



连城数控 835368.BJ

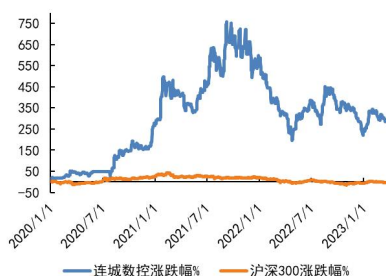
光伏硅片业务持续向上，平台化布局多元发展

基础数据：

截至 2023 年 3 月 20 日

当前股价	57.95 元
投资评级	买入
评级变动	首次覆盖
总股本	1.21 亿股
流通股本	1.21 亿股
总市值	136 亿元
流动市值	136 亿元

相对市场表现：



分析师：

分析师 黄文忠

huangwenzhong@gwgsc.com

执业证书编号：S0200514120002

联系电话：010-68080680

研究助理 刘然

liuran@gwgsc.com

执业证书编号：S0200121070007

联系电话：010-68099389

公司地址：

北京市丰台区凤凰嘴街2号院1号楼中国长城资产大厦12层

主要观点：

◆**掌握硅片核心技术，平台化布局羽翼渐丰。**公司成立于2007年，是光伏领域最早从事专业切割设备研发制造的国内公司，2013年通过收购美国斯必克旗下凯克斯单晶炉事业部，完成了对光伏及半导体领域单晶炉的业务布局。连城数控以核心的长晶技术和线切技术为依托，横向拓展半导体、碳化硅和蓝宝石长晶设备与切割设备，纵向延伸光伏电池和组件核心装备以及焊带、碳碳复材等核心辅材耗材。

◆**隆基开启新扩产周期。**2022年8月25日和2023年1月18日，隆基绿能分别公告建设鄂尔多斯年产46GW单晶硅棒和切片项目和年产100GW单晶切片项目。按照单晶炉单位投资成本1.2亿元/GW，切片设备单位投资成本0.6亿元/GW计算，隆基上述扩产项目的设备采购成本约为142.8亿元。根据连城数控的公告，预计2023年与隆基绿能的关联交易额为46.76亿元，占公司2022年营业收入的124.00%。

◆**非隆基客户扩产力度不减，新订单有望保持增长。**根据我们统计，2022年各硅片企业规划的扩产规模约为220.32GW，但受到硅料价格高位运行及一些外部影响，2022年实际扩产规模将小于这一数值，部分扩产会延后至2023年。目前，除隆基外的硅片企业仍有311GW拉棒+137GW切片的规划（在建）产能，我们判断2023年行业扩产不会出现明显下滑。2021年来自隆基的营收占比显著下降表明公司独立性在增强。连城数控在2021年的主要非隆基客户中，双良节能、华耀光电、宇泽半导体、高景太阳能都有较大的产能规划，我们认为连城数控未来的非隆基订单将较快增长。

◆**受益电池技术迭代，ALD设备具有较强成长潜力。**ALD设备主要应用于PERC和TOPCon电池表面 Al_2O_3 钝化层沉积、TOPCon电池隧穿氧化层的沉积以及XBC类电池相应膜层的沉积。对于BC类电池，若双面沉积 $AlOx$ 薄膜，对于ALD设备的需求量较PERC翻倍。2023



年3月19日，连城数控官微发布公告，公司取得行业龙头客户20GW TOPCon 电池 ALD 设备全部订单。连城数控 ALD 设备在未来有望快速放量。

◆**串焊机差异化竞争，未来重要增长极。**传统串焊机是用焊带将电池片的前表面和背表面依次串联，而 BC 类电池电极均在背面栅线采用直线连接。低温工艺、防止翘曲是 BC 电池串焊机与传统串焊机的主要区别点。BC 类电池由于特殊的结构和工艺，与传统串焊机不能兼容，传统串焊机厂商在这一领域并无绝对优势。连城数控选择进入这一领域，有较好的先发优势。目前爱旭股份和隆基绿能分别有 16.5GW 和 33GW 背结触电池产能规划，随着规划产能的逐步落地，连城数控的串焊机收入有望快速提升。

◆**全国产化设备助力国内硅片产业发展。**根据我们统计国内 8 英寸硅片在建/规划产能约为 78 万片/月，12 英寸硅片在建/规划产能约为 201 万片/月。连城数控半导体设备聚焦于长晶与切片环节。KX360MCZ 是连城数控新一代 300 毫米半导体单晶炉，采用凯克斯最先进的技术，配备 4000 高斯超导磁场，能够实现硬件、软件的全部国产。2022 年 7 月连城使用 KX360MCZ 成功生长出 12 英寸半导体级单晶硅棒。

◆**国内 SiC 产能建设提速，连城已取得批量订单。**根据我们的统计，目前国内头部公司规划/在建的碳化硅衬底产能合计达到了 202 万片。此外一些非上市公司如中科钢研、同光科技、国宏中能等也有产能规划。根据公司 2021 年年报，感应式长晶炉和电阻炉均已研发完成，其中感应长晶炉在客户处验证，电阻炉已实现小批量订单。根据 2022 年 5 月 13 日业绩交流会的内容，公司碳化硅生长炉已在客户处稳定试用，有客户已追加订单，会根据客户的实际需求进行产品的批量交付。

◆**焊带业务处于导入阶段，毛利率具有较大提升空间。**2022 上半年连城数控辅材业务实现营业收入 2.11 亿元，以焊带业务为主，毛利率仅为 0.31%，远低于同业的宇邦新材与同享科技毛利率水平。我们认为连城数控焊带业务处于由研发向市场导入的初期，受到良率、稼动率等因素影响，当前毛利率水平并不能代表业务成熟以后的水平，未来



毛利率有较大提升空间。

投资建议：

我们预计公司 2022-2024 年的净利润分别为 4.47 亿元、8.66 亿元、10.62 亿元，EPS 分别为 1.92 元、3.71 元、4.55 元，对应 P/E 分别为 30.43 倍、15.71 倍、12.81 倍。我们认为 2023 年公司长晶设备收入有望较快增长，电池设备、组件设备以及碳化硅设备将会逐步放量，公司估值仍有一定上升空间，因此首次覆盖给予其“买入”评级。

风险提示：

光伏硅片扩产不及预期；电池设备及组件设备收入增长不及预期；碳化硅扩产规模低于预期；董事长涉嫌内幕交易。

主要财务数据及预测：

	2021	2022E	2023E	2024E
营业收入（百万元）	2,040.12	3,771.28	5,959.20	7,889.50
增长率(%)	9.98	84.86	58.02	32.39
归母净利润（百万元）	346.14	447.21	866.13	1,062.43
增长率(%)	-8.89	29.20	93.67	22.66
EPS（元）	1.48	1.92	3.71	4.55
市盈率（P/E）	39.32	30.43	15.71	12.81
市净率（P/B）	5.45	4.77	3.83	3.09

资料来源：Wind，长城国瑞证券研究所



目 录

1 掌握硅片核心技术，平台化布局羽翼渐丰	8
1.1 长晶设备龙头，横纵双向布局	8
1.2 业绩具备增长潜力，财务状况稳健	10
2 光伏设备：硅片设备有望保持高增速，新业务助力增长	13
2.1 硅片设备：隆基开启新扩产周期，非隆基客户开拓顺利	13
2.1.1 隆基硅片扩产提速，连城业绩有望高增	13
2.1.2 非隆基客户扩产力度不减，新订单有望保持增长	14
2.2 电池设备：受益电池技术迭代，具有较强成长潜力	16
2.3 组件设备：串焊机差异化竞争，未来重要增长极	18
3 半导体设备：半导体硅片受益国产替代，碳化硅设备潜力可期	23
3.1 全国产化设备助力国内硅片产业发展	23
3.2 碳化硅设备：国内 SiC 产能建设提速，连城已取得批量订单	27
3.2.1 新能源汽车、5G 通讯推动碳化硅市场快速增长	27
3.2.2 碳化硅长晶难度大，设备是产能提升关键	31
3.2.3 双技术路线布局，已形成批量订单	33
4 光伏辅材：焊带业务处于导入阶段，毛利率具有较大提升空间	35
5 盈利预测（单位：百万元）	39



图目录

图 1 : 连城数控主要发展历程	8
图 2 : 连城数控“五大事业部”与“七大研发中心”	9
图 3 : 连城数控股权结构	9
图 4 : 2017-2022H1 连城数控营业收入 (亿元)	10
图 5 : 2017-2022 连城数控归母净利润 (亿元)	10
图 6 : 2017-2022 连城数控净利率和毛利率	10
图 7 : 2017-2022 连城数控分产品毛利率	10
图 8 : 2017-2022Q3 连城数控合同负债 (亿元)	11
图 9 : 2017-2022Q3 连城数控应收款项 (亿元)	11
图 10 : 2017-2022Q3 连城数控存货规模 (亿元)	11
图 11 : 2022H1 连城数控应收账款结构 (按组合计)	11
图 12 : 2022H1 连城数控存货结构	11
图 13 : 2017-2022 年负债结构与资产负债率	12
图 14 : 2017-2022 年连城数控流动负债结构 (亿元)	12
图 15 : 光伏设备与连城数控 2022 年涨跌幅 (%)	13
图 16 : 2020 年连城数控营收客户结构	15
图 17 : 2021 年连城数控营收客户结构	15
图 18 : 连城数控 TOPCon 湿法制绒设备 (酸、碱)	16
图 19 : 连城数控 HJT 湿法制绒设备	16
图 20 : 连城数控 ALD 工艺炉设备	16
图 21 : 连城数控 ALD 工艺炉高速导片机	16
图 22 : 原子层沉积技术原理示意图	17
图 23 : 中来光电 TBC 电池结构	18
图 24 : TBC 电池工艺流程	18
图 25 : 组件工艺环节及相应设备	18
图 26 : 传统电池组件结构	19
图 27 : IBC 电池串焊示意图	19
图 28 : 主栅在两侧的 IBC 电池背面栅线形状	19
图 29 : 三维主栅结构	19
图 30 : 导电胶低温焊接示意图	20
图 31 : IBC 电池因应力集中导致翘曲	20
图 32 : IBC 半片焊接示意图	20
图 33 : 隆基 Hi-MO6 组件	21
图 34 : Hi-MO6 组件应用案例	21
图 35 : 2021 年国内新增光伏装机结构	21
图 36 : 2022 年新增光伏装机结构	21
图 37 : 全球各尺寸半导体硅片出货面积占比	23



图 38 : 2015-2021 全球半导体硅片销售额 (亿美元)	23
图 39 : 2020 年全球硅片市场份额	23
图 40 : 半导体硅片生产流程	25
图 41 : 立昂微 8 英寸硅片设备投资构成	26
图 42 : 立昂微 12 英寸硅片设备投资构成	26
图 43 : 连城数控 KX360MCZ 晶体生长炉	26
图 44 : 连城数控半导体切片机	26
图 45 : 碳化硅产业链	28
图 46 : 电动汽车高压系统	28
图 47 : 新能源汽车充电功率与充电时间关系	28
图 48 : 碳化硅功率器件市场规模预测 (亿美元)	29
图 49 : 国内新能源汽车碳化硅衬底需求量 (折合 6 英寸)	29
图 50 : 不同材料微波射频对应的工作范围	30
图 51 : 半绝缘型碳化硅衬底销量预测 (万片)	30
图 52 : 碳化硅衬底生产工艺流程	31
图 53 : 几种常见碳化硅晶型	32
图 54 : 不同碳化硅晶型生长的温度条件	32
图 55 : 感应式加热长晶炉	33
图 56 : 电阻加热长晶炉	33
图 57 : 互连焊带与串联焊带	35
图 58 : 光伏焊带截面	35
图 59 : 宇邦新材焊带单价与铜、锡价格 (元/公斤)	36
图 60 : 2023-2030 年全球光伏装机量预测 (GW)	37
图 61 : 电阻加热长晶炉	37
图 62 : PERC 电池主栅技术市场占比	37
图 63 : TOPCon 电池主栅技术市场占比	37
图 64 : 宇邦新材与同享科技毛利率水平	38

表目录

表 1 : 连城数控主要参控股公司	9
表 2 : 隆基绿能主要规划/在建硅片产能	14
表 3 : 2019-2022 主要硅片企业产能 (晶棒口径, GW)	14
表 4 : 连城主要客户的未来的拉棒扩产计划	15
表 5 : 连城主要客户的未来的切片扩产计划	15
表 6 : 国内背接触电池产能布局情况 (不完全统计)	21
表 7 : 国内 8 英寸半导体硅片产能建设情况 (万片/月)	24
表 8 : 国内 12 英寸半导体硅片产能建设情况 (万片/月)	24
表 9 : 国内半导体长晶、切片设备市场空间测算	27



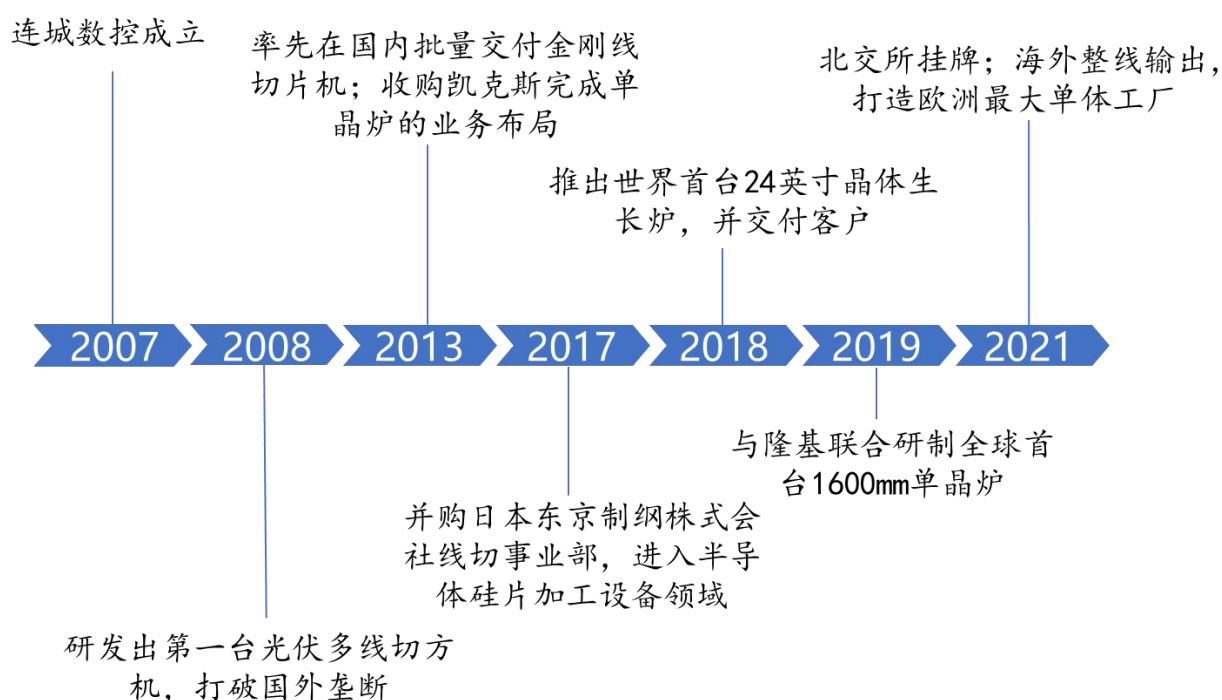
表 10 : 不同半导体材料性能	27
表 11 : 国内碳化硅产能规划情况	31
表 12 : 天岳先进生产良率	32
表 13 : 新能源汽车带来的碳化硅长晶设备市场空间	32
表 14 : 连城数控碳化硅长晶炉研发情况	33
表 15 : 焊带主要技术指标	35
表 16 : 光伏焊带需求量测算	37
表 17 : 宇邦新材焊带单吨毛利测算	38

1 掌握硅片核心技术，平台化布局羽翼渐丰

1.1 长晶设备龙头，纵横双向布局

公司成立于2007年，是光伏领域最早从事专业切割设备研发制造的国内公司，2013年通过收购美国斯必克旗下凯克斯单晶炉事业部，完成了对光伏及半导体领域单晶炉的业务布局。值得注意的是，连城数控对光伏行业两次重要的技术迭代发挥了重要作用：一是金刚线对砂浆的取代。2013年连城数控率先在国内批量交付光伏金刚线切片机，帮助光伏行业整体降低硅片成本。二是单晶硅片对多晶的取代。连城数控是隆基推动单晶取代多晶过程中单晶炉设备的主要供应商，2016年单晶炉市场占有率一度排名第一。2019年连城与隆基合作推出全球首台1600mm单晶炉，可兼容182mm与210mm尺寸硅片，对大尺寸硅片市场化起到了重要作用。

图1：连城数控主要发展历程

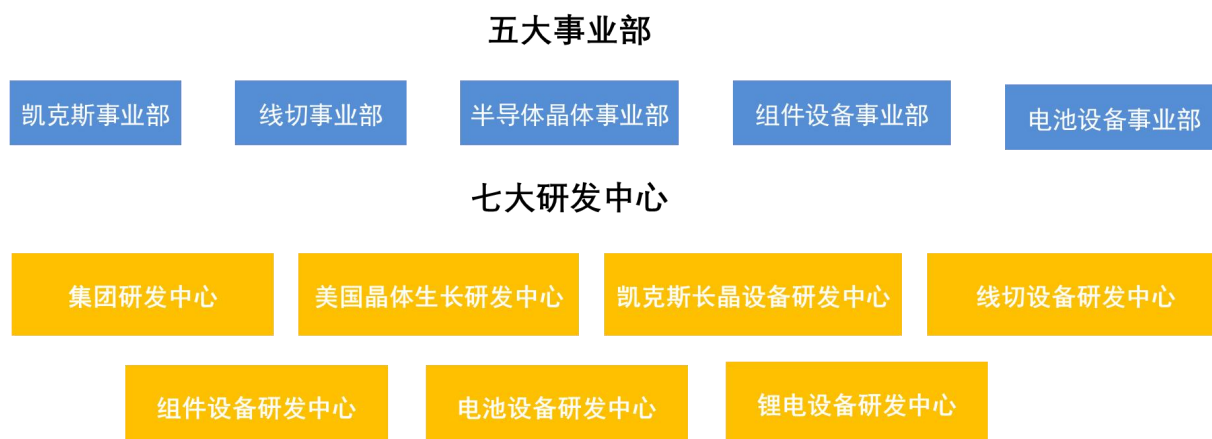


资料来源：公司官网，长城国瑞证券研究所

纵横双向布局，平台化架构成型。连城数控以核心的长晶技术和线切技术为依托，横向拓展半导体、碳化硅和蓝宝石长晶设备与切割设备，纵向延伸光伏电池和组件核心装备以及焊带、碳碳复材等核心辅材耗材。从组织架构上看，连城设有五大事业部和七大研发中心，为横向与纵向拓展提供有力支撑。



图 2：连城数控“五大事业部”与“七大研发中心”



资料来源：公司官网，长城国瑞证券研究所

表 1：连城数控主要参控股公司

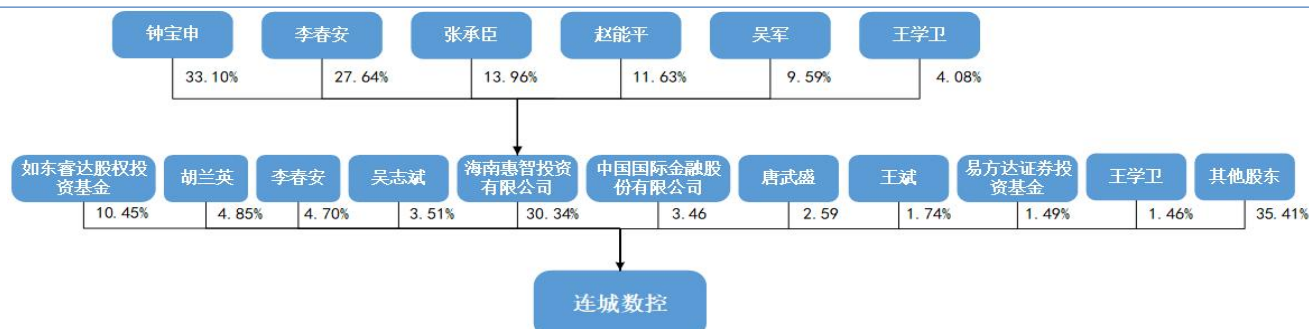
公司名称	公司类型	持股比例	主要业务	营业收入（万元）	净利润（万元）
连城凯克斯科技有限公司	控股子公司	100.00%	光伏及半导体行业晶体硅生长和加工设备的研发、生产和销售	61,971.05	10,486.45
连智（大连）智能科技有限公司	控股子公司	100.00%	光伏自动化设备集成设备的研发、生产和销售	4,020.83	-1,199.86
连城晶体技术公司	控股子公司	100.00%	半导体和光伏行业单晶炉的研发和销售	2,418.63	166.53
江苏连银新材料有限公司	控股子公司	100.00%	新材料技术研发、电子专用材料制造、销售和研发	2,299.66	-476.02
中山市汇创精密科技有限公司	控股子公司	100.00%	机械零件、零部件加工；光伏设备及元器件、通用零部件制造和销售	4,396.74	253.27
上海釜川智能科技股份有限公司	控股子公司	100.00%	半导体和太阳能光伏设备的研发、生产和销售	25,144.12	-583.16
深圳市石金科技股份有限公司	参股公司	21.07%	石墨及碳素产品的研发、生产和销售	7,873.96	908.79

资料来源：公司公告，长城国瑞证券研究所

说明：财务数据为 2022 年中报数据

从股权结构看，公司实际控制人为李春安先生和钟宝申先生，两人通过签署《关于一致行动安排的确认及承诺》成为一致行动人。公司董事长李春安通过海南惠智间接持有公司 8.39% 股权，直接持有公司 4.70% 股权，合计持有 13.09% 股权。钟宝申先生间接持有公司 10.04% 股权。

图 3：连城数控股权结构（截至 2022 年三季度末）

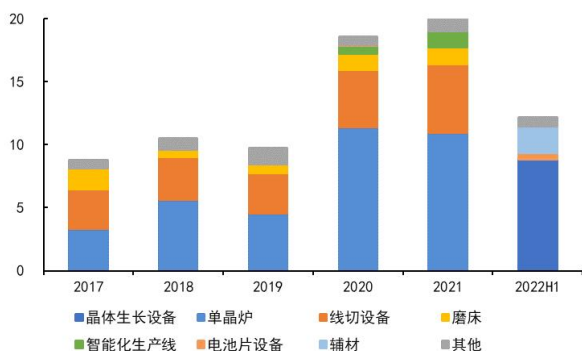


资料来源：Wind，长城国瑞证券研究所

1.2 业绩具备增长潜力，财务状况稳健

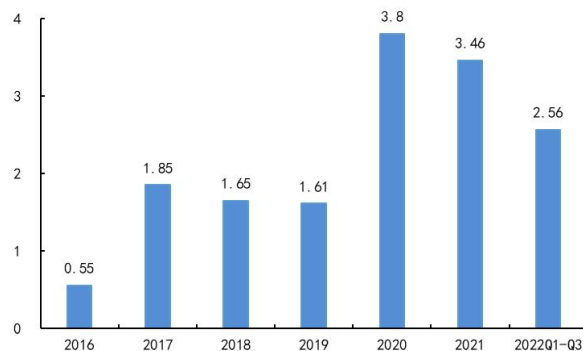
主营业务稳健，新业务实现较快增长。2017-2021 年公司营业收入 CAGR 为 23.50%，2022 Q1-Q3 公司实现营业收入 21.26 亿元，同比增长 87.87%。从收入结构看，单晶炉、线切设备、磨床等晶体生长设备是公司营收的主要部分，同时公司新的业务条线较快增长，2022H1 公司电池片设备实现营业收入 5,348.04 万元，辅材业务实现营业收入 2.11 亿元。

图 4：2017-2022H1 连城数控营业收入（亿元）



资料来源：Wind，长城国瑞证券研究所

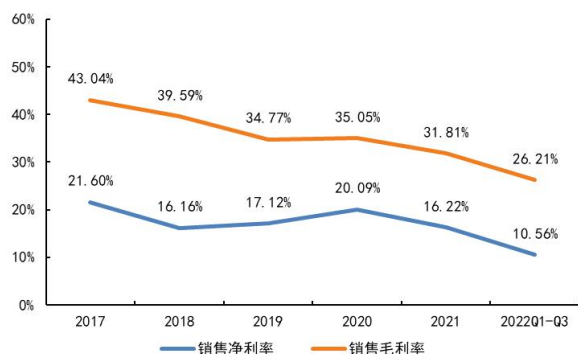
图 5：2017-2022 连城数控归母净利润（亿元）



资料来源：Wind，长城国瑞证券研究所

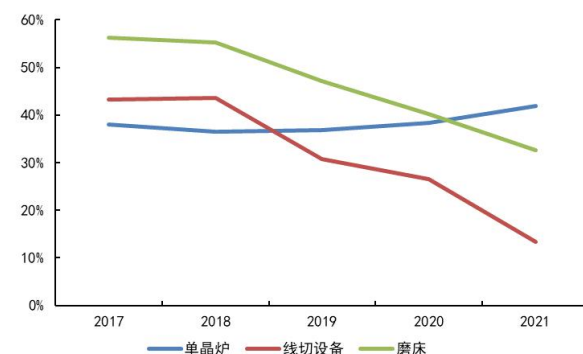
毛利率整体下降，单晶炉毛利率稳中有升。2022Q1-Q3，连城数控销售毛利率为 26.21%，较 2017 年的 43.04% 出现了一定下滑，主要为公司线切设备和磨床设备毛利率下滑导致，随着金刚线切片技术的普及，国内线切设备企业增多，竞争加剧导致公司产品毛利率下降。2021 年公司单晶炉毛利率为 41.94%，呈现逐年上升趋势，表明公司单晶炉具备较强的技术壁垒。

图 6：2017-2022 连城数控净利率和毛利率



资料来源：Wind，长城国瑞证券研究所

图 7：2017-2022 连城数控分产品毛利率

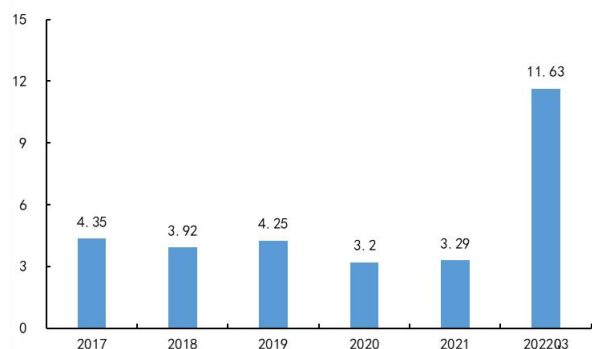


资料来源：Wind，长城国瑞证券研究所

合同负债与应收账款表明公司业绩有望较快增长。截至 2022/9/30，公司合同负债规模为 11.63 亿元，较 2021 年末增长 253.50%，公司应收款项为 13.73 亿元，较 2021 年末增长 67.85%，表明公司营收有望较快增长。截至 2022/9/30，公司存货余额为 31.86 亿元，较 2021 年末增长

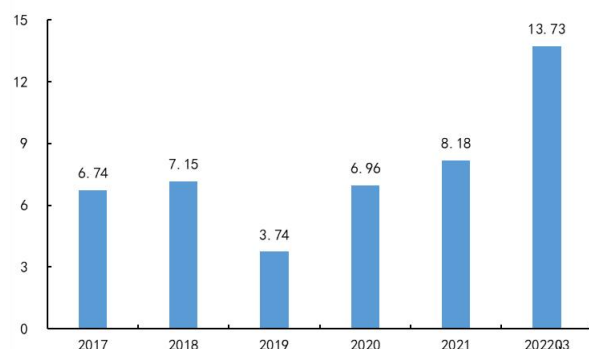
376.23%，主要系合并范围增加且业务规模增长所致，存货的较快增长表明公司为订单积极备货，从侧面印证公司的业绩增长具有逻辑支撑。

图 8：2017-2022Q3 连城数控合同负债（亿元）



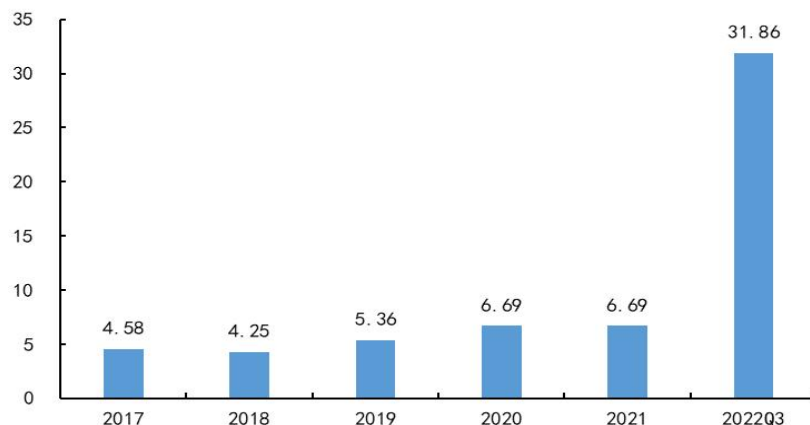
资料来源：Wind，长城国瑞证券研究所

图 9：2017-2022Q3 连城数控应收款项（亿元）



资料来源：Wind，长城国瑞证券研究所

图 10：2017-2022Q3 连城数控存货规模（亿元）



资料来源：Wind，长城国瑞证券研究所

应收账款、存货结构合理，减值风险较小。公司应收账款规模与存货规模虽然快速上涨，但结构较为健康。截至 2022/6/30，连城数控按组合计提坏账准备的应收账款账面余额为 11.10 亿元，账龄在一年以内的账面余额为 9.84 亿元，占比为 88.65%。截至 2022/6/30，连城数控存货账面余额为 22.11 亿元，其中已发出商品与在产品占比分别为 47.81%、36.60%。

图 11：2022H1 连城数控应收账款结构（按组合计）

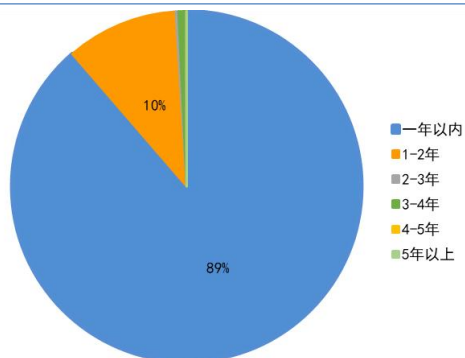
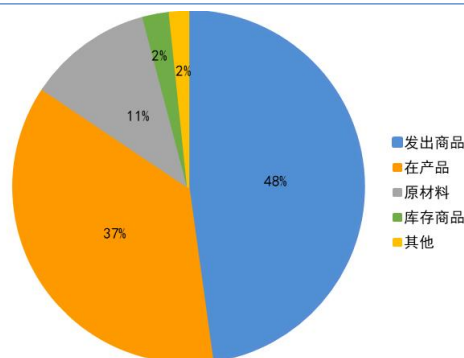


图 12：2022H1 连城数控存货结构

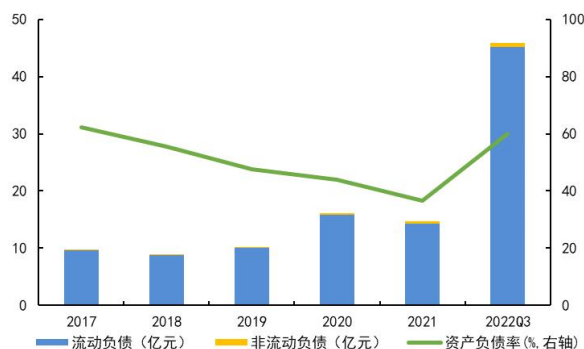


资料来源：Wind，长城国瑞证券研究所

资料来源：Wind，长城国瑞证券研究所

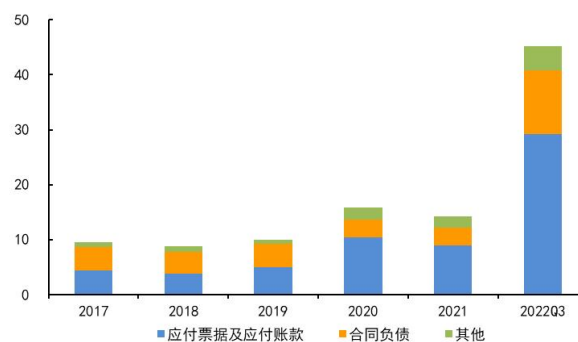
负债结构较好，偿债风险较低。2022Q3 连城数控资产负债率为 60.03%，较 2021 年末的 36.61% 出现较大提升，主要为公司流动负债快速增长导致。截至 2022/9/30，连城数控流动负债为 45.23 亿元，但从结构上看，主要为公司应付票据及账款与合同负债，偿债压力较小。从另一方面看，较快增长的应付账款体现了连城较强的供应链管理能力和。

图 13：2017-2022 年负债结构与资产负债率



资料来源：Wind，长城国瑞证券研究所

图 14：2017-2022 年连城数控流动负债结构（亿元）



资料来源：Wind，长城国瑞证券研究所

2 光伏设备：硅片设备有望保持高增速，新业务助力增长

2.1 硅片设备：隆基开启新扩产周期，非隆基客户开拓顺利

2022 年连城数控跑输光伏设备行业指数 34.41%。市场在过去对连城数控存在两点担忧：一是隆基绿能 2022 年扩产进度受到取消优惠电价影响，不及预期。二是 2022 年为硅片扩产峰值，随着硅片扩产规模进入下行通道，市场担心连城数控的非隆基客户开拓受到影响。从当前情况看，随着隆基和其他硅片厂商扩产计划的公布，以上两点担忧会逐步消散，理由如下：

图 15：光伏设备与连城数控 2022 年涨跌幅（%）



资料来源：Wind，长城国瑞证券研究所

2.1.1 隆基硅片扩产提速，连城业绩有望高增

受取消优惠电价影响，隆基 2022 年扩产不及预期。根据隆基绿能公告，公司原定计划至 2022 年底单晶硅片产能达到 150GW，较 2021 年底 105GW 产能扩张 45GW。2022 年 4 月 1 日，隆基绿能收到云南省发改委通知，取消其在云南省享有的优惠电价政策和措施，自 2021 年 9 月 1 日起，全部用电价格通过电力市场化交易方式形成，直接与电网企业结算。受此影响，隆基绿能在 2022 年中报表示暂停云南各地的后续规划产能。根据我们统计，隆基在云南的规划项目包括丽江三期年产 10GW 单晶硅棒建设项目、曲靖二期年产 20GW 单晶硅棒和 30GW 单晶硅片项目、曲靖年产 30GW 单晶电池项目，以上规划的硅片产能占隆基 2022 年扩产总计划的三分之二。

2023 年隆基扩产加速，连城充分受益。2022 年 8 月 25 日和 2023 年 1 月 18 日，隆基绿能分别公告建设鄂尔多斯年产 46GW 单晶硅棒和切片项目和年产 100GW 单晶切片项目。按照单



晶炉单位投资成本 1.2 亿元/GW，切片设备单位投资成本 0.6 亿元/GW 计算，隆基上述扩产项目的设备采购成本约为 142.8 亿元。根据连城数控的公告，预计 2023 年与隆基绿能的关联交易额为 46.76 亿元，占公司 2022 年营业收入的 124.00%。

表 2：隆基绿能主要规划/在建硅片产能

项目名称	投资额	项目类型	备注
鄂尔多斯年产 46GW 单晶硅棒和切片项目	145.5 亿元	晶棒+切片	预计 2023 年下半年开始投产
年产 100GW 单晶硅片项目及年产 50GW 单晶电池项目	约 452 亿元	切片+电池	预计均为 2024 年 3 季度首线投产，2025 年底达产。

资料来源：公司公告，长城国瑞证券研究所

2.1.2 非隆基客户扩产力度不减，新订单有望保持增长

前面提到市场对于连城的另一点担忧在于 2023 年硅片扩产弱于 2022 年，连城的非隆基客户订单会受到影响。

我们认为：第一，2023 年硅片扩产规模并不会出现显著下滑，行业扩产可能超预期。第二、连城非隆基客户订单基数低，成长潜力大。

根据我们统计，2022 年各硅片企业规划的扩产规模约为 220.32GW，但受到硅料价格高位运行及一些外部影响，2022 年实际扩产规模将小于这一数值，部分扩产会延后至 2023 年。目前，除隆基外的硅片企业仍有 311GW 拉棒+137GW 切片的规划（在建）产能，我们判断 2023 年行业扩产不会出现明显下滑。

表 3：2019-2022 主要硅片企业产能（晶棒口径，GW）

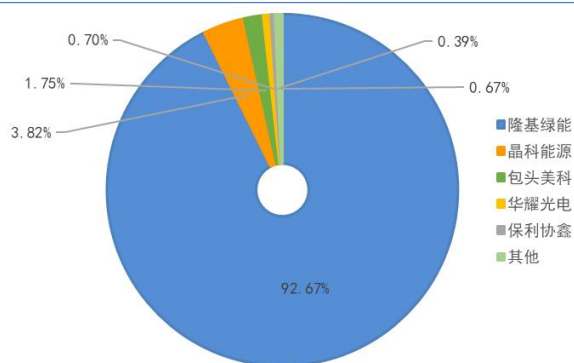
	2019	2020	2021	2022E
中环	33	55	88	140
隆基股份	42	85	105	150
双良节能				20
高景		0	15	30
晶澳	11.5	18.4	32	40
美科		2.34	6.73	17
晶科	15	22	32.5	55
上机数控		20	30	40
通威+天合		0	2	15
锦州阳光	3.45	3.45	3.45	8.5
京运通	2.5	7	20.5	25
阿特斯	1.85	1.85	5.4	20.4
合计	109.3	225.04	350.58	560.9
新增产能		105.74	125.54	220.32

资料来源：公司公告，公司官网，新闻报道，长城国瑞证券研究所



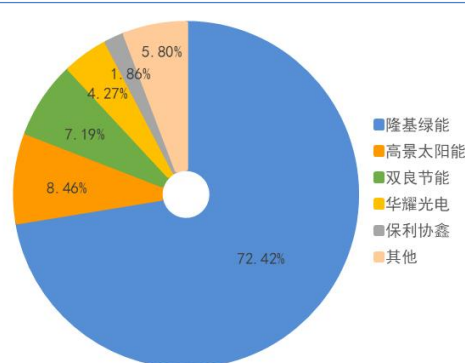
从技术水平上看，凯克斯是世界领先的半导体级和太阳能级单晶炉制造商，在长晶设备领域具有超过 40 年的经验，凯克斯单晶炉帮助隆基成为硅片制造龙头。从客户开拓上看，连城数控先前作为隆基绿能的关联公司，在新用户开拓上收到一些掣肘，但 2021 年来自隆基的营收占比显著下降表明公司独立性在增强。连城在 2021 年的主要非隆基客户中，双良节能、华耀光电、宇泽半导体、高景太阳能都有较大的产能规划，我们预计连城数控未来的非隆基订单将较快增长。

图 16：2020 年连城数控营收客户结构



资料来源：Wind，长城国瑞证券研究所

图 17：2021 年连城数控营收客户结构



资料来源：Wind，长城国瑞证券研究所

表 4：连城数控主要客户的未来拉棒扩产计划

公司	扩厂项目	扩产规模 (GW)	项目状况
双良节能	40GW 单晶硅二期项目	20	预计 2023 年投产
	50GW 大尺寸单晶硅拉晶项目	50	规划
晶澳科技	鄂尔多斯 20GW 拉晶项目	20	2023 年 1 月 19 日签约
高景	西宁（三期）20GW 拉晶项目	20	在建
	宜宾 50GW 单晶硅棒项目	50	2022 年 9 月开工，2023-2024 投产
晶科能源	西宁年产 30GW 单晶拉棒项目（二期）	10	预计 2023-2024 建成
包头美科	包头美科三期 20GW 单晶拉棒项目	20	2022 年 IPO 募投项目，建设周期两年
华耀光电	呼和浩特 12GW 单晶硅片生产项目（二期）	6	预计 2023 年年投产
天合光能	西宁年产 35GW 单晶硅项目（一期）	20	计划于 2023 年年底完成
	西宁年产 35GW 单晶硅项目（二期）	15	计划于 2025 年底完成
宇泽半导体	云南文山 20GW 单晶拉棒项目	20	一期 10GW 2023 年 3 月份投产，二期 10GW 2023 年 7 月投产
	楚雄 20GW 单晶拉棒项目	20	2022 年 10 月签约，预计 2024 年建成
上机数控	包头年产 40GW 单晶拉晶项目（一期）	20	计划 2023 年投产
	包头年产 40GW 单晶拉晶项目（二期）	20	规划
合计		311	

资料来源：公司公告，公司官网，新闻报道，长城国瑞证券研究所

表 5：连城主要客户的未来切片扩产计划

公司	扩厂项目	扩产规模 (GW)	项目状况
晶澳科技	石家庄年产 10GW 切片项目	10	2022 年 12 月公告，建设周期 11 个月

高景	鄂尔多斯 20GW 切片项目	20	2023 年 1 月 19 日签约
	宁晋 5GW 切片项目	5	2022 年 7 月 20 日公告，建设周期 7 个月
	珠海三期 20GW 切片项目	20	在建
	宜宾 30GW 单晶硅片项目	30	2022 年 9 月开工，项目分两期建设
天合光能	西宁 10GW 切片项目（一期）	5	计划于 2023 年年底完成
	西宁 10GW 切片项目（二期）	5	计划于 2025 年底完成
宇泽半导体	云南文山 22GW 切片项目	22	预计 2023 年建成
	楚雄 20GW 切片项目	20	2022 年 10 月签约，预计 2024 年建成
合计		137	

资料来源：公司公告，公司官网，新闻报道，长城国瑞证券研究所

2.2 电池设备：受益电池技术迭代，具有较强成长潜力

连城数控的电池主要为 ALD 设备及湿法制绒设备，其中 ALD 设备由子公司艾华负责，湿法制绒设备由子公司釜川负责。

图 18：连城数控 TOPCon 湿法制绒设备（酸、碱）



图 19：连城数控 HJT 湿法制绒设备



资料来源：公司官网，长城国瑞证券研究所

资料来源：公司官网，长城国瑞证券研究所

图 20：连城数控 ALD 工艺炉设备



图 21：连城数控 ALD 工艺炉高速导片机



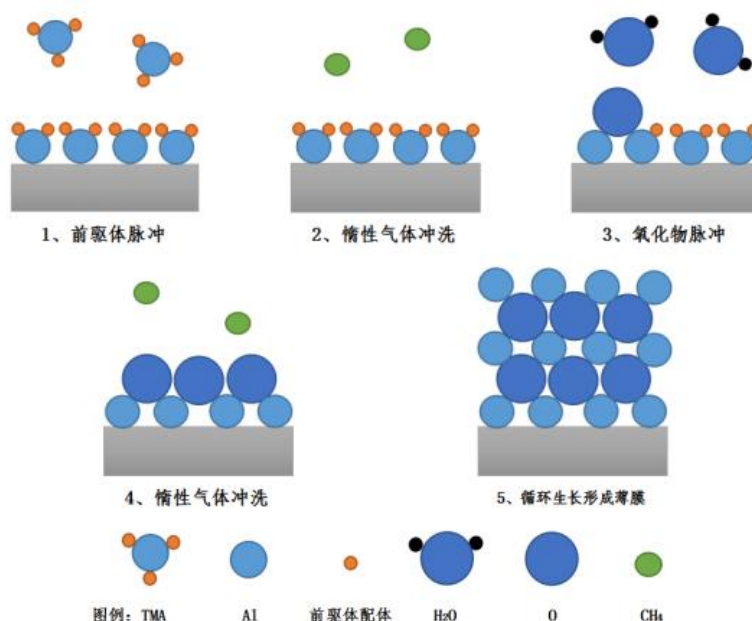
资料来源：公司官网，长城国瑞证券研究所

资料来源：公司官网，长城国瑞证券研究所

ALD（原子层沉积）设备是将物质以单原子层的形式一层一层沉积在基底表面，每镀膜一次为一个原子层，镀膜 10 次厚度约为 1nm。从应用的角度来讲，与传统的薄膜生长工艺相比，ALD 有几个很重要的优势：1）保形性好，适于在深沟槽和多孔状结构表面沉积；2）无针孔和

颗粒沉积，薄膜致密性好；3) 可以大面积生长并得到均匀薄膜；4) 杂质浓度非常低，薄膜质量高；5) 可实现亚纳米级的薄膜厚度控制。在光伏电池领域，ALD 设备主要应用于 PERC 和 TOPCon 电池表面 Al_2O_3 钝化层沉积、TOPCon 电池隧穿氧化层的沉积以及 XBC 类电池相应膜层的沉积。

图 22：原子层沉积技术原理示意图



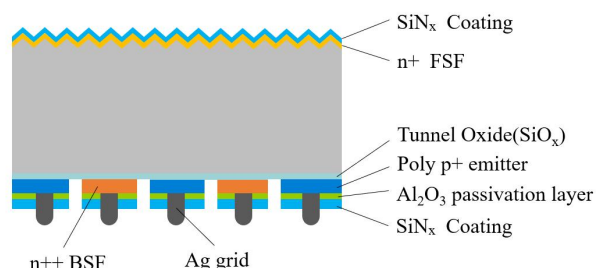
资料来源：微导纳米招股说明书，长城国瑞证券研究所

表面复合是晶硅电池效率衰减的主要原因之一。表面复合是晶格的突然终止，导致硅片表面的最外层电子有一个未饱和的悬挂键所导致。为减少晶硅电池的表面复合，目前的方法是在 P 型电池的后表面和 N 型电池的正面沉积一层 Al_2O_3 薄膜。 Al_2O_3 薄膜中含有大量的氢原子，经过退火处理，氢原子被释放扩散到硅片表面进行化学钝化，同时可以固定大量的负电荷，对硅片表面形成场钝化效应。 Al_2O_3 膜层厚度一般为 8-10nm，使用 ALD 设备可以很好控制 Al_2O_3 厚度，并且得到比 PECVD 设备致密性更高的膜层，钝化效果更强。

对于 TOPCon 电池，其背面的隧穿氧化层厚度仅为 1-2nm，ALD 设备较 PECVD 设备更能精准的控制膜层厚度并得到致密度更高的膜层，对于提高 TOPCon 电池转化效率有更好的效果。TOPCon 电池正面沉积 Al_2O_3 膜同样需要 ALD 设备。

对于 BC 类电池，专利《一种 P 型 IBC 电池的制备方法》中提到电池双面沉积 AlO_x 薄膜，对于 ALD 设备的需求量较 PERC 翻倍。根据我们测算双面沉积 AlO_x 薄膜的 P 型 IBC 产线的 ALD 设备单位投资成本在 3000 万元/GW 左右。

图 23：中来光电 TBC 电池结构



资料来源：中来股份，长城国瑞证券研究所

图 24：TBC 电池工艺流程



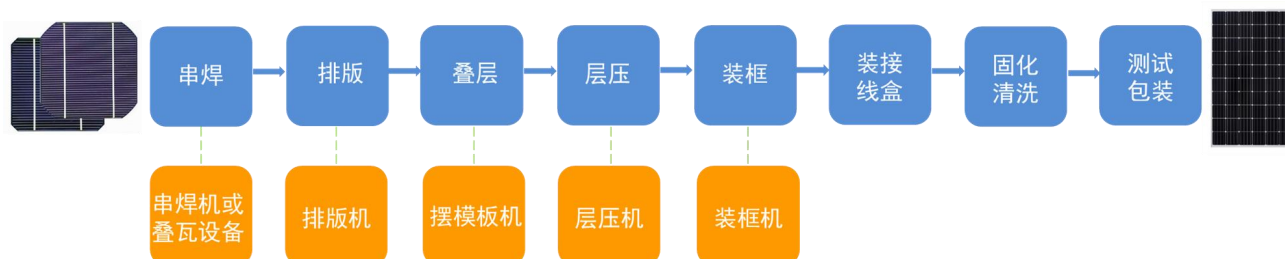
资料来源：普乐科技，长城国瑞证券研究所

ALD 设备取得大批量订单，未来有望快速放量。2023 年 3 月 19 日，连城数控官微发布公告，公司取得行业龙头客户 20 GW TOPCon 电池 ALD 设备全部订单。连城数控 ALD 设备在未来有望快速放量。

2.3 组件设备：串焊机差异化竞争，未来重要增长极

光伏组件的加工工艺的包括串焊、排版、叠层、层压、装框、接线、清洗和测试八个工艺环节，其中最主要的工艺设备为串焊机和层压机。据我们调研数据，2022 年光伏组件产线的单位投资额为 6000 万元/GW，串焊机占比约 35%，自动化产线占比约为 45%，层压机占比约为 15%，其他辅助设备占比约为 5%，据此推算串焊机单位投资成本约为 2100 万元/GW。

图 25：组件工艺环节及相应设备



资料来源：《中国光伏技术发展报告》，长城国瑞证券研究所

在串焊机领域，国内主要供应商有奥特维、先导智能、宁夏小牛等，其中奥特维市场份额

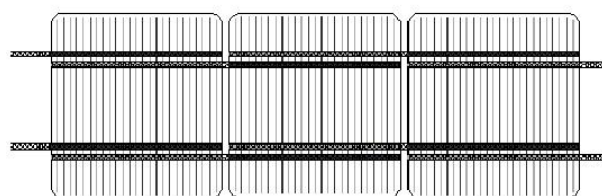
超过 70%，具有较高的行业壁垒。连城数控串焊机主要面向背结触（back contact）电池，与目前主流串焊机进行差异化竞争。传统串焊机是用焊带将电池片的前表面和背表面依次串联，而 BC 类电池电极均在背面栅线采用直线连接。

图 26：传统电池组件结构



资料来源：宇邦新材公告，长城国瑞证券研究所

图 27：IBC 电池串焊示意图

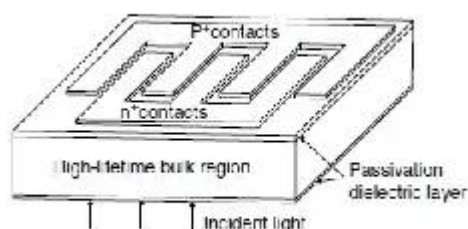


资料来源：《高效 N 型背接触太阳能电池工艺研究》，长城国瑞证券研究所

低温工艺、防止翘曲是 BC 电池串焊机与传统串焊机的主要区别点。由于 BC 类电池正负电极均在背面，P 区和 N 区栅线相互隔离，因此主栅线的设计也有不同的方案。SunPower 最早设计的 IBC 电池将两条主栅线分布在电池两端，这种结构简单。目前普遍采用的栅线结构是三维主栅设计，在制备完细栅后，采用间隔绝缘的方式分别将正极主栅与 P 区细栅、负极主栅与 N 区细栅相连接。

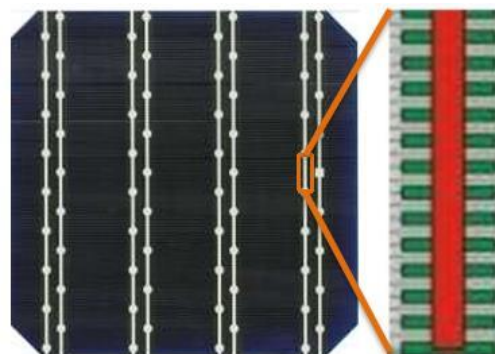
由于绝缘材料不耐高温，所以 BC 类电池不能采用传统串焊机的高温工艺，这是目前 BC 电池串焊机与传统串焊机不能兼容的主要原因之一，行业内目前的方式是采用导电胶热压方式进行焊接。

图 28：主栅在两侧的 IBC 电池背面栅线形状



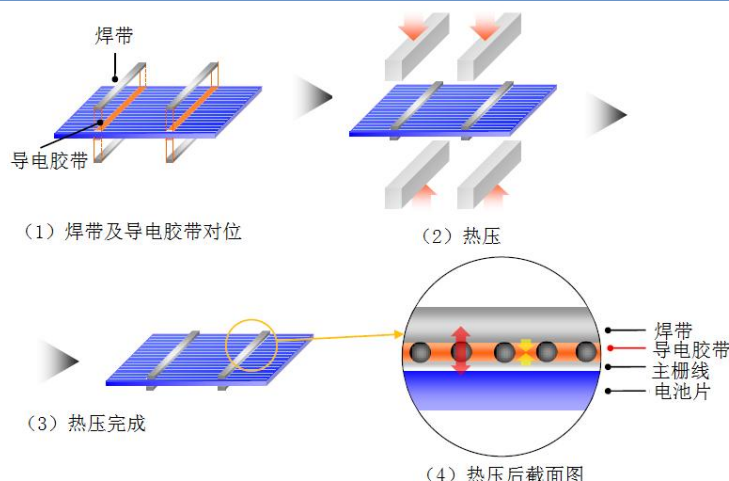
资料来源：InStyle Solar，长城国瑞证券研究所

图 29：三维主栅结构



资料来源：《高效 N 型背接触太阳能电池工艺研究》，长城国瑞证券研究所

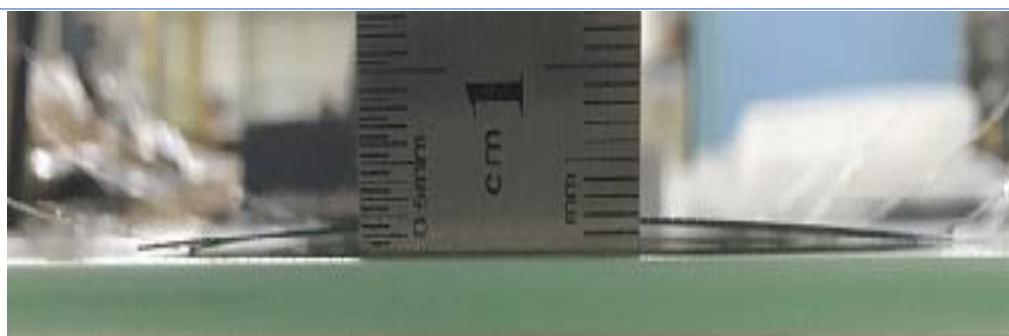
图 30：导电胶低温焊接示意图



资料来源：《高效 N 型背接触太阳能电池工艺研究》，长城国瑞证券研究所

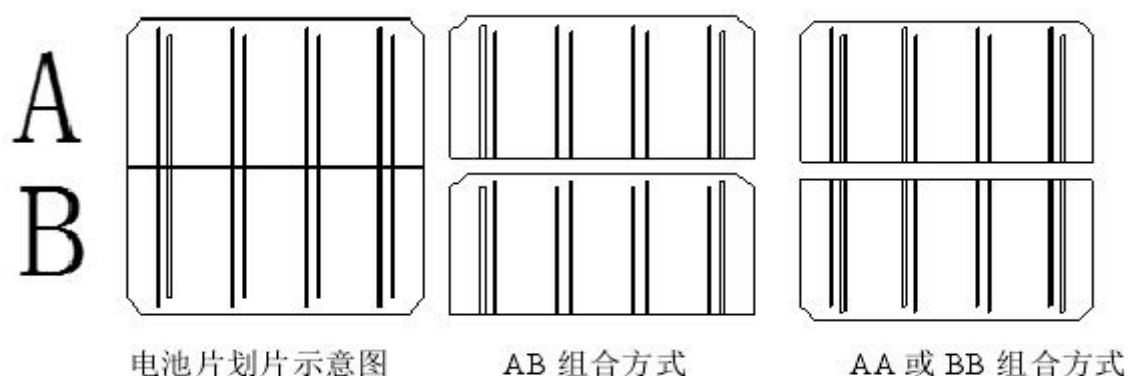
此外，BC 电池栅线全部在背面还会因为应力集中导致电池片发生翘曲，影响后续封装。目前行业普遍采用半片封装方式进行焊接，将电池片一分为二后将其中之一转动 180° 进行焊接。综上，BC 类电池由于特殊的结构和工艺，与传统串焊机不能兼容，传统串焊机厂商在这一领域并无绝对优势。连城数控选择进入这一领域，有较好的先发优势。

图 31：IBC 电池因应力集中导致翘曲



资料来源：《高效 N 型背接触太阳能电池工艺研究》，长城国瑞证券研究所

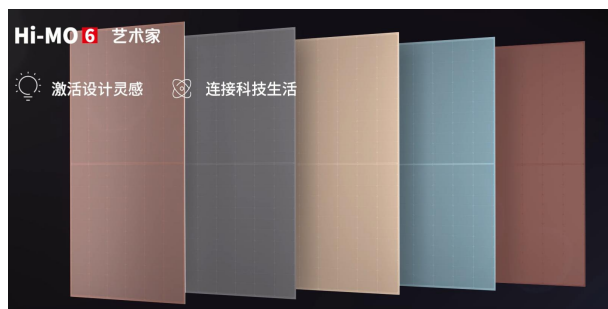
图 32：IBC 半片焊接示意图



资料来源：《高效 N 型背接触太阳能电池工艺研究》，长城国瑞证券研究所

BC 类电池更适配分布式光伏，未来需求有望快速增长。BC 类电池正面无栅线，组件外观更为简洁美观，更适用于分布式光伏尤其是 BIPV。隆基 2022 年推出的 Hi-MO6 组件基于 HPBC 电池，正面可以定制多种颜色，能和不同场景的建筑搭配，符合 BIPV 的美观要求。

图 33：隆基 Hi-MO6 组件



资料来源：隆基绿能，长城国瑞证券研究所

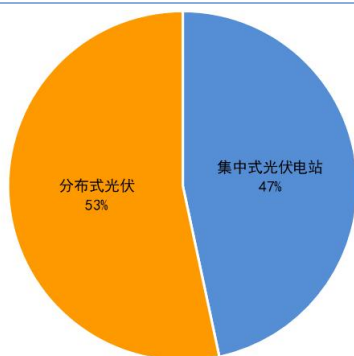
图 34：Hi-MO6 组件应用案例



资料来源：隆基绿能，长城国瑞证券研究所

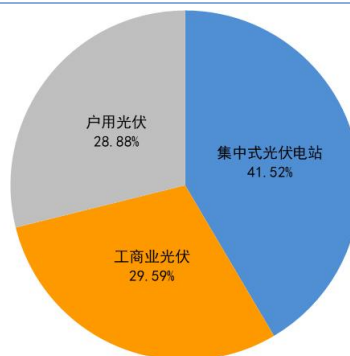
2022 年，工商业光伏新增装机量占比达 29.59%，成为我国新增光伏装机的主力。由于工商业电价更高，因此工商业光伏对组件价格的敏感性更低，对美观性要求更高。未来工商业光伏装机量有望保持较快增长，对 BC 类光伏电池组件的需求量也将较快增长。

图 35：2021 年国内新增光伏装机结构



资料来源：国家能源局，长城国瑞证券研究所

图 36：2022 年新增光伏装机结构



资料来源：国家能源局，长城国瑞证券研究所

因此国内组件厂商开始布局 BC 类电池产能，目前爱旭股份和隆基绿能分别有 16.5GW 和 33GW 背结触电池产能规划，随着规划产能的逐步落地，连城数控的串焊机收入有望快速提升。

表 6：国内背接触电池产能布局情况（不完全统计）

企业名称	产地	项目状态	已建 (MW)	在建/待建 (MW)	备注
中来股份	浙江衢州	规划		3000	2017 年公告，目前尚未建成
爱旭股份	-	投产	300		
	广东珠海	在建		6500	预计 2022 年三季度投产
	浙江义乌	在建		2000	规划 10GW，首期 2GW，预计 2022 年投产



黄河水电	青海西宁	投产	200		
隆基绿能	江苏泰州	在建		4000	2022 年 1 月环评，预计今年投产
	陕西西安	在建		29000	预计 2023 年 9 月建成

资料来源：公司公告，公司官网，环评公告，长城国瑞证券研究所

3 半导体设备：半导体硅片受益国产替代，碳化硅设备潜力可期

3.1 全国产化设备助力国内硅片产业发展

按照直径尺寸，半导体硅片主要分为 300mm(12 英寸)、200mm(8 英寸)、150mm(6 英寸)、100mm(4 英寸)、75mm(3 英寸)、50mm (2 英寸)。硅片尺寸越大，在单片硅片上制造的芯片的数量就越多，边缘损失就越小，芯片的单位成本也就越低，直径 300mm 的 12 英寸硅片因此占据绝对的市场份额，2021 年 12 英寸出货面积占 68.47%，8 英寸出货面积占 24.56%。

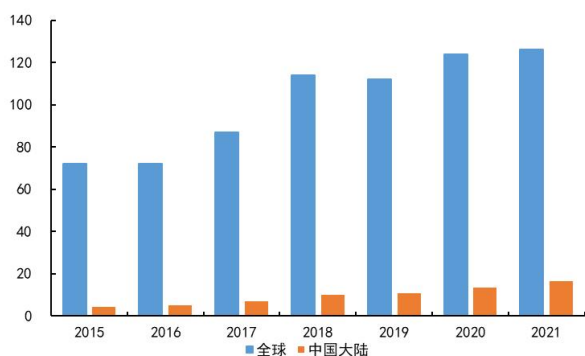
图 37：全球各尺寸半导体硅片出货面积占比



资料来源：SEMI，长城国瑞证券研究所

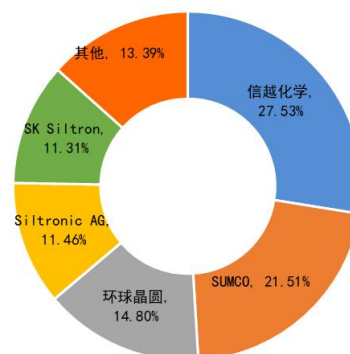
我国半导体硅片市场起步晚、规模小，根据 SEMI 数据 2021 年全球半导体硅片市场规模约为 126.2 亿美元，而我国半导体硅片销售额仅为 16.56 亿美元，约占全球市场的 13.12%。同时，我国半导体硅片公司市场份额较小，全球近九成市场被海外五大硅片公司占据，2020 年信越化学、SUMCO、环球晶圆、Siltronic AG、SK Siltron 合计市场份额为 86.61%。

图 38：2015-2021 全球半导体硅片销售额（亿美元）



资料来源：SEMI，长城国瑞证券研究所

图 39：2020 年全球硅片市场份额



资料来源：SEMI，长城国瑞证券研究所

国产替代驱动下，国内半导体硅片产能建设提速。根据上海合晶招股说明书，2021 年我国



8 英寸外延片需求量为 71 万片/月，供给量约为 49 万片/月；2021 年我国 12 英寸外延片的需求量约为 35 万片/月，供给量约为 3 万片/月。预计到 2025 年，8 英寸和 12 英寸外延片供给缺口将分别达到 30 万片/月，34 万片/月。在此情况下，国内半导体硅片产能建设在如火如荼的展开，根据我们统计国内 8 英寸硅片在建/规划产能约为 78 万片/月，12 英寸硅片在建/规划产能约为 201 万片/月。

表 7：国内 8 英寸半导体硅片产能建设情况（万片/月）

公司	当前产能	在建/规划产能	备注
沪硅产业	40		
立昂微	27	10	
TCL 中环	75	25	2023 年末产能预计达到 100 万片/月
神工股份	5	10	10 万片/月产能已进行设备采购
麦斯克	3	20	IPO 募投项目
中欣晶圆	40		
上海超硅	40		子公司重庆超硅 8 英寸产能 40 万片/月
有研硅	13	10	在建产能为 IPO 项目，建设期 18 个月
中晶科技	2	3	设计产能 5 万片/月，预计 2022 年达到 40%产能，2024 年达产
上海合晶	20		
合计	265	78	

资料来源：各公司公告，长城国瑞证券研究所

表 8：国内 12 英寸半导体硅片产能建设情况（万片/月）

公司	当前产能	在建/规划产能	备注
沪硅产业	30	30	上海新晟 30 万片/月扩产在建设之中
立昂微	8	37	嘉兴基地 12 万片/月产能正在建设中，后续 25 万片/月产能在规划之中
TCL 中环	30	30	2022 年末产能达到 30 万片/月
麦斯克		5	IPO 募投项目
中欣晶圆	20		
上海超硅	5	55	总规划产能 60 万片/月，2020 年投产 5 万片/月
有研半导体	1	30	2023 年底实现 11 万片/月产能。
奕斯伟	36	14	两期规划产能 100 万片/月
合计	130	201	

资料来源：各公司公告，长城国瑞证券研究所

半导体硅片的工艺流程包括长晶、切片、抛光、外延四个主要环节，具体如下：

①拉晶：将硅料融化，然后通过引晶、放肩、转肩、等径、收尾等工艺流程，拉出符合生产要求的单晶硅棒纯度在 9N 以上。

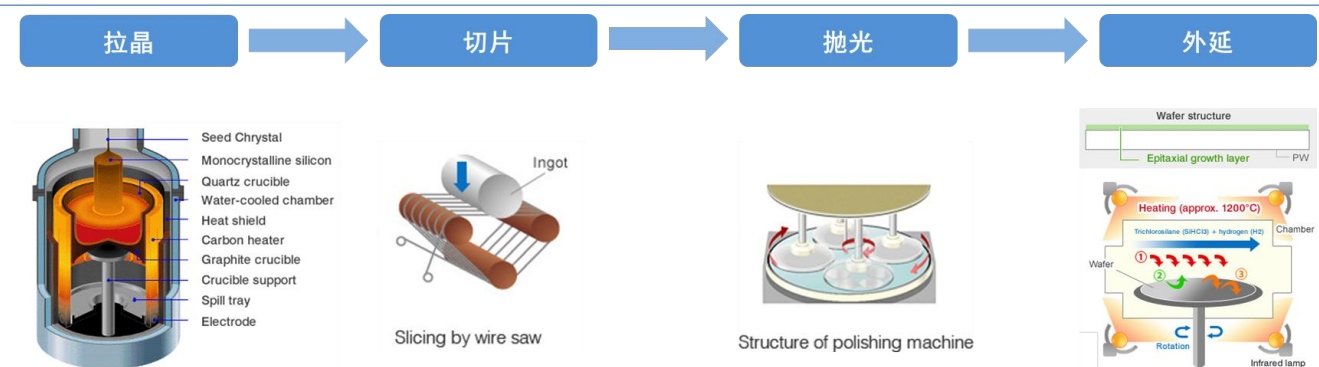
②切片：将硅棒抛磨成等径的圆柱后，将其切成约 1mm 厚的硅片，并通过抛磨改善硅片平面度、通过刻蚀去除机械损伤。

③抛光：利用胶体二氧化硅对硅片进行机械化学抛光，获得镜面表面，然后进行检测筛选

出符合表面度要求的硅片，得到抛光片。

④外延：在抛光片的基础上首先使用砷或氢气对其进行高温退火，降低硅片表面含氧量。然后在外延炉中通入四氯化硅和三氯硅烷并加热到 1200℃，使硅片表面沉积一层 2-20 微米厚的单晶硅层。从而降低集电极串联电阻，降低饱和压降和功耗。

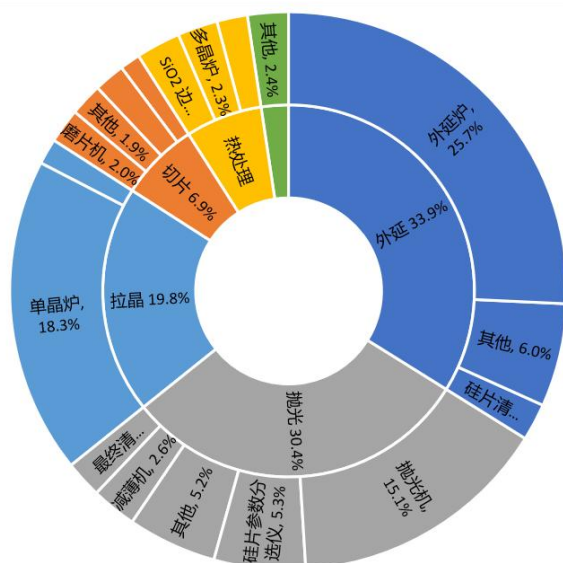
图 40：半导体硅片生产流程



资料来源：SUMCO，长城国瑞证券研究所

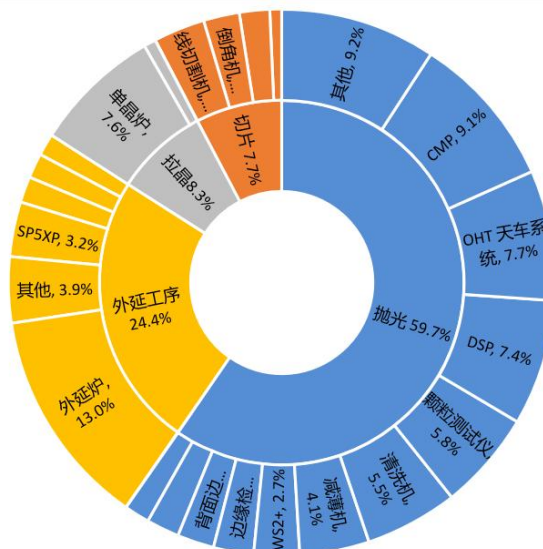
目前，8 英寸抛光片产能的设备投资额约为 310 元/片，外延片产能的设备投资额约为 400 元/片。12 英寸抛光片产能的设备投资额在 1200 元/片左右，外延片产能的设备投资额在 1900 元/片左右（以年产能计算）。由于 8 英寸和 12 英寸硅片适用的制程工艺不同，两者的设备投资构成也有较大区别。以立昂微为例，8 英寸硅片的设备投资额中，拉晶、切片、抛光、外延的占比分别为 19.8%、6.9%、30.4%、33.9%。12 英寸硅片适用的制程工艺更先进，对硅片的表面粗糙度要求更高，因此抛光工序的设备投资占比更高，拉晶、切片、抛光、外延投资占比分别为 8.3%、7.7%、59.7%、24.4%。

图 41：立昂微 8 英寸硅片设备投资构成



资料来源：立昂微招股说明书，长城国瑞证券研究所

图 42：立昂微 12 英寸硅片设备投资构成



资料来源：立昂微公告，长城国瑞证券研究所

连城数控半导体设备聚焦于长晶与切片环节。KX360MCZ 是连城数控新一代 300mm 半导体单晶炉，采用凯克斯最先进的技术，配备 4000 高斯超导磁场，能够实现硬件、软件的全部国产。2022 年 7 月连城使用 KX360MCZ 成功生长出 12 英寸半导体级单晶硅棒。

图 43：连城数控 KX360MCZ 晶体生长炉



资料来源：公司官网，长城国瑞证券研究所

图 44：连城数控半导体切片机



资料来源：公司官网，长城国瑞证券研究所

根据前文的统计数据，我们对目前国内半导体硅片长晶、切片设备的市场空间进行了测算，8 英寸硅片设备市场空间约为 10.00 亿元，12 英寸硅片设备市场空间约为 73.32 亿元，两者合计约为 83.32 亿元。

表 9：国内半导体长晶、切片设备市场空间测算

类型	在建/规划产能 (万片/月)	单位投资成本 (元)	长晶切片环节占比	市场空间 (亿元)
8 英寸	78	400	26.7%	10.00
12 英寸	201	1900	16.0%	73.32
合计				83.32

资料来源：长城国瑞证券研究所

3.2 碳化硅设备：国内 SiC 产能建设提速，连城数控已取得批量订单

3.2.1 新能源汽车、5G 通讯推动碳化硅市场快速增长

碳化硅 (SiC)、氮化镓 (GaN) 因具有较高的禁带宽度、击穿电场强度、饱和电子漂移速率、热导率及抗辐射等优点，被视作第三代半导体材料。目前氮化镓 (GaN) 晶体生长仍有较多的技术难题尚未攻破，碳化硅因此成为最重要的第三代半导体材料。

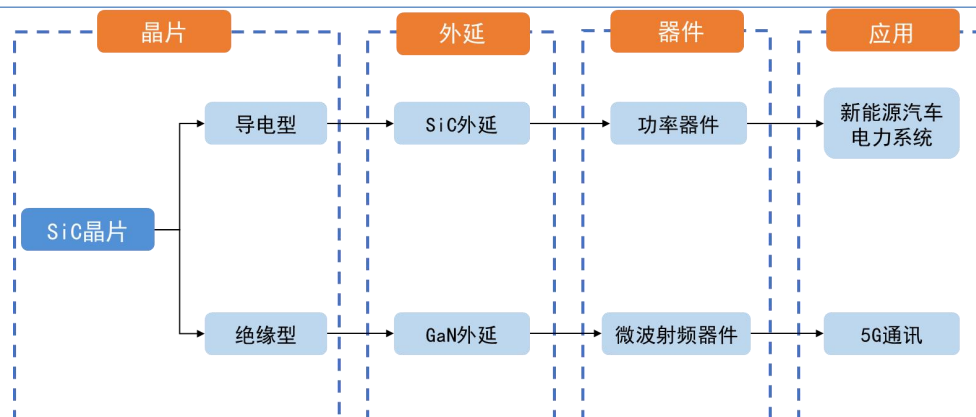
表 10：不同半导体材料性能

	第一代	第二代	第三代			
	Si	GaAs	3C-SiC	6H-SiC	4H-SiC	GaN
晶格常数	5.43	5.65	4.3596			3.19-5.19
熔点 (K)	1420	1235	2100	2100	2100	1700
热稳定性	好	一般	极好	极好	极好	极好
禁带宽度 (eV)	1.11	1.43	2.23	3.02	3.26	3.4
最高工作温度 (K)	600	760	1250	1580	1580	
电子迁移率 (cm ² /V · S)	1500	8500	1000	400	1140	900
空穴迁移率 (cm ² /V · S)	600	400	50	50	50	
饱和电子速率 (10 ⁷ cm/s)	1	1	2.2	2	2	3
临界击穿电场 (10 ⁵ V/cm)	0.3	0.6	2	3.2	3	
介电常数	11.8	12.5	9.7	10	9.6	10
热导率 (W/cm · K)	1.5	0.46	4.9	4.9	4.9	1.3

资料来源：《氮、钒掺杂 PVT 法合成碳化硅晶体的表征研究》，长城国瑞证券研究所

碳化硅的衬底可以按照电阻率分为导电型衬底和半绝缘型衬底，导电型电阻率在 0.02 Ω · cm 左右，半绝缘型电阻率大于 10⁶ Ω · cm。碳化硅导电型衬底主要应用在新能源汽车、电网、光伏逆变器、轨道交通等高压工作场景。碳化硅半绝缘型衬底主要应用在射频开关、功率放大器、滤波器等通讯场景，可以满足 5G 通讯对高频性能和高功率处理性能的要求。

图 45：碳化硅产业链



资料来源：天科合达招股说明书，长城国瑞证券研究所

碳化硅衬底器件相较于硅基器件优点显著。第一，碳化硅的禁带宽度更高。制成的功率器件工作电压范围在 650V-3300V，更高的击穿电场使器件尺寸可以缩小为硅基的 1/10。第二，碳化硅的饱和电子速率更高，导通电阻为硅基器件的 1/200。制成的微波射频器件在高频电流下产生的开关损耗更低，能量损失更小，同时可以减少电容和电感器件的使用量，显著缩小射频器件的体积。第三，碳化硅的高温性能和导热性更出色。碳化硅器件的最高工作温度高达 1580℃，使其在高温工作环境下仍能保持更好的性能，良好的导热性能减少了散热件的需求，在降低成本的同时缩小体积。

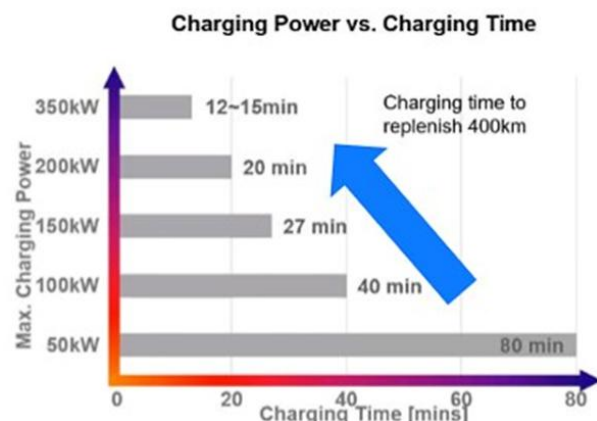
碳化硅器件可以帮助新能源汽车提高续航里程，提高充电速度。新能源汽车中的电机驱动系统、电压转换系统（DC/DC）、车载充电系统、电池逆变器等高压系统，均可以通过使用碳化硅功率器件减少重量和功率损耗，从而提高续航里程，还可以减少冷却系统，节约整车成本。目前，新能源汽车电压通常为 400V，而 800V 高压平台可以将充电功率提升到 350KW 以上，将 400km 续航里程电量的充电时间缩短至 12-15 分钟。

图 46：电动汽车高压系统



资料来源：汽车工程师之家，长城国瑞证券研究所

图 47：新能源汽车充电功率与充电时间关系



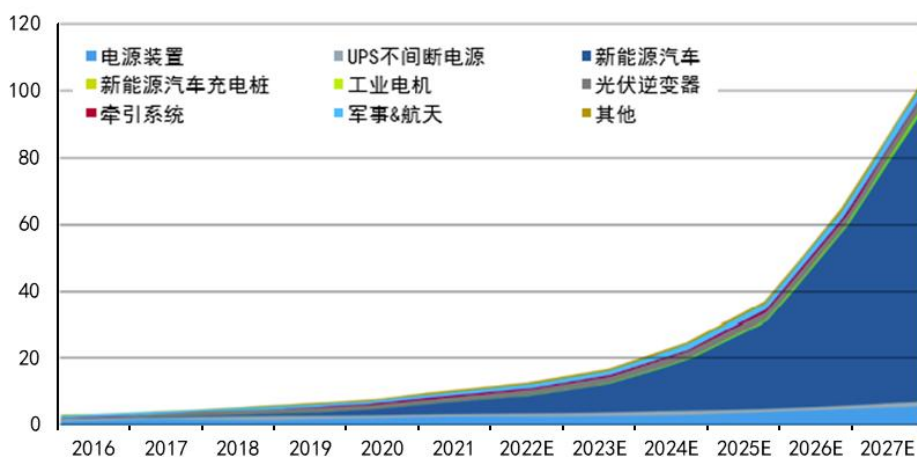
资料来源：Cree 官网，长城国瑞证券研究所



碳化硅功率器件市场规模将呈现指数级增长。随着新能源汽车渗透率的不断提升，以及碳化硅功率器件在新能源汽车的普及，未来碳化硅功率器件市场规模预计呈现指数级增长。根据 IHS Markit 的预测，到 2027 年碳化硅功率器件市场规模将超过 100 亿美元。具体来看 2022-2025 年碳化硅功率器件市场规模增长相对平缓，2026-2027 年市场规模增速将会显著加快。

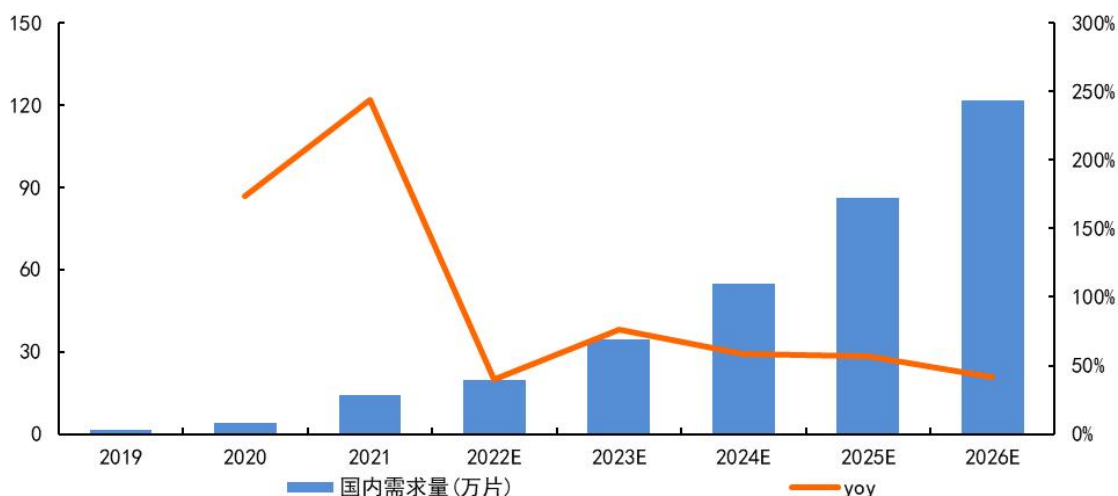
CASA 预测到 2026 年国内新能源汽车对碳化硅衬底需求量（折算为 6 英寸）将达到约 122 万片。2018-2019 年天科合达 6 英寸碳化硅晶片平均售价分别为 7386.41 元/片、7380.53 元/片，2020 年天岳先进 6 英寸导电型碳化硅晶片平均售价为 7423.49 元/片，假设到 2026 年 6 英寸导电型碳化硅晶片价格下降到 6500 元/片，预计 2026 国内因新能源汽车带动的导电型碳化硅衬底市场规模 79.3 亿元。

图 48：碳化硅功率器件市场规模预测（亿美元）



资料来源：IHS Markit，长城国瑞证券研究所

图 49：国内新能源汽车碳化硅衬底需求量（折合 6 英寸）



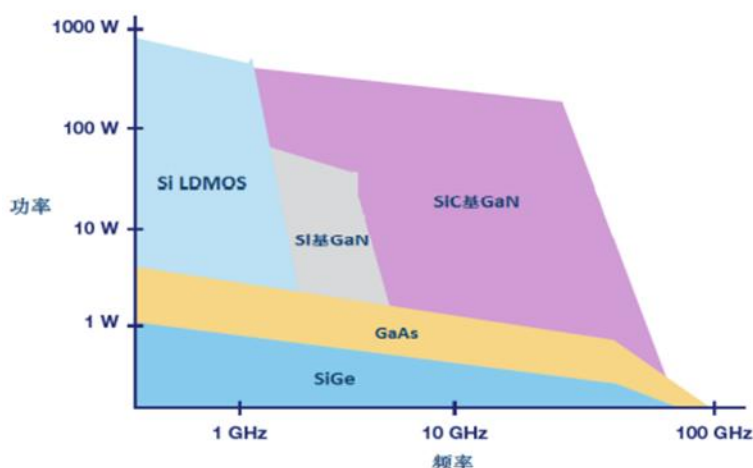
资料来源：CASA，长城国瑞证券研究所

碳化硅材料天生适配 5G 通讯。5G 通信频率是指频段在 450MHz-60000MHz 之间，延时在



1ms 以内，峰值下载速度达到 10-20Gbit/s 的通信技术。5G 通讯的所需的射频器件主要包括射频开关、LNA、功率放大器、滤波器等，其中功率放大器是放大射频信号的核心，5G 的高频特性要求功率放大器具备在高频和高功率状况下的工作能力。以碳化硅为衬底的氮化镓射频器件具备高导热性、低导通电阻，在高功率和高频率的工况下功率损耗更低、性能更加出色。

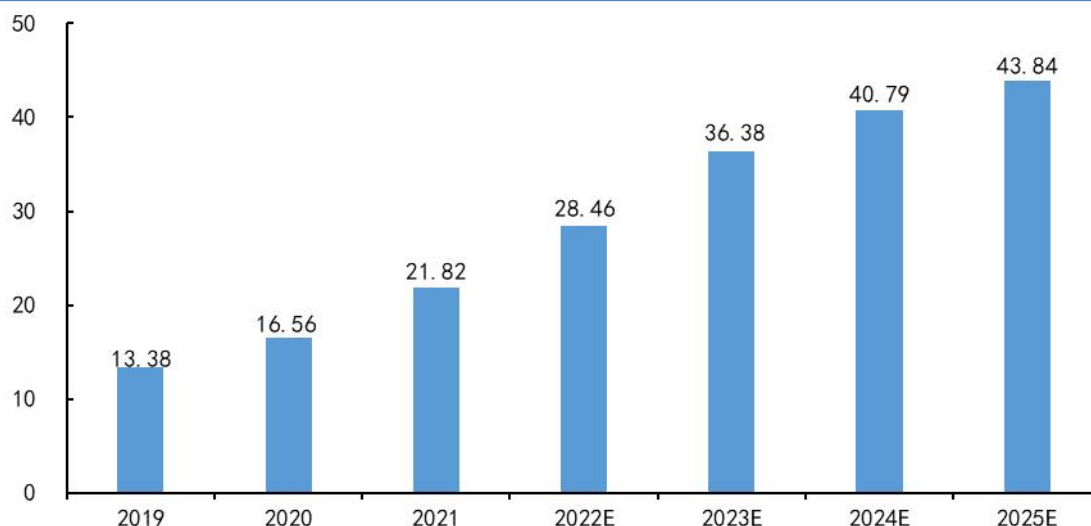
图 50：不同材料微波射频对应的工作范围



资料来源：Analog Dialogue，长城国瑞证券研究所

根据 Yole 的预测，到 2025 年全球半绝缘型碳化硅衬底需求量将达到 43.84 万片。2020 年天岳先进 4 英寸半绝缘型碳化硅晶片平均售价为 9214.99 元/片，假设到 2025 年价格下降到 7500 元/片，全球半绝缘型碳化硅晶片市场规模将达到 32.88 亿元。

图 51：半绝缘型碳化硅衬底销量预测（万片）



资料来源：Yole Development，长城国瑞证券研究所

需求的不断增长推动了国内碳化硅衬底的产能建设，根据我们的统计，目前国内头部公司规划/在建的碳化硅衬底产能合计达到了 202 万片。此外一些非上市公司如中科钢研、同光科技、国宏中能等也有产能规划。

表 11：国内碳化硅产能规划情况

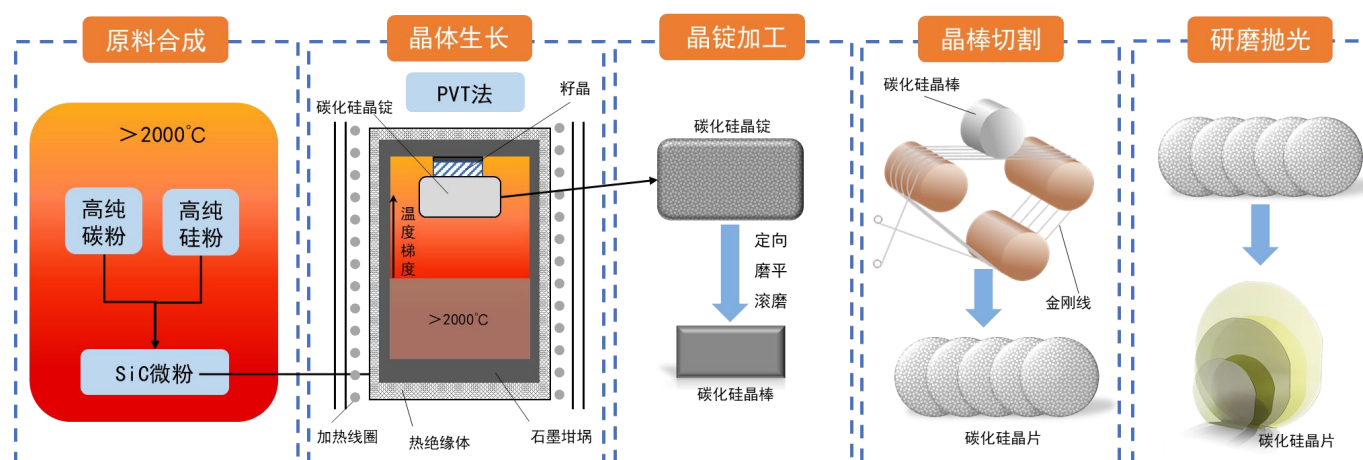
公司名称	规划产能 (万片/年)	公告时间	备注
天岳先进	30	2021/5/31	IPO 项目，项目计划 2026 年 100%投产，2022 年试生产
天科合达	12	2020/7/14	计划总投资 9.57 亿元
比亚迪半导体	24	2021/6/29	总投资 7.36 亿元，计划五年建成，第三年形成年产 12 万片产能
东尼电子	12	2021/5/18	计划总投资 4.69 亿元，三年建成
晶盛机电	40	2021/10/26	项目建设期 5 年，预计第三年达产 30%，第 5 年达产 80%，第 7 年起达产 100%
露笑科技	24	2021/11/24	项目总投资 21 亿元，第三年达产 60%，第四年达产 80%，第五年 100%达产
同光股份	10	2021/9/6	项目建成满产后，可实现年产 10 万片碳化硅单晶衬底
高意科技	50	2022/4/19	II-VI 公司中国项目，主要生产 8 英寸碳化硅衬底，一期建设 10 万片/年
合计	202		

资料来源：各公司公告，政府官网，长城国瑞证券研究所

3.2.2 碳化硅长晶难度大，设备是产能提升关键

碳化硅熔融温度高，晶型种类多，长晶良率低。碳化硅衬底的生产过程需要经过原料合成、晶体生长、晶锭加工、晶棒切割、研磨抛光等步骤。在晶体生长环节，碳化硅具有 200 余种晶体结构，而只有 4H-SiC 等少数几种晶体结构才是半导体材料所需的，在晶体生长期间需要对碳硅比、温度梯度、掺杂元素浓度等多个参数进行精准控制，否则会生长出多晶型掺杂、缺陷密度较高的不合格晶体。而碳化硅生长技术难度高导致了目前碳化硅衬底厂商生产良率较低。天岳先进作为国内半绝缘型碳化硅衬底龙头企业，晶棒环节良率近两年平均水平约为 50%，衬底环节良率近两年在 70%-75% 区间。

图 52：碳化硅衬底生产工艺流程



资料来源：长城国瑞证券研究所

图 53：几种常见碳化硅晶型

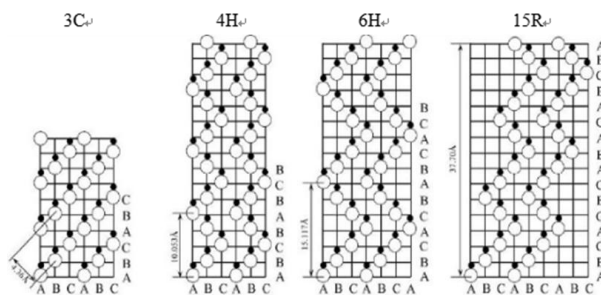
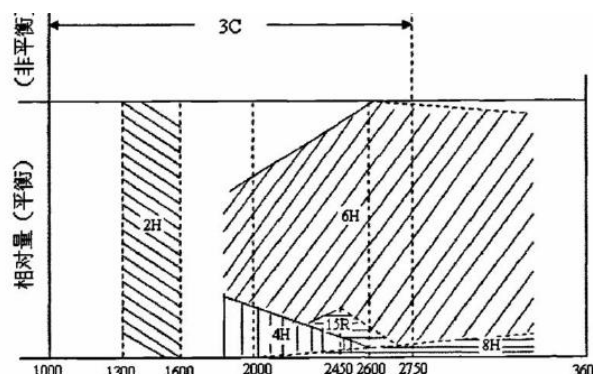


图 54：不同碳化硅晶型生长的温度条件



资料来源：《氮、钒掺杂 PVT 法合成碳化硅晶体的表征研究》，长城国瑞证券研究所

资料来源：《氮、钒掺杂 PVT 法合成碳化硅晶体的表征研究》，长城国瑞证券研究所

表 12：天岳先进生产良率

主要生产环节	2021 年 1-6 月	2020 年度	2019 年度	2018 年度
碳化硅晶棒良率	49.90%	50.73%	38.57%	41.00%
碳化硅衬底良率	75.47%	70.44%	75.15%	72.61%

资料来源：天岳先进招股说明书，长城国瑞证券研究所

说明：晶棒良品率=半导体级晶棒产量/（半导体级晶棒产量+非半导体级晶棒产量）×100%；衬底良品率=合格衬底产量/（合格衬底产量+不合格衬底产量）×100%

碳化硅晶体生长缓慢，产能释放一方面取决于长晶炉数量，一方面源于提高单炉产能。量产碳化硅晶锭的生长周期约为 7 天，生产出的碳化硅晶锭高度仅为十几厘米，考虑到良率以及切片损耗，单炉单次生产的碳化硅衬底仅为 2-3 片，天岳先进 2020 年的长晶炉台均产能为 111 片/年，长晶速率缓慢决定了扩大产能需要依靠增加长晶炉数量以及提高单炉产能。两方面决定了设备厂商的重要地位：一方面衬底企业提高产能需要大量采购单晶炉，带来市场规模的提高；另一方面，提高单炉产能需要设备与工艺之间的相互配合，设备厂商重要性大大提高。

根据我们测算，2023-2026 年由新能源汽车带来的碳化硅长晶设备空间平均约为 27.81 亿元/年。

表 13：新能源汽车带来的碳化硅长晶设备市场空间

	2021	2022E	2023E	2024E	2025E	2026E
需求量（万片）	14.1	19.7	34.7	54.9	86.1	121.9
增量（万片）		5.6	15	20.2	31.2	35.8
长晶炉单价（万元）	160	158	155	150	145	140
单炉产能（台）	110	120	125	130	135	140
增量设备市场空间（亿元）		7.37	18.60	23.31	33.51	35.80

资料来源：CASA，天岳先进公告，长城国瑞证券研究所

3.2.3 双技术路线布局，已形成批量订单

碳化硅长晶设备在业界有**感应式加热**和**电阻式加热**两种技术路线，目前国内以感应式长晶炉为主。采用感应线圈加热时，由于电磁感应作用，轴向温度和径向温度之间存在耦合现象（即轴向温度的变化会导致径向温度的随之相应变化，反之亦然）。如果调整轴向温度梯度，提升晶体生长速度，会因为耦合现象导致径向温度分布发生改变，从而导致晶体生长界面的凹凸程度变化、应力增加，使得晶体缺陷增加。由于耦合现象的存在，轴向温度和径向温度的工艺调整成为感应加热式晶体生长炉的重要技术难点，并且在保证晶体缺陷得到有效控制的前提下，对提升晶体尺寸和晶体生长速度带来了技术障碍。

电阻式长晶炉更适合 8 英寸碳化硅衬底生长。电阻加热法的轴向温度和径向温度之间不存在耦合现象，可以对轴向温度和径向温度分别进行精确控制，降低晶体缺陷，提高产品良率，有利于实现大尺寸晶体的生长，并提高晶体生长速度。

图 55：感应式加热长晶炉

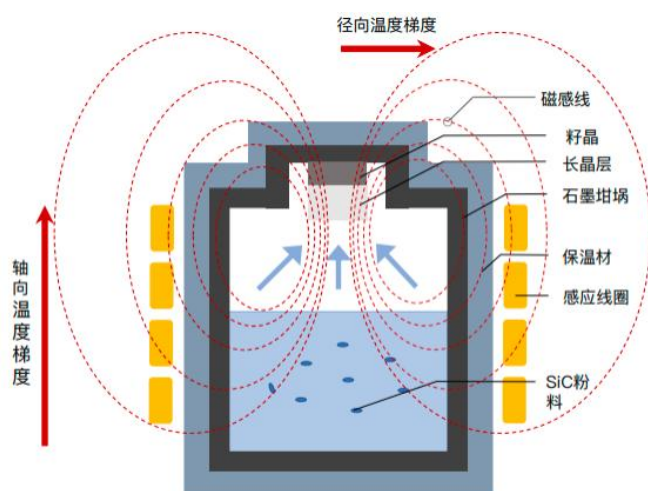
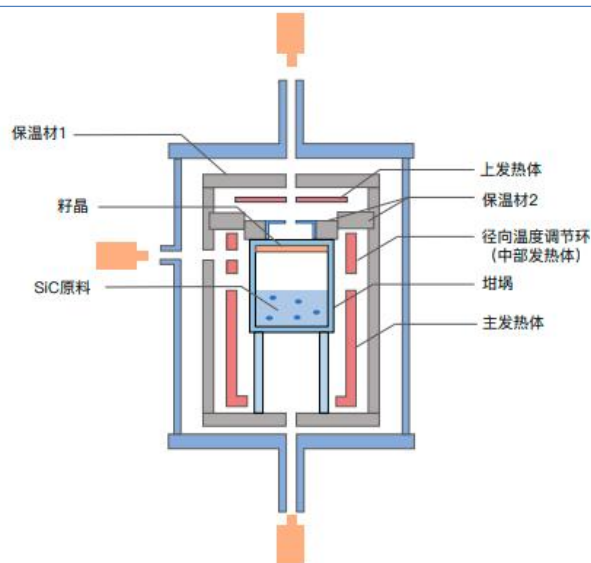


图 56：电阻加热长晶炉



资料来源：恒普科技，长城国瑞证券研究所

资料来源：恒普科技，长城国瑞证券研究所

连城双路线均已完成研发，电阻炉已实现小批量订单。根据公司 2021 年年报，感应式长晶炉和电阻炉均已研发完成，其中感应长晶炉在客户处验证，电阻炉已实现小批量订单。根据 2022 年 5 月 13 日业绩交流会的内容，公司碳化硅生长炉已在客户处稳定试用，有客户已追加订单，会根据客户的实际需求进行产品的批量交付。

表 14：连城数控碳化硅长晶炉研发情况

项目名称	立项背景	研发内容	研发进展
6 英寸碳化硅感应长晶炉项目	目前碳化硅单晶生长主要采用 PVT 法。但存在大量的微管和位	该设备采用感应加热方式，在气氛中，利用物理气相输送法（PVT 法）生长 6 英寸碳化硅	研发工作已完成，目前已取得客户现场验证。



	错等缺陷影响晶体的品质,而产生缺陷的重要因素是坩埚内部温度分布较不合理。	等单晶材料的设备。对于高质量晶体生长,自动控制系统可控制感应线圈超慢速升降和快速升降切换,实现晶体近匀速生长。	
碳化硅立式感应合成炉	传统的碳化硅粉料合成工艺是通过长晶炉进行合成,单次合成数量少,耗能较高,不利于绿色环保的生产方式。	该设备采用中频感应加热方式,在高纯气氛中,使碳粉和硅粉合成为高纯碳化硅原料的设备。实现产能高、成本低。	研发工作已完成,产品形成批量订单。
碳化硅电阻炉	目前主要采用感应法生长,由于热场损耗、坩埚腐蚀等问题,导致加热不均匀,批次间晶体质量差别较大;对工艺人员要求高,难以实现自动化等。	采用电阻加热,使得加热更加稳定,热场分布更加均匀,使得温度梯度的设计更加可控。生长处理的晶体微管密度低,缺陷少。更适用于8吋单晶的生长。	研发工作已完成,产品实现小批量订单。

资料来源:公司公告,长城国瑞证券研究所

4 光伏辅材：焊带业务处于导入阶段，毛利率具有较大提升空间

公司辅材业务目前以焊带为主，焊带的作用是将光伏电池片进行串联和并联，是组件串焊工艺的重要辅材。光伏焊带主要分为互连焊带与汇流焊带：互连焊带直接焊接在电池片正面和背面栅线上，使电池片形成串联电路；汇流焊带是将电池串连接起来并于接线盒相连实现完整电路。

图 57：互连焊带与串联焊带

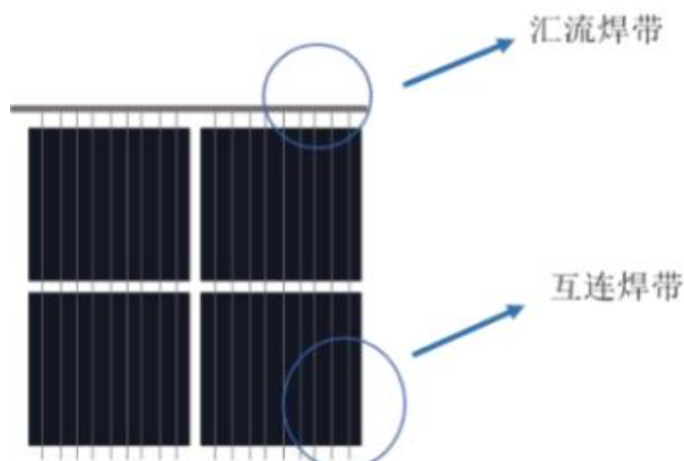
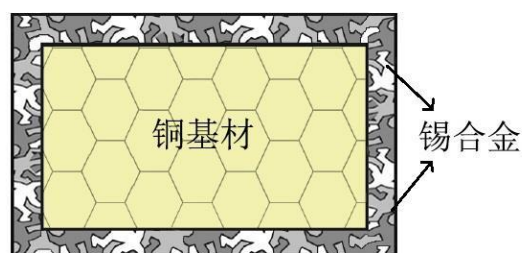


图 58：光伏焊带截面



资料来源：宇邦新材，长城国瑞证券研究所

资料来源：宇邦新材，长城国瑞证券研究所

光伏焊带主要由铜基材与表面锡合金层组成，由于铜的焊接性能比较差，将锡合金使用电镀、真空沉积等方法均匀覆盖在铜极材表面以提高焊带的焊接性能。光伏焊带对于串焊过程中减少电池片碎裂及隐裂具有重要作用，光伏焊带主要参考屈服强度、同心度、锡层厚度、可焊性四个指标。

表 15：焊带主要技术指标

参考指标	指标注释
屈服强度	屈服强度指的是金属材料在受到外力发生屈服现象时的屈服极限，若焊带屈服强度<58Mpa，组件在敷设焊带时候容易产生偏移，导致焊接对位不准确，若屈服强度>68Mpa，可能导致组件隐裂的风险增加，组件良品率下降。焊带屈服强度标准参数为≤70Mpa。
同心度	同心度指铜丝圆心与焊带圆心的偏移程度，其主要取决于涂层厚度的均匀程度。焊带的同心度越低（即圆心偏移程度越高），组件焊接过程中的虚焊风险越高，虚焊组件在发电时容易产生热斑效应（局部因电流过大导致发热明显），导致组件烧毁而报废。同心度的标准参数为≥40%。
锡层厚度	锡层厚度指的是涂覆于铜材外层锡料的厚度若锡层厚度过薄，组件容易出现虚焊情况，而锡层厚度过厚，则会产生锡珠或堆锡，影响组件外观，同时导致组件隐裂的风险上升，更严重可能导致碎片。锡层厚度的标准参数为标准值±5μm，即允许有±5μm的误差值。
可焊性	可焊性指的是涂锡焊带经焊接后，涂层与基体材料应该结合牢固、不分层，焊接处无异色。可焊性较差焊带在焊接过程中会导致组件产生虚焊或者过焊的现象，该等问题都会加速组件功率的衰减，影响组件良品率及发电性能。使用有铅焊料的 MBB 焊带与电池片之间的平均剥离强度≥1.0N/mm，有效焊接面积≥焊接

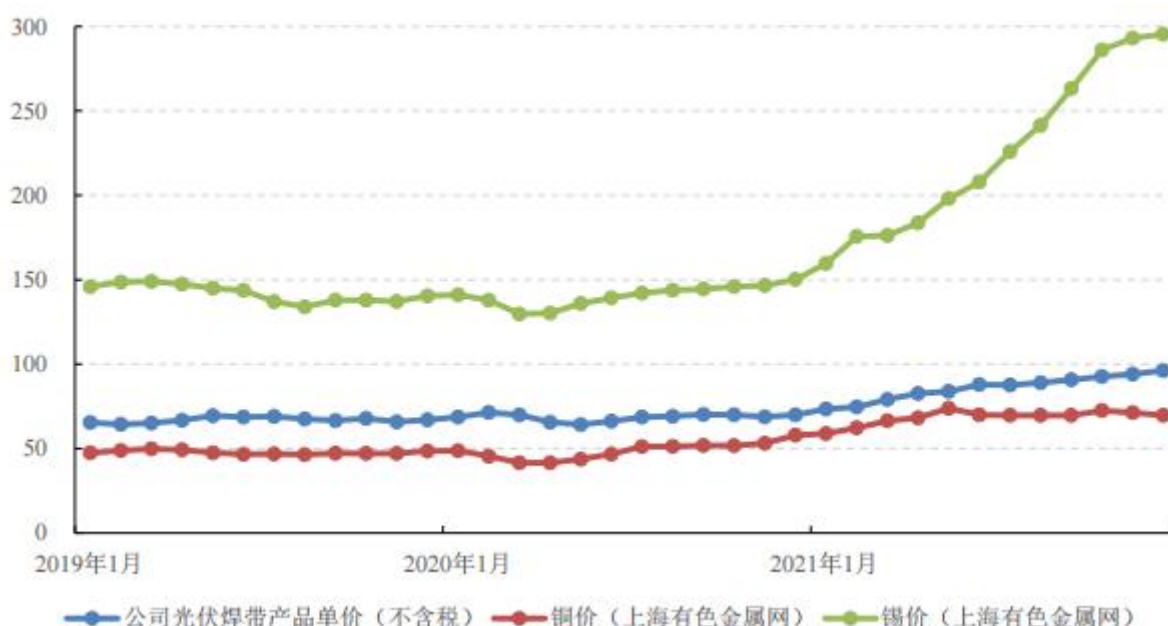


面积的 2/3。

资料来源：宇邦新材，长城国瑞证券研究所

焊带价格主要受材料成本影响，成本加成定价模式，资金投入较高。焊带的直接材料成本占总成本的 90%以上，单位重量焊得的铜和锡质量比约为 85:15，因此焊带价格与铜的价格相关度较高。焊带的售价通常根据原材料价格加上合理预期利润与组件厂协商确定，当原材料价格波动时，焊带企业毛利率也会产生一定波动。在采购端，原材料成本占比较高，在销售端，需要一定的回款周期，因此焊带企业营收规模的扩大需要伴随较高的资金投入或较高的周转率。

图 59：宇邦新材焊带单价与铜、锡价格（元/公斤）

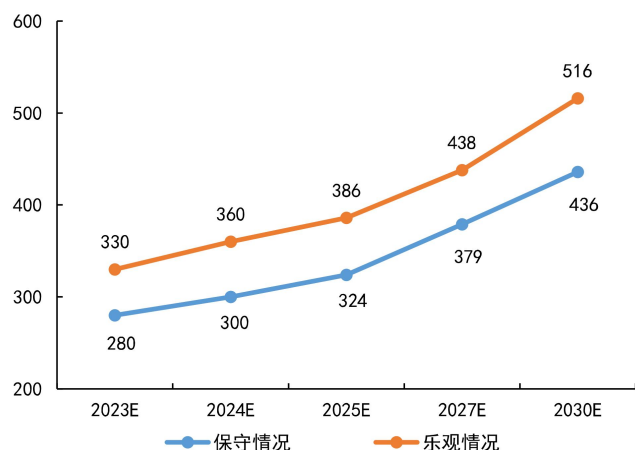


资料来源：宇邦新材招股书，长城国瑞证券研究所

焊带业务有两条主要逻辑：在总量上，焊带需求随着光伏新增装机量提升而不断扩大；在结构上，焊带需求种类随着电池的主栅技术变化而不断迭代。

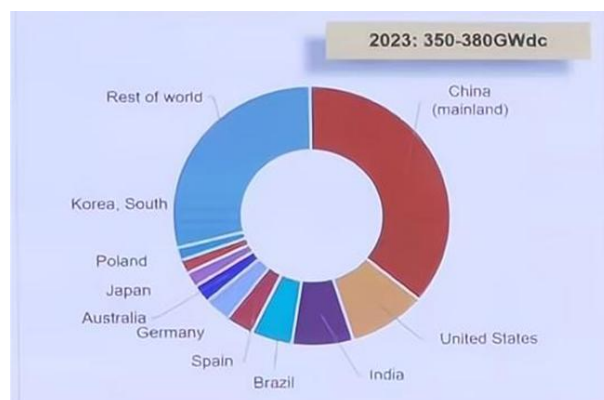
总量上，焊带需求量随着全球光伏装机量变动。CPIA 预测 2023 年全球光伏装机量乐观情况下为 330GW。IHS Market 预测 2023 年全球光伏装机量为 350GW-380GW。欧洲光伏协会预测 1GW 光伏组件所需光伏焊带在 500 吨-600 吨之间。根据光伏组件栅线数量不同，互连焊带和汇流焊带的耗用量比值在 4-5 之间。我们以 CPIA 预测的中性情况为依据，按照互连焊带和汇流焊带耗用量比值为 4.5: 1 计算，到 2030 年全球互连焊带需求量约为 23.37 万吨，汇流焊带需求量约为 5.19 万吨。

图 60：2023-2030 年全球光伏装机量预测（GW）



资料来源：CPIA，长城国瑞证券研究所

图 61：电阻加热长晶炉



资料来源：IHS Market，长城国瑞证券研究所

表 16：光伏焊带需求量测算

	2023E	2024E	2025E	2027E	2030E
光伏组件装机量（GW）	305	330	355	408.5	476
容配比	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
光伏组件需求量（GW）	366	396	426	490.2	571.2
单位焊带需求量（吨/GW）	550	540	530	510	500
单位汇流焊带需求量（吨/GW）	100.0	98.2	96.4	92.7	90.9
单位互连焊带需求量（吨/GW）	450.0	441.8	433.6	417.3	409.1
汇流焊带需求量（万吨）	3.66	3.89	4.11	4.55	5.19
互联焊带需求量（万吨）	16.47	17.50	18.47	20.45	23.37

资料来源：宇邦新材招股书，CPIA，长城国瑞证券研究所

光伏电池主栅技术的变化会带来焊带需求的变化，目前在 PERC 电池领域以 9BB 和 10BB 为主，未来 11BB 市场的需求将持续提高。在 TOPCon 电池领域 16BB 已经占据 50% 的市场份额，未来将持续提高 90% 以上，仍然具有较大提升空间。目前 SMBB 技术处于持续导入之中，SMBB 焊带由于线径更细（0.3mm 以下），生产难度更高，可能对焊带企业市场格局产生一定影响。

图 62：PERC 电池主栅技术市场占比

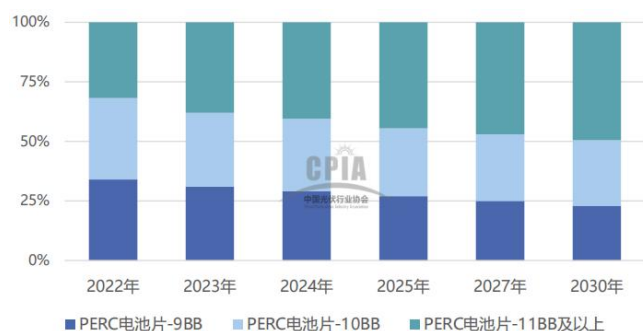
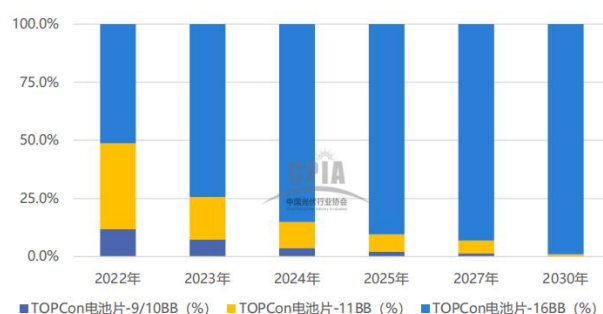


图 63：TOPCon 电池主栅技术市场占比



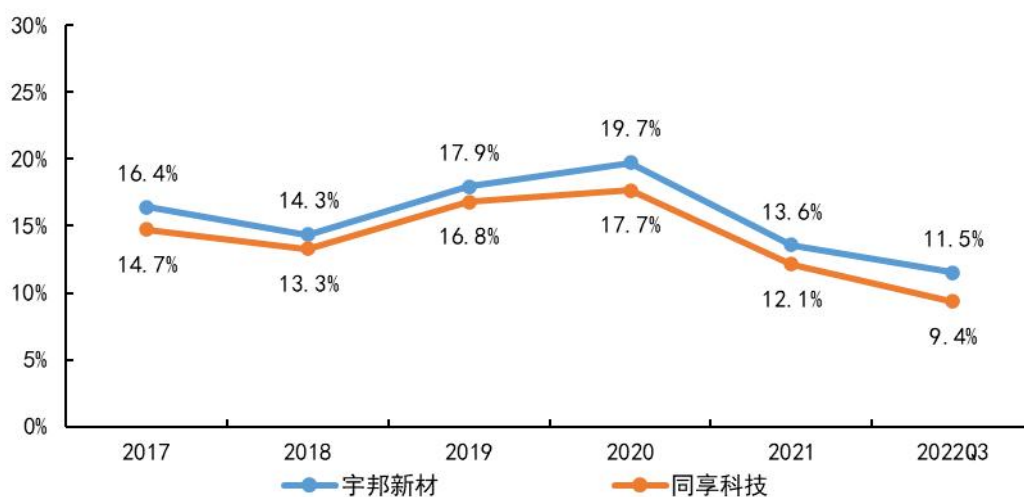


资料来源：CPIA，长城国瑞证券研究所

资料来源：CPIA，长城国瑞证券研究所

连城焊带业务处于导入阶段，毛利率具有较大提升空间。从 2022 年中报披露情况看，上半年连城数控辅材业务实现营业收入 2.11 亿元，以焊带业务为主，毛利率仅为 0.31%，远低于同业的宇邦新材与同享科技毛利率水平。由于焊带的成本加成的定价方式，毛利率水平会随原材料价格波动，因此单吨毛利是衡量焊带盈利水平的更好方式。宇邦新材的互连焊带单吨毛利约为 1.1 万元-1.3 万元，汇流焊带单吨毛利约为 1.2 万元。我们认为连城数控焊带业务处于由研发向市场导入的初期，受到良率、稼动率等因素影响，当前毛利率水平并不能代表业务成熟以后的水平，未来毛利率仍有较大提升空间。

图 64：宇邦新材与同享科技毛利率水平



资料来源：Wind，长城国瑞证券研究所

表 17：宇邦新材焊带单吨毛利测算

焊带类型	指标	2019	2020	2021
互连焊带	销售收入（万元）	48657.68	67240.62	93344.6
	销售量（吨）	7345.19	9842.18	10973.24
	毛利额（万元）	8868.11	13323.63	11907.95
	单吨售价（万元/吨）	6.62	6.83	8.51
	单吨毛利（万元/吨）	1.21	1.35	1.09
汇流焊带	销售收入（万元）	10700.36	14069	28959.39
	销售量（吨）	1529.37	2033.3	3228.32
	毛利额（万元）	1301.22	2365.17	3990.5
	单吨售价（万元/吨）	7.00	6.92	8.97
	单吨毛利（万元/吨）	0.85	1.16	1.24

资料来源：宇邦新材招股书，长城国瑞证券研究所



5 盈利预测（单位：百万元）

资产负债表	2021	2022E	2023E	2024E	利润表	2021	2022E	2023E	2024E
货币资金	632.83	1,175.20	1,848.49	2,559.65	营业收入	2,040.12	3,771.28	5,959.20	7,889.50
应收账款	695.79	1,189.85	1,723.54	2,002.06	营业成本	1,391.11	2,601.23	3,995.21	5,381.00
预付账款	102.15	195.93	221.55	376.96	营业税金及附加	11.92	18.48	29.20	38.66
存货	668.72	1,788.00	1,940.86	2,991.72	营业费用	65.30	158.39	268.16	362.92
其他	930.62	1,261.24	1,326.43	1,594.34	管理费用	145.54	256.45	399.27	520.71
流动资产合计	3,030.11	5,610.22	7,060.86	9,524.74	研发费用	118.81	245.13	345.63	433.92
长期股权投资	269.86	269.86	269.86	269.86	财务费用	-3.22	-1.89	-2.98	-3.94
固定资产	380.53	453.55	440.95	432.80	资产减值损失	-2.90	-13.00	-14.00	-15.00
在建工程	57.49	13.10	23.17	30.22	公允价值变动收益	53.33	-49.31	-10.00	-25.00
无形资产	100.69	129.18	155.98	181.10	投资净收益	-13.37	49.00	55.00	60.00
其他	160.61	182.52	207.91	237.28	其他	24.04	256.86	268.51	378.77
非流动资产合计	969.17	1,048.21	1,097.86	1,151.25	营业利润	368.37	495.07	970.83	1,191.40
资产总计	3,999.28	6,658.43	8,158.72	10,675.99	营业外收入	20.11	13.26	13.20	15.53
短期借款	48.54	0.00	513.63	0.00	营业外支出	0.52	0.51	0.51	0.51
应付账款	402.83	1,278.71	1,282.66	2,107.97	利润总额	387.97	507.82	983.52	1,206.41
其他	976.09	2,456.90	2,762.14	4,142.09	所得税	57.05	73.63	142.61	174.93
流动负债合计	1,427.45	3,735.61	4,558.42	6,250.05	净利润	330.92	434.19	840.91	1,031.48
长期借款	0.00	0.00	0.00	0.00	少数股东损益	-15.22	-13.03	-25.23	-30.94
应付债券	0.00	0.00	0.00	0.00	归属于母公司净利润	346.14	447.21	866.13	1,062.43
其他	36.81	42.34	48.69	55.99	主要财务比率	2021	2022E	2023E	2024E
非流动负债合计	36.81	42.34	48.69	55.99	成长能力				
负债合计	1,464.27	3,777.95	4,607.11	6,306.04	营业收入	9.98%	84.86%	58.02%	32.39%
少数股东权益	39.65	26.63	1.40	-29.54	营业利润	-16.66%	34.39%	96.10%	22.72%
股本	232.50	233.50	233.50	233.50	归属于母公司净利润	-8.89%	29.20%	93.67%	22.66%
资本公积	925.18	925.18	925.18	925.18	获利能力				
留存收益	2,263.90	2,620.35	3,316.72	4,165.99	毛利率	31.81%	31.03%	32.96%	31.80%
其他	-926.22	-925.18	-925.18	-925.18	净利率	16.97%	11.86%	14.53%	13.47%
股东权益合计	2,535.01	2,880.48	3,551.62	4,369.94	ROE	13.87%	15.67%	24.40%	24.15%
负债和股东权益总计	3,999.28	6,658.43	8,158.72	10,675.99	ROIC	23.51%	24.99%	56.01%	51.34%
现金流量表	2021	2022E	2023E	2024E	偿债能力				
经营活动现金流	151.43	610.68	306.39	1,378.95	资产负债率	36.61%	56.74%	56.47%	59.07%
资本支出	420.01	83.47	52.58	54.65	流动比率	2.12	1.50	1.55	1.52
长期投资	156.13	0.00	0.00	0.00	速动比率	1.65	1.02	1.12	1.05
其他	-712.43	-24.83	-36.51	-6.60	营运能力				
投资活动现金流	-136.30	58.64	16.07	48.05	应收账款周转率	3.38	4.00	4.09	4.24
债权融资	54.12	14.00	531.63	25.00	存货周转率	3.05	3.07	3.20	3.20
股权融资	185.52	3.92	2.98	3.94	总资产周转率	0.53	0.71	0.80	0.84
其他	-164.12	-144.88	-183.77	-744.78	每股指标（元）	2021	2022E	2023E	2024E
筹资活动现金流	75.52	-126.95	350.84	-715.84	每股收益	1.48	1.92	3.71	4.55
汇率变动影响	0.00	0.00	0.00	0.00	每股经营现金流	0.65	2.62	1.31	5.91
现金净增加额	90.65	542.37	673.30	711.16	每股净资产	10.69	12.22	15.20	18.84

资料来源：Wind，长城国瑞证券研究所

股票投资评级说明

证券的投资评级：

以报告日后的 6 个月内，证券相对于市场基准指数的涨跌幅为标准，定义如下：

买入：相对强于市场表现 20%以上；

增持：相对强于市场表现 10%~20%；

中性：相对市场表现在-10%~+10%之间波动；

减持：相对弱于市场表现 10%以下。

行业的投资评级：

以报告日后的 6 个月内，行业相对于市场基准指数的涨跌幅为标准，定义如下：

看好：行业超越整体市场表现；

中性：行业与整体市场表现基本持平；

看淡：行业弱于整体市场表现。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议；投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者应阅读整篇报告，以获取比较完整的观点与信息，不应仅仅依靠投资评级来推断结论。

本报告采用的基准指数：沪深 300 指数。

法律声明：“股市有风险，入市需谨慎”

长城国瑞证券有限公司已通过中国证监会核准开展证券投资咨询业务。在本机构、本人所知情的范围内，本机构、本人以及财产上的利害关系人与所评价的证券没有利害关系。本报告中的信息均来源于公开资料，我公司对这些信息的准确性及完整性不作任何保证，不保证报告信息已做最新变更，在任何情况下，报告中的信息或所表达的意见并不构成对所述证券买卖的出价或询价。在任何情况下，我公司不就本报告中的任何内容对任何投资做出任何形式的担保，投资者据此投资，投资风险自我承担。本报告版权归本公司所有，未经本公司事先书面授权，任何机构和个人均不得以任何形式翻版、复制、刊载或转发，否则，本公司将保留随时追究其法律责任的权利。