

2023年中国光伏行业系列研究——多晶硅研究报告

Brief Report_2023 China Photovoltaic Polysilicon Industry Research

2023年、中国の太陽光発電産業シリーズ研究 - ポリシリコン研究レポート

报告标签：硅料、硅烷流床法、改良西门子法、颗粒硅、多晶硅

主笔人：王浩

报告提供的任何内容（包括但不限于数据、文字、图表、图像等）均系头豹研究院独有的高度机密性文件（在报告中另行标明出处者除外）。未经头豹研究院事先书面许可，任何人不得以任何方式擅自复制、再造、传播、出版、引用、改编、汇编本报告内容，若有违反上述约定的行为发生，头豹研究院保留采取法律措施、追究相关人员责任的权利。头豹研究院开展的所有商业活动均使用“头豹研究院”或“头豹”的商号、商标，头豹研究院无任何前述名称之外的其他分支机构，也未授权或聘用其他任何第三方代表头豹研究院开展商业活动。

摘要

多晶硅亦被称为硅料，是单质硅的一种形态，外表呈现为银灰色、有金属色泽，其是由硅粉与氯化氢气体在一定条件下经过氯化、再冷凝、精馏、还原而得。多晶硅的生产方式主要有改良西门子法与硅烷流化床法，其中，改良西门子法所生产出的多晶硅形态表现为块状，即棒状硅；硅烷流化床法生产出的多晶硅形态表现为球形颗粒状，即颗粒硅。目前，改良西门子法是中国多晶硅生产的主要方法，2021年棒状硅与颗粒硅的市场占比分别为95.9%、4.1%，市场上颗粒硅企业仅协鑫科技与天宏瑞科。目前中国多晶硅行业市场头部企业主要为通威股份、协鑫科技、新特能源以及大全能源，截至2022年H1产能分别为23万吨、12.5万吨、10万吨以及10.5万吨。

■ 多晶硅简介

多晶硅亦被称为硅料，是单质硅的一种形态，外表呈现为银灰色、有金属色泽，其是由硅粉与氯化氢气体在一定条件下经过氯化、再冷凝、精馏、还原而得。多晶硅是制造硅抛光片以及光伏电池的主要原材料，是光伏产业、半导体工业、电子信息产业最主要、最基础的功能性材料之一。根据纯度要求以及用途的不同，可以将多晶硅分为太阳能级多晶硅与电子级多晶硅，其中，太阳能级多晶硅主要应用于光伏电池的生产制造。2021年，全球多晶硅消费总量约为65.3万吨，其中，光伏领域的消费量约在61.4万吨，占比多晶硅消费总量94.03%，是当前多晶硅最主要的应用方向。太阳能级多晶硅对于杂质含量具有较高要求，纯度需达到99.9999%以上，其中，对于硼、磷元素的要求尤为严格。高纯多晶硅制备属于光伏产业链中技术要求较高环节

■ 多晶硅行业简介

世界多晶硅产能在过去数十年间不断走向集中，中国企业目前在世界多晶硅产量方面占主导地位，至2021年全球多晶硅产能前十的企业中，中国拥有共上榜8家，共占全球多晶硅产能73.2%。中国多晶硅产能与产量自2010至2022年间基本保持稳定上升态势，2021年，中国多晶硅产能为51.9万吨，占全球比例自2010年29.8%提升至2021年77.3%

目录

◆ 中国多晶硅行业综述	-----	7
• 多晶硅定义及简介	-----	8
• 多晶硅分类	-----	9
• 多晶硅生产工艺	-----	11
• 多晶硅生产工艺对比	-----	12
◆ 多晶硅行业概况	-----	13
• 全球多晶硅行业概况	-----	14
• 中国多晶硅行业概况	-----	15
• 多晶硅行业特征	-----	16
• 多晶硅生产成本分析	-----	17
• 多晶硅产业链价格概况	-----	18
• 多晶硅上市企业简介	-----	19
• 多晶硅上市企业对比	-----	20
◆ 方法论	-----	21
◆ 法律声明	-----	22

Contents

◆ Overview of China Polysilicon Industry	-----	7
• Definition and introduction of polysilicon	-----	8
• Classification of Polysilicon	-----	9
• Producing Technics	-----	11
• Comparison between Producing Technics	-----	12
◆ Industry Situation of Polysilicon	-----	13
• Global Polysilicon Industry Overview	-----	14
• China Polysilicon Industry Overview	-----	15
• Features of Polysilicon Industry	-----	16
• Cost Analysis of Polysilicon Production	-----	17
• Variation of Price in Value Chian	-----	18
• Brief Introduction of Listed Company	-----	19
• Comparison between Listed Company	-----	20
◆ Methodology	-----	21
◆ Legal Statement	-----	22

图表目录

◆ 图表1：GB/T 25074—2017 太阳能级多晶硅技术标准	8
◆ 图表2：多晶硅各生产环节	8
◆ 图表3：颗粒硅与棒状硅对比	9
◆ 图表4：各类型多晶硅技术指标对比，2022年	9
◆ 图表5：N型与P型硅料对比	10
◆ 图表6：致密料、菜花料、珊瑚料对比	10
◆ 图表7：改良西门子法与硅烷流化床法	11
◆ 图表8：改良西门子法与硅烷流化床法对比	12
◆ 图表9：全球多晶硅产能排名前10企业，2010-2021年	14
◆ 图表10：全球多晶硅产量情况，2020-2021年	14
◆ 图表11：中国多晶硅产量、产能情况，2010-2021年	15
◆ 图表12：中国多晶硅产能区域分布情况，2021-2023E	15
◆ 图表13：多晶硅行业特征	16
◆ 图表14：多晶硅生产成本构成，2021年	17
◆ 图表15：多晶硅生产综合电耗变化，2018-2021年	17
◆ 图表16：多晶硅生产综合能耗变化，2018-2021年	17
◆ 图表17：产线设备投资额变化，2018-2021年	17
◆ 图表18：多晶硅产业链价格概况	18
◆ 图表19：多晶硅头部上市企业营业收入对比，2018-2021年	19
◆ 图表20：多晶硅头部上市企业多晶硅业务毛利率对比，2018-2021年	20
◆ 图表21：多晶硅头部企业产能布局	20

名词解释

- ◆ **施主杂质**：为了控制半导体的性质可以人为地掺入某种化学元素的原子，掺入杂质元素与半导体材料价电子的不同而产生的多余价电子会挣脱束缚，成为导电的自由电子，杂质电离后形成正电中心，称这些掺入的元素为施主杂质
- ◆ **受主杂质**：当在半导体材料，例如硅中人为地掺入价电子数更少的杂质原子，例如硼，来取代晶格中硅原子的位置，杂质原子缺少电子与硅形成共价键，需要从别处的硅原子夺取一个价电子，形成空穴和负电中心，这种掺入的杂质元素称为受主杂质
- ◆ **CCZ**：连续直拉单晶（Continuous Czochralski）是下一代高效单晶技术，采用特殊直拉单晶炉，一边进行单晶控制，一边加料熔化，在坩埚所允许的寿命周期内可完成8-10根的晶棒控制。当前，业界主流应用的全部为 RCz 多次拉晶技术（Recharged Czochralski），与之相比，CCz 产出的晶棒品质更佳，电阻率更加均匀、分布更窄，更加适用于 P 型 PERC 电池工艺及更加高效的 N 型电池工艺，从而更有利于高功率组件产出

Chapter 1

多晶硅简介

- ❑ 2021年，全球多晶硅消费总量约为65.3万吨，其中，光伏领域的消费量约在61.4万吨，占比多晶硅消费总量94.03%，是当前多晶硅最主要的应用方向
- ❑ 多晶硅的生产方式主要有改良西门子法与硅烷流化床法，其中，改良西门子法所生产出的多晶硅形态表现为块状，即棒状硅；硅烷流化床法生产出的多晶硅形态表现为球形颗粒状，即颗粒硅
- ❑ 根据多晶硅中掺入杂质及导电类型的不同，可以将多晶硅分为P型用料与N型用料；根据其表面质量的不同被分为致密料、菜花料与珊瑚料，其中多晶硅致密料表面质量最高
- ❑ 目前多晶硅主要生产工艺有改良西门子法与硅烷流化床法，其中，改良西门子法最为普遍、成熟且投资风险相对较小
- ❑ 硅烷流化床法生产的颗粒硅以其流动性更强、能耗更低、理论生产成本及投资成本更低、与连续单晶拉制更加适配等优势于近些年受到广泛关注

中国多晶硅行业综述——多晶硅定义与简介

2021年，全球多晶硅消费总量约为65.3万吨，其中，光伏领域的消费量约在61.4万吨，占比多晶硅消费总量94.03%，是当前多晶硅最主要的应用方向

多晶硅的定义及简介

■ 多晶硅定义

多晶硅亦被称为硅料，是单质硅的一种形态，外表呈现为银灰色、有金属色泽，其是由硅粉与氯化氢气体在一定条件下经过氯化、再冷凝、精馏、还原而得。多晶硅是制造硅抛光片以及光伏电池的主要原材料，是光伏产业、半导体工业、电子信息产业最主要、最基础的功能性材料之一

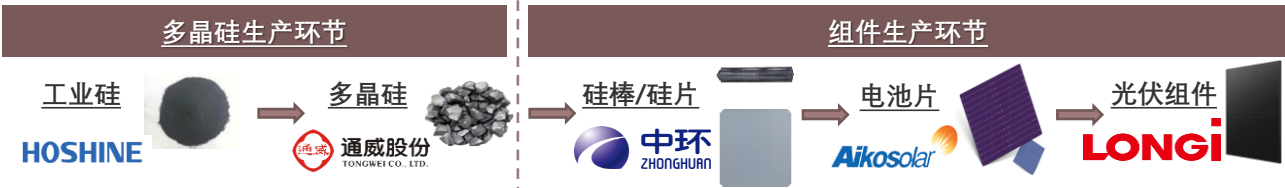
■ 太阳能级多晶硅

根据纯度要求以及用途的不同，可以将多晶硅分为太阳能级多晶硅与电子级多晶硅，其中，太阳能级多晶硅主要应用于光伏电池的生产制造。2021年，全球多晶硅消费总量约为**65.3万吨**，其中，光伏领域的消费量约在**61.4万吨**，占比多晶硅消费总量**94.03%**，是当前多晶硅最主要的应用方向。太阳能级多晶硅对于杂质含量具有较高要求，纯度需达到**99.9999%**以上，其中，对于硼、磷元素的要求尤为严格。高纯多晶硅制备属于光伏产业链中技术要求较高环节

GB/T 25074—2017 太阳能级多晶硅技术标准

项目	技术指标			
	特级品	1级品	2级品	3级品
施主杂质浓度,10 ⁻⁹	≤0.68	≤1.40	≤2.61	≤0.30
受主杂质浓度,10 ⁻⁹	≤0.26	≤0.54	≤0.88	≤0.10
碳浓度 (atoms/cm ³)	≤0.2*10 ¹⁷	≤0.5*10 ¹⁷	≤1.0*10 ¹⁷	≤1.0*10 ¹⁷
氧浓度 (atoms/cm ³)	≤2.0*10 ¹⁶	≤2.5*10 ¹⁶	≤3.0*10 ¹⁶	≤4.0*10 ¹⁶
少数载流子寿命/μs	≥300	≥200	≥100	≥50
基体金属杂质浓度/(ng/g) Fe、Cr、Ni、Cu、Zn	≤15	≤50	≤100	≤100
表面金属杂质浓度/(ng/g) Fe、Cr、Ni、Cu、Zn、Na	≤30	≤100	≤100	≤100

■ 多晶硅的主要原材料为工业硅，以大全能源为例，其2021年直接材料占主营业务成本**51.2%**，其中主要为工业硅。工业硅供给受国家及区域能耗、环保政策影响较大，且工业硅的生产对于电力价格敏感型较高，故能耗政策及电力资源的波动皆将对工业硅供给及价格造成影响。工业硅价格的上涨将推高多晶硅的生产成本，对多晶硅企业毛利率造成负面影响



来源：大全能源定增说明书，大全能源年报，，头豹研究院编辑整理

中国多晶硅行业综述——多晶硅的分类（1/2）

多晶硅的生产方式主要有改良西门子法与硅烷流化床法，其中，改良西门子法所生产出的多晶硅形态表现为块状，即棒状硅；硅烷流化床法生产出的多晶硅形态表现为球形颗粒状，即颗粒硅

多晶硅的分类

根据外表及生产方式分类

- 多晶硅的生产方式主要有改良西门子法与硅烷流化床法，其中，改良西门子法所生产出的多晶硅形态表现为块状，即棒状硅；硅烷流化床法生产出的多晶硅形态表现为球形颗粒状，即颗粒硅。目前，改良西门子法是中国多晶硅生产的主要方法，2021年棒状硅与颗粒硅的市场占比分别为**95.9%**、**4.1%**，市场上颗粒硅企业仅**协鑫科技**与**天宏瑞科**。根据协鑫科技数据，颗粒硅的综合电耗相较于传统棒状硅生产降低了约**70%**，产品毛利率高于棒状硅超过**15%**，每万吨投资费用比棒状硅低**4.6亿元**，碳排放比棒状硅低**65%-70%**，具有低初始投资、低电耗、低碳排放以及较高毛利的优势
- 从实际生产角度来看，颗粒硅的大规模运用依然存在以下几方面问题亟待解决：
 - **氢跳问题**：颗粒硅生产时其表面容易吸附氢气，后续生产过程中对单晶炉热场寿命及拉棒稳定性造成影响
 - **产品质量问题**：生产过程中硅颗粒与流化床内壁碰撞导致的高含碳量及粉尘含量降低产品纯度
 - **成本问题**：碳基衬底更换较快及废料率较高导致实际生产成本远大于理论成本

		综合电耗	产品毛利	投资费用	碳减排	主要企业
颗粒硅		15.3	109.1	10.5	相较棒状硅下降65%-70%	协鑫科技
		kWh/kg	元/kg	亿元/万吨		天宏瑞科
棒状硅		60-70	154.7	6.9	-	通威股份 大全能源 新特能源
		kWh/kg	元/kg	亿元/万吨		

- 据协鑫科技披露，其目前生产颗粒硅质量已经可以对标国内电子级标准，总金属含量可以控制在**1ppbw**以内，量产水平则基本控制在**3ppbw**左右，其碳含量可以稳定控制在**0.3ppma**以内。据称，协鑫科技的新型除尘工艺可以在不明显增加成本的情况下将颗粒硅的含粉率由**8mg/g**降低至**1mg/g**，有效降低了颗粒硅含粉过高而降低产品纯度的问题，同时亦通过多项工艺调整基本解决了氢跳问题

各类型多晶硅技术指标对比，2022年



项目	N型用料需求	多晶硅电子3级	棒状硅特级	协鑫科技颗粒硅
施主杂质(ppba)	≤2	≤15	≤15	≤1
受主杂质(ppba)	≤5	≤2	≤30	
体金属含量(ppbw)	≤0.2	≤0.3	≤0.4	≤0.3
表金属含量(ppbw)	≤0.3	≤0.3	≤0.68	≤0.2
碳浓度(ppma)	≤0.1	≤0.1	≤0.26	≤0.1

来源：协鑫科技，头豹研究院编辑整理

中国多晶硅行业综述——多晶硅的分类（2/2）

根据多晶硅中掺入杂质及导电类型的不同，可以将多晶硅分为P型用料与N型用料；根据其表面质量的不同被分为致密料、菜花料与珊瑚料，其中多晶硅致密料表面质量最高

多晶硅的分类

根据掺入杂质类型的不同					
■ 根据多晶硅中掺入杂质及导电类型的不同，可以将多晶硅分为P型用料与N型用料：					
	定义	杂质含量	一致性	稳定性	少子寿命
N型用料	■ 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	低	高	高	高
	■ 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	高	低	低	低
■ N型光伏电池具有转换效率更高、无光衰、弱光效应好、温度系数低等优势，目前各主要企业纷纷进行N型电池产能建设，对于高质量N型多晶硅需求将持续增加。相较于目前主流的P型多晶硅，N型多晶硅技术标准更加严格，须至少达到国标电子三级以上，若要实现N型单晶的多根拉制则需要达到国标电子二级以上标准。目前中国仅少数几家企业能够实现N型多晶硅批量供货且产能较小，多数企业依然处于技术及客户验证阶段，能够规模化生产N型多晶硅的企业有望在短期内取得产业技术红利					
根据表面质量的不同分类					
■ 在太阳能级国家标准GB/T 25074-2017中，多晶硅根据其表面质量的不同被分为致密料、菜花料与珊瑚料，其中多晶硅致密料表面质量最高					
致密料	■ 表面颗粒凹陷小于5mm，断面结构致密，外观无异常颜色，无氧化夹层				
	■ 表面颗粒凹陷深度5mm-20mm，外观无异常颜色，无氧化夹层				
菜花料	■ 断面结构疏松，凹陷深度≥20mm，外观无异常颜色，无氧化夹层				
珊瑚料					

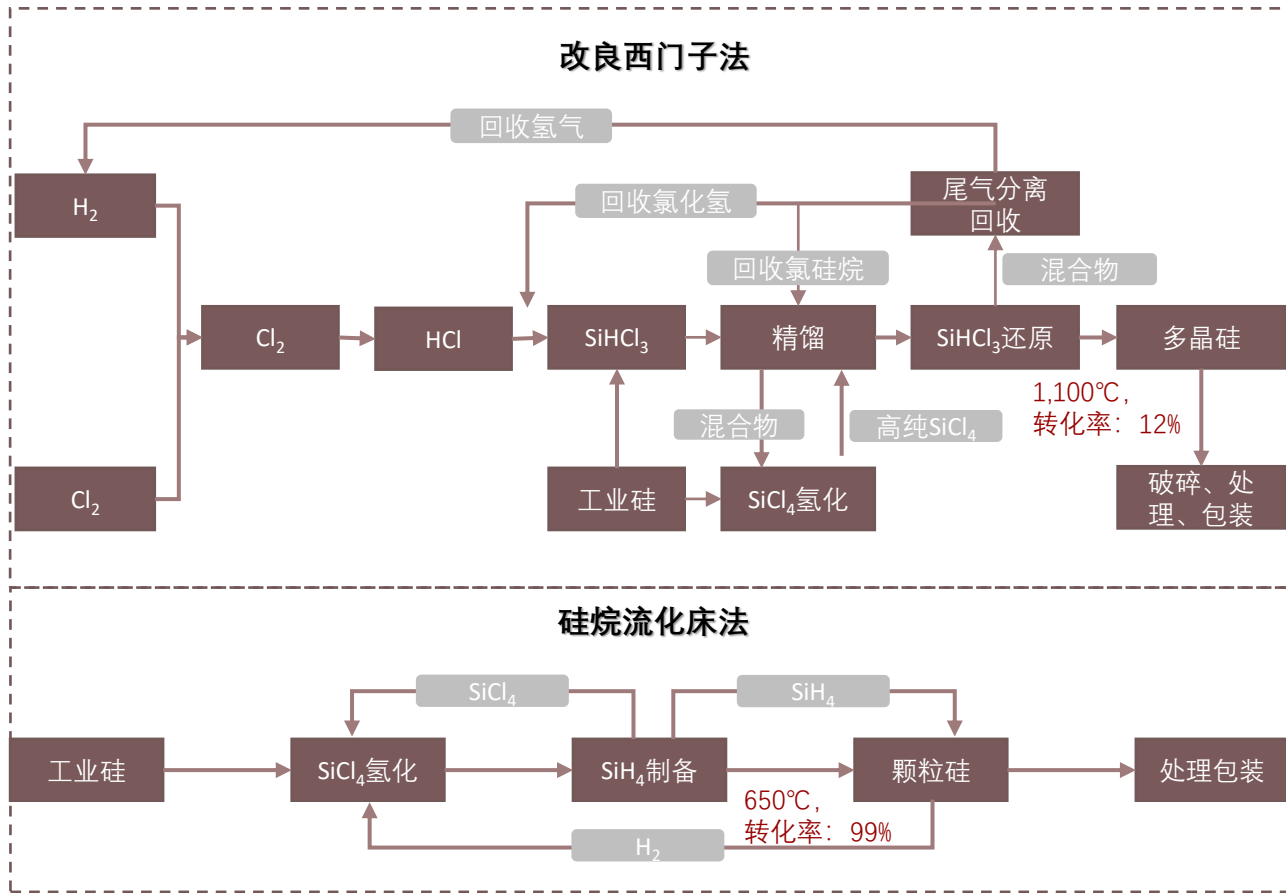
来源：企业官网，大全能源定增，头豹研究院编辑整理

中国多晶硅行业综述——多晶硅生产工艺

目前多晶硅主要生产工艺有改良西门子法与硅烷流化床法，其中，改良西门子法最为普遍、成熟且投资风险相对较小

多晶硅生产工艺

- 多晶硅具有多种生产技术工艺，其中，物理法主要有冶金法，化学法主要有硅烷法、改良西门子法、流化床法、氯硅烷还原法、硅烷流化床法等，目前工业应用中，改良西门子法最为普遍、成熟且投资风险相对较小。同时，以协鑫科技为主的部分企业亦大力推进硅烷流化床法工艺生产颗粒硅，据悉，协鑫科技目前已有颗粒硅产能达26万吨/年，未来三年计划每年以20万吨新增颗粒硅产能速度进行扩产
- 改良西门子法：改良西门子法指首先采用氯气与氢气为原料合成氯化氢，再以氯化氢与工业硅为原料在硫化床反应器中合成三氯硅烷。三氯硅烷在精馏塔中脱氢脱重，完成提纯，再在还原炉中实现三氯硅烷的还原。其中，副产物四氯化硅再重新与冶金级硅、氢气进行反应，进行氢化分离生产三氯硅烷，完成回收利用
- 硅烷流化床法：硅烷流化床法指以硅烷作为硅源气、以氢气作为载气，将硅烷通入以多晶硅为晶种的流化床中，使硅烷热分解并在晶种上沉积，生成粒状多晶硅。在反应过程中，硅烷气进入流化床后迅速分解，发生异相反应，沉积在颗粒硅的表面，生成颗粒硅



来源：文献综述，国家标准《流化床法颗粒硅》编制说明，协鑫科技公告，头豹研究院编辑整理

中国多晶硅行业综述——多晶硅生产工艺对比

硅烷流化床法生产的颗粒硅以其流动性更强、能耗更低、理论生产成本及投资成本更低、与连续单晶拉制更加适配等优势于近些年受到广泛关注

多晶硅生产工艺对比

■ 硅烷流化床法生产的颗粒硅以其流动性更强、能耗更低、理论生产成本及投资成本更低、与连续单晶拉制更加适配等优势于近些年受到广泛关注。然而其目前依然存在产品质量问题、可用于N型料生产比例不高、氢跳问题等因素而未能实现大规模投产及应用。据称，协鑫科技目前已就氢跳、含粉量等问题探索出有效的解决方案，若是颗粒硅能够解决生产稳定性、一致性、产品质量问题等，未来有望实现市场份额的快速增长

改良西门子法与硅烷流化床法工艺对比

对比项目	改良西门子法	硅烷流化床法
多晶硅产品	棒状硅：破碎后呈块状(5-150mm)	颗粒硅：0.1-2mm球形颗粒
原料来源	硅粉、四氯化硅、氢气	硅粉、四氯化硅、氢气
生产温度	1050℃左右	< 700℃
工艺复杂程度	有冷氢化、精馏、硅还原、整理、还原尾气回收等车间，工艺复杂	设有冷氢化、歧化、硅烷气制备、硅烷分解等车间，工艺较为复杂
核心步骤数量	7	3
工艺成熟度	成熟	技术验证阶段
安全性	温度压力较高，含有氢气介质，危险	温度压力较高，含有硅烷、氢气介质，非常危险
产品纯度	太阳能级、电子级	太阳能级以上
副产物	1t多晶硅副产20t四氯化硅	-
初始投资额	约8-10亿元/万吨	约6亿元/万吨
核心设备寿命	还原炉寿命20年以上	贵重的流化床内件寿命约0.5-1年
生产成本	约48-54元/kgSi	约34-40元/kgSi
存在问题	初始投资较高 生产成本较高	系统密闭性要求更高 稳定生产周期相对较短
综合对比	投资及生产成本更高； 工艺流程复杂； 工艺技术成熟稳定； 产品纯度能够得到保证；	生产流程相对简单； 初始投资较小； 生产成本低于改良西门子25%以上
主要运用企业	通威股份 新特能源 大全能源 东方希望	协鑫科技 天宏瑞科

来源：文献综述，亚洲硅业问询函，协鑫科技环评报告，头豹研究院编辑整理

Chapter 2

多晶硅行业概况

- ❑ 世界多晶硅产能在过去数十年间不断向集中，中国企业目前在世界多晶硅产量方面占主导地位，至2021年全球多晶硅产能前十的企业中，中国拥有共上榜8家，共占全球多晶硅产能73.2%
- ❑ 中国多晶硅产能与产量自2010至2022年间基本保持稳定上升态势，2021年，中国多晶硅产能为51.9万吨，占全球比例自2010年29.8%提升至2021年77.3%
- ❑ 2021年来，受光伏产业发展高景气、下游组件需求旺盛而多晶硅环节扩产周期较长所影响，多晶硅环节出现了严重的供需错配现象，价格呈现持续上涨态势
- ❑ 2021年，中国每万吨多晶硅生产项目投资额约为8至10亿元，在光伏产业链中属于投资金额需求最大的环节，相较于新进入企业及中小企业，头部企业的投资成本相对更低
- ❑ 目前中国多晶硅行业市场头部企业主要为通威股份、协鑫科技、新特能源以及大全能源，截至2022年H1产能分别为23万吨、12.5万吨、10万吨以及10.5万吨
- ❑ 从各企业多晶硅业务营业收入角度来看，通威股份营业收入相对较高，2021年达到187.6亿元，毛利率与产能规划规模亦处于行业最高水准

全球多晶硅概况

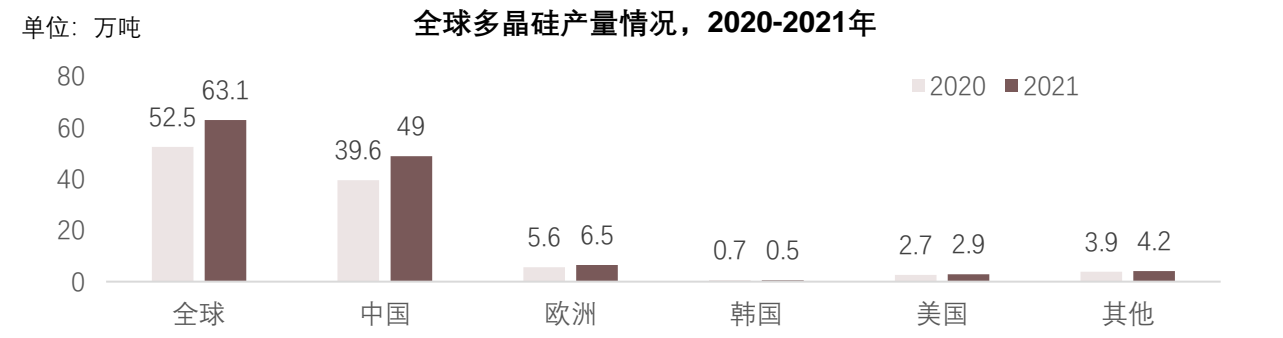
世界多晶硅产能在过去十年间不断走向集中，中国企业目前在世界多晶硅产量方面占主导地位，至2021年全球多晶硅产能前十的企业中，中国拥有共上榜8家，共占全球多晶硅产能73.2%

全球多晶硅概况

全球多晶硅产能排名前十企业，2010-2021年

2010年			2021年		
企业名称	企业国别	产能占比	企业名称	企业国别	产能占比
HEMOLOCK	美国	12.6%	协鑫科技	中国	16.4%
WAKER	德国	10.7%	永祥股份	中国	14.9%
OCI	韩国	9.5%	WAKER	德国+美国	12.7%
保利协鑫	中国	7.4%	新特能源	中国	12.1%
REC	美国	5.8%	新疆大全	中国	11.9%
Tokuyama	日本	2.9%	东方希望	中国	10.4%
MEMC	美国	2.7%	Tokuyama	马来西亚	4.5%
江西赛维	中国	2.3%	亚洲硅业	中国	3.0%
四川瑞能	中国	2.1%	天宏瑞科	中国	2.7%
洛阳中硅	中国	1.8%	鄂尔多斯	中国	1.8%
合计		57.7%			92.4%

■ 世界多晶硅产能在过去数十年间不断走向集中，中国企业目前在世界多晶硅产量方面占主导地位。从2010与2021年世界多晶硅产能占比前十企业排名来看，2010年世界多晶硅制备产能与技术主要由美国、日本、德国与韩国等企业所掌握，中国早期多晶硅市场主要依赖进口采购；随着中国企业不断在技术工艺上取得突破，且凭借中国较低的原材料及能源成本优势，国外部分成本较高企业退出多晶硅市场，至2021年全球多晶硅产能前十的企业中，中国拥有共上榜8家，共占全球多晶硅产能73.2%



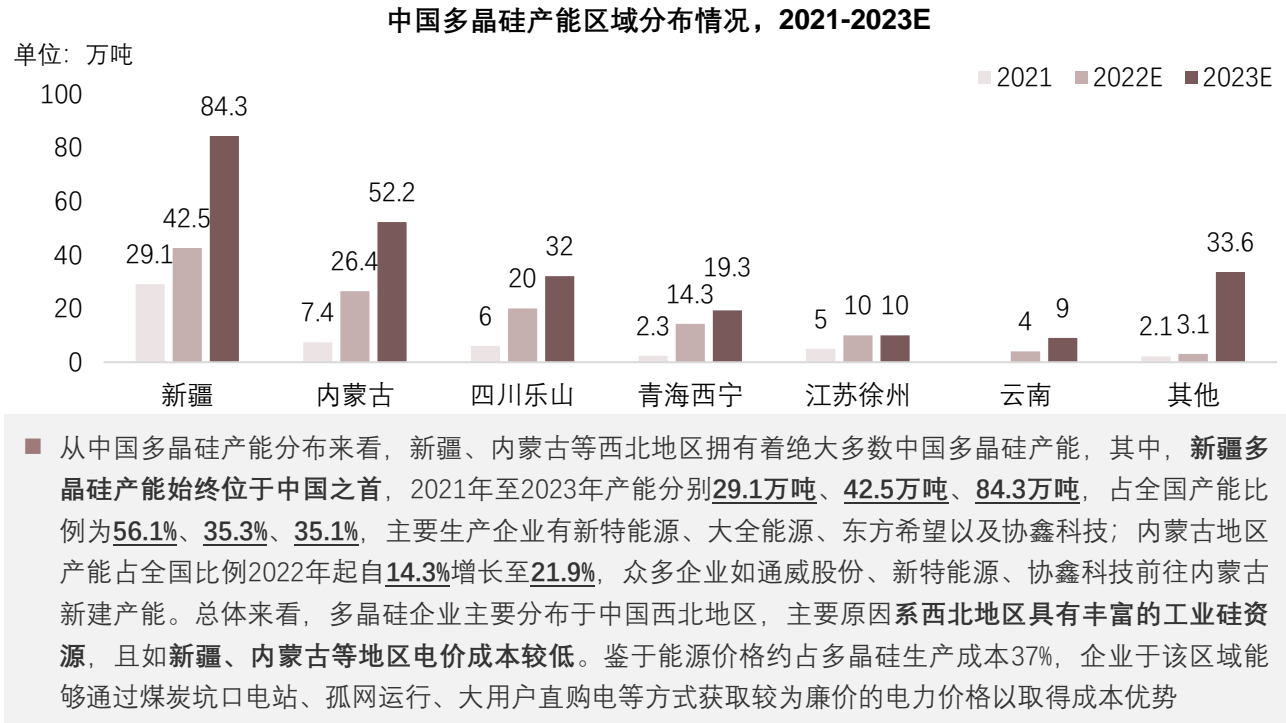
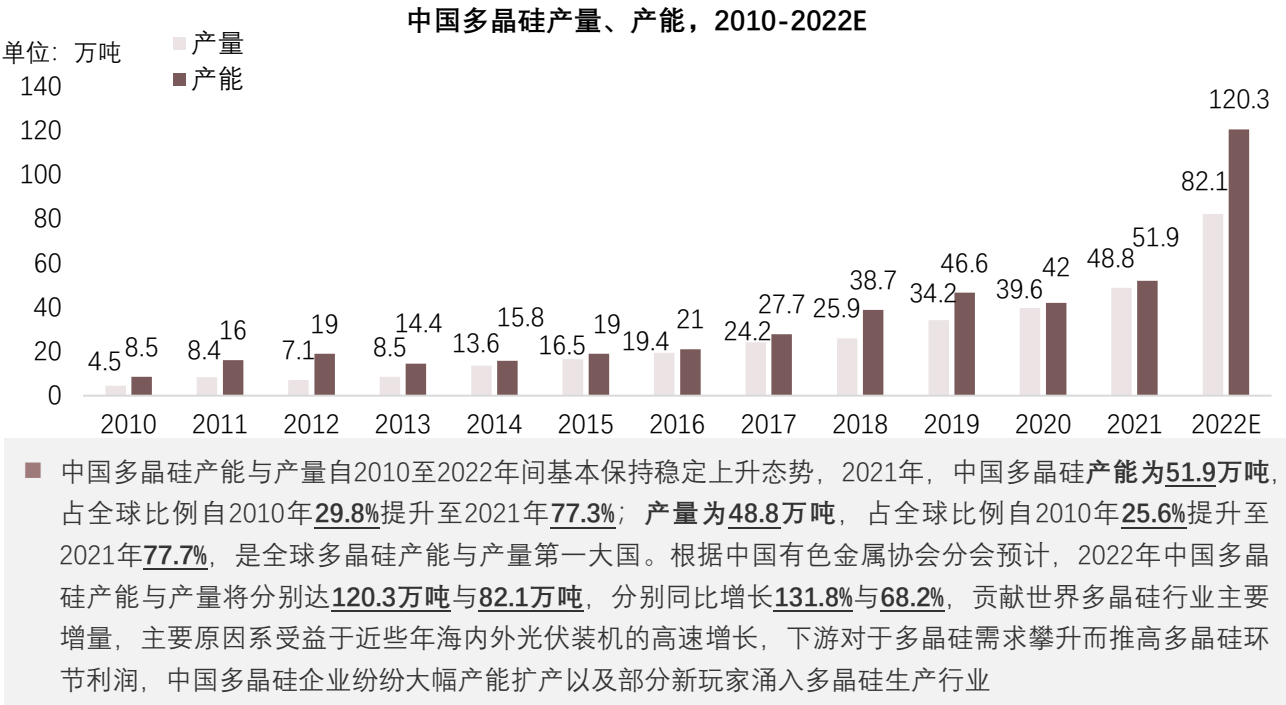
■ 从2020年与2021年全球多晶硅生产情况来看，中国分别占全球多晶硅产量的75.4%、77.7%，多晶硅生产环节进一步向中国集中，主要原因系中国拥有较全面的光伏产业链，多晶硅的下游硅片、电池片与组件企业亦主要集中于中国；海外电力成本、人力成本等运营成本高于中国等。

来源：中国有色金属工业协会硅业分会，新特能源招股书，头豹研究院编辑整理

中国多晶硅行业概况

中国多晶硅产能与产量自2010至2022年间基本保持稳定上升态势，2021年，中国多晶硅产能为51.9万吨，占全球比例自2010年29.8%提升至2021年77.3%

多晶硅的行业现状



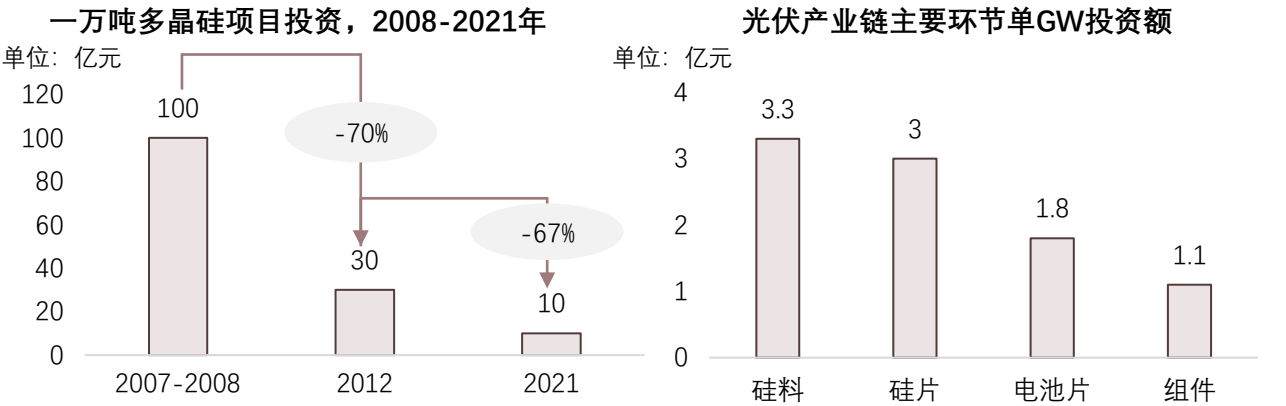
来源：大全能源定增说明书，中国有色金属工业协会硅业分会，头豹研究院编辑整理

多晶硅行业特征

2021年，中国每万吨多晶硅生产项目投资额约为8至10亿元，在光伏产业链中属于投资金额需求最大的环节，相较于新进入企业及中小企业，头部企业的投资成本相对更低

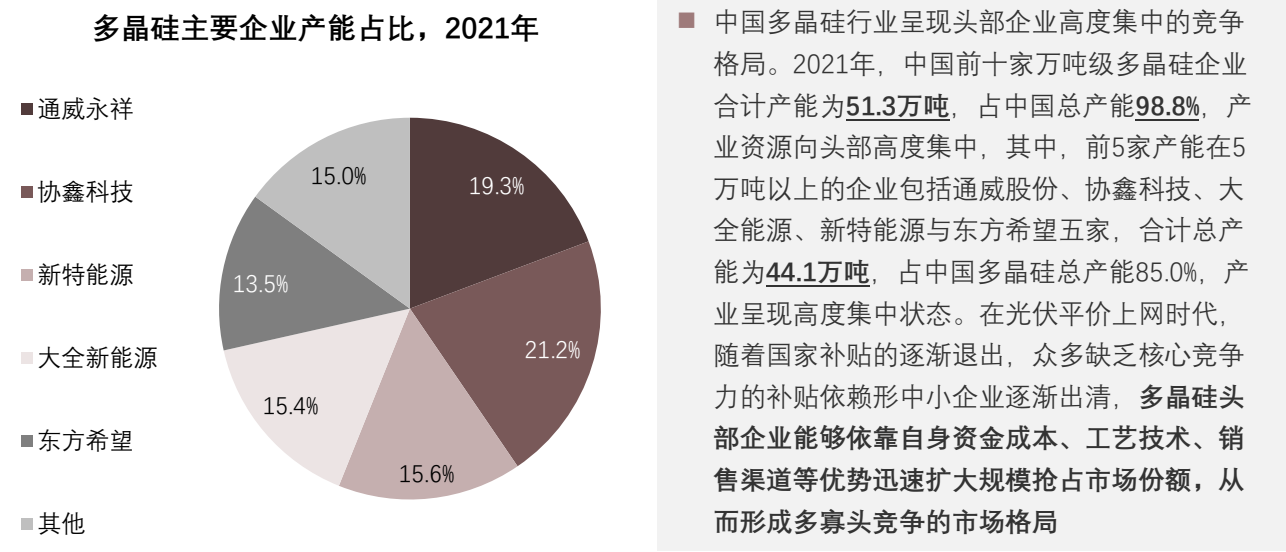
多晶硅的行业特征

多晶硅行业特征——资本密集型行业



- 2021年，中国每万吨多晶硅生产项目投资额约为8至10亿元，在光伏产业链中属于投资金额需求最大的环节。2007年至2021年间，受益于工艺技术进步、生产设备国产化以及规模化应用的成本下降等因素，中国多晶硅项目投资额快速下降，2008至2012年，2012至2021年分别下降70%与67%，但目前相较于光伏产业链其他环节仍是资金需求最大的部分。
- 此外，根据中国《多晶硅行业准入条件》，多晶硅项目新建与扩建最低资本金比例不得低于30%，且太阳能级多晶硅每期规模需大于3000吨/年，对于企业的资金保证要求较高，故属于资本密集型行业

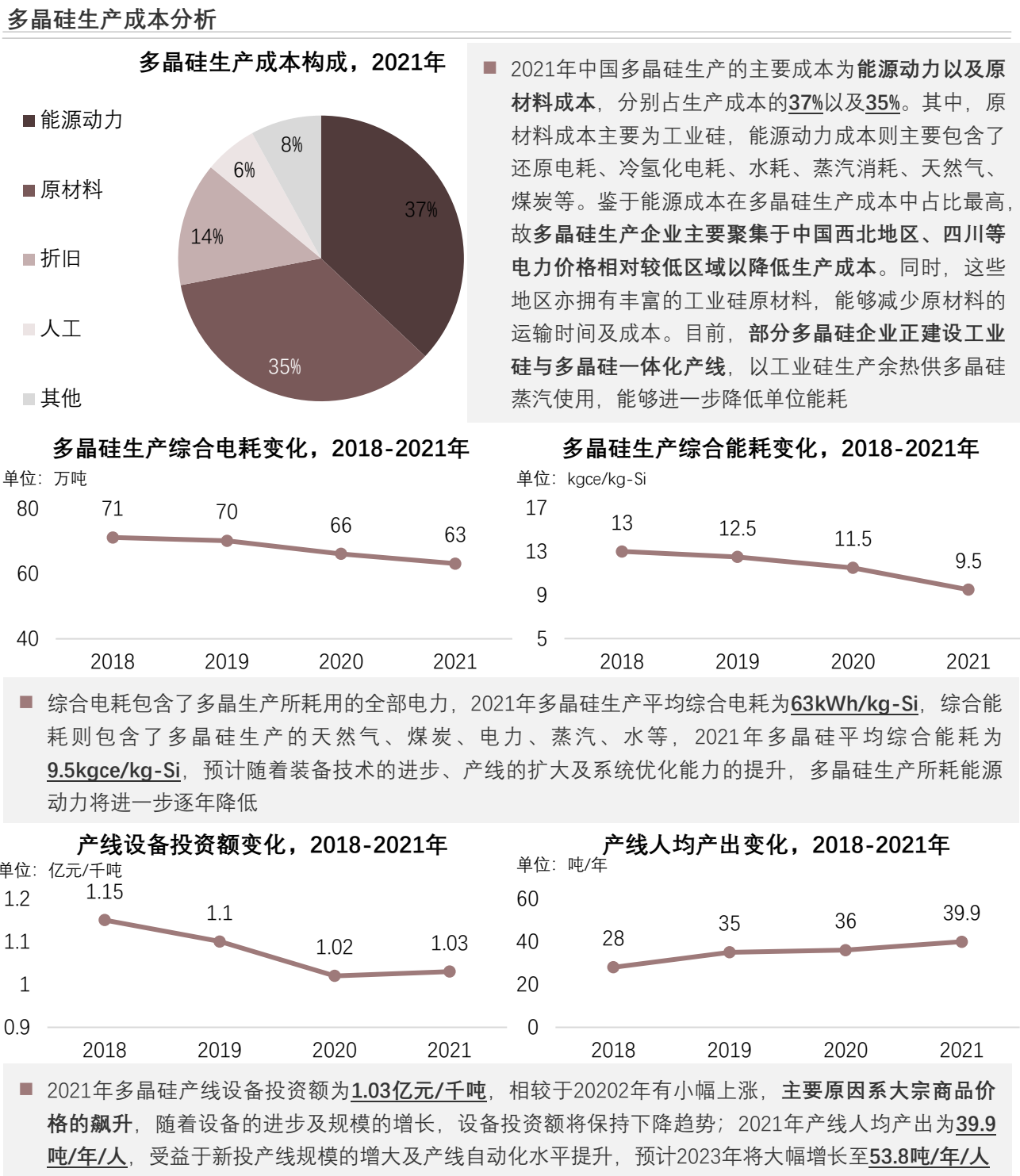
多晶硅行业特征——产业集中度高



来源：工信部，索比光伏网，中国有色金属工业协会硅业分会，头豹研究院编辑整理

多晶硅生产成本分析

2021年中国多晶硅生产的主要成本为能源动力以及原材料成本，分别占生产成本的37%以及35%。其中，原材料成本主要为工业硅



来源：中国有色金属工业协会硅业分会，CPIA，头豹研究院编辑整理

多晶硅产业链价格概况

2021年来，受光伏产业发展高景气、下游组件需求旺盛而多晶硅环节扩产周期较长所影响，多晶硅环节出现了严重的供需错配现象，价格呈现持续上涨态势

多晶硅产业链价格概况


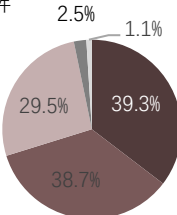

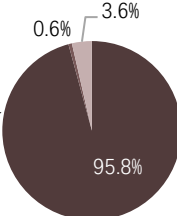

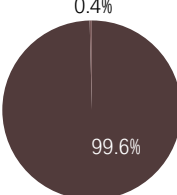

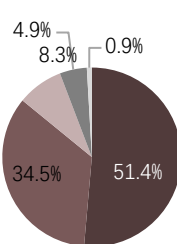


来源：PV InfoLink, iFinD, Choice, 头豹研究院编辑整理

■ 头部多晶硅上市企业简介

目前中国多晶硅行业市场头部企业主要为通威股份、协鑫科技、新特能源以及大全能源，截至2022年H1产能分别为23万吨、12.5万吨、10万吨以及10.5万吨

多晶硅头部企业简介

厂商名称	收入结构	企业简介												
<div><div>通威股份 TONGWEI CO., LTD.</div><div>通威股份</div></div>	<div><div><div>■ 光伏电池及组件</div><div>■ 饲料</div><div>■ 多晶硅及化工</div><div>■ 光伏发电</div><div>■ 其他</div></div><table><tr><th>收入结构</th><th>占比</th></tr><tr><td>光伏电池及组件</td><td>39.3%</td></tr><tr><td>饲料</td><td>29.5%</td></tr><tr><td>多晶硅及化工</td><td>38.7%</td></tr><tr><td>光伏发电</td><td>2.5%</td></tr><tr><td>其他</td><td>1.1%</td></tr></table></div>	收入结构	占比	光伏电池及组件	39.3%	饲料	29.5%	多晶硅及化工	38.7%	光伏发电	2.5%	其他	1.1%	<div>■ 通威股份有限公司（简称“通威股份”，600438.SH），成立于1995年12月，主营业务为高纯多晶硅、光伏电池研发销售，以及水产饲料、畜禽饲料的研发销售，是中国光伏产业多晶硅、光伏电池双龙头。截至2022年上半年，通威股份多晶硅产能为23万吨，产量为10.73万吨，占中国同期多晶硅产量29.4%</div>
收入结构	占比													
光伏电池及组件	39.3%													
饲料	29.5%													
多晶硅及化工	38.7%													
光伏发电	2.5%													
其他	1.1%													
<div><div>协鑫科技 GCL TECH</div><div>协鑫科技</div></div>	<div><div><div>■ 光伏业务</div><div>■ 光伏电站业务</div><div>■ 新能源业务</div></div><table><tr><th>收入结构</th><th>占比</th></tr><tr><td>光伏业务</td><td>95.8%</td></tr><tr><td>光伏电站业务</td><td>3.6%</td></tr><tr><td>新能源业务</td><td>0.6%</td></tr></table></div>	收入结构	占比	光伏业务	95.8%	光伏电站业务	3.6%	新能源业务	0.6%	<div>■ 协鑫科技控股有限公司（简称“协鑫科技”，03800.HK），成立于2006年7月，主营业务为多晶硅与硅片的制造销售、光伏电站的开发建设及运营，是中国颗粒硅生产的主要企业。2022年上半年，协鑫科技共计生产<u>1.1万吨颗粒硅</u>、<u>2.9万吨棒状硅</u>，至2022年9月，协鑫科技拥有棒状硅产能4.5万吨，颗粒硅产能8万吨</div>				
收入结构	占比													
光伏业务	95.8%													
光伏电站业务	3.6%													
新能源业务	0.6%													
<div><div>大全能源 DAQO ENERGY</div><div>大全能源</div></div>	<div><div><div>■ 多晶硅</div><div>■ 副产品销售</div></div><table><tr><th>收入结构</th><th>占比</th></tr><tr><td>多晶硅</td><td>99.6%</td></tr><tr><td>副产品销售</td><td>0.4%</td></tr></table></div>	收入结构	占比	多晶硅	99.6%	副产品销售	0.4%	<div>■ 新疆大全能源股份有限公司（简称“大全能源”，688303.SH），成立于2011年2月，主营业务为高纯多晶硅的研发、制造与销售，多晶硅产品占其营业收入<u>99.6%</u>。截至2022年上半年，大全能源拥有多晶硅产能<u>10.5万吨</u>，2022年上半年多晶硅产量为<u>6.7万吨</u>，占中国同期多晶硅产量<u>18.3%</u>，目前已能实现N型多晶硅规模化生产</div>						
收入结构	占比													
多晶硅	99.6%													
副产品销售	0.4%													
<div><div>XINTE 新特能源</div><div>新特能源</div></div>	<div><div><div>■ 多晶硅及相关产品</div><div>■ 风能、光伏电站建设</div><div>■ 风能、光伏电站运营</div><div>■ 其他产品及服务</div><div>■ 其他业务</div></div><table><tr><th>收入结构</th><th>占比</th></tr><tr><td>多晶硅及相关产品</td><td>51.4%</td></tr><tr><td>风能、光伏电站建设</td><td>34.5%</td></tr><tr><td>风能、光伏电站运营</td><td>8.3%</td></tr><tr><td>其他产品及服务</td><td>4.9%</td></tr><tr><td>其他业务</td><td>0.9%</td></tr></table></div>	收入结构	占比	多晶硅及相关产品	51.4%	风能、光伏电站建设	34.5%	风能、光伏电站运营	8.3%	其他产品及服务	4.9%	其他业务	0.9%	<div>■ 新特能源股份有限公司（简称“新特能源”，01977.HK），成立于2008年2月，主营业务为高纯多晶硅的研发、制造与销售以及风能、光伏电站的建设及运营，多晶硅产品占其营业收入51.4%。截至2022年上半年，大全能源拥有多晶硅产能10万吨，预期202年底产能达20万吨，2022年上半年多晶硅产量为4.62万吨，占中国同期多晶硅产量12.7%</div>
收入结构	占比													
多晶硅及相关产品	51.4%													
风能、光伏电站建设	34.5%													
风能、光伏电站运营	8.3%													
其他产品及服务	4.9%													
其他业务	0.9%													

来源：iFinD，企业半年报，头豹研究院编辑整理

多晶硅头部上市企业对比分析

从各企业多晶硅业务营业收入角度来看，通威股份营业收入相对较高，2021年达到187.6亿元，毛利率与产能规划规模亦处于行业最高水准



来源：iFIND，企业公告，头豹研究院编辑整理

方法论

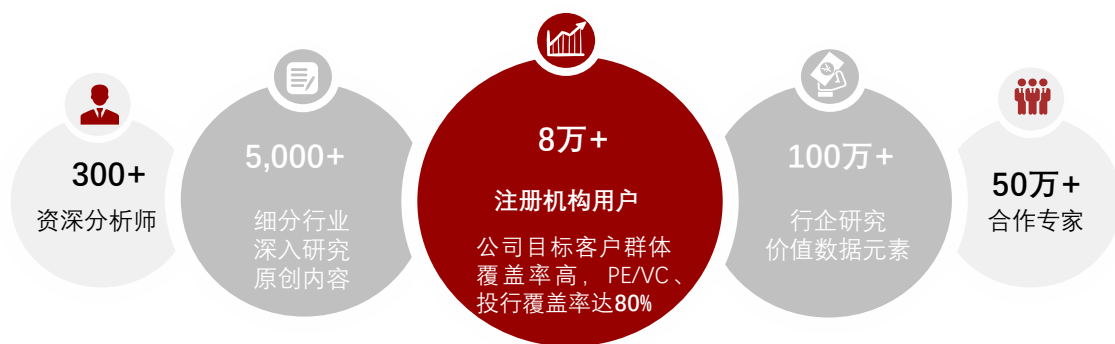
- ◆ 头豹研究院布局中国市场，深入研究19大行业，持续跟踪532个垂直行业的市场变化，已沉淀超过100万行业研究价值数据元素，完成超过1万个独立的研究咨询项目。
- ◆ 头豹研究院依托中国活跃的经济环境，研究内容覆盖整个行业发展周期，伴随着行业内企业的创立，发展，扩张，到企业上市及上市后的成熟期，头豹各行业研究员积极探索和评估行业中多变的产业模式，企业的商业模式和运营模式，以专业视野解读行业的沿革。
- ◆ 头豹研究院融合传统与新型的研究方法论，采用自主研发算法，结合行业交叉大数据，通过多元化调研方法，挖掘定量数据背后根因，剖析定性内容背后的逻辑，客观真实地阐述行业现状，前瞻性地预测行业未来发展趋势，在研究院的每一份研究报告中，完整地呈现行业的过去，现在和未来。
- ◆ 头豹研究院密切关注行业发展最新动向，报告内容及数据会随着行业发展、技术革新、竞争格局变化、政策法规颁布、市场调研深入，保持不断更新与优化。
- ◆ 头豹研究院秉承匠心研究，砥砺前行的宗旨，以战略发展的视角分析行业，从执行落地的层面阐述观点，为每一位读者提供有深度有价值的研究报告。

法律声明

- ◆ 本报告著作权归头豹所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复刻、发表或引用。若征得头豹同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“头豹研究院”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节或修改。
- ◆ 本报告分析师具有专业研究能力，保证报告数据均来自合法合规渠道，观点产出及数据分析基于分析师对行业的客观理解，本报告不受任何第三方授意或影响。
- ◆ 本报告所涉及的观点或信息仅供参考，不构成任何证券或基金投资建议。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告或证券研究报告。在法律许可的情况下，头豹可能会为报告中提及的企业提供或争取提供投融资或咨询等相关服务。
- ◆ 本报告的部分信息来源于公开资料，头豹对该等信息的准确性、完整性或可靠性不做任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映头豹于发布本报告当日的判断，过往报告中的描述不应作为日后的表现依据。在不同时期，头豹可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告或文章。头豹均不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，头豹对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，读者应当自行关注相应的更新或修改。任何机构或个人应对其利用本报告的数据、分析、研究、部分或者全部内容所进行的一切活动负责并承担该等活动所导致的任何损失或伤害。

头豹研究院简介

- ◆ 头豹是中国领先的原创行企研究内容平台和新型企业服务提供商。围绕“协助企业加速资本价值的挖掘、提升、传播”这一核心目标，头豹打造了一系列产品及解决方案，包括：**报告/数据库服务、行企研报定制服务、微估值及微尽调自动化产品、财务顾问服务、PR及IR服务**，以及其他以企业为基础，利用大数据、区块链和人工智能等技术，围绕产业焦点、热点问题，基于丰富案例和海量数据，通过开放合作的增长咨询服务等
- ◆ 头豹致力于以优质商业资源共享研究平台，汇集各界智慧，推动产业健康、有序、可持续发展



备注：数据截止2022.6

四大核心服务

企业服务

为企业提供**定制化报告服务、管理咨询、战略调整**等服务

云研究院服务

提供行业分析师**外派驻场服务**，平台数据库、报告库及内部研究团队提供技术支持服务

行业排名、展会宣传

行业峰会策划、**奖项评选**、行业白皮书等服务

园区规划、产业规划

地方**产业规划**，园区企业孵化服务