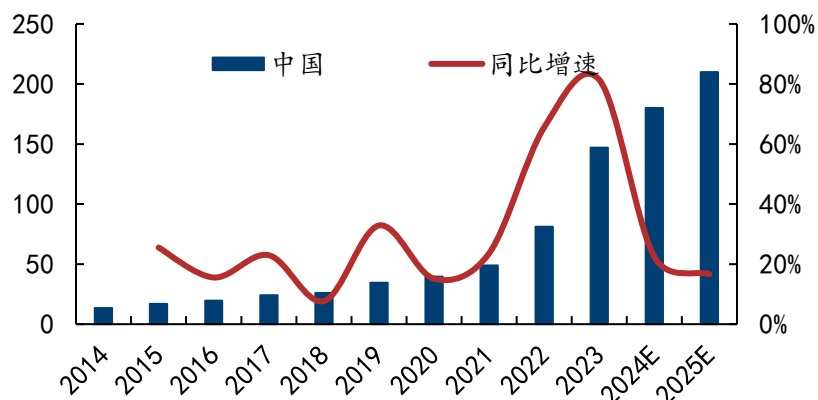
图表 10：2014-2025 年国内多晶硅产能及同比增速（万吨）



数据来源：中国有色金属工业协会硅业分会 广州期货研究中心

近十年来，国内多晶硅产量主要受新增产能投产以及成品价格波动等因素影响，整体呈现增加趋势。2014-2023年期间，国内多晶硅产量从13.5万吨增加至147.1万吨，年均复合增长率达到30.4%。其中，2018年受光伏行业“531新政”等相关政策的影响，企业开工率有所下降，当年多晶硅产量同比增速为7.7%，创下近十年低点。2020年，受市场持续低迷等因素影响，多数企业进行减产检修操作，使得产量增速再度下滑。但2021年之后，多晶硅市场出现明显好转，出现“供不应求”局面，生产企业一方面纷纷提高产能利用率，另一方面积极扩建新增产能项目，使得产量增速出现大幅走高，2023年同比增速创下历史新高，达到81.4%。随着后续新增产能进一步投产释放，预计后续产量将持续逐年抬升，但产量增速或将出现放缓。

图表 11：2014-2025 年国内多晶硅产量及同比增速（万吨）

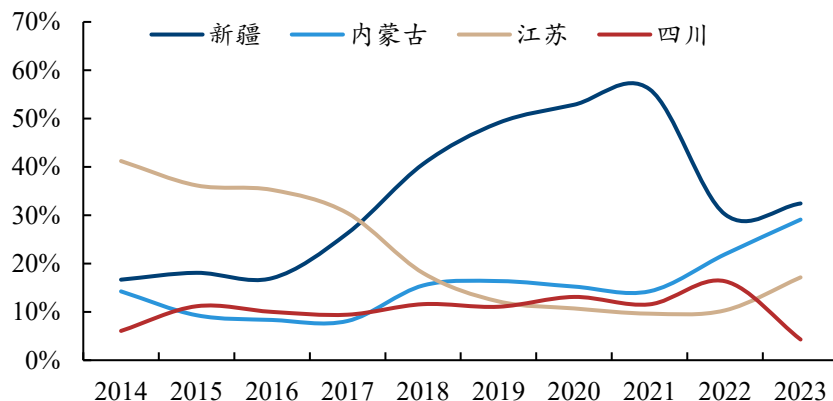


数据来源：中国有色金属工业协会硅业分会 广州期货研究中心

分地区来看，由于多晶硅产业受电价影响较大，产能逐步向新疆、内蒙古等能源相对优势的地区集中。2014-2023年期间，国内多晶硅产业经历了产能重心转移的过程，主要体现为主产地由江苏往新疆、内蒙古、四川等地转移。2014年，国内多晶硅产能分布比例为：江苏41.3%、新疆16.7%、四川6.1%、内蒙14.3%，四地产能合计占比78.4%；2018年开始，各地产能逐步向新疆和内蒙地区转移，当年国内产能布局占比为：新疆42.8%、内蒙16.3%、江苏19.0%、四川12.2%，四地产能合计占比提高到90.4%。

近两年来，新疆多晶硅产能占比出现较明显下降，一方面，由于国外部分国家对新疆实施非法制裁，当地多晶硅产业受到一定程度上影响，使得新增产能项目多转向其他地区；另一方面，多地政府积极针对硅产业进行招商引资，内蒙古、青海、甘肃、陕西、云南等地出现较多新增产能项目。

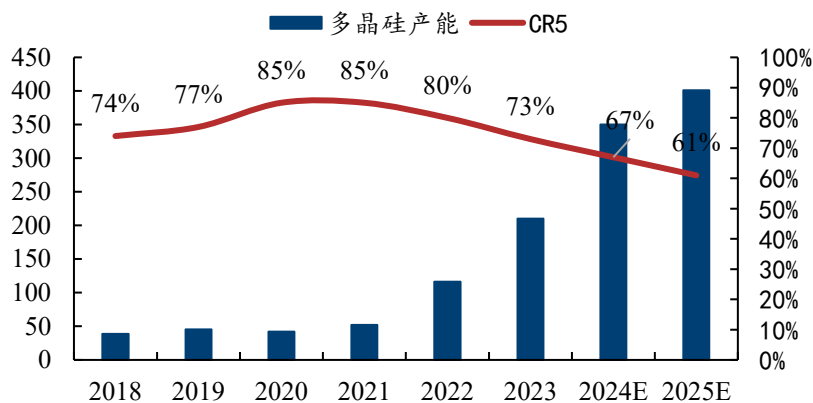
图表 12：2014-2023 年国内多晶硅分地区产能变化



数据来源：中国有色金属工业协会硅业分会 广州期货研究中心

从行业集中度来看，多晶硅行业集中度较高，但随着较多新增产能项目的释放，集中度出现较为明显下降。截至2023年底，国内多晶硅CR5为73%，相比于2022年降低七个百分点，已连续两年下降。根据硅业分会统计的企业扩产计划来看，随着新进入的企业新增产能陆续投产释放，预计未来行业集中度将进一步降低。

图表 13：2018-2025 年国内多晶硅产能以及 CR5 变化（万吨）



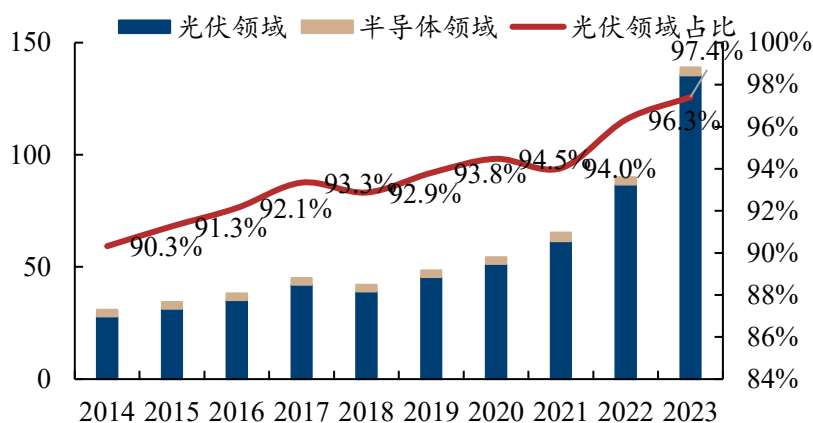
数据来源：中国有色金属工业协会硅业分会 广州期货研究中心

（三）消费流向：半导体领域消费稳定，光伏领域消费为主

多晶硅下游消费主要分为光伏领域和半导体等领域，以光伏领域为主导。2014-2023年期间，多晶硅消费量从31.0万吨增加至139万吨，年均复合增长率为18.1%。其中，光伏领域的消费量出现较为大幅的增长，为拉动多晶硅消费的核心增量，从28.0万吨增长至135.4万吨，年均复合增长率为19.1%；半导体领域消费量整体呈较为稳定趋势，基本维持在3-4万吨区间之间，从3.0万吨增

长至3.6万吨，年复合增长率仅为2.0%。

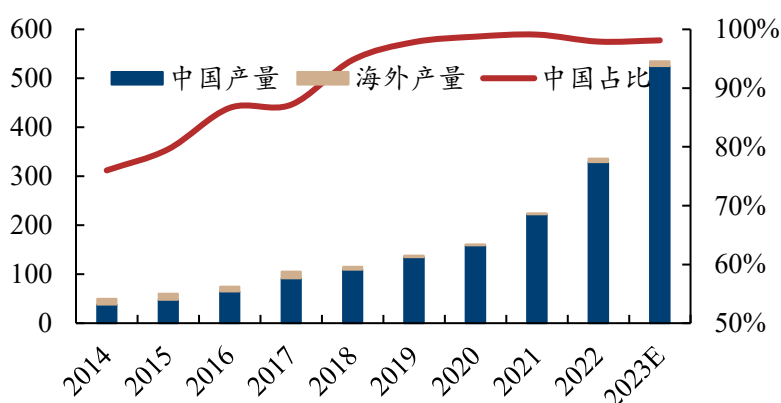
图表 14：2014-2023 年多晶硅下游消费量及光伏消费占比（万吨）



数据来源：中国有色金属工业协会硅业分会 广州期货研究中心

从光伏领域来看，其直接下游为硅片环节，2014年-2023年期间，全球硅片产量总体维持增长，也是拉动多晶硅需求核心增量。分国别看，中国产量占据绝对优势地位，自2019年后，产量占比全球持续稳定超过95%以上，而海外产量较少，主要分布于越南、马来西亚等。因此，多晶硅消费需求主要来自国内光伏领域。

图表 15：2014-2023 年全球硅片产量及中国占比（GW）

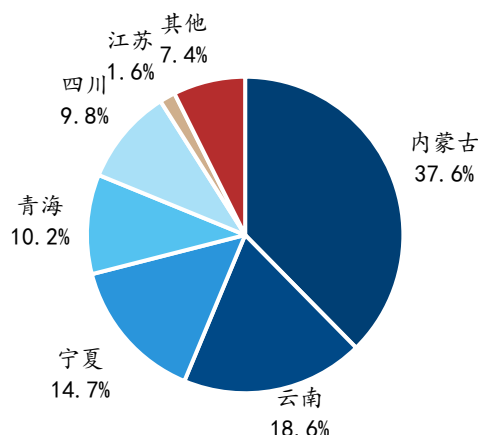


数据来源：中国有色金属工业协会硅业分会 广州期货研究中心

从国内硅片产能分布来看，截止2023年底，国内硅片产能为590GW/年，其中，单晶硅片产能为587GW/年，多晶硅片产能仅为3GW，占比不到1%，主要分布在内蒙古、云南、宁夏、四川、青海等地，占比分别为37.6%、18.6%、14.7%、9.8%，五大区域产能合计占国内总产能的80.7%。

自2018年后，硅片由多晶转向单晶技术，硅片产能分布出现较为明显的重心转移。例如，2018年国内单晶产能分布比例为：江苏30.9%、内蒙20.8%、宁夏15.2%、云南6.4%，近年来逐步向内蒙、云南地区转移，2023年已成为前两大产区，两地占比合计已由27.2%提高至56.2%。

图表 16：2023 年硅片产能区域分布情况

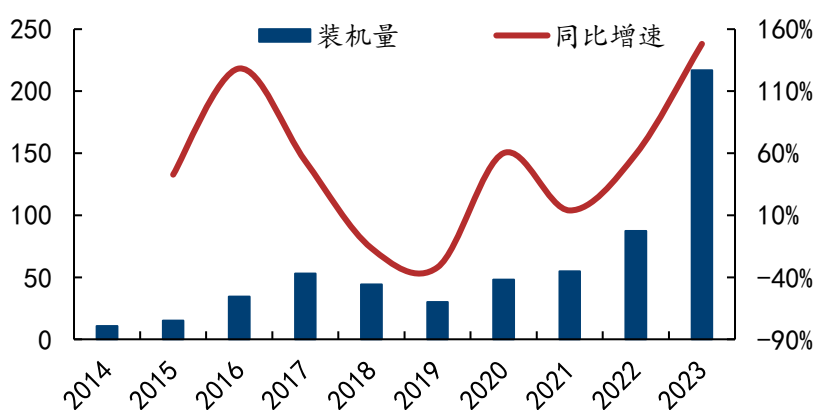


数据来源：中国有色金属工业协会硅业分会 广州期货研究中心

随着全球能源革命持续推进，新能源越来越受到各国政府的重视。一方面，海外主要发达经济体，例如美国、日本、以及欧盟等，均明确提出了新能源发展的规划路径，另一方面中国更是提出“双碳”战略目标，明确将进行能源结构改革。2021年10月，国家发布的《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》明确指出，到2030年，经济社会发展全面绿色转型取得显著成效，非化石能源消费比重达到25%左右，风电、太阳能发电总装机容量达到12亿千瓦以上。

根据国家能源局数据，2023年国内光伏新增装机达到216.88GW，接近此前四年新增装机总和，同比增长148%。在全球装机预期方面，中国光伏行业协会认为，光伏行业仍保持着高速发展，2030年全球可再生能源装机容量增至3倍已达成共识。因此，未来光伏新增装机容量增速或有效放缓，但绝对量有望继续保持高位增长，也将继续拉动多晶硅需求的稳定增长，光伏领域的多晶硅消费量占比也有望得到进一步提升。

图表 17：2014-2023 年中国光伏新增装机量及同比增速（GW）



数据来源：国家能源局 广州期货研究中心

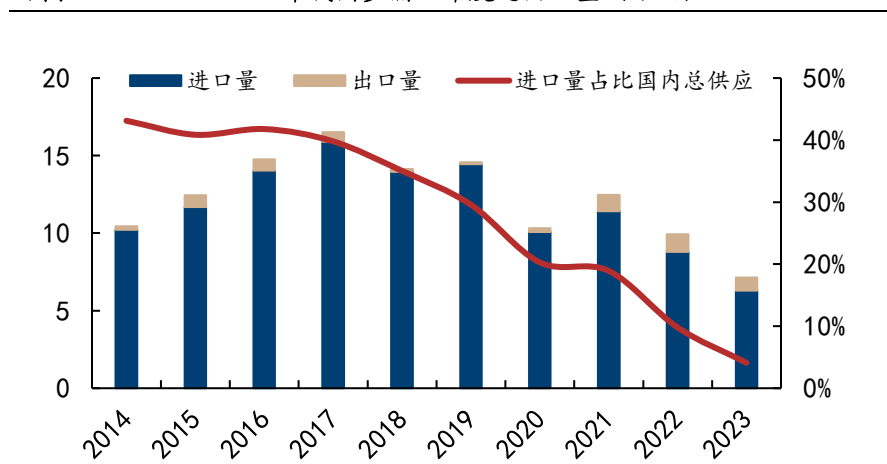
（四）进出口：以进口为主，对外依赖度持续下降

中国多晶硅以进口为主，出口较少。近十年来，进口量整体呈先升后降，主要由于国内多晶硅产能的投放，多晶硅自供保供能力增强，2017年后进口量开始逐年下降，而出口量出现小幅增长。

从进口绝对量来看，2014-2023年我国多晶硅年进口量约6-16万吨范围波动，以2017年为分界线，2017年之前，多晶硅进口逐年增长，从2014年10.2万吨增长至2017年15.9万吨，年均复合增长率为15.8%；2017年之后，多晶硅进口量开始逐步下降，从2017年15.9万吨下降至2023年6.3万吨，年均复合增长率为-14.3%。其中，2023年进口量下降幅度有所扩大，同比下降28.5%。

从进口相对量来看，多晶硅进口量占国内供应量的比重逐年下降。2014-2023年期间，占比从43.1%下降至4.1%，主要得益于国内生产成本以及技术累积优势，国内产能出现较为明显的扩张，使得多晶硅对外依赖度持续下降。随着国内更多一体化产能项目进一步投产释放，预计未来进口量仍将持续走低。

图表 18： 2014-2023 年我国多晶硅年度进出口量（万吨）



数据来源：海关总署 广州期货研究中心

三、国内多晶硅贸易情况

（一）贸易模式

近年来，由于多晶硅市场供需偏紧使得产品价值较高，叠加下游企业都具有较强的资金实力，看重稳定的货源以及品质保障。因此，行业自由贸易环节相对偏少，市场贸易以上下游企业之间点对点交易为主。目前多晶硅交易无统一定价方式，通常买卖双方硅业分会、PV InfoLink等第三方报价的基础上进行谈判定价。

此外，近年来多晶硅上下游企业签订了较多长期购销协议，通常在协议内确定一定时间范围内购销总量，每月实际成交价格按照当月市场价格协商确定。根据上市公司公告统计，2020年以来，多晶硅长协签订总量不低于491.5万吨，若长协严格执行并均匀销售，2023年有不低于112.9万吨通过长协进行销售，按2023年中国多晶硅产量147.1万吨计算，则2023年国内多晶硅长协销售占比达到76.8%。

图表 19：部分多晶硅长协统计（万吨）

销售方	采购方	签订时间	生效时间	结束时间	总量	年均量
通威	晶科能源及子公司	2022-9-9	2022-9-9	2026-12-31	38.28	8.9
通威	双良硅材	2022-7-1	2022-7-1	2027-12-31	22.25	4
大全能源	隆基	2022-11-24	2023-5-1	2027-12-31	25.128	5.4
大全能源	双良硅材	2022-9-30	2022-9-30	2027-12-31	15.53	3
特变电工	晶科能源	2022-8-26	2023-1-1	2030-12-31	33.6	4.2
特变电工	双良硅材	2022-7-12	2023-1-1	2030-12-31	20.19	2.5
协鑫科技	爱康科技	2022-9-23	2022-9-23	2027-12-31	4.584	0.9
协鑫科技	双良硅材	2021-9-22	2021-9-22	2026-12-31	5.275	1
东方希望	双良硅材	2022-9-29	2022-9-29	2026-12-31	6.68	1.6
亚洲硅业	晶澳	2021-4-20	2021-4-20	2025-8-31	7.5	1.7
亚洲硅业	隆基	2020-8-18	2020-9-1	2025-8-31	12.48	2.5

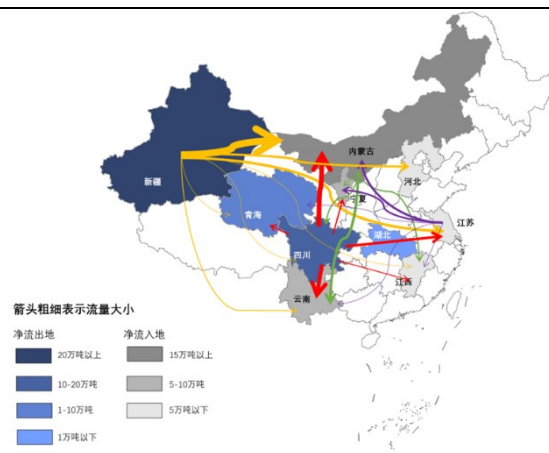
数据来源：公开资料整理 广州期货研究中心

（二）贸易流向

国内多晶硅较少直接出口，主要以国内消费为主。从贸易跨省流向来看，整体上呈由西向东、由北向南进行流动。由于多晶硅生产区域主要集中在新疆、四川、内蒙、江苏四省，而消费集则集中在内蒙、云南、宁夏、四川、青海等地，部分生产、消费大省存在重叠，因此也存在大量多晶硅在当地进行消化的情况。

从不同产区特点来看，新疆为我国多晶硅产量第一的省份，2023年产量达41.0万吨，但由于当地缺少下游环节产能，故成为净流出最为明显省份。四川、江苏两省有部分下游环节产能配套，但无法全部消化产量，因此多晶硅贸易流出也较多。由于内蒙古存在大量下游硅片环节产能，即使当地多晶硅产量较多，依旧需要从其它产区采购，为净流入最大省份。目前，光伏产业整体处于结构调整阶段，例如内蒙古存在较多新增产能陆续投产，预计未来多晶硅本地转化率有望得到进一步提高。

图表 20：国内多晶硅主要贸易流向



数据来源：广期所 广州期货研究中心

（三）仓储情况

由于多晶硅产品具有高纯度特点，故对于包装的洁净度要求非常高，通常需要多层包装。包装过程，通常将多晶硅装入洁净的高纯树脂材料的包装袋内，其中致密料需进行双层包装袋进行包装，再将包装袋装入包装箱，以避免产品外来沾污，并提供良好保护。目前，行业上主流包装袋为10kg/袋，每个包装箱的净重在600kg-800kg之间。

近年来，多晶硅市场处于供不应求情况，行业库存整体处于较低位置，使得较少出现贮存在第三方仓库，主要贮存于生产企业内部专用仓库。由于多晶硅化学性质较为稳定，不易与其他物质发生反应，叠加行业普遍对于多晶硅包装较好，不易发生被污染情况，因此在包装不受损的情况下，保质期可达到12个月时间甚至更长。

图表 21：多晶硅包装



数据来源：公开资料整理 广州期货研究中心

（四）运输情况

国内多晶硅运输以汽车运输为主，铁路运输为辅。一方面，由于包装箱较为方正，易于堆叠，运输相对方便，且无特殊限制；另一方面，相比铁路运输，汽车运输具有周转速度更快的优势。但特殊情况下，例如新疆地区导致汽运不便，会使用铁路运输。目前，汽车运输单次运量以30吨为主，通常采用13米的挂车进行运输。

国际间的多晶硅贸易运输以海运为主，陆运和空运为辅，一般根据运输距离及交通便利程度决定运输方式。

图表 22：多晶硅运输



数据来源：公开资料整理 广州期货研究中心

四、行业政策及产业发展趋势

（一）国内光伏产业政策

近年来，国内多晶硅行业受到政府的高度重视，以及国家产业政策的重点支持，针对光伏产业各环节，陆续出台多项政策，鼓励支持光伏行业健康发展。

从上游多晶硅环节来看，国家相关部门先后发布促进多晶硅环节高质量发展的政策。（1）积极规范光伏产业秩序，2022年，光伏行业出现阶段性供需错配，导致多晶硅价格剧烈波动，2022年8月工业和信息化部联合三部门发布《关于促进光伏产业链供应链协同发展的通知》，为促进产业链稳定，鼓励有关企业及公共交易机构等合理开展多晶硅及电池等物料储备，严禁囤积居奇；（2）积极促进光伏产业健康发展，2022年10月国家发改委、国家能源局联合发布《关于促进光伏产业链健康发展有关事项的通知》，强调多晶硅在光伏产业链中居于重要环节，要保障多晶硅生产所需的原料供应、用电用水用工等，合理安排检修、技术改造等计划，确保已有产能开工率；（3）合理保护本土多晶硅产业，2020年1月商务部发布《关于对原产于美国和韩国的进口太阳能级多晶硅反倾销措施期终复审裁定的公告》，自2020年1月20日起，对原产于美国和韩国的进口太阳能级多晶硅继续征收反倾销税，实施期限为5年。

从光伏产业下游来看，相关部门积极推出鼓励光伏产业发展政策，落实碳达峰、碳中和目标，大力推动光伏产业高质量发展。例如，（1）加快推动绿色低碳转型，2022年6月国家发改委联合九部门发布《“十四五”可再生能源发展规划》，明确提出加快推进以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电太阳能发电基地，设置“十四五”期间可再生能源消费增量在一次能源消费增量中的占比超过50%的目标，其中太阳能发电和风电实现翻番；（2）激励可再生能源电力开发和消费，2022年8月国家发改委联合三部门发布《关于进一步做好新增可再生能源消费不纳入能源消费总量控制有关工作的通知》，明确现阶段可再生能源包括风电、太阳能发电、水电、生物质发电、地热能发电等，有序推进新增可再生能源电力消费不纳入能源消费总量控制；（3）完善可再生能源绿证制度、绿电交易机制，2022年9月国家发改委、国家能源局联合发布《关于推动电力交易机构开展绿色电力证书交易的通知》，提出要积极稳妥扩大绿电和绿证交易范围，推动电力交易机构开展绿证交易，可通过双边协商、挂牌、集中竞价等方式组织开展绿证交易，引导更多市场主体参与绿证与绿色电力交易，促进可再生能源消费。

图表 23：国内光伏产业政策

政策名称	发文部门	时间	主要内容
《关于促进光伏产业链健康发展有关事项的通知》	国家发展改革委、国家能源局	2022 年 10 月	多措并举保障多晶硅合理产量
《关于促进光伏产业链供应链协同发展的通知》	工业和信息化部、市场监管总局、国家能源局	2022 年 8 月	鼓励有关企业及公共交易机构等合理开展多晶硅及电池等物料储备，严禁囤积居奇
《关于对原产于美国和韩国的进口太阳能级多晶硅反倾销措施期终复审裁定的公告》	商务部	2020 年 1 月	自 2020 年 1 月 20 日起，对原产于美国和韩国的进口太阳能级多晶硅继续征收反倾销税，实施期限为 5 年

《“十四五”可再生能源发展规划》	国家发改委等九部门	2022 年 6 月	加快推进以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电太阳能发电基地。“十四五”期间可再生能源消费增量在一次能源消费增量中的占比超过 50%，其中太阳能发电和风电实现翻番。
《关于进一步做好新增可再生能源消费不纳入能源消费总量控制有关工作的通知》	国家发改委、国家统计局、国家能源局	2022 年 8 月	不纳入能源消费总量的可再生能源，现阶段主要包括风电、太阳能发电、水电、生物质发电、地热能发电等可再生能源。
《关于推动电力交易机构开展绿色电力证书交易的通知》	国家发改委、国家能源局	2022 年 9 月	积极稳妥扩大绿电和绿证交易范围，推动电力交易机构开展绿证交易，可通过双边协商、挂牌、集中竞价等方式组织开展绿证交易，引导更多市场主体参与绿证与绿色电力交易。

数据来源：公开资料整理 广州期货研究中心

（二）上下游一体化趋势影响

近年来，技术发展作为光伏产业的核心驱动力正在减弱，除电池片外其它各环节技术路线相对清晰。因此，在此背景下，由龙头企业驱动的光伏产业上下游一体化战略逐渐成为行业发展新趋势。一体化趋势带来的影响是双方面的，企业可以通过实施一体化战略，进一步发掘自身潜力和行业机会，但过程中面临风险与挑战也不容忽视。

一方面，通过实施上下游一体化可以提高企业核心竞争力。（1）企业能更好地掌控其供应链，提高生产效率、优化供应链结构，并能够及时满足客户需求，为企业的竞争优势提供有力保障；（2）光伏产业的技术更新迭代速度非常快，上下游一体化提供了进一步熟悉上游或下游经营相关技术的机会，从而使企业掌握更完整的技术，并在此基础上更好地实现产品创新与升级，提高企业的市场表现，为市场发展注入更强动力；（3）行业准入壁垒变相提高，可以使关键的投入资源和销售渠道控制在企业自己手中，进而扩大经营业务，同时还限制了所在行业的竞争程度，使企业的定价有了更大的自主权，从而获得较为稳定的利润。

另一方面，上下游一体化虽然能够带来一些商业优势，但其存在潜在的风险与挑战也不容忽视。（1）上下游一体化会提高企业在行业中的投资并增加退出壁垒，从而增加商业风险；（2）不同生产环节的生产运作规模可能有所不同，存在各环节生产能力平衡的问题。例如，内部产能不能满足后面环节需求，则还需要向外采购，反之则需要对外销售；（3）一体化意味着企业内部通过固定关系进行采购以及销售，会降低各部门竞争意识，进而可能导致企业丧失活力。

（三）新一代光伏技术发展影响

近年来，光伏行业围绕着“降本增效”，行业技术不断进行升级迭代，特别是新一代电池片技术的发展和运用，已成为光伏行业变革的重要驱动力，主要包括晶硅电池、薄膜电池两类技术路线，目前晶硅电池占据绝大部分市场份额，而薄膜电池发展势头较好，未来市场前景巨大。

晶硅电池方面，根据国内市场发展来看，其技术发展路线可分为三个阶段：（1）2015年以前，主要采用多晶铝背场电池（Al-BSF）；（2）2015-2021

年，P型单晶PERC电池投资吸引力逐步凸显，国内厂商开始加码生产PERC电池生产，PERC电池产能实现爆发式增长；（3）2022年以来，N型电池产能开始陆续释放，但市场主流仍为PERC电池。

由于P型单晶PERC电池转换效率理论极限为24.5%，据CPIA数据，2022年其实际平均转换效率已达23.2%，未来效率提升空间有限。另一方面，N型电池主流代表包括TOPCon、HJT、IBC，其中转换效率分别已达到24.5%、24.6%、24.5%，均已基本超过PERC电池转换效率的理论极限，因此N型电池替代P型电池已成为光伏产业主旋律。主流N型电池的优缺点总结如下：

（1）TOPCon转换效率理论极限为28.7%，存在较大提升潜力。同时，TOPCon的生产工艺具有较大兼容性，可通过在PERC电池产线上增加扩散、刻蚀及沉积等工艺进行直接改造，实现转换效率的大幅提升，并延长存量设备的使用周期，降低前期投资沉没成本。

（2）HJT转换效率理论极限为28.5%，同样也有较大提升空间。另一方面，生产工艺流程短，仅需4个环节：制绒、非晶硅沉积、TCO沉积、丝网印刷，远少于PERC（10个）与TOPCon（12-13个）生产环节。但HJT与主流PERC工艺路线完全不同，生产设备不兼容，因此只能重投产线，导致前期投资成本较高。

（3）IBC转换效率理论极限为29.1%，较TOPCon、HJT电池转换效率理论极限更高，而且因IBC电池的电极位于电池背面，不会受到光阳极氧化的影响，从而能够获得更高的光稳定性和电化学稳定性。但由于其制备难度高、成本高等因素，目前还存在一些技术挑战和应用局限。

薄膜电池方面，其是继晶硅电池之后出现的第二代电池技术，根据NREL统计数据，2021年薄膜电池出货量约为7.8GW，市场占比约为4%，成为光伏市场的重要补充。种类上包括硅基类（非晶硅、微晶硅、低温多晶硅等）、化合物类（碲化镉、铜铟镓硒、III-IV组、钙钛矿等）、有机质类等。

众多薄膜电池中钙钛矿电池更具发展潜力，其核心有三大优势：（1）原材料丰富且易于合成。钙钛矿型材料是与ABX₃化学结构类似的化合物统称，其中A位、B位、X位均可选代替换，可选的材质种类众多。其中A的主流选择是有机阳离子，比如甲胺、甲脒等，或无机阳离子，比如铯；B为二价金属阳离子，比如铅或镉；X为卤素阴离子。而该类型材料均为储量丰富且便宜的材料；（2）光电特性好。钙钛矿吸光性很强，更容易释放电子，其仅需要0.1-0.5微米，就能吸收大部分阳光。而晶硅电池要达到同样的效果，至少需要130-170微米；（3）生产工艺流程短。在钙钛矿整个生产流程中，不同于晶硅路线要经历硅料、硅片、电池片、组件四个环节方可制备晶硅组件，而钙钛矿组件制备只需要单一工厂，且生产过程耗时较晶硅大幅缩短，能耗也大为降低。

当然还有一些问题制约钙钛矿电池发展，导致目前依然较难量产，主要为：（1）稳定性不足。钙钛矿电池比较脆弱，存在不耐高温、不耐光照、易水解，最早期的钙钛矿电池甚至只能持续几分钟，目前其最高寿命为3000小时，但晶硅电池寿命超过25年；（2）原料具有污染性。从当前来看，钙钛矿的组成结构中，铅对于高性能钙钛矿是必要的，未发现其它元素替代的方法，使得效率超过20%，仅锡基钙钛矿效率可达16%左右，但还较不成熟。因此，原料铅可能会对环境造成污染；（3）大面积制备较难。钙钛矿电池的转换效率，往往随面积增大而衰减严重，其原因为大面积制备时，面积厚度比极大，膜质量（平整度、致密性等）难以保证效率衰减。例如，单结钙钛矿电池的面积，从实验室的0.1平方厘米增加到约10平方厘米时，效率会从25.5%下降至19.6%。目前转换效率高的钙钛矿电池尺寸均为实验室级别，未达到商业化尺

寸。

从中短期来看，第一代晶硅太阳能电池占据主导地位，目前市场正在由P型电池不断向N型电池发展，未来下游对于N型多晶硅料需求占比将不断提高。但N型与P型多晶硅料相比，其对质量要求更高，因此也将引导多晶硅生产企业进行技术升级，逐步向生产N型多晶硅料转变。从长期来看，随着薄膜电池技术不断发展，相关难题得到攻克，有望逐步替代纯晶硅电池技术，行业有望迎来更高质量发展。

免责声明

本报告由广州期货股份有限公司（以下简称“本公司”）编制，本公司具有中国证监会许可的期货公司投资咨询业务资格，本报告基于合法取得的信息，但本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。

我们已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，并不构成所述品种的操作依据，投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。在任何情况下，本公司以及雇员不对任何人因使用本报告中的任何内容所引发的任何直接或间接损失负任何责任。

本报告版权归本公司所有，本公司保留所有权利。未经本公司事先书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、引用或转载本报告的全部或部分内容，不得再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。如引用、刊发，须注明出处为广州期货股份有限公司，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

广州期货股份有限公司提醒广大投资者：期市有风险，入市需谨慎！

研究中心简介

广州期货研究中心秉承公司“不断超越、更加优秀”的企业精神和“简单、用心、创新、拼搏”的团队文化，以“稳中求进、志存高远”为指导思想，在“合规、诚信、专业、图强”的经营方针下，试图将研究能力打造成引领公司业务发展的名片，让风险管理文化惠及衍生品投资者，回报客户、回报员工、回报股东、回报社会。

研究中心设立农产品研究团队、金属研究团队、化工能源研究团队、金融衍生品研究团队、创新研究团队等五个研究团队，覆盖了宏观、金融、金属、能化、农牧等全品种衍生工具的研究，拥有一批理论基础扎实、产业经验丰富、机构服务有效的分析师，以满足业务开发及机构、产业和个人投资者的需求。同时，研究中心形成了以早报、晨会、周报、月报、年报等定期报告和深度专题、行情分析、调研报告、数据时事点评、策略报告等不定期报告为主体的研究报告体系，通过纸质/电子报告、公司网站、公众号、媒体转载、电视台等方式推动给客户，力争为投资者提供全面、深入、及时的研究服务。此外，研究中心还会提供定制的套保套利方案、委托课题研究等，以满足客户的个性化、专业化需求。

研究中心在服务公司业务的同时，也积极地为期货市场发展建言献策。研究中心与监管部门、政府部门、行业协会、期货交易所、高校及各类研究机构都有着广泛的交流与合作，在期货行业发展、交易策略模式、风险管理控制、投资者行为等方面做了很多前瞻性研究。

未来，广州期货研究中心将依托股东越秀资本在研究中的资源优势，进一步搭建适合公司发展、适合期货市场现状的研究模式，更好服务公司业务、公司品牌和公司战略，成为公司的人才培养基地。

研究中心联系方式

金融衍生品研究团队：（020）22836116

金属研究团队：（020）22836117

化工能源研究团队：（020）22836104

创新研究团队：（020）22836114

农产品研究团队：（020）22836105

办公地址：广州市天河区临江大道1号寺右万科中心南塔6层

邮政编码：510627

广州期货业务单元一览

广州期货是大连商品交易所（会员号：0225）、郑州商品交易所（会员号：0225）、上海期货交易所（会员号：0338）、上海国际能源交易中心（会员号：8338）会员单位，中国金融期货交易所（会员号：0196）交易结算会员单位，可代理国内所有商品期货和期权、金融期货品种交易。除从事传统期货经纪业务外，公司可开展期货投资咨询、资产管理、银行间债券市场交易以及风险管理子公司业务。公司总部位于广州，业务范围覆盖全国，可为投资者提供一站式的金融服务。

广州期货主要业务单元联系方式

上海分公司	杭州城星路营业部	上海陆家嘴营业部	广东金融高新区分公司
联系电话：021-68905325 办公地址：上海市浦东新区向城路69号1幢12层（电梯楼层15层）03室	联系电话：0571-89809624 办公地址：浙江省杭州市江干区城星路111号钱江国际时代广场2幢1301室	联系电话：021-50568018 办公地址：中国（上海）自由贸易试验区东方路899号1201-1202室	联系电话：0757-88772666 办公地址：广东省佛山市南海区海五路28号华南国际金融中心2幢2302房
深圳营业部	佛山分公司	东莞营业部	清远营业部
联系电话：0755-83533302 办公地址：广东省深圳市福田区梅林街道梅林路卓越梅林中心广场（南区）A座704A、705	联系电话：0757-83607028 办公地址：佛山市禅城区祖庙街道季华五路57号2座3006室	联系电话：0769-22900598 办公地址：广东省东莞市南城街道三元路2号粤丰大厦办公1501B	联系电话：0763-3808515 办公地址：广东省清远市静福路25号金茂翰林院六号楼2层04、05、06号
肇庆营业部	北京分公司	湖北分公司	郑州营业部
联系电话：0758-2270761 办公地址：广东省肇庆市端州区信安五路2号华生商住中心商业办公楼1704、1705办公室	联系电话：010-63360528 办公地址：北京市丰台区丽泽路24号院1号楼-5至32层101内12层1211	联系电话：027-59219121 办公地址：湖北省武汉市江汉区香港路193号中华城A写字楼14层1401-9号	联系电话：0371-86533821 办公地址：河南自贸试验区郑州片区（郑东）普惠路80号1号楼2单元23层2301号
青岛分公司	四川分公司	机构业务部	机构事业一部
联系电话：0532-88910060 办公地址：山东省青岛市崂山区深圳路100号办公楼905室	联系电话：028-83279757 办公地址：四川省成都市武侯区人民南路4段12号6栋802号	联系电话：020-22836158 办公地址：广州市天河区临江大道1号寺右万科中心南塔6层	联系电话：020-22836155 办公地址：广州市天河区临江大道1号寺右万科中心南塔6层
机构事业二部	机构事业三部	机构事业四部	广期资本管理（上海）有限公司
联系电话：020-22836182 办公地址：广州市天河区临江大道1号寺右万科中心南塔6层	联系电话：020-22836185 办公地址：广州市天河区临江大道1号寺右万科中心南塔6层	联系电话：020-22836187 办公地址：广州市天河区临江大道1号寺右万科中心南塔6层	联系电话：021-50390172 办公地址：上海市浦东新区福山路388号越秀大厦22层2201室