

国信期货多晶硅专题报告

硅产业链

多晶硅价格再度下行，后期底部在何方？

2023年11月20日

● 主要结论

自9月多晶硅价格反弹见顶之后再度下行，目前已经触及了前期低点。后期多晶硅价格是否会进一步下行，底部支撑区间在哪里？本文将通过对光伏产业链供需、成本等因素，对多晶硅价格走势进行探讨。

从供需角度来看，多晶硅产能过剩情况将在明年持续下去。当产业链长期处于产能过剩状态，价格就难以有上行趋势，其价格主要是围绕成本线上下波动，利用生产的盈亏来调节企业开工率，从而使短期供需达到平衡。

根据硅片对硅料的需求情况来看，如果要达到短期供需平衡，硅料实际开工产能需降至140万吨左右。按照对改良西门子法、硅烷流化床法的成本与产能对应关系的推算，当多晶硅价格击穿6.2万元/吨的成本线后，多晶硅企业因成本压力减产、降低开工率将能达到短期的供需平衡，短期来看多晶硅价格在企业减产之前将保持下行趋势。从长期来看，如果电价保持稳定，多晶硅行业整体成本将下移，低成本产能扩张，高成本产能退出将会是行业未来几年的一种状态。

分析师：李祥英

从业资格号：F03093377

投资咨询号：Z0017370

电话：0755-23510000-301707

邮箱：15623@guosen.com.cn

独立性申明：

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于本人的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

一、多晶硅价格为何跌跌不休？

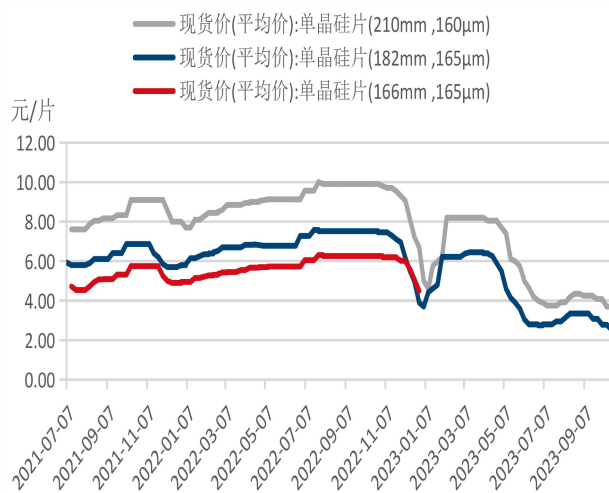
2022年8月多晶硅价格达到30万元/吨高点后开始持续下行，到2023年7月已经跌至6.4万元/吨。在跌破7万元/吨之后，中小型硅料企业纷纷减产、停产，新投产项目延迟投产，在供给端的主动收缩以及下游抄底需求的支撑下，多晶硅致密料价格在9月底反弹至8.7万元/吨。但在次轮反弹过程中，下游各环节价格并未跟随硅料价格上行，反而是跌跌不休。硅片环节提开工率、补库动作支撑了7-9月的硅料价格，但下游电池片、组件需求持续走弱最终又将硅料价格拉下至6.4万元/吨。后期多晶硅价格是否会进一步下行，底部支撑区间在哪里？本文将通过对光伏产业链供需、成本等因素，对多晶硅价格走势进行探讨。

图：多晶硅价格走势



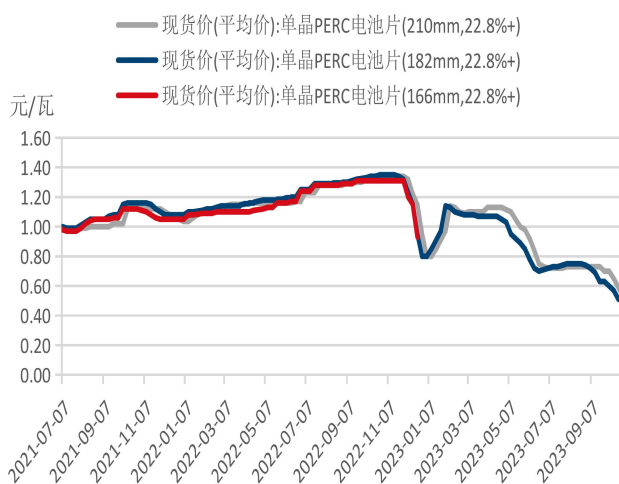
数据来源：IFIND 国信期货

图：硅片价格走势



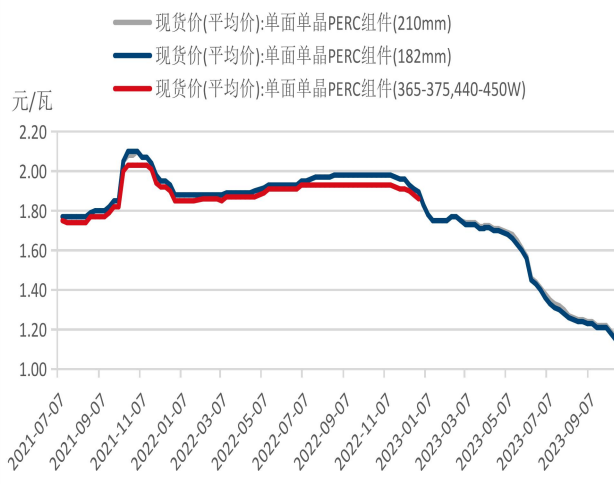
数据来源：IFIND 国信期货

图：电池片价格走势



数据来源：IFIND 国信期货

图：组件价格走势



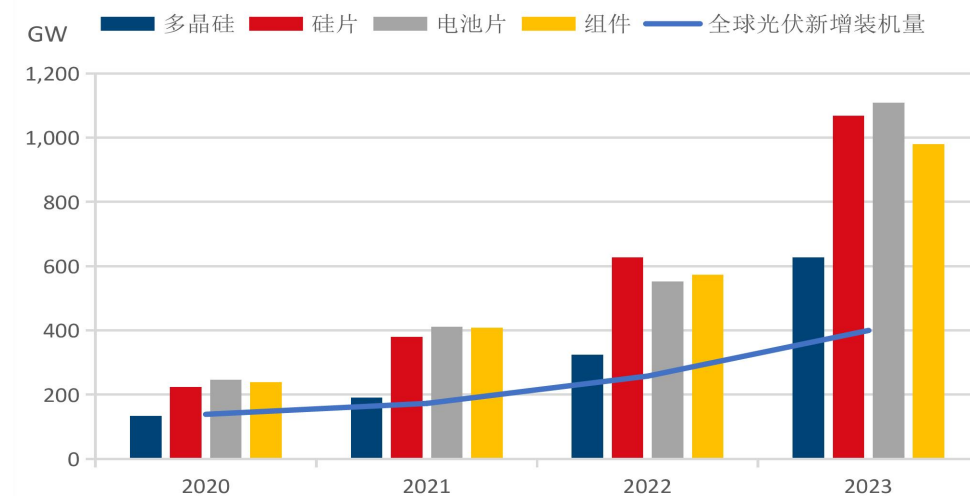
数据来源：IFIND 国信期货

对比光伏产业链各环节产能与需求情况可以看出，自2022年开始基本已经进入了全产业链产能过剩的模式，到2023年产能过剩情况进一步加重。2023年硅料环节产能为627.5GW（产能195.78万吨，按照

每 GW 消耗 0.26 万吨，容配比 1.2 计算），硅片产能为 1068.06GW、电池片产能为 1109.1GW、组件 979.5GW。而对比 2023 年全球新增光伏装机容量只有 410GW 左右。除了硅料以外的其他环节的产能利用率均在 50% 以下，即使是与传统行业的开工率相比，当前光伏产业链的开工率也处在相对偏低的水平。

在产业链内部当前硅料仍然是产能总量最低的环节，这是由于其生产特性所决定的。多晶硅环节是主产业链的最上游，属于大化工范畴，存在较大的技术工艺壁垒，且投资重，扩产周期长，爬坡难度高，成本曲线陡峭；这些高门槛限制了风险承受能力较低的投资者的进入，整体产能扩张速度不及下游，使得行业产能利用率能够保持在 70% 以上，行业利润率也高于下游。

图：光伏产业链各环节产能与需求对比



数据来源：solarzoom 通联数据 国信期货

2022 年 5 月国际能源网根据各地方政府发布的新能源发展规划文件统计，河南、福建、浙江、安徽、湖北、江苏、辽宁、山东、河北、广东、海南、江西、湖南、天津、宁夏、广西、上海、贵州、北京、甘肃、四川、山西、内蒙古、吉林、西藏、青海、云南 27 省、市明确了“十四五”期间光伏新增装机目标，共计 483.66GW。2021、2022 年中国新增装机量分别为 54.93GW，87.41GW；2023 年 1-9 月国内新增光伏装机 128.94GW，全年预计在 160GW 左右。到 2021 年—2023 年国内新增光伏装机量在 280GW 左右，距离规划目标还有 200GW 空间。按照当前速度来推算，国内大概率将提前达到十四五规划的装机量。另外从部分省市装机完成进度，新公布的政策如内蒙古的《自治区新能源倍增行动实施方案》等文件来看，国内在十四五期间的总装机量将超过初期规划量。

海外方面，欧盟是最大光伏需求市场，其在 2022 年 9 月 13 日以高票通过了《欧盟再生能源指令》，延续“REPowerEU”对于再生能源的规划。欧盟整体目标在 2025 年达到 320GW、在 2030 年达到 600GW 的光伏累计安装量，可再生能源占比提高到 45%。2022 年欧盟 27 国的新增光伏装机量为 41.4GW，预计 2023 年新增装机有望达到 68GW。除欧盟以外印度、中东等市场光伏需求也保持着高速稳定的增长态势。从组件出口数据来看，2023 年 1-9 月中国出口量累计同比增长 45.57%。

结合国内外的装机量规划、需求增速以及出口等数据可以推算 2024 年全球光新增伏装机量或在 600GW 左右，全球光伏终端需求整体仍然保持着良好的上行趋势。基于对需求长期上行的预期，国内光伏企业仍然在大刀阔斧地进行产能扩张。从产业链来看，在硅料环节 2024 年能够形成实质性产能的增量约有 60 万

吨左右，总产能将达到 250 万吨，折合约 800GW。而硅片、电池片、组件等环节产能都已在 1000GW 以上，后期仍有扩张。

整体来看当前产业链过剩情况将在明年持续下去。当产业链长期处于产能过剩状态，价格就难以有持续的上行趋势，其价格主要是围绕成本线上下波动，利用生产的盈亏来调节企业开工率，从而使短期供需达到平衡。因此对后期多晶硅价格波动区间的判断，成本研究是一个关键因素。

二、多晶硅企业的成本分布情况如何？

目前主流多晶硅生产技术主要为改良西门子法和硅烷流化床法，产品形态分别为棒状硅和颗粒硅。1955 年，西门子公司成功开发了在硅芯发热体上沉积硅的工艺技术，并于 1957 年建厂进行工业规模生产。随后，西门子工艺在减少原料、辅料、电耗以及降低成本等方面持续改进并取得显著突破，形成当今广泛应用的改良西门子技术。1952 年美国联合碳化物（UCC）公司提出将硅烷裂解沉淀在固定床上的硅颗粒表面的技术，这也是流化床最早的雏形。1961 年，杜邦公司申请使用三氯化硅作为原料在流化床内生产颗粒硅的专利。目前国内颗粒硅主要生产企业是协鑫科技（收购 Sun Edison）、天宏瑞科（陕西有色与 REC 合资）。

图：改良西门子法-棒状硅



数据来源：百度图片 国信期货

图：硅烷流化床法-颗粒硅

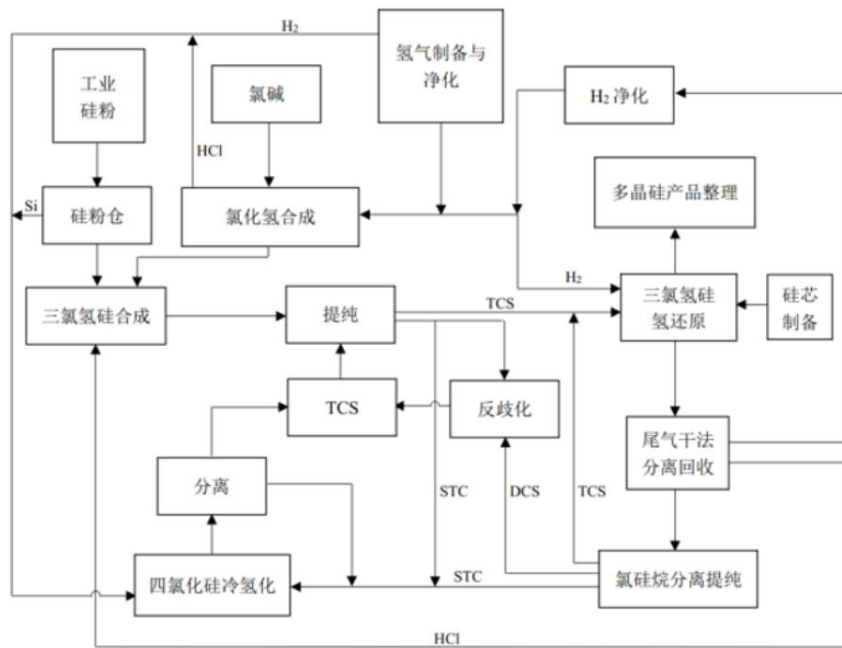


数据来源：协鑫官网 国信期货

1. 改良西门子法-棒状硅

改良西门子法是用氯和氢合成氯化氢（或外购氯化氢），氯化氢和工业硅粉在一定的温度下合成三氯氢硅，然后对三氯氢硅进行分离精馏提纯，提纯后的三氯氢硅在氢还原炉内进行 CVD 反应生产高纯多晶硅。其主要技术是：大直径对棒节能型还原炉技术，导热油循环冷却还原炉技术，还原炉尾气封闭式干法回收技术以及副产品 SiCl_4 氢化生成 SiHCl_3 技术。改良西门子法生产多晶硅工艺设计中大致细分为以下几道工序： H_2 制备与净化、 HCl 合成、 SiHCl_3 合成、合成气干法分离、氯硅烷分离提纯、 SiHCl_3 氢还原、还原尾气干法分离、 SiCl_4 氢化、氯化气干法分离、硅芯制备及产品整理、废气及残液处理等

图：改进西门子法生产流程



数据来源：新特能源招股说明书 国信证券（香港） 国信期货

改良西门子法多晶硅生产的主要成本有工业硅粉、电力、蒸汽、辅料人工等，完全成本里面还包含了折旧和财务费用。在现金成本中硅粉、电力是最主要的成本要素。首先，在硅粉成本方面，新疆企业更具有区域优势；工业硅—多晶硅一体化企业具有明显的成本优势，这种优势在工业硅价格高位时更加明显。当前情况下，工业硅因产能过剩基本进入了薄利区间，一体化企业硅粉成本偏低1元/kg左右。其次，在电价方面，硅料企业差异较大，自备电成本可以控制在0.2元/kwh左右，外购电主要是根据各地区定价，西北地区偏低，新疆地区在0.35元/KWh波动，内蒙古、青海、甘肃电价为0.38-0.5元/kwh；西南地区因水电的季节性在0.3-0.65元/kwh波动；其他地区的电价基本在0.5、0.6元/KWh左右。除了硅粉、电力成本之外，在完全成本计算中，固定资产投资也是重要的影响因素，根据各企业公告显示主要硅料企业每万吨固定资产投资7亿-10亿左右，但个别项目如通威2023年乐山12万吨硅料项目为固定资产投资为5亿/万吨，达到行业最低水平。由固定资产投资不同带来的财务费用差别，如果按照5%贷款成本计算各硅料企业财务费用在3.5-5元/kg。

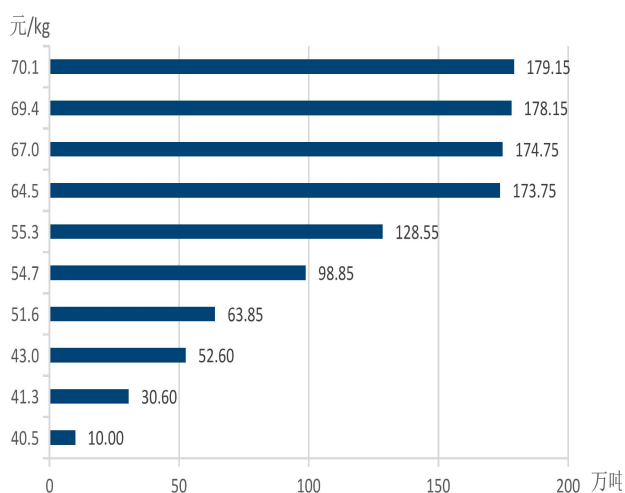
表：改良西门子法成本构成

改良西门子法成本要素		数量	单价	成本(元/kg)
工业硅粉		1.15 kg/kg	16	18.4
电力	还原电耗	46.5 kwh/kg	0.2-0.6元/kwh	9.3-27.9
	冷氢化、尾气、公用工程、精馏及其他电耗	15kwh/kg	0.2-0.6元/kwh	3-9
蒸汽		15kg/kg	0.16元/kg	2.4
氯气、氢气、其他能源和辅料成本				1.4
人工成本(元/kg)				4.25
耗材、检修等费用				4.25
固定资产投资折旧(10年)				7-10
财务费用(5%)				3.5-5
现金成本				43-67.6
完全成本				53.5-82.6
现金成本(含税)				48.59-76.39
完全成本(含税)				60.46-86.32

数据来源：《当代多晶硅产业发展概论》 国信期货

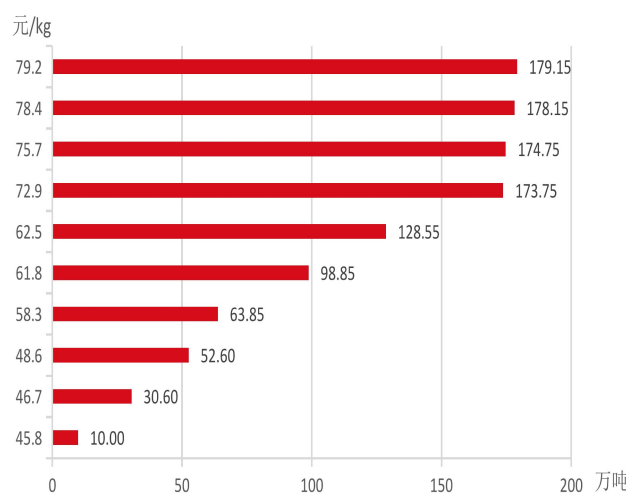
根据百川盈孚数据，2023 年国内改良西门子法已投产多晶硅 179.15 万吨（不同口径，数据略有差异），产能分布在新疆、内蒙古、青海、宁夏、云南、四川、江苏、江西、河南、河北等地。根据各地区不同电价以及企业自身的建设运营情况可以粗略推算出现金成本与国内多晶硅产能的对应关系。如果以含税成本来看，现金成本在 5 万元/吨以下改良西门子法产能只有 52.6 万吨，这些产能主要来自头部成本控制能力较强的企业以及拥有自备电厂的企业。6--7 万元/吨是多晶硅企业产能分布最大的区间，涉及的产能有 110 万吨左右，因此一旦价格跌破 7 万元/吨关口，大多数多晶硅企业的成本压力将显现，可能会影响到企业的开工情况。

图：棒状硅现金成本（不含税）与产能对应趋势图



数据来源：百川盈孚 国信期货

图：棒状硅现金成本（含税）与产能对应趋势图



数据来源：百川盈孚 国信期货

2. 硅烷流化床法-颗粒硅

目前除了改良西门子法之外，协鑫、天宏瑞科的硅烷流化床法也是多晶硅产能的重要组成部分，其产能占国内总产能 15.3% 左右。硅烷流化床法的主要原理是将细小的硅颗粒种子铺在有气孔的流化床层上，然后从下面通入硅烷，这时硅颗粒种子具备流体特征，在加热等反应下，硅单质沉积在硅颗粒种子上，生成体积较大的硅粒，通过出料管送出流化床设备。简而言之，硅烷流化床法是利用流化床设备，采用硅烷裂解的方式生产颗粒硅的工艺。

图：硅烷流化床法工艺流程



数据来源：协鑫科技 2022 年环境、社会及管治报告 国信期货

在成本方面，协鑫科技（3800.HK）的年报数据显示，颗粒硅的固定投资额约为 7.2 亿元/万吨，综合电耗可优化至 13.8 kWh/kg-Si，蒸汽耗量 15.3kg/kg-Si，人均产出量为 133 吨/（人·年）。按此计算，FBR 颗粒硅的生产工艺较改良西门子法棒状硅其投资额下降约 28%、综合电耗降低约 77%、人均产出量提升约 29%。相对改良西门子法的棒状硅，颗粒硅具有非常明显的成本优势。甚至是在电价成本较高的区域，其现金成本也能明显低于棒状硅，在颗粒硅价格下跌至 4.6 万元/吨以下前协鑫等企业的生产几乎完全不受影响。

表：硅烷流化床法成本构成

硅烷流化床法成本要素	数量	单价	成本(元/kg)
工业硅粉	1.15 kg/kg	16	18.4
电耗	13.8kwh/kg	0.35-0.6元/kwh	4.83-8.28
蒸汽	15.3kg/kg	0.16元/kg	2.44
氢气、其他能源和辅料成本			1.4
人工成本（元/kg）			2.3
耗材、检修等费用			2.3
固定资产投资（10年）			7.2
财务费用（5%）			3.6
现金成本			31.67-35.12
完全成本			42.47-45.92
现金成本（含税）			35.79-39.69
完全成本（含税）			47.99-51.89

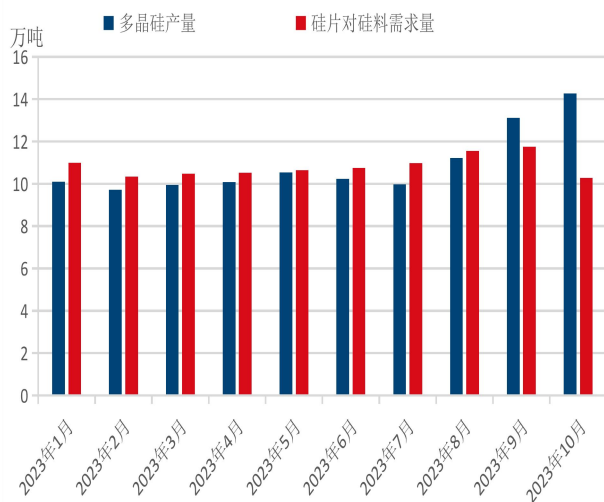
数据来源：协鑫科技宣传资料 国信期货

三、成本何时可以支撑多晶硅价格？

到11月16日多晶硅致密料现货价格已经跌至6.4万元/吨，目前多晶硅企业开工率仍然保持了较高的水平，一方面是当前多晶硅企业库存当前库存普遍不高，另外一方面是N型硅料价格仍然在7万元/吨左右，大部分企业仍然存有利润。从供需角度来看，在10月份下游硅片对硅料的需求量已经下降至10.27万吨，较9月份减少1.5万吨。而多晶硅产量自7月份开始因价格反弹及新产能投产产量持续上行，到9月份硅料已经出现实质性过剩，10月份过剩情况加重，硅料企业也已进入了新一轮的累库。

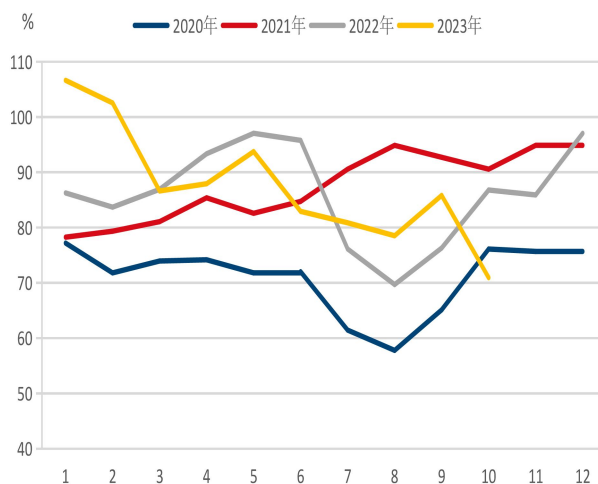
根据百川盈孚统计，9月份多晶硅企业开工率为85.82%，10月开工率降至70.95%，但开工率下行并非企业减产的原因，是由于目前有40万吨新增产能在试产、爬产，拉低了行业的整体开工率，目前在开工产能约为172万吨左右，对应月度产量14万吨左右。而硅片月度需求量已经下行至10.27万吨，2023年硅片最高月度需求量为11.76万吨，如果要达到短期供需平衡，硅料实际开工产能需降至140万吨左右。按照前文对改良西门子法、硅烷流化床法的成本与产能对应关系的推算，当多晶硅价格击穿6.2万元/吨的成本线后，多晶硅企业因成本压力减产、降低开工率才能达到短期的供需平衡，短期来看多晶硅价格在企业减产之前将保持下行趋势。

图：2023年硅料月度供需情况



数据来源：百川盈孚 国信期货

图：多晶硅企业开工率



数据来源：百川盈孚 国信期货

新能源时代已渐行渐近，虽然多晶硅行业已经进入了产能过剩的阶段，但是头部企业仍然在不断扩张，行业竞争格局持续演变，硅料的新老玩家都想在新的时代占据一席之地。对多晶硅企业来说，成本问题关乎企业未来是否能够在竞争中生存下来，不论是新的技术还是新的工艺，追求的都是对成本的极致压缩。从长期来看，如果电价保持稳定，多晶硅行业整体成本将下移，低成本产能扩张，高成本产能退出将会是行业未来几年的一种状态。

重要免责声明

本研究报告由国信期货撰写，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发布及分发研究报告的全部或部分给任何其他人士。如引用发布，需注明出处为国信期货，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。国信期货保留对任何侵权行为和有悖报告原意的引用行为进行追究的权利。

报告所引用信息和数据均来源于公开资料，国信期货力求报告内容、引用资料和数据客观与公正，但不对所引用资料和数据本身的准确性和完整性作出保证。报告中的任何观点仅代表报告撰写时的判断，仅供阅读者参考，不能作为投资研究决策的依据，不得被视为任何业务的邀约邀请或推介，也不得视为诱发从事或不从事某项交易、买入或卖出任何金融产品的具体投资建议，也不保证对作出的任何判断不会发生变更。阅读者在阅读本研究报告后发生的投资所引致的任何后果，均不可归因于本研究报告，均与国信期货及分析师无关。

国信期货对于本免责声明条款具有修改权和最终解释权。