

强于大市

公司名称	股票代码	股价(人民币)	评级
隆基绿能	601012.SH	73.98	买入
石英股份	603688.SH	79.18	增持
中环股份	002129.SZ	42.68	未有评级

资料来源：万得，中银证券

以 2022 年 05 月 25 日当地货币收市价为标准

高纯石英砂行业深度报告

光伏用高纯石英砂供需或偏紧

2022-2025 年光伏用高纯石英砂需求平均 CAGR 有望达到 25.5%，半导体与光纤行业对高纯石英砂的需求亦稳步增长。2022-2023 年光伏石英坩埚用高纯石英砂供需或处于平衡偏紧状态，价格存在进一步上涨的可能；维持行业强于大市评级。

支撑评级的要点

- **高纯石英砂是工业重要原料：**高纯石英砂纯度高、品质好，生产的石英制品具有耐高温、耐腐蚀、低热膨胀性、高度绝缘性和透光性等优异的物理化学属性，被广泛用于光伏、电子、高端电光源、薄膜材料、国防科技等领域，是高端制造行业不可替代的原辅材料。目前，高纯石英砂主要来源于石英矿物，国际公认的高纯石英砂是以美国尤尼明公司 IOTA-CG 为标准。
- **矿源质量决定高纯石英砂产品纯度：**高纯石英砂纯度与原料中杂质元素含量高低并不是简单的对应关系，而是与原料工艺矿物学特征所决定的杂质可选性密切相关。其中，矿物嵌布特征直接影响石英单体解离度，进而影响选矿提纯效果；流体包裹体中含有的碱金属 K、Na、Li 离子和碱土金属 Ca、Mg 离子会诱发析晶现象；晶格杂质的存在也会造成碱金属杂质过多，导致析晶。目前，检测技术与杂质分离技术是制备高纯石英砂的核心技术。
- **高纯石英砂需求无忧：**高纯石英砂主要应用于半导体、光伏、光通讯和电光源领域。光伏领域：受益于硅片产能加速扩张、N 型硅片渗透率提高，高纯石英砂需求有望快速增长。根据测算，2022-2025 年光伏用高纯石英砂需求平均 CAGR 有望达到 25.5%；半导体：2022-2025 年半导体用高纯石英砂需求平均 CAGR 有望达到 11.1%；光纤：2022-2025 年，全球光纤光缆行业对高纯石英砂的需求量将从 4.85 万吨增长到 5.24 万吨。
- **光伏用高纯石英砂供需或偏紧：**根据测算，2022-2023 年光伏用高纯石英砂可能的供给量范围分别为 6.2-6.3 万吨、7.7-7.8 万吨，对应 2022-2023 年 6.2 万吨、7.6 万吨的需求，供需或将处于紧平衡的状态，价格存在进一步上涨的可能。随着下半年硅料新增产能的逐步释放，硅料价格松动有望推动拉晶厂商开工率提升，从而带动光伏石英坩埚用高纯石英砂需求的快速上升，光伏用高纯石英砂在季度需求波动的过程中可能会出现阶段性的短缺，届时高纯石英砂价格仍有短期上涨的可能性。

投资建议

- 高纯石英砂是高端制造业的关键材料，矿源质量决定高纯石英砂产品纯度。受益于光伏装机需求，光伏石英坩埚用高纯石英砂需求有望快速增长，2022-2025 年需求量年均复合增速有望达到 25.5%。半导体和光纤领域对高纯石英砂的需求亦稳步增长。2022-2023 年光伏石英坩埚用高纯石英砂供给全年供需处于平衡偏紧的状态，价格存在上涨的可能。推荐国产高纯石英砂龙头石英股份，以及在石英坩埚供应方面储备较多的硅片龙头隆基绿能、建议关注中环股份。

评级面临的主要风险

- 光伏政策风险；产品价格竞争超预期；下游扩产需求低于预期；疫情影响超预期；国际贸易摩擦风险；技术迭代风险。

中银国际证券股份有限公司
具备证券投资咨询业务资格

电力设备

证券分析师：李可伦

(8621)20328524

kelun.li@bocichina.com

证券投资咨询业务证书编号：S1300518070001

证券分析师：陈浩武

(8621)20328592

haowu.chen@bocichina.com

证券投资咨询业务证书编号：S1300520090006

目录

高纯石英砂：工业重要原料，矿源决定产品纯度	6
高纯石英砂，高端制造业的关键材料	6
矿源质量决定高纯石英砂产品纯度	7
检测与提纯技术是制备高纯石英砂的核心技术	9
化学合成高纯石英：高纯石英砂潜在量产新技术	13
高端制造支撑，高纯石英砂需求无忧	15
全球脱碳支撑光伏终端需求较快增长，石英坩埚用高纯砂需求空间广阔	15
光源、光纤、半导体三重驱动，高纯石英砂需求无忧	24
高端供给有限，光伏用高纯石英砂供需或偏紧	27
全球高纯石英原料储量有限，高纯石英砂产能平稳提升	27
海外企业主导供应格局	30
光伏用高纯石英砂供需或偏紧	31
投资建议	33
风险提示	34
高端石英领域先锋，领衔国产替代	37
光伏石英砂行业有望迎来高景气，光纤半导体需求无忧	38
高纯石英砂量产技术领先行业，光纤半导体业务持续突破	40
盈利预测与估值	43
风险提示	45

图表目录

图表 1. 高纯石英砂产业链.....	6
图表 2. 美国尤尼明 IOTA 系列高纯石英相关指标 (ppm)	6
图表 3. 制备高纯石英砂的原料对比	7
图表 4. 石英原料中杂质元素常见赋存状态	7
图表 5. 美国花岗伟晶岩、青海脉石英形貌图及脉石英矿物包裹体剖面形貌图	8
图表 6. 成群分布的包裹体和单个的大包裹体	8
图表 7. 石英矿物类型和特点	9
图表 8. 不同成因类型石英特点和典型应用实例	9
图表 9. ICP 结构示意图	10
图表 10. 高纯石英砂提纯工艺流程示意图	10
图表 11. 高纯石英矿物深度提纯工艺步骤	11
图表 12. 常规粉碎和电动力学破碎的 0.1-0.3mm 石英样品化学分析结果	11
图表 13. 石英中共伴生独立矿物分选技术	11
图表 14. 0.1-0.3mm 石英样品经化学处理后化学成分分析 (单位: ppm)	12
图表 15. 经过提纯后石英砂纯度对比	12
图表 16. 菲利华合成石英业务表述	13
图表 17. 气相合成法反应原理方程式	13
图表 18. 气相合成法制备 SiO ₂ 流程图	13
图表 19. 化学沉淀法反应原理方程式	14
图表 20. 化学沉淀法制备 SiO ₂ 流程图	14
图表 21. 四氯化硅液相水解法反应原理方程式	14
图表 22. 2012-2019 年全球高纯石英砂消费量	15
图表 23. 2019 年全球高纯石英砂消费结构	15
图表 24. 2021-2025 年国内新能源发电装机空间测算	16
图表 25. 全球光伏新增装机与预测	16
图表 26. 全球光伏季度装机拆分	16
图表 27. 全球光伏组件需求预测	17
图表 28. 全球光伏组件季度需求拆分	17
图表 29. 石英坩埚在单晶产业链中的位置	17
图表 30. 电弧法工艺流程	18
图表 31. 石英坩埚生产流程	18
图表 32. 石英坩埚的结构	18
图表 33. 石英坩埚的真空透明层与不透明层	18

图表 34. 石英坩埚析晶现象（白色物质为析出的晶体）	19
图表 35. 石英坩埚析晶影响	19
图表 36. 坩埚内气泡对硅熔体影响机理	20
图表 37. 普通坩埚使用前后对比	20
图表 38. 高品质坩埚使用前后对比	20
图表 39. 2021-2030 年不同尺寸硅片市场占比变化趋势	20
图表 40. 石英坩埚尺寸标准	20
图表 41. 欧晶科技常规石英坩埚尺寸（单位：mm）	21
图表 42. 光伏直拉单晶对于坩埚品质的要求	21
图表 43. 2022 年以后硅片产商投产计划	22
图表 44. 2021-2030 年不同类型硅片市场占比变化趋势	23
图表 45. 2021-2030 年各种电池技术市场占比变化趋势	23
图表 46. 2022-2025 年全球光伏行业高纯石英砂需求量预测	23
图表 47. 2011-2020 全球及中国半导体行业销售额及增速	24
图表 48. 2000-2020 年全球半导体消耗石英产值及增速	24
图表 49. 2021-2025 年全球半导体行业高纯石英砂需求量	24
图表 50. 2011-2018 全球光纤光缆需求量及增速	25
图表 51. 2021-2025 年全球光纤光缆行业高纯石英砂需求量	26
图表 52. 全球高纯石英原料矿床分布	27
图表 53. 全球高纯石英资源统计	27
续图表 53. 全球高纯石英资源统计	28
图表 54. 2012-2019 年全球高纯石英原料资源储量	28
图表 55. 2012-2019 年全球高纯石英砂产能	29
图表 56. 高纯石英制品对纯度等级的要求	29
图表 57. 高纯石英砂行业主要企业矿产来源	30
图表 58. 2019 年全球高纯石英砂进口量	30
图表 59. 光伏用高纯石英砂供需测算（单位：万吨）	31
图表 60. 拉晶成本结构	32
图表 61. 石英坩埚成本增加量受高纯石英砂涨价影响敏感度的测算	32
图表 62. 报告中提及上市公司估值表	35
图表 63. 石英股份发展历程	37
图表 64. 2017-2021 公司营业收入结构	37
图表 65. 2017-2021 公司境内外收入占比	37
图表 66. 2017-2022Q1 公司营业收入和归母净利润及增速	38
图表 67. 2017-2022Q1 公司销售毛利率和销售净利率	38

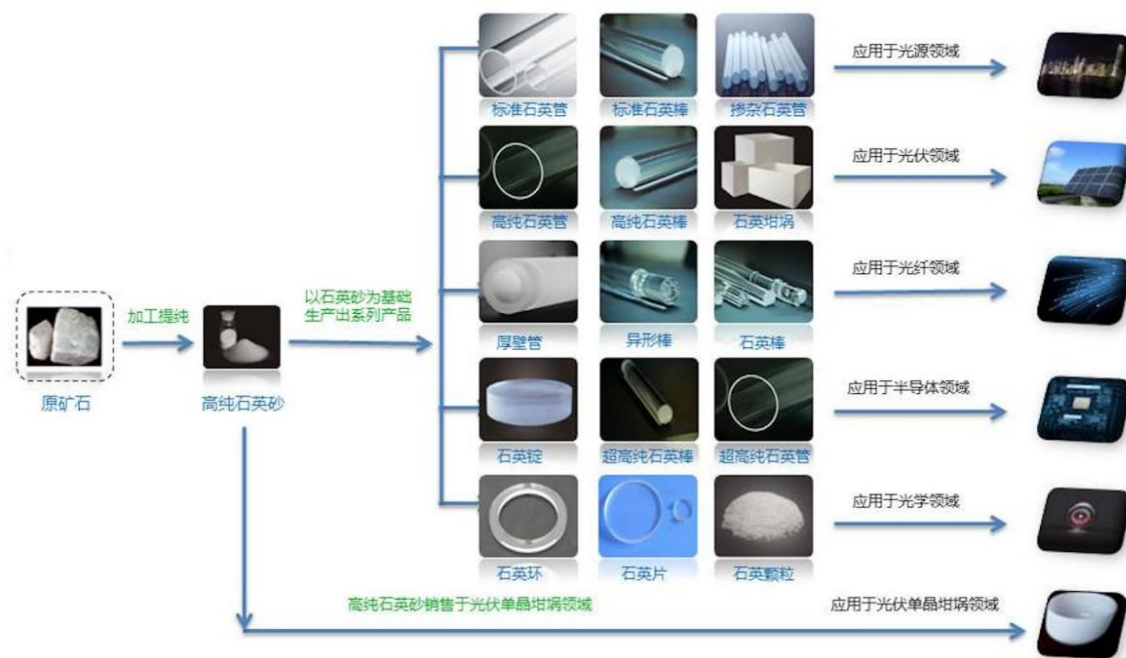
图表 68. 2021-2030 年不同类型硅片市场占比变化趋势	38
图表 69. 2021-2030 年各种电池技术市场占比变化趋势	38
图表 70. 2022-2025 年全球光伏行业高纯石英砂需求量	39
图表 71. 2011-2020 全球及中国半导体行业销售额及增速	39
图表 72. 2000-2020 年全球半导体消耗石英产值及增速	39
图表 73. 2011-2018 全球光纤光缆需求量及增速	40
图表 74. 公司高纯石英砂领域核心技术	40
图表 75. 公司高纯石英砂外销量及增速	41
图表 76. 公司高纯石英砂产能和产量	41
图表 77. 公司石英管棒领域核心技术	41
图表 78. 2016-2021 公司石英管棒销量与增速	42
图表 79. 2016-2021 公司研发费用率	43
图表 80. 公司技术研发与激励制度	43
图表 81. 公司主营业务营业收入与毛利率预测	44
图表 82. 可比上市公司估值比较	44

高纯石英砂：工业重要原料，矿源决定产品纯度

高纯石英砂，高端制造业的关键材料

高纯石英砂是光伏、半导体行业关键性原辅材料：高纯石英砂是指由天然石英矿物经过一系列物理和化学提纯技术生产的具有某种粒度规格的高纯非金属矿物原料，是一种坚硬、耐磨、化学性能稳定的硅酸盐矿物。高纯石英砂纯度高、品质好，生产的石英制品具有耐高温、耐腐蚀、低热膨胀性、高度绝缘性和透光性等优异的物理化学属性，被广泛用于光伏、电子、高端电光源、薄膜材料、国防科技等领域，是高端制造行业不可替代的原辅材料。

图表 1. 高纯石英砂产业链



资料来源：石英股份可转债说明书，中银证券

高纯石英砂国际公认标准以尤尼明 IOTA-CG 为准：国际公认的高纯石英砂是以美国尤尼明公司（现矽比科）IOTA-CG 为标准，十二种元素杂质（Al,K,Na,Li,Ca,Mg,Fe,Mn,Cu,Cr,Ni,B）的含量小于 20ppm，其中碱金属（K,Na,Li）分别小于 1ppm 的高技术产品。

图表 2. 美国尤尼明 IOTA 系列高纯石英相关指标 (ppm)

	Al	B	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Na	Ni	P	Ti	Zn
IOTA 4	8	<0.05	0.7	0.007	0.004	0.3	0.4	0.2	0.07	0.013	1.0	0.002	0.1	1.4	0.01
IOTA 6	8	<0.05	0.7	0.003	0.001	0.2	0.1	0.2	0.07	0.008	< 0.1	0.002	0.1	1.4	0.01
IOTA 6-SV	8	<0.05	0.5	0.002	0.001	0.1	< 0.1	0.2	0.02	0.004	< 0.05	0.001	< 0.05	1.3	0.01
IOTA 8	8	<0.05	0.4	0.001	<0.001	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.01	0.001	< 0.05	< 0.001	< 0.05	1.3	0.01
IOTA STD	14	<0.10	0.6	0.006	0.028	0.3	0.7	0.5	0.04	0.039	1.0	0.001	0.1	1.2	0.01
IOTA CG	14	<0.10	0.6	0.007	0.019	0.3	0.7	0.5	0.04	0.029	1.0	0.001	0.1	1.2	0.01
IOTA STD-SV	14	<0.10	0.3	0.004	0.003	0.1	< 0.1	0.5	0.01	0.007	< 0.05	0.001	0.1	1.1	0.01

资料来源：矽比科官网，中银证券

目前，高纯石英砂主要来源于石英矿物：高纯石英最初是从一、二级天然水晶中深度提纯得到的，天然水晶制备高纯石英砂工艺较为简单，水晶原矿经过粉碎、磁选、浮选、酸浸、干燥、焙烧后得到成品石英砂，但目前水晶资源逐渐匮乏，成本较高，且生产过程中杂质含量高、能耗高、产品质量稳定性差。自上世纪 70 年代开始，美国等国家开始探索用普通石英代替水晶制备高纯石英砂，从天然岩石矿物提取高纯石英砂原料是目前世界上生产天然高纯石英砂的最先进技术，对矿石的品质要求高，提纯技术复杂，目前全球只有美国尤尼明、挪威 TQC 和石英股份等极少数公司具备规模化量产高纯石英砂的能力。目前，石英矿物逐渐替代水晶成为高纯石英砂的主要原料。

图表 3. 制备高纯石英砂的原料对比

制备原料	原料成本	制备工艺	优点	缺点
天然水晶	一、二级水晶的单价在 30-40 元/kg。水晶资源逐渐枯竭，目前观赏和装饰用水晶的需求量激增	水晶原矿经过粉碎、磁选、浮选、酸浸、干燥、焙烧后得到成品石英砂	工艺简单	资源逐渐枯竭，生产成本高，杂质含量高，能耗高，粉料特性不稳定，制备效率低且粒径分布宽
石英岩矿物	花岗伟晶岩和脉石英中的石英结晶粒度粗，易于单体解离，提纯效果较为理想	经过前期选矿后通过酸浸、碱浸、络合处理、高温气氛焙烧深度提纯	天然石英矿物价格低、资源相对丰富，制备过程污染小	制备工艺复杂，容易有较多金属杂质和羟基，纯度低于化学合成的石英砂

资料来源：《中国高纯石英资源开发利用现状及供需形势》顾玲亚，中银证券

矿源质量决定高纯石英砂产品纯度

高纯石英砂纯度取决于石英原料质量：高纯石英砂纯度与原料中杂质元素含量高低并不是简单的对应关系，而是与原料工艺矿物学特征所决定的杂质可选性密切相关。不同类型石英矿的矿物学特征存在明显差异，石英矿的矿物学特征主要有四类：

1) 化学成分与杂质元素赋存状态：化学成分只反应了石英所含元素的种类和含量，但难以对石英原料是否具备加工为高纯石英的潜力做出正确判断。石英原料具有杂质元素种类多、含量高、赋存状态多样化等特点。

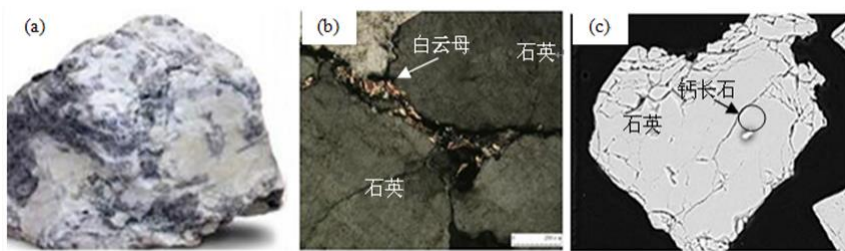
图表 4. 石英原料中杂质元素常见赋存状态

元素	赋存状态	存在形式
Al	类质同象独立矿物	石英晶格杂质缺陷、云母、长石、黏土矿物
Fe	类质同象独立矿物包裹体	石英晶格杂质缺陷、铁质氧化物、固态矿物包裹体
Li	类质同象包裹体	石英晶格杂质缺陷、气液包裹体液相
K	类质同象独立矿物包裹体	石英晶格杂质缺陷、云母、黏土矿物、气液包裹体液相
Na	类质同象包裹体	石英晶格杂质缺陷、云母混入物、气液包裹体液相
Ti	类质同象独立矿物	石英晶格杂质缺陷、金红石
Ge	类质同象	石英晶格杂质缺陷
Mg	类质同象	石英晶体、云母混入物
Ca	独立矿物包裹体	萤石等矿物、气液包裹体液相
-OH	类质同象	石英晶格杂质缺陷

资料来源：《高纯石英原料矿物学特征与加工技术进展》马超，中银证券

2) 矿物组成与嵌布特征：共伴生独立脉石矿物（如云母、长石、赤铁矿、电气石、绿泥石和黏土矿物等）是石英中杂质元素的主要载体矿物，且在地质成矿过程中很容易成为石英中的矿物包裹体，是制约最终石英产品质量的重要因素之一。石英与脉石矿物嵌布特征直接影响石英单体解离度，进而影响选矿提纯效果。石英受成岩作用和变质作用改造强度越大，石英与脉石矿物的嵌布差异越明显，嵌布特征也逐渐由毗邻型转变为缝状、甚至包裹型，在粉碎过程中单体解离难度依次增加，被加工为高纯石英的可能性也逐渐降低。

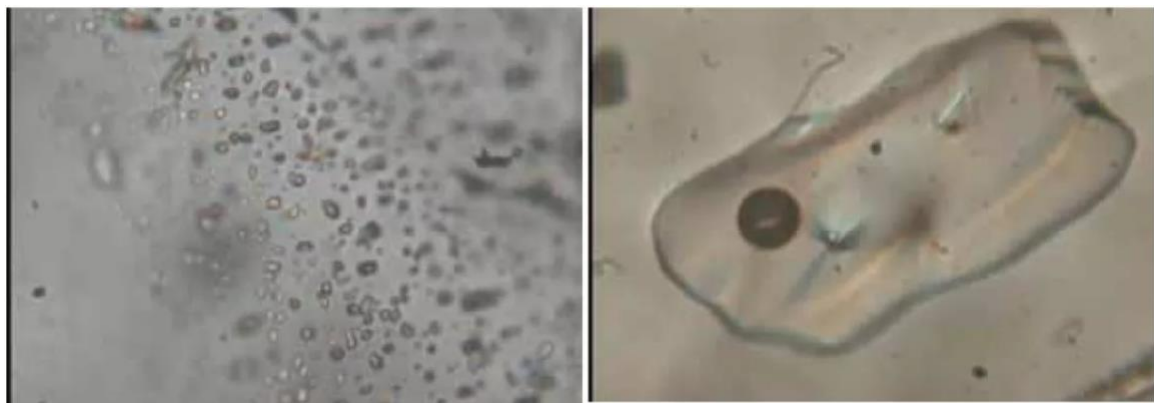
图表 5. 美国花岗伟晶岩、青海脉石英形貌图及脉石英矿物包裹体剖面形貌图



资料来源：《高纯石英原料矿物学特征与加工技术进展》马超，中银证券

3) 流体包裹体：矿物或岩石中广泛存在流体包裹体，每立方厘米中含有流体包裹体数量大约为 102-109 个，直径一般小于 50 μm 。流体包裹体在形成过程中所捕获的流体属过饱和溶液，当温度降低时会从溶液中结晶形成包括石盐、钾盐以及一些硅酸盐矿物的子矿物，因此流体包裹体中含有碱金属 K、Na、Li 离子和碱土金属 Ca、Mg 离子。石英制品在高温下具有变成二氧化硅的晶体（方石英）的趋向，通常称为析晶。析晶会影响石英制品的产品性能，而碱金属杂质会诱发析晶现象。相比于杂质元素，流体包裹体除去难度更大，是影响最终石英产品质量的关键性因素之一。因此，选择流体包裹体含量极少或无流体包裹体的石英作为高纯石英原料是加工高纯石英的关键之一。

图表 6. 成群分布的包裹体和单个的大包裹体



资料来源：中国粉体网，中银证券

4) 晶格杂质：石英晶体在形成过程中，一些元素会替代硅元素进入石英晶体中，形成了石英的结构性杂质。这些杂质含量很低，但从石英中分离难度较大，是制约高纯石英质量关键性因素之一。在石英结构性杂质中，Al 杂质元素含量一般最高。由于 Al 是以 Al^{3+} 替代 Si^{4+} 的形式存在，引起了石英晶格内部电荷不平衡，当石英中存在大量 Al 杂质时，Li、K、Na 等杂质元素的含量会增加。在现有加工技术下，石英原料中晶格杂质几乎不能被除去。以晶格杂质形式存在的 Al 元素含量虽然极低但除去难度极大，是制约高纯石英最终质量的关键之一。

花岗伟晶岩（白岗岩）是制备高纯石英砂的最佳原料：根据不同成矿特性和理化特性，石英矿物可分为岩浆岩型、变质型、热液型、沉积型，对应的石英岩分别为花岗伟晶岩、脉石英岩、石英岩和石英砂岩。花岗伟晶岩和脉石英中的石英晶粒结晶粒度粗，易于单体解离，是替代天然水晶作为加工高纯石英中端和高端产品的理想原料。其中，花岗伟晶岩石英晶粒极粗（ $d > 5\text{mm}$ ），磨矿后与脉石完全解离，且花岗伟晶岩中的石英纯度极高，气液包裹体极少，是制备高纯石英砂的最佳原料。美国尤尼明公司即是以花岗伟晶岩为原料生产高纯石英，其花岗伟晶岩资源丰富，矿石性质稳定，以致几乎垄断着国际市场上 4N8（ $\text{SiO}_2 > 99.998\%$ ）及以上高端石英砂产品的生产。

图表 7.石英矿物类型和特点

矿床类型	石英岩类型	特点	典型矿床
岩浆岩型	花岗伟晶岩	石英含量 30%左右，结晶粒度粗，单体石英杂质含量极少	美国北卡罗来那州 SprucePine
热液型	脉石英岩	石英含量大于 99%，含有少量铁矿物	湖北蕲春，江苏东海
变质型	石英岩	石英含量在 95%-99%，含有少量黏土、长石及铁矿物	安徽凤阳，辽宁本溪
沉积型	石英砂岩	石英含量>95%，含有长石、云母、硅质黏土及金红石、铁矿物等	江苏苏州，云南昆明

资料来源：《高纯石英砂资源及加工技术分析》郭文达，中银证券

图表 8.不同成因类型石英特点和典型应用实例

不同成因类型石英	特点	典型应用实例
岩浆型	花岗岩石英 形成温度 700-1000℃， 石英晶粒纯净， 几乎没有气液包裹体	美国的 Processing & Classifying 公司利用英国北海岸 Foxdele 地区的花岗岩石英制备了 SiO ₂ > 99.99%，过渡金属<5×10 ⁻⁶ ，气液包裹体（H ₂ O、CO ₂ ）含量 89.25-162.8 mg/kg
变质型	高温变质岩型石英 形成温度 750-900℃，气液包裹体含量少 变质石英岩型石英 形成时间越老，经历热事件越多、越强烈，则石英越纯净、气液包裹体越少	美国石英技术公司利用这种石英原料生产出高质量透明石英玻璃 元古代石英岩气液包裹体少，可考虑做石英玻璃原料
水热生长型	伟晶岩早期形成的石英 形成温度 600-700℃，粒度一般 2-6 mm，透明，单品纯净，气液包裹体少 伟晶岩中晚期形成的水晶 形成温度 500-600℃ 热液气成阶段脉石英 形成温度 400-500℃，透明-半透明，气液包裹体含量较少 热水溶液阶段脉石英 形成温度 50-400℃，白色-乳白色含有大量微小气液包裹体	东海石英玻璃管厂原料 早期高纯石英原料 东海石英玻璃管厂常用原料，石英玻璃产品质量不错 气液包裹体过多，生产的石英玻璃因气泡缺陷太多而不能利用

资料来源：《高纯石英砂资源及加工技术分析》郭文达，中银证券

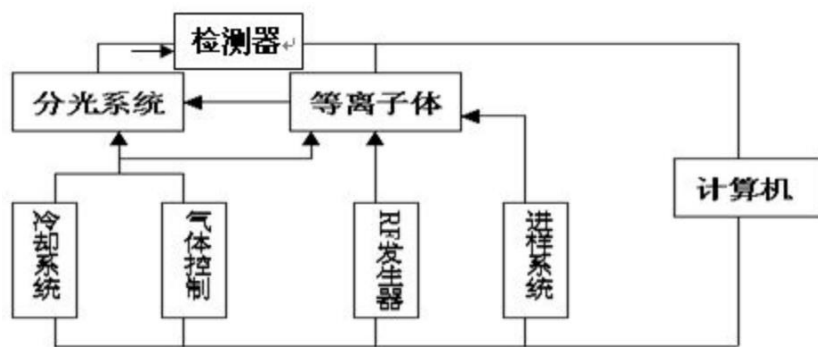
实践证明，依目前的加工技术水平，并不是所有的脉石英和花岗岩石英都能够加工高纯石英，能够加工高端产品的只是极少数，甚至是极个别。

矿源质量差异对国产厂商提出较高的技术要求：天然石英矿石因形成的地质条件不同，直接影响了生产提纯后的高纯石英砂的质量，全球不同产地的天然石英矿的杂质含量、杂质分布、化学元素等指标各不相同。美国尤尼明生产的高纯石英砂利用的石英矿石是全球稀有的白岗岩矿石，经岩浆作用形成的火成岩，具有矿体规模大、石英中流体杂质少、矿石品质稳定等优点。而国产厂商使用的脉石英多形成于岩浆热液条件，虽然石英含量高，但具有石英中流体杂质多、矿体规模小、矿石品质不稳定等缺点。因此，对国内矿石的提纯技术和工艺较国际更为复杂。

检测与提纯技术是制备高纯石英砂的核心技术

检测技术是制备高纯石英砂的基础和前提：高纯石英砂对 SiO₂ 纯度要求极高，纯度依赖于矿源本身的质量特性，因此选矿技术是制备高纯石英砂的前提技术。由于化学分析法和 X 射线荧光光谱法（XRF）自身特点的限制，难以满足高纯石英质量的检测要求。电感耦合等离子体发射光谱法（ICP-OES）利用光照射到某个检测单元后，产生一定量的电荷，并且储存在检测单元内，然后采用电荷转移的方式将其读出的原理，对金属元素具有良好的检出限，并具有检测时间短、灵敏度高、精确度好等优点，使之成为一种高纯物料微量化学成分检测的常用方法。但由于技术保密等因素，高纯石英质量的 ICP 检测分析方法未得到普及。目前，与国际先进水平（美国尤尼明）相比，我国高纯石英质量的 ICP 检测效果存在明显差距。

图表 9. ICP 结构示意图

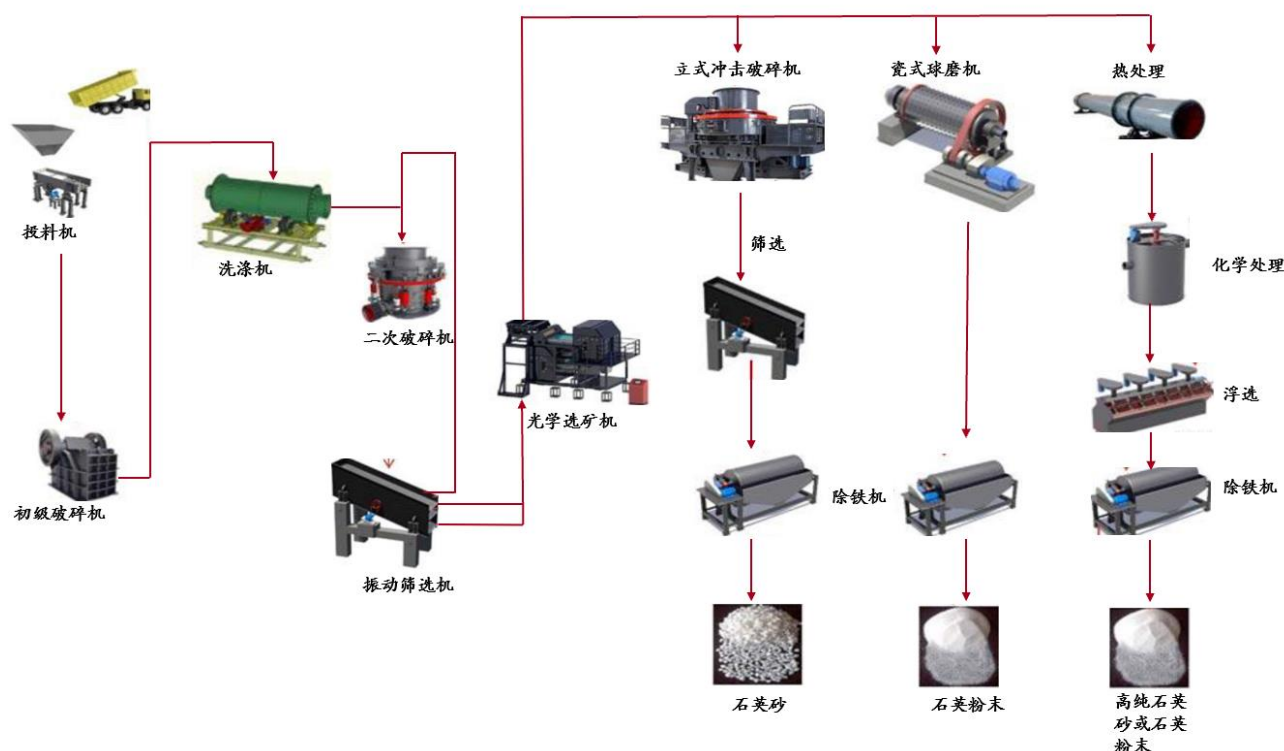


资料来源：中国粉体网，中银证券

石英矿物深度提纯技术是制备高纯石英砂的主流技术：高纯石英的制备方法主要有三大类，分别为天然水晶粉磨加工、石英矿物深度提纯及用含硅化合物化学合成。由于天然水晶资源逐渐枯竭，而化学合成法技术较复杂、成本较高，难以大规模工业应用，因此，石英矿物深度提纯技术是制备高纯石英砂的主流技术。

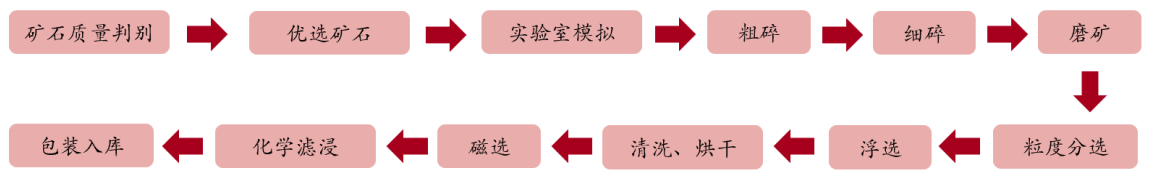
高纯石英矿物深度提纯技术包括分离杂质和去除包裹体两个核心环节：高纯石英砂提纯工艺包括分离杂质和去除包裹体两个环节，其原理为粉碎分级使石英矿物与脉石矿物单体解离并得到相应粒级的石英颗粒，之后再根据石英中杂质元素赋存状态选择有针对性的加工技术使独立矿物杂质、包裹体杂质和晶格杂质与石英有效分离。主要工艺环节包括：粉碎（粗碎、细碎和磨矿）、分选（粒度分选、浮选、磁选）和化学浸滤。

图表 10. 高纯石英砂提纯工艺流程示意图



资料来源：《High purity quartz supply & demand》Murray Lines，中银证券

图表 11. 高纯石英矿物深度提纯工艺步骤



资料来源：中国粉体网，中银证券

1) **粉碎—分级预处理**：预处理阶段目的是初步筛选杂质或将石英原料破碎到有利于杂质释放与后续处理的所需的粒度，一般采用机械破碎、电动粉碎、光学分选、超声破碎、热冲击破碎等处理方式。

石英粉碎处理需要考虑到有效单体的解离效果和粉碎过程中二次污染两个方面因素：石英解离过程中为了避免铁杂质的二次污染影响和提高解离效果，可采取热力粉碎、高压脉冲粉碎、超声破碎手段。但这些方法缺点是能耗大、成本高，而传统机械法相较于上述方法具有低成本和较高的二次污染特点。传统机械法是使用颚式破碎机或锥形破碎机将矿物粉碎到所需的粒度，颗粒形态为不规则棱角状。相对于传统机械法，脉冲放电破碎岩石具有更明显的优势，主要分为液电效应破碎和电破碎两种形式，高压放电产生的冲击波，使岩石沿晶界断裂并有选择性地指向矿物包裹体，有利于杂质的释放和后续的处理，还可最大程度地保留矿物的粒度和形貌特征；脉冲放电破碎通常在水介质中进行，具有无尘环保的特点。与传统破碎相比，电动破碎在处理杂质方面更有效，而且不会引入大量的铁污染。

图表 12. 常规粉碎和电动力学破碎的 0.1-0.3mm 石英样品化学分析结果

元素	Al	Fe	Na	K	Li	Ti	Zr
石英原料	41	4.9	12	15	0.5	1.3	<0.1
传统粉碎	23	464	10	3.5	0.6	1.9	<0.1
电动破碎	28	1.3	13	4.7	0.6	0.5	<0.1

资料来源：《石英矿物资源的提纯及在战略性新兴产业中的应用技术分析》欧阳静，中银证券

2) **共伴生独立矿物分选**：分选石英中矿物杂质最常用方法是磁选和浮选。多段强磁选不仅可以从石英中分选出已单体解离的强磁性和弱磁性矿物杂质，而且对石英中磁性矿物包裹体和连生体也有一定分选效果。云母、长石等硅酸盐矿物是石英中铝杂质的主要来源之一，由于其与石英物理、化学性质类似，常采用浮选法进行分离。为了有效降低石英中铝杂质含量，需要进行多次精选。通过预处理和物理分选后，石英中绝大部分独立矿物杂质已被分离，SiO₂ 含量一般可以达到 99.9% 左右，但并未达到高纯石英的技术要求，主要因为预处理和物理分选只对石英和独立矿物杂质分离具有显著效果，对降低石英中包裹体杂质和晶格杂质几乎没有作用。

图表 13. 石英中共伴生独立矿物分选技术

分选方法	原理	选别出的主要杂质	特点
色选	矿物光学特性	深色杂质矿物、乳白色石英等	粗粒级效果显著
擦洗	矿物颗粒间相互磨擦	石英颗粒表面黏附的细泥和氧化物薄膜等	机械擦洗、加药擦洗、超声波擦洗
重选	矿物密度	云母、锆石、金红石等	精矿损失较大
磁选	矿物磁性	赤铁矿、磁铁矿、电气石、云母等磁性矿物	多段强磁选
浮选	矿物表面性质	云母、长石、磷灰石等	反浮选、多次精选

资料来源：《石英矿物资源的提纯及在战略性新兴产业中的应用技术分析》欧阳静，中银证券

3) 包裹体杂质与石英分离：与物理选矿相比，化学处理去除杂质的效率更高，酸可在微裂缝和晶界内深度渗透的优势可更好地处理包裹体和晶格类型的杂质。酸洗、浸出和热氯化是三种主要的化学处理工艺。酸洗和浸出对包裹体杂质处理效果较好，而热氯化可以清除较难处理的晶格杂质。酸洗是使用盐酸或硫酸等溶解力较低的酸，而浸出则使用高温的氢氟酸，以最有效地去除表面游离杂质和富集在微裂纹和沿位错的杂质。

①矿物包裹体混合酸溶解：矿物包裹体混合酸溶解利用石英只能溶解在氢氟酸中，而其他矿物包裹体杂质能被酸溶解的特点，实现石英与杂质的分离，常用的酸有硫酸、盐酸、硝酸、氢氟酸等。天然石英矿物中杂质种类多且存在形式复杂，使用混合酸溶解石英中矿物包裹体杂质对石英砂提纯效果最佳。混合酸溶解矿物杂质被认为是高纯石英加工过程中最重要环节之一，在矿物杂质被溶解的同时也可能脱除石英中的晶格杂质。但混合酸溶解矿物杂质反应程度低、过程缓慢，不仅消耗了大量时间和酸溶液，同时也造成了严重的环境问题。

②流体包裹体高温爆裂：石英在高温焙烧过程中，随着温度升高当流体包裹体内部压力大于石英对包裹体束缚压力时，流体包裹体发生突然爆裂内部杂质得以释放，再经后续酸清洗可以溶解流体包裹体内部杂质。

③氯化脱气：氯化脱气是将石英加热到 1000-1500℃ 并通入 Cl_2 、 HCl 或混合气体的高温处理方法，不仅可以使金属杂质元素在高温下生成气态氯化盐挥发出来，更对石英中的流体包裹体有一定的脱除效果。其原理为：高浓氯气作用下，石英颗粒表面与内部会存在促使流体包裹体向外扩散的化学位梯度，进而脱除了石英中的气泡包裹体和羟基。

图表 14. 0.1-0.3mm 石英样品经化学处理后化学成分分析（单位：ppm）

成分	Al	Fe	Na	K	Li	Ti	Zr
磁选石英	21	0.2	3.1	1	2.2	1.2	<0.1
酸洗	21	<0.1	2.8	0.9	2.2	1.2	<0.1
浸出	20	<0.1	0.7	0.3	2.2	1.2	<0.1
热氯化	21	<0.1	0.2	<0.1	1.6	1.1	<0.1

资料来源：《石英矿物资源的提纯及在战略性新兴产业中的应用技术分析》欧阳静，中银证券

4) 晶格杂质脱除：氯化脱气除了有助于脱除流体包裹体外，也有助于脱除晶格杂质。其原理为：1500℃ 高温时，石英向方石英相转化，会发生键的断裂和重组，石英晶格发生膨胀，有利于金属杂质元素向石英表面迁移扩散。相比于真空气氛焙烧，氯气气氛焙烧时石英向方石英转化率更大，石英晶格杂质元素迁移扩散效率可能更高。石英中的杂质组分与氯化剂作用转变为氯化物而挥发出来，石英在高温氯化焙烧过程中存在晶型转变，使得石英晶格中的金属离子可能会迁移扩散到石英表面，与 HCl 、 NH_4Cl 和 Cl_2 等发生化学反应变成易挥发组分而实现与石英的分离，同时也阻止了杂质元素在冷却过程再迁移扩散至石英晶格中。

图表 15. 经过提纯后石英砂纯度对比

过程	Al[mg/kg]	Fe[mg/kg]	Na[mg/kg]	K[mg/kg]	Li[mg/kg]	Ti[mg/kg]	Zr[mg/kg]	Ca[mg/kg]	Mg[mg/kg]
初始化	41.3	12.9	12	15	0.5	1.3	<0.10	3.2	1.3
预处理	23.5	10.3	8.8	8.2	1.2	0.9	0.1	2.9	1.1
磁选	21.3	4.9	6.4	7.6	0.4	0.5	<0.10	2.5	0.2
浮选	12.3	3.8	6.9	3.3	0.4	0.4	<0.10	1.4	0.2
浸出	10.4	0.18	1.21	0.45	0.25	0.38	<0.10	0.65	0.12
IOTA 标准	14.7	0.22	0.87	0.62	0.87	1.32	1.3	0.53	<0.05
热氯化处理	9.20	0.07	0.06	0.12	0.20	0.36	<0.01	0.62	0.11
IOTA 6	8.00	0.15	0.08	0.07	0.15	1.40	<0.01	0.6	<0.05

资料来源：《High purity quartz supply & demand》Murray Lines，中银证券

化学合成高纯石英：高纯石英砂潜在量产新技术

合成石英砂崭露头角：随着全球范围内天然水晶和高品质石英矿脉的逐渐枯竭，化学合成生产高纯石英得到重视。此外，合成石英材料因为其纯度更高、光学性能更良等特性，除了在高纯光学领域得到广泛应用以外，也符合半导体制程对石英制品高纯、无污染、耐高温的要求，尤其是随着半导体芯片线宽越来越窄，普通的天然石英材料已经无法满足高端生产工艺的要求，合成石英成为 10nm 制程以下的半导体芯片刻蚀环节中的重要部件。光掩模版需求旺盛，也带动合成石英材料的需求。目前全球高纯合成石英材料主要生产企业包括美国康宁公司、德国贺利氏、日本东曹株式会社、日本信越石英株式会社以及国内的菲利华。

图表 16. 菲利华合成石英业务表述

公司	合成石英相关表述
菲利华	合成石英玻璃材料用作高端光学领域的透镜、棱镜、TFT-LCD 高清显示器和 IC 用光掩膜基板材料。公司是国内少数几家从事合成石英玻璃研发与制造的企业，在大规格合成石英玻璃材料制造技术及生产规模上，处于国内领先地位，公司的高端光学合成石英玻璃材料已在国家多个重点项目中使用。公司在国内独家研发生产 G8.5 代光掩膜基板，打破了长期以来国外垄断。2021 年，合肥光微光电科技有限公司主体厂房建设完成，拟从事光掩膜基板精加工业务，为 TFT-LCD 和 IC 用光掩膜版的国产化提供支撑。

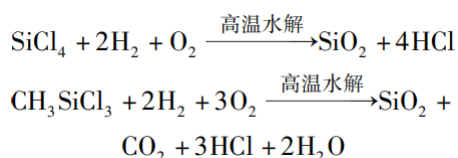
资料来源：菲利华 2021 年报，中银证券

目前，制备高纯合成石英的技术路线主要有四种，即气相合成法、化学沉淀法、溶胶-凝胶法、四氯化硅液相水解法：

1) 气相合成法：即火焰水解法，与气相白炭黑工艺类似，其原理是采用硅或有机硅的氯化物（如 SiCl_4 或 CH_3SiCl_3 等）作为原料，将其气化后与氢气、氧气混合，在高温下发生水解形成雾状的 SiO_2 ，最后通过冷却、分离、脱酸等气固分离得到产品。该法得到的产品为气相 SiO_2 ，粒径小于 100nm，外观蓬松多孔，比表面积大，化学纯度高，分散性较好。

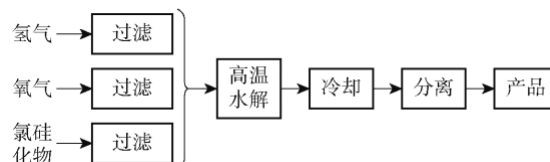
工艺特点：生产流程简单，合成条件易控制，反应速度快，适合大规模生产；由于过程中需要高温环境，反应生成的 HCl 会严重腐蚀设备，因此对生产设备的材质、加热形式等要求比较严格。由于气相法耗能大，加工成本较高，还需在反应条件与设备选型等方面进一步探讨和研究。

图表 17. 气相合成法反应原理方程式



资料来源：《高纯合成石英的制备技术和应用》李爱民，中银证券

图表 18. 气相合成法制备 SiO_2 流程图

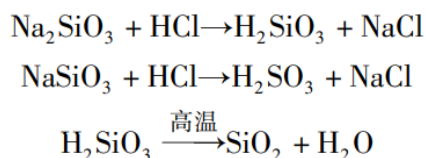


资料来源：《高纯合成石英的制备技术和应用》李爱民，中银证券

2) 化学沉淀法：化学沉淀法是合成石英粉体较为广泛的方法之一，目前技术已经成熟，已用于工业化生产。沉淀法生产 SiO_2 的原理：采用硅酸钠与二氧化碳或酸溶液（加盐酸、硫酸或硝酸）作为原料，在一定的合成温度和表面活性剂的作用下混合反应，得到偏硅酸沉淀，再经过滤、洗涤、干燥、煅烧工序制备出 SiO_2 。

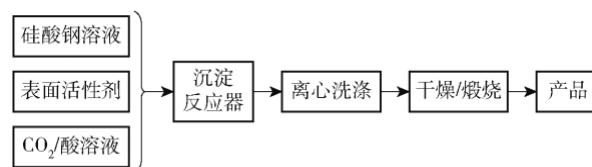
工艺特点：该生产工艺具有操作方便，生产流程简单，原料易得，能耗和投资低等优点；但是 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、 Ca^{2+} 等杂质的存在会导致凝块的形成，严重影响产品的质量，导致产品性能差、纯度低、粒径大、易发生团聚；也存在反应体系的浓度较低、沉淀速度快、沉淀过程不易控制的缺点；另外，废酸、废水的处理给环境带来一定的破坏。

图表 19. 化学沉淀法反应原理方程式



资料来源：《高纯合成石英的制备技术和应用》李爱民，中银证券

图表 20. 化学沉淀法制备 SiO₂ 流程图

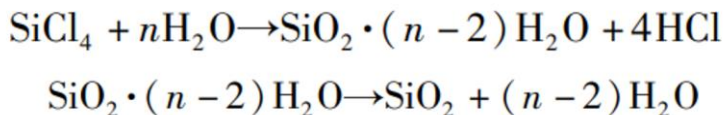


资料来源：《高纯合成石英的制备技术和应用》李爱民，中银证券

3) 溶胶-凝胶法：溶胶-凝胶法是以无机盐或者金属醇盐（一般为硅酸乙酯）为原料，以醇作为共溶剂，加入酸或碱溶液作为催化剂，进行水解，缩聚反应形成 SiO₂ 凝胶，过滤并对凝胶中的有机溶剂进行洗涤，干燥、煅烧得到 SiO₂ 粉体。采用该方法制备 SiO₂，生产流程简单，合成条件易控制，对设备材料的要求不严格，且过程中无其他添加剂，所以制备出的 SiO₂ 纯度较高、均匀度好、比表面积大，但是成本较高，生产周期长，工业化价值不大；另外，因为实验过程中可变因素较多，不能达到准确控制（如水解体系、干燥方式及烧结途径等），目前只停留在实验室小试阶段。

4) 四氯化硅液相水解法：其原理是 SiCl₄ 与纯水接触发生水解或缩聚反应，之后将反应产物经洗涤、过滤、干燥、煅烧、筛选等流程，制备 SiO₂ 粉体。采用 SiCl₄ 液相水解法制备高纯石英粉，由于原料中不含碳，故制备得到 SiO₂ 粉体纯度较高、羟基含量较低。但是，在规模化生产过程中，四氯化硅与水发生的水解和缩聚反应剧烈，中间过程难以管控，粉体易团聚，形成的石英粉致密度较低。因此，为了满足产业化生产，该法仍需更深入地探究其工艺控制（如水解控制、干燥及烧结过程等），有效减少颗粒团聚现象的发生。

图表 21. 四氯化硅液相水解法反应原理方程式

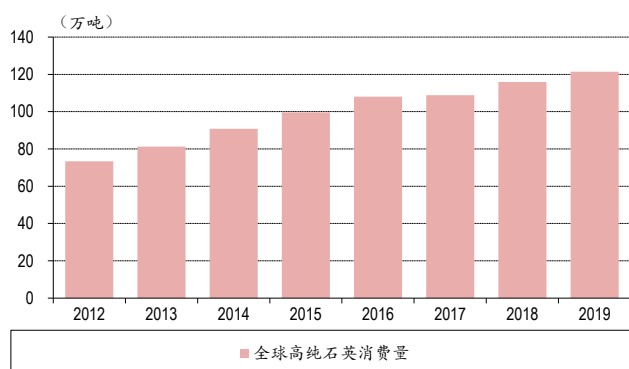


资料来源：《高纯合成石英的制备技术和应用》李爱民，中银证券

高端制造支撑，高纯石英砂需求无忧

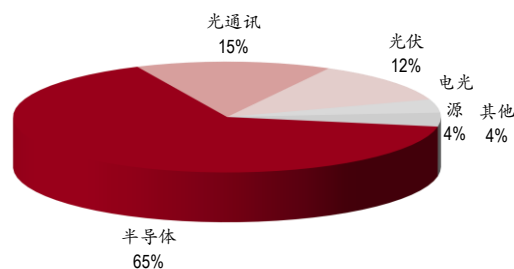
高纯石英砂主要应用于半导体、光伏、光通讯和电光源领域：根据智研咨询数据，2012-2019 年，全球高纯石英砂消费量由 73.35 万吨增长到 121.44 万吨，年化复合增速为 7.47%。其中，半导体、光伏、光通讯、电光源等领域对高纯石英砂的需求较大。2019 年全球消费高纯石英 121.44 万吨，其中用于半导体领域消费 79.30 万吨，占比 65.30%；光通讯领域消费 17.97 万吨，占比 14.80%；光伏领域消费 14.52 万吨，占比 11.93%；电光源领域消费 4.74 万吨，占比 3.90%；其他领域消费 4.91 万吨，占比 4.04%。半导体、光伏、光通讯、电光源等战略性新兴产业领域约占消费量的 96%。

图表 22. 2012-2019 年全球高纯石英砂消费量



资料来源：智研咨询，中银证券

图表 23. 2019 年全球高纯石英砂消费结构



资料来源：智研咨询，中银证券

全球脱碳支撑光伏终端需求较快增长，石英坩埚用高纯砂需求空间广阔

全球光伏新增装机有望快速增长

我国规划 2030 年实现碳达峰、2060 年实现碳中和：2020 年 9 月 22 日，习近平总书记在第 75 届联合国大会上指出我国将于 2030 年实现碳达峰，即二氧化碳排放量在 2030 年达到峰值，之后逐步回落；努力争取 2060 年之前实现碳中和，即 2060 年我国直接或间接产生的二氧化碳或温室气体排放总量通过各种形式被抵消实现相对“零排放”。在 2020 年 12 月 12 日，总书记在气候雄心峰会上进一步指出，2030 年我国国内生产总值二氧化碳排放将比 2005 年下降 65% 以上，非化石能源占一次能源消费比重将达到 25% 左右，森林蓄积量将比 2005 年增加 60 亿立方米，风电、太阳能发电总装机容量将达到 12 亿 kW 以上。

非化石能源消费占比目标奠定基础，“十四五”国内光伏装机无忧：2014 年国务院办公厅发布《能源发展战略行动计划（2014-2020 年）》，提出到 2020 年我国非化石能源占一次能源消费比重达到 15%。根据国家统计局数据，我国 2019 年能源消费总量为 48.6 亿吨标准煤，其中非化石能源消费比重达到 15.3%，已提前 1 年完成预定目标。考虑到我国 2030 年非化石能源占一次能源消费的目标为 25%，预计我国 2025 年非化石能源占一次能源消费的比例有望超过 20%，据此可推算“十四五”期间我国光伏+风电年均装机量预计应达到 130-160GW，其中光伏年均装机有望达到 85-100GW。

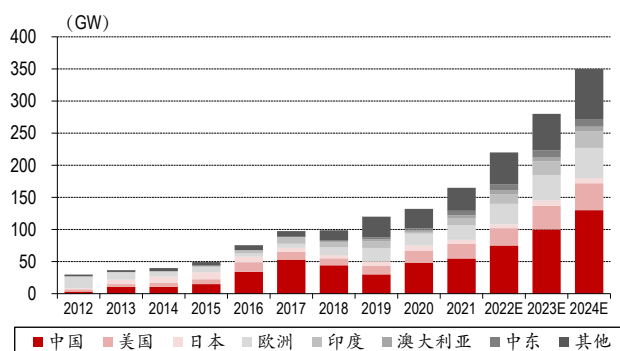
图表 24. 2021-2025 年国内新能源发电装机空间测算

2025 年非化石能源消费占比	18.0%	19.0%	20.0%	21.0%	22.0%	23.0%	24.0%
光伏利用小时数 (h)	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
风电利用小时数 (h)	2,050	2,050	2,050	2,050	2,050	2,050	2,050
“十四五”光伏装机空间 (GW)	281	354	427	499	572	645	718
“十四五”风电装机空间 (GW)	122	177	232	286	341	396	451
“十四五”年均光伏装机 (GW)	56	71	85	100	114	129	144
“十四五”年均风电装机 (GW)	24	35	46	57	68	79	90
“十四五”光伏风电年均装机 (GW)	81	106	132	157	183	208	234

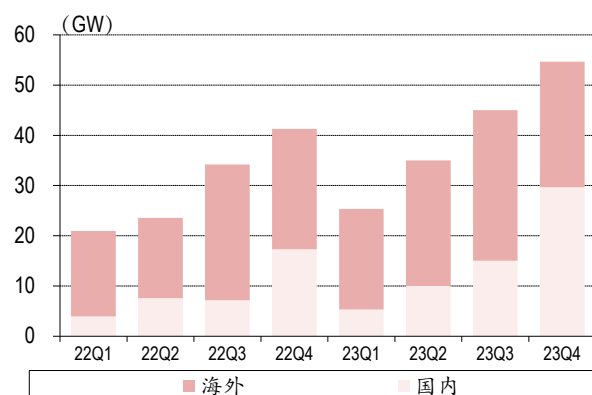
资料来源：国家能源局，中电联，中银证券

全球“脱碳”支撑中长期需求：当前，尽快实现碳中和已成为全球共识，在拜登就任以后，美国已重新加入巴黎协定，计划投入 2 万亿美元在交通、建筑和清洁能源等领域，在政治上把气候变化问题纳入美国外交政策和国家安全战略，继续推动美国“3550”碳中和进程，即 2035 年电力部门实现碳中和，2050 年实现 100% 清洁能源，实现净零排放；近期美国《重建更好法案》通过众议院表决，光伏 ITC 政策延长至 2026 年并首次适用于储能资产，PTC 恢复且风电保持全额抵扣至 2026 年，有望刺激美国新能源发电装机进入高速增长通道。根据美国能源署能源数据管理局（EIA）最新发布的预期，美国将在 2022-2023 年部署 38.3W 新增太阳能发电装机。欧盟委员会提出到 2050 年欧洲在全球范围内率先实现碳中和，同时为 2030 年设定了减排中期目标，其温室气体排放量至少要比 1990 年的排放水平减少 55%。2022 年 5 月，欧盟委员会提出 REPowerEU 方案，计划到 2025 年，光伏累计装机量达到 320GW，到 2030 年光伏累计装机量达到 600GW。根据欧盟委员会最新的能源战略，SolarPowerEurope 认为乐观预期，2030 年欧盟有望实现 1TW（1000GW）的太阳能发电总装机。日本首相菅义伟则于 2020 年 10 月宣布日本将于 2050 年前实现碳中和。随着全球主要经济体进入“脱碳”周期，预计全球新能源发电新增装机量有望维持稳定增长。

光伏需求有望稳定较快增长：我们预计 2022-2024 年全球光伏装机需求分别约 220GW、280GW、350GW，同比增速分别约 33%、27%、25%，其中国内需求分别为 75GW、100GW、130GW，同比增速分别为 36%、33%、30%。考虑组件产能配比，我们预计 2022-2024 年全球组件需求分别约 254GW、331GW、418GW，同比增速分别约 41%、31%、26%。

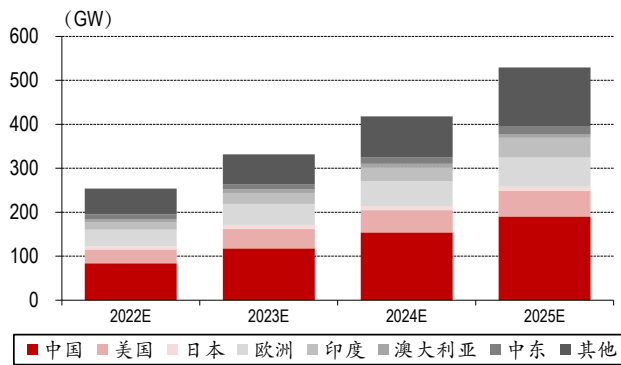
图表 25. 全球光伏新增装机与预测


资料来源：国家能源局，光伏們，PVInfoLink，中银证券

图表 26. 全球光伏季度装机拆分


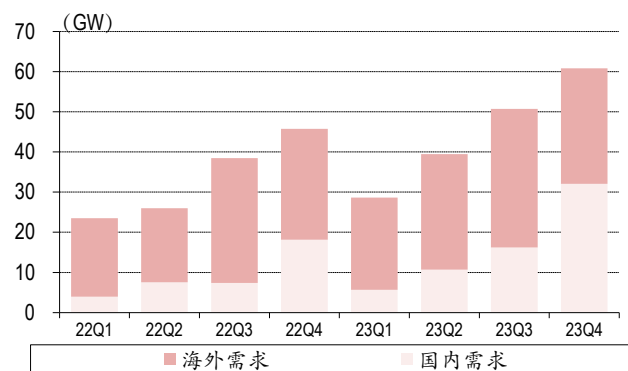
资料来源：国家能源局，光伏們，PVInfoLink，中银证券

图表 27. 全球光伏组件需求预测



资料来源：国家能源局，光伏們，PVInfoLink，中银证券

图表 28. 全球光伏组件季度需求拆分



资料来源：国家能源局，光伏們，PVInfoLink，中银证券

高纯石英砂是石英坩埚核心原材料，其纯度显著影响拉晶效果

高纯石英砂在光伏领域的应用为制造石英坩埚：石英坩埚是光伏领域高纯石英砂的主要制品，主要应用于支持高温条件下连续拉晶，是用来装放多晶硅原料的消耗型石英器件。石英坩埚具有洁净、同质、耐高温等性能。从物理热学性能上看，石英坩埚的形变点约为 1100℃，软化点约为 1730℃，其最高连续使用温度约为 1100℃，短时间内可达到 1450℃，其高纯和高耐温持久性为单晶拉制以及单晶品质提供保障，是单晶拉制系统的关键辅料之一。

图表 29. 石英坩埚在单晶产业链中的位置



资料来源：欧晶科技招股书，中银证券

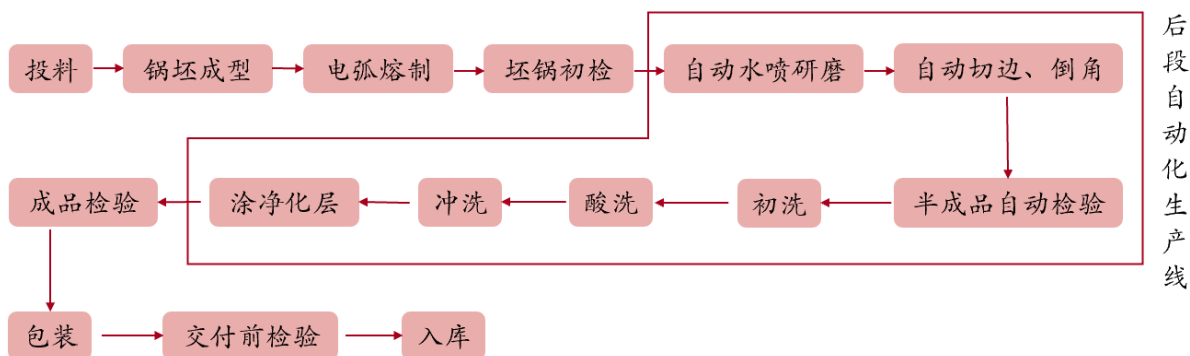
电弧法是制备石英坩埚的主流制备技术：目前，拉单晶的石英坩埚一般是采用电弧法生产，其原理为：将高纯石英粉装入可任意倾动角度的旋转成型模内，利用离心力成型，将已成坩埚形的旋转着的装置移动至电极棒处，然后将电极通电启弧，同时启动真空系统，使其快速熔化成坩埚形状的熔融石英，经冷却后取出，即完成一个石英坩埚的熔制。

图表 30. 电弧法工艺流程



资料来源：《石英坩埚相关知识介绍》，中银证券

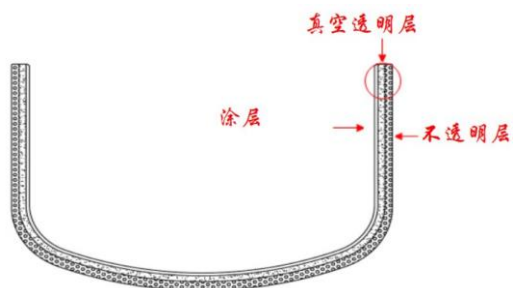
图表 31. 石英坩埚生产流程



资料来源：欧晶科技招股说明书，中银证券

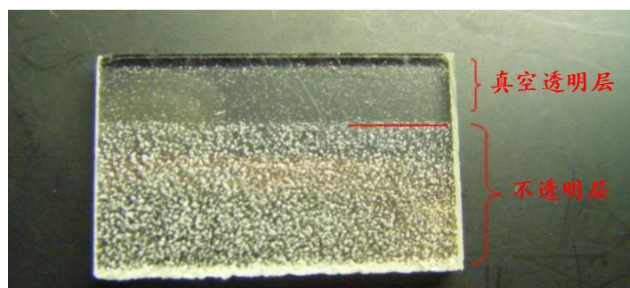
石英坩埚呈现内外双层结构：早期的石英坩埚是全透明的结构，这种透明的结构容易导致不均匀的热传输条件，增加晶棒生长的难度，且均匀的结构对高品质的高纯石英砂需求较大，成本较高，因此这种石英坩埚的制备方法基本被淘汰。电弧法制备的石英坩埚为半透明状，有内外两层结构，外层是高气泡密度的区域，称为气泡复合层。气泡复合层受热较均匀，保温效果较好；内层是一层3-5mm的透明层，称为气泡空乏层。气泡空乏层的存在使坩埚与溶液接触区的气泡密度降低，从而改善单晶生长的成功率及晶棒品质。

图表 32. 石英坩埚的结构



资料来源：《石英坩埚相关知识介绍》，中银证券

图表 33. 石英坩埚的真空透明层与不透明层



资料来源：《石英坩埚相关知识介绍》，中银证券

石英砂纯度显著影响拉晶质量：拉晶的过程中，石英坩埚内部的羟基、杂质元素和气泡的含量将会影响硅棒的质量和石英坩埚的使用寿命，其中工艺路线能够改善羟基的含量，但杂质与气泡的含量更多依赖于石英砂本身的纯度。

1) 羟基 (-OH) 含量：坩埚中的羟基 (-OH) 是影响坩埚强度的核心因素，由于羟基的存在，改变了 SiO_2 的键合结构，致使坩埚的耐温性能大幅降低，例如坩埚中的羟基含量超过 150ppm，1050 摄氏度就会开始软化变形，无法正常使用。坩埚中的羟基含量主要与坩埚制备所选取的工艺路线直接相关，也与环境湿度以及原料选取等有关。

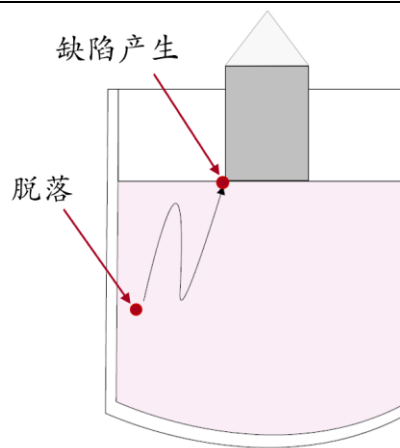
2) 杂质含量：石英砂的流体包裹体和晶格杂质中的碱性离子的存在是导致石英坩埚析晶的主要因素，尤其是碱金属离子的存在，将会降低析晶温度 200-300℃，导致析晶加速。石英坩埚内壁发生析晶时有可能破坏坩埚内壁原有的涂层，将导致涂层下面的气泡层和熔硅发生反应，造成部分颗粒状氧化硅进入熔硅内，使得正在生长中的晶体结构发生变异而无法正常长晶。此外，析晶将减薄石英坩埚原有的厚度，降低了坩埚的强度，容易引起石英坩埚的变形。因此石英砂纯度对拉晶质量有较大幅度的影响。

图表 34. 石英坩埚析晶现象（白色物质为析出的晶体）



资料来源：《石英坩埚相关知识介绍》，中银证券

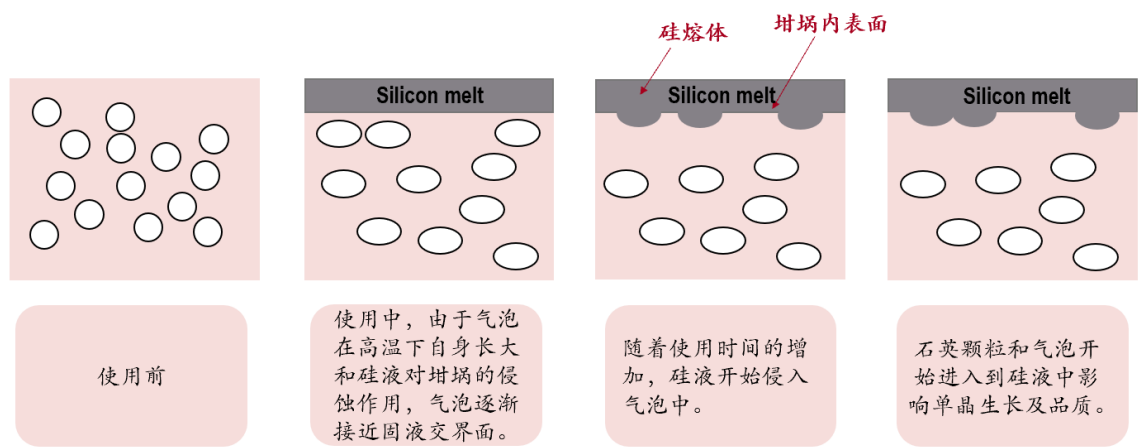
图表 35. 石英坩埚析晶影响



资料来源：《石英坩埚相关知识介绍》，中银证券

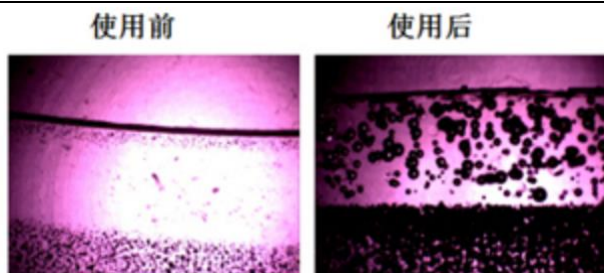
3) 气泡（气体包裹体）含量：气泡（气液包裹体）主要由结晶水和气组成，气的成分主要有 CO_2 、 H_2O 、 H_2O_2 、 N_2 、 CH_4 、 CO 。在坩埚使用过程中，由于与硅液接触的内表面不断向硅液中熔解，并且伴随着透明层中的微气泡不断的长大，靠近最内表面的气泡破裂，伴随着硅液释放石英微颗粒以及微气泡。而这些杂质会以微颗粒以及微气泡的形式伴随着硅液流遍整个硅熔体，直接影响到硅的成晶（整棒率、成晶率、加热时间、直接加工成本等）以及单晶硅的质量（穿孔片、黑芯片等）。目前，通过使用低气泡密度的高纯度石英砂作为石英坩埚的内层，可有效减少内表面气泡破裂现象，为长时间拉晶（如多次复投料）提供保障。

图表 36. 坩埚内气泡对硅熔体影响机理



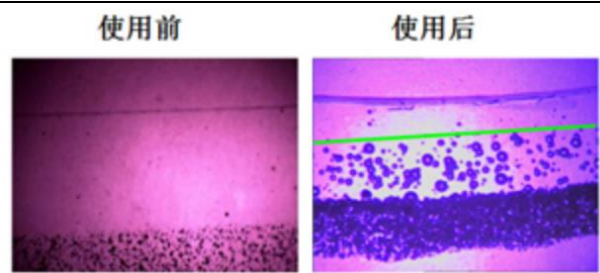
资料来源：欧晶科技官网，中银证券

图表 37. 普通坩埚使用前后对比



资料来源：欧晶科技官网，中银证券

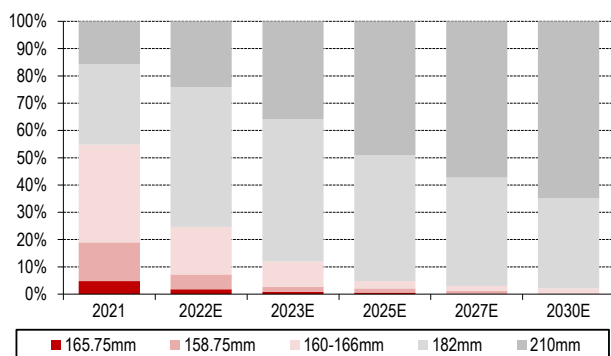
图表 38. 高品质坩埚使用前后对比



资料来源：欧晶科技官网，中银证券

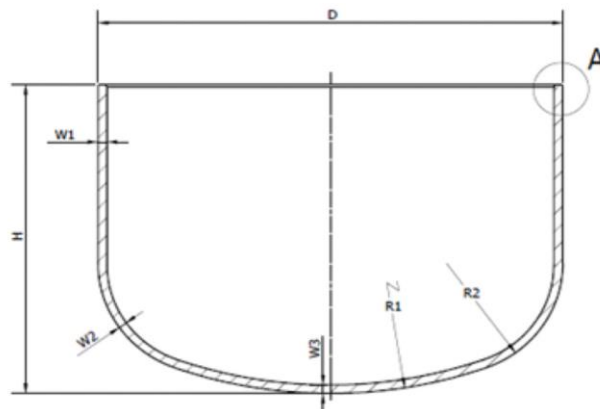
石英坩埚向大尺寸化发展：石英坩埚尺寸大小（或容积大小）取决于晶体生长的直径和长度，同时还要考虑拉晶工艺中对坩、晶直径比的要求，一般坩-晶直径比以 3:1 为佳。主要原因是石英坩埚与熔液直接接触，熔硅与石英坩埚的 SiO_2 反应生成 SiO 后，它同时向熔体内部扩散和向熔体表面挥发，有一部分到达固-液界面附近，混入到正在生长的晶体中，从而使单晶体中的氧含量增高。采取较大的坩-晶直径比，将有利于氧的大量挥发，提升晶棒的质量。此外，大尺寸的石英坩埚装料量较大，有助于摊薄拉晶厂商的生产成本。目前，硅片逐渐向大尺寸化发展，M10（182）硅片成为主流，M10 硅片需要拉制出 10 英寸的硅棒，对应于石英坩埚的尺寸为 30 英寸及以上，G12（210）硅片则需要 12 英寸硅棒，对应需要的石英坩埚尺寸达到 36 英寸。

图表 39. 2021-2030 年不同尺寸硅片市场占比变化趋势



资料来源：CPIA，中银证券

图表 40. 石英坩埚尺寸标准



资料来源：欧晶科技官网，中银证券

图表 41.欧晶科技常规石英坩埚尺寸 (单位: mm)

规格(Spec)	直径 D	高度 H	直壁厚度 W1	曲壁厚度 W2	底厚 W3	曲壁直径 R1	曲壁直径 R2
14inch	355±2	240±2	9.0±2	9.0±2	9.0±2	400	90
16inch	405±2	305±2	9.0±2	9.0±2	9.0±2	450	90
18inch	457±2	305±2	9.5±2	9.5±2	9.5±2	500	120
20inch	505±2	400±2	11.0±2	12.0±2	11.0±2	508	90
22inch	555±2	385±3	11.0±2	12.0±2	11.0±2	558	130
24inch	607±3	435±3	12.0±2	13.0±2	12.0±2	610	120
26inch	655±3	455±3	12.0±2.5	12.0±2.5	12.0±2.5	660	120
28inch	710±3	496±3	12.0±2.5	12.0±2.5	12.0±2.5	710	120
32inch	810±3	500±4	14.0±3	14.0±3	14.0±3	812	160

资料来源: 欧晶科技官网, 中银证券

连续多次投料等拉晶发展方向对石英砂纯度提出更高要求: 拉棒单炉投料量是指一只坩埚用于多次拉棒生产的总投料量, 其中坩埚使用时间为关键因素之一。根据 CPIA 数据, 2021 年, 拉棒单炉投料量约为 2800kg, 较 2020 年的 1900kg 有大幅提升, 主要得益于热场尺寸增加以及所拉棒数增加。在连续投料和 RCZ 复投技术的应用下, 拉晶对石英坩埚的寿命、强度和尺寸提出了更高的要求, 对应到坩埚的具体性能来看, 石英砂的低气泡含量成为至关重要的指标。此外, 拉晶厂对不断提升成晶率和硅棒品质需求也对石英坩埚核心性能——内表层气泡含量提出更高要求。

图表 42.光伏直拉单晶对于坩埚品质的要求

单品发展方向	坩埚综合性能	坩埚具体性能要求
大幅增加投料量, 拉制多根单晶棒; RCZ 复投料/CCZ 连续性补料	长寿命	坩埚核心性能——内表层低气泡含量
	高强度	坩埚次内表层气泡抗生长能力
	大尺寸	坩埚在拉晶温度下的高粘度
整棒率、成品率提升	内表层结构稳定性	各方面性能 (尤其是内表层气泡性能) 满足拉晶需求
高品棒品质 (低少子寿命、低氧)	高纯度	坩埚核心性能——内表层低气泡含量
低非硅成本	低造价	内表层低杂质含量
品质稳定	品质一致性	低成本石英砂和低加工成本
		各方面性能保持长期的稳定性, 无对单晶构成影响的波动

资料来源: 中国粉体网, 中银证券

硅片快速扩产&N 型硅片渗透加速, 支撑坩埚用高纯石英砂需求快速增长

硅片环节积极扩产, 石英坩埚需求有望爆发: 单晶硅片环节积极扩产, 其中, 隆基股份预计在 2022 年以后在曲靖、丽江和楚雄共扩建 30GW 硅片产能, 中环股份在宁夏扩建 50GW 单晶硅棒产能, 上机数控、京运通、亿晶光电、通威股份、双良节能、高景太阳能等企业亦有较大的扩产计划。下游龙头企业积极扩产, 大幅新增单晶炉装机量, 石英坩埚的需求有望爆发。

图表 43.2022 年以后硅片产商投产计划

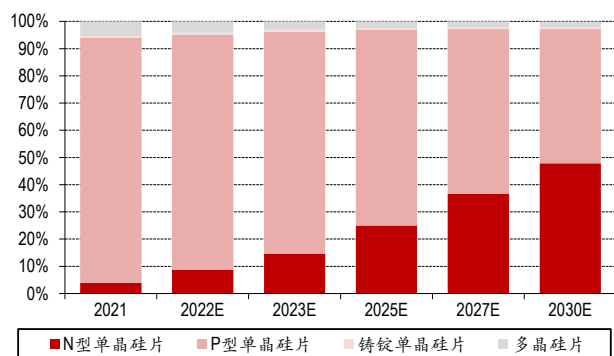
公司	扩产项目	单晶硅棒 (GW)	预计投产时间
隆基股份	丽江 (三期) 年产 10GW 单晶硅棒建设项目。	10	2022 年以后
	曲靖 (二期) 年产 20GW 单晶硅棒和硅片建设项目	20	2022 年以后
阿特斯	西宁 10GW 单晶硅棒项目	10	2023
中环股份	50GW (G12) 太阳能级单晶硅材料智能工厂 (宁夏中环六期项目)	50	2021-2023
晶科能源	30GW 单晶拉棒光伏产业项目 (一期计划建设年产 20GW 单晶拉棒生产线)	30	2023-2024
上机数控	包头年产 10GW 单晶硅拉晶及配套生产项目	10	2022
	乌海 10GW 高效单晶硅棒项目	10	2022
京运通	乐山 24GW 单晶拉棒、切方项目 (二期)	12	2022 以后
亿晶光电	内蒙古年产 3GW 单晶硅棒硅片项目	3	2021-2022
通威股份	15GW 单晶拉棒切方项目	15	2021-2022
双良节能	包头单晶硅项目 (一期)	20	2023
	包头单晶硅项目 (二期)	20	2023 以后
高景太阳能	青海、珠海 50GW 单晶硅棒和硅片项目 (二期)	15	2022
	青海、珠海 50GW 单晶硅棒和硅片项目 (三期)	20	2023
内蒙豪安	10GW 单晶硅棒项目	10	2022
晶品新能源	12GW 高效单晶硅棒和切片项目 (一期)	6	/
	12GW 高效单晶硅棒和切片项目 (二期)	6	/
宇泽半导体	20GW 单晶拉棒切片项目	20	/
	30GW 单晶拉棒和 30GW 切片项目	30	/
宝丰集团	2.5GW 拉晶和 2.5GW 切片项目	2.5	2023
清电能源	60GW 单晶硅拉棒切片 (一期)	10	2023
	合计	329.5	

资料来源：各公司公告，PV-Tech，中银证券

石英坩埚耗材属性，替换需求空间广阔：在单晶硅片生产流程中，石英坩埚是光伏单晶炉的关键部件，是拉制大直径单晶硅的消耗性器皿，主要用于盛装熔融硅并制成后续工序所需晶棒。基于单晶硅片纯度的要求，石英坩埚无法一直使用，加热拉晶完成后即报废，需要购置新的石英坩埚用于下次拉晶，因而在单晶硅产业链中具备较强的消耗品属性特征。随着单晶硅片产能的不断增加，单晶石英坩埚的替换、更新需求量将不断释放，需求空间广阔。

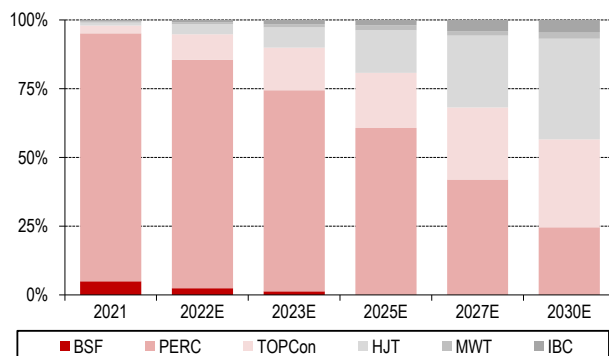
N 型电池渗透，石英坩埚用高纯砂需求无忧：与 P 型电池相比，N 型电池具有转换效率高、双面率高、温度系数低、无光衰、弱光效应好、载流子寿命更长等优点。目前，P 型 PERC 电池逐渐逼近效率天花板，而 N 型电池效率天花板较高，未来转换效率提升空间较大。随着 N 型电池工艺和效率的不断优化，N 型电池中技术相对成熟的 HJT 和 TOPCon 渗透率将进一步提升。根据 CPIA 数据，HJT 和 TOPCon 的市场份额将由 2020 年的 4% 提升至 2030 年的 36%。在光伏硅片中，P 型硅片单晶纯度 < 200ppm、N 型单晶硅片纯度 < 100ppm。为满足 N 型硅片对纯度的更高要求，拉制 N 型硅棒的石英坩埚需要增加更换的频率以减少杂质的累积，因此 N 型单晶石英坩埚的更换频率高于 P 型单晶坩埚，更换次数提升有望驱动石英坩埚用高纯砂需求提升。

图表 44. 2021-2030 年不同类型硅片市场占比变化趋势



资料来源: CPIA, 中银证券

图表 45. 2021-2030 年各种电池技术市场占比变化趋势



资料来源: CPIA, 中银证券

2022-2025 年光伏行业高纯石英砂需求量平均复合增速有望达到 25.52%: 根据我们的测算, 2022-2025 年全球光伏行业高纯石英砂需求量分别为 6.23 万吨、7.56 万吨、9.18 万吨、12.32 万吨, 年均复合增速为 25.52%。

图表 46. 2022-2025 年全球光伏行业高纯石英砂需求量预测

	2022E	2023E	2024E	2025E
光伏新增装机量(GW)	220	280	350	440
光伏硅片需求量(GW)	264	336	420	528
容配比	1.2	1.2	1.2	1.2
单晶硅片产量(GW)	291	358	442	546
各尺寸产量占比				
36 寸	45	50	60	65
30/32 寸	40	40	35	35
24/26/28 寸	15	10	5	0
渗透率 (%)				
P 型渗透率	98	96	89	73
N 型渗透率	2	4	11	27
单 GW 硅片石英砂耗量 (吨/GW)				
36 寸	171.07	171.07	162.93	162.93
32-33 寸	216.00	216.00	209.45	203.29
24/26/28 寸	311.04	311.04	311.04	311.04
单 GW P 型硅片对石英砂需求量	210.04	203.04	186.62	177.05
光伏用高纯石英砂需求量 (万吨)	6.23	7.56	9.18	12.32
P 型硅片对石英砂需求量 (万吨)	6.02	6.95	7.32	7.01
N 型硅片对石英砂需求量 (万吨)	0.21	0.61	1.87	5.31
进口高纯石英砂需求量 (万吨)	3.11	3.78	4.59	6.16
国产高纯石英砂需求量 (万吨)	3.11	3.78	4.59	6.16

资料来源: 欧晶科技招股书, 国家能源局, 光伏們, PVInfoLink, 中银证券

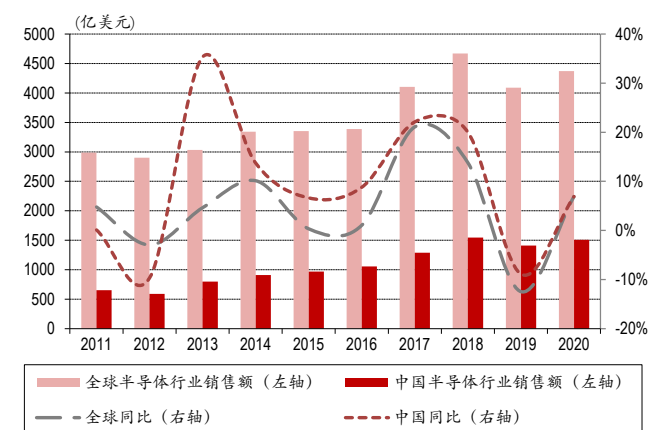
光源、光纤、半导体三重驱动，高纯石英砂需求无忧

半导体：电子信息行业快速发展带动高纯石英材料需求提升

高纯石英制品在半导体领域不可或缺：高纯石英材料物理性能优异，是半导体产业中不可缺少的支撑材料。高纯石英材料由于其耐温，耐酸，低膨胀和极佳的管够透过性的特殊物理性能，满足了半导体工业对载具材料中碱金属和重金属含量的苛刻要求，在半导体生产过程中需要消耗大量的石英片、环、板、法兰、刻槽舟、扩散炉管、清洗槽等高品质石英材料，石英材料的应用贯穿了半导体制程扩散、氧化、沉积、蚀刻等关键过程。在电子信息技术快速发展的环境下，半导体产业的快速发展也将促进石英材料和制品的应用范围和使用量的增长。

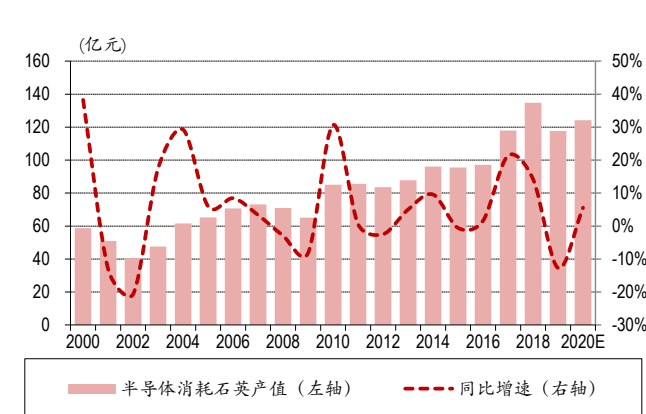
全球半导体市场空间快速增长，带动高纯石英材料市场需求提升：根据 WSTS 数据，2011 至 2020 年，全球半导体行业销售额从 2995 亿美元增长至 4390 亿美元，销售额增长 46.58%，增幅高于全球 GDP 同期增幅。根据市场调查机构全球半导体行业协会（SIA）最新发布的报告显示，2021 年全球半导体销售额为 5,559 亿美元，创历史新高，同比增长 26.2%。中国市场销售额为 1,925 亿美元，仍是全球最大的半导体市场，同比增长 27.1%。电子信息材料的制备工艺中通常需要使用和消耗大量的高端石英制品，随着电子信息行业的不断发展，半导体行业对高端石英产品的需求量有望继续保持较高的增长势头。

图表 47. 2011-2020 全球及中国半导体行业销售额及增速



资料来源：WSTS，中银证券

图表 48. 2000-2020 年全球半导体消耗石英产值及增速



资料来源：中国产业信息网，中银证券

半导体行业高纯石英砂需求量平均复合增速有望达到 11.08%：根据我们的测算，2022-2025 年全球半导体行业高纯石英砂需求量分别为 2.78 万吨、3.11 万吨、3.44 万吨、3.81 万吨，年均复合增速为 11.08%。

图表 49. 2021-2025 年全球半导体行业高纯石英砂需求量

	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
全球半导体行业销售额 (亿美元)	5559.00	6014.90	6616.39	7211.87	7860.93
半导体消耗石英产值 (亿元)	189.95	220.92	259.19	301.33	350.33
石英产值与半导体产值转换系数 (万美元/亿美元)	52.98	56.50	60.27	64.28	68.56
单价 (万元/吨)	60.78	63.48	66.65	69.99	73.48
高纯石英砂需求量 (万吨)	3.13	3.48	3.89	4.31	4.77
合成砂需求量 (万吨)	0.63	0.70	0.78	0.86	0.95
天然砂需求量 (万吨)	2.50	2.78	3.11	3.44	3.81

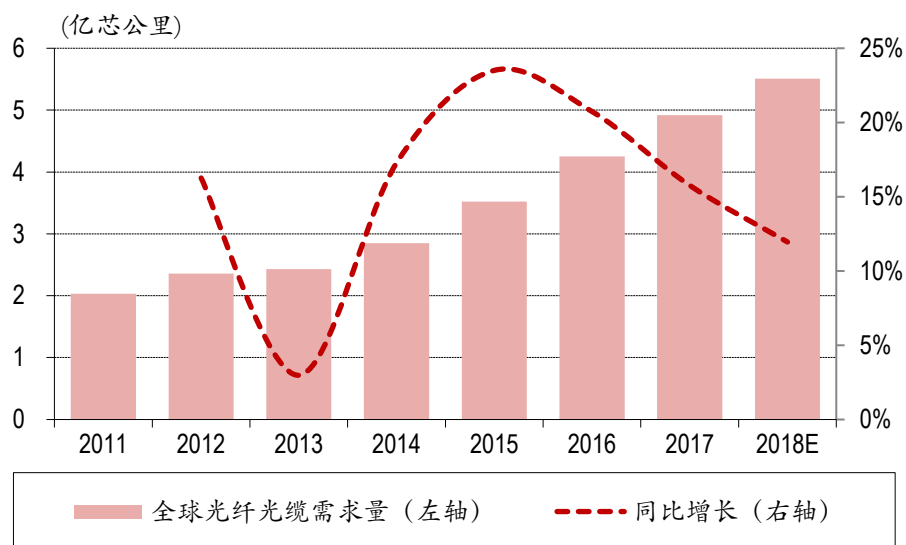
资料来源：WSTS，沪硅产业招股书，中银证券

光纤：5G 推动光纤用高纯石英砂需求平稳增长

高纯石英砂在光通讯领域主要用于制造光纤预制棒和辅材：光纤预制棒是具有特定折射率剖面、用以制造光纤的石英玻璃棒，是光纤拉制工艺中的重要材料，由芯棒和外包层套管组合而成。芯棒决定了光纤的传输性能，而外包层决定了光纤的制造成本和质量，两个部件对于石英材料纯度的要求均非常高。除了光纤预制棒外，石英还应用在靶棒、尾棒、烧结管等辅材，也可以用于光纤预制棒生产支撑材料、光纤拉丝用支撑材料等。

5G 建设步入正轨有望推动全球光纤光缆需求量平稳增长：受政策支持及 5G 需求推动，国产光纤迎来快速增长。根据 CRU 研究数据，2011-2018 年全球光纤光缆需求量保持平稳增长，年均复合增速为 14.13%，其中 2018 年全球光纤光缆需求量为 5.12 亿芯公里。光纤作为 5G 智能时代的神经网络，随着未来 5-10 年的 5G 建网周期，光纤的需求量将会持续增长，尤其是 5G 从 NSA 到 SA 组网演变以后，全球光纤需求将增长上量。此外，随着疫情逐步得到有效控制，全球经济恢复正常，运营商的固网、5G 建设将步入正轨，全球光纤需求有望迎来快速增长。根据 CRU 的预测，2021 年全球光纤光缆需求量将达到 6.17 亿芯公里，同比增长 7%。到 2025 年，全球光纤电缆市场规模将达到 278.8 亿美元，期间年均复合增速将达到 11.7%。

图表 50. 2011-2018 全球光纤光缆需求量及增速



资料来源：前瞻产业研究院，中银证券

中国光纤需求空间广阔：近年来，在我国大规模通信建设需求的带动下，我国的光纤光缆产业发展迅速，已经形成了“光纤预制棒-光纤-光缆-光网络产品”完整的产业链。中国已成为全球最主要的光纤光缆市场和全球最大的光纤光缆制造国。根据 ofweek 数据，2021 年中国移动的普通光缆集采需求量折合 1.432 亿芯公里，相比 2020 年集采规模提升了 20%，相比 2019 年集采则提升了 36%。价格方面，从光缆看平均涨价 40%，实现触底反弹。

光棒用高纯石英砂需求将平稳增长：由于光纤市场需求景气，光纤预制棒制造商对上游电子级石英套管、石英辅材等原料的需求也将增加。根据我们的测算，2022-2025 年，全球光纤光缆行业对高纯石英砂的需求量将从 4.85 万吨增长到 5.24 万吨。

图表 51. 2021-2025 年全球光纤光缆行业高纯石英砂需求量

	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
全球光纤光缆需求量 (亿芯公里)	6.17	6.33	6.5	6.67	6.83
全球光纤光缆需求量 (万吨)	2.06	2.11	2.17	2.22	2.28
四氯化硅需求量 (万吨)	13.37	13.72	14.08	14.45	14.80
四氯化硅与高纯石英砂转换系数	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83
高纯石英砂需求量 (万吨)	4.73	4.85	4.98	5.11	5.24
合成砂需求量 (万吨)	0.47	0.49	0.50	0.51	0.52
天然砂需求量 (万吨)	4.26	4.37	4.49	4.60	4.71

资料来源：前瞻研究院，CRU，中国产业信息网，中银证券

光源：光源市场整体需求保持稳步发展

光源市场整体需求保持稳步发展：光源石英管是传统光源的重要原材料，一般用于生产卤素灯、HID 灯、汽车灯等照明产品以及红外加热灯、紫外杀菌灯等特种光源，是上述电光源产品的基本泡壳材料。根据 QYR（恒州博智）的统计及预测，2021 年全球光源市场销售额达到了 319.8 亿美元，预计 2028 年将达到 439 亿美元，年复合增长率（CAGR）为 4.2%（2022-2028）。

特种光源市场需求快速增长：近年来，特种光源仍在深度发展，农用植物生长灯、影院灯、激光灯、半导体光清洗灯等高端光源石英材料市场需求仍保持一定的增速，尤其是在紫外领域特种光源更有着 LED 无法比拟的优势。特种光源是采用特种石英材料作为主体材料的光源产品，这些特种石英材料一般具有高透紫外光谱或红外光谱等性能的石英主体材料。红外加热、紫外固化、紫外线消毒、紫外活化处理、紫外氧化、高品质分析等高端光源应用快速提升，其中红外光源广泛应用于热加工工艺，紫外固化应用于涂料、颜料涂层领域。随着人们的个人卫生及公共安全意识大幅度提高，促使消毒杀菌的紫外光源行业获得了空前的发展。紫外活化处理及紫外氧化应用于污水处理及废气降解领域，也可应用于饮用水过滤领域，广受环保行业青睐，高品质分析及测量灯具越来越多的应用于分析及测量设备领域；因此，随着我国工业技术的进一步发展、人们大健康意识日益提高以及高尖端设备仪器的应用推广，促使未掺杂/掺杂浓度不一的天然石英玻璃管和合成熔融石英管的需求呈现新高。

高端供给有限，光伏用高纯石英砂供需或偏紧

全球高纯石英原料储量有限，高纯石英砂产能平稳提升

全球共有 14 处高纯石英原料矿床，美国斯普鲁斯派恩(Spruce Pine)矿的高纯石英原料资源规模最大：目前，全球高纯石英原料矿床分布于美国、挪威、澳大利亚、俄罗斯、印度、中国、加拿大等 7 个国家。除中国外，共有 14 处矿床，其中，有生产矿山的 7 处，尚未开采生产的 7 处。美国斯普鲁斯派恩 (Spruce Pine) 矿的高纯石英原料主要为花岗伟晶岩（白岗岩），矿源质量较高，资源规模最大，超过 1000 万吨；资源量最小的是挪威德拉格 (Drag) 矿，仅有 26.7 万吨。

图表 52. 全球高纯石英原料矿床分布



资料来源：《High purity quartz supply & demand》Murray Lines，中银证券

图表 53. 全球高纯石英资源统计

国家/地区	矿床	类型	矿业公司	资源量万吨	开发利用现状
美国北卡罗来纳州	斯普鲁斯派恩	白岗岩型	挪威石英股份公司(The Quartz Corp.)	> 1000	生产
			矽比科北美公司(Sibelco North America, Inc.)	-	生产
美国爱达荷州	博维尔	风化残积型	艾矿产股份公司(I-Minerals, Inc.)	探明：43.8 推断：885.7	勘探
挪威诺尔兰郡	德拉格	伟晶岩型	挪威石英股份公司 (The Quartz Corp.)	26.7	生产
挪威霍达兰郡	内索登	热液脉石英型	挪威北欧石英股份公司(Nordic Quartz AS)	控制：189.9 推断：89.3	勘探
俄罗斯车里雅宾斯克州	克什特姆	热液脉石英型	俄罗斯石英有限责任公司 (Russia Quartz LLC)	储量：136	生产
俄罗斯汉特-曼西自治区	萨兰保尔	热液脉石英型	极地石英股份公司(JSC Polar Quartz)	33	生产
	白泉	热液脉石英型	石墨烯与太阳能技术有限公司 (Graphene & Solar Technologies Ltd)	推断：150	生产
	石英山	热液脉石英型	石墨烯与太阳能技术有限公司 (Graphene & Solar Technologies Ltd)	预测：1400	勘探
澳大利亚昆士兰州	石英山	热液脉石英型	高纯石英有限公司 (Ultra HPQ)	探明+控制：120(<70m)	勘探
	糖袋山	热液脉石英型	亨特贝二氧化硅有限公司 (Hunter Bay Silica Pty. Ltd.)	探明+推断：183.4 预测：500	生产
	灯塔	热液脉石英型	佩特拉矿产有限公司 (Petra Minerals Pty. Ltd.)	地表推断：100 地下预测：100	勘探
澳大利亚维多利亚州	克雷西克	金矿尾矿型	佩特拉矿产有限公司 (Petra Minerals Pty. Ltd.)	地表推断：100 地下预测：100	勘探

资料来源：《高纯石英砂资源及加工技术分析》郭文达，中银证券

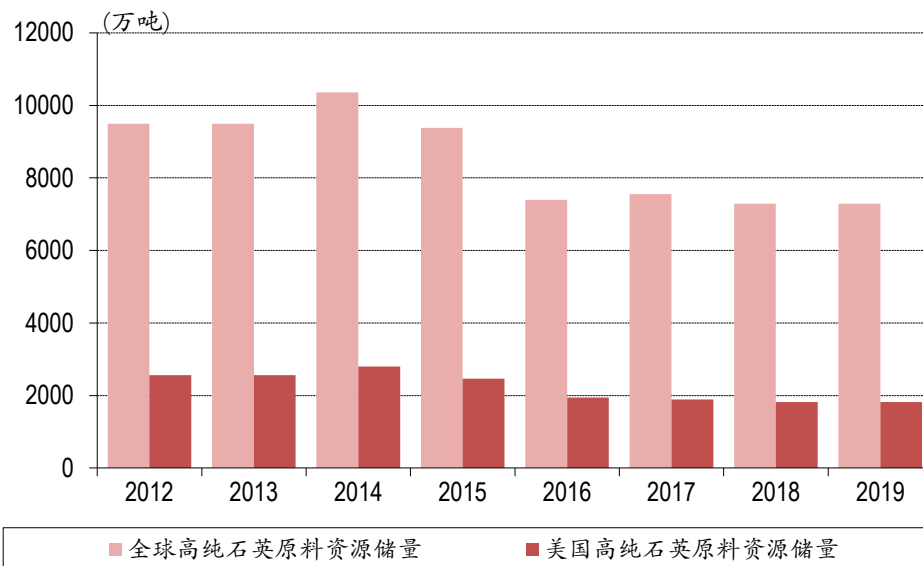
续图表 53. 全球高纯石英资源统计

国家/地区	矿床	类型	矿业公司	资源量万吨	开发利用现状
加拿大魁北克省	约翰比兹	热液脉石英型	PAL 公司 (Placements Appalache (1966) Ltée)	控制：225	勘探
	查米	热液脉石英型	毛里塔尼亚石英股份公司 (Quartz. Inc. SA Mauritania)	探明：72.5	生产
毛里塔尼亚努瓦迪布湾省	乌姆阿奎	热液脉石英型	毛里塔尼亚矿产公司 (The Mauritanian Minerals Co.)	预测：500-1000	停产？
	尼纳				
中国湖北蕲春	灵虬山	热液脉石英型	湖北省蕲春县灵虬山石英矿	控制：391.5 推断：11.4	生产

资料来源：《高纯石英砂资源及加工技术分析》郭文达，中银证券

全球高纯石英原料存储量有限，呈现下滑趋势：随着新兴战略行业的不断发展，市场对高纯石英的需求量逐渐增多，高纯石英原料存储量呈现下滑的趋势。根据智研咨询数据，以 SiO_2 含量 $\geq 99.9\%$ 为口径，2014 年以来，高纯石英原料的存储量从 9494 万吨下降至 2019 年的 7287 万吨。储量结构方面，巴西是高纯石英砂全球第一大资源量国，2019 年存储量为 2111 万吨，占比 28.97%，矿石类型主要为天然水晶。但由于巴西政府强令禁止原矿出口，加上基础设施的落后和矿石质量变化大，出口量较小；美国是第二大资源量国，2019 年资源量为 1822 万吨，在全球占比 25.0%，矿石类型主要为花岗伟晶岩，分布在北卡罗来纳州 Spruce Pine 地区；加拿大位列全球第三，2019 年资源量为 1000 万吨，占比 13.72%，矿石类型主要为脉石英，主要分布在魁北克省东南部约翰比兹湾的海岸带。我国的脉石英和水晶 2019 年资源量为 685 万吨，其中水晶资源量仅为 0.69 万吨。挪威、俄罗斯和印度的脉石英资源，马达加斯加的水晶资源在全球占一定比例。

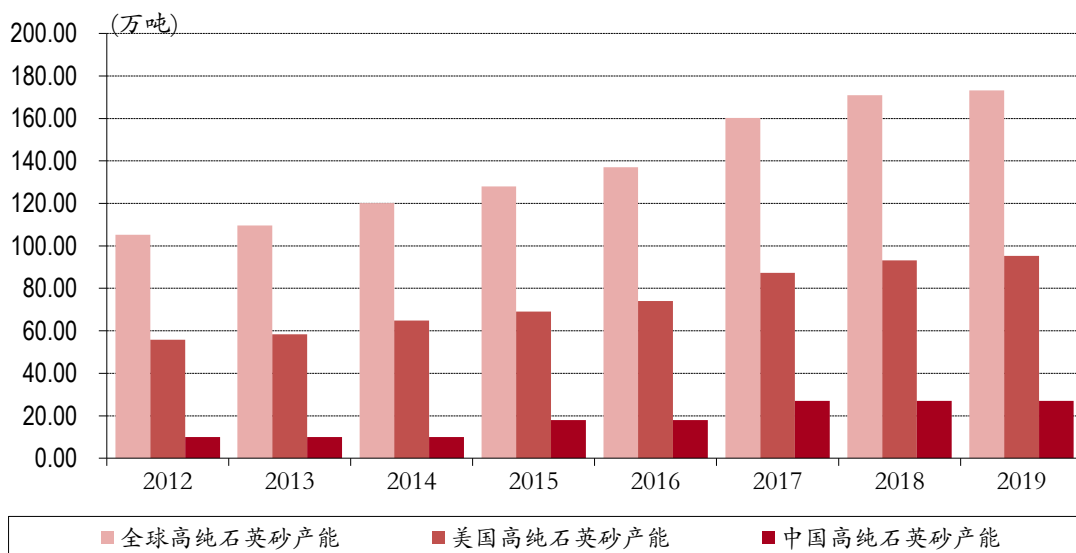
图表 54. 2012-2019 年全球高纯石英原料资源储量



资料来源：前瞻产业研究院，中银证券

全球 3N ($\text{SiO}_2 > 99.9\%$) 以上高纯石英产能不断提升：全球生产高纯石英砂的国家主要有美国、中国、挪威、加拿大、俄罗斯、巴西等国。随着技术的不断进步，全球及各国的高纯石英产能不断提升。根据智研咨询数据，全球纯度在 3N 以上的高纯石英砂的产能从 2012 年的 105.22 万吨/年增长到 2019 年的 173.14 万吨/年，其中美国高纯石英砂的产能由 55.77 万吨/年增长到 95.23 万吨/年，中国高纯石英砂的产能由 10 万吨/年增长到 27 万吨/年。

图表 55. 2012-2019 年全球高纯石英砂产能



资料来源：智研咨询，中银证券

适用于光伏、半导体纯度等级的高纯石英砂产能有限：目前，纯度等级在 4N5 ($\text{SiO}_2=99.995\%$) 以上的高端产品产能较少，这类高端产品主要用于制造石英坩埚、石英管、石英棒、石英舟和石英锭。其中，石英坩埚内涂层对高纯石英砂纯度要求更高，纯度等级需要达到 4N8 ($\text{SiO}_2=99.998\%$)，而石英坩埚外涂层、石英管、石英棒、石英舟和石英锭等产品达到 4N5 即可。根据我们的统计，目前 4N5 以上高纯石英砂产能较少，总产能不超过 10 万吨。

图表 56. 高纯石英制品对纯度等级的要求

高纯石英制品	主要应用领域	主要应用	高纯石英等级
石英坩埚	半导体、光伏	在半导体、光伏行业用于生产硅晶体的容器	$\geq 4N5^{①}$ ， 石英坩埚内涂层 $>4N8^{②}$
石英管	航天航空、武器装备、武器装备领域用来制作整流罩、雷达罩、隔热罩、透波材料； 半导体、新型电光源、料及耐高温材料等； 光通讯	用石英管生产的石英纤维、石英棉、石英布等在航天航空、武器装备领域用来制作整流罩、雷达罩、隔热罩、透波材料；在新型电光源行业用于生产照明用泡壳材料；在光通讯行业用于生产光纤把持棒，在半导体行业用于生产石英扩散炉管	$\geq 4N5^{①}$
石英棒	半导体、光伏、新型电光源	在光伏行业主要用于生产单/多晶硅的精馏塔、挥发器和进料管等仪器；新型电光源行业用于单端卤素灯的压桥棒；半导体行业用于半导体的石英舟基座及其他辅助材料等	$\geq 4N5^{①}$
石英舟、石英锭	半导体、光伏	半导体行业中用于石英钟罩、法兰，石英花篮及其他辅助材料，主要在硅片扩散工序中使用、光伏行业主要用作硅片生产的耗材等	$\geq 4N5^{①}$

资料来源：《高纯石英原料作为战略性矿产的分析及建议》李光惠，中银证券

注：①表示 SiO_2 含量 99.995%；②表示 SiO_2 含量 99.998%。

海外企业主导供应格局

美国尤尼明（现矽比科）、挪威 TQC 等海外企业主导高纯石英砂供应：全球范围内高纯石英砂的主要生产厂商有美国矽比科，挪威 TQC 以及石英股份。美国矽比科与挪威 TQC 占有矿产资源优势，高纯石英原料储量丰富、产品质量高，长期主导全球高纯石英砂供应。

1) 矽比科：美国尤尼明自 1970 年起即在美国 Spruce Pine 矿区采矿，采用 MRL 改进的提纯工艺生产高纯石英砂，并建立了超纯石英的 IOTA 标准，一度垄断了世界高纯石英砂市场。2018 年美国尤尼明的高纯石英砂业务被整合至比利时矽比科集团，负责位于美国 Spruce Pine 的石英矿开发及高纯石英砂生产。美国矽比科拥有的白岗岩矿石，矿体规模大、流体杂质少，品质稳定，加之其领先的高纯砂提纯技术，在全球高纯石英砂市场占据垄断地位。据统计，矽比科的高纯石英保有资源量可满足数十年的矿山服务年限。

2) 挪威 TQC：挪威 The Quartz Corp (TQC) 由挪威微晶公司(Norwegian Crystallites AS) 与斯普鲁斯派恩的 KT 长石公司(K-T Feldspar Corp.)、长石公司(The Feldspar Corp.) 于 2011 年合并而成。其石英矿石来源有：一是和矽比科一样，来自北卡罗来纳州 Spruce Pine 地区的花岗质伟晶岩；二是挪威当地的石英。TQC 将在美国 Spruce Pine 矿区开采的矿石在当地进行碎磨、分选和初次浮选，然后将半成品海运至挪威的深加工厂，经二次浮选、磁选、酸浸、高温焙烧后，制得质量类似于矽比科高纯石英砂的产品。据统计，TQC 公司拥有的高纯石英原料资源量大于 1000 万吨。

3) 石英股份：2009 年，石英股份成功攻克了高纯石英砂提纯技术难题，实现了高纯石英砂规模化生产。目前，石英股份高纯石英原料主要来源于印度、挪威、俄罗斯和美国的进口石英砂，以及部分高质量国产石英矿。

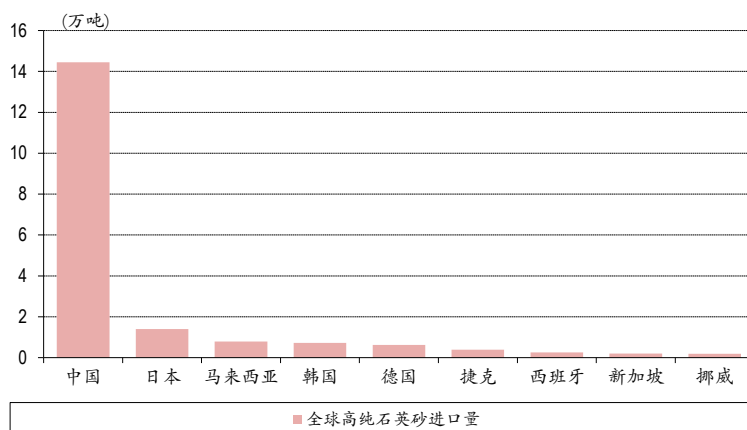
图表 57.高纯石英砂行业主要企业矿产来源

矿业公司	矿床	类型	国家/地区	资源量(万吨)
矽比科	斯普鲁斯派恩	白岗岩	美国北卡罗来纳州	满足数十年开采
挪威 TQC	斯普鲁斯派恩	白岗岩	美国北卡罗来纳州	> 1000
	德拉格	伟晶岩	挪威诺尔兰郡	26.7
石英股份	/	热液脉石英型、伟晶岩	印度、俄罗斯、挪威、美国、中国湖北	/

资料来源：《高纯石英砂资源及加工技术分析》郭文达，中银证券

国内石英砂需求依赖进口：目前，国产石英砂需求主要依赖进口。根据中国海关、联合国商品贸易署数据，2019 年全球高纯石英进口量 20.54 万吨，其中中国进口量为 14.45 万吨，是全球第一大高纯石英进口国，占全球进口总量的 70.35%。

图表 58. 2019 年全球高纯石英砂进口量



资料来源：中国海关，联合国商品贸易署，华经产业研究院，中银证券

光伏用高纯石英砂供需或偏紧

下游需求旺盛叠加海运交期延长，2021 年高纯石英砂价格上涨：2021 年，单晶硅片企业扩产速度加快，对石英坩埚需求大幅上升，造成光伏用高纯石英砂价格持续上升。此外，受疫情影响，海运交付周期延长，货运成本上升，也推动了光伏用进口高纯石英砂价格进一步上升。

2022-2023 年高纯石英砂供需或偏紧：根据矽比科、挪威 TQC、石英股份等现有国内外企业产能和扩产规划，我们预计 2022 年光伏用高纯石英砂可能的供给量范围在 6.2-6.3 万吨，对应 6.2 万吨的需求，供需或处于紧平衡状态；2023 年光伏用高纯石英砂可能的供给量范围在 7.7-7.8 万吨，对应 7.6 万吨的需求，供需或仍将处于紧平衡的状态。其中，进口砂供应量在 2.5 万吨，对应 2022-2023 年的 3.1 万吨和 3.8 万吨的需求更显紧俏。在紧张的供需格局下，高纯石英砂存在持续涨价的可能。此外，随着下半年硅料新增产能的逐步释放，硅料价格松动有望推动拉晶厂商开工率提升，从而带动光伏石英坩埚用高纯石英砂需求的快速上升，光伏用高纯石英砂在季度拉晶需求波动的过程中可能会出现阶段性的短缺，届时高纯石英砂价格仍有短期上涨的可能性。

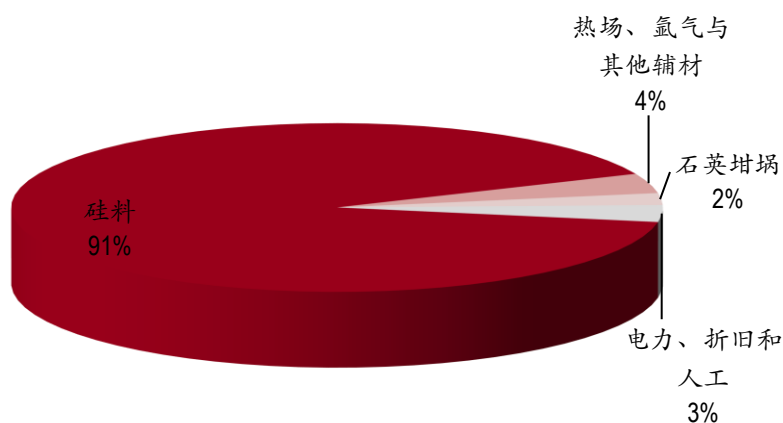
图表 59. 光伏用高纯石英砂供需测算（单位：万吨）

产品类别	来源及供需合计	2022E	2023E
进口砂	矽比科	1.3	1.3
	挪威 TQC	1.2	1.2
	供给合计	2.5	2.5
	潜在需求合计	3.11	3.78
国产砂	石英股份	3.0	4.5
	国产其他厂商及贸易商	0.7-0.8	0.7-0.8
	供给合计	3.7-3.8	5.2-5.3
	潜在需求合计	3.11	3.78
总供给		6.2-6.3	7.7-7.8
总需求		6.23	7.56

资料来源：石英股份招股书、慧聪网，中银证券

高纯石英砂在拉晶成本中占比较低，下游对涨价敏感度有限：按照近期硅料价格 250 元/kg，我们测算石英坩埚在拉晶成本中占比 2%，单瓦成本 0.017 元/W。根据我们的测算，高纯石英砂每上涨 1 万元/吨，硅片厂石英坩埚成本增加 0.004 元/W，成本增幅较小，下游对涨价敏感度有限。

图表 60. 拉晶成本结构



资料来源: PVInfolink, 中银证券

图表 61. 石英坩埚成本增加量受高纯石英砂涨价影响敏感度的测算

	单价上涨 1 万元/吨	单价上涨 5 万元/吨	单价上涨 10 万元/吨
硅片厂石英坩埚成本增加 (元/W)	0.004 元/W	0.02 元/W	0.04 元/W

资料来源: PVInfolink、公司可转债说明书、欧晶科技招股说明书, 中银证券

投资建议

高纯石英砂是高端制造业的关键材料，矿源质量决定高纯石英砂产品纯度。受益于光伏装机需求，光伏石英坩埚用高纯石英砂需求有望快速增长，2022-2025 年需求量年均复合增速有望达到 25.5%。半导体和光纤领域对高纯石英砂的需求亦稳步增长。2022-2023 年光伏石英坩埚用高纯石英砂供给全年供需处于平衡偏紧的状态，价格存在上涨的可能。推荐国产高纯石英砂龙头石英股份，以及在石英坩埚供应方面储备较多的硅片龙头隆基绿能、建议关注中环股份。

风险提示

光伏政策风险：目前光伏行业整体景气度与行业政策的导向密切相关，如政策方面出现不利变动，可能影响光伏行业整体需求，从而对制造产业链整体盈利能力造成压力。

产品价格竞争超预期：高纯石英砂环节产能规模整体较为合理，但如后续扩产幅度超预期，高纯石英砂价格亦有超预期下降的可能，可能对行业盈利能力造成不利影响。

下游扩产需求低于预期：高纯石英砂行业业绩与下游硅片厂商扩产体量紧密相关，如扩产需求低于预期，则将对行业内企业中短期业绩产生负面影响。

国际贸易摩擦风险：海外原矿是石英砂企业重要的原材料，如后续国际贸易摩擦超预期升级，可能会对行业的销售规模产生不利影响。

技术迭代风险：合成石英砂可用作天然高纯石英砂的替代品，如果合成石英砂的技术超预期发展或成本超预期下降，将对高纯石英砂行业的盈利产生负面影响。

疫情影响超预期：新型冠状病毒肺炎疫情尚未结束，如疫情持续或出现反弹，可能因人流、物流受限而影响光伏装机需求。

图表 62. 报告中提及上市公司估值表

公司代码	公司简称	评级	股价	市值	每股收益(元/股)		市盈率(x)		最新每股净资产
			(元)	(亿元)	2021A	2022E	2021A	2022E	(元/股)
601012.SH	隆基绿能	买入	73.98	4004.50	1.68	2.65	44.06	27.91	9.25
603688.SH	石英股份	增持	79.18	279.63	0.80	1.76	99.52	45.00	6.37
002129.SZ	中环股份	未有评级	42.68	1379.30	1.32	1.79	32.43	23.84	10.16

资料来源：万得，中银证券

注：股价截止日 2022 年 5 月 25 日，未有评级公司盈利预测来自万得一致预期

603688.SH

增持

原评级: 未有评级

市场价格: 人民币 79.18

板块评级: 强于大市

股价表现



(%)	今年至今	1 个月	3 个月	12 个月
绝对	30.4	47.0	27.3	368.3
相对上证指数	44.9	40.9	37.3	381.5

发行股数(百万)	353
流通股(%)	100
总市值(人民币 百万)	27,963
3 个月日均交易额(人民币 百万)	211
净负债比率(%) (2022E)	4
主要股东(%)	
陈士斌	28

资料来源: 公司公告, 聚源, 中银证券
以 2022 年 5 月 25 日收市价为标准

中银国际证券股份有限公司
具备证券投资咨询业务资格

基础化工: 非金属材料 II

证券分析师: 李可伦

(8621)20328524

kelun.li@bocichina.com

证券投资咨询业务证书编号: S1300518070001

证券分析师: 陈浩武

(8621)20328592

haowu.chen@bocichina.com

证券投资咨询业务证书编号: S1300520090006

石英股份

高端石英领域先锋, 充分受益光伏石英砂需求

公司掌握高纯石英砂量产核心技术, 有望充分受益于光伏石英砂需求增长。公司连熔技术创新发展, 半导体客户认证持续突破, 高端石英市场份额有望进一步提升; 首次覆盖给予**增持**评级。

支撑评级的要点

- **高端石英领域先锋, 领衔国产替代:** 石英股份成立于 1999 年, 2014 年在上交所上市。公司是高端石英材料深加工领先企业, 部分产品已实现了对进口产品的替代, 在光源、光伏、光纤、光学及半导体等领域用石英材料的市场及技术位居行业前列。公司 2017-2021 年盈利复合增速达到 27.06%, 受益于高纯石英砂收入占比提升, 公司毛利率不断提升。
- **光伏石英砂行业有望迎来高景气, 光纤半导体需求无忧:** 受益于硅片产能加速扩张、N 型硅片渗透率提高, 光伏用高纯石英砂需求有望快速增长。根据测算, 2022-2025 年光伏用高纯石英砂需求平均 CAGR 有望达到 25.5%; 全球半导体市场空间快速增长, 带动半导体石英制品需求提升; 5G 建设步入正轨有望推动全球光纤光缆需求量平稳增长。
- **掌握高纯石英砂量产核心技术, 外销规模快速增长:** 生产高纯石英砂具有较高的技术壁垒, 公司长期致力于高纯石英砂生产技术的研发和创新, 已成为全球少数掌握规模化量产高纯石英砂技术的企业之一。受益于光伏单晶坩埚需求的景气, 公司高纯石英砂外销量快速增长, 2016-2021 年均复合增速达到 67.75%。2021 年高纯石英砂外销量同比增长 93.44%。
- **连熔技术创新发展, 半导体客户认证持续突破:** 高端石英管棒技术壁垒较高, 公司作为国内仅有的具备高纯石英砂量产能力的企业, 成本优势显著。公司目前已成功研制出了利用连熔技术制备的光纤预制棒用石英套管, 其质量、纯度及稳定性已达到国际一流标准。在半导体领域, 公司相继通过东京电子高温扩散、刻蚀领域和美国 LAM 刻蚀认证, 美国应用材料认证也持续取得阶段性进展, 高端石英市场份额有望不断扩大。

估值

- 在当前股本下, 我们预计公司 2022-2024 年实现每股收益 1.76/2.87/3.35 元, 对应市盈率 45.0/27.6/23.6 倍; 首次覆盖给予**增持**评级。

评级面临的主要风险

- 光伏政策风险; 产品价格竞争超预期; 下游扩产需求低于预期; 疫情影响超预期; 国际贸易摩擦风险; 技术迭代风险。

投资摘要

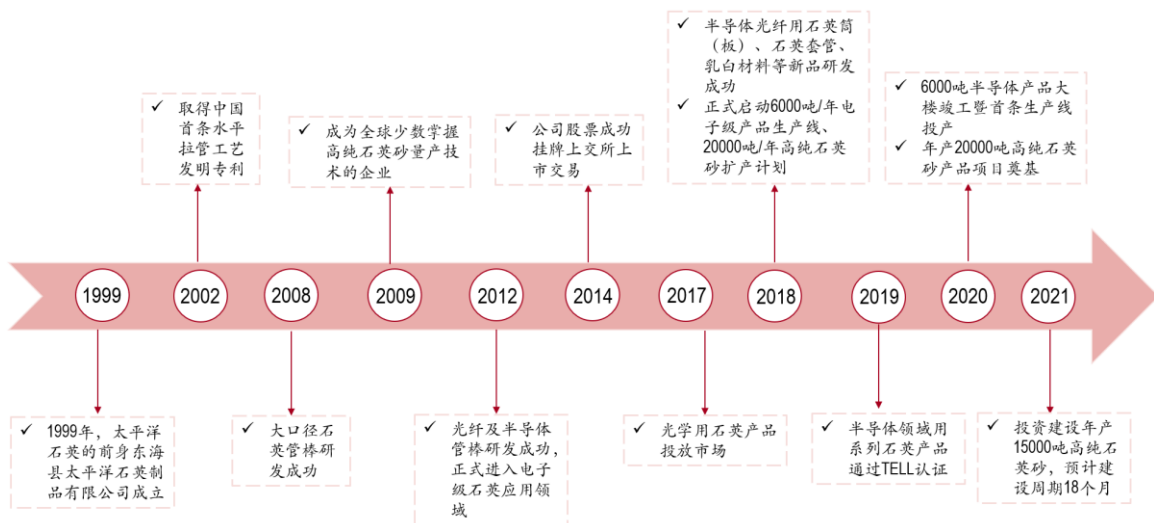
年结日: 12 月 31 日	2020	2021	2022E	2023E	2024E
销售收入(人民币 百万)	646	961	1,779	2,542	2,934
变动(%)	4	49	85	43	15
净利润(人民币 百万)	188	281	621	1,012	1,183
全面摊薄每股收益(人民币)	0.533	0.796	1.760	2.865	3.350
变动(%)	10.1	49.4	121.2	62.8	16.9
全面摊薄市盈率(倍)	148.7	99.5	45.0	27.6	23.6
价格/每股现金流量(倍)	854.1	633.8	76.3	27.7	25.3
每股现金流量(人民币)	0.09	0.12	1.04	2.86	3.13
企业价值/息税折旧前利润(倍)	128.2	81.5	34.7	21.3	18.0
每股股息(人民币)	0.170	0.239	0.545	0.888	1.039
股息率(%)	0.2	0.3	0.7	1.1	1.3

资料来源: 公司公告, 中银证券预测

高端石英领域先锋，领衔国产替代

高端石英材料深加工领域的优质供应商：石英股份前身东海县太平洋石英制品有限公司成立于 1999 年，经历股权转让后于 2010 年完成股份制改革，2014 年 10 月公司在上交所上市。公司是一家集科研、生产、销售为一体的高端石英材料深加工领先企业，在光源、光伏、光纤、光学及半导体等领域用石英材料的市场及技术位居行业前列，主导产品有高纯石英砂、石英管棒、大口径石英扩散管、石英筒、石英锭、石英板等及多种石英器件。

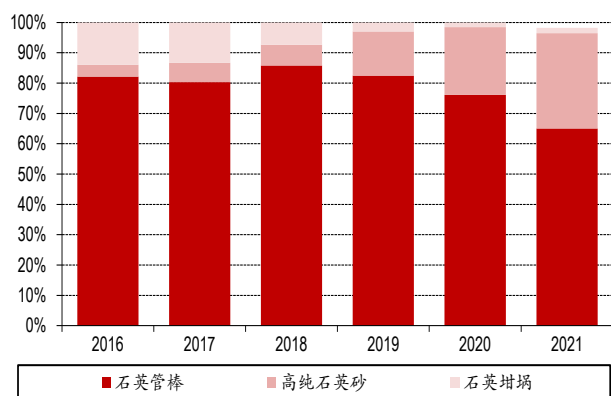
图表 63. 石英股份发展历程



资料来源：公司官网，公司招股说明书，中银证券

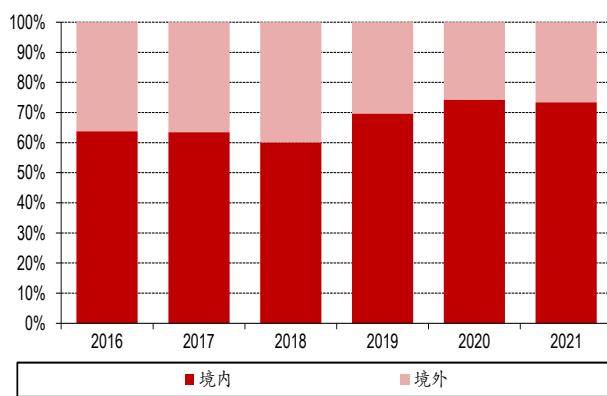
公司主要产品为石英管棒与高纯石英砂，高纯石英砂收入占比逐渐提升：公司主要产品为应用于高端光源和光纤半导体及光伏行业的高端石英管棒和高纯石英砂。2017-2021 年，电子级石英管棒占比超过 65%，近几年占比逐渐下降，主要系公司逐步扩大高纯石英砂业务销售规模。2019-2021 年，高纯石英砂收入占比分别为 14.57%、22.38%、31.43%。公司业务收入主要来自中国境内，2016-2019 境内销售收入占比超过 60%，2020 和 2021 年境内销售占比高达 70% 以上。

图表 64. 2017-2021 公司营业收入结构



资料来源：公司公告，中银证券

图表 65. 2017-2021 公司境内外收入占比

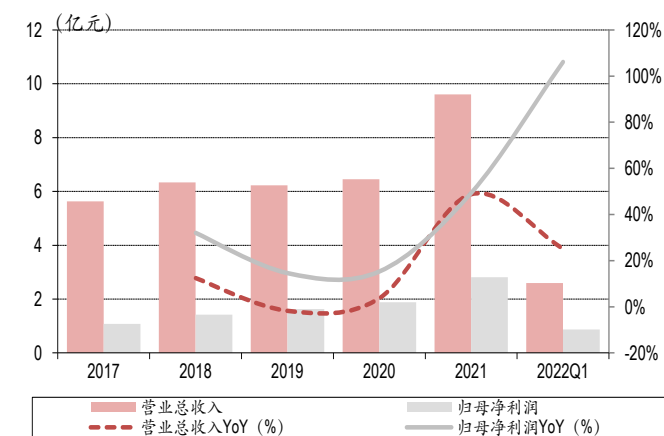


资料来源：公司公告，中银证券

业绩稳健增长，盈利能力有所提升。2017-2021 年，公司营业收入从 5.63 亿元增长至 9.61 亿元，年均复合增速为 14.27%；归母净利润从 1.08 亿元增长至 2.81 亿元，年复合增速为 27.06%。公司 2022Q1 实现营业收入 2.60 亿元，同比增长 25.16%；实现归母净利润 8737 万元，同比增长 106.11%。公司近几

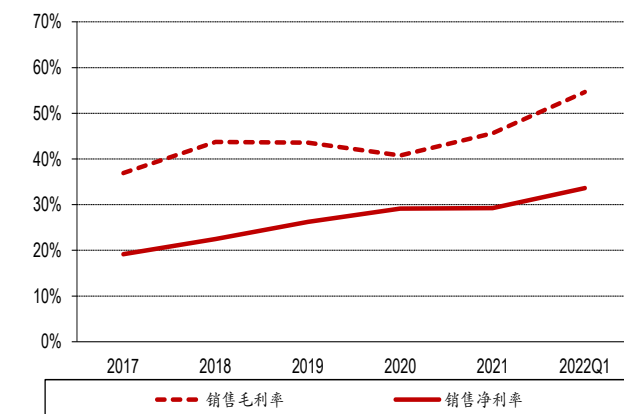
年销售毛利率稳中有升，2021 年，公司毛利率同比增长 4.89 个百分点，主要系公司高纯石英砂产品营业收入占比及其毛利率大幅提升。

图表 66. 2017-2022Q1 公司营业收入和归母净利润及增速



资料来源：公司公告，中银证券

图表 67. 2017-2022Q1 公司销售毛利率和销售净利率



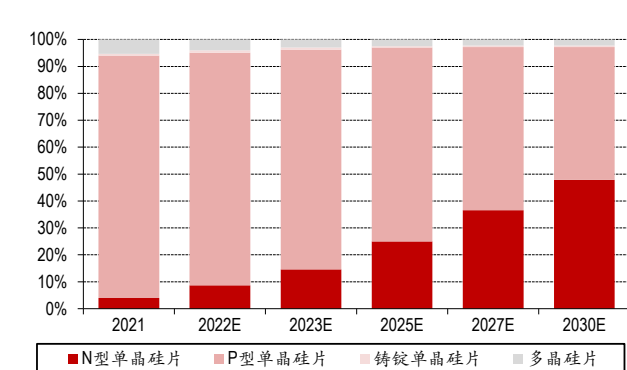
资料来源：公司公告，中银证券

专注高端石英产业发展，领衔国产化替代：自成立以来，公司专注从事高端石英材料研发与市场开发，在行业占据优势地位，部分产品已实现了对进口产品的替代。在光伏领域，公司凭借高纯石英砂规模化量产技术以及不断推动技术进步，加快高纯石英砂国产化进程，进一步稳定单晶光伏行业使用国产高纯石英砂的意愿。在半导体领域，公司加大推进电子级半导体石英产品的认证工作，在通过东京电子高温扩散领域认证后，又相继通过东京电子刻蚀领域和美国 LAM 刻蚀认证，美国应用材料认证也持续取得阶段性进展，推进国产半导体用石英材料的国产化步伐。

光伏石英砂行业有望迎来高景气，光纤半导体需求无忧

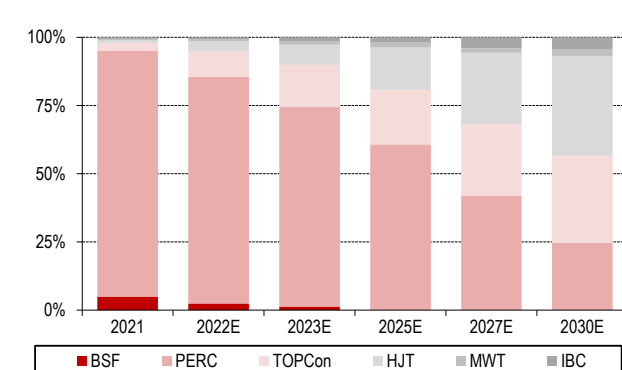
硅片快速扩产&N 型硅片渗透加速，支撑坩埚用高纯石英砂需求快速增长：2020 年至今下游龙头企业积极扩产，单晶石英坩埚的替换、更新需求量将不断释放，需求空间广阔。此外，随着 N 型电池工艺和效率的不断优化，N 型电池中技术相对成熟的 HJT 和 TOPCon 渗透率将进一步提升。为满足 N 型硅片对纯度的更高要求，控制 N 型硅棒的石英坩埚需要增加更换的频率以减少杂质的累积，因此 N 型单晶石英坩埚的更换频率高于 P 型单晶坩埚，更换次数提升有望驱动石英坩埚用高纯砂需求提升。根据我们的测算，2022-2025 年全球光伏行业高纯石英砂需求量分别为 6.23 万吨、7.56 万吨、9.18 万吨、12.32 万吨，年均复合增速为 25.52%。

图表 68. 2021-2030 年不同类型硅片市场占比变化趋势



资料来源：CPIA，中银证券

图表 69. 2021-2030 年各种电池技术市场占比变化趋势



资料来源：CPIA，中银证券

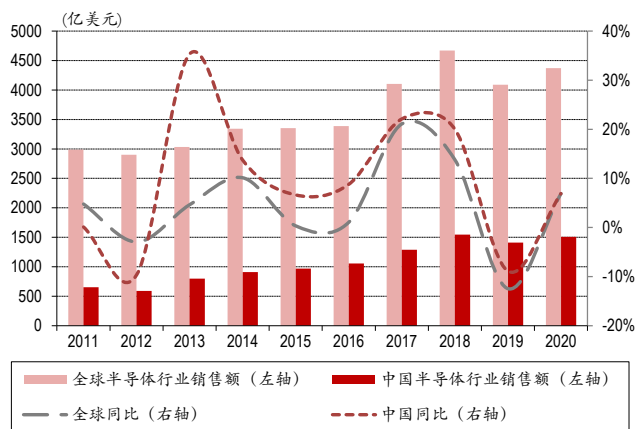
图表 70. 2022-2025 年全球光伏行业高纯石英砂需求量

	2022E	2023E	2024E	2025E
光伏新增装机量(GW)	220	280	350	440
光伏硅需求量(GW)	264	336	420	528
容配比	1.2	1.2	1.2	1.2
全球单晶硅片产能(GW)	470	550	650	780
单晶硅片产能利用率	62%	65%	68%	70%
单晶硅片产量(GW)	291	358	442	546
P型硅片对石英砂需求量(万吨)	6.02	6.95	7.32	7.01
N型硅片对石英砂需求量(万吨)	0.21	0.61	1.87	5.31
光伏用高纯石英砂需求量(万吨)	6.23	7.56	9.18	12.32
进口高纯石英砂需求量(万吨)	3.11	3.78	4.59	6.16
国产高纯石英砂需求量(万吨)	3.11	3.78	4.59	6.16

资料来源：欧晶科技招股书，国家能源局，光伏們，PVInfoLink，中银证券

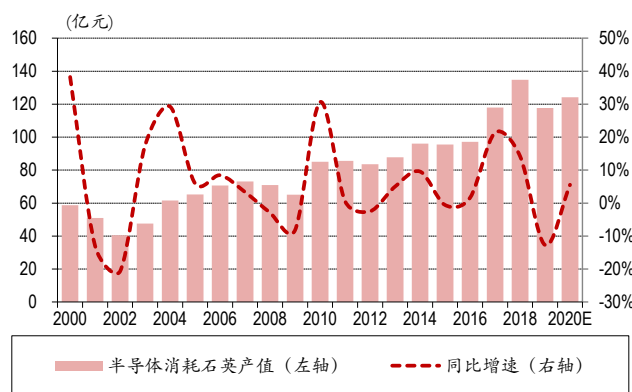
全球半导体市场空间快速增长，带动半导体石英制品需求提升：根据 WSTS 数据，2011 至 2020 年，全球半导体行业销售额从 2995 亿美元增长至 4390 亿美元，销售额增长 46.58%，增幅高于全球 GDP 同期增幅。根据全球半导体行业协会（SIA）数据，2021 年全球半导体销售额为 5,559 亿美元，创历史新高，同比增长 26.2%。中国市场销售额为 1,925 亿美元，仍是全球最大的半导体市场，同比增长 27.1%。电子信息材料的制备工艺中通常需要使用和消耗大量的高端石英制品，且以合成高纯石英砂为主，价格较高。随着电子信息行业的不断发展，半导体行业对高端石英产品的需求量有望继续保持较高的增长势头。

图表 71. 2011-2020 全球及中国半导体行业销售额及增速



资料来源：WSTS，中银证券

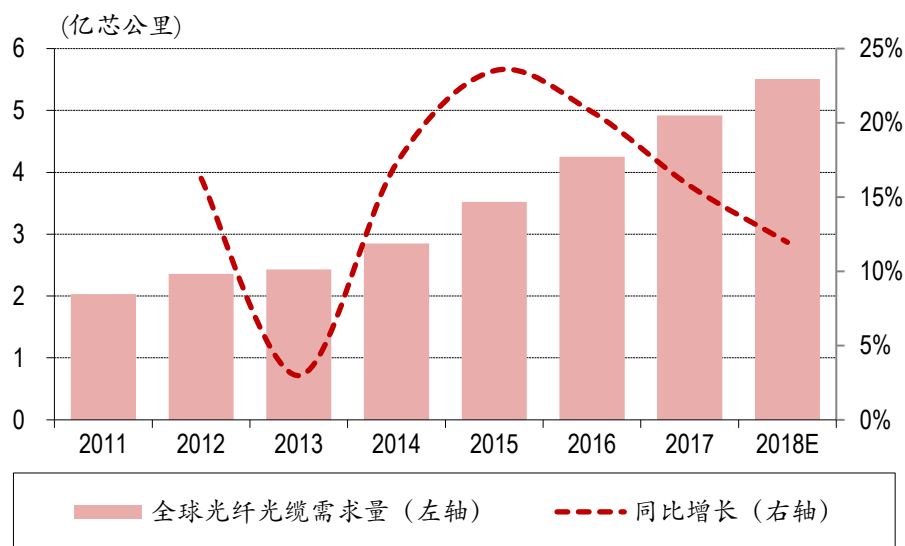
图表 72. 2000-2020 年全球半导体消耗石英产值及增速



资料来源：中国产业信息网，中银证券

5G 建设步入正轨有望推动全球光纤光缆需求量平稳增长：根据 CRU 研究数据，2011-2018 年全球光纤光缆需求量保持平稳增长，年均复合增速为 14.13%，其中 2018 年全球光纤光缆需求量为 5.12 亿芯公里。光纤作为 5G 智能时代的神经网络，随着未来 5-10 年的 5G 建网周期，光纤的需求量将会持续增长，尤其是 5G 从 NSA 到 SA 组网演变以后，全球光纤需求将增长上量。此外，随着疫情逐步得到有效控制，全球经济恢复正常，运营商的固网、5G 建设将步入正轨，全球光纤需求有望迎来快速增长。根据 CRU 的预测，2021 年全球光纤光缆需求量将达到 6.17 亿芯公里，同比增长 7%。到 2025 年，全球光纤电缆市场规模将达到 278.8 亿美元，期间年均复合增速将达到 11.7%。

图表 73. 2011-2018 全球光纤光缆需求量及增速



资料来源：前瞻产业研究院，中银证券

光源市场整体需求保持稳步发展：目前光源可分为 LED 光源和特种光源，市场整体需求保持稳步发展。根据 QYR（恒州博智）的统计及预测，2021 年全球光源市场销售额达到了 319.8 亿美元，预计 2028 年将达到 439 亿美元，2022-2028 年均复合增长率（CAGR）为 4.2%。

高纯石英砂量产技术领先行业，光纤半导体业务持续突破

公司掌握高纯石英砂量产核心技术，外销规模快速增长

生产高纯石英砂具有较高的技术壁垒：生产高纯石英砂是一项复杂的系统工程，不仅需要高质量的天然石英矿石、先进的生产设备，更需要严谨的粗碎、细碎、磨矿、浮选、磁选、化学、物理等多个步骤的复杂工艺和核心的提纯技术，因此，进入高纯石英砂行业的技术门槛较高，目前国内外只有少数几家公司掌握了高纯石英砂的生产技术。

公司掌握规模化量产高纯石英砂核心技术，不断夯实产业链基础优势：公司长期致力于高纯石英砂生产技术的研发和创新，产品品质更为稳定，工艺技术更趋完善，已成为全球少数掌握规模化量产高纯石英砂技术的企业之一，是国内首家实现高纯石英砂量产技术突破的企业。针对近年来光伏市场旺盛的发展机遇，公司不断通过技术进步、市场开发、扩大产能，快速提升高纯砂在光伏市场的占有率，市场影响力得到进一步巩固。公司凭借高纯石英砂规模化量产技术，进一步巩固了公司石英产业链前端优势，高纯石英砂国产化进程显著加快，是公司核心竞争优势之一，公司产业链愈加稳固、市场竞争优势愈发凸显。

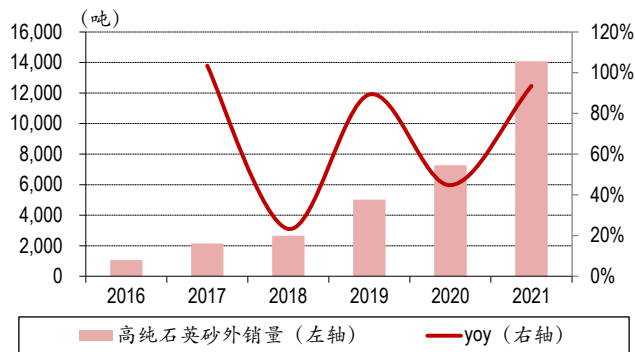
图表 74. 公司高纯石英砂领域核心技术

技术名称	简单描述	技术来源
高纯石英砂提纯技术	公司已形成了一套具有自主知识产权、自主创新和国际先进水平的高纯石英砂生产工艺，可把高纯石英砂的杂质含量降低到 5ppm 以下，填补了国内高纯石英砂空白。产品已被国内多家单晶硅石英坩埚企业使用，效果良好；打破国际厂商垄断的局面，满足了国内光伏行业需求	自主研发
光通讯石英坩埚用精细石英砂的研发	通过气炼或等离子法熔炼工艺生产石英坩，对石英砂的粒度要求十分严格。石英坩是通过二步法生产石英管/棒的前躯体，用二步法生产的石英管棒广泛应用于光纤制造行业。本项目旨在通过研发，生产出适合用于制造石英坩埚的精细高纯石英砂	自主研发
特种高纯石英砂技术	通过添加单元素或多元素技术，提高高纯石英砂的特殊性能，已研制出具有特殊性能的高纯石英砂	自主研发

资料来源：公司可转债说明书，中银证券

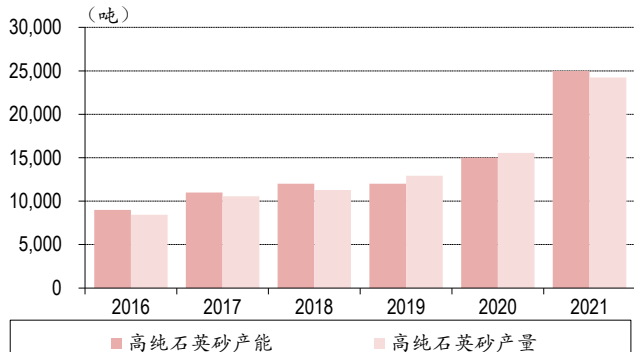
高纯石英砂外销量快速增长，扩产速度加快：受益于光伏单晶坩埚需求的景气，公司高纯石英砂外销量快速增长，2016-2021 年均复合增速达到 67.75%。2021 年公司高纯石英砂外销量达到 14,067 吨，同比增长 93.44%。公司同时加速扩产高纯石英砂产能，目前 20,000 吨/年高纯石英砂二期项目全面建成。近期公司与江苏省赣榆经济开发区管委会签订《投资协议书》，拟投资额 3.3 亿元建设年产 15,000 吨高纯石英砂项目。

图表 75. 公司高纯石英砂外销量及增速



资料来源：公司可转债说明书、公司公告，中银证券

图表 76. 公司高纯石英砂产能和产量



资料来源：公司可转债说明书、公司公告，中银证券

收购强邦石英，进一步整合资源：近期与连云港强邦石英制品有限公司及其股东段井强先生、段井邦先生签署《股权转让协议》。根据合同约定，公司计划以自有资金 5,100 万元受让段井强先生及段井邦先生合计持有的强邦石英 51% 的股权。本次交易后，强邦石英将成为公司的控股子公司。收购完成后，公司能够对强邦现有生产经营、技术研发、市场渠道融合、运营管理等进一步整合，充分发挥公司在高纯石英砂领域的既有优势，做强、做优公司石英上游产业链条。

连熔技术创新发展，半导体客户认证持续突破

高端石英管棒技术壁垒较高：生产高端石英管棒的核心技术主要体现在两方面，一方面需要高纯度的石英砂原料，高纯石英砂提纯工艺十分复杂、技术水平要求高，全球仅有少量几家石英企业掌握该技术，同行业公司进入该业务领域的壁垒较高；另一方面生产石英制品需要系统的连熔法等生产工艺，该等生产工艺的应用除了需要先进的生产设备，还需要长时间的经验与技术积累，因此，行业竞争对手进入高端石英制品领域所需的技术水平、研发积累等壁垒较高。

全产业链布局，成本优势显著：公司作为国内仅有的具备高纯石英砂提纯技术、并可量产高纯石英砂的企业，其生产的高纯石英砂可满足高端石英制品的原料需求，使公司具有明显的原料成本优势。此外，行业里具备完整产业链布局的企业仅此一家，公司掌握较强行业话语权。

连熔生产技术创新发展，始终保持行业领先：公司在连熔生产工艺技术上通过创新发展，目前已成功研制出了利用连熔技术制备的光纤预制棒用石英套管，其质量、纯度及稳定性已达到国际一流标准，已成为行业连熔技术发展的标杆。公司生产的石英筒、石英套管等产品，具备更加优质稳定的品质，成本更具竞争优势，领先的连熔生产工艺成为公司核心竞争优势之一，进一步增强了公司优势产品的综合竞争实力。

图表 77. 公司石英管棒领域核心技术

技术名称	简单描述	技术来源
高纯度大直径石英棒	主要用于光通讯行业，目前市场需求较大，产品附加值非常高，一直为国外企业垄断，公司已研发出直径 30mm 以上石英棒	自主研发
石英套管	用连熔工艺制备的光纤预制棒用石英套管，是光棒生产中的核心材料	自主研发
大口径石英管	目前国内半导体石英行业所用的大口径石英管主要依赖于进口，价格昂贵。公司自主研发了直径在 400mm 以上的大口径石英管可取代进口大口径石英管	自主研发

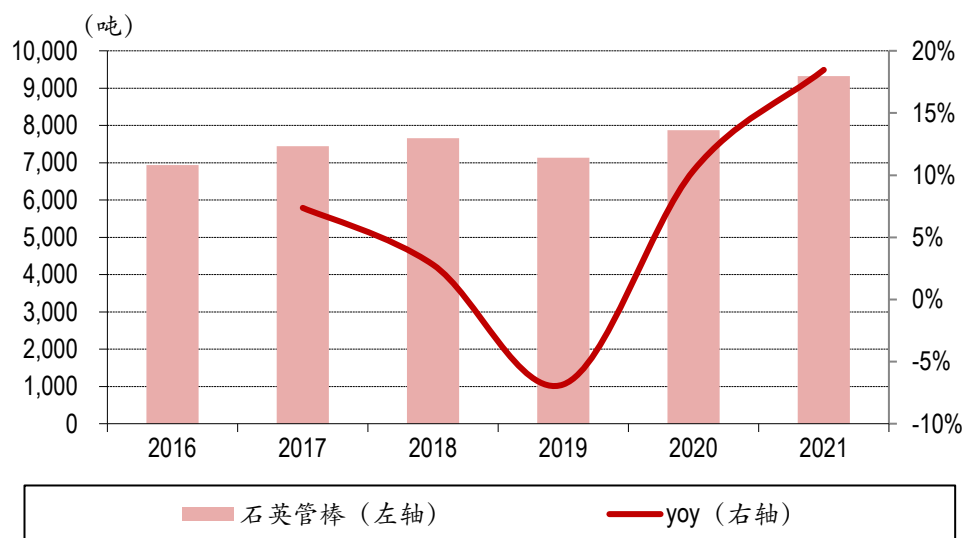
资料来源：公司可转债说明书，中银证券

光纤客户资源优质：经多年发展，公司已成为国内光纤石英棒行业的龙头，品牌知名度位居行业前列，客户认知度较高，国际影响力不断提升，重要客户包括光纤行业的信越光纤、亨通光电、中天科技等，客户资源丰富，下游客户合作关系稳定。

不断突破半导体石英产品国际认证，高端石英市场份额不断扩大：公司半导体领域用石英系列产品陆续通过了日本东京电子株式会社（TEL）扩散和刻蚀领域官方认证，成为全球少数通过 TEL 高温扩散领域认证的原材料供应商，实现了国产石英材料零的突破；特别是高温扩散领域认证，由于该认证技术难度大、认证门槛高、认证程序复杂等特点，短期内难以有新的进入者。随着公司认证的逐步推进，又通过了美国拉姆研究（LamResearch）刻蚀环节的国际认证；美国应用材料（AMAT）认证也陆续取得阶段性成果，日本及国内其他国际知名半导体厂商认证也处于快速推进中。半导体产品认证的逐步通过，使得公司在国际高端半导体石英材料应用市场的份额进一步扩大。

石英管棒出货量稳定增长，新增产能加速落地：公司石英管棒销量稳步提升，2021 年实现石英管棒销量 9326 吨，同比增长 18.47%。公司加速推动石英管棒新增产能落地，6,000 吨/年电子级石英产品项目预计 2022 年 10 月达产；1,800 吨/年的石英碗项目进展顺利，已建成投产。

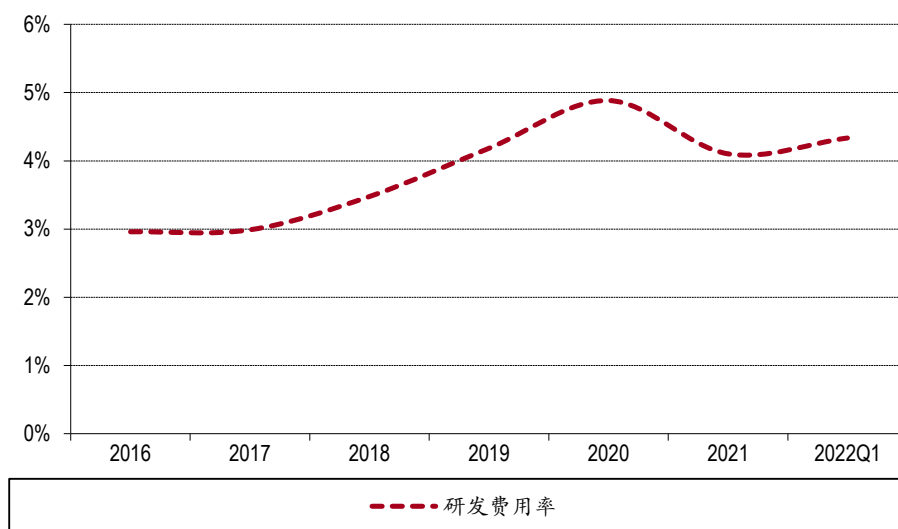
图表 78. 2016-2021 公司石英管棒销量与增速



资料来源：公司可转债说明书、公司公告，中银证券

市场化技术创新激励机制促长期高质量发展：公司把技术创新作为提升核心竞争力的关键，研发费用率常年保持在较高水平。在以市场为导向、以绩效为核心的主导思想下，公司大力鼓励技术人员、管理人员及一线员工开展新产品开发、新设备研究、新工艺革新等技术创新活动，以不断提高生产效率，提升产品品质。

图表 79. 2016-2021 公司研发费用率



资料来源：公司可转债说明书，中银证券

图表 80. 公司技术研发与激励制度

研发制度	具体内容
领导责任制	为不断完善技术开发制度，公司加强主要领导负责制，大力提高企业各级领导对技术创新的支持力度，在广大员工中树立积极开展技术创新的理念。
创新激励	公司鼓励员工和技术人员改进产品工艺流程。在薪酬、奖金方面鼓励员工进行科技创新，同时还鼓励岗位创新，对各种创新建议进行有效采集，无论采纳与否均给予一定比例的奖励，极大地鼓舞了全员参与创新的热情。
竞争机制	在人才的使用上引入竞争机制，实行课题负责制，根据课题完成的程度和质量进行产品开发奖的分配，激发科技人员的研发潜能。
学习机制	经常组织技术人员参加石英相关设备展览会和石英管技术交流会，提高了研发项目的科技含量和技术水平。

资料来源：公司可转债说明书，中银证券

盈利预测与估值

关键假设：

- 1) 考虑公司产能规划和石英管棒下游需求情况，预计公司 2022-2024 年分别实现石英管棒销量 11,191 吨、13,206 吨、15,186 吨，业务结构优化促进毛利率稳中有升。
- 2) 考虑下游硅片产能扩张节奏、石英砂行业供需关系和竞争格局，预计公司 2022-2024 年分别实现高纯石英砂销量 29,710 吨、42,678 吨、54,047 吨，毛利率随产品价格上涨有所提升。

图表 81. 公司主营业务营业收入与毛利率预测

	2022E	2023E	2024E
石英管棒			
销量 (吨)	11,191.20	13,205.62	15,186.46
同比增长	20.00	18.00	15.00
收入 (百万元)	762.59	923.22	1,088.59
同比增长	22.01	21.06	17.91
毛利率	41.15	42.50	43.78
高纯石英砂			
销量 (吨)	29,710.32	42,678.17	54,046.55
同比增长	211.30	43.65	26.64
收入 (百万元)	972.82	1,586.27	1,817.49
同比增长	222.22	63.06	14.58
毛利率	69.83	72.96	69.97
石英坩埚			
收入 (百万元)	24.78	12.39	5.31
同比增长	48.12	-50.00	-57.14
毛利率	20.00	16.00	14.00
其他主营业务			
收入 (百万元)	18.73	20.60	22.66
同比增长	10.00	10.00	10.00
毛利率	50.00	50.00	50.00
合计			
营业收入 (百万元)	1778.91	2542.48	2934.05
同比增长	85.17	42.92	15.40
综合毛利率	56.63	61.44	59.99

资料来源：公司公告，万得，中银证券

盈利预测：我们预计公司 2022-2024 年实现营业收入 17.79 亿元、25.42 亿元、29.34 亿元，同比增长 85.17%、42.92%、15.40%；归属于上市公司股东的净利润分别为 6.21 亿元、10.12 亿元、11.83 亿元，同比增长 121.16%、62.81%、16.94%；在当前股本下，每股收益分别为 1.76 元、2.87 元、3.35 元。

相对估值：我们选取同为石英制品领先企业的菲利华作为可比公司进行估值比较。根据 2022 年 5 月 25 日收盘价，公司 2022 年预测盈利对应市盈率 45.00 倍，高于菲利华的市盈率水平，考虑到公司在高纯石英砂方面的研发与量产优势，公司估值水平体现了市场对公司在石英砂供应环节的稀缺性给予的合理溢价。

图表 82. 可比上市公司估值比较

证券简称	证券代码	最新股价 (元)	流通市值 (亿元)	总市值 (亿元)	每股收益 (元)			市盈率 (倍)			市净率 (倍)	评级
					2021A	2022E	2023E	2021A	2022E	2023E		
菲利华	300395.SZ	52.79	165.95	178.40	1.10	1.47	2.01	47.99	35.91	26.26	6.93	未有评级
石英股份	603688.SH	79.18	279.63	279.63	0.80	1.76	2.86	99.52	45.00	27.64	12.44	增持

资料来源：万得，中银证券

注：股价与市值截止日 2022 年 5 月 25 日；市净率均由上市公司最新一期净资产计算得出；未有评级公司盈利预测来自万得一致预期

投资建议：公司领衔高端石英材料与加工领域国产替代，已具备高纯石英砂量产能力，光纤半导体业务持续突破，后续有望受益于光伏用高纯石英砂需求快速增长，加速扩产有望助力销量增长；首次覆盖给予**增持**评级。

风险提示

光伏政策风险：目前光伏行业整体景气度与行业政策的导向密切相关，如政策方面出现不利变动，可能影响光伏行业整体需求，从而对公司整体盈利能力造成压力。

产品价格竞争超预期：高纯石英砂环节产能规模整体较为合理，但如后续扩产幅度超预期，高纯石英砂价格亦有超预期下降的可能，可能对公司盈利能力造成不利影响。

下游扩产需求低于预期：高纯石英砂行业业绩与下游硅片厂商扩产体量紧密相关，如扩产需求低于预期，则将对公司中短期业绩产生负面影响。

国际贸易摩擦风险：海外原矿是公司重要的原材料，如后续国际贸易摩擦超预期升级，可能会对公司的销售规模产生不利影响。

技术迭代风险：合成石英砂可用作天然高纯石英砂的替代品，如果合成石英砂的技术超预期发展或成本超预期下降，将对公司的盈利产生负面影响。

疫情影响超预期：新型冠状病毒肺炎疫情尚未结束，如疫情持续或出现反弹，可能因人流、物流受限导致公司生产规模下降，从而对盈利造成影响。

损益表(人民币 百万)

年结日: 12月31日	2020	2021	2022E	2023E	2024E
销售收入	646	961	1,779	2,542	2,934
销售成本	(389)	(532)	(789)	(1,005)	(1,202)
经营费用	(42)	(88)	(185)	(249)	(241)
息税折旧前利润	215	341	805	1,288	1,491
折旧及摊销	(59)	(67)	(110)	(143)	(165)
经营利润(息税前利润)	156	274	696	1,146	1,326
净利息收入/(费用)	(1)	3	2	5	17
其他收益/(损失)	76	45	15	23	33
税前利润	216	319	710	1,169	1,367
所得税	(28)	(38)	(85)	(152)	(178)
少数股东权益	0	0	3	5	6
净利润	188	281	621	1,012	1,183
核心净利润	189	281	621	1,012	1,183
每股收益(人民币)	0.533	0.796	1.760	2.865	3.350
核心每股收益(人民币)	0.534	0.795	1.759	2.865	3.350
每股股息(人民币)	0.170	0.239	0.545	0.888	1.039
收入增长(%)	4	49	85	43	15
息税前利润增长(%)	(8)	76	154	65	16
息税折旧前利润增长(%)	(3)	58	136	60	16
每股收益增长(%)	10	49	121	63	17
核心每股收益增长(%)	10	49	121	63	17

资料来源: 公司公告, 中银证券预测

现金流量表(人民币 百万)

年结日: 12月31日	2020	2021	2022E	2023E	2024E
税前利润	216	319	710	1,169	1,367
折旧与摊销	59	67	110	143	165
净利息费用	3	(0)	1	(1)	(8)
运营资本变动	(60)	(205)	(130)	(97)	(5)
税金	(28)	(38)	(85)	(152)	(178)
其他经营现金流	(158)	(99)	(239)	(52)	(234)
经营活动产生的现金流	33	44	367	1,010	1,107
购买固定资产净值	52	88	340	260	160
投资减少/增加	95	15	15	20	30
其他投资现金流	20	(278)	(676)	(520)	(320)
投资活动产生的现金流	167	(175)	(321)	(240)	(130)
净增权益	(60)	(84)	(193)	(314)	(367)
净增债务	0	1	334	(234)	0
支付股息	60	84	193	314	367
其他融资现金流	15	(63)	(213)	(313)	(359)
融资活动产生的现金流	15	(62)	121	(547)	(359)
现金变动	215	(193)	166	223	618
期初现金	168	382	189	356	578
公司自由现金流	200	(131)	45	770	977
权益自由现金流	203	(130)	380	535	969

资料来源: 公司公告, 中银证券预测

资产负债表(人民币 百万)

年结日: 12月31日	2020	2021	2022E	2023E	2024E
现金及现金等价物	382	189	356	578	1,196
应收帐款	151	214	369	465	497
库存	306	360	583	615	820
其他流动资产	26	34	55	59	78
流动资产总计	1,304	1,469	2,044	2,401	3,278
固定资产	636	722	945	1,055	1,044
无形资产	76	78	86	93	100
其他长期资产	141	162	158	158	158
长期资产总计	853	961	1,188	1,306	1,301
总资产	2,174	2,447	3,247	3,722	4,594
应付帐款	65	83	136	142	191
短期债务	0	0	316	50	50
其他流动负债	27	46	48	47	48
流动负债总计	92	129	499	239	289
长期借款	108	113	131	163	163
其他长期负债	27	24	24	24	24
股本	353	353	353	353	353
储备	1,574	1,808	2,237	2,935	3,751
股东权益	1,927	2,161	2,590	3,288	4,104
少数股东权益	0	0	3	8	14
总负债及权益	2,174	2,447	3,247	3,722	4,594
每股帐面价值(人民币)	5.46	6.12	7.33	9.31	11.62
每股有形资产(人民币)	5.24	5.90	7.09	9.05	11.34
每股净负债/(现金)(人民币)	(1.08)	(0.54)	(0.06)	(1.35)	(3.10)

资料来源: 公司公告, 中银证券预测

主要比率(%)

年结日: 12月31日	2020	2021	2022E	2023E	2024E
盈利能力					
息税折旧前利润率(%)	33.3	35.5	45.3	50.7	50.8
息税前利润率(%)	24.1	28.5	39.1	45.1	45.2
税前利润率(%)	33.5	33.2	39.9	46.0	46.6
净利率(%)	29.1	29.2	34.9	39.8	40.3
流动性					
流动比率(倍)	14.2	11.4	4.1	10.0	11.3
利息覆盖率(倍)	n.a.	2,207.0	416.7	528.1	1,326.3
净权益负债率(%)	净现金	净现金	3.5	净现金	净现金
速动比率(倍)	10.9	8.6	2.9	7.5	8.5
估值					
市盈率(倍)	148.7	99.5	45.0	27.6	23.6
核心业务市盈率(倍)	148.3	99.6	45.0	27.6	23.6
市净率(倍)	14.5	12.9	10.8	8.5	6.8
价格/现金流(倍)	854.1	633.8	76.3	27.7	25.3
企业价值/息税折旧前利润(倍)	128.2	81.5	34.7	21.3	18.0
周转率					
存货周转天数	246.7	228.3	218.1	217.6	217.9
应收帐款周转天数	91.1	69.5	59.8	59.8	59.8
应付帐款周转天数	34.0	28.2	22.5	20.0	20.7
回报率					
股息支付率(%)	31.9	30.0	31.0	31.0	31.0
净资产收益率(%)	10.9	13.7	26.2	34.4	32.0
资产收益率(%)	6.6	10.4	21.5	28.6	27.7
已运用资本收益率(%)	2.4	3.3	5.8	7.7	7.5

资料来源: 公司公告, 中银证券预测

披露声明

本报告准确表述了证券分析师的个人观点。该证券分析师声明，本人未在公司内、外部机构兼任有损本人独立性与客观性的其他职务，没有担任本报告评论的上市公司的董事、监事或高级管理人员；也不拥有与该上市公司有关的任何财务权益；本报告评论的上市公司或其它第三方都没有或没有承诺向本人提供与本报告有关的任何补偿或其它利益。

中银国际证券股份有限公司同时声明，将通过公司网站披露本公司授权公众媒体及其他机构刊载或者转发证券研究报告有关情况。如有投资者于未经授权的公众媒体看到或从其他机构获得本研究报告的，请慎重使用所获得的研究报告，以防止被误导，中银国际证券股份有限公司不对其报告理解和使用承担任何责任。

评级体系说明

以报告发布日后公司股价/行业指数涨跌幅相对同期相关市场指数的涨跌幅的表现为基准：

公司投资评级：

买入：预计该公司股价在未来 6-12 个月内超越基准指数 20%以上；
增持：预计该公司股价在未来 6-12 个月内超越基准指数 10%-20%；
中性：预计该公司股价在未来 6-12 个月内相对基准指数变动幅度在-10%-10%之间；
减持：预计该公司股价在未来 6-12 个月内相对基准指数跌幅在 10%以上；
未有评级：因无法获取必要的资料或者其他原因，未能给出明确的投资评级。

行业投资评级：

强于大市：预计该行业指数在未来 6-12 个月内表现强于基准指数；
中性：预计该行业指数在未来 6-12 个月内表现基本与基准指数持平；
弱于大市：预计该行业指数在未来 6-12 个月内表现弱于基准指数；
未有评级：因无法获取必要的资料或者其他原因，未能给出明确的投资评级。

沪深市场基准指数为沪深 300 指数；新三板市场基准指数为三板成指或三板做市指数；香港市场基准指数为恒生指数或恒生中国企业指数；美股市场基准指数为纳斯达克综合指数或标普 500 指数。

风险提示及免责声明

本报告由中银国际证券股份有限公司证券分析师撰写并向特定客户发布。

本报告发布的特定客户包括：1) 基金、保险、QFII、QDII 等能够充分理解证券研究报告，具备专业信息处理能力的中银国际证券股份有限公司的机构客户；2) 中银国际证券股份有限公司的证券投资顾问服务团队，其可参考使用本报告。中银国际证券股份有限公司的证券投资顾问服务团队可能以本报告为基础，整合形成证券投资顾问服务建议或产品，提供给接受其证券投资顾问服务的客户。

中银国际证券股份有限公司不得以任何方式或渠道向除上述特定客户外的公司个人客户提供本报告。中银国际证券股份有限公司的个人客户从任何外部渠道获得本报告的，亦不应直接依据所获得的研究报告作出投资决策；需充分咨询证券投资顾问意见，独立作出投资决策。中银国际证券股份有限公司不承担由此产生的任何责任及损失等。

本报告内含保密信息，仅供收件人使用。阁下作为收件人，不得出于任何目的直接或间接复制、派发或转发此报告全部或部分内容予任何其他人士，或将此报告全部或部分内容发表。如发现本研究报告被私自刊载或转发的，中银国际证券股份有限公司将及时采取维权措施，追究有关媒体或者机构的责任。所有本报告内使用的商标、服务标记及标记均为中银国际证券股份有限公司或其附属及关联公司（统称“中银国际集团”）的商标、服务标记、注册商标或注册服务标记。

本报告及其所载的任何信息、材料或内容只提供给阁下作参考之用，并未考虑到任何特别的投资目的、财务状况或特殊需要，不能成为或被视为出售或购买或认购证券或其它金融票据的要约或邀请，亦不构成任何合约或承诺的基础。中银国际证券股份有限公司不能确保本报告中提及的投资产品适合任何特定投资者。本报告的内容不构成对任何人的投资建议，阁下不会因为收到本报告而成为中银国际集团的客户。阁下收到或阅读本报告须在承诺购买任何报告中所指之投资产品之前，就该投资产品的适合性，包括阁下的特殊投资目的、财务状况及其特别需要寻求阁下相关投资顾问的意见。

尽管本报告所载资料的来源及观点都是中银国际证券股份有限公司及其证券分析师从相信可靠的来源取得或达到，但撰写本报告的证券分析师或中银国际集团的任何成员及其董事、高管、员工或其他任何个人（包括其关联方）都不能保证它们的准确性或完整性。除非法律或规则规定必须承担的责任外，中银国际集团任何成员不对使用本报告的材料而引致的损失负任何责任。本报告对其中所包含的或讨论的信息或意见的准确性、完整性或公平性不作任何明示或暗示的声明或保证。阁下不应单纯依靠本报告而取代个人的独立判断。本报告仅反映证券分析师在撰写本报告时的设想、见解及分析方法。中银国际集团成员可发布其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告，亦有可能采取与本报告观点不同的投资策略。为免生疑问，本报告所载的观点并不代表中银国际集团成员的立场。

本报告可能附载其它网站的地址或超级链接。对于本报告可能涉及到中银国际集团本身网站以外的资料，中银国际集团未有参阅有关网站，也不对它们的内容负责。提供这些地址或超级链接（包括连接到中银国际集团网站的地址及超级链接）的目的，纯粹为了阁下的方便及参考，连结网站的内容不构成本报告的任何部份。阁下须承担浏览这些网站的风险。

本报告所载的资料、意见及推测仅基于现状，不构成任何保证，可随时更改，毋须提前通知。本报告不构成投资、法律、会计或税务建议或保证任何投资或策略适用于阁下个别情况。本报告不能作为阁下私人投资的建议。

过往的表现不能被视作将来表现的指示或保证，也不能代表或对将来表现做出任何明示或暗示的保障。本报告所载的资料、意见及预测只是反映证券分析师在本报告所载日期的判断，可随时更改。本报告中涉及证券或金融工具的价格、价值及收入可能出现上升或下跌。

部分投资可能不会轻易变现，可能在出售或变现投资时存在难度。同样，阁下获得有关投资的价值或风险的可靠信息也存在困难。本报告中包含或涉及的投资及服务可能未必适合阁下。如上所述，阁下须在做出任何投资决策之前，包括买卖本报告涉及的任何证券，寻求阁下相关投资顾问的意见。

中银国际证券股份有限公司及其附属及关联公司版权所有。保留一切权利。

中银国际证券股份有限公司

中国上海浦东
银城中路 200 号
中银大厦 39 楼
邮编 200121
电话: (8621) 6860 4866
传真: (8621) 5888 3554

相关关联机构：

中银国际研究有限公司

香港花园道一号
中银大厦二十楼
电话: (852) 3988 6333
致电香港免费电话：
中国网通 10 省市客户请拨打：10800 8521065
中国电信 21 省市客户请拨打：10800 1521065
新加坡客户请拨打：800 852 3392
传真: (852) 2147 9513

中银国际证券有限公司

香港花园道一号
中银大厦二十楼
电话: (852) 3988 6333
传真: (852) 2147 9513

中银国际控股有限公司北京代表处

中国北京市西城区
西单北大街 110 号 8 层
邮编: 100032
电话: (8610) 8326 2000
传真: (8610) 8326 2291

中银国际(英国)有限公司

2/F, 1 Lothbury
London EC2R 7DB
United Kingdom
电话: (4420) 3651 8888
传真: (4420) 3651 8877

中银国际(美国)有限公司

美国纽约市美国大道 1045 号
7 Bryant Park 15 楼
NY 10018
电话: (1) 212 259 0888
传真: (1) 212 259 0889

中银国际(新加坡)有限公司

注册编号 199303046Z
新加坡百得利路四号
中国银行大厦四楼(049908)
电话: (65) 6692 6829 / 6534 5587
传真: (65) 6534 3996 / 6532 3371