

多晶硅期货&期权专题报告

2024年9月3日

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 (二)

多晶硅供应格局与成本分析

相关报告

晶硅崩崩-多晶硅上市前瞻 (一) 多/单/N/P 晶硅如何辨别, 生产技术迭代升级

## 目录

导读 .....	1
一、全球供应：中国地位稳步提升，海外增量有限 .....	2
1.1 溯古及今：西门子法技术路线的发展路线同步 .....	2
1.1.1 萌芽起步期 .....	3
1.1.2 发展整合期 .....	3
1.1.3 快速腾飞期：全球产能猛增，中国成为全球主要生产引擎 .....	6
1.2 全球多晶硅产业分布格局 .....	7
1.3 中国产能厚积薄发的原因分析 .....	8
二、中国供应：国内产能产量拔地而起，逐年增幅可观 .....	8
2.1 政策、技术和需求推动，中国多晶硅产能高速增长发展 .....	8
2.2 中国多晶硅产能产量变化趋势 .....	10
2.3 棒状硅与颗粒硅产能市占率 .....	11
2.3 中国多晶硅区域发展格局，集群化建设发展 .....	12
2.4 中国多晶硅企业竞争格局：寡头优势跃居全球 .....	13
2.5 多晶硅新增产能 .....	15
三、多晶硅的定价模式 .....	17
四、多晶硅商业模式 .....	17
五、多晶硅成本分析 .....	17
5.1 多晶硅成本占比情况 .....	18
5.2 多晶硅分摊成本情况 .....	18
5.2.1 可变成本 .....	19
5.2.2 生产成本 .....	21
5.2.3 全成本 .....	21
5.2.4 平台费用 .....	21
六、多晶硅行业特点以及未来供应放量的考量 .....	22
6.1 技术革新以及特点 .....	22
6.2 品质差 .....	22
6.3 检修周期 .....	22
国联期货研究所 .....	24

## 图表目录

表 1：2001-2006 年全球十大多晶硅厂商产量变化趋势 .....	4
表 2：2006-2010 年世界主要多晶硅厂商发展计划 .....	5
表 3：多晶硅、单晶硅、非晶硅内部构造 .....	8
表 4：我国颗粒硅主要生产企业及未来产能规划 .....	12
表 5：中国 CR6 企业产能及未来产能变化 .....	14
表 6：多晶硅新增产能明细 .....	15

表 7 : 通威未来乐山包头多晶硅成本 .....	19
图 1 : 全球多晶硅发展的底层逻辑 .....	2
图 2 : 全球多晶硅发展年鉴 .....	2
图 3 : 1990-1999 年全球多晶硅产量变化趋势 .....	4
图 4 : 2015-2024 年全球多晶硅产能产量增速 .....	6
图 5 : 中国多晶硅产能占比全球增速 .....	6
图 6 : 2021-2024 全球多晶硅产能分布格局变化 .....	7
图 7 : 中国多晶硅发展年鉴 .....	9
图 8 : 中国多晶硅产能变化趋势 .....	10
图 9 : 棒状硅与颗粒硅市占率趋势 .....	11
图 10 : 2024 年我国多晶硅生产格局分布 .....	12
图 11 : 中国多晶硅企业分布格局 .....	13
图 12 : 棒状硅与颗粒硅生产成本结构 .....	18
图 13 : 多晶硅平均电耗构成 .....	20

## 导读

近年来，全球光伏行业规模快速增长，刺激了多晶硅产业的规模扩张与技术进步。全球光伏装机量的快速发展是直接推动因素，据国际能源署（IRENA）数据，2020-2023 年全球累计新增光伏装机量达 835.5GW。

2017-2021 年，全球多晶硅年产量从 40 万吨一路上涨至 63.1 万吨，其中 2021 年增长最快，增速达 21.11%。全球多晶硅产业逐年稳步攀升，期间全球多晶硅生产逐渐向我国集中，我国多晶硅产量占比从 2017 年的 56.02% 上升到 2021 年的 80.03%。截至 2023 年底，国内多晶硅产能 204 万吨/年，全球占比从 2010 年的 29.8% 提升至 2023 年的 92.8%。预计 2024 年国内多晶硅产能将达到 336 万吨/年左右，全球占比将继续提升至 95.2%。2010-2022 年期间，国内多晶硅产量增长近 33 倍，年均增幅达到 31.1%。

国内部分省市在充分考虑自身优势条件的基础上，积极推动光伏产业生产集群建设。行业内的供应格局发生了明显变化。首先是海外企业逐渐退出规模前列，中国企业后来居上；其次是中国多晶硅企业规模排名变动较大。

成本方面：多晶硅生产成本大致包括直接材料、制造费用以及直接人工，其中以直接材料及制造费用为主。根据大全能源招股说明书中所披露的信息来看，直接材料主要是指工业硅粉、方硅芯、石墨夹头等，其中以工业硅粉为主；制造费用包括电力、水费、蒸汽费、折旧以及维修、保险等其他费用，其中电力和折旧占比最高。本文将详细介绍多晶硅成本的具体情况。

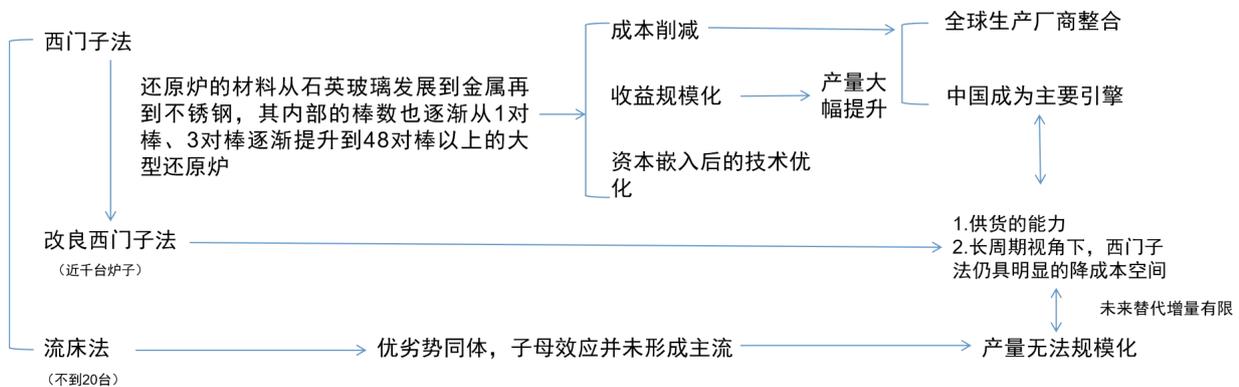
## 一、全球供应：中国地位稳步提升，海外增量有限

### 1.1 溯古及今：西门子法技术路线的发展路线同步

在多晶硅上市前瞻系列文章第一篇《晶硅崩崩-多晶硅上市前瞻（一）多/单/N/P 晶硅如何辨别，生产技术迭代升级》我们已经着重跟大家介绍过多晶硅的主要生产工艺，主要包括改良西门子法和硅烷流化床法，也是当下生产多晶硅两种形态（棒状硅与颗粒硅）的主要方法。对于全球多晶硅的发展和供应格局与技术路线的发展同步，故而顺着技术路线的更迭，我们将对多晶硅的发展格局进行讲述。

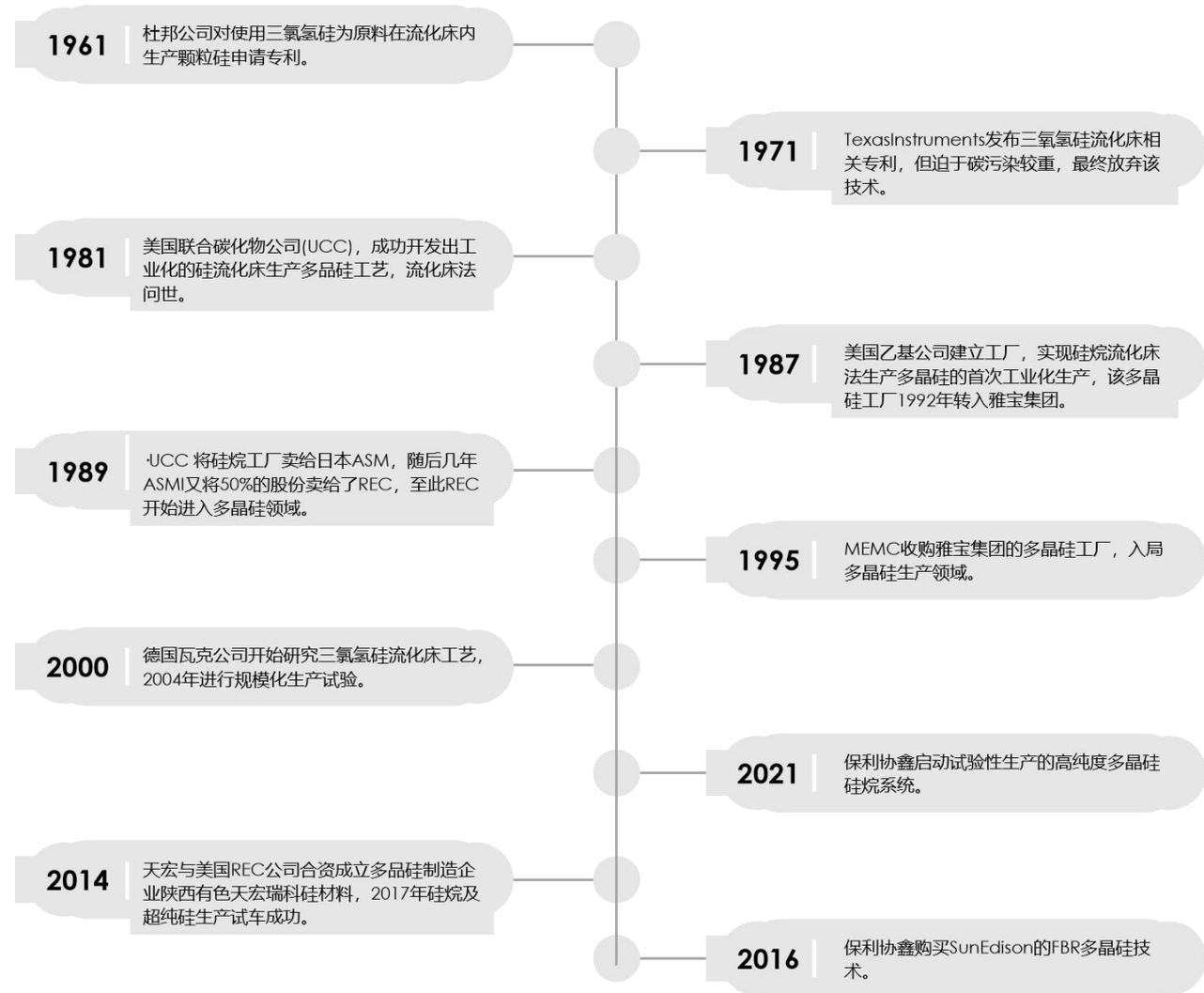
以技术路线的研究思路：

图 1：全球多晶硅发展的底层逻辑



来源：国联期货研究所

图 2：全球多晶硅发展年鉴



来源：当代多晶硅产业发展概论 国联期货研究所

根据多晶硅的技术路径我们将多晶硅供应分为三个阶段：萌芽起步期、

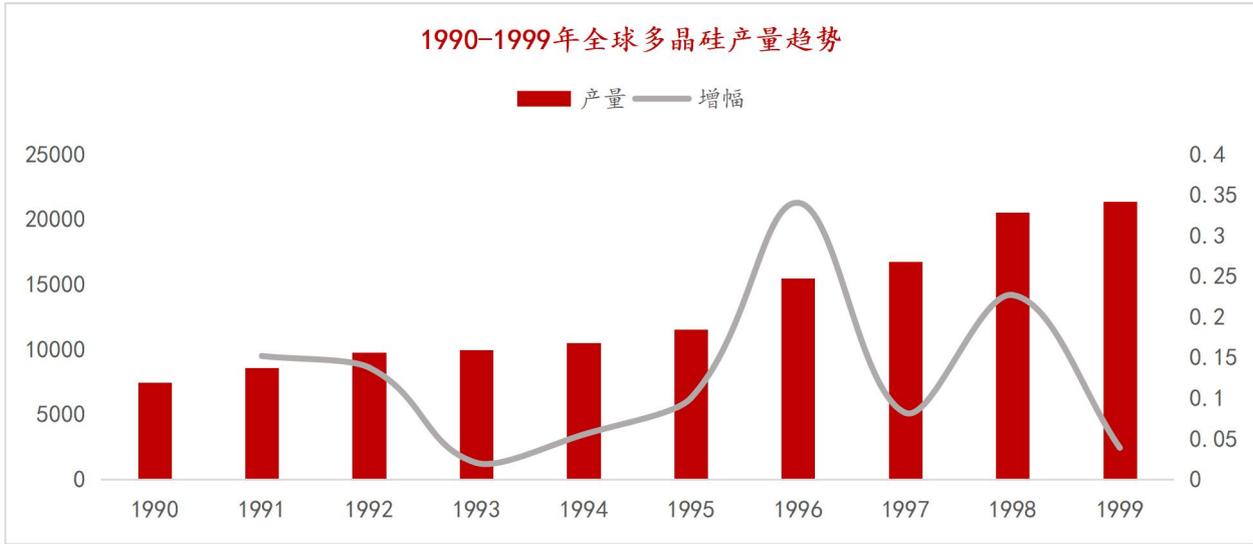
### 1.1.1 萌芽起步期

随着 1951 年美国杜邦公司采用杜邦法成立了首家多晶硅提纯厂，但生产出上来的纯度不高，产品用于并未扩大。至 1958 年，西门子公司将该方法授权给德国 Wacker 公司使用，德国 Wacker 公司的多晶硅产量也从 1959 年的 530 kg 提升至 1969 年的 60 吨。

### 1.1.2 发展整合期

1990-1999 多晶硅产业话语权基本集中在国外企业，且价格和产能的寡头效应明显。且当时的需求主要应用到半导体电子行业，全球需求量不超过 2 万吨。产业分布主要集中在美日德三个国家。

图 3：1990-1999 年全球多晶硅产量变化趋势



来源：国联期货研究所

随着半导体电子行业的发展，由于稳定性和资源稀缺等原因，半导体行业逐步将原材料由锗转向了硅，多晶硅的市场需求快速增长，摩托罗拉、德州仪器等半导体设备制造商也纷纷开始自主生产多晶硅使用。至 2006 年世界前十大多晶硅厂商的产量达到 3.65 万吨。

表 1：2001-2006 年全球十大多晶硅厂商产量变化趋势

公司名称	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
Hemlock(美)	5300	5100	5300	7000	7700	10000
Tokuyama(日)	3500	3600	4000	4800	5600	6000
Wacker(德)	3700	4000	4200	4600	5600	6600
三菱(美)	875	1065	1170	1210	1250	1250
三菱(日)	1050	1300	1300	1400	1600	1600
Sumitomo(日)	550	700	700	700	800	900
MEMC'(美)	800	1500	1500	2200	2200	2600
MEMC(意)	1000	1000	1000	1000	1000	1000

<b>Asimi (关)</b>	2800	2050	2100	2400	3000	6500 (REC)
<b>SGS (德)</b>		150	1900	2200	2700	
<b>合计</b>	19575	20465	23170	27510	31450	36450

来源：当代多晶硅产业发展概论 国联期货研究所

进入 2007 年以后，光伏发电技术不断突破，同时随着全球低碳生活的理念不断普及，全球太阳能迈入快速发展阶段。各国推出政府补贴政策，推动光伏大规模商业化，目的是通过一段时间的扶持，让光伏发电获得规模和技术突破，使光伏发电成本和传统能源发电相竞争。诸多推动因素下，光伏装机随之迎来大幅扩张，2008 年至 2013 年，光伏新增装机年增速均保持在 50% 以上，2011 年甚至达到近 80%。光伏需求从而也大幅带动了多晶硅企业的生产布局，至 2010 年全球的主要多晶硅厂产能上升至十万吨级。其中我国产能开始逐步进入到发展阶段，产能接近两万吨。

表 2：2006-2010 年世界主要多晶硅厂商发展计划

2006-2010 年世界主要多晶硅厂商发展计划						
	企业名称	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
日本	德山	6000	6000	6000	8000	8400
	三菱(日本)	1600	1600	1800	1800	1800
	住友	900	1300	1400	1400	1400
	JFE	100	100	500-1000	500-1000	500-1000
	新日铁	-	500	500	500	500
	M. setek	-	500	3000	3000	3000
	太阳硅公司(智索新日铁、东邦钛)	-		100	100	100
美国	Hemlock	10000	14500	19000	27500	31750
	REC	5970	6670	13500	13500	13500
	MEMC	2600	2700	6700	6700	6700
	三菱(美国)	1250	1500	1500	1500	1500
	Hoku	-	-	1500	2000	2000
欧洲	Wacker (德国)	6600	8000	10000	14500	14500
	MEMC(意大利)	1000	1000	1000	1000	1000
	JSSI(德国)	-	-	850	850	850
	Elkem(挪威)	-	-	5000	5000	5000
	SilPro(法国)			2500	2500	2500
中国	中国*	290	1130	3500	9000	18000
韩国	DC 化学(韩国)	-	-	3000	3000	3000
	合计	36310	45500	97750	118550	132200

来源：当代多晶硅产业发展概论 国联期货研究所

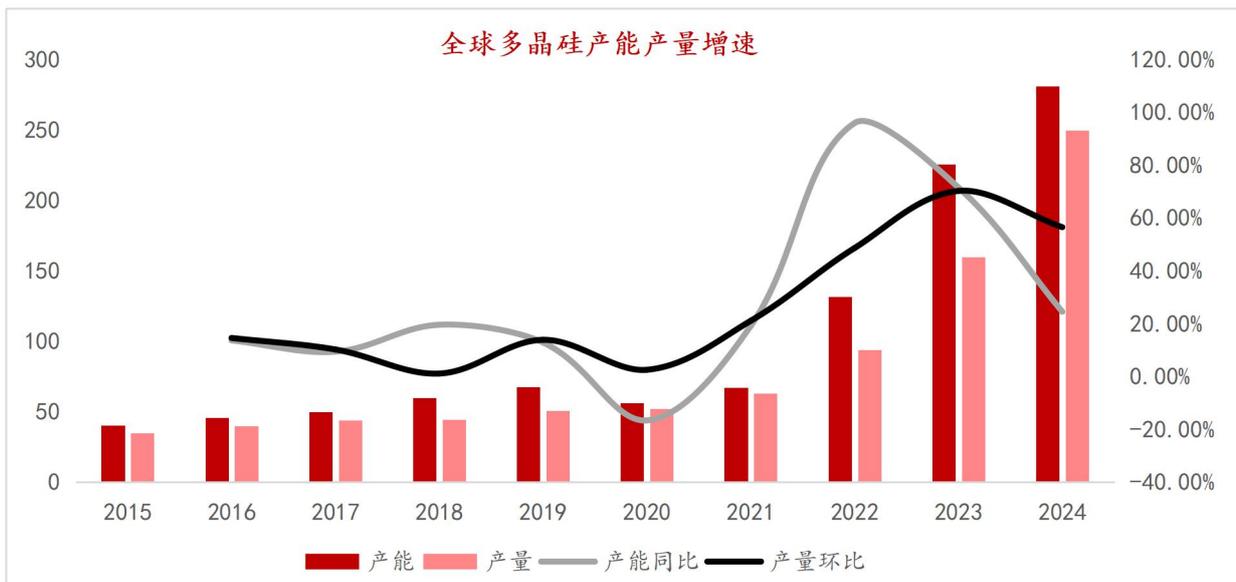
### 1.1.3 快速腾飞期：全球产能猛增，中国成为全球主要生产引擎

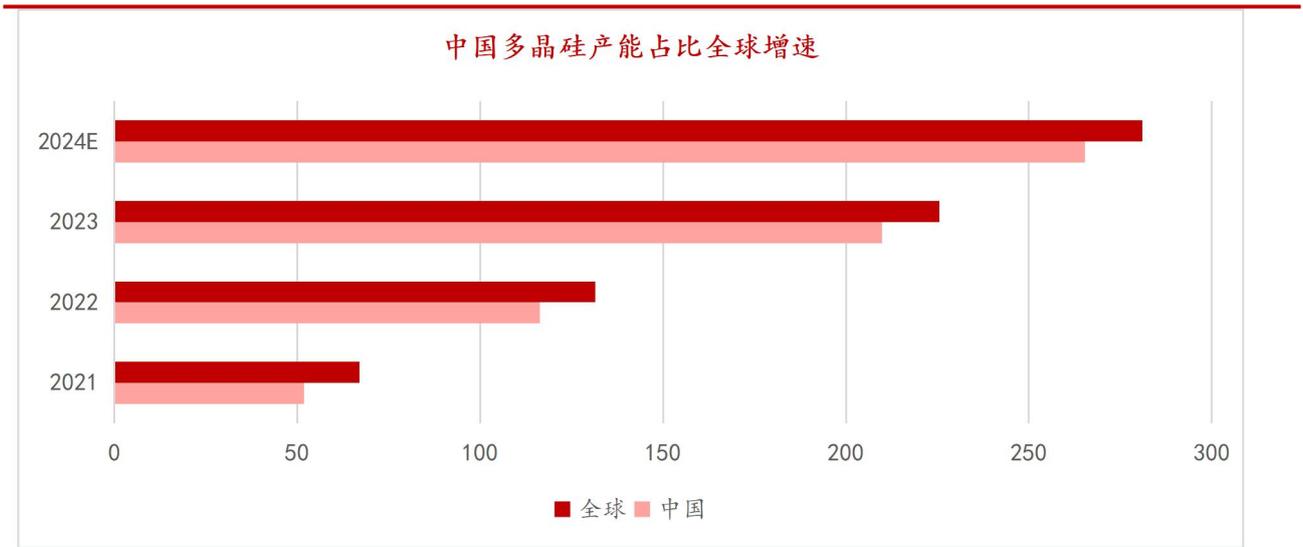
2017-2021 年，全球多晶硅年产量从 40 万吨一路上涨至 63.1 万吨，其中 2021 年增长最快，增速达 21.11%。全球多晶硅产业逐年稳步攀升，期间全球多晶硅生产逐渐向我国集中，我国多晶硅产量占比从 2017 年的 56.02% 上升到 2021 年的 80.03%。其中 2020 年全球多晶硅产能产量呈现下滑趋势，主要原因就是由于我国国内部分龙头企业出现停产，从而影响到了全球产能产量。

截至 2023 年底，全球多晶硅产能增至 225.6 万吨，同比增长 71.6%。中国产能从 2022 年底的 116.3 万吨增至 210 万吨，占全球产能的 93%，稳居全球最大生产国地位。海外主要产地包括德国、美国和马来西亚，三者合计占海外总产能的 85%。其中美国和德国年产能分别为 3.4 万吨和 6.5 万吨，马来西亚 Tokuyama 公司产能增至 3.4 万吨。从产品供应看，德国多晶硅产能主要来自于化工巨头 Waker，产品包括太阳能级与电子级多晶硅，而马来西亚产能则主要来自于韩国硅片企业 OCI 的海外工厂，主要产品是太阳能级多晶硅。美国多晶硅产能主要包括 Waker 海外工厂、Hemlock 与 REC，主要产品覆盖太阳能级与电子级多晶硅。

图 4：2015-2024 年全球多晶硅产能产量增速

图 5：中国多晶硅产能占比全球增速



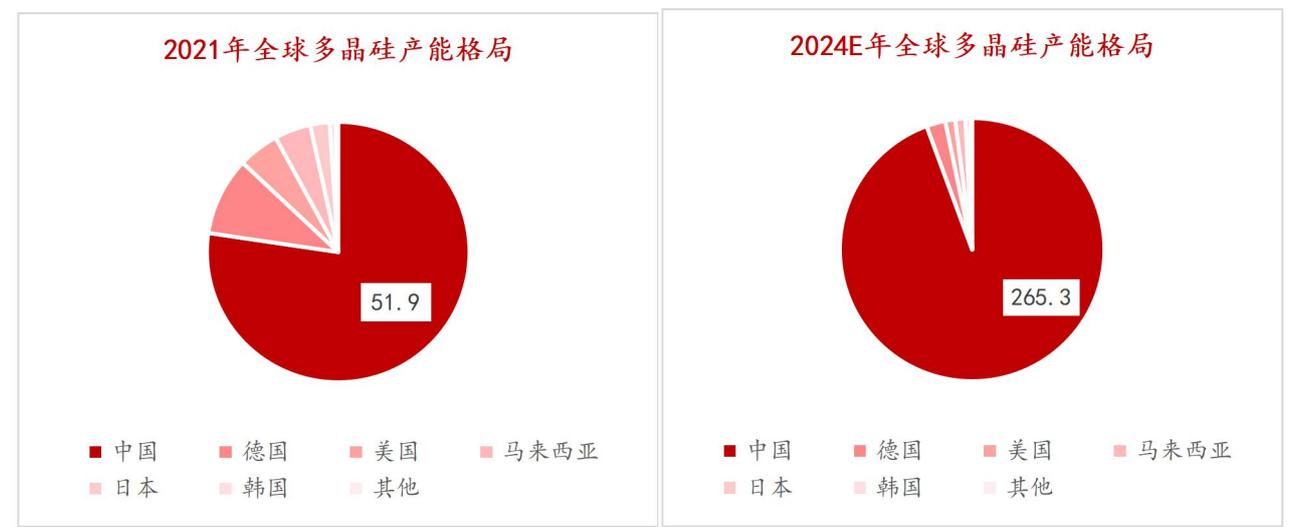


来源：硅业协会 国联期货研究所

## 1.2 全球多晶硅产业分布格局

全球多晶硅产能产量集中度较高，主要集中在前四家龙头企业，主要有德国 wacker、韩国 OCI、挪威 REC、美国 hemlock。根据目前海外的产能情况来看，未来海外多晶硅产能扩增不明显，产能利用率不变，一方面我国是多晶硅第一消费大国，而目前我国对美国、韩国的太阳能级多晶硅进口征收较高的反倾销关税，抑制了海外多晶硅向我国输入。而海外多晶硅产销以达到平衡甚至过剩，对于新项目的扩增建设较为谨慎，全球多晶硅的新增项目主要还是集中在中国。从今年来多晶硅的生产企业格局分布来看，截至 2023 年，全球前十家产能企业中国占比 90%，且中国大厂的集聚效应也进一步加强，产能占比从 2.3% 上升至 77.35%。

图 6：2021-2024 全球多晶硅产能分布格局变化



来源：硅业协会 国联期货研究所

### 1.3 中国产能厚积薄发的原因分析

2023年，我国陆续又有更多多晶硅新增项目竣工投产，有效产能再度扩大。据不完全统计，2023年底我国多晶硅产能或超250万吨。

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。

表 3：多晶硅、单晶硅、非晶硅内部构造

全球多晶硅 Top10 企业格局变化							
2010 年		2021 年		2022 年		2023 年	
企业名称	产能占比	企业名称	产能占比	企业名称	产能占比	企业名称	产能占比
HEMOLOCK (美国)	12.60%	协鑫科技(中国)	16.40%	永祥股份	22.80%	通威股份	26.15%
WAKER (德国)	10.70%	永祥股份(中国)	14.90%	协鑫科技	18.30%	协鑫科技	19.60%
OCI (韩国)	9.50%	WAKER (德国+美国)	12.70%	新特能源	15.30%	新疆大全	10.20%
保利协鑫	7.40%	新特能源(中国)	12.10%	新疆大全	9.10%	新特能源	9.61%
REC (美国)	5.80%	新疆大全	11.90%	亚洲硅业	6.80%	东方希望	7.99%
TOKUYAMA (日本)	2.90%	东方希望	10.40%	waker (德国+美国)	6.50%	亚洲硅业	5.50%
MEMC (美国)	2.70%	TOKUYAMA (日本)	4.50%	东方希望	5.30%	wacker (德国+美国)	4.50%
江西赛维 (中国)	2.30%	亚洲硅业	0.30%	青海丽豪	3.80%	青海丽豪	3.80%

来源：CPIA 硅业协会 国联期货研究所

## 二、中国供应：国内产能产量拔地而起，逐年增幅可观

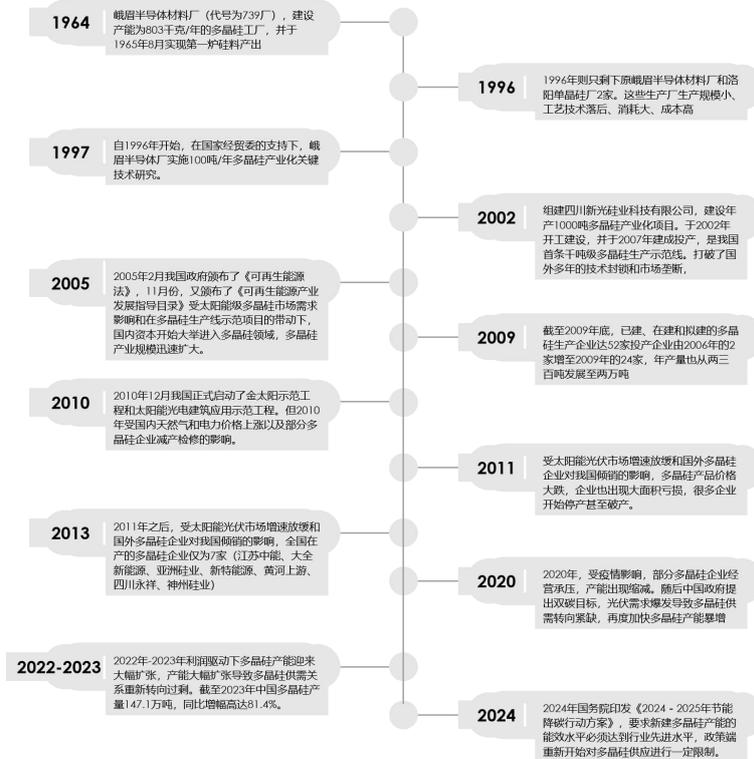
### 2.1 政策、技术和需求推动，中国多晶硅产能高增速发展

从我国的多晶硅发展来看，政策支持、需求增长、技术进步共同驱动使得我国成为多晶硅主要生产国，从发展路径来看，我们将中国多晶硅的发展分为以下几个阶段：摸索起步阶段（1964-2005）、发展增量阶段（2005-2009）、调整稳定阶段（2009-2013）、恢复增发阶段（2013-2020）、增量高峰阶段（2021-至今）。

**各阶段的发展特点：**

- **摸索起步阶段：**面对工业规模小、生产工艺落后、综合利用率低、能耗高、产品质量低、市场竞争弱、依赖进口；
- **发展增量阶段：**受到国家政策、地区产业政策，产业链的需求布局（中西部、东部江苏等资源丰富地区），打破市场壁垒、垄断、技术引进打破封锁、规模化生产技术体系形成、市场规模逐步拔地而起（主要集中在内蒙古、四川、河南等中西部）；
- **调整发展阶段：**利润驱动产能快速发展，资本化投入浪潮、海外双反政策、限制性政策影响、国内产能重新洗牌；
- **产能增发阶段：**政策推动规模化产能建设、需求推动产能投资成为红海，产能集聚格局逐步加强；
- **增量高峰阶段：**产能大幅增长、红海变蓝海、产能过剩矛盾显现；

**图 7：中国多晶硅发展年鉴**

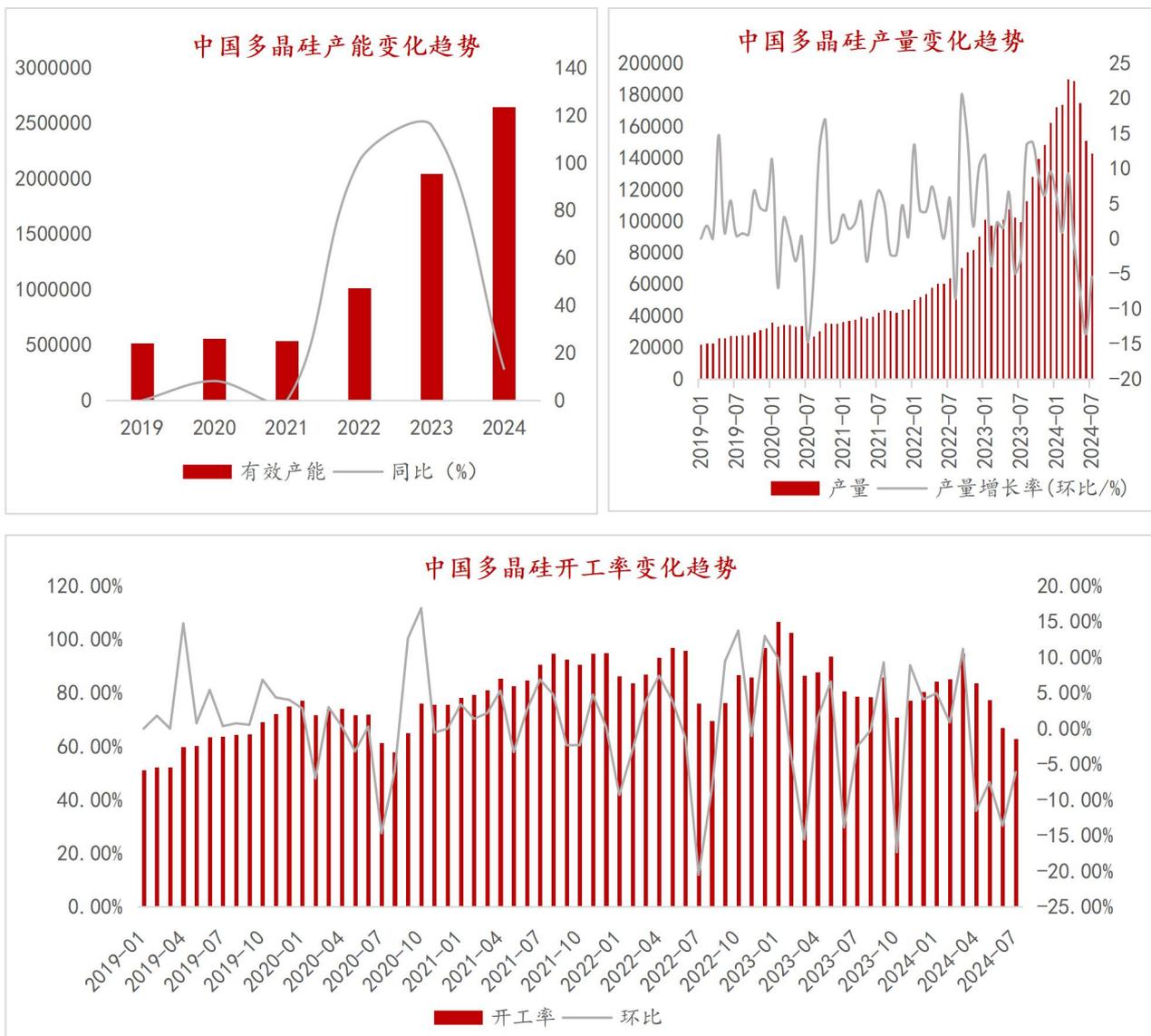


来源：当代多晶硅产业发展概论 国联期货研究所

## 2.2 中国多晶硅产能产量变化趋势

根据中国有色金属协会工业硅分会数据，2010-2023 年期间，国内多晶硅产能增长 22 倍以上，年均增幅达到 27.6%。截至 2023 年底，国内多晶硅产能 204 万吨/年，全球占比从 2010 年的 29.8% 提升至 2023 年的 92.8%。预计 2024 年国内多晶硅产能将达到 336 万吨/年左右，全球占比将继续提升至 95.2%。2010-2022 年期间，国内多晶硅产量增长近 33 倍，年均增幅达到 31.1%。2023 年，国内多晶硅产量为 147 万吨，环比增长 81.1%，产量在全球占比从 2010 年的 25.6% 提升至 2023 年的 92.0%，预计 2024 年国内多晶硅产量将达到 200 万吨左右，全球占比将继续提升至 93.6%。

图 8：中国多晶硅产能变化趋势

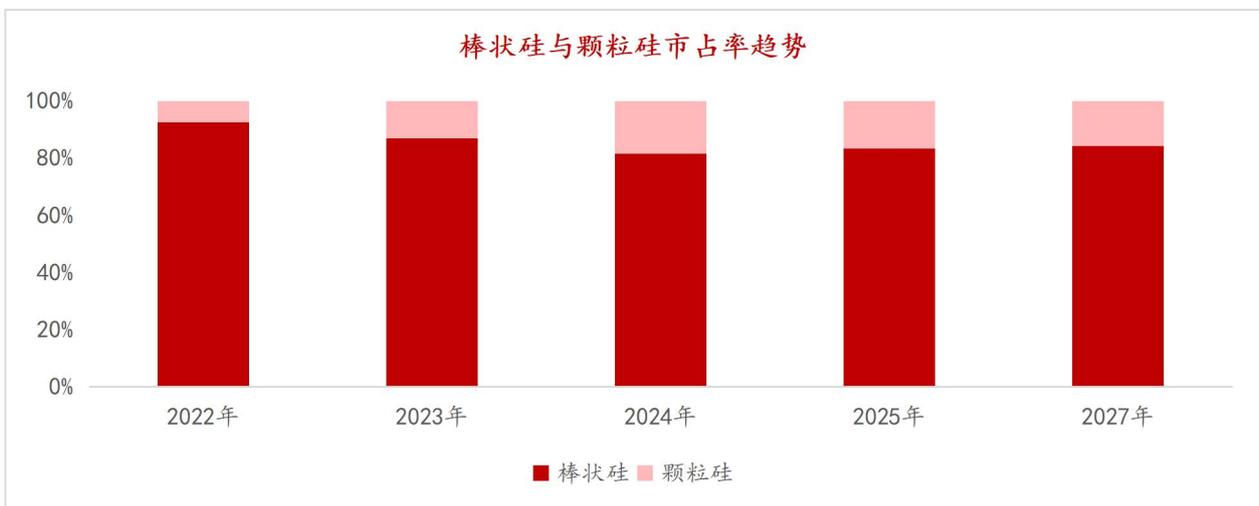


来源：百川盈孚 国联期货研究所

## 2.3 棒状硅与颗粒硅产能市占率

目前主流的多晶硅，由于工艺不同主要为改良西门子法和硅烷法生产出来的柱棒状硅、颗粒硅，颗粒硅则是硅烷流化床法（FBR）的产物。硅烷流化床法是以四氯化硅、氢气、氯化氢和工业硅为原料，在流化床内高温高压下最终生成硅烷气，将硅烷气通入加有小颗粒硅籽晶的流化床反应炉内进行连续热分解，生成粒状多晶硅。近几年，颗粒硅在主流创新技术和头部厂商生产带动下，需求大幅提升，颗粒硅市场占比逐渐走高。据了解，目前硅料行业，市占率与成本优势是第一位的，颗粒硅实际市占率已到 10%，未来目标将是 30%，成长空间巨大。

图 9：棒状硅与颗粒硅市占率趋势



来源：CPIA 国联期货研究所

2023 年，在多晶硅产业降本乏力的背景下，协鑫科技颗粒硅实现全年成本下降 27%，以绝对优势领先行业，并保持下降趋势。包头基地第四季度颗粒硅平均生产成本已低至 35.9 元/公斤，在未来颗粒硅产量不断突破、工艺持续优化及内部上游材料继续加大协同的情况下，成本仍会持续下降。未来，协鑫科技将把颗粒硅单模块产能从 2 万吨级扩容至 6 万吨级，单位颗粒硅项目投资将在原先低于传统西门子法 30%的基础上再下降 30%。

目前仅有 3 家硅烷流化床法量产企业，技术壁垒高。分别是协鑫科技（收购 SunEdison 相关技术）、REC、天宏瑞科（全称“陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司”）。其中，协鑫科技现有江苏徐州 6 万吨硅烷流化床法颗粒硅产能，新投产乐山 10 万吨项目，已公告的扩产项目还包括包头 30 万吨与呼和浩特 10 万吨；REC 入局较早，但其位于美国摩西湖的 1.8 万吨产能于 2019 年停产，现规划于 4Q23 恢

复生产、2024 年达到满产；天宏瑞科的技术来源于股东 REC，其现有榆林 1.8 万吨产能，并规划新建 8 万吨。另外，中来股份、亚洲硅业等企业也宣布布局研发硅烷流化床法技术路线。

表 4：我国颗粒硅主要生产企业及未来产能规划

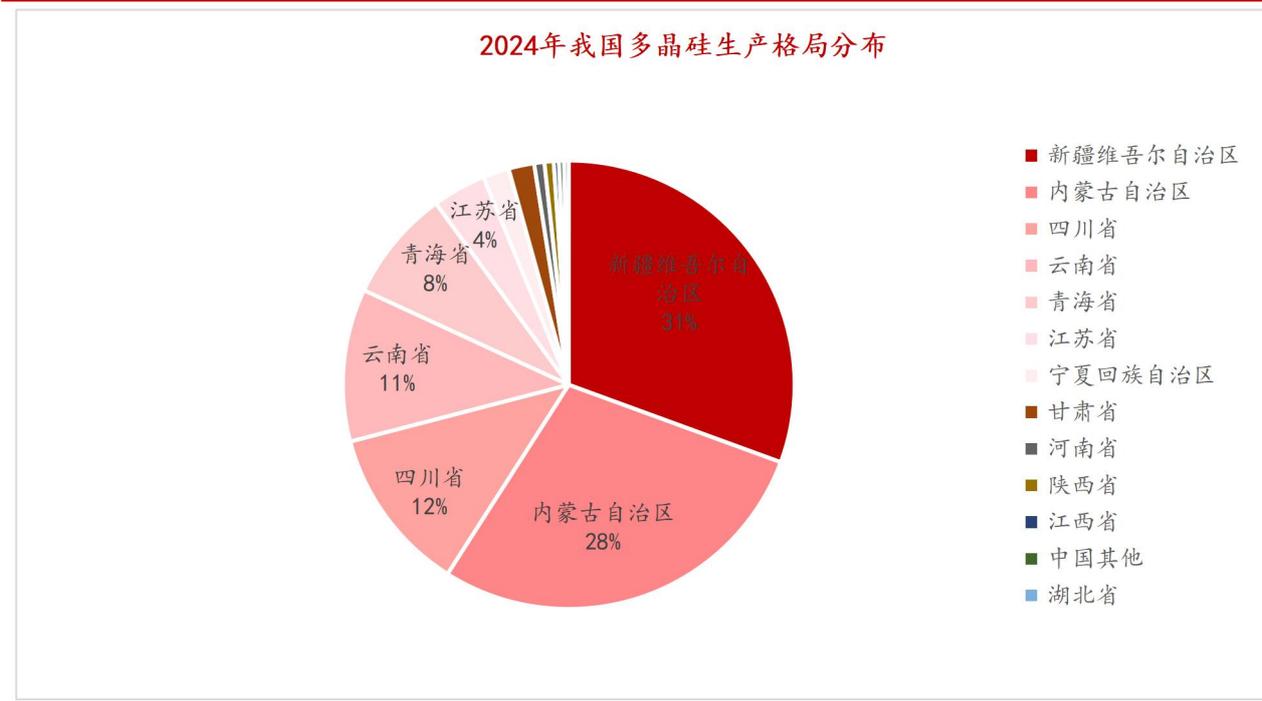
公司		2021	2022	2023E	2024E	2025E
协鑫	协鑫科技	2	26	40.5	50.5	60.5
	徐州	2	6	10.5	10.5	10.5
	一乐山		10	10	10	10
	包头		10	10	20	30
	呼和浩特			10	10	10
REC					1.8	1.8
天瑞硅材料		1.8	1.8	1.8	9.8	9.8
中来股份					2	5
合计		3.8	27.8	42.3	64.1	77.1

来源：硅业协会 国联期货研究所

## 2.3 中国多晶硅区域发展格局，集群化建设发展

2014-2021 年，国内多晶硅产能主要分布在新疆、内蒙、江苏、四川这四大地区，合计占比在 2018-2021 年期间曾高达 92%。2022 年开始，多晶硅布局呈现由聚焦能源丰富地区向能源优势尤其是清洁能源地区转移，2024 年，国内多晶硅前五大聚集地新增西宁和云南，两地产能合计占比接近 20%，同时内蒙地区产能将超过新疆达到 32%，成为国内多晶硅第一大产区。

图 10：2024 年我国多晶硅生产格局分布

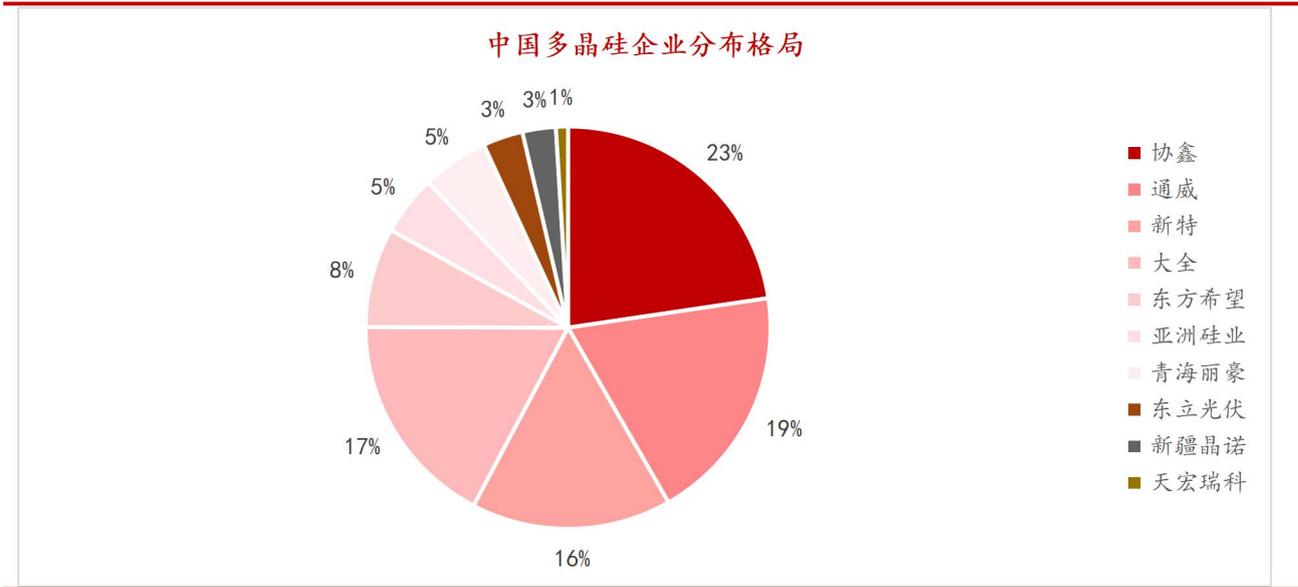


来源：百川盈孚、SMM 国联期货研究所

## 2.4 中国多晶硅企业竞争格局：寡头优势跃居全球

近年来我国多晶硅企业跻身排名全球前十企业从四家发展到八家，逐渐取代了欧美国家、日韩等国，我国多晶硅产业集中度明显提升，全球行业前十名产能合计占比由 57.7% 上升至 90.3%。截至 2023 年底我国多晶硅企业共 19 家，总产能 204 万吨，其中行业前六企业总产能占比 88%。前六家企业分别为永祥股份（通威股份）、协鑫科技、新特能源、大全能源、东方希望、亚洲硅业。从企业扩产计划来看，前六家企业 2025 年总产能将达到 245.3 万吨，预计行业占比 60.3%。按照 2025 年全球 700GW 新增光伏装机量估算，前六家企业完全能够满足行业需求。此外，头部多晶硅企业在一体化和成本控制方面亦有绝对优势。由于多晶硅下游需求旺盛，我国龙头企业产能持续加码，均都有扩增产能计划。通威股份表示，云南 20 万吨和包头 20 万吨高纯晶硅项目均采用拥有自主知识产权的第八代“永祥法”，凭借规模化效应及工艺管理优势，预计新项目单万吨投资成本降至 5 亿元左右。而根据 CPIA 公布的数据，2023 年多晶硅行业万吨平均投资成本约 9 亿元。

图 11：中国多晶硅企业分布格局



来源：百川盈孚 国联期货研究所

在企业竞争中整体呈现寡头垄断性的竞争格局，根据目前优质企业扩张情况：

多晶硅产品第一梯队企业有：通威股份、新疆大全、新特能源、协鑫、东方希望、亚洲硅业，从产能占比看通威股份大约占总产量的19%，新疆大全占比约为17%，新特能源占比约16%，协鑫科技占比约为23%。

第二梯队企业有青海丽豪、东立、晶诺、瑞科等，以上三家企业产量占比约为25%，行业集中度较高，同时受到行业高纯度要求、高设备投资及较长的扩产周期影响

第三梯队：行业竞争格局以行业利润显现时，大量新玩家入局，导致竞争格局有所分散：

表 5：中国 CR6 企业产能及未来产能变化

中国 CR6 企业产能及未来产能变化 (万吨)			
公司名称	2023	2024	2025
协鑫	42.5	52.5	52.5
通威	35.8	38.8	73.8
新特	30	40	40
大全	32.5	32.5	32.5
东方希望	15	25.5	27.5
亚洲硅业	9	9	19
合计	164.8	198.3	245.3

来源：百川盈孚、SMM 国联期货研究所

## 2.5 多晶硅新增产能

根据上市公司年度报告，通威集团位于云南的 20 万吨项目预计将于 2024 年二季度投产，内蒙古 20 万吨项目预计将于 2024 年三季度投产，届时公司高纯晶硅在产产能将达到 85 万吨。协鑫科技 2023 年底的颗粒硅有效产能约为 34 万吨，预计 2024 年底总产能将达到 50 万吨左右。此外，新特能源、合盛硅业和大全新能源等企业均有一定投产计划。但需要注意的是，2024 年 1-8 月，多晶硅行业处于过剩格局，价格“跌跌不休”，行业利润压缩严重，可能会影响到部分产能的实际投放进度。

**表 6：多晶硅新增产能明细**

企业	项目	省份	生产工艺	产能 (吨)	预计投产时间
阿特斯阳光电力集团股份有限公司	阿特斯电力 5 万吨	江苏省	改良西门子法	50000	2027-06
陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司	天宏瑞科 9 万吨	陕西省	硅烷法	70000	2025-12
信义硅业(云南)有限公司	信义硅业(云南)三期	云南省	改良西门子法	200000	2025-12
宁夏晶体新能源材料有限公司	东方希望宁夏 40 万吨三期	宁夏回族自治区	改良西门子法	40000	2025-12
天合光能(青海)晶硅有限公司	天合光能青海一期	青海省	改良西门子法	150000	2025-12
东方日升(包头)硅业有限公司	东方日升(包头)	内蒙古自治区	改良西门子法	150000	2025-07
内蒙古新特硅材料有限公司	新特能源包头 10 万吨多晶硅项目	内蒙古自治区	改良西门子法	100000	2025-06
天合光能(青海)晶硅有限公司	天合光能青海一期	青海省	改良西门子法	60000	2025-06

四川丽豪半导体材料有限公司	丽豪四川 10 万吨多晶硅项目	四川省	改良西门子法	100000	2025-03
新疆晶诺新能源产业发展有限公司	新疆晶诺	新疆维吾尔自治区	改良西门子法	50000	2024-12
宁夏晶体新能源材料有限公司	东方希望宁夏 40 万吨二期	宁夏回族自治区	改良西门子法	250000	2024-12
合盛硅业(鄯善)有限公司	合盛硅业东部 20 万吨二期	新疆维吾尔自治区	改良西门子法	100000	2024-12
宁夏宝丰能源集团股份有限公司	宝丰能源多晶硅项目	宁夏回族自治区	改良西门子法	100000	2024-10
内蒙古润阳悦达新能源科技有限公司	内蒙古鄂尔多斯润阳	内蒙古自治区	改良西门子法	80000	2024-10
信义硅业(云南)有限公司	信义硅业(云南)二期	云南省	改良西门子法	120000	2024-09
宁夏晶体新能源材料有限公司	东方希望宁夏 40 万吨一期	宁夏回族自治区	改良西门子法	125000	2024-09
新疆中部合盛硅业有限公司	新疆中部合盛	新疆维吾尔自治区	改良西门子法	100000	2024-09
江苏中能硅业科技发展有限公司	江苏中能技改及扩产项目	江苏省	硅烷法	60000	2024-09
合盛硅业(鄯善)有限公司	合盛硅业东部 20 万吨一期	新疆维吾尔自治区	改良西门子法	100000	2024-09
信义硅业(云南)有限公司	信义硅业(云南)一期	云南省	改良西门子法	60000	2024-08

新疆其亚硅业有限公司	其亚新疆 10 万吨多晶硅项目	新疆维吾尔自治区	改良西门子法	100000	2024-08
青海南玻日升新能源科技有限公司	南玻青海 5 万吨多晶硅项目	青海省	改良西门子法	50000	2024-05
云南通威高纯晶硅有限公司	云南保山 20 万吨多晶硅项目	云南省	改良西门子法	200000	2024-04
内蒙古大全新能源有限公司	大全包头 10 万吨新产能	内蒙古自治区	改良西门子法	100000	2024-04

来源：百川盈孚 国联期货研究所

### 三、多晶硅的定价模式

多晶硅的价格主要受多晶硅供需关系影响，产品的售价和成本不构成直接的线性关系，因而与单种原材料价格没有明显的相关关系。在此背景下，多晶硅具有类大宗商品的属性，市场价格较为透明。各等级硅料指导价格由硅业分会每周公布，其信息来源于各家主要硅料厂商销售部门的报价，硅业分会价格即代表市场平均价格。剔除单晶用料占比的影响，主要硅料厂商的报价差异不大，均由市场价格、排产情况、下游需求综合确定。当下，主要硅料厂商的单晶用料占比均达到 95% 以上，综合价格差异进一步缩小。

### 四、多晶硅商业模式

一体化企业 40% 自供为主，60% 直销下游硅片企业，为了保障产品产销的长期稳定，近年来大部分企业与下游硅片企业开展长单销售合作。

### 五、多晶硅成本分析

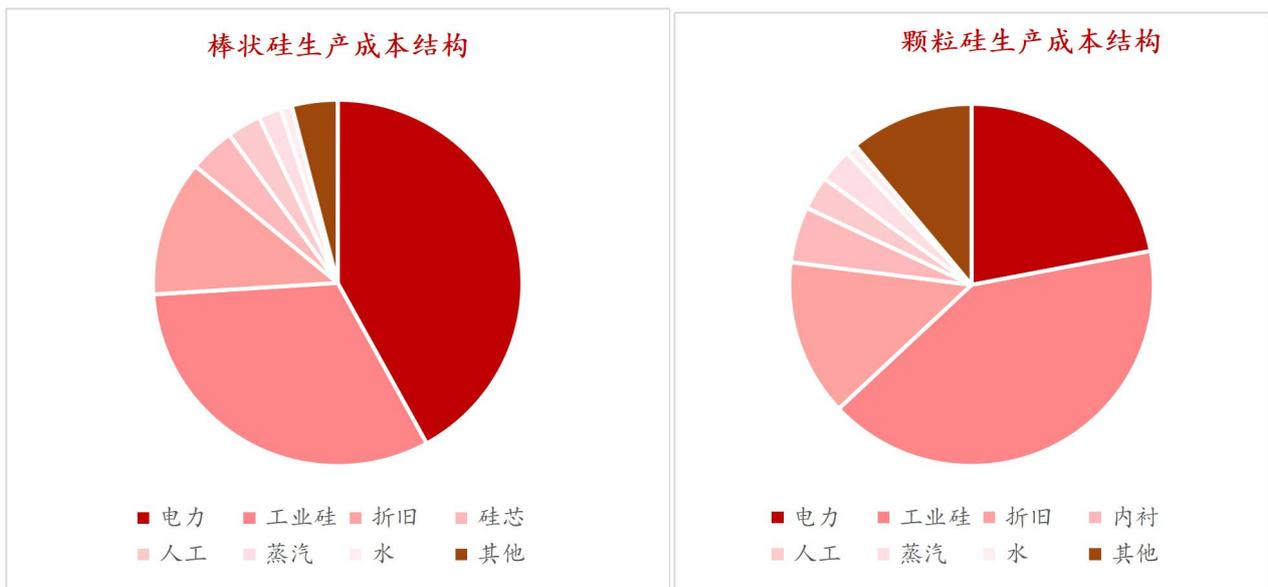
## 5.1 多晶硅成本占比情况

多晶硅生产成本大致包括直接材料、制造费用以及直接人工，其中以直接材料及制造费用为主。根据大全能源招股说明书中所披露的信息来看，直接材料主要是指工业硅粉、方硅芯、石墨夹头等，其中以工业硅粉为主；制造费用包括电力、水费、蒸汽费、折旧以及维修、保险等其他费用，其中电力和折旧占比最高。

多晶硅成本公式

- N型多晶硅的现金成本包含：材料成本（硅粉、硅芯/内衬），能源成本（电、水、蒸汽），人工费用和其他制费。生产成本包含现金成本和折旧（约 0.5-0.8 万元/吨）。完全成本包含生产成本、期间费用和税金（0.4-0.7 万元/吨）。
- N型棒状硅主要成本项：电占比 42%、硅粉占比 32%、折旧占比 12%。
- N型颗粒硅主要成本项：硅粉占比 41%、电占比 22%、折旧占比 14%。

图 12：棒状硅与颗粒硅生产成本结构



来源：Solarzoom, 协鑫科技 国联期货研究所

## 5.2 多晶硅分摊成本情况

根据通威未来乐山包头的多晶硅成本我们对其进行一一拆分割析多晶硅的成本变化以、计算方式，以及各类项的影响因素。

- 五费=销售费用、管理费用、财务费用、研发费用、税金及附加
- 净营业收入=即营业收入-营业成本
- 五费分摊比= 五费/多晶硅产量
- 每公斤多晶硅承担成本=单位成本+五费分摊成本

**表 7: 通威未来乐山包头多晶硅成本**

通威未来乐山包头多晶硅成本		
	成本/kg	成本占比
电费	12.4	24.69%
工业硅	14.3	28.50%
人力	3.5	6.97%
蒸汽	2.5	4.98%
其他	3.5	6.97%
折旧	9	17.93%
管理费用	5	9.96%
销售费用		
财务费用		
可变成本	36.2	72.11%
生产成本	36.2	72.11%
全成本	50.2	100.00%
含税成本	58.23	116.00%

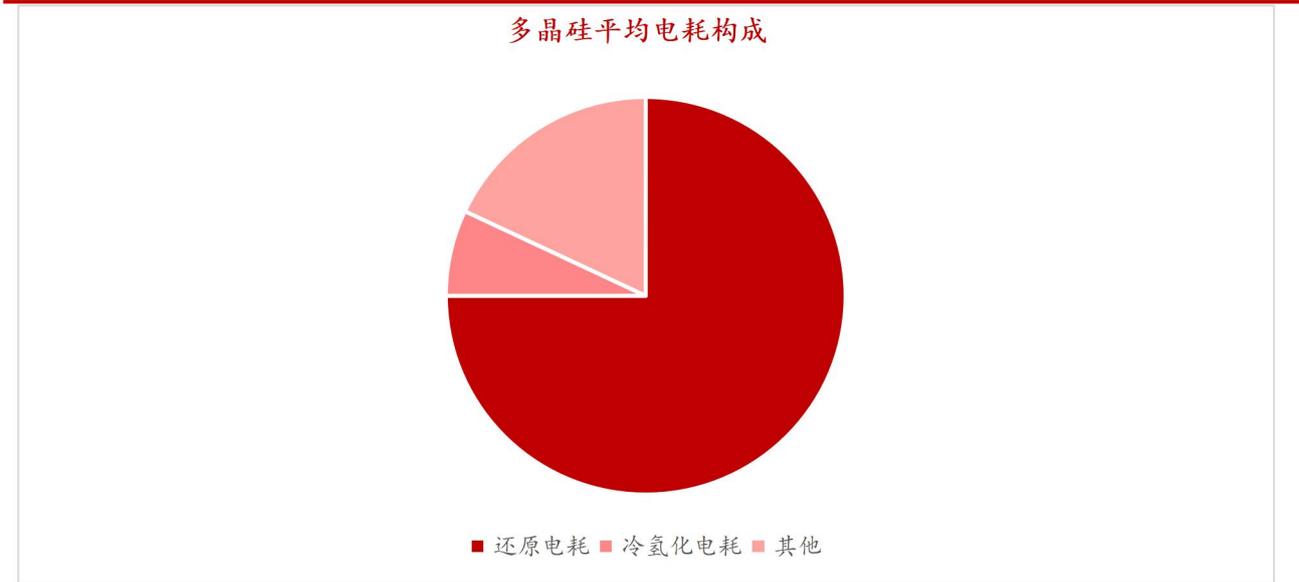
来源：通威官网 国联期货研究所

### 5.2.1 可变成本

**可变成本=电费+金属硅+人力+蒸汽+其他;**

电耗（费）：根据 CPIA 数据，2023 年多晶硅还原余热利用率平均水平约为 81.9%，同比提升了 0.5 个百分点；预计随着节能水平的提升以及大炉型的应用，多晶硅还原余热利用率或将持续提高，2030 年有望达到 83%左右。CPIA 预测，2030 年综合电耗有望下降至 52.5kWh/kg-Si。由于各地区、各省份之间多晶硅生产电价有所差异，且数据并非完全公开，因此这里将电价假设为 0.4 元/kWh，合计单吨电力成本约为 0.4\*52.5=21 元/kg=21000 元/吨。

图 13: 多晶硅平均电耗构成



来源: CPIA 国联期货研究所

(1) **硅粉（工业硅）**：多晶硅常用的硅粉牌号包括 99 硅以及“5”、“4”字头的产品，在满足 Si 元素纯度以及 C、B 等杂质元素含量要求的情况下，也可将多种牌号的产品掺杂起来使用。其中，99 硅的 Si 纯度高于 553#硅同时低于 441#硅、421#硅，其价格也位于三者之间。

(2) **人工**：据某上市多晶硅企业报告数据，预计在较为乐观的情景下，人工成本有望达到 2000 元/吨。

(3) **蒸汽能耗**：蒸汽耗量指多晶硅生产外购的蒸汽量，用于精馏、冷氢化、尾气回收等环节，而还原炉余热利用所产生的蒸汽已通过电力形式转化，并不计入。西北寒冷地区蒸汽耗量较其他地区要高，据 CPIA 统计，2023 年多晶硅平均蒸汽耗量约为 9.1kg/kg-Si，同比下降 39.3%。预计 2030 年蒸汽耗量有望进一步降至 5.1kg/kg-Si。

(4) **其他辅材成本**：在多晶硅的生产过程中，除了主要原料消耗硅粉外，还涉及氯气、氢气等气体及其他能源的成本投入。这些成本在总生产成本中所占比例相对较低，且市场成交价不易确定，因此对这部分成本精确估算存在一定的困难。主要依据有色金属业协会硅业分会报告推算，每生产多晶硅其他辅助材料成本约为 2800 元。

**Tips**：通过成本端的变化可知原料（工业硅）、电费与产量有直接相关关系，也就是直接线性相关关系，而人力成本指和生产活动直接相关，随产量多寡变化而变化的可变成本。

### 5.2.2 生产成本

**生产成本=可变成本+折旧;**

投资折旧多晶硅属于重资产行业，生产企业投资成本高，但近年来随着行业迅速发展，投资降幅非常明显。据安泰科报告显示，2010年—2023年多晶硅投资成本从10亿/千吨，降至0.8亿元/千吨，也就是单万吨在8亿元的水平左右。如采用平均年限法计算折旧，参考上市公司披露的5%净残值率及10年的折旧年限来估算，则折旧成本大致为 $8 \text{亿} \times (1-5\%) / 10 \text{年} = 7600 \text{元/吨}$ 。如果开工率只有50%，年产出只有0.5万吨=500万kg，那么单位产出所需要承担的折旧费用为 $8000 \text{万} \div 500 \text{万} = 16 \text{元/kg}$ 。

检修费用多晶硅重启成本高昂，可达千万级别。在生产初始设计阶段，通常会配多套设备，确保在不降低产量的前提下，分段进行检修。据有色金属业协会硅业分会报告数据推算，每吨多晶硅的检修费用约为1200元。

这是通威股份新产能的成本结构图，要特别提示的是：这是在产能满载的情况下的成本结构，根据前面我们的计算，一旦当开工率下滑，折旧费用的占比会大幅提升。所以对于折旧成本占比大、产线关停开启费时费力的化工产能，我们有理由相信其产能一旦开始运转，除非价格跌破现金成本，否则很难轻易停下来，甚至都很难出现开工率下滑的现象。

### 5.2.3 全成本

**全成本=生产成本+三项费用(管理费用、销售费用、财务费用)**

- 为维持公司组织架构正常运转发生管理费用(公司总部研发活动所产生的费用也记为管理费用);
- 为把生产出来的产品卖出去就产生了销售费用;
- 为建设工厂公司常常负债经营进而需要给银行支付利息就产生了财务费用。
- 通常会用三项费用除以总销量进而把这一块的费用分摊到每kg硅料产出，进而计算出全成本。

含税成本=全成本 $\times$ 1.16，

引入“含税成本”这样的概念，是为了方便大家理解当市场价格跌到什么位置时产能会跌破成本出现亏损。但是要注意，虽然未来硅料价格跌到企业的边际含税成本的位置，但是相关产能并不会停产主要由于平台费的支撑。

### 5.2.4 平台费用

**平台费用=折旧+三项费用(管理费用、销售费用、财务费用),**

**Tips:** 三费（三项费用）：管理费用和销售费用与产销情况有一定相关性，即便没有产出，作为一

一个企业正常运转的只能部分销售部分也必须保留。平台费用典型特点就是：无论产能生产亦或是停工，费用都存在。

## 六、多晶硅行业特点以及未来供应放量的考量

### 6.1.技术革新以及特点

改良西门子棒状硅的规划都是 10 万吨基地，5 万吨单线，氢化的单套配套是 20 万吨，综合耗电 40 度电以下，比较成熟。还原炉 40 对半，最成熟，很多企业还原生长进行智能化控制，电耗降到 35 度、30 度发展。还原尾气热量全回收已可做到热平衡，无需再外扩蒸汽。现有项目都是模块化设计和国产化设备，**建设周期基本能够掌握 12 个月。打产期 3 个月，专检修是封装式检修。**有几个基地在探索颗粒硅，参与的企业不多，但也逐步稳定。以后这两个技术需进行稳定性和综合成本考量。

### 6.2 品质差

品质从铸锭多晶到直拉单晶，单晶用料对多晶硅纯度要求高，再加上拉晶会同时拉多根，坩埚中杂质的累积对最后一根棒品质的考验大，要求原生多晶硅的品质高。另一方面，整个单晶出来后，大量的头尾料边皮料都回收利用，占比 30%，但回收料已经掺过，降低了品质但还要回用，**对原生多晶硅这的要求就越来越高。**

主流企业的多晶硅产品超过 90%能满足连续多根直拉单晶的用料需求，边皮料基本上不用处理就可以和原生料一起使用。电池从 P 型到 N 型大量扩产，多晶硅量能否满足要求。**P 型硅片掺硼，在光照条件下会形成一个硼氧复合对，吸收载流子，使少数载流子寿命降低，导致电池效率的光致衰减。N 型硅片掺磷，光照条件下无硼氧复合对，改善了光致衰减和热辅助光诱导衰减。**目前国内外主流企业的单晶复投料和单晶致密料均复合 N 型单晶投料要求，产量占比 90-95%。

### 6.3 检修周期

检修与非计划停车以西门子改良为例，工艺主要有四个工序。

- 多晶硅厂基地越建越大，都是多条线，所以多晶硅产线的设计已预留检修时间，不因检修而减少产量。
- 多晶硅装置停车检修时间从 1 个月压缩至两周以内。
- 多产线基地可以实现分工段装置停车检修，常年按月交错安排，不整线停车，不影响长单履约。
- 理想的状态下，三条产线四个工段共 12 块，一年 12 个月，每个月安排一个工段，工段岔开

**检修。**如果这个月长单不能履行，下个月需补给客户，挤的是零售。产线单一的小产检修确实会影响到单月的产量，主要影响零售市场供应。非正常的停车检修会立刻减少产量，减少零售市场规模。

## 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