

多晶硅期货&期权专题报告

2024年12月5

分析师

国联期货研究所

证监许可[2011]1773号

期货交易咨询业务资格:

黎伟

从业资格号: F0300172

投资咨询号: Z0011568

晶硅崩崩-多晶硅上市前瞻 (四)

期货合约解读

相关报告

晶硅崩崩-多晶硅上市前瞻

(一) 多单 NP 晶硅如何辨别,
生产技术迭代升级

晶硅崩崩-多晶硅上市前瞻

(二) 多晶硅供应格局与成本
分析

晶硅崩崩-多晶硅上市前瞻

(三) 多晶硅下游产业链分
析

目录

导读	1
一、多晶硅现货概览	2
二、多晶硅分类	2
2.1 按纯度要求及用途不同，可以将多晶硅分为太阳能级多晶硅和电子级多晶硅	2
2.2 根据硅料掺入杂质及导电类型的不同，太阳能级多晶硅主要分为 N、P 型	3
2.2.1 如何区分 N/P 硅料	3
2.2.2 N 型硅料的注意事项	4
2.3 根据表面质量的不同，可划分为致密料、菜花料和珊瑚料。	5
2.4 按产品形态分类:棒状硅（块状硅）、颗粒硅	5
三、多晶硅合约解读	5
3.1 多晶硅期货合约	5
3.2 交割质量标准：均为块状硅，颗粒硅不属于期货交割品	6
3.3 交割升贴水：替代品进入期货市场流通的机会或相对有限	7
3.4 多晶硅交割模式：仓单交割+厂库交割相结合	8
3.5 引入品牌交割（免检交割），未来交割品扰动动能不足	8
四、多晶硅上市对行业的影响：“蓄水池”功能将改善供需关系，推动产业链健康发展	9
国联期货研究所	10

图表目录

表 1：N/P 硅料区别	3
图 3：太阳能级多晶硅技术标准	2
图 3：多晶硅技术标准	3
图 4：多晶硅期货合约细则	6
图 5：交割品技术指标	7
图 5：N-P 价差	8

导读

2024年12月2日，广州期货交易所公布多晶硅期货合约细则（征求意见稿）。

多晶硅期货（交易代码PS）将于广州期货交易所上市，从交割质量要求看，多晶硅期货交割品的产品形态要求均为块状硅，颗粒硅不属于期货交割品。其中，基准交割品定位N型料，替代交割品定位P型料，二者相较电子级多晶硅国标，在部分指标上均有放松。交割规则设计上，多晶硅采用品牌交割，规则设计具备合理性，同时综合考虑现货市场产能情况，预计交割品不足担忧或相对有限。

由于前期头部企业直接参与交割意愿或较低，因为其品牌溢价无法体现在盘面上；其次，在光伏下游实际外贸与现货交易活动中，对多晶硅的贸易溯源、质量担忧等因素或影响买交割，不过未来根据上述引入品牌交割，对参与交割环节将会更便捷，由于交割品牌注册时已通过了下游对其品质和品牌的认证，倘若仓单价格相较于现货价格更具性价比，那对于下游企业进行买交割最为有利，使之流动性增强。

多晶硅上市对行业将会发挥“蓄水池”功能将改善供需关系，推动产业链健康发展的影响，从定价权、产业产销结构以及风险管理带来不同维度的影响。

一、多晶硅现货概览

“硅元素”的可将分为**无定形硅（非晶体硅）**和**晶体硅**两种，根据物理学定义我们可将晶体硅具体分为多晶硅、单晶硅；**多晶硅**：熔融的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，这些晶粒在宏观尺度上是随机取向的，但是每一个晶粒内部的取向是一致的。则这些晶粒结合起来，就结晶成多晶硅；**单晶硅**：指物质内部的原子或离子或分子的排列是整齐划一的，从一端到另一端都保持相同的取向，整个晶体只有一个晶向，不含晶界。

二、多晶硅分类

根据上述针对目前市场对多晶硅的名称，可以发现其均由下游应用决定其多晶硅的使用，根据原生多晶硅通过不同工艺生产后，对其硅含量、以及杂质、应用进行分类可以得到：

2.1 按纯度要求及用途不同，可以将多晶硅分为太阳能级多晶硅和电子级多晶硅

太阳能级多晶硅主要用于光伏电池的生产制造，而电子级多晶硅作为芯片等生产的原材料，广泛应用于集成电路产业。太阳能级多晶硅的纯度为**6~8N**，即要求杂质总含量低于**10⁻⁶**，多晶硅的纯度需达到**99.9999%**以上。

而电子级多晶硅纯度要求更为严格，最低为**9N**，目前最高可达**12N**。电子级多晶硅生产难度较大，国内掌握电子级多晶硅生产技术的企业较少，仍较为依赖进口。目前太阳能级多晶硅产量远大于电子级多晶硅，前者大约为后者的**13.8**倍，预计随着光伏装机量的迅猛提升，太阳能级多晶硅的需求增速将高于电子级多晶硅。

图 3：太阳能级多晶硅技术标准

项目	《电子级多晶硅》GB/T 12963—2022 技术 指标				《太阳能级多晶硅》GB/T 25074—2017 技术 指标				《碲化床法颗粒硅》GB/T 35307—2023 技术 指标			
	特级品	1级品	2级品	3级品	特级品	1级品	2级品	3级品	特级品	1级品	2级品	3级品
施主杂质含量/ppba	≤0.03	≤0.05	≤0.1	≤0.3	≤0.68	≤1.40	≤2.61	≤6.16	≤0.3	≤0.7	≤1.0	≤1.4
受主杂质含量/ppba	≤0.01	≤0.03	≤0.05	≤0.1	≤0.26	≤0.54	≤0.88	≤2.66	≤0.18	≤0.24	≤0.5	≤1.32
碳含量/ppma	≤0.02	≤0.05	≤0.05	≤0.1	≤0.4	≤0.5	≤0.6	≤0.8	≤0.3	≤0.5	≤0.8	≤1.0
氧含量/ppma					≤0.4	≤1.0	≤2.0	≤2.0				
氢含量/ppmw									≤25	≤30	≤30	≤30
少数载流子寿命/μs					≥300	≥200	≥100	≥50				
体金属杂质含量/ppbw	Fe、Cr、Ni、Cu、Zn、Na总含量				Fe、Cr、Ni、Cu、Zn总含量							
	≤0.1	≤0.3	≤0.5	≤2.0	≤15	≤50	≤100	≤100				
表面金属杂质含量/ppbw	Fe、Cr、Ni、Cu、Zn、Al、K、Na、Ti、Mo、W、Co总含量				Fe、Cr、Ni、Cu、Zn、Na总含量							
	≤0.1	≤0.5	≤1.0	≤5.0	≤30	≤100	≤100	≤100				
总金属杂质含量/ppbw									Fe、Cr、Ni、Cu、Zn、K、Na、Ti、Mo、W、Co总含量			
									≤13	≤30	≤50	≤70

来源：国家标准委员会 国联期货研究所

2.2 根据硅料掺入杂质及导电类型的不同，太阳能级多晶硅主要分为 N、P 型

根据《太阳能级多晶硅》（GB/T25074-2017）国家标准分类规定，太阳能级多晶硅根据外形分为块状和棒状；根据导电类型分为 N 型和 P 型。其中，当硅中掺杂以施主杂质（V 族元素，如磷、砷、锑等）为主时，以电子导电为主，为 N 型多晶硅；当硅中掺杂以受主杂质（III 族元素，如硼、铝、镓等）为主时，以空穴导电为主，为 P 型多晶硅。P 型电池主要有 BSF 电池和 PERC 电池两种，2021 年 PERC 电池在全球市场中的占比已经超过 91%，BSF 电池被淘汰出局。在 PERC 替代 BSF 的期间，P 型电池转换效率从不足 20% 提升到超过 23%，即将逼近 24.5% 的理论上限，而 N 型电池的理论上限为 28.7%，且 N 型电池具有转换效率高、双面率高、温度系数低等优点，因此企业纷纷开始布局 N 型电池的量产线。

图 3：多晶硅技术标准

项目	《电子级多晶硅》GB/T 12963—2022	N 型指标（协鑫科技口径）	
	2 级品	棒状硅	颗粒硅
施主杂质含量/ppba	≤0.1	≤0.3	≤0.2
受主杂质含量/ppba	≤0.05	≤0.05	≤0.05
碳含量/ppma	≤0.05	≤0.4	≤0.3
少数载流子寿命/μs		≥1600	≥1600
金属杂质含量/ppbw	Fe、Cr、Ni、Cu、Zn、Na 基体金属杂质含量	≤0.5	Fe、Cr、Ni、Cu、Zn、Al、K、Na、Ti、Mo、W、Co 总金属杂质含量
		≤0.5	
	Fe、Cr、Ni、Cu、Zn、Al、K、Na、Ti、Mo、W、Co 表面金属杂质含量		≤0.5
表面质量	≤1.0	致密料	氢含量 ≤ 30 mg/kg

来源：国家标准委员会 国联期货研究所

2.2.1 如何区分 N/P 硅料

一种简单的方法是使用四探针测量系统（四点探针法）测量硅片的电阻率，再通过霍尔效应测量设备确定其掺杂类型。霍尔效应测量可以测量载流子（电子或空穴）的密度和迁移率，从而判断是 P 型还是 N 型。但就如何精确定义 N 型硅料，目前市场上其实还没有明确的考核指标。

相比 P 型硅料，N 型硅料在纯度品质方面要求更高，需要满足电子二级水平，而 P 型硅料仅为电子三级（一级主要应用在芯片半导体领域）。

表 1：N/P 硅料区别

	N 型硅料	P 型硅料
质量标准	电子二级以上	电子三级及太阳级
外观质量	致密料	致密料、菜花料、珊瑚料

工艺流程	N 型、P 型差别不大
初始投资额	N 型材料更高端，后端洁净环境更好，初始投资额更大
循环回收	N 型料品质更高，可循环回收重新用于硅料

来源：各公司公告、国联期货研究所

2.2.2 N 型硅料的注意事项

关于 N/P 硅料有几个争议的地方需要注意：

N 型硅料逐步占据主流，且随着下游技术革新和应用，N 型硅料的指标是变化的，按照目前的国标，难以满足目前市场 N 型料的要求，其中主要设计三点：

①少数载流子寿命

隆基报告中提到，与硅材料少子寿命及电阻率存在关系。转化效率越高的电池（N 型电池）对少子寿命越敏感，要求也越高；电阻率对部分电池结构影响较大。那就 N 型硅料需要的条件聚焦了，硅料中影响硅片“少子寿命，氧含量，电阻率分布”的因素。在 N 型硅片工艺生产过程中见下图，并未涉及到金属元素的掺入，其余硅片生产的过程中导致的金属杂质的引入并不在硅料企业考虑范围内，因而**唯一硅料企业考虑的金属杂质引入点就在硅片材质本身，也就是硅料携带进来的金属杂质**，尤其是深能级杂质，所以硅料中存在体金属，表金属的指标，同时反应硅料金属杂质浓度大小的硅料少子寿命。

得注意一下：影响的是硅片的少子寿命，氧含量，电阻率，因为硅片是单晶硅棒切片产生，其实也是也是单晶硅棒的上述标准。谨防与硅料中的少子寿命，氧含量，电阻率混淆。

②更低氧含量

“硅片的氧含量”，氧的主要来源是熔体和堆塌的相对运动。堆塌和硅反应产生一氧化碳，部分会进入晶体界面。氧和杂质会导致 N 型硅片在电池高温制备环节出现同心圆、黑心片等问题。氧在 1400 度无法流动，会被凝固在 COP 附近形成缺陷。TOPCon 在后续电池制备环节高温步骤较多，因此也更容易产生同心圆等问题。但明显氧气的引入和控制硅片生产环节，硅料生产环节中涉氧较少，因而**在新国标中将氧含量改为客户自定，该元素的除杂并不在 N 型硅料指标范围考虑之中。**

③更加集中的电阻率分布

在硅料拉单晶制备成单晶硅棒过程中，一般利用**高纯的硼或磷作为掺杂剂**，掺杂剂本身的纯度超过 99.999%~99.9999%，N 型硅片是通过掺杂不同量的磷来控制单晶硅的电阻率，电阻率 ρ 与掺

杂浓度 C_s 的关系如下：

$$\rho=1/\sigma=1/(C_s \cdot e \cdot \mu)$$

式中， σ 为电导率； e 为电子电荷， $e=1.6 \cdot 10^{-19}$ C； μ 为电子的迁移率，为 $1350 \text{cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$ ；对于 $1 \Omega \cdot \text{cm}$ 的 N 型掺磷单晶硅而言，磷的掺杂浓度为 $4.2 \cdot 10^{15} \text{cm}^{-3}$ 。因而控制单晶硅的电阻率主要取决于硅熔体中加入的掺杂剂的量。所以主要控制控制电阻率的地方在硅片的生产，但有别于氧，掺杂既然按照一定比例定量执行，必定需要原本体的中 B 或 P 更像一张白纸，这样我才能更准确控制电阻率大小，所以硅料在新国标中的 B、P 更重要的是 P，有了更加严苛的标准。

2.3 根据表面质量的不同，可划分为致密料、菜花料和珊瑚料。

致密料表面颗粒凹陷程度最低，小于 5mm，外观无颜色异常、无氧化夹层，价格最高；菜花料表面颗粒凹陷程度适中，为 5-20mm，断面适中，价格中档；而珊瑚料表面凹陷较为严重，深度大于 20mm，断面疏松，价格最低。致密料主要用于拉制单晶硅，菜花料、珊瑚料则主要用于制作多晶硅片，企业日常生产中可在致密料中掺杂不低于 30%的菜花料来生产单晶硅，从而节约原料成本，但菜花料的使用会在一定程度上降低拉晶效率，企业需在两者之间进行权衡后选择合适的掺杂比例。

2.4 按产品形态分类:棒状硅（块状硅）、颗粒硅

棒状硅:由改良西门子法制备，不能直接使用，需要将其破碎成块状才可用作后续生产，是目前最主要的多晶硅产品形态，CPIA 数据显示 2023 年市占率 82.7%；

颗粒硅:由硅烷流化床法制备，无需进行破碎即可直接使用，成本优势明显，协鑫科技颗粒硅现金成本预测将降至 30 元/kg 以下，电耗成本已降至 13.8kWh/kg。

三、多晶硅合约解读

3.1 多晶硅期货合约

多晶硅期货（交易代码：PS）将与广州期货交易所挂牌上市，正式挂牌合约细则、挂牌价及时间静待交易所通知。

合约要点：

- 交易单位为 3 吨，报价单位为“元/吨”；
- 涨跌停板幅度为上一交易日结算价的 4%，交割月份的涨跌停板幅度为上一交易日结算价的 6%。

- 最低交易保证金为合约价值的 5%；
- 最小变动价位 5 元/吨；
- 目前暂不设夜盘交易。

图 4：多晶硅期货合约细则

合约标的物	多晶硅
交易单位	3 吨/手
报价单位	元（人民币）/吨
最小变动价位	5 元/吨
涨跌停板幅度	上一交易日结算价±4%
合约月份	1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12 月
交易时间	上午 9:00—11:30，下午 13:30—15:00，以及交易所规定的其他时间
最后交易日	合约月份的第 10 个交易日
最后交割日	最后交易日后的第 3 个交易日
交割品级	见《广州期货交易所多晶硅期货、期权业务细则》
交割地点	交易所指定交割库
最低交易保证金	合约价值的 5%
交割方式	实物交割
交易代码	PS
上市交易所	广州期货交易所

来源：国联期货研究所

3.2 交割质量标准：均为块状硅，颗粒硅不属于期货交割品

要点：

- 多晶硅期货交割品的产品形态要求均为块状硅，颗粒硅不属于期货交割品。
- 基准交割品：定位产品为 N 型硅料（表面要求致密料），依据太阳能级多晶硅国际标准电子 2 级指标设计，但对于施主杂质、碳含量方框要求。
- 替代交割品：产品定位为 P 型料，依据太阳能级多晶硅国际标准电子 3 级指标设计，同对于施主杂质、碳含量方框要求。
- 基准品为 N 型复投料、N 型致密料单独包装形式，替代品为 P 型致密料、P 型菜花料单独包装以及“致密料+菜花料”混料包装的形式。

值得注意的是，广州期货交易所设定的交割质量标准并未完全采用国标实行，而是结合光伏主材未来的发展方向以及技术更迭采取 N、P 型料流通的规范标准，与此同时对其外观

质量有所要求进行规范分类。以及设计了贴水为防范在价格过高时可以引入更多交割货源以平抑价格。

图 5：交割品技术指标

项目(单位)	期货基准品-块状硅	期货替代品-块状硅	特级品	电子 1 级	电子 2 级	电子 3 级	太阳能 特级
施主杂质含量(ppba)	≤0.3	≤0.3	≤0.03	≤0.05	≤0.1	≤0.3	≤0.68
受主杂质含量(ppba)	≤0.05	≤0.01	≤0.01	≤0.03	≤0.05	≤0.1	≤0.26
碳含量(ppma)	≤0.3	≤0.4	≤0.02	≤0.05	≤0.05	≤0.1	≤0.4
基体金属杂质含量 (Fe、Cr、Ni、Cu、Zn、Na)ng/g, ppbw	≤0.5	≤2	≤0.1	≤0.3	≤0.5	≤2.0	≤15
表面金属杂质含量 (Fe、Cr、Ni、Cu、Zn、A、K、Na、Ti、Mo、W、Co)ng/g, ppbw	≤1.0	≤5	≤0.1	≤0.5	≤1.0	≤5.0	≤30
尺寸	线性尺寸:6mm~80mm,混装时,线性尺寸小于6mm的多晶硅不超过总重量的1%		协商指标线性尺寸:6mm-150mm;混装时,线性尺寸小于6mm的多晶硅不超过总重量的1%				协商指标线性尺寸:3mm-200mm
外观质量	致密料	致密料或菜花料(可混装)	协商				
升贴水(元/吨)	0	-12000元/吨					

来源：国联期货研究所

3.3 交割升贴水：替代品进入期货市场流通的机会或相对有限

根据交易所合约设计，多晶硅基准品交割为平水交割，替代品交割贴水为 12000 元/吨，其设计依据结合上下游的特征多个维度，包含（产品间的历史价差、成本、供需）等维度。我们根据产品的历史价差，从价差套利的可行性进行分析，如果单纯用替代交割品交割能实行获利，一方面由于近年来其价差小于贴水-12000 元/吨；另一方面，今年下半年来其价差波动水平较为稳定，

根据三方数据，n-p 价差基本维持在升水 3500-9500 元/吨。故我们认为对应当下价格下，未来交割品流通主要以基准交割品为主。

图 5：N-P 价差



来源：国联期货研究所

3.4 多晶硅交割模式：仓单交割+厂库交割相结合

仓单交割：生产日期在 90 天以内（含当日）的多晶硅可以申请注册标准仓单。

每年 5 月、11 月最后一个交易日闭市后，交易所对多晶硅期货仓库标准仓单和厂库标准仓单进行统一注销，但是生产日期在 90 日以内（含当日）的多晶硅期货仓库标准仓单除外。

值得注意的是，注销环节，多晶硅期货仓单逐步累增，将造成近月合约下跌、近远月价差走阔的行情（如同工业硅、碳酸锂）。

厂库交割：与工业硅类似，多晶硅期货交割区域参考根据多晶硅产销两地进行设置,暂定于内蒙古自治区、四川省、云南省、陕西省、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区、新疆维吾尔自治区等 8 个多晶硅主要生产地与消费地。当下具体区域交割无升贴水，根据产销集中度来看，新疆+华东将成为多晶硅的主要交割地。

3.5 引入品牌交割（免检交割），未来交割品扰动动能不足

- 在《关于摸底多晶硅期货注册品牌的通知》显示，企业申请注册品牌要求如下：

品牌所属多晶硅年产能在 2 万吨以上，能够长期稳定生产多晶硅期货交割品。目前多数多晶硅生产企业对应一个品牌，同时多数企业产能基本都能够达到 2 万吨以上，其不用担心出现未来

品牌货源不足的情况。与此同时，对于货源的品质要求，方可在生产环节生产厂家在还不增加成本的情况下进行分选出致密料和菜花料，比如在还原炉生产时就可将致密与菜花(比如拐弯区域)等区分开，并在后端整理时分开进行包装，整体操作较为灵活。其次新进玩家注册品牌也可通过下游认可度和协会组织举荐申请注册品牌。故而在货源流通上并不会出现货源不足的情况。

- **品牌升贴水，当下还未公布品牌交割细则以及升贴水，具体后续待交易所公布。**
- **卖交割&买交割注意事项**

由于前期头部企业直接参与交割意愿或较低，因为其品牌溢价无法体现在盘面上；其次，在光伏下游实际外贸与现货交易活动中，对多晶硅的贸易溯源、质量担忧等因素或影响买交割，不过未来根据上述引入品牌交割，对参与交割环节将会更便捷，由于交割品牌注册时已通过了下游对其品质和品牌的认证，倘若仓单价格相较于现货价格更具性价比，那对于下游企业进行买交割最为有利，使之流动性增强。

四、多晶硅上市对行业的影响：“蓄水池”功能将改善供需关系，推动产业链健康发展

参与主体增加引发定价机制变化：多晶硅期货上市后，期货价格成为现货价格的重要参考，有助于形成统一、市场化、透明化和公允化的价格体系。其次，在期现商以及资本资金的加入后，市场定价权重亦会增加。

采购及销售策略调整：产业产购销新渠道，蓄水池功能增加，达到平抑价格的作用。期货上市有助于企业拓宽业务与盘活资源。期货市场使得企业能够通过“订单+期货”、“基差贸易”等产融结合模式，高效匹配和管理市场风险，建立产业链上下游企业的利益耦合机制，稳定整体经营协作关系。期货价格的发现功能可以帮助企业适时、灵活地调整采购及销售策略，获取更多利润。现货企业可以通过期货建立虚拟库存，节省物流、仓储成本，提高贸易灵活性。

风险管理工具增加：多晶硅期货上市为产业链企业提供了丰富的风险对冲工具，帮助企业规避生产经营过程中可能出现的风险。

免责声明

本报告中信息均来源于公开资料，我公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。

报告中的内容和意见仅供参考，并不构成对所述期货操作的依据。由于报告在撰写时融入了研究员个人的观点和见解以及分析方法，如与国联期货发布的其他信息有不一致及有不同的结论，未免发生疑问，本报告所载的观点并不代表国联期货公司的立场，所以请谨慎参考。我公司及其研究员对使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失概不负责。

本报告所提供资料、分析及预测只是反映国联期货公司在本报告所载明日期的判断，可随时修改，毋需提前通知。

本报告版权归国联期货所有。未经书面许可，任何机构和个人不得进行任何形式的复制和发布。如遵循原文本意的引用，需注明引自“国联期货公司”，并保留我公司的一切权利。

国联期货研究所