

2023-10-11

工业硅 | 深度报告

## 工业硅期货市场表现及应用分析

### 报告要点

#### ◆ 摘要


工业硅期货上市以来平稳有序运行，流动性不断改善，期现价格相关性达 0.96，套期保值效率较高，产业参与度显著提升。工业硅期货上市为产业企业提供了有效的套期保值工具，能够帮助企业平滑现金流、改善库存管理等。在硅能源新增产能规划较大的背景下，工业硅和有机硅生产企业保值需求凸显，光伏产业链也具有较强的原料价格风险管理需求，工业硅套期保值参与度有望进一步提高。产业期待工业硅期货价格成为现货贸易定价基准，优化长协定价模式存在的公允透明度欠缺问题，对于上市产业链下游品种多晶硅期货的呼吁也较强。但另一方面，产业链下游企业对期货市场的接受度还有待提高，需要期货公司利用专业优势帮助产业企业转变经营观念、构建期货部门和建设套保制度等，为企业提高工业硅套期保值参与度减少障碍。

随着产业参与方对工业硅期现联动规律的把握能力不断提高，期货交易规模逐步扩大，投机、套利、套保逐渐均衡，期货市场对现货市场的影响力度有望继续扩大，有利于加速工业硅期货价格向现货贸易基准价格的方向发展。

### 公司资质

长江期货股份有限公司交易咨询业务资格：鄂证监期货字[2014]1 号

### 研究员

 **李旒**

✧ 从业证号：F3085657  
✧ 投资咨询编号：Z0017083  
✉：lini@cjsc.com.cn

### 联系人

 **汪国栋**

✧ 从业证号：F03101701  
✉：wanggd1@cjsc.com.cn

# 一、引言

## （一）研究背景和意义

广州期货交易所（以下简称“广期所”）的 SI 工业硅期货是我国首个新能源金属品种，也是全球首个工业硅期货，上市以来整体运行稳定，市场交易理性。工业硅期货运行已经历了交易、风控、交割等环节组成的完整生命周期，通过工业硅期货进行套期保值和交割的产业企业数量有序增长，工业硅期货发现价格、套期保值和配置资源等产业服务功能正在逐步体现。

工业硅期货已上市运行 9 个月时间，但针对其市场表现和应用分析的研究涉及较少。我国是工业硅最大的生产国和消费国，生产产能对全球占比在 80% 左右，产业集中度较低，在工业硅现货贸易中多采用长协定价模式，缺乏透明度和标准化的定价机制，并且受制于由其它国家掌握的基准定价权，定价能力和实际贸易量地位不匹配。通过期货引导作用形成更公允规范的市场行业价格体系可以增强企业在国际竞争中的议价话语权，对产业链企业的稳定发展具有重大意义。此外，除了工业硅生产企业需要规避价格波动的不利影响，国内下游有机硅单体和中间体企业较为集中，整体产能规模较大，这类企业也具有较强的套期保值需求。待光伏产业链价格博弈加剧后，多晶硅企业的工业硅原料套期保值参与度也有望提升。但目前产业链相关企业运用工业硅期货进行套期保值的开展情况和意见建议缺乏具体的梳理和研究。

本文对工业硅期货上市以来的运行情况进行分析，并对其市场表现和套期保值应用进行评价。期货价格与现货价格的关系决定了套期保值效果，评价工业硅期货运行情况及套期保值应用情况，是评价其是否适合作为套期保值有效工具的基础。

我们通过调研方式整理分析国内大型工业硅生产贸易企业、有机硅单体中间体企业、多晶硅企业和铝合金企业参与套期保值以及利用工业硅期货作为工具的情况，通过比较同类型

企业的保值情况差异，总结调研企业在参与期货市场中遇到的问题和困难，参考以往的保值经验，形成有价值的意见建议。填补针对工业硅期货套期保值应用分析的空白，为工业硅期货运行进一步成熟完善以及期货公司如何服务工业硅产业企业提供依据。

## （二）研究思路和创新点

工业硅期货在广期所的上市时间不足一年，针对其市场表现和应用分析的研究较为不足。同时，工业硅产业企业受到自身经验和企业背景的限制，对于工业硅期货适合能发挥套期保值功能存在疑虑。因此，本文围绕工业硅期货市场表现和产业企业的套期保值应用两方面进行评估，并给出结论和建议。

通过实证可以看到工业硅期货价格和现货价格线性关系和单调关系的相关系数均大于0.9，相关性很强，上下游企业可以很好的运用工业硅期货工具进行套期保值。并且，工业硅的期货价格和现货价格存在长期均衡关系，工业硅期货市场拥有价格发现功能，能引导现货市场的价格走势。

通过引导鼓励产业企业参与期货市场的套期保值和基差贸易，强化工业硅期货对于供需情况的反应能力，随着产业参与方对工业硅期现联动规律的把握能力不断提高，投机、套利、套保逐渐均衡，期货交易规模逐年扩大，期货市场对现货市场的影响力度有望继续扩大。

## 二、工业硅期货市场表现和套期保值应用分析

工业硅期货从2022年12月22日上市至2023年9月28日，总计189个交易日，期间平稳运行，市场规模持续增长，流动性逐步改善，累计成交1047万手，日均单边成交量为2.77万手，合计13.85万吨。截至9月，累计完成交割2次，累计交割量达到22069吨，累计交割金额16.8亿元。广期所工业硅期货作为全球第一个工业硅期货，受到了全球市场的关注，随着工业硅期货市场的稳定运行，其服务市场经济的功能也开始逐步发挥。本文将

分别从期货市场表现和产业服务套期保值应用这两大方面来分析工业硅期货上市至今的功能发挥情况。

### （一）工业硅行业发展现状

工业硅由硅石 ( $\text{SiO}_2$ ) 经碳质还原剂 (石油焦、洗精煤、木炭等) 在矿热炉中冶炼所得, 是生产有机硅、多晶硅的最重要原料, 也是制造铝合金的原料之一。近年随着光伏和有机硅产业的快速发展, 我国工业硅产能产量呈现稳步增长态势。下游有机硅需求是工业硅消费占比的最重要部分, 随着光伏需求的增长, 多晶硅产业对工业硅需求量不断攀升。有机硅及铝合金行业发展逐渐步入平稳阶段, 多晶硅已超越有机硅成为国内工业硅下游第一消费流向。全球与中国的消费结构存在一定的区别, 全球排名前五的多晶硅生产企业大部分来自中国, 工业硅产能主要分布在中国、美国、巴西和挪威, 2022 年中国工业硅产能占全球产能的比重约为 81%, 全球工业硅新增产能主要由中国贡献。近年来工业硅新增产能扩张较快, 截至 2022 年底, 我国工业硅总产能达 631 万吨, 同比增加 19.5%, 产量约 327 万吨, 同比增加 17.6%。

工业硅供应端主要受电力资源以及硅石原料供给的限制, 生产成本主要由两大部分构成, 一是用电成本, 在生产过程需要消耗大量电力, 每吨工业硅冶炼所需电耗为 11000-13000 度左右, 电力成本占比在 30%左右, 二是硅石和还原剂成本, 这部分成本占比为 40%左右。2015 年前, 国内产区集中于云南四川, 两省生产主要利用水电, 季节性差异大, 淡旺季明显, 枯水期电力成本会高于丰水期。2015 年后, 国内西北地区新增产能投放较为集中, 新疆产区产能份额增大, 产区主要利用火电, 全年供应平稳, 价格季节性波动弱化。当前西南产区受水电季节影响大, 生产企业规模较小, 在西南产区枯水期成本较西北产区会上抬 1500 元/吨左右。

2023 年上半年, 工业硅期货经历了连续的下跌行情, 供过于求背景下库存高企以及成本塌陷是价格下跌的主要原因。具体来看, 下游需求方面偏弱主要是源于有机硅终端消费持

续走弱和出口需求疲软。近十年国内有机硅单体和中间体产能持续增长，我国已经成为全球第一大有机硅有机硅单体及中间体生产国，单体及中间体产能对全球占比约 70%，2022 年中间体 DMC 产能为 265 万吨，五年复合年均增长率为 17.51%，产量为 171 万吨，同比增加 20.6%，五年复合年均增长率为 9.54%。有机硅终端消费主要集中在建筑业和房地产领域，2022 年国内有机硅生产消费工业硅数量为 92 万吨，占比 36%。近三年国内房地产处于下行调整周期，同时由于欧美国家连续加息对经济产生抑制作用，上半年中间体 DMC 出口量为 19.51 万吨，较去年同期回落 27.4%，出口面临较大压力。自 2020 年疫情爆发以来，海外有机硅企业产能有所收缩，拉动中国有机硅出口量增长，随着海外有机硅企业逐步复产，海外下游需求继续走弱，有机硅出口仍将延续下降趋势。国内外下游需求疲弱，而国内新增产能不断释放，导致有机硅价格周期性高位回调，中间体生产企业利润持续恶化，部分企业成本倒挂严重，主动调低开工率降负生产。

图 1: 工业硅期货价格走势



数据来源: ifind 长江期货有色产业服务中心

2020-2022 年, 在全球双碳目标及可再生能源大发展的背景下, 全球光伏装机的高速增长拉动了多晶硅需求, 供需缺口持续存在, 多晶硅价格屡创十年新高。多晶硅生产企业利润持续增加, 驱动企业积极扩产, 近年来多晶硅生产产能逐渐向我国集中, 供应稳居全球第一。2012-2022 年中国多晶硅产能从 16 万吨增至 116 万吨, 同比增加 87.2%, 多晶硅产量从 8.4 万吨增至 85.7 万吨, 同比增加 69.4%, 中国产量对全球占比从 35%提升至 85%。2022 年多晶硅生产消耗工业硅达到 100 万吨, 占比 39%, 较 2021 年上升 9%, 在下游消费中占比最大。多晶硅生产过程中单位电耗较高, 因此我国多晶硅生产主要集中在新疆、内蒙古、四川等电力资源丰富的地区, 多晶硅行业具有高集中度的特点, 前十大生产企业产能占比达到 95%以上, 2022 年国内前五大生产企业产量占比达到 77%。全球多晶硅消费量总体呈现稳步上升趋势, 按用途分为太阳能级多晶硅和电子级多晶硅, 太阳能级多晶硅是光伏产业链的上游, 电子级多晶硅是半导体产业链的上游, 多晶硅需求以光伏产业为主导, 前者约为后者的 14 倍之多。

铝合金分为铸造铝合金 (70%) 和变形铝合金 (30%) 两大类, 铸造铝合金主要应用于汽车行业, 变形铝合金应用于建筑业。铝硅合金是铸造铝合金的一种, 生产工艺较为简单, 在铝原料中加入其他微量元素金属元素为添加剂, 通过添加硅元素可以提高铝合金的高温流动性, 减少收缩率, 减少热裂倾向, 从而提高耐磨性。从铸造铝合金的下游消费看, 汽车消费占比超过 63%, 汽车、摩托车以及电动车等交通领域合计占比在 73%以上。汽车轻量化是未来汽车制造业的主流发展趋势, 铝合金凭借其密度低、轻质化、成形好的性能优势, 成为轻量化发展的首选制造材料, 新能源汽车是铝硅合金最大的终端增长领域。2022 年铝合金领域消耗工业硅 60 万吨, 占比 23%, 下降 4%。

今年一季度, 枯水期成本上移对工业硅价格构成支撑, 下游需求预期回暖驱动工业硅价格上行至阶段性高位 18600 元/吨。但新增产能大量释放对价格施压, 且丰水期到来和还原



剂原料成本下跌令成本支撑减弱，工业硅现货价格跟随期货价格一路下行。受工业硅价格连续下跌的影响，西南产区部分生产企业在价格跌破盈亏平衡线后减产，新疆产区新增产能持续投放令整体供应充足，未来仍会有新产能释放。下游光伏装机拉动多晶硅消费对工业硅需求构成支撑，在工业硅供需双增的背景下，工业硅价格受上下游产品的供需状况影响较大，包括上游的石油焦等碳质还原剂价格和产区电力成本，以及下游的多晶硅、有机硅和铝合金的需求情况等，另外还受到产业政策、汇率变动、宏观经济形势等因素的影响。

工业硅全球贸易流动性较强，在工业硅国际贸易中，主要采用英国金属导报、英国商品研究所等国际机构公布的价格指数作为定价基准，第三方价格影响偏大，缺乏透明度和标准化的定价机制。同时还受到欧美国家的反倾销限制，2020 年以前我国工业硅出口价格长期低于挪威和巴西。在“能耗双控政策”双碳目标的背景下，市场价格波动进入非理性阶段，给国内中游及下游企业带来了很大的经营风险。工业硅期货具有价格发现功能，并可以作为套期保值的工具，能够实现对冲价格风险的目的，从而帮助企业布局销售或采购计划，锁定生产利润。在实际操作过程中，工业硅期货能够有效反映现货市场价格变化，及能够提供足够的流动性完成套期保值操作是发挥产业服务功能的重点所在。

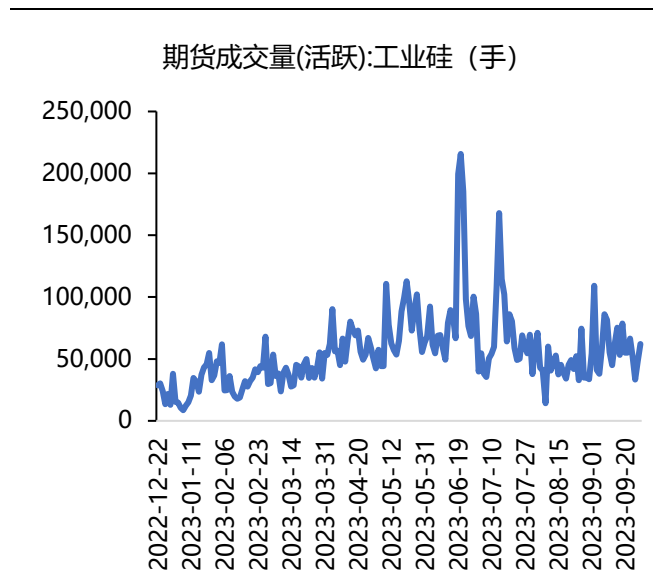
## （二）期货流动性情况和期现价格关联情况分析

### 1、期货流动性情况分析

选取工业硅期货上市至今的总成交量、总持仓量和换手率这 3 个衡量指标来分析其流动性现状。工业硅期货上市以来整体运行平稳，从成交量变动情况来看，呈稳步上升的趋势。上市首月日均成交 2.4 万手，进入今年 6 月，日均成交量上升至 9.4 万手，最高达到 21.6 万手，7-8 月成交量平稳下降，8 月日均成交量降至 4.4 万吨，9 月成交量波动上升，日均成交量 6.1 万吨。从持仓量变动情况来看，持仓量整体波动较大，在初上市的前两个月，持仓量快速增加，超过 10 万手，随后开始快速下跌，3 月日均持仓量降至 5.4 万手，4 月至 9 月

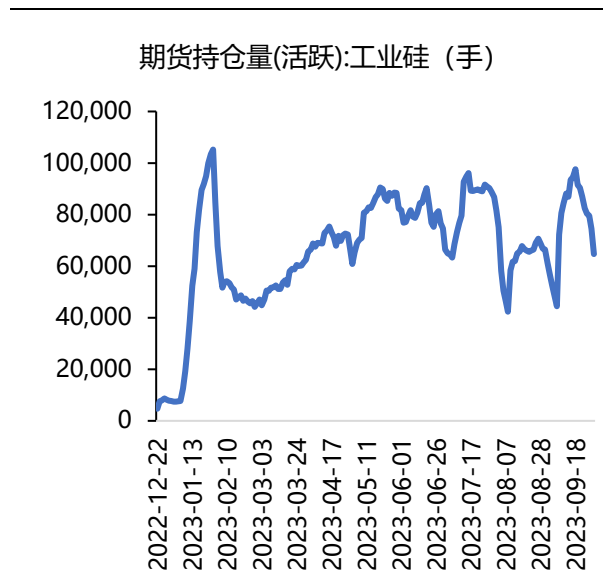
波动上升，9月日均持仓量7.8万手。从工业硅期货的成交量和持仓量数据来看，市场规模和活跃度在逐步改善。

图 2：工业硅期货成交量情况



数据来源：ifind 长江期货有色产业服务中心

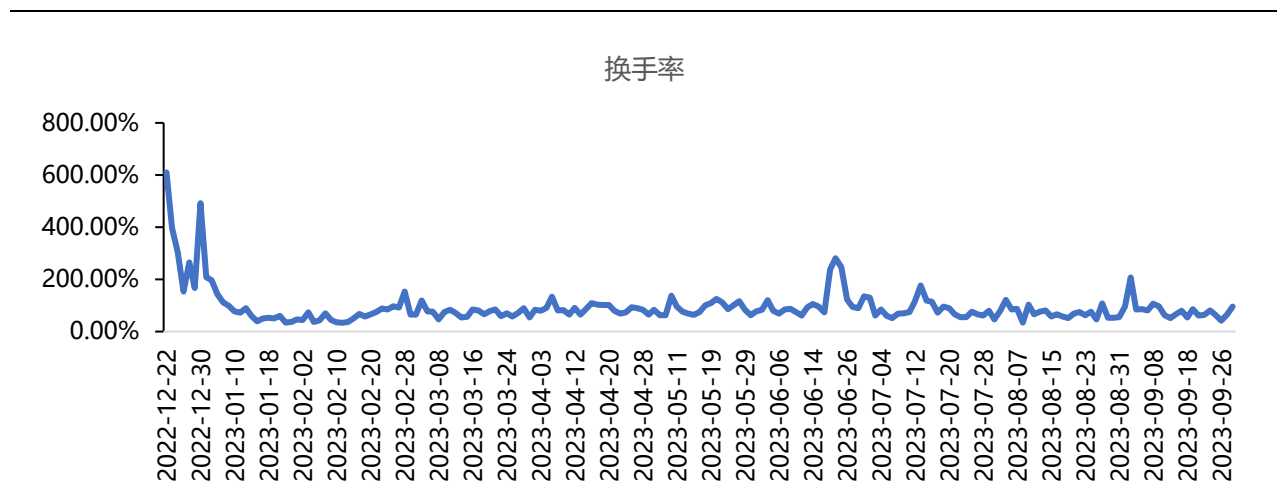
图 3：工业硅期货持仓量情况



数据来源：ifind 长江期货有色产业服务中心

对以成交量和持仓量衡量的换手率进行分析，在工业硅期货上市初期，换手率最高达到600%以上，自年初至今稳定在300%范围内波动。年内高点是6月20日的280.59%，最低点是2月13日的33.6%，最高点 to 最低点的差值高达247%，9月日均换手率为81.5%，整体工业硅期货流动性的稳定性还有待提升。

图 4：工业硅期货换手率情况

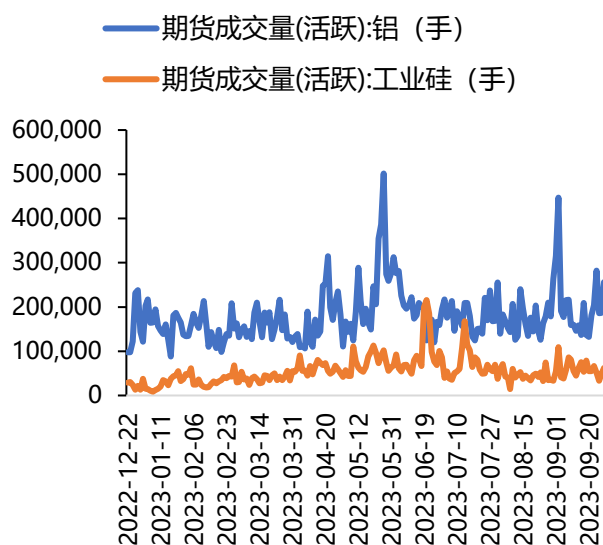




数据来源: ifind 广期所 长江期货有色产业服务中心

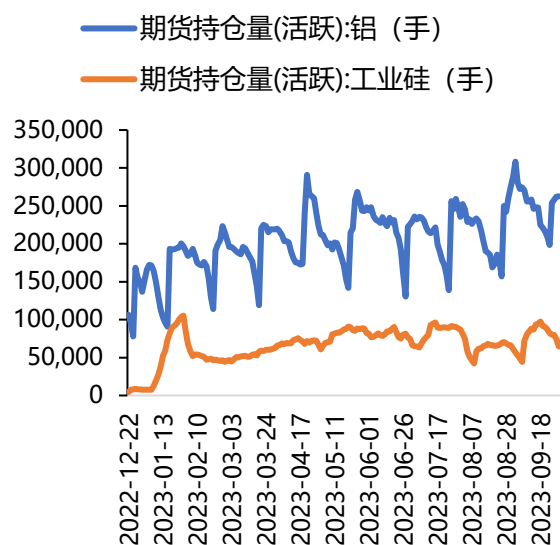
对比流动性较好的成熟有色品种铝期货而言, 铝期货已上市 30 周年, 当前国内工业硅产值规模接近铝产值规模的十分之一。铝期货成交量和持仓量均高于工业硅期货成交量和持仓量, 铝期货最高成交量是工业硅期货成交量的 4.9 倍, 铝期货最高持仓量是工业硅期货持仓量的 5.4 倍, 其流动性明显优于工业硅期货流动性。从换手率来看, 今年以来铝期货的换手率高于工业硅期货的换手率。未来工业硅新增产能还会继续以较高增速投放, 十四五后期产值规模将翻番, 随着产业客户的参与度进一步提升, 工业硅期货市场规模还有较大的增长空间。

图 5: 铝期货和工业硅期货成交量情况



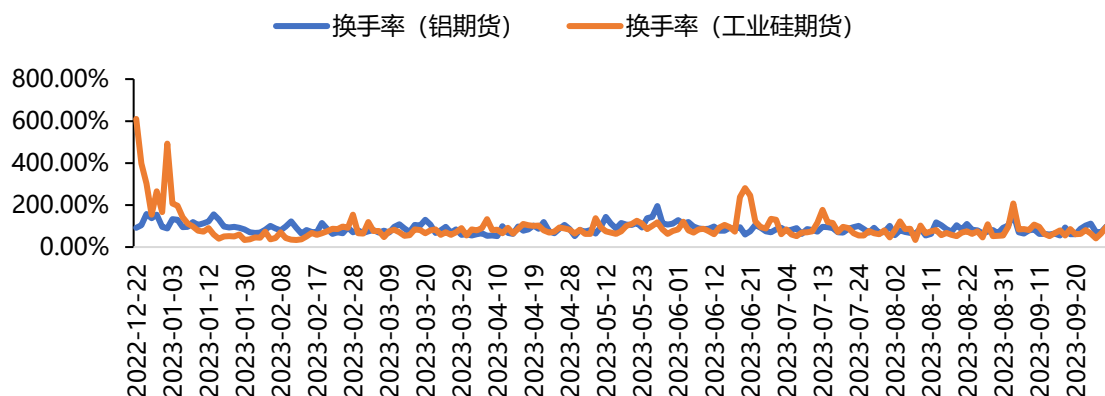
数据来源: ifind 长江期货有色产业服务中心

图 6: 铝期货和工业硅期货持仓量情况



数据来源: ifind 长江期货有色产业服务中心

图 7: 铝期货和工业硅期货换手率情况



数据来源: ifind 长江期货有色产业服务中心

## 2、期现价格关联情况分析

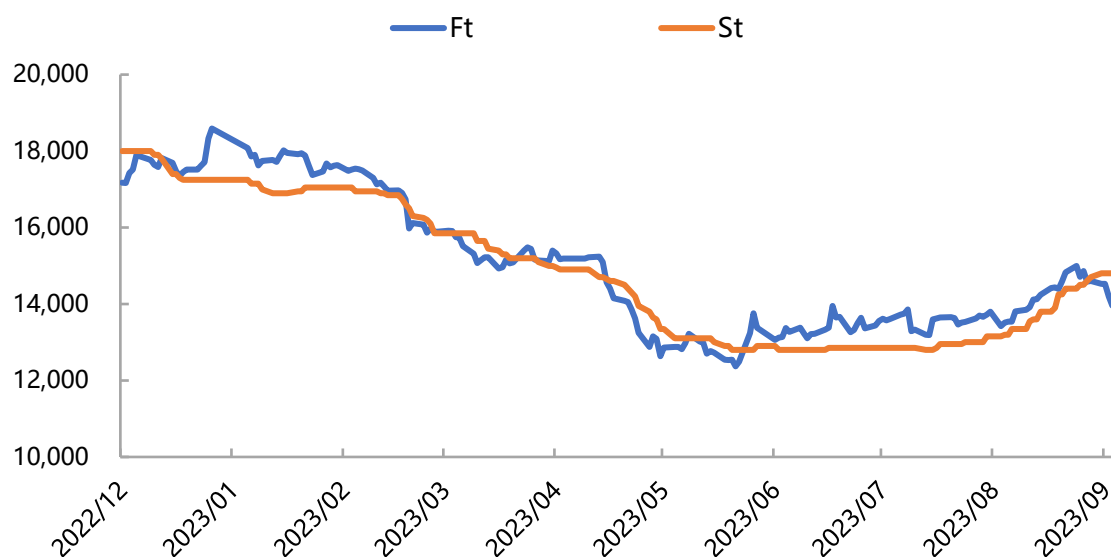
为了开展研究,我们要选取恰当的数据来作为期货价格和现货价格。期货价格方面,广期所于 2022 年 12 月 22 日才上市工业硅期货,工业硅期货数据的周期不足一年,因此本文使用广期所工业硅自上市以来的主力合约(成交量)日收盘价作为期货价格  $F_t$ 。现货价格方面,由于对标广期所工业硅期货的不通氧 553#工业硅的价格因地区不同有差异,本文采用三大港口之一昆明港的不通氧 553#工业硅日价代表现货价格  $S_t$ ,数据来自百川盈孚。

本文实证分析中,用  $F_t$  代表工业硅期货价格序列,  $S_t$  代表工业硅现货价格序列。为了降低时间序列的波动、提高研究精度,本文将  $F_t$  和  $S_t$  两个时间序列取自然对数,取对数后的期货价格和现货价格分别用  $\ln F_t$  和  $\ln S_t$  表示。

### (1) 描述性统计

样本区间包含了工业硅期货自上市以来的所有数据,将 2022 年 12 月 22 日-2023 年 9 月 28 日的工业硅期货价格和现货价格序列绘制价格走势。图。

图 8: 工业硅期货和现货价格走势



数据来源: ifind 百川盈孚 长江期货有色产业服务中心

对工业硅期货价格和现货价格的时间序列进行描述性统计分析。

	Ft	St
样本数量	189	189
均值	15061	14839
标准差	1813	1806
最小值	12370	12800
最大值	18590	18150
峰度	0.405	0.302
偏度	1.694	1.579
5%分位数	12815	12800
95%分位数	17895	17900

从描述性统计结果可以看到,受制于工业硅期货上市不久,本文实证分析的样本数量为

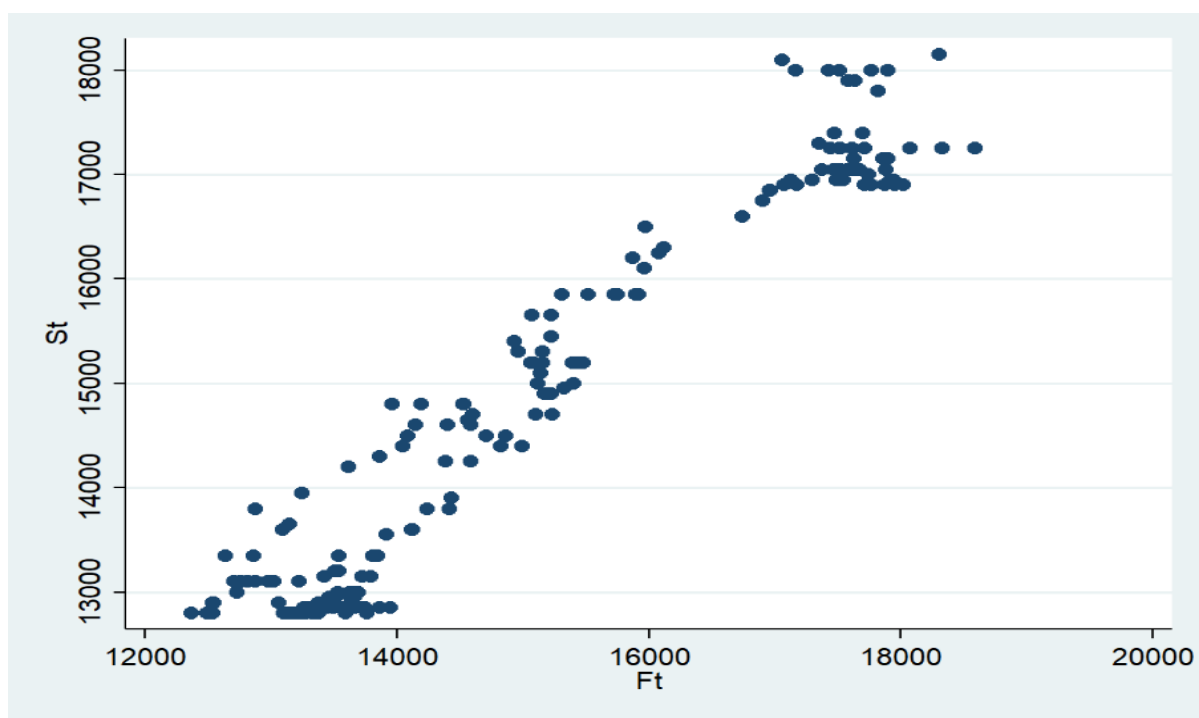
189, 属于偏少水平。均值方面, 工业硅期货价格的均值稍高于现货价格的均值。标准差方面, 工业硅期货的标准差和现货的标准差很接近。峰度和偏度方面, 工业硅期货价格的偏度略大于现货价格, 两者偏度均大于 0, 即均为右偏; 工业硅期货价格的峰度略大于现货价格, 两者峰度均大于 0, 即明显存在尖峰厚尾现象。

## (2) 相关性分析

本文从三个方面对工业硅期货价格和现货价格进行相关性分析, 分别是两者之间的趋势图、散点图以及相关系数矩阵。

从趋势图中可以看到, 工业硅期现货价格走势主要分为两段, 第一段是 2023 年 5 月之前的下跌探底阶段, 第二段是 2023 年 6 月之后的触底反弹阶段。下跌探底阶段中, 现货价格先于期货价格触底, 并稳定在底部。触底反弹阶段中, 期货价格先于现货价格反弹, 并带动现货价格反弹。整体来看, 期现价格走势趋于一致。

图 9: 工业硅期货和现货价格的散点图分析



数据来源: ifind 百川盈孚 长江期货有色产业服务中心

从散点图中可以看到, 工业硅期货价格和现货价格的样本点整体呈线性分布, 表明工业硅期货价格和现货价格的相关性很强。并且, 工业硅期货价格和现货价格的样本点主要分布于 45°线上, 表明工业硅期货价格和现货价格趋于一致。

相关系数是用以反映变量之间的相关关系程度的统计指标。取值范围是 $[-1, 1]$ , 当取值为 0 时表示不相关, 取值为 $[-1, 0)$ 表示负相关, 取值为 $(0, 1]$ 表示正相关。

本文分别用 Pearson 相关系数和 Spearman 相关系数进行分析。Pearson 相关系数评估两个连续变量之间的线性关系, 是用来衡量两个数据集的线性相关程度。Spearman 相关系数评估两个连续变量之间的单调关系。在单调关系中, 变量趋于一起变化, 但不一定以恒定速率变化。

### Pearson 相关系数结果

	Ft	St
Ft	1	
St	0.9652***	1

从 Pearson 相关系数的结果来看, 工业硅期货价格和现货价格的 Pearson 相关系数高达 0.9652, 并且在 1%的水平上显著。该结果表明工业硅期货价格和现货价格线性关系很强。

### Spearman 相关系数结果

	Ft	St
Ft	1	
St	0.9113***	1

从 Spearman 相关系数的结果来看, 工业硅期货价格和现货价格的 Pearson 相关系数

高达 0.9113, 并且在 1%的水平上显著。该结果表明工业硅期货价格和现货价格单调关系很强。

以上 Pearson 相关系数和 Spearman 相关系数的结果均表明, 工业硅期货价格和现货价格具有很强的相关性, 相关系数不仅接近于 1, 而且在统计意义上非常显著。

协整理论从分析时间序列地非稳定性着手, 寻求非稳定经济变量间蕴含地长期均衡关系, 可以正确地解释经济现象和预测未来。为了实证分析工业硅期货的价格发现功能, 本文将对其进行协整分析。

#### ①平稳性检验

进行协整分析的两组时间序列数据必须同阶单整, 才能避免伪回归, 得到的回归系数才有意义。因此, 在对工业硅期货价格和现货价格数据进行协整分析前, 本文要先进行平稳性检验。

分别就以下三种情形进行 ADF 单位根检验:

$$\ln S_t = C + \gamma t + \beta \ln S_{t-1}$$

$$\ln S_t = C + \beta \ln S_{t-1}$$

$$\ln S_t = \beta \ln S_{t-1}$$

其中,  $\gamma t$  为时间趋势项,  $C$  为截距项。

由 ADF 检验结果可知, 对数序列  $\ln S_t$  为含单位根的非平稳序列。将  $S_t$  替换为  $F_t$ , 对其进行同样的 ADF 检验。由 ADF 检验结果可知, 对数序列  $\ln F_t$  为含单位根的非平稳序列。

$\ln S_t$ 、 $\ln F_t$  均为非平稳序列, 我们接着对这两个对数序列进行一阶差分, 并再次进行如上的 ADF 检验。由 ADF 检验结果可知,  $\ln S_t$  的一阶差分序列和  $\ln F_t$  的一阶差分序列是平稳的时间序列。

$\ln S_t$  和  $\ln F_t$  的一阶差分序列是平稳的, 即为一阶单整序列。同阶单整是协整关系存在的前提, 接下来进行协整检验。



## ②协整检验

协整是指两个或多个非平稳的变量序列，其某个线性组合后的序列呈平稳性。本文采用 EG 两步法对工业硅期货价格和现货价格两个变量进行协整检验。

第一步，对  $\ln St$  和  $\ln Ft$  进行回归，得到回归方程：

$$\ln St = 0.9984 \ln Ft$$

第二步，对回归方程的残差进行 ADF 检验，结果表明该残差序列平稳，因此可以判断  $\ln St$  和  $\ln Ft$  即工业硅期货价格和现货价格之间存在长期均衡关系，工业硅期货价格和现货价格是互相影响的。

## ③相互作用分析

为了深入的探究工业硅期货价格和现货价格之间是否存在因果关系，即两者之间的相互引导关系，需通过格兰杰因果检验来探究这一关系。

格兰杰检验结果显示，第一个假设的 P 值为 0.618，在 1% 的水平上不能拒绝  $\ln St$  不是  $\ln Ft$  的格兰杰原因，所以  $\ln St$  不是  $\ln Ft$  的格兰杰原因；第二个假设的 P 值为 0.000，在 1% 的水平上拒绝  $\ln Ft$  不是  $\ln St$  的格兰杰原因，所以  $\ln Ft$  是  $\ln St$  的格兰杰原因。

$\ln Ft$  是  $\ln St$  的格兰杰原因，即工业硅期货价格引导现货价格。 $\ln St$  不是  $\ln Ft$  的格兰杰原因，工业硅现货价格不能引导期货价格。工业硅期货价格和现货价格是单向的引导关系。因此，我们可以用工业硅期货价格的过去值预测现货价格的未来值。

原假设	F 检验统计量	P 值
$\ln St$ does not Granger Cause $\ln Ft$	0.24807	0.618
$\ln Ft$ does not Granger Cause $\ln St$	43.403	0.000

## ④结论

本文运用工业硅上市以来到 9 月份的所有交易日主力合约（成交量）收盘价数据，及现

货市场昆明港的现货价格数据，经过一系列数据分析，最终得出结论。首先，工业硅期货价格和现货价格线性关系和单调关系的相关系数均大于 0.9，相关性很强，上下游企业可以很好的运用工业硅期货工具进行套期保值。其次，工业硅的期货价格和现货价格存在长期均衡关系。工业硅期货价格引导现货价格，而现货价格不能引导期货价格。本文证明了工业硅期货市场拥有价格发现功能，能引导现货市场的价格走势。

### (3) 期现货市场联动情况分析

从实证分析中看出，大量市场参与者在期货市场中充分交易，期货价格能够反应市场的共识，变动迅速，而现货报价变动迟缓，经常连续数日价格不变。近期贸易商持续不断地采购 421#工业硅注册仓单进行期现套利。

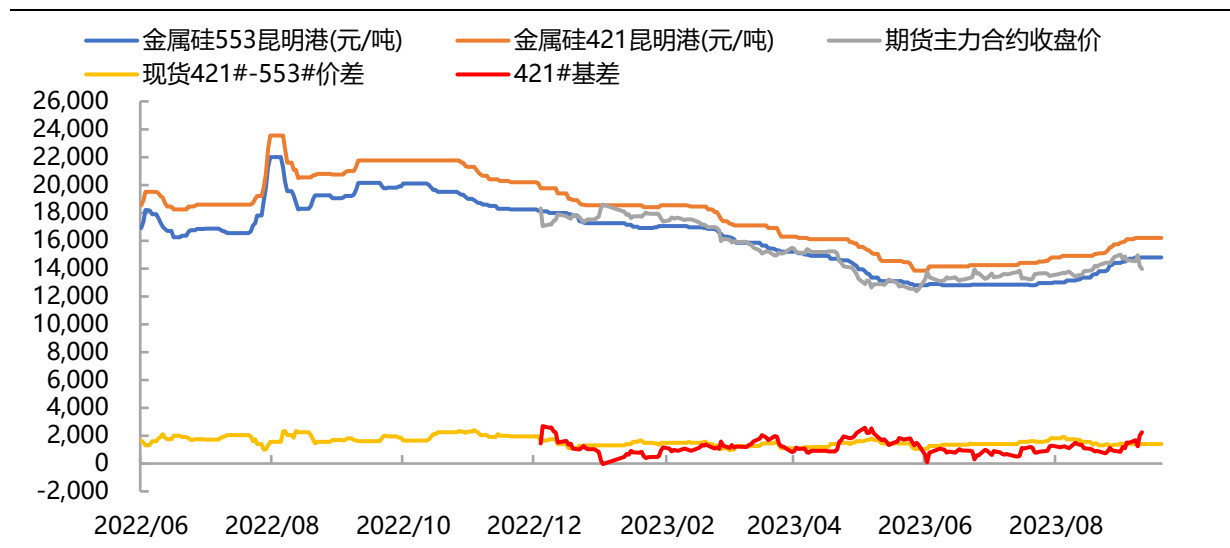
广期所工业硅期货合约标的的设置不区分冶金级工业硅与化学级工业硅，设定基准交割品为国牌号为 Si5530 的工业硅（即 553#），达到 Si5530 标准的工业硅均可交割。同时，国牌号为 Si4210 的工业硅（即 421#）及以上工业硅设置品质升贴水，设为升水为 2000 元/吨。

421#工业硅升水确定在 2000 元/吨主要是考虑到，2015-2021 年主消费地 421#工业硅与 553#工业硅的价差 90%的频率落在 416.67~2617.50 区间。同时，考虑工业硅供需缺口与价格走势的关系，未来几年内工业硅价格均价运行区间，按照 10%的平均价差比例，421#工业硅及以上工业硅设置品质升贴水，升水 2000 元/吨。此外，从供需局面上看，421#供需要更强，553#要弱一些，因此靠近区间上限的 2000 元/吨升水是合理的。从供应结构上，553#工业硅是当前及未来供应的主流规格产品。随着高品位硅石资源的减少和行业生产标准化程度的提高，421#工业硅的产量将大幅度降低，553#将成为最主要的供应规格。在应用方面，421#工业硅主要使用在有机硅及部分多晶硅领域，553#主要使用在铝合金领域并向多晶硅领域快速扩张。随着光伏需求的增长，多晶硅产业对工业硅需求量不断攀升，未

来多晶硅将成为全球工业硅消费的最大领域，有机硅及铝合金行业发展将逐渐趋于平稳。

当 421#工业硅价格低于工业硅期货价格加 2000 升水的时候，贸易商、生产商等市场参与者可以将在期货市场上进行卖出操作，并且将 421#工业硅运到交割库注册成仓单，以获取仓单套利利润。

图 10: 工业硅 421#与 553#现货价格价差情况

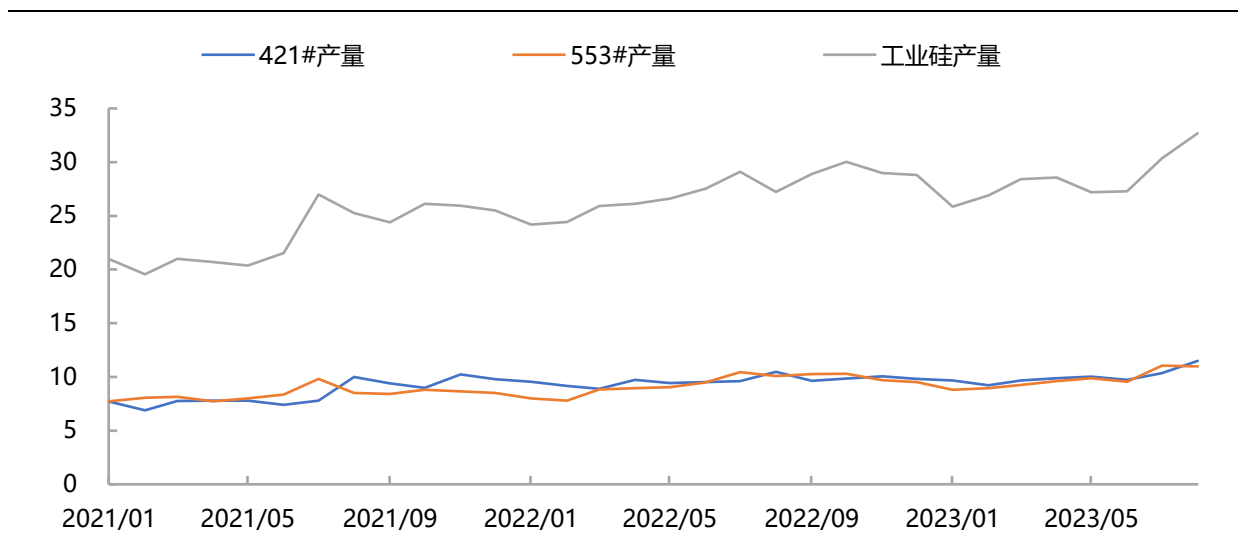


数据来源: ifind 百川盈孚 长江期货有色产业服务中心

从价差图可以看到，除了工业硅刚上市的一周，年初至今 421#工业硅的基差几乎始终小于 2000，最低达到-40，即使考虑到运费，贸易商、生产商仍然可以获取仓单套利的利润。

2023 年 6 月 20 日，工业硅第一批仓单成功注册。随后注册仓单一路激增，其中不乏大量的 421#工业硅仓单套利。同时，我国 421#的产量从 2023 年 2 月的 9.21 万吨逐步上升至 9 月的 11.13 万吨，不断增长的 421#产量为仓单套利提供了条件。

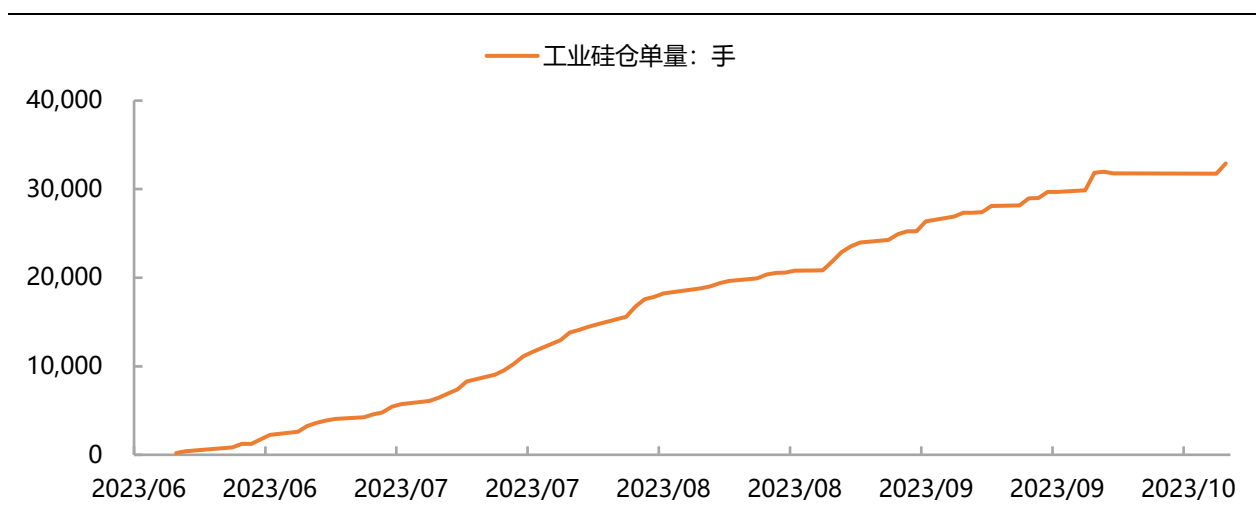
图 11: 工业硅 421#与 553#产量情况



数据来源: ifind 百川盈孚 长江期货有色产业服务中心

该现象下，工业硅期货价格和现货价格的理论走势受到影响。首先，仓单套利行为由套利利润驱使，因此工业硅期货的价格会受到 421#价格的影响。其次，大量的 421#工业硅仓单套利行为导致工业硅现货偏紧，而注册仓单激增，盘面交割利润丰厚。最后，注册仓单中包含大量的 421#工业硅，很多只想拿到 553#工业硅的买家不愿意参与交割而是平仓离场，因此施压期货价格。

图 12: 工业硅注册仓单情况

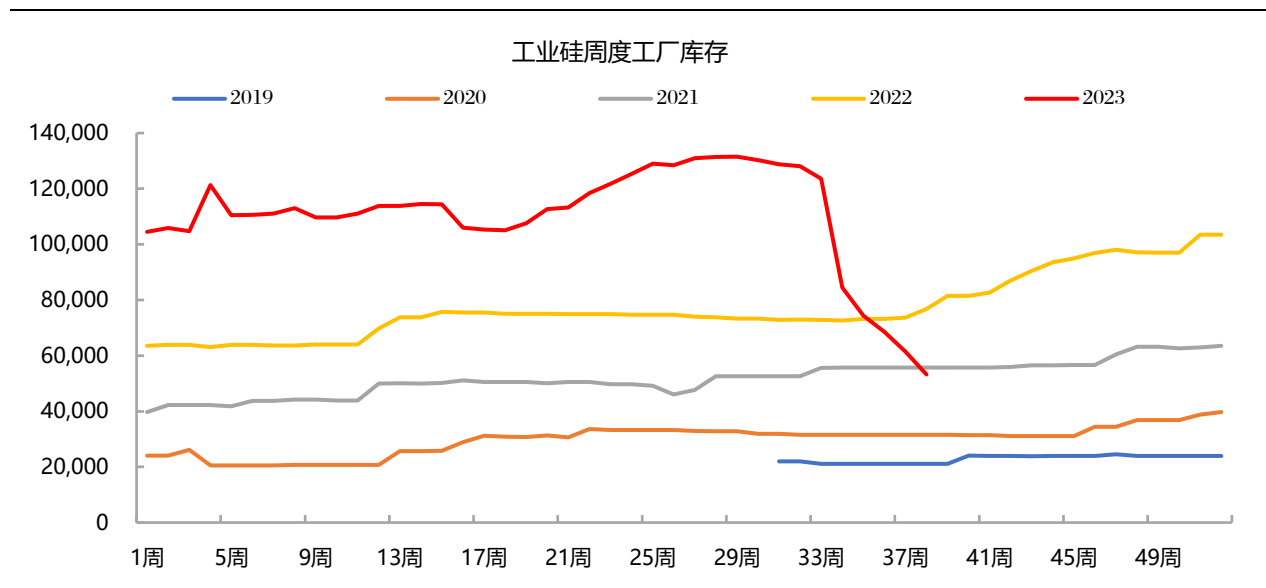


数据来源: ifind 长江期货有色产业服务中心

仓单套利的本质在于 421#现货供需表现相对较弱。2021 年，553#工业硅与 421#工业

硅供应分别占工业硅总产量的 36.2%和 36.5%，而今年 1-9 月则分别为 34.4%和 35.2%，变化不大。553#的产能还未显著增长，421#的产能也未下降反而实现了一定增长，并且由于有机硅下游终端需求房地产领域表现不佳，短期内 421#工业硅供需相对 553#工业硅的相对强弱未达到设计升贴水时的变化，因此一定时期内仓单套利有机可图。

图 13: 工业硅工厂库存情况



数据来源: ifind 百川盈孚 长江期货有色产业服务中心

### （三）套期保值应用分析

套期保值是指企业通过持有与其现货市场头寸相反的期货合约,或将期货合约作为其现货市场未来要进行的交易的替代物,以对冲价格风险。套期保值者在现货市场和期货市场建立一种盈亏冲抵的机制,无论价格如何波动,都能取得在一个市场盈利和另一个市场亏损,两者大致相当,从而将价格变动的风险大部分转移出去。公司的持续经营往往面临各类价格波动风险,采用套期保值可以规避价格波动风险,平滑利润曲线,从而锁定企业成本和收益。此外,还可以帮助节省企业现金流,减少财务费用,进行虚拟库存管理,减免仓储费,预先固定产品的成本和价格,并可以用仓单进行质押融资,方便企业计划工作,为企业安排生产、组织销售提供决策帮助。企业开展套期保值业务,需要在经营理念、专业人员配备、制度流

程建设和套期保值结果评价机制方面相适应。

同种类的商品现货和期货价格走势往往具有高度的相关性，这是利用期货进行套期保值的前提条件。从前文实证的结果可以看到，工业硅期货价格和现货价格的相关系数为 0.96，属于高度相关。

本文对工业硅产业链中下游企业开展套期保值的情况进行总结，就各类型企业参与保值的情况、实际操作过程中遇到的问题以及对工业硅期货的期望和建议进行了梳理归纳。

### (1) 上游原材料企业

工业硅产业链的上游以原材料生产企业为主，包括硅石、电力、碳质还原剂生产企业，工业硅生产成本主要由两大部分构成，一是用电成本，占比 30%左右，每吨工业硅冶炼所需电耗在 11000-13000 度左右；二是硅石和还原剂成本，这部分成本占比 40%左右，根据新疆产区工业硅生产成本测算，硅石（石英砂）占比 13%、硅煤占比 23%、石墨电极 20%。由于成本构成分散，且与工业硅价格相关性极低，不适合采用工业硅期货进行保值。

### (2) 中游生产及贸易企业

工业硅生产区域集中在我国的西北、西南地区，新疆、云南、四川是全国前三大工业硅生产省份，2022 年我国工业硅生产企业超 250 家，大多以小产能生产为主，集中度较低。从区域分布看，工业硅产能大部分集中在西北、西南地区。新疆企业的平均产能相对较高，云南、四川多以小厂生产为主，产能较为分散。2022 年新疆工业硅产量占全国总量的 41%，云南、四川产量占比分别为 19%和 15%，前五家企业产量占比达 38%。生产企业的原材料成本构成较为分散，动态变化，由于各地区电力、硅石等原料成本不同，每家生产企业成本有差别，枯水期生产企业成本差别能达到 1500 元/吨。由于工业硅现货价格波动大，且利润大部分时期处于较低水平，生产企业通过卖出工业硅期货可以锁定预期利润或防范价格下跌的风险。



图 14：2021 年国内工业硅主要生产企业产量

企业名称	2021年产量 (万吨)	占比
合盛硅业股份有限公司	79	27%
昌吉吉盛新型建材有限公司	18	6.1%
云南永昌硅业股份有限公司	9	3.1%
浙江新安化工集团股份有限公司	6	2%
新疆中硅科技有限公司	6	2%
埃肯硅材料（兰州）有限公司	5	1.7%
包头市山晟新能源有限责任公司	4	1.4%
新疆晶鑫硅业有限公司	4	1.4%
新疆嘉格森新能源材料股份有限公司	4	1.4%
泸水康南/康华硅业有限公司	3	1%

数据来源：硅业分会 长江期货有色产业服务中心

合盛硅业、永昌硅业、新安化工等龙头生产企业均已参与工业硅套期保值。值得注意的是合盛硅业、新安化工作为工业硅与有机硅生产一体化企业，工业硅既可作为产成品销售也是生产有机硅的原材料，面临价格波动的双向敞口，可采用对工厂产能、工厂库存和贸易库存进行卖出套期保值，也可采用对工厂订单和贸易订单进行买入套期保值的双向操作。

由于国内工业硅生产企业一般只在国内设立工厂，经常需要借助贸易商将产品销售至海外，此外铝合金和多晶硅用硅企业也通常会从工业硅贸易商处进行采购，在销售过程中分销比例约占 78%。有工业硅贸易企业通过基差贸易模式开展现货贸易，即经交易双方协商同意后，不管现货市场上该商品的价格如何变化，以其中一方选定的某月份该商品的期货价格作为计价基础，然后在期货价格之上加上或者减去固定的基差（升贴水）来确定现货商品买卖的价格。

例如，作为工业硅现货卖出方的国际贸易商，会根据工业硅的采购、运输、仓储以及资金利息等成本的测算，在期货市场上进行卖出操作。在卖出保值之后，贸易商将依据工业硅

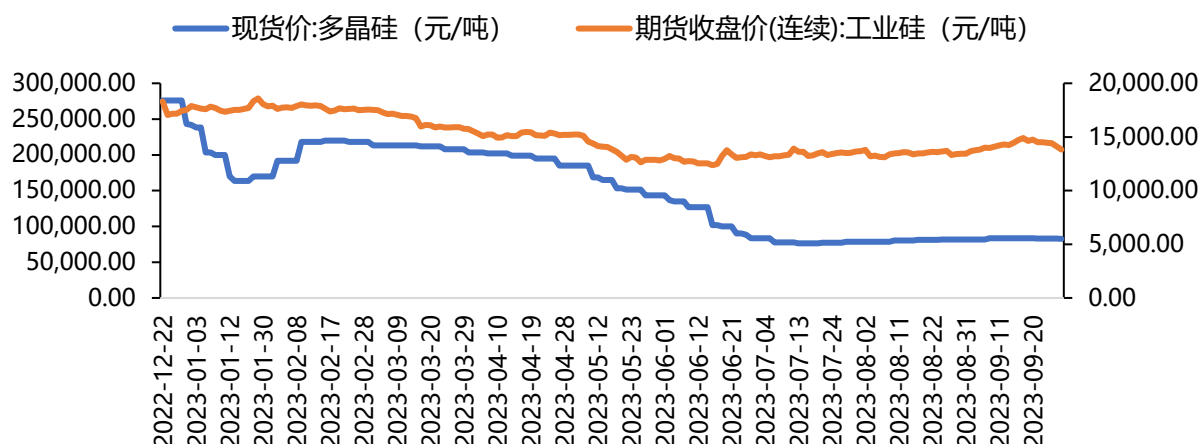
期货价格报出升贴水，对于接受该升贴水报价的买方而言，后续需要根据期货盘面的波动进行点价，在国外买方确定点价的价位后，通过约定的方式通知贸易商，贸易商会在期货市场上进行套期保值头寸的平仓操作，从而完成该笔贸易。对于利用基差定价的工业硅现货贸易商，相比传统定价方式，基差定价具有很好的风险转移作用，能够延期定价，通过期货市场，将现货市场较大的绝对风险，转移到较小的基差相对风险，基差交易为现货贸易商提供了一种很好的风险管理模式。

### (3) 下游消费企业

工业硅产业链的下游为工业硅消费企业，包括有机硅、多晶硅、硅铝合金生产企业。从区域进行划分，华东、华北、华南分别是国内前三大工业硅消费地。从省份角度进行划分，广东、江苏、新疆、浙江、江西等省份工业硅消费量占比较大，前五大省份占比合计约 60%。

对于多晶硅生产企业而言，多晶硅是以工业硅为原料，主要由工业硅、氯气和氢气制备提纯得到，多晶硅可融化冷却后制成多晶硅锭，也可通过直拉法或区熔法生成单晶硅。多晶硅锭和单晶硅棒均可进一步切割加工为硅片、电池，进而构成光伏组件。单晶硅片还可以加工成硅晶圆片，作为半导体电子器件的衬底材料。当前多晶硅生产成本约为 4.9 万/吨，生产 1 吨多晶硅需要大约 1.09 吨工业硅，工业硅在多晶硅生产成本中占比约 34%，能耗成本（电力成本）在多晶硅生产成本中占比最大，达到 40%。对多晶硅现货和工业硅期货价格数据进行相关性分析，自工业硅期货上市以来，两者的相关系数为 0.78，工业硅与多晶硅价格的相关性相对较低，因此多晶硅生产企业运用工业硅期货进行库存卖出套保的可行性较低，但可以在工业硅价格处于低位时买入工业硅期货构建低价虚拟原料库存来锁定生产成本。当前多晶硅生产企业毛利处于高位，在产业上下游对价格的博弈加剧后，有望提升工业硅原料保值参与度。

图 15: 工业硅期货和多晶硅现货价格走势

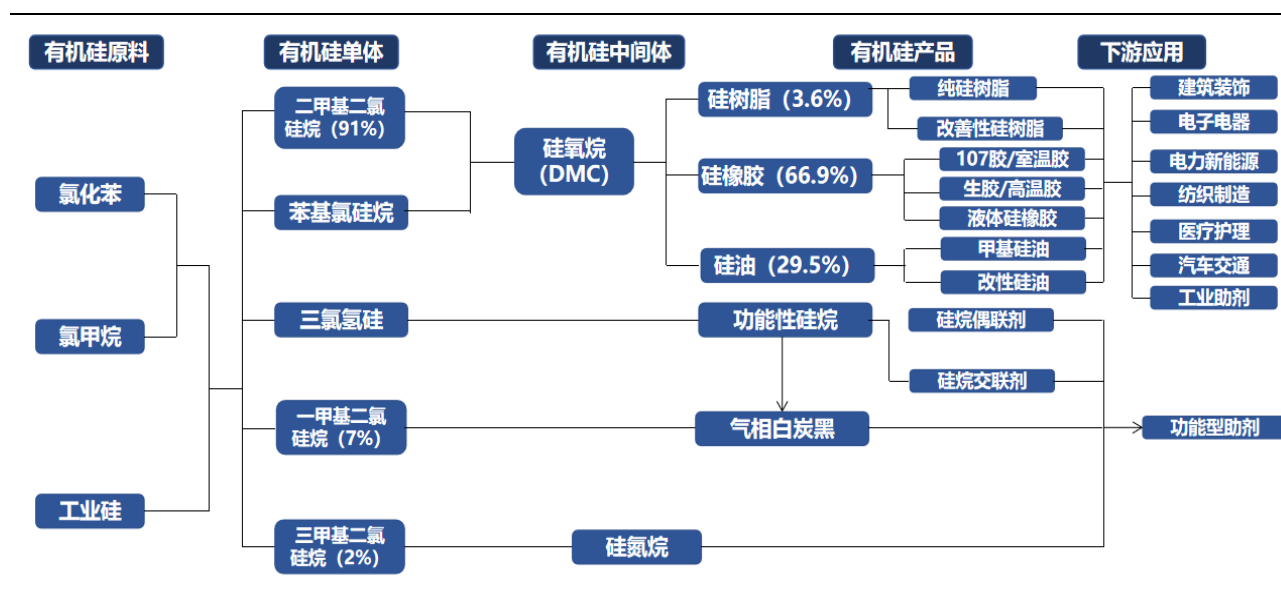


数据来源: ifind 长江期货有色产业服务中心

对于有机硅生产企业而言，有机硅单体是指硅粉与氯甲烷反应所得各类甲基氯硅烷总称。有机硅中间体（DMC）即聚硅氧烷，是由单体中二甲基二氯硅烷经水解，裂解重排所得以 D4（八甲基环四硅氧烷）为主的环体混合物。有机硅生产企业包括单体及中间体生产企业和下游深加工产品生产企业，国内有机硅产业链特点是单体和中间体（DMC）的生产比较集中，单体及中间体产能对全球占比约 70%，产品的深加工则较为分散。有机硅单体及中间体进一步加工可得到硅橡胶、硅油、硅烷偶联剂和硅树脂四大类制成品，占比分别为 66%、21%、10%和 3%，终端消费领域包括建筑、电子电气、纺织、汽车、机械、皮革造纸、化工轻工、金属和油漆、医药医疗、军工等行业。

2022 年中间体 DMC 产能为 265 万吨，同比增加 20.6%，行业产能过剩较为严重，中间体生产企业毛利率较低，下游深加工企业毛利率较高。在近两年有机硅终端房地产领域需求疲弱的背景下，单体及中间体企业的产品库存高企，生产利润被不断侵蚀，经常出现成本倒挂的情况，企业主动调低开工率以控制生产节奏，因此生产企业具有较强的套期保值需求。原料工业硅在有机硅中间体 DMC 的生产材料成本中占比约 48%，工业硅价格对有机硅成本有着重要影响，有机硅中间体生产企业可通过买入套保锁定原材料成本。

图 16: 有机硅产业链介绍

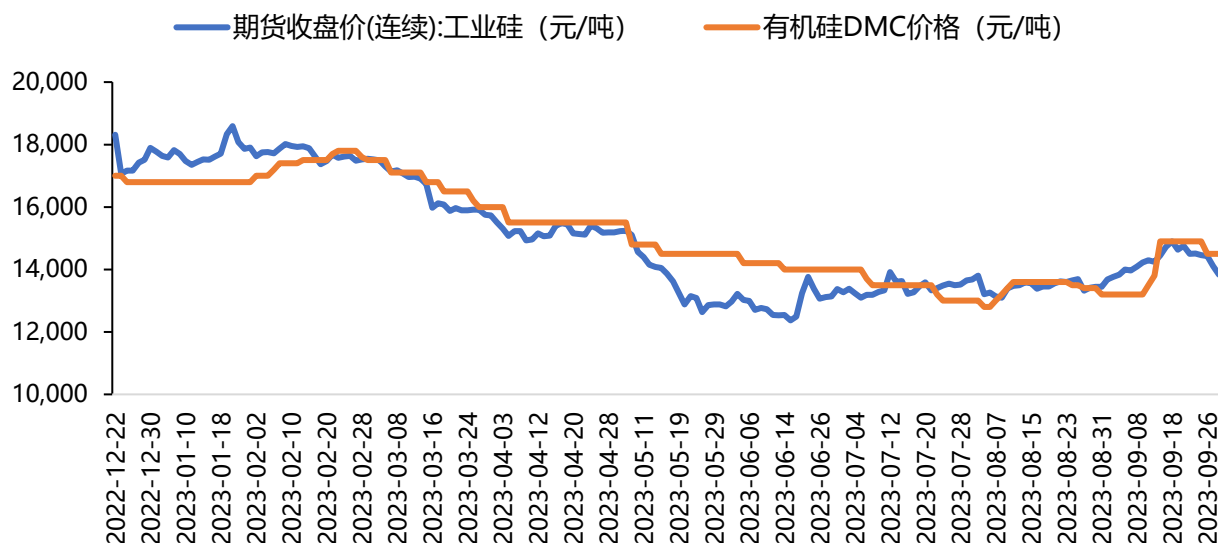


数据来源：硅业分会 长江期货有色产业服务中心

对有机硅现货和工业硅期货价格数据进行相关性分析，自工业硅期货上市以来，两者的相关系数为 0.93，属于高度相关，因此有机硅中间体 DMC 生产企业可以对工业硅原材料进行工业硅期货买入套保，也可对 DMC 产品库存进行期货端卖出保值。

根据对有机硅产业企业的调研，虽然国内有机硅单体及中间体 DMC 企业产能较为集中，具有较强的工业硅套保需求，但企业对期货市场接受度有待提高。当前对工业硅期货工具的运用方面持保守态度，主要面临缺乏专业期货人员，规章制度等配合不足的问题，通过期货市场进行套期保值的参与度有待进一步提升。

图 17: 工业硅期货和有机硅 DMC 现货价格走势

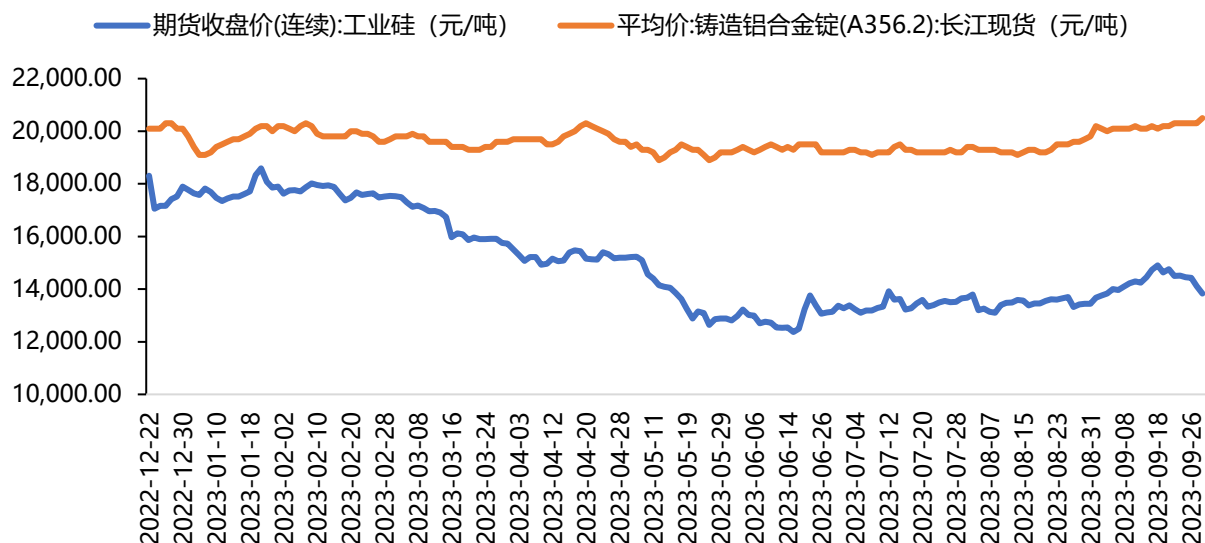


数据来源: ifind 百川盈孚 长江期货有色产业服务中心

对于铝合金生产企业, 铝合金可分为铸造铝合金 (70%) 和变形铝合金 (30%) 两大类, 铸造铝合金主要应用于汽车行业, 变形铝合金以原铝生产为主, 主要应用于建筑业。铝硅合金是铸造铝合金的一种, 生产工艺较为简单, 通过添加硅元素提高铝合金的高温流动性, 减少收缩率, 减少热裂倾向, 提高耐磨性, 在铸造铝合金中硅含量范围一般在 6.5%-13%, 最高可超过 20%。当硅含量较低时, 铝硅合金的延展性较好, 常用来做变形合金, 一般含量在 0.2-0.6%。

对 A356.2 铸造铝合金现货和工业硅期货价格数据进行相关性分析, 自工业硅期货上市以来, 两者的相关系数为 0.52, 工业硅与铝合金价格的相关性相对较低, 价格走势差异很大。总体来说, 铝合金原料成本中工业硅占比低、用量少, 铝合金生产企业运用工业硅期货进行套保的需求也较低, 但企业有意向在工业硅价格处于较低水平时买入工业硅期货构建低价虚拟原料库存。

图 18: 工业硅期货和 A356.2 铝合金现货价格走势



数据来源: ifind 长江期货有色产业服务中心

### 三、工业硅期货推出的意义

#### (一) 丰富衍生品工具，优化定价机制

随着光伏及有机硅产业的高速发展，下游企业为保障其自身原材料供应安全，越来越多的企业开始向上游布局，工业硅产能大幅扩张。2022 年全球工业硅产能合计约为 778.3 万吨，中国工业硅产能占全球产能的比重约为 81%，全球工业硅新增产能主要由中国贡献。截至 2022 年底，我国工业硅总产能达 631 万吨，同比增加 19.5%，产量约 327 万吨，同比增加 17.6%。国内工业硅消费量约 252.8 万吨，出口量达到 63.9 万吨，我国是工业硅最大的生产国、消费国和出口国。

在工业硅现货贸易中多采用长协定价模式，目前主要采用英国金属导报、英国商品研究所等国际机构公布的价格指数作为定价基准，招标价格为参考价格指数加上价差，缺乏透明度和标准化的定价机制，我国对工业硅出口的定价能力和实际贸易量地位不匹配，无法发挥行业体量优势。在工业硅期货上市以后，部分产业企业通过基差贸易模式开展现货贸易，随着产业客户在集体层面对期货市场更广泛、深层次的参与，以期货市场的信息汇聚和价格



预期功能为基础，有望推动期现货间的深度融合，通过期货引导作用形成更公允规范的市场行业价格体系，可以增强企业在国际竞争中的议价话语权，对产业链企业的稳定发展具有重大意义。

## （二）对我国硅能源产业链的意义与影响

在国务院印发的《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》中指出，到 2025 年绿色低碳循环发展的经济体系初步建成，非化石能源的消费比重到 2030 年要达到 25%左右，到 2060 年要达到 80%以上。在推进碳达峰碳中和进程中，需要积极有序发展光能源、硅能源、氢能源、可再生能源。“硅能源”产业链既包括以光伏为主线多晶硅产业链，也包括有机硅产业链，无论是以光伏晶硅为代表的可再生能源替代煤电（能源替代），还是以有机硅产品为代表的硅基材料对石化类产品的替代，工业硅都是重要的上游供应。工业硅产业从上游矿石开采、冶炼，到下游的多晶硅、单晶硅和有机硅生产等，全产业链产能产量都大多位于国内，资源可控性高。

2015 年之前我国工业硅价格曲线相对平缓且呈现季节性波动，之后随着下游需求驱动阶段性供需错配，价格波动逐渐加剧。2021 年以来，由于工业硅产业面临着“能耗双控”下供给扰动和下游光伏产业和有机硅需求持续增长的矛盾，5530 型号工业硅价格最高上涨至近 6 万元/吨，涨幅接近 400%，原料供应短缺和价格大幅上涨给下游产业的发展带来不利影响。

“十四五”期间，工业硅规划新增产能 566 万吨，新疆、云南等西部地区作为能源和资源中心，新增多晶硅和有机硅产能规划较多，投资周期较长，属于资金密集型产业，中小企业面临较大的经营风险，期货上市有助于帮助生产企业合理安排产能建设周期和投产计划，有利于光伏及有机硅相关企业规避价格波动风险，稳定生产经营，避免产能扩张过程中供给的大起大落，稳定原材料供给，从而促进“硅能源”产业稳健发展。

## 四、总结及建议

通过本文对实证结果和工业硅期货产业服务效果的研究分析，有以下结论：

(1) 本文运用工业硅上市以来到 9 月份的所有交易日主力合约（成交量）收盘价数据，及现货市场昆明港的现货价格数据，经过一系列数据分析，最终得出结论。首先，工业硅期货价格和现货价格线性关系和单调关系的相关系数均大于 0.9，相关性很强，上下游企业可以很好的运用工业硅期货工具进行套期保值。其次，工业硅的期货价格和现货价格存在长期均衡关系。工业硅期货价格引导现货价格，而现货价格不能引导期货价格。本文证明了工业硅期货市场拥有价格发现功能，能引导现货市场的价格走势。

(2) 在硅能源新增产能规划较大的背景下，工业硅和有机硅生产企业保值需求凸显，光伏产业链也具有较强的原料价格风险管理需求。通过梳理目前工业硅产业链上中下游企业的套期保值参与情况，中游生产及贸易企业参与工业硅套期保值较多。对于工业硅与有机硅生产一体化企业，工业硅既可作为产成品销售也是生产有机硅的原材料，面临价格波动的双向敞口，可采用对工厂产能、工厂库存和贸易库存进行卖出套期保值，也可采用对工厂订单和贸易订单进行买入套期保值的双向操作。部分贸易企业通过探索基差交易的方式来参与期货市场。下游有机硅单体及中间体 DMC 企业具有较强的套期保值需求，但企业保值经验不足，期货市场参与度有待进一步提升。当前多晶硅生产企业毛利处于高位，在产业上下游对价格的博弈加剧后，有望提升多晶硅企业的工业硅原料套期保值参与度。由于工业硅原料在铝合金生产成本中占比较低，且价格走势相关性相对较低，这类企业较少参与套期保值，但有意向在工业硅价格处于较低水平时买入工业硅期货构建低价虚拟原料库存。

(3) 未来工业硅新增产能还会继续以较高增速投放，十四五后期产值规模将翻番，随着产业客户的参与度进一步提升，工业硅期货市场规模还有较大的增长空间。产业企业普遍对于工业硅期货价格成为现货贸易定价基准抱有较大期待，希望优化长协定价模式存在的公允透明度欠缺问题，对于上市产业链下游品种多晶硅期货的呼吁也较强。

总体来说，工业硅期货为产业企业提供了套期保值工具，能够帮助企业平滑现金流、改善库存管理等。在硅能源新增产能规划较大的背景下，工业硅、有机硅和多晶硅生产企业保值需求凸显，套期保值参与度有望进一步提高。产业期待工业硅期货价格成为现货贸易定价基准，对于产业链下游品种多晶硅期货的上市的呼吁也较强。但另一方面，多数产业企业对期货市场的接受度还有待提高，需要期货公司帮助产业企业普及衍生品工具相关知识，以及通过定期组织工业硅产业链情况变化的培训，将产业链变化和准确的产业数据给到企业，利用专业优势帮助产业企业转变经营观念、构建期货部门和建设套保制度等，为企业提高工业硅套期保值参与度减少障碍。

工业硅期货是硅能源产业链上市的第一个期货品种，在运行过程中，期现价格关联度不断提升，后续需要持续完善相关制度和操作流程，上市产业链关联品种，吸引国内外生产、贸易及消费企业参与期货市场的套期保值和基差贸易，强化工业硅期货对于供需情况的反应能力。另一方面，可以适当增加工业硅期货做市商数量，令活跃合约移仓节奏和连续性程度进一步改善，有利于期货合约远期结构构建，更好的服务于产业企业。

随着产业参与方对工业硅期现联动规律的把握能力不断提高，期货交易规模逐年扩大，投机、套利、套保逐渐均衡，期货市场对现货市场的影响力度有望继续扩大，有利于加速工业硅期货价格向现货贸易基准价格的方向发展。

## 参考文献

- [1] 中国期货业协会：“大宗商品市场定价机制及影响力因素研究”，2021 年。
- [2] 赵家生：“硅能源视角下我国硅产业面临的机遇和挑战”，《中国有色金属》2023 年第 16 期。
- [3] 陈同辉、鞠荣华：“中国商品期货市场价格发现能力及影响因素研究”，《价格理论与实践》2021 年第 9 期。
- [4] 陈志远：“我国玉米期货价格发现功能研究—兼析芝加哥商品交易所玉米期货的比较”，《价格理论与实践》2021 年第 2 期。
- [5] 周静、章云鹏、刘群：“大豆期货与现货价格传导关系研究”，《价格理论与实践》2019 年第 12 期。
- [6] 付丹桐：“我国期权与期货市场价格发现功能研究”，《中国集体经济》2021 年第 8 期。
- [7] 雷雨笛：“中国原油期货价格发现及套期保值功能研究”，《现代商业》2020 年第 9 期。
- [8] 于凤芹、刘子博：“苹果期货与现货价格时变关联性研究”，《中国证券期货》2021 年第 12 期。
- [9] 蒋泓伊：“中国有色金属期货与现货价格联动关系研究”，上海外国语大学，2022 年。
- [10] 徐佳豪：“疫情下原油期货的价格发现研究”，上海财经大学，2022 年。

## 风险提示

本报告仅供参考之用，不构成卖出或买入期货、期权合约或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。任何形式的分享投资收益或者分担投资损失的书面或口头承诺均为无效。投资者应当充分了解报告内容的局限性，结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，我公司及员工对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

## 免责声明

长江期货股份有限公司拥有期货交易咨询资格。长江期货系列报告的信息均来源于公开资料，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。本报告所载资料、意见及推测仅反映在本报告所载明日期的判断，本公司可随时修改，毋需提前通知，投资者应当自行关注相应的更新或修改。本公司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，不代表对期货价格涨跌或市场走势的确定性判断。报告中的信息或意见并不构成所述期货的买卖出价，投资者据此作出的任何投资决策与本公司和作者无关。本公司及作者在自身所知情范围内，与本报告中所评价或推荐的交易机会不存在法律法规要求披露或采取限制、静默措施的利益冲突。

本报告版权仅为本公司所有，未经本公司书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发布、引用或再次分发他人，或投入商业使用。如征得本公司同意引用、刊发，需在允许的范围内使用，并注明出处为“长江期货股份有限公司”，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。本公司保留追究相关责任的权利。