

2023年10月15日

超配

证券分析师

 方霁 S0630523060001
 fangji@longone.com.cn


相关研究

1. 宏微科技 (688711): 乘风新能源创宏伟蓝图、增添新产能以积微成著
2. 存储市场柳暗花明, 国产替代未艾方兴——半导体行业深度报告 (二)
3. 入空驭气奔如电, 电子气体国产进程有望加速突破——半导体行业深度报告 (一)

新能源打开IGBT天花板, 新产能蓄力国产企业新台阶

——半导体行业深度报告 (三)

投资要点:

- **IGBT是功率器件中的复合型器件, 被称为电子电力行业的“CPU”和新能源“芯片”。**IGBT是双极型三极管 (BJT) 和绝缘栅型场效应管 (MOS) 结合组成的, 综合BJT高电流密度和MOS高输入阻抗的特点, 具有驱动功率小而饱和压降低的显著性能优势, 在电子元器件中发挥电源开关和电能转换两大功能, 广泛应用于新能源汽车、工业控制、白色家电、新能源发电、轨道交通等领域, 其中车规级IGBT的安全稳定性要求高于消费级和工业级IGBT。自问世以来, IGBT不断在技术迭代, 主要向着降低开关损耗和创建更薄的结构方向改善和发展, 其纵向结构、栅极结构以及硅片加工工艺方面不断升级改进, 共经历了七次大型技术演变, 各项指标在演变中不断优化。目前, IGBT芯片已经迭代至第七代精细沟槽栅截止型IGBT, 但考虑成本后, 应用最广泛的仍是IGBT第四代产品。
- **我们预计2026年中国IGBT市场规模将达到685.78亿元, 2022-2026年CAGR有望达21.48%。**受益于新能源领域的快速发展, 我国IGBT市场不断扩张推向新高点, 其中新能源汽车是最重要的驱动力。根据我们测算, 国内新能源汽车IGBT市场规模将从2022年的130.98亿元快速增长至2026年的407.84亿元, 年复合增速为32.84%; 新能源发电是第二大IGBT增量市场, 随着光伏、风电新增装机量的快速提升, 我国新能源发电IGBT市场规模将在2026年达到44.19亿元, CAGR为21.34%。下游应用领域中, 新能源汽车市场占比最大, 2022年从42%有望逐步提升至2026年的60%, 其次为工控、变频白电和新能源发电, 预期2026年占比分别为18%、15%以及6%, 轨道交通体量相对较小, 预期2026年占比为1%。在节能减排政策的背景下, 工业控制、变频白色家电等节能效果明显的产品近年来市场规模也实现持续稳定增长。
- **2021全球IGBT单管和模块TOP3企业均为海外企业, 市场份额分别为53%和56%, 国内企业士兰微在单管市场中份额为4%, 斯达半导和中车时代在模块市场中份额分别为3%和2%, 随着国产替代程度加深, 国产化率在2023年有望升至32.90%。**根据Omdia数据, 2021年全球IGBT单管和模块市场中, 海外企业英飞凌、富士电机、三菱电机占据了一半以上的市场份额, CR3分别为53%和56%, 其中英飞凌的市场份额分别为29%和33%, 占据绝对龙头地位, 这些欧美日厂商资金实力雄厚、技术水平领先、产业经验丰富, 以IDM模式为主导凭借先发优势抢占了绝大部分市场份额。国内厂商所占市场份额较低, 2021年全球IGBT单管市场中只有士兰微进入前十大厂商, 占比为4%, 2021年全球IGBT模块市场中只有斯达半导和中车时代进入前十大厂商, 占比分别3%和2%。短期海外龙头厂商交货周期维持稳定, 同时下游需求仍保持活跃为国产厂商发展带来了机遇, 国内厂商多为Fabless模式, 正逐步向IDM转型突破产能受限问题, 国产替代稳步推进, 根据中商产业研究院数据, IGBT国产化率将在2023达到32.90%。
- **建议关注车规级及新能源IGBT赛道优质标的。**IGBT市场在新能源领域推动和政策支撑下将迎来快速增长期, 新能源汽车市场是最充足的驱动力, 车规级IGBT的认证周期长、技术壁垒高、受到客户认可难度大, 国内厂商正进一步实现技术突破同时扩张产能布局提高核心竞争力, 国产替代正驶入加速带。建议关注: IGBT模块龙头企业**斯达半导**、IGBT行业领军企业**宏微科技**、轨交和车规级IGBT龙头企业**时代电气**、半导体IDM龙头企业**士兰微**、IDM+Fabless模式相结合企业**扬杰科技**、ODM+功率半导体龙头企业**闻泰科技**。
- **风险提示: 1) 新能源发展不及预期; 2) 技术迭代不及预期; 3) 产能建设不及预期。**

正文目录

1. IGBT 是电子电力行业的“CPU”	5
1.1. IGBT 是功率器件中的“结晶”	5
1.2. IGBT 技术不断迭代，产品推陈出新	10
2. IGBT 搭乘新能源快车打开增长空间天花板	15
2.1. 新能源汽车市场成为 IGBT 增长最充足动力	15
2.2. 新能源发电前景广阔驱动 IGBT 增长	17
2.3. 工业控制平稳发展支撑 IGBT 行业需求	19
2.4. 家电智能化催生 IGBT 模块增长	20
2.5. 轨道交通助力 IGBT 市场增长	22
2.6. 国内 IGBT 市场乘风新能源领域迅速扩张	24
3. 国产 IGBT 崛起有望重塑海外寡头垄断格局	26
3.1. 行业壁垒成为 IGBT 集中度高的内在因素	26
3.1.1. 技术壁垒	26
3.1.2. 市场壁垒	27
3.2. 海外龙头主导 IGBT 市场	28
3.3. 海外龙头短期内交货周期与价格维持稳定态势	32
3.4. 国内厂商产能逐步释放加速国产替代	33
4. 公司介绍	35
4.1. 斯达半导体：全球 IGBT 模块市场第六、国内第一	35
4.2. 时代电气：国内轨交和车规级 IGBT 龙头企业	37
4.3. 士兰微：国内半导体 IDM 龙头，IGBT 业务高速增长	40
4.4. 宏微科技：国内 IGBT 行业领军企业，产能规划清晰	42
4.5. 扬杰科技：国内 IDM+Fabless 相结合，功率器件产品布局多样化	44
4.6. 闻泰科技：国内 ODM+功率半导体龙头，海内外晶圆厂持续扩产	47
5. 投资建议	49
6. 风险提示	50

图表目录

图 1 功率半导体产品分类.....	5
图 2 IGBT 结构图.....	6
图 3 功率半导体器件应用领域.....	7
图 4 某半桥结构 IGBT 模块产品示意图.....	7
图 5 某半桥 IGBT 模块内部芯片示意图.....	7
图 6 IPM 模块较 IGBT 模块技术改进点.....	8
图 7 IGBT 应用领域.....	9
图 8 IGBT 芯片随着技术迭代性能不断提升.....	11
图 9 我国新能源汽车市场销量.....	15
图 10 电动汽车 IGBT 应用范围.....	16
图 11 光伏系统示意图.....	17
图 12 中国光伏与风电发电新增装机容量（万千瓦）.....	17
图 13 工控各场景功率器件电路图.....	19
图 14 用于空调的变频器 IPM 应用示例.....	21
图 15 三相逆变器原理图.....	23
图 16 动车组牵引系统示意图.....	23
图 17 2022 年我国 IGBT 应用领域市场规模（亿元）及占比.....	25
图 18 预计 2026 年我国 IGBT 应用领域市场规模（亿元）及占比.....	25
图 19 IGBT 核心生产流程.....	26
图 20 IGBT 模块封装示意图.....	27
图 21 IGBT 产业链图.....	29
图 22 2021 年全球 IGBT 单管竞争格局.....	30
图 23 2021 年全球 IGBT 模块竞争格局.....	30
图 24 中国 IGBT 产量及自给率趋势图.....	30
图 25 斯达半导发展历程.....	35
图 26 斯达半导历年营收及增速.....	36
图 27 斯达半导历年归母净利润及增速.....	36
图 28 斯达半导历年毛利率和净利率.....	36
图 29 斯达半导历年期间费用率.....	36
图 30 斯达半导历年分行业营收构成（亿元）.....	37
图 31 斯达半导 2023H1 营收占比（亿元，%）.....	37
图 32 时代电气发展历程.....	38
图 33 时代电气历年营收及增速.....	38
图 34 时代电气历年归母净利润及增速.....	38
图 35 时代电气历年毛利率和净利率.....	39
图 36 时代电气历年期间费用率.....	39
图 37 时代电气历年营收构成（亿元）.....	39
图 38 时代电气近两年新兴装备业务构成（亿元）.....	39
图 39 士兰微发展历程.....	40
图 40 士兰微历年营收及增速.....	41
图 41 士兰微历年归母净利润及增速.....	41
图 42 士兰微历年毛利率和净利率.....	41
图 43 士兰微历年期间费用率.....	41
图 44 士兰微历年营收构成（亿元）.....	42
图 45 2023H1 士兰微业务营收构成（亿元，%）.....	42
图 46 宏微科技发展历程.....	43

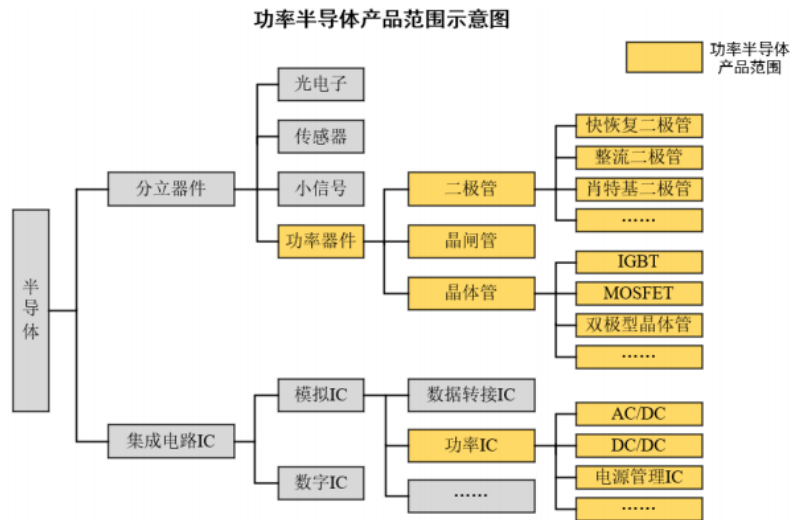
图 47 宏微科技历年营收及增速	43
图 48 宏微科技历年归母净利润及增速	43
图 49 宏微科技历年毛利率与净利率	44
图 50 宏微科技历年期间费用率	44
图 51 宏微科技历年营收构成（百万元）	44
图 52 宏微科技历年拆分业务毛利率	44
图 53 扬杰科技发展历程	45
图 54 扬杰科技历年营收及增速	45
图 55 扬杰科技历年归母净利润及增速	45
图 56 扬杰科技历年毛利率与净利率	46
图 57 扬杰科技历年期间费用率	46
图 58 扬杰科技历年营收构成（亿元）	46
图 59 2023H1 扬杰科技业务营收构成（亿元，%）	46
图 60 闻泰科技发展历程	47
图 61 闻泰科技历年营收及增速	48
图 62 闻泰科技历年归母净利润及增速	48
图 63 闻泰科技历年毛利率与净利率	48
图 64 闻泰科技历年期间费用率	48
图 65 闻泰科技历年营收构成（亿元）	49
图 66 闻泰科技两大业务历年研发费用（亿元）	49
表 1 MOSFET、IGBT 和 BJT 性能对比	6
表 2 各应用场景 IGBT 参数对比	10
表 3 IGBT 栅极结构的演变	12
表 4 IGBT 纵向结构的演变	13
表 5 英飞凌的七代产品之间核心参数对比	14
表 6 新能源汽车 IGBT 市场规模测算	16
表 7 光伏逆变器 IGBT 市场规模测算	18
表 8 中国风电变流器 IGBT 市场规模测算	19
表 9 工业控制 IGBT 市场规模测算	20
表 10 变频白电 IGBT 市场规模测算	22
表 11 不同类型 IGBT 材料及封装工艺的对比	23
表 12 轨道交通 IGBT 市场规模测算	24
表 13 中国 IGBT 市场规模测算（亿元）	24
表 14 IGBT 模块可靠性测试项目	28
表 15 全球 IGBT 龙头企业财务数据浏览	31
表 16 海外厂商交货周期	32
表 17 国内厂商营收及晶圆产能	33

1.IGBT 是电子电力行业的“CPU”

1.1.IGBT 是功率器件中的“结晶”

(1) 功率半导体根据集成度可以分为分立器件中的功率器件和集成电路 IC 中的功率 IC 两个大类。半导体产品的分类是一个十分复杂困难的过程，国际上多种分类方法都不可能完美区分出来各种产品种类与规模，目前较多采用 WSTS（世界半导体贸易协会）的分类方法。在下图的半导体产品中，功率半导体是包含了功率器件与功率 IC 两大类，功率 IC 相对来说集成芯片的小功率、小电压产品，功率 IC 集成度较高，是指将高压功率器件与其控制电路、外围接口电路及保护电路等集成在同一芯片的集成电路，主要应用于手机等小电压产品。功率器件包括二极管、晶体管和晶闸管三大类，其中晶体管市场规模最大，晶体管又细分为 IGBT、MOSFET、双极型晶体管等。功率器件是指体积较大，用来处理较大功率、大电压的产品，IGBT 属于功率器件的一类产品。

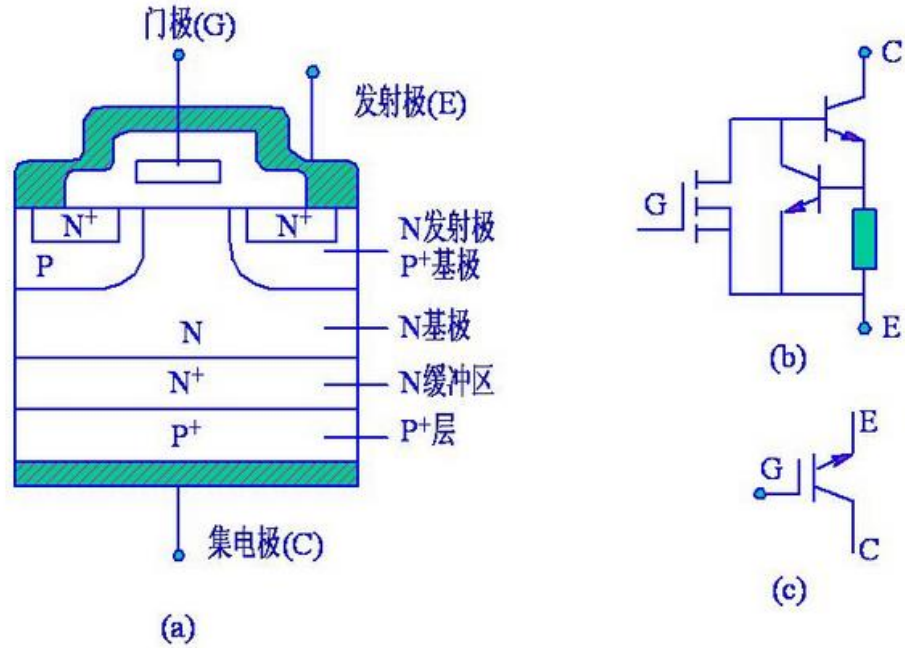
图1 功率半导体产品分类



资料来源：宏微科技招股说明书，东海证券研究所

(2) IGBT 全称为绝缘栅双极型晶体管，是由双极型三极管（BJT）和绝缘栅型场效应管（MOS）组成的复合全控型电压驱动式功率半导体器件。下图显示了一种 N 沟道增强型绝缘栅双极晶体管结构。IGBT 是一个三端器件，正面有两个电极，分别为发射极（Emitter）和栅极（Gate）背面为集电极（Collector）。IGBT 的开关作用是通过加正向栅极电压形成沟道，给 PNP 晶体管提供基极电流，使 IGBT 导通；反之，加反向门极电压消除沟道，流过反向基极电流，使 IGBT 关断。

图2 IGBT 结构图



资料来源：电子产品世界，东海证券研究所

(3) IGBT 是功率半导体中的核心器件，兼具 MOSFET 及 BJT 两类器件优势，驱动功率小而饱和压降低。金氧半场效晶体管（MOSFET）输入阻抗高、驱动功率小、开关速度快；而双极型三极管（BJT）饱和压降低，BJT 更强调工作功率，MOSFET 更强调工作频率，因此 IGBT 兼有以上两种器件的优点，性能优势显著。

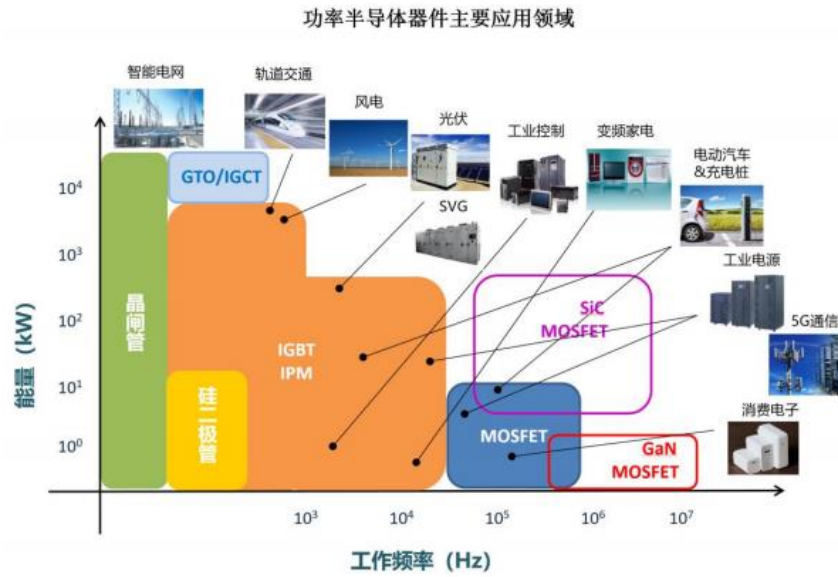
表1 MOSFET、IGBT 和 BJT 性能对比

特性	BJT	MOSFET	IGBT
驱动方法	电流	电压	电压
驱动电路	复杂	简单	简单
输入阻抗	低	高	高
驱动功率	高	低	低
开关速度	慢	快	中
开关频率	低	快	中
安全工作区	窄	宽	宽
饱和电压	低	高	低

资料来源：智研咨询，东海证券研究所

(4) 功率半导体的两大功能是开关与电能转换，主要可以依据工作频率与功率大小将功率半导体分为不同类型，IGBT 属于功率半导体领域中高电压低频率应用的一种。功率器件通过调节改变电子元器件的功率来实现电源开关和电能转换的功能，主要体现在变频、整流、变压、开关等方面。其应用范围广泛，包括工控、风电、光伏、电动汽车与充电桩、轨交、消费电子等领域。IGBT 属于其中偏向高电压、中低频率应用场景的一类产品。一般低压 IGBT 常用于变频白色家电、新能源汽车零部件等领域；中压 IGBT 常用于工业控制、新能源汽车等领域；高压 IGBT 常用于轨道交通、电网等领域。

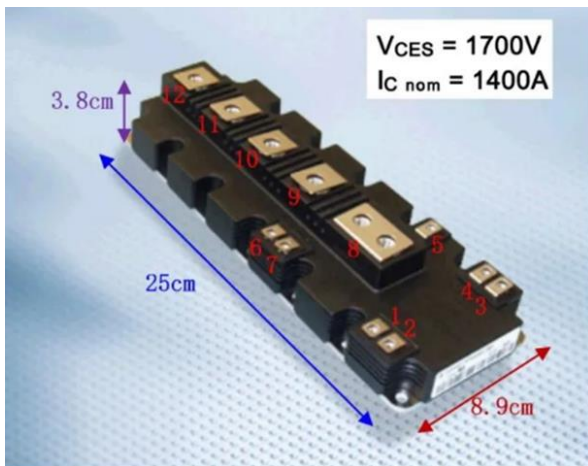
图3 功率半导体器件应用领域



资料来源：宏微科技招股说明书，东海证券研究所

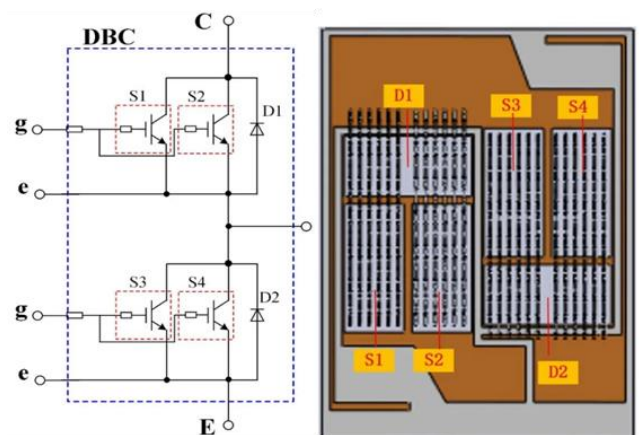
(5) IGBT 通常应用形式是模块或者单管，内部的核心组件就是 IGBT 芯片。如下图所示的 IGBT 模块型号为：FF1400R17IP4，模块的长宽高为：25cmx8.9cmx3.8cm，模块内部包含两个 IGBT 模组，也就是我们常说的半桥模块。IGBT 模块内部主要包含 3 个部件，散热基板、DBC (Direct Bonding Copper-直接覆铜陶瓷板) 基板和硅芯片(包含 IGBT 芯片和 Diode 芯片)，其余的主要是焊料层和互连导线，用途是将 IGBT 芯片、Diode 芯片、功率端子、控制端子以及 DBC 连接起来。DBC 的主要功能需要保证硅芯片和散热基板之间的电气绝缘能力以及良好的导热能力，同时还要满足一定的电流传输能力。DBC 基板类似 2 层 PCB 电路板， DBC 常用的陶瓷绝缘材料为氧化铝(Al_2O_3)和氮化铝(AlN)。如下右图所示，半桥结构 IGBT 模块内部有 6 个 DBC，每个 DBC 上有 4 个 IGBT 芯片和 2 个 Diode (二极管) 芯片。无论是内部的芯片还是最终形成的模组，IGBT 的每一个环节技术壁垒均较高。

图4 某半桥结构 IGBT 模块产品示意图



资料来源：电子产品世界，东海证券研究所

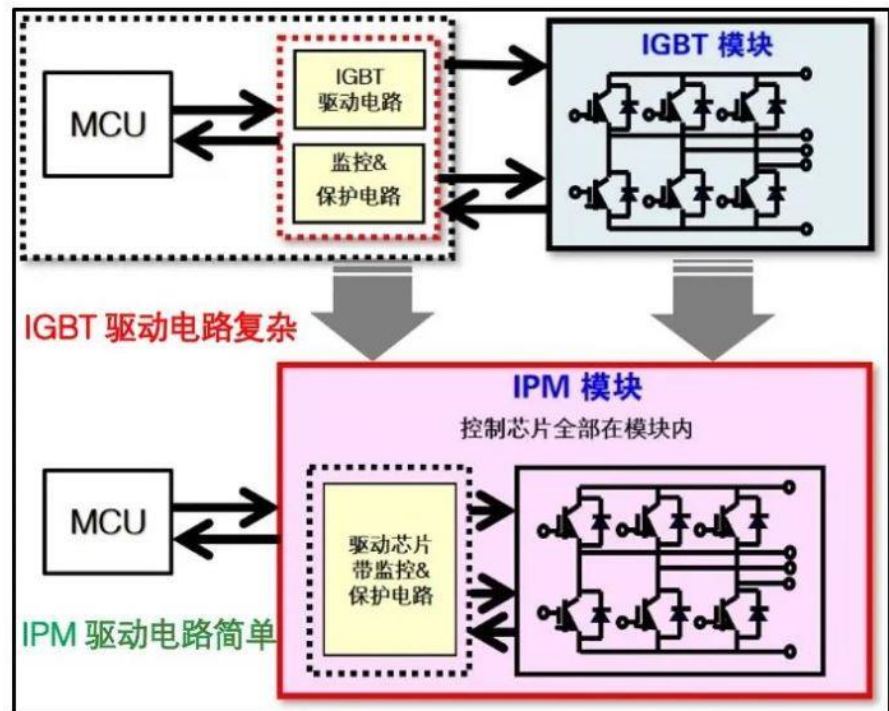
图5 某半桥 IGBT 模块内部芯片示意图



资料来源：电子产品世界，东海证券研究所

(6) IPM (Intelligent Power Module, 智能功率模块) 是一种功能强大的集成电路模块, 可以用于控制和驱动高功率电子设备, 如交流电机驱动器、变频器、逆变器等。由于 IGBT 器件的固有特性, 当出现过流、短路、过压时如不能及时保护, 往往在十几微秒乃至数微秒内就会导致 IGBT 损坏, 造成电力变换系统停机事故。为了解决 IGBT 在驱动保护、可靠性方面的不足 IPM 把驱动和多种保护电路封装在同一模块, IPM 应用过程中, 不再需要用户自己设计驱动保护电路, IGBT 的驱动及保护由 IPM 内部电路来完成。IPM 模块通常包括一个功率 MOSFET、IGBT (绝缘栅双极晶体管) 或 SiC (碳化硅) 等开关器件, 以及一个驱动电路, 用于控制这些开关器件的导通和截止。此外, IPM 模块还通常集成有电源电路、电流和电压传感器、过温保护和短路保护等功能, 可以提供全面的保护措施, 以保证高功率电子设备的安全和可靠性。

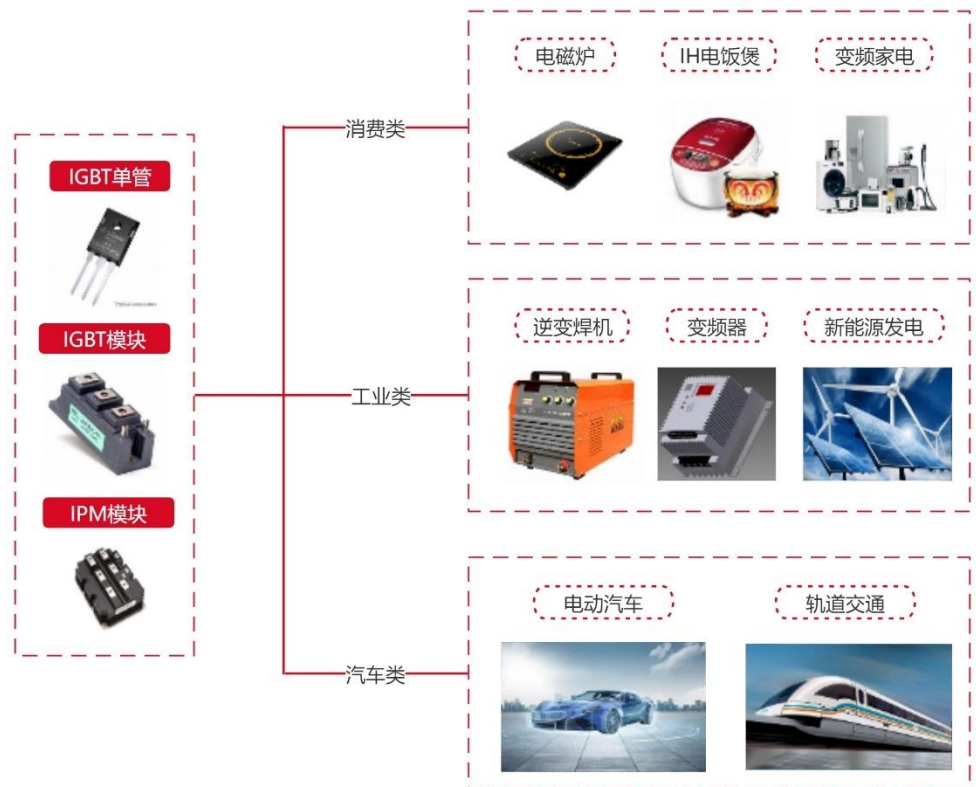
图6 IPM 模块较 IGBT 模块技术改进点



资料来源: 电子创新网, 东海证券研究所

(7) IGBT 应用范围按照领域的不同主要可以分为三大类: 消费类, 工业类, 汽车类。IGBT 单管主要应用于小功率家用电器、分布式光伏逆变器; IGBT 模块主要应用于大功率工业变频器、电焊机、新能源汽车 (电机控制器、车载空调、充电桩) 等领域; 而 IPM 模块应用于变频空调、变频冰箱等白色家电产品。

图7 IGBT 应用领域



资料来源：君芯科技，东海证券研究所

(8) 相比工控与消费类 IGBT，车规级 IGBT 对产品安全性和可靠性提出更高要求。作为汽车电气化变革的关键制程，IGBT 产品在智能汽车中具有不可替代的作用。由于汽车电子本身使用环境较为复杂，一旦失效可能引发严重后果，所以市场对于车规级 IGBT 产品的要求要高于工控类与消费类 IGBT 产品。对比之下，车规级 IGBT 对于温度的覆盖要求更高、对出错率的容忍度更低且要求使用时间也更长、工艺处理和电路设计方面对可靠性和散热性要求更高。具体体现为：1) 车规级 IGBT 的工作温度范围广，IGBT 需适应“极热”、“极冷”的高低温工况；2) 需承受频繁启停、加减速带来的电流冲击，导致 IGBT 结温快速变化，对 IGBT 耐高温和散热性能要求更高；3) 汽车行驶中可能会受到较大的震动和颠簸，要求 IGBT 模块的各引线端子有足够强的机械强度，能够在强震动情况下正常运行；4) 需具备长使用寿命，要求零失效率。

表2 各应用场景 IGBT 参数对比

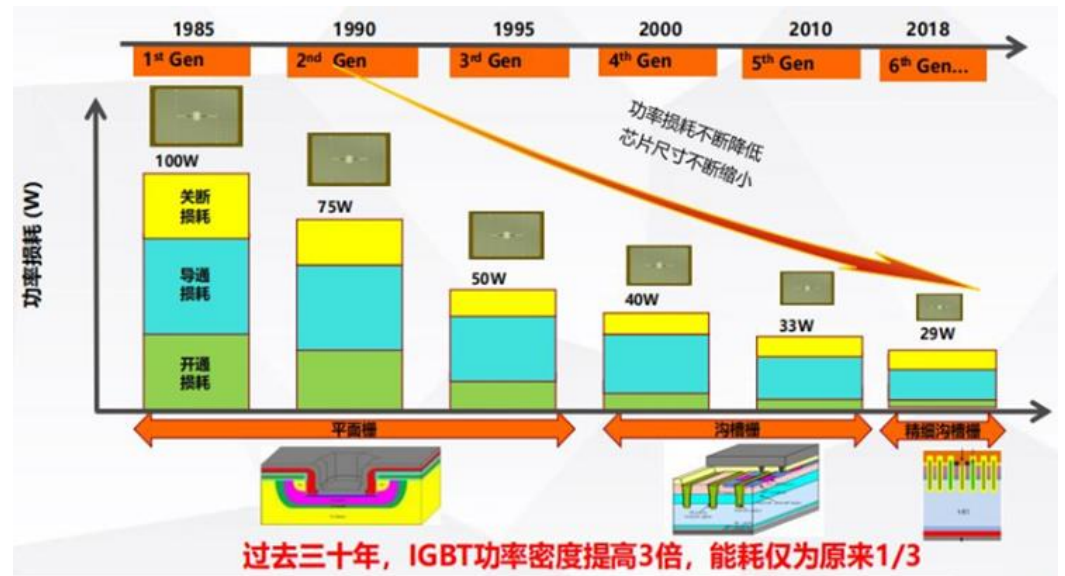
参数要求	消费级	工业级	汽车级
温度	-20℃-70℃	-40℃-85℃	-40℃-125℃
湿度	低	根据使用环境确定	0℃-100℃
验证	JESD27(chips) ISO16750(modules)	JESD47(chips) ISO16750(modules)	AEC-Q100、 ISO26262/ISO/TS 16949
出错率	<3%	<1%	0
使用时间	1-3 年	5-10 年	15 年
供货时间	高至 2 年	高至 5 年	高至 30 年
工艺处理	防水处理	防水、防潮、防腐、防霉 变处理	增强封装设计和散热处 理
电路设计	防雷设计、短路保 护、热保护等	多级防霉设计、双变压器 设计、抗干扰设计、短路 保护、热保护、超高压保 护等	多级防霉设计、双变压 器设计、抗干扰设计、 多重短路保护、多重热 保护、超高压保护等
系统成本	线路板一体化设 计，价格低廉但维 护费用较高	积木式结构，每个电路均 带有自检功能，造价稍高 但维护费用低	积木式结构，每个电路 均带有自检功能并增强 了散热处理，造价较高 但维护费用也高

资料来源：华经产业研究院，飞鲸投研，东海证券研究所

1.2.IGBT 技术不断迭代，产品推陈出新

(1) IGBT 产品的技术路径在于不断降低导通损耗、降低开关损耗、提升安全工作区这样三个相互矛盾的方面来进行。IGBT 产品作为一个商业化的产品，长期目标是不断提升性能，同时不断降低成本。能够评价 IGBT 性能的指标有很多个，比较关键指标有三个，其一是降低开关损耗，是指在满足高频率的开关功能条件下，提升转换能量效率；其二是导通损耗，是指电路导通后降低热损耗，提升电能转换效率；其三是提升安全工作区，是指尽可能保证器件在更大的温度、电压、电流范围内稳定工作。除了以上三个核心维度之外，提升电流密度、提高阻断电压、提高结温、减少耗材等性能指标也很重要。通常来说，各个产品性能指标之间是相互矛盾的，同时提升所有性能指标是理想的目的，长期来看是可以实现这一过程的，但短期设计过程往往需要根据下游应用侧重考虑某些重要指标。IGBT 经过 30 余年的不断发展，整体性能不断提升，核心指标来看，功率密度已经提高了 3 倍，能耗不断降低只有刚开始的 1/3，IGBT 的新技术依然在不断迭代中。

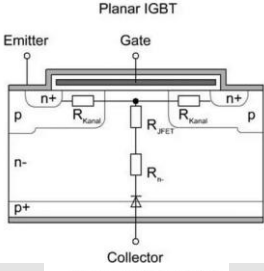
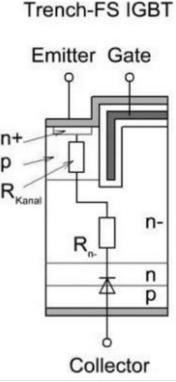
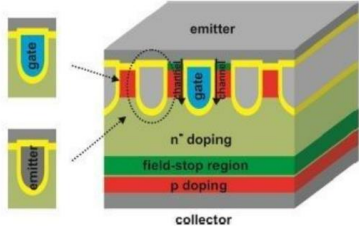
图8 IGBT 芯片随着技术迭代性能不断提升



资料来源：未来出行学院，电子工程世界，东海证券研究所

(3) IGBT 栅极结构从平面栅向 Trench 沟槽型结构发展，再发展到最新的微沟槽型。在平面栅 IGBT 中，在电子流通方向上，包含沟道电阻 R_{kanal} ，JFET 电阻 R_{JFET} ，与漂移区电阻 R_n ，通过刺蚀将沟道从横向变为纵向，电子沟道垂直于硅片表面，消除了 JFET 结构，增加了表面沟道密度，提高近表面载流子浓度，从而使性能更加优化。另一方面，相比于平面栅极 IGBT，沟槽 IGBT 的垂直结构省去了在硅表面上制作导电沟道的面积，更有利于设计紧凑的元胞，即在同等芯片面积上可以制作更多的 IGBT 元胞，从而增加导电沟道的宽度，降低沟道电阻。微沟槽型栅极结构进一步降低沟槽间距至亚微米级，使得沟道密度更高，高密度的沟槽栅能够有效的调节出最合适的电容比率，在开关过程中较小的开关损耗以及较优的开关特性，同时采用了虚拟陪栅结构和非有源区以提高元胞通态时发射极端载流子浓度。


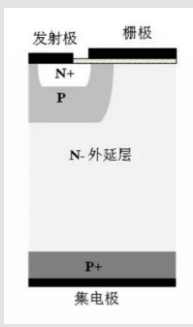
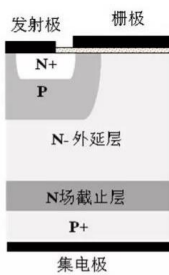
表3 IGBT 栅极结构的演变

结构类型	结构示意图	结构特点
平面栅	 <p>Planar IGBT</p>	<p>平面栅有较好的栅氧化层质量，栅电容较小，不会在栅极下方造成电场集中而影响耐压，经过优化也可改善器件工作特性，如降低开关损耗等，在高压 IGBT（3300V 及以下电压等级）中被普遍采用。</p>
沟槽栅	 <p>Trench-FS IGBT</p>	<p>沟槽栅结构将多晶硅栅从横向变为纵向，有效提高元胞（Cell）密度，有利于降低功耗，同时载流子分布更理想，沟道电流大，被广泛应用于中、低（1700V 及以下）电压等级的 IGBT 器件中。</p>
微沟槽栅		<p>降低沟槽栅间距至亚微米级，约 600nm 并采用了虚拟陪栅结构和非有源区以提高元胞通态时发射极端载流子浓度。</p>

资料来源：公开资料整理，东海证券研究所

（4）IGBT 纵向结构发展方向从带缓冲层的 PT 型发展到 NPT 型再到 FS 型。PT 型使用重掺杂的 P+衬底作为起始层，在此之上依次生长 N+buffer，N-base 外延，最后在外延层表面形成元胞结构。工艺复杂，成本高，饱和压降呈负温度系数，不利于并联，在 80 年代后期逐渐被 NPT 取代，目前 IGBT 产品已不使用 PT 技术。NPT 与 PT 不同在于，它使用低掺杂的 N-衬底作为起始层，先在 N-漂移区的正面做成 MOS 结构，然后用研磨减薄工艺从背面减薄到 IGBT 电压规格需要的厚度，再从背面用离子注入工艺形成 P+collector。在截止时电场没有贯穿 N-漂移区，NPT 不需要载流子寿命控制，但它的缺点在于，如果需要更高的电压阻断能力，势必需要电阻率更高且更厚的 N-漂移层，这意味着饱和导通电压 $V_{ce(sat)}$ 也会随之上升，从而大幅增加器件的损耗与温升。为了进一步调和衬底厚度、耐压和通态压价增大的矛盾，体结构缓冲层的电场截止（FS）被提出，当背面减薄后，先制作一层重掺杂的 N 型电场截止层，使得硅片更薄。

表4 IGBT 纵向结构的演变

结构类型	结构示意图	工艺流程	结构特点
穿透型 (PT)		<p>先以 P 型的衬底为基础，在 P 上依次通过生长的方式制作 N 缓冲层、N 外延层，然后再制作内部的体 P 型区 (Body P) 和 N 型发射极区。这种工艺的过程是先制作三极管，然后再制作 MOSFET。</p>	<p>饱和导通电压 V_{CES} 是负温度系数，不能并联工作，限制了在一些大功率系统中的应用；这种结构的硅片的厚度大，因此热阻大，散热性能差。但是，这种结构只需要简单的外延生长，因此工艺过程简单，硅片的厚度大，加工制作的过程也比较容易控制。</p>
非穿透型 (NPT)		<p>先制作 MOSFET，再制作三极管，先以 N 型的外延层作基础，在上面依次制作内部的体 P 型区和 N 型发射极区，也就是制作出 MOSFET，然后，将硅片反过来，将硅片打磨、减薄，再用等离子注入的方式，在背面制作出非常薄的 P 型集电极区。</p>	<p>这种结构的硅片的厚度小，因此热阻小，同样的规格，非穿透型比穿透型的热阻要低 40%，散热性大大的提高。V_{CES} 是正温度系数，可以并联工作，实现电流均流，扩大功率应用的范围。但是，这种结构在生产时需要进行背面减薄，然后再进行光刻、刻蚀、离子注入等一系列的工艺，容易发生碎片和弯曲问题，工艺过程复杂，不容易控制，成本高，成品率低。</p>
场截止型 (FS)		<p>前面的工序和非穿透型一样，不同之处在于，当背面减薄后，先制作一层重掺杂的 N 型电场截止层，对应着相同规格，场截止层的掺杂浓度等于非穿透型减小的 N 型基极区厚度的掺杂浓度的总和。</p>	<p>采用薄的 N 型基极区衬底，饱和压降低，导通损耗小，关断速度更快，基本无电流拖尾，开关损耗小。但是，这种结构的硅片更薄，加工的难度更大。</p>

资料来源：公开资料整理，东海证券研究所

(5) IGBT 芯片随着每一代产品的升级，各项性能指标均有提升，考虑成本后，当前性价比较高、应用广泛的是第四代产品。如下所表示，全球 IGBT 龙头企业英飞凌有史以来诞生了七代不同的产品，每一代产品在结构上有较大的差异，在关键性能指标上也都有较大的提升，相对来说越是先进的产品，性能效果越高，能够将产品研发到第几代技术，某种程度上也说明了企业在绝对技术上的研发实力。如果考虑到成本等因素，IGBT 目前性价比较高的产品属于第四代产品。

表5 英飞凌的七代产品之间核心参数对比

产品代数	以技术特点命名	芯片面积 (相对值)	工艺线宽 (微米)	通态饱和压降 (伏)	关断时间 (微秒)	功率损耗 (相对值)	断态电压 (伏)	出现时间
1	平面穿通型	100	5	3	0.5	100	600	1988
2	改进的平面穿通型	56	5	2.8	0.3	74	600	1990
3	沟槽型	40	3	2	0.25	51	1200	1992
4	非穿通型	31	1	1.5	0.25	39	3300	1997
5	电场截止型	27	0.5	1.3	0.19	33	4500	2001
6	沟槽型电场-截止型	24	0.5	1	0.15	29	6500	2003
7	精细沟槽栅场截止型	20	0.3	0.8	0.12	25	7000	2018

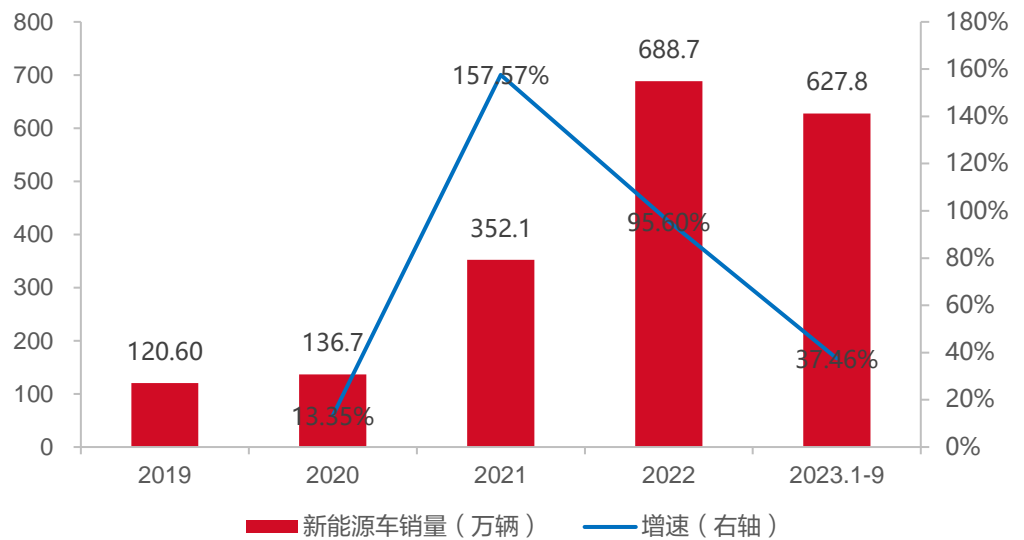
资料来源：斯达半导招股说明书，东海证券研究所

2.IGBT 搭乘新能源快车打开增长空间天花板

2.1.新能源汽车市场成为 IGBT 增长最充足动力

(1) 新能源汽车市场快速发展，从 2021 年以来，市场销量呈爆发式增长态势。根据中国汽车协会数据，2021 年中国新能源车销量达到 352.1 万辆，同比增速为 157.57%，2022 年持续大幅增长达 688.7 万辆，同比增长 95.60%，2019-2022 年 CAGR 达到 78.74%，增速处于高位，2023 年市场余热未消，继续保持增长势头，可以预见，未来几年新能源车市场将一直处于繁荣上升期，高景气度持续。

图9 我国新能源汽车市场销量



资料来源：中汽协，东海证券研究所

(2) IGBT 是电动汽车和直流充电桩等设备的核心器件，直接影响电动汽车的动力释放速度、车辆加速能力和高速度，相对来说汽车芯片认证周期高达 3-5 年。IGBT 主要应用于电动汽车电机驱动、DC/DC 升压变换器、双向 DC/AC 逆变器，以及充电端的 DC/DC 降压变换器。对于电动控制系统，作用于大功率直流/交流(DC/AC)逆变后汽车电机的驱动；对于车载空调控制系统，作用于小功率直流/交流(DC/AC)的逆变；对于充电桩，在智能充电桩中被作为开关元件使用。IGBT 模块占电动汽车成本将近 10%，占充电桩成本约 20%。汽车 IGBT 的技术认证标准极高，IGBT 要进入到汽车供应商行列，需要满足新汽车级标准 LV324/AQG324 的要求，同时还要满足中国 IGBT 联盟和中关村宽禁带联盟等团体标准。认证指标中主要体现在温度冲击、功率循环、温度循环、结温等与全生命周期可靠性。最后，汽车 IGBT 还要通过终端汽车客户的认证，一般来说，认证周期在 3-5 年。

图10 电动汽车 IGBT 应用范围



资料来源：工采网，东海证券研究所

(3) 新能源汽车 IGBT 市场规模测算：

模型假设：（1）全球和中国汽车总销量 2023、2024 年分别保持 2%和 5%左右低速增长，与全球和中国经济增速保持一致，2025、2026 年市场较为饱和，增速放缓；（2）全球新能源汽车销量与全球知名电动汽车市场研究网站保持一致，中国新能源汽车销量与我国国家发展工作规划保持一致；（3）根据 ICV 报告中数据，2022 年新能源车单车 IGBT 价值量为 1902 元，随着新能源汽车电动化程度加深，IGBT 单车价值量维持缓慢增长。

我们根据 IGBT 单车价值量、全球与中国新能源汽车销量数据，测算出 2026 年全球新能源汽车 IGBT 市场规模有望达到 655.72 亿元，中国新能源汽车 IGBT 市场规模 2026 年有望达到 407.84 亿元，2022-2026 年 CAGR 为 32.84%，IGBT 在新能源汽车应用市场保持较高增速。

表6 新能源汽车 IGBT 市场规模测算

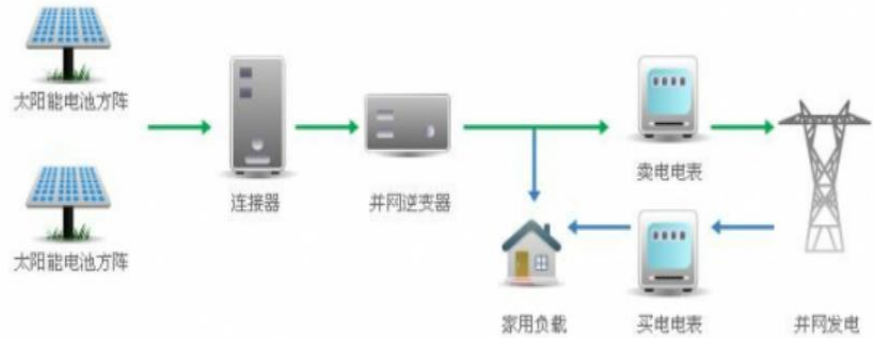
	2022A	2023E	2024E	2025E	2026E
全球汽车总销量(万辆)	8162.85	8326.11	8492.63	8620.02	8749.32
YOY	-1.36%	2.00%	2.00%	1.50%	1.50%
全球新能源车渗透率	13.26%	17.27%	22.51%	29.49%	38.63%
全球新能源汽车销售量(万辆)	1082.40	1438.00	1912.00	2542.00	3380.00
YOY	61.60%	42.75%	32.96%	32.95%	32.97%
IGBT 单车价值量(元)	1902	1910	1920	1930	1940
全球新能源汽车 IGBT 市场空间(亿元)	205.85	274.66	367.10	490.61	655.72
YOY		43.37%	33.66%	33.64%	33.66%
中国汽车销量(万辆)	2686.37	2820.69	2961.72	3095.00	3234.28
YOY	2.09%	5.00%	5.00%	4.50%	4.50%
中国新能源车渗透率	25.64%	32.00%	45.00%	55.00%	65.00%
中国新能源汽车销售量(万辆)	688.70	902.62	1332.78	1702.25	2102.28
YOY	95.60%	31.06%	47.66%	27.72%	23.50%
IGBT 单车价值量(元)	1902	1910	1920	1930	1940
中国新能源汽车 IGBT 市场空间(亿元)	130.98	172.40	255.89	328.53	407.84
YOY		31.62%	48.43%	28.39%	24.14%

资料来源：EV sales, Wind, iFind, ICV, 东海证券研究所测算

2.2. 新能源发电前景广阔驱动 IGBT 增长

(1) IGBT 是光伏逆变器的“心脏”，在光伏领域中市场需求提速较快。IGBT 等功率器件作为光伏逆变器、风电变流器及储能变流器的核心半导体部件，对电能起到整流、逆变等作用，以实现新能源发电的交流并网、储能电池的充放电等功能。其中光伏逆变器是最主要的应用场景，光伏 IGBT 对于可靠性的要求非常高，新能源发电输出的电能需要通过光伏逆变器将整流后的直流电逆变为符合电网要求的交流电后输入电网，这种线路需要将 IGBT 模块性能的可用性实现最大化以保持电网的稳定性。

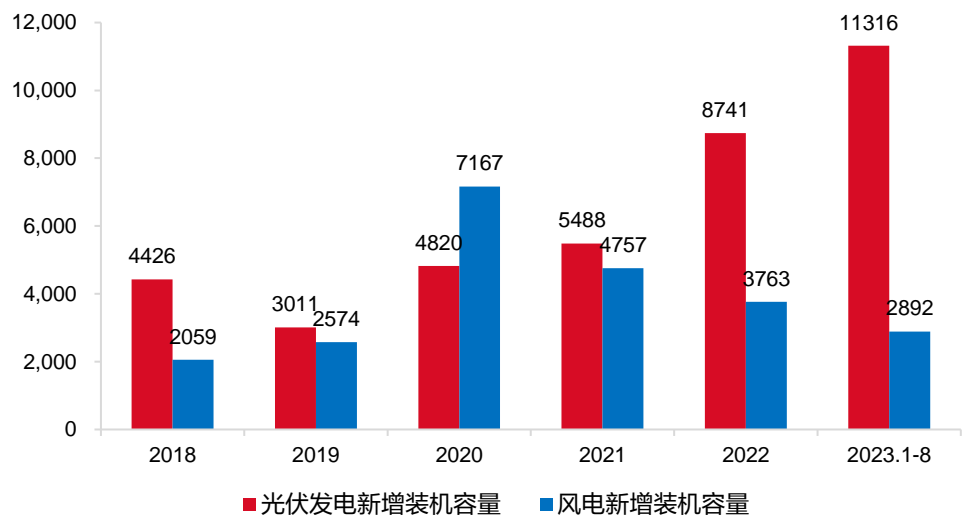
图11 光伏系统示意图



资料来源：工采网，东海证券研究所

(2) 新能源发电主要包括风电、光伏、储能三部分，目前风光储装机量大幅提升，发展势头强劲，同时带动 IGBT 需求增长。光伏逆变器原材料主要由结构件、电感、半导体器件等构成，半导体器件和集成电路材料主要为 IGBT 元器件、IC 半导体等。在碳中和背景下，光伏和风力等新能源的应用已成为指向标，中国光伏发电新增装机容量趋势保持逐年上升态势，根据国家能源局数据，2023 年 1-8 月份光伏装机容量跳跃式增长至 11316 万千瓦，超过 2022 年全年新增装机容量 8741 万千瓦，随着光伏装机量的持续增长，对 IGBT 的需求也迅速攀升。逆变器中 IGBT 等电子元器件使用年限一般为 10 年-15 年，而光伏组件的运营周期是 25 年，所以逆变器在光伏组件的生命周期内至少需要更换一次，这也进一步扩大了 IGBT 在光伏系统中的使用量。

图12 中国光伏与风电发电新增装机容量（万千瓦）



资料来源：国家能源局，东海证券研究所

(3) 中国光伏逆变器和风电变流器 IGBT 市场规模测算：

模型假设：(1) 全球和国内新增光伏装机量与中国光伏行业协会预测保持一致性，我国光伏行业驶入快车道，而全球发展不确定性因素更高，因此设定同比增速低于我国；(2) 光伏组件和光伏逆变器的容配比为 1.25；(3) 根据 SMM 数据测算出 2022 年光伏逆变器单瓦价格为 0.20 元/W，在降价大趋势下预计 2023 年降至 0.16 元/W，在技术迭代与竞争加剧下逐年持续降低，2026 年下降至 0.13 元/W；(4) 根据固德威招股说明书 IGBT 在采购金额中占比数据，我们设定 IGBT 占光伏逆变器成本比例维持在 10%。

我们根据光伏新增装机量预测、光伏逆变器需求量和逆变器单位价格等数据定量分析，测算出全球和国内光伏逆变器 IGBT 国内市场规模将从 2022 年的 36.80 亿元和 13.99 亿元逐年增长至 2026 年的 71.95 亿元和 27.30 亿元，2022-2026 年复合增速分布为 18.25% 和 18.20%。

表7 光伏逆变器 IGBT 市场规模测算

	2022A	2023E	2024E	2025E	2026E
全球新增光伏装机量 (GW)	230.00	356.50	481.28	601.59	691.83
YOY	35.30%	55.00%	35.00%	25.00%	15.00%
中国新增光伏装机量 (GW)	87.41	152.97	198.86	238.63	262.49
YOY	59.30%	75.00%	30.00%	20.00%	10.00%
容配比	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
全球光伏逆变器需求量 (GW)	184.00	285.20	385.02	481.28	553.47
中国光伏逆变器需求量 (GW)	69.93	122.37	159.09	190.90	209.99
光伏逆变器价格(元/W)	0.2	0.16	0.15	0.14	0.13
IGBT 占光伏逆变器成本比例	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
全球光伏逆变器用 IGBT 市场规模 (亿元)	36.80	45.63	57.75	67.38	71.95
YOY	35.30%	24.00%	26.56%	16.67%	6.79%
中国光伏逆变器 IGBT 市场规模 (亿元)	13.99	19.58	23.86	26.73	27.30
YOY	59.27%	40.00%	21.88%	12.00%	2.14%

资料来源：中国光伏行业协会，国家能源局，SMM，中商情报网，东海证券研究所测算

模型假设：(1) 全球风电新增装机量分为陆上和海上两大类，陆上和海上新增装机量与全球风能理事会预测保持一致，国内新增风电装机量与国家发展规划和全球风能理事会预测保持一致；(2) 风电变流器 2022 年单价参考龙头公司招标结果公告为 0.17 元/W，以后年度保持稳定；(3) 根据禾望电气招股说明书功率器件在采购金额中占比，我们设定 IGBT 占风电变流器成本比例维持在 10%。

根据风电变流需求量、单瓦价格，我们测算出全球和国内风电变流器 IGBT 市场规模从 2022 年 13.19 亿元和 6.40 亿元翻倍增长至 2026 年的 25.53 亿元和 16.89 亿元，2022-2026 年复合增长率分别为 17.94% 和 27.47%

表8 中国风电变流器 IGBT 市场规模测算

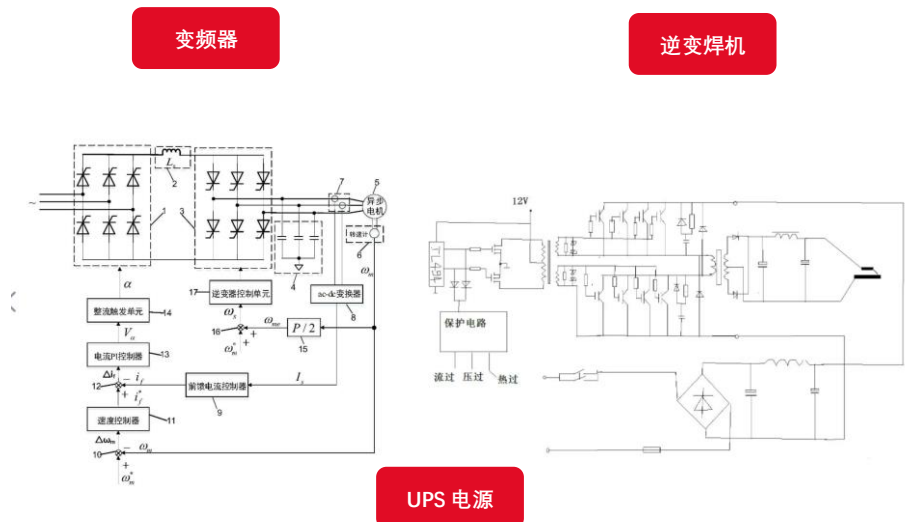
	2022A	2023E	2024E	2025E	2026E
全球陆上新增风电装机量 (GW)	68.80	86.00	103.20	113.52	119.20
YOY		25.00%	20.00%	10.00%	5.00%
全球海上新增风电装机量 (GW)	8.80	18.04	23.45	28.14	30.96
YOY		105.00%	30.00%	20.00%	10.00%
全球新增风电装机量 (GW)	77.60	104.04	126.65	141.66	150.15
YOY	-17.09%	34.07%	21.73%	11.85%	5.99%
中国新增风电装机量 (GW)	37.63	60.21	75.26	90.31	99.34
YOY	-20.90%	60.00%	25.00%	20.00%	10.00%
全球风电变流器需求量 (GW)	77.60	104.04	126.65	141.66	150.15
中国风电变流器需求量 (GW)	37.63	60.21	75.26	90.31	99.34
风电变流器价格(元/W)	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
IGBT 占风电变流器成本比例	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
全球风电变流器用 IGBT 市场规模	13.19	17.69	21.53	24.08	25.53
YOY	-17.09%	34.07%	21.73%	11.85%	5.99%
中国风电变流器 IGBT 市场规模 (GW)	6.40	10.24	12.79	15.35	16.89
YOY	-20.90%	60.00%	25.00%	20.00%	10.00%

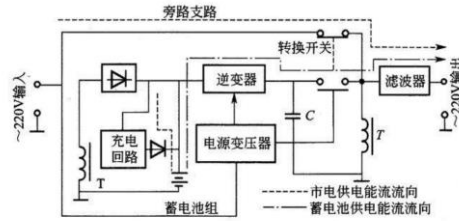
资料来源: GWEC, 国家能源局, 东海证券研究所测算

2.3.工业控制平稳发展支撑 IGBT 行业需求

(1) IGBT 在工业控制领域的应用范围较大, 主要是在变频器、UPS 电源以及逆变焊机等设备的使用。变频器依靠内部 IGBT 的开关来调整输出电源的电压和频率, 根据电机的实际需要来提供其所需要的电源电压, 进而达到节能、调速的目的, 变频器产业的快速发展势必导致 IGBT 需求提升。逆变焊机的工作原理主要是通过将低频交流电经过整流滤波变成直流, 再通过 IGBT 将直流逆变成千赫兹到万赫兹的中频交流电, 同时经变压器降至适合于焊接的几十伏电压, 再次整流并经过滤波输出平稳的直流电, 进行焊接工作。UPS 即不间断电源(Uninterruptible Power Supply), 是一种含有储能装置的不间断电源, 主要用于给部分对电源稳定性要求较高的设备, 提供不间断的电源。在 UPS 电源内部有整流器与逆变器, 进行电能转换过程需要用到 IGBT。

图13 工控各场景功率器件电路图





资料来源:《一种异步电机静止变频器系统及其协调控制方法》唐德平, 东海证券研究所

(2) 工业控制 IGBT 市场规模测算:

模型假设:(1)变频器、逆变焊机、UPS 电源 IGBT 市场规模与 ICV 报告测算数据保持一致;(2)全球市场增速维持在 4%,中国是工业制造大国,制造业规模居世界首位,因此国内市场同比增速高于全球市场,其中国内变频器和 UPS 电源市场规模同比增速超过全球市场增速的 2 倍;(3)根据前瞻产业研究院数据,变频器、逆变焊机、UPS 电源 IGBT 价值量占比分别为 12%、10%、15%,考虑到工控市场发展较为成熟,IGBT 使用价值比例在未来维持稳定。

通过变频器、逆变焊机、UPS 电源市场规模以及 IGBT 在各领域占比数据,我们测算出 2026 年全球及国内工控 IGBT 市场规模有望分别达到 297.74 亿元和 123.52 亿元,复合增长率为 4%和 10.48%,保持低速稳定增长,是下游应用领域中最稳健的存量市场。

表9 工业控制 IGBT 市场规模测算

	2022A	2023E	2024E	2025E	2026E
全球变频器市场规模(亿元)	1282.49	1333.79	1387.14	1442.63	1500.34
YOY		4.00%	4.00%	4.00%	4.00%
中国变频器市场规模(亿元)	397.37	439.09	485.19	536.14	595.12
YOY		10.50%	10.50%	10.50%	11.00%
变频器 IGBT 价值量占比	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%
全球逆变焊机市场规模(亿元)	322.50	335.40	348.82	362.77	377.28
YOY		4.00%	4.00%	4.00%	4.00%
中国逆变焊机市场规模(亿元)	182.73	195.52	209.21	223.85	239.52
YOY		7.00%	7.00%	7.00%	7.00%
逆变焊机中 IGBT 价值量占比	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
全球 UPS 市场规模(亿元)	455.73	473.96	492.92	512.63	533.14
YOY		4.00%	4.00%	4.00%	4.00%
中国 UPS 市场规模(亿元)	113.08	128.35	145.68	165.34	187.66
YOY		13.5%	13.5%	13.5%	13.5%
UPS 中 IGBT 价值量占比	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%
全球工控 IGBT 市场规模(亿元)	254.51	264.69	275.28	286.29	297.74
YOY		4.00%	4.00%	4.00%	4.00%
中国工控 IGBT 市场规模(亿元)	82.92	91.50	101.00	111.52	123.52
YOY		36.00%	10.34%	10.38%	10.42%

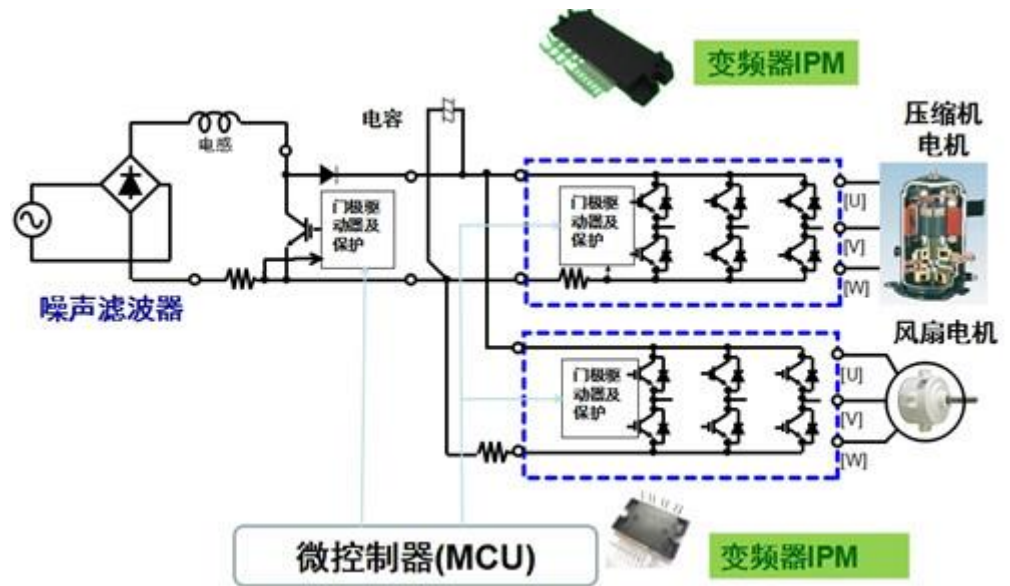
资料来源:ICV, 前瞻产业研究院, 东海证券研究所测算

2.4. 家电智能化催生 IGBT 模块增长

(1) 白色家电中实现电能转换均需要功率半导体,其中变频家电中智能模块(IPM)主要会用到 IGBT。白色家电中变频功能实现均需要 IPM 模块,变频白电主要包括变频空调、变频冰箱和变频洗衣机,这些是应用最广泛的消费家电产品。如下图所示是用于空调

的 IPM 模块的结构示意图，蓝色框部分表示用到多个 IGBT 芯片或者单管，变频器 IPM 用于驱动空调压缩机及室外风扇。

图14 用于空调的变频器 IPM 应用示例



资料来源：维库电子市场网，东海证券研究所

(2) 变频白电 IGBT 市场规模测算：

模型假设：(1) 空调、冰箱、洗衣机销量同比增速分别为 6%、4%、4%；(2) 变频空调、冰箱、洗衣机渗透率根据历史数据变化，设定逐年上升 1%、5%、3%；(3) 根据 ICV 报告数据，变频空调、冰箱、洗衣机用 IPM 模块数量分别为 2、1、1 个；(5) 家电类 IPM 模块均价通过 ICV 报告中 2022 年已知市场规模和变频白色家电 IPM 模块需求量倒推出平均价格为 28.39 元，价格与市面主要品牌厂商的经销渠道价格差距不大，同时每年以稳定低速降低；(4) 中国变频白色家电 IPM 模块在全球市场中份额占比逐年低速提升，以同比增速增加 0.10pcts 增长。

根据变频空调、冰箱、洗衣机销量与单机 IPM 模块数量，我们测算出 2026 年全球和中国变频白色家电 IPM 模块市场规模稳健增长至 210.49 亿元和 103.85 亿元。2022-2026 年复合增速分别为 7.41%和 7.68%，国内与全球白色家电 IGBT 市场规模增速相差不大，每年占据全球市场份额的 50%左右。

表10 变频白电 IGBT 市场规模测算

家电分类	2022A	2023E	2024E	2025E	2026E
空调销量 (万台)	15328.6	15941.74	16579.41	17242.59	17932.29
YOY	-1.65%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%
变频空调 (万台)	10414.45	11318.64	12268.77	13104.37	14166.51
变频空调渗透率	67.94%	71.00%	74.00%	76.00%	79.00%
单机 IPM 模块数量 (个)	2	2	2	2	2
变频空调 IPM 总需求量 (万个)	20828.9	22637.28	24537.53	26208.74	28333.02
冰箱销量 (万台)	7557.80	7784.53	8018.07	8258.61	8506.37
YOY	-12.56%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%
变频冰箱 (万台)	2968.36	3503.04	4009.04	4542.24	5103.82
变频冰箱渗透率	39.28%	45.00%	50.00%	55.00%	60.00%
单机 IPM 模块数量 (个)	1	1	1	1	1
变频冰箱 IPM 模块个数 (万个)	2968.36	3503.04	4009.04	4542.24	5103.82
洗衣机销量 (万台)	6882.67	7089.15	7301.82	7520.88	7746.51
YOY	-7.88%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%
变频洗衣机 (万台)	3409.00	3899.03	4381.09	4888.57	5422.55
变频洗衣机渗透率	49.53%	55.00%	60.00%	65.00%	70.00%
单机 IPM 模块数量 (个)	1	1	1	1	1
变频洗衣机 IPM 模块 (万个)	3409.00	3899.03	4381.09	4888.57	5422.55
变频白色家电 IPM 模块 (万个)	27206.26	30039.35	32927.66	35639.55	38859.4
YOY	-0.45%	10.41%	9.62%	8.24%	9.03%
变频白色家电 IPM 均价估计 (元)	28.39	27.96	27.55	27.13	26.73
YOY		-1.50%	-1.50%	-1.50%	-1.50%
中国变频白色家电 IPM 模块市场规模 (亿元)	77.24	84.00	90.70	96.70	103.85
YOY		8.76%	7.97%	6.61%	7.40%
中国变频白色家电 IPM 模块市场份额占比	48.85%	48.90%	49.00%	49.14%	49.34%
YOY		0.10%	0.20%	0.30%	0.40%
全球变频白色家电 IPM 模块市场规模 (亿元)	158.12	171.80	185.12	196.77	210.49
YOY		8.65%	7.76%	6.29%	6.97%

资料来源: ICV, 产业在线, 家电消费网, 东海证券研究所测算

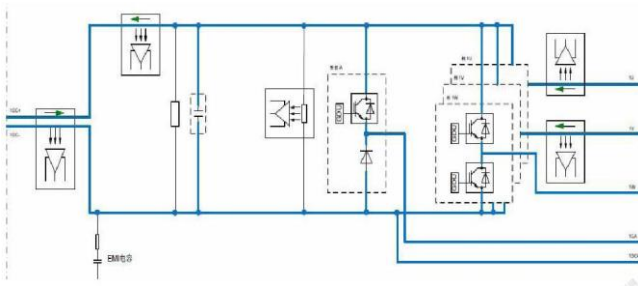
2.5.轨道交通助力 IGBT 市场增长

(1) IGBT 器件已成为轨道交通车辆牵引变流器和各种辅助变流器的主流电力电子器件。交流传动技术是现代轨道交通的核心技术之一, 在交流传动系统中牵引变流器是关键部件, 而 IGBT 又是牵引变流器最核心的器件之一。

牵引逆变器将 1500VDC 直流转化成变频变压的交流电, 通过 IGBT 完成逆变电源输出, 此为地铁车辆最常见的变流系统。牵引变流器输入端为三重四象限变流器(网侧变流器), 直接连接到主变压器的 3 个牵引绕组输出端: 牵引变流器输出端为三相逆变器 (电机侧变流器), 直接与牵引电机连接。

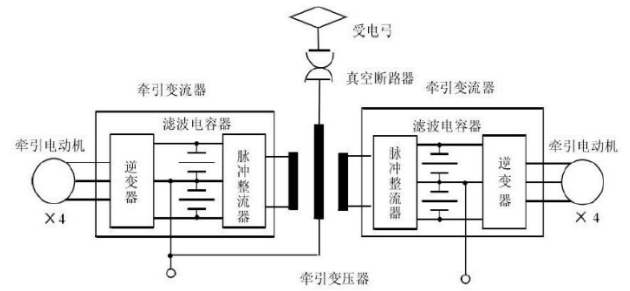
动车组中的列车供电、冷却风扇电机、牵引通风机电机都需要应用逆变器, 以及交流辅助发电机通过整流模块进行电流转换。

图15 三相逆变器原理图



资料来源：《基于地铁牵引架控系统 IGBT 模块击穿问题的研究》张超，东海证券研究所

图16 动车组牵引系统示意图



资料来源：《动车组牵引控制系统浅析》宫旭颖，东海证券研究所

(2) 为了适应大功率牵引应用工况和铁路运输环境，轨道交通用 IGBT 模块要求更高的功率密度和集成度、更高的工作结温等性能。对于使用环境苛刻，可靠性要求更高的应用领域，选择的材料及封装工艺具有更好的综合性能和可靠性。例如，工业 IGBT 采用铝线（Al）键合线键合的电气、热力学性能较差，膨胀系数失配大，影响 IGBT 使用寿命，而轨道交通使用铜线键合工艺具有电气、热力学性能优良等优点，可靠性高，适用于高功率密度、高效散热的模块；标准锡基软钎焊料的熔化温度为 220℃，而在更大的功率密度应用需求下，相应的芯片结温可达 175℃甚至 200℃，同系温度>0.8 将导致焊接层在热应力负载下很快疲劳失效，因此轨道交通 IGBT 使用扩散焊接技术来解决此问题。

表11 不同类型 IGBT 材料及封装工艺的对比

材料/封装工艺	工业 IGBT	电动汽车 IGBT	轨道交通 IGBT
示意图			
外壳	PBT	增强型 PBT	PPS
硅胶	普通型凝胶	改进型凝胶	高温型凝胶
DBC	氧化铝陶瓷衬板	ZTA 或者氮化铝陶瓷衬板	AMB 氮化硅陶瓷衬板
基板	铜底板或者铜底板+导热界面材料（TIM）	铜针鳍散热器	铝碳化硅针鳍散热器
键合工艺	铝线键合	铝带键合	铜线键合
芯片贴合	锡银焊料	Cu/Sn 共晶焊接或者银烧结	Cu/Sn 共晶焊接或者银烧结
DBC 焊接	锡膏	锡片	扩散焊

资料来源：艾邦半导体网，东海证券研究所

(3) 轨道交通 IGBT 市场规模测算：

模型假设：（1）中国高铁营业里程、城市轨道交通运营里程根据历史数据以稳定 5% 和 9% 的增速逐年增长；（2）动车组密度分别以每年 20 标准组/万公里增加，城轨运营车辆密度保持稳定不变；（3）动车组、城市轨交用 IGBT 单价以采招网中标金额为依据。

根据当年新增动车组、新增城市轨道交通运营车辆、动车组和城市轨交用 IGBT 单价，我们测算出 2026 年国内轨道交通用 IGBT 市场规模达 6.38 亿元，2022-2026 年复合增长率为 17.04%，是下游应用中增长相对较快的领域。

表12 轨道交通 IGBT 市场规模测算

	2022A	2023E	2024E	2025E	2026E
中国高铁营业里程（万公里）	4.20	4.41	4.63	4.86	5.11
YOY	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
中国动车组拥有量	4194.00	4410.00	4676.81	4959.27	5258.28
动车组密度(标准组/万公里)	998.57	1000.00	1010.00	1020.00	1030.00
当年新增动车组（标准组）	41.00	216.00	266.81	282.46	299.0145
单标准组动车组 IGBT 数量（个）	100	100	100	100	100
动车组用 IGBT 单价（万元/个）	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
中国高铁用 IGBT 市场规模（亿元）	0.33	1.73	2.13	2.26	2.39
中国城市轨道交通运营里程（公里）	9554.60	10450.38	11390.92	12359.15	13409.68
YOY	9.38%	9%	9%	9%	9%
城市轨道交通运营车辆（万辆）	6.26	6.85	7.46	8.10	8.78
城轨运营车辆密度（辆/公里）	6.55	6.55	6.55	6.55	6.55
当年新增运营车辆（辆）	0.53	0.59	0.62	0.63	0.69
单个城市轨交车辆的 IGBT 数量（个）	10.00	10	10	10	10
城市轨交用 IGBT 单价（万元/个）	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
中国城市轨交用 IGBT 市场规模（亿元）	3.07	3.39	3.57	3.68	3.99
中国轨道交通用 IGBT 市场规模（亿元）	3.40	5.12	5.71	5.94	6.38

资料来源：国家铁路局，中国传动网，东海证券研究所测算

2.6.国内 IGBT 市场乘风新能源领域迅速扩张

（1）受益于新能源汽车和新能源发电的需求大幅增加，中国 IGBT 市场规模将持续增长，根据我们的测算结果的合计，到 2026 年，中国 IGBT 市场规模将有望达到 685.78 亿人民币，年复合增长率达 21.48%。在各下游市场中，新能源汽车市场依然是增速最快的部分，其市场规模 2022-2026 年复合增速高达 32.84%；而新能源发电市场也将获得 21.34% 的行业增速，成为第二大市场规模增速较高的领域；轨道交通市场的增速也相对较快达 17.04%，由于其体量较小，对 IGBT 市场规模扩张提供的贡献相对较小，但仍然是具有良好发展前景的应用领域；工控市场发展较为成熟，波动较小成为下游市场稳健支撑，工控 IGBT 市场规模保持稳定增长；变频白电虽然增速最低，但其体量大、应用渗透率高，也是不可或缺的重要助力。

表13 中国 IGBT 市场规模测算（亿元）

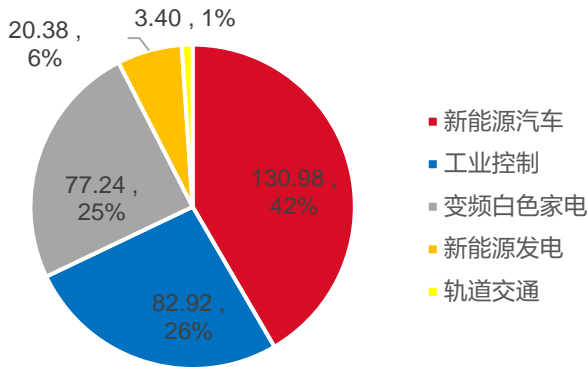
	2022A	2023E	2024E	2025E	2026E	CAGR
新能源汽车 IGBT 市场规模	130.98	172.40	255.89	328.53	407.84	32.84%
新能源发电 IGBT 市场规模	20.38	29.82	36.66	42.08	44.19	21.34%
工业控制 IGBT 市场规模	82.92	91.50	101.00	111.52	123.52	10.48%
变频白电 IPM 模块市场规模	77.24	84.00	90.70	96.70	103.85	7.68%
轨道交通用 IGBT 市场规模	3.40	5.12	5.71	5.94	6.38	17.04%
IGBT 市场规模合计	314.92	382.84	489.95	584.77	685.78	21.48%

资料来源：东海证券研究所测算

（2）从下游占比来看，2026 年预计新能源汽车、工业控制、变频白电、新能源发电、轨道交通分别为 60%、18%、15%、6%以及 1%。下游应用领域中规模占比最大的前三大领域始终为新能源汽车、工业控制和变频白电，新能源汽车市场将在双碳政策和技术升级

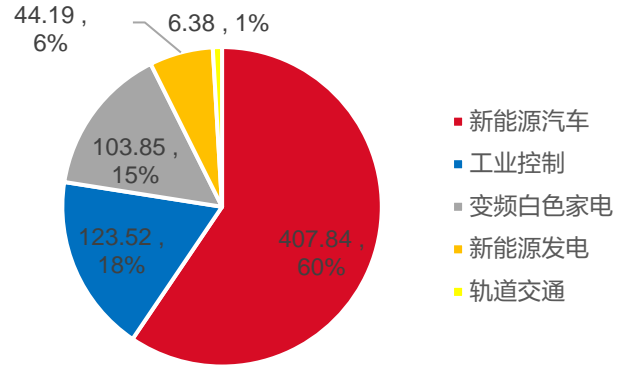
双轮驱动下继续保持旺盛需求，其主导地位未来有望得到进一步巩固，市场占比从 2022 年的 42%有望在 2026 年提升至 60%，占据 IGBT 市场一半以上的份额。

图17 2022 年我国 IGBT 应用领域市场规模（亿元）及占比



资料来源：公开资料整理，东海证券研究所

图18 预计 2026 年我国 IGBT 应用领域市场规模（亿元）及占比



资料来源：公开资料整理，东海证券研究所测算

3.国产 IGBT 崛起有望重塑海外寡头垄断格局

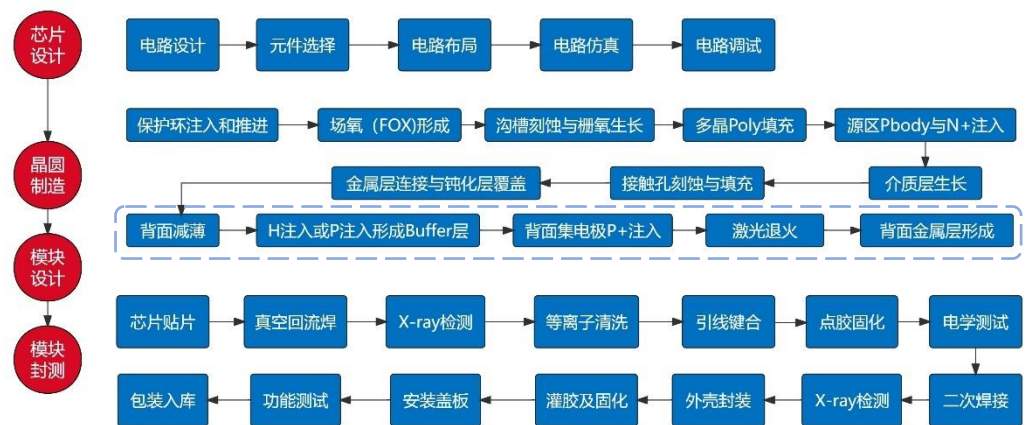
3.1.行业壁垒成为 IGBT 集中度高的内在因素

3.1.1.技术壁垒

(1) IGBT 的核心生产过程也包括芯片设计、晶圆制造、封测与模块设计三个主要部分，各有其技术难点。

- 芯片设计方面，IGBT 芯片由于考虑到处在大电流、高电压、高频率工作环境的特性，对芯片的可靠性要求也相对较高，同时芯片设计需保证开通关断、抗短路能力和导通压降（控制热量）三者处于动态均衡状态，芯片设计与参数调整优化十分特殊和复杂。芯片设计环节的主要技术难点有：1.终端设计在小尺寸满足高耐压的基础上须保证其高可靠性；2.元胞设计实现高电流密度的同时须保证其较宽泛的安全工作区和足够的短路能力。
- 晶圆制造方面，IGBT 的正面工艺和标准 BCD 的 LDMOS 区别相差不大，其背面工艺较为复杂，要求严苛，主要包括三大技术难点：背板减薄、激光退火、离子注入，通过背面薄片工艺的重复性和一致性来确保批量生产的连续性。背面工艺是在基于已完成正面 Device 和金属 Al 层的基础上，将硅片通过机械减薄或特殊减薄工艺（如 Taiko、Temporary Bonding 技术）进行减薄处理，然后对减薄硅片进行背面离子注入，如 N 型掺杂 P 离子、P 型掺杂 B 离子，在此过程中还引入了激光退火技术来精确控制硅片面的能量密度。特定耐压指标的 IGBT 器件，芯片厚度需要减薄到 100-200 μm ，对于要求较高的器件，甚至需要减薄到 60~80 μm 。当硅片厚度减到 100-200 μm 的量级，后续的加工处理非常困难，硅片极易破碎和翘曲。从 8 寸到 12 寸有两个关键门槛：减薄要求从 120 μm 转成 80 μm ，翘曲更严重，背面高能离子注入（氢离子注入），设备单价高。

图19 IGBT 核心生产流程

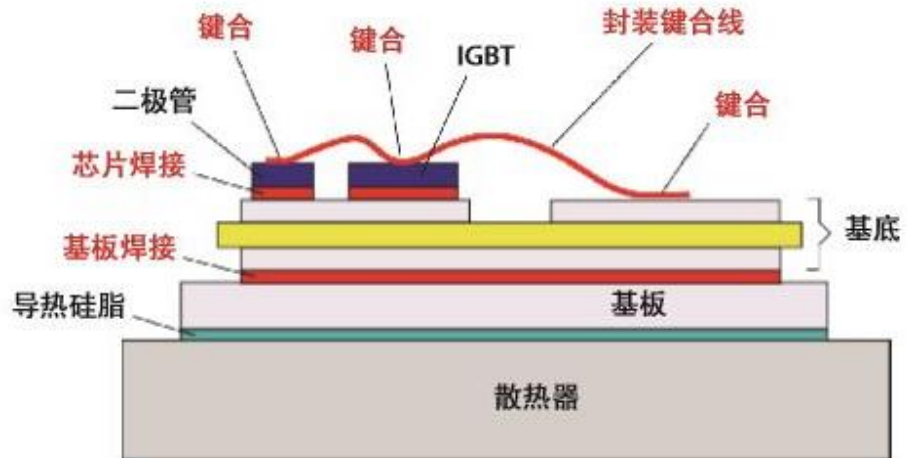


资料来源：艾邦半导体网，电子发烧友，高芯圈，东海证券研究所

- 模块封装方面，分为模块设计、模块制造，其中模块设计包括机械结构设计、电路布局设计、热设计、电磁设计等，一款 IGBT 模块的开发需要进行机、电、热、磁等方面的优化并兼顾模块工艺的可实现性等方面因素。模块设计环节的主要难点在于保证可靠性和散热性能：1.在不影响器件参数的前提下，不同封装形式其工艺路线的设计须保证内部器件的长期可靠性；2.在保证良好的均流散热等性能的前提下，不同封装形式内部布局的设计须实现低杂电感并避免内部各器件的

相互干扰。而模块制造则是指根据特定的电路设计，将两个或以上的 IGBT 芯片和其他芯片贴片到 DBC 板上，并用金属线键合连接，然后进行灌封或塑封，以满足芯片、线路之间的绝缘、防潮、抗干扰等要求，最后将电路密封在绝缘外壳内，并与散热底板绝缘的工艺。不同下游应用对封装技术要求存在差异，其中车规级由于工作温度高同时还需考虑强振动条件，其封装要求高于工业级和消费级。

图20 IGBT 模块封装示意图



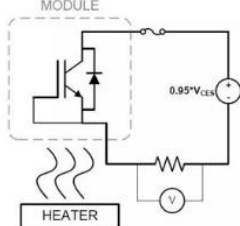
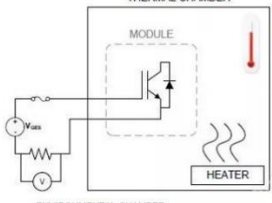
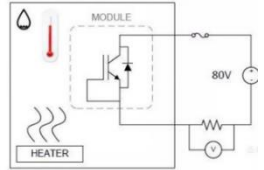
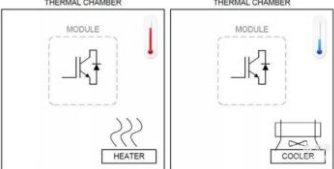
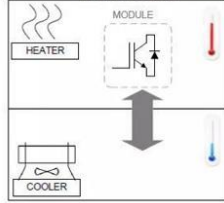
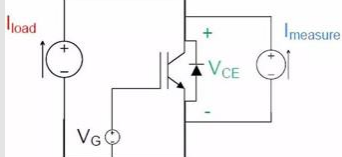
资料来源：电子产品世界，东海证券研究所

(2) 与其他半导体不同的是，在封测与模块上 IGBT 的技术壁垒极高并且拥有较高的毛利率。一般来说，所有的半导体核心工艺都有芯片设计、晶圆代工、封装测试三个环节，相对来说芯片设计的附加值极高。但是，对于 IGBT 企业来说，IGBT 封测与模块是一个技术壁垒极高的工作，在高电压、大功率的环境下，需要解决很多功能损耗、高温范围、高压高流等诸多复杂问题，某种程度上来说模块设计也是体现企业的核心价值一部分，一般来说毛利率也相对较高。

3.1.2. 市场壁垒

客户认可度是 IGBT 厂商的主要市场壁垒。 IGBT 模块是下游产品中的关键部件，其性能表现、稳定性和可靠性对下游客户来说至关重要，下游客户将供应链安全稳定作为所考虑首要因素，更倾向于和 IGBT 供应商保持长期合作关系，一旦合作后客户粘性大大提升，变更已有长期合作的供应商的意愿较低。IGBT 模块认证周期较长，替换成本高，下游客户会对于新入场的 IGBT 供应商保持相对谨慎的态度，不仅要考虑供应商的实力，产品还要经过单机测试、整机测试、多次小批量试用等多个环节之后才会做出大批量采购决策，采购决策周期较长。IGBT 模块的验证测试项目繁多，其中可靠性测试最为重要，是客户关注度最高的性能指标。

表14 IGBT 模块可靠性测试项目

测试项目	测试原理	测试标准	测试条件	作用
高温反偏测试 (HTRB)		IEC 60747-9	1000 个小时, 95% $V_{CE}(\max)$, $125^{\circ}\text{C} < T_c < 145^{\circ}\text{C}$	验证长期稳定情况下芯片的漏电流, 考验对象是 IGBT 边缘结构和钝化层的弱点或退化效应。
高温门极反偏测试 (HTGB)		IEC 60747-9	1000 个小时, $V_{GE} = \pm 20\text{V}$ (+/- 方向都需测试, 各一半测试样品), $T_j = T_j(\max)$	用于验证栅极漏电流的稳定性, 考验对象是 IGBT 栅极氧化层。
高温高湿反偏测试 (H3TRB)		IEC 60068-2-67	1000 个小时, 环境温度 85°C , 相对湿度 85%, $V_{CE} = 80\text{V}$	用于测试湿度对功率器件长期特性的影响。
高温存储测试 (HTS) 低温存储测试 (LTS)		高温 IEC 60068-2-2 低温 IEC 60068-2-1	高温 1000 个小时, 环境温度: 125°C ; 低温 1000 个小时, 环境温度: -40°C	用于验证模块的整体结构和材料的完整性, 并确保与底板的绝缘性。
热循环测试 (TC)		IEC 60068-2-14	最低存储温度: -40°C , 最高存储温度 125°C , 共 100 个循环	模拟外界温度变化对功率模块的影响
功率循环测试 (PC)		IEC 60749-34	$\Delta T_j = 100\text{K}$, 共 20000 个循环	验证键合线与芯片, 芯片到 DCB 之间连接的老化。
振动测试 (Vibration) 机械冲击测试 (Mechanical shock)	/	振动 IEC 60068-2-6 机械冲击 IEC 60068-2-27	/	用来验证机械结构的整体性和电气连接的稳定性。

资料来源: IC 测试网, 东海证券研究所

3.2.海外龙头主导 IGBT 市场

(1) 从整个 IGBT 的产业链来看, 核心环节几乎都是海外企业为主, 但在每一个产业链环节, 我国均有企业在积极布局。IGBT 的核心产业链中, 我国有多个企业积极参与布局, 主要分为 Fabless、foundry、IDM 三种运作模式。IDM 模式即垂直整合制造商, 是指包含电路设计、晶圆制造、封装测试、模块等全环节业务的企业模式; Fabless 模式是芯片设计与销售经营模式, 即企业自身专注于芯片设计与销售, 而将芯片制造外协给代工厂商生

产制造的模式；Foundry 模式主要负责制造生产环节，根据客户的产品设计，采购原材料来进行加工制造。

海外龙头企业多为 IDM 模式，如英飞凌、安森美等企业，国内 IDM 模式的公司较少，绝大多数为上市公司，但在全球市场中占据一定的市场份额，如比亚迪半导体、士兰微、中车时代电气等公司。国内主流的芯片生产是采用 Fabless 的代工模式，典型公司有斯达半导体、宏微科技等，而代工厂根据公司提供的工艺流程和设计版图，生产出各项参数符合设计指标的芯片，华虹宏力目前是国内最先进，最全面的半导体功率器件代工厂。

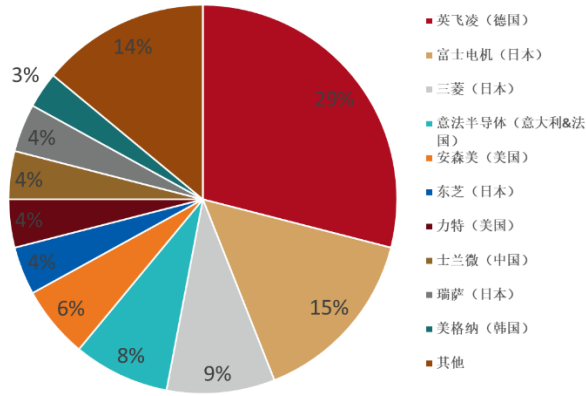
图21 IGBT 产业链图



资料来源：各公司官网，东海证券研究所

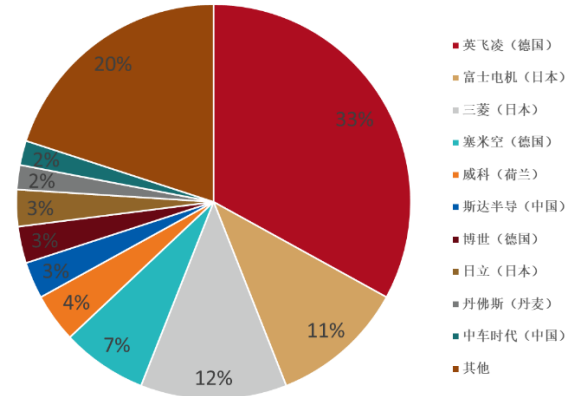
(2) 全球 IGBT 市场呈现出集中度高，海外厂商英飞凌、富士电机、三菱这 TOP3 大企业占据了超过 50% 的市场份额。根据 Omdia 数据，2021 年全球 IGBT 单管市场中，中国大陆企业只有士兰微进入前十大厂商中，占据 4% 的市场份额；2021 年全球 IGBT 模块市场中，中国大陆只有斯达半导体和中车时代进入前十大厂商，分别占据 3% 和 2%。国外巨头英飞凌无论在单管还是模块都处于绝对龙头地位，而国内厂商市场份额较低，且只在某一产品上具备竞争优势。国内厂商和国外厂商存在差距的原因主要是国外厂商成立时间早，比如富士电机成立于 1923 年，三菱电机成立于 1921 年，技术积累丰富，同时与海外汽车、工控等大型企业合作十分紧密，在技术与生态上优势显著。国内的几大厂商主要集中在 1997—2005 年，技术追赶较慢，产业资源十分稀缺，但国内企业已经完成 0-1 的技术突破，先从消费级、工业级中低端产品入手逐步打开市场，目前已经有一些企业带来车规级高端产品市场，随着国产化不断深入，国内企业未来迎来加速发展期。

图22 2021 年全球 IGBT 单管竞争格局



资料来源：Omdia，中商产业研究院，东海证券研究所

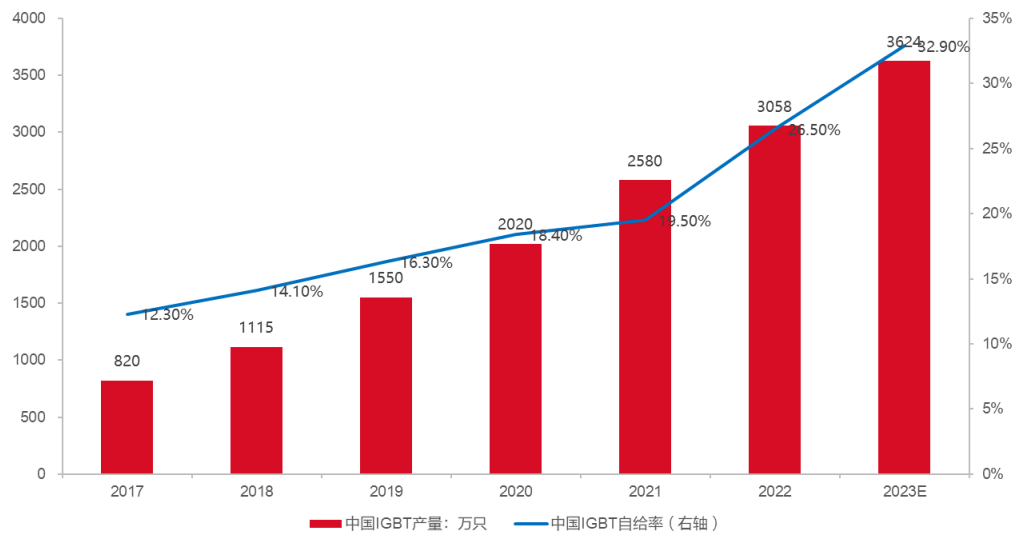
图23 2021 年全球 IGBT 模块竞争格局



资料来源：Omdia，中商产业研究院，东海证券研究所

(3) 国内 IGBT 产量稳步提升，国产化率长期不断上升。根据中商产业研究院预计，2023 年中国 IGBT 产量有望快速增长达到 3624 万只，自给率也将达到 32.90%，近年来，随着我国 IGBT 技术的不断更新迭代，国产厂商逐步突破产能受限问题，加速产能布局，目前正处于国产替代的增长阶段。

图24 中国 IGBT 产量及自给率趋势图



资料来源：中商产业研究院，东海证券研究所

(4) 全球海外 IGBT 企业大多是全球知名的芯片企业，历史悠久，总体收入规模巨大。我们梳理了全球的 IGBT 龙头企业，根据下表中的数据可以看出全球龙头标的一些特征。全球 IGBT 龙头企业均为知名芯片巨头企业，这些龙头企业营收规模都在几百亿上千亿元，功率器件只占据业务的一部分，一方面因为功率器件规模相对有限，当企业发展到一定规模后会通过横向发展、协同发展其他芯片赛道业务，另一方面也体现了功率器件与下游客户绑定程度较深，具有半定制化的特征，很难形成寡头垄断格局。这也给国内企业长期发展提供一定参考，创业期可以专注于功率器件、IGBT 业务，后期成长发展可能也需要横向发展与协同发展来扩张企业规模。

表15 全球 IGBT 龙头企业财务数据浏览

公司	国家	注册地	年份	营收(亿元)	营收增长率	2022年IGBT模块占比	全球市占率(2021)	毛利率	净利率
英飞凌	德国	新比贝格	2020	684.86	6.70%	-	29.3% (器件)	32.40%	4.30%
			2021	832.23	29.10%		36.5% (模块)	38.52%	10.57%
			2022	1120.44	28.60%		36% (单管); 33% (模块)	-	0.00%
富士电机	日本	神奈川县川崎市	2020	590.29	-1.56%	20.43%(半导体)	15.6% (器件)	24.49%	3.54%
			2021	521.65	-2.74%		11.4% (模块)	25.26%	5.18%
			2022	-	-		15% (单管); 11% (模块)	-	-
三菱电机	日本	日本	2020	2924.91	-6.07%	33.18% (工业和移动)	9.3% (器件)	28.29%	5.23%
			2021	2496.17	6.81%		9.7% (模块)	28.02%	4.81%
			2022	2492.34	11.80%		9% (单管); 12% (模块)	28.10%	4.50%
安森美半导体	美国	特拉华州	2020	342.88	-4.76%	-	6% (单管)	32.65%	4.50%
			2021	429.71	28.25%			40.27%	15.00%
			2022	607.29	23.53%			47.99%	22.85%
东芝	日本	日本	2020	2221.86	-8.22%	37.99% (能源系统解决方案)	4% (单管)	-	-
			2021	1819	-9.90%			26.96%	4.32%
			2022	1674.44	-9.90%			26.50%	3.80%
意法半导体	意大利&法国	荷兰	2020	666.78	6.94%	37.01% (ADG)	8% (单管)	37.08%	10.84%
			2021	813.6	24.88%			41.74%	15.72%
			2022	1176.37	26.39%			48.14%	24.55%
力特	美国	特拉华州	2020	94.45	-3.87%	59.38% (电子)	4% (单管)	34.67%	8.99%
			2021	92.17	-2.41%			-	8.99%
美格纳	韩国 (收购)	特拉华州	2020	33.09	-35.99%	-	3% (单管)	25.31%	68.03%
			2021	30.24	-8.61%			32.38%	11.96%
			2022	23.29	-28.80%			29.99%	-2.38%
威科	德国	德国	2020	-	-	-	4% (模块)	-	-
			2021	-	-			-	-
			2022	429.81	14.29			71.01%	18.84%
丹弗斯	德国	德国	2020	406.35	7.27%	-	2% (模块)	32.52%	8.37%
			2021	525.65	29.36%			34.03%	7.46%
			2022	-	-			-	-
博世	德国	德国	2020	5001.54	-8.00%	-	3% (模块)	31.54%	1.05%
			2021	5509.02	10.10%			32.78%	3.17%
			2022	6952.09	12.00%			32.27%	2.08%
罗姆	日本	日本	2020	237.85	-9.05%	41.79% (半导体元件)	-	30.80%	7.07%
			2021	214.33	-0.83%			32.69%	10.29%
			2022	252.77	12.33%			38.13%	15.83%
瑞萨	日本	神奈	2020	452.56	-0.36%	-	4% (单管)	46.91%	6.39%

电子		川县	2021	551.06	38.95%			53.2	22.30%
			2022	747.58	51.12%			57.4	25.10%
日立 ABB	瑞士	瑞士	2020	1705.22	-6.59%	-	-	30.14%	19.92%
			2021	1845.44	10.76%			32.71%	16.07%
			2022	2030.95	1.73%			32.98%	8.81%
日立	日本	日本	2020	4288.4	0.00%	-	3% (模块)	27.04%	1.00%
			2021	4269.8	-0.43%			25.15%	5.94%
			2022	5413.35	6.01%			24.70%	6.50%
赛米控	德国	德国	2020	31.68	-15.30%	-	5.8% (模块)	20.71%	0.38%
			2021	-	-		5.5% (IPM)	-	-
			2022	811.74	36%		7% (模块)	-	-
三星电气	日本	日本	2020	78.4	-7.73%	-	-	-2.21%	-3.47%
			2021	76.7	-2.14%			-3.09%	-4.43%
			2022	-	-			-	-

资料来源：公开资料整理，东海证券研究所

3.3.海外龙头短期内交货周期与价格维持稳定态势

(1) 全球半导体周期下行趋势下，短期 IGBT 全球价格保持相对稳定。2023 年第二季度，海外主要 IGBT 厂商英飞凌及意法半导体交货周期和价格保持平稳态势。交付货期方面，与第一季度相比较，英飞凌货期维持在 39-50 周，意法半导体维持 47-52 周；价格趋势方面，英飞凌与意法半导体均环比持平。现阶段下游需求持续高景气度，而上游海外厂商产能释放有限，IGBT 市场面临短期内供不应求的状态，这为国产企业提供了机遇。如今，本土 IGBT 产品性能已经逐渐成熟，且部分产品性能可对标海外 IGBT 大厂产品，加速国产化 IGBT 产品市场渗透，逐步切入高端市场，助力应用新能源车与发电领域的 IGBT 市场保持向好态势。

表16 海外厂商交货周期

厂商名称	器件名称	货期 (周)										价格	
		21Q1	21Q2	21Q3	21Q4	22Q1	22Q2	22Q3	22Q4	23Q1	23Q2		
英飞凌	IGBT	18-26	26-52	39-50	18-26	39-50	39-50	39-50	39-50	39-50	39-50	39-50	平稳
	低压 Mosfet	16-39	26-52	39-52	15-30	52-65	52-65	52-65	46-60	26-54	18-48	平稳	
	高压 Mosfet	18-22	26-40	26-40	18-20	52-65	50-54	50-54	50-54	50-54	39-56	平稳	
意法半导体	IGBT	18-24	30-36	36-42	18-24	47-52	47-52	47-52	47-52	47-52	47-52	47-52	平稳
	低压 Mosfet	18-26	30-52	42-52	18-26	48-52	50-54	50-54	50-54	50-54	50-54	50-54	平稳
	高压 Mosfet	14-26	22-30	26-36	14-18	47-52	47-52	47-52	47-52	47-52	47-52	47-52	平稳

资料来源：富昌电子，东海证券研究所

(2) 国内企业在全球规模较小，海外巨头企业的价格是国内企业产品定价的锚，短期内国内企业产品价格预计保持稳定。由于国内企业的规模普遍偏小，在全球不具备产品定价权，同类产品上多参考海外巨头产品的价格，在此基础上根据与客户的协商定价。全球巨头产品的价格有所调整，国内企业价格理论上也会同方向上调整。2021 年受到全球缺芯价格影响，国内企业的功率器件产品大幅度涨价，2022 年缺芯逐步缓解，价格企稳下降，到目前为止，功率器件的供货周期稳定，价格相对稳定。

3.4.国内厂商产能逐步释放加速国产替代

国内晶圆产能分布以代工厂产能占据主导，同时多家 IDM 厂商在自建产线上扩产，生产的晶圆规格主要集中于 6、8 和 12 英寸上，12 英寸难度较大产能相对较低。国内生产 IGBT 芯片的企业主要有代工厂以及 IDM 模式的功率器件企业，我们从以下图表可知，Fabless、IDM、Foundry 的企业都有扩张产能计划，按照面积初步估算国内企业扩产后的总产能相比于目前产能增加幅度在 50%以内，并且产能规划在 1-3 年内完成，因此我国企业 IGBT 的总产能增加在全球对比来看依然不高。产能增长后，企业的产能利用率也有一个爬坡期，最终的销量到客户也需要一个过程。此外，IGBT 模块与 IPM 模块也需要相关的产线来制造，根据斯达半导与宏微科技的公告来看，模块的产能增长相对更加简单，但目前 IGBT 芯片的自给率都还有空间。综合来看，我国 IGBT 芯片的产能扩产相对积极，但总产能在全球占比依然不高，国产化空间依然较大。

表17 国内厂商营收及晶圆产能

厂商	财务数据	产线	规格	目前产能	产能规划	阶段	
斯达半导	2022 年营收 27.05 亿元，功率半导体占比 99.14%；净利 8.21 亿元；毛利率 40.3%，净利率 30.34%。	高压特色工艺功率芯片研发及产业化项目	6 英寸 3300V 以上	-	30 万片/年	处于项目建设阶段	
		Sic 芯片研发及产业化项目	6 英寸	-	6 万片/年		
士兰微	2022 年营收 82.82 亿元，功率半导体占比 53.93%；净利润 10.48 亿元；毛利率 29.45%，净利率 12.65%。	年产 36 万片 12 英寸芯片生产产线项目	12 英寸	-	36 万片/年，其中 FS-IGBT 功率芯片 12 万片/年	已有部分设备到厂并投入生产	
		厦门士兰集科	12 英寸	IGBT 芯片 24 万片/年	-	-	
		士兰明 SiC 功率器件芯片生产产线	6 英寸	-	14.4 万片/年	-	
时代电气	2022 年营收 180.34 亿元，功率半导体占比 10.18%；净利润 25.92 亿元；毛利率 32.69%，净利率 14.37%。	一期	8 英寸	IGBT 芯片 12 万片/年	-	-	
		二期	8 英寸	IGBT 芯片 24 万片/年	-	产线投片率已经超过设计产能	
		三期	-	-	72 万片/年	宜兴三期已经开工建设	
闻泰科技	2022 年营收 580.79 亿元；净利 13.60 亿元；毛利率 18.16%，净利率 2.34%。	上海临港 12 英寸车规级晶圆厂	12 英寸	-	分为两期，第一期产能 3 万片/月，二期未知-	-	
华润微	2022 年营收 166.49 亿元；净利润 25.99 亿元；毛利率 36.71%，净利率 25.84%。	-	6 英寸	23 万片/月	-	-	
		-	8 英寸	14 万片/月	-	-	
		无锡	12 英寸	-	4 万片/月	-	-
		重庆	12 英寸	-	2023 年底预计 2 万-2.5 万片/月	上量爬坡阶段	
扬杰科技	2022 年营收 54.04 亿元；净利润 10.94 亿元；毛利率 36.29%，	-	4、5 英寸	100 万片/月	-	-	
		-	6 英寸	10 万片/月	-	-	

技	净利率 20.24%。	楚微半导体	8 英寸	1 万片/月	二期建设规划为新增 3 万片/月的 8 英寸硅基芯片生产线项目和 5000 片/月的 6 英寸碳化硅基芯片生产线项目	-
华虹半导体	2022 年营收 24.75 亿元；净利润 4.07 亿元；毛利率 34.08%，净利率 16.42%。	FAB1、2、3	8 英寸	17.8 万片/月	-	-
		FAB7	12 英寸	6.5 万片/月	2023 年底预计达到 9.45 万片/月	-
		FAB9	12 英寸	-	8.3 万片/月	-
中芯国际	2022 年营收 503.41 亿元；净利润 152.14 亿元；毛利率 37.97%，净利率 30.22%。	-	8 英寸（折合）	75.4 万片/月	-	-
积塔半导体	未上市	-	6 英寸	7 万片/月	-	-
		-	8 英寸	11 万片/月	-	-
		-	12 英寸	5 万片/月	-	-
方正微电子	未上市	-	6 英寸	6 万片/月	8 万片/月	-

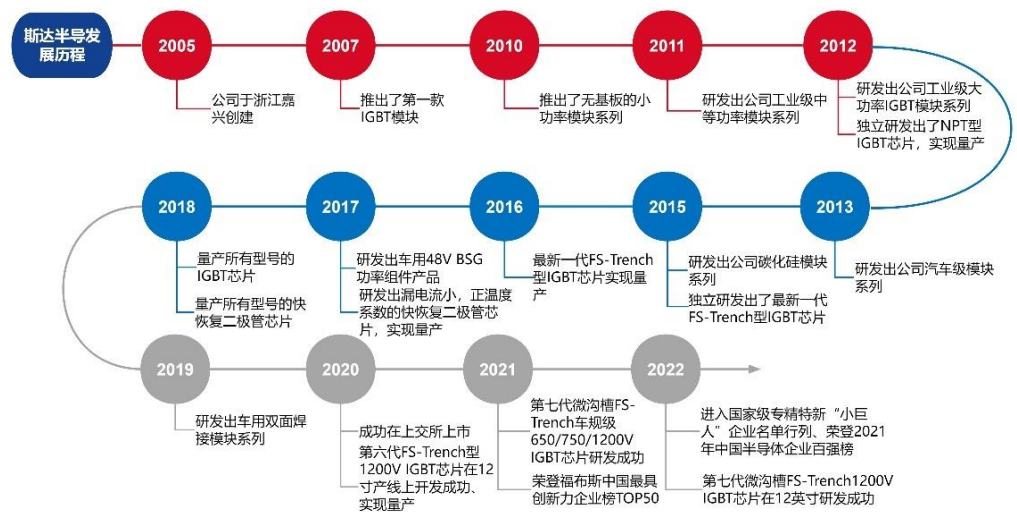
资料来源：公司公告，公开资料整理，东海证券研究所

4.公司介绍

4.1.斯达半导：全球 IGBT 模块市场第六、国内第一

(1) **深耕 IGBT 行业，多领域拓展市场。** 嘉兴斯达半导体股份有限公司成立于 2005 年 4 月，专业从事以 IGBT 为主的功率半导体芯片和模块的设计研发、生产及销售服务，在浙江、上海、重庆和欧洲均设有子公司，并在国内和欧洲设有研发中心，是目前国内 IGBT 领域的龙头企业，IGBT 模块市场份额全球排名第六，是国内唯一进入全球前 10 的 IGBT 模块供应商。公司产品包括 IGBT、MOSFET、IPM、FRD、SiC 等，其中 IGBT 模块作为公司的最主要产品，电压等级涵盖 100-3300V，电流等级涵盖 10A-3600A，覆盖范围广泛，公司产品可以满足工业控制、新能源、新能源汽车、白色家电等领域的需求。公司于 2007 年推出了第一款 IGBT 模块，随后逐步成功研发出小功率、工业级中功率、大功率 IGBT 模块、汽车级模块、碳化硅模块、车用 48V BSG 功率模块、车用双面焊接模块等。公司研发实力强劲，自研芯片技术已经达到国际先进水平，2012 年研发出 NPT 型 IGBT 芯片，2015 年研发出 FS-Trench 型 IGBT 芯片，2016 年实现量产，2021 年第七代微沟槽 FS-Trench 车规级 IGBT 芯片研发成功。公司已经在新能源汽车、新能源发电和工业控制领域成为多家头部企业的供应商，建立了极大的竞争优势，同时子公司斯达欧洲业务规模快速增长，车规级产品在海外市场在欧洲一线品牌 Tier1 开始大批量出货，海外新能源汽车市场业务实现阶段性突破。

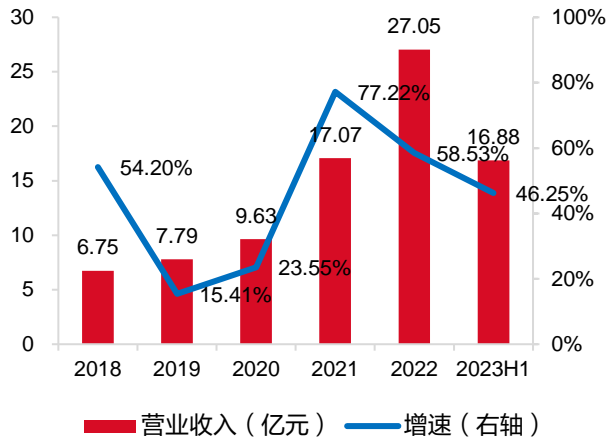
图25 斯达半导发展历程



资料来源：斯达半导招股说明书，公司公告，东海证券研究所

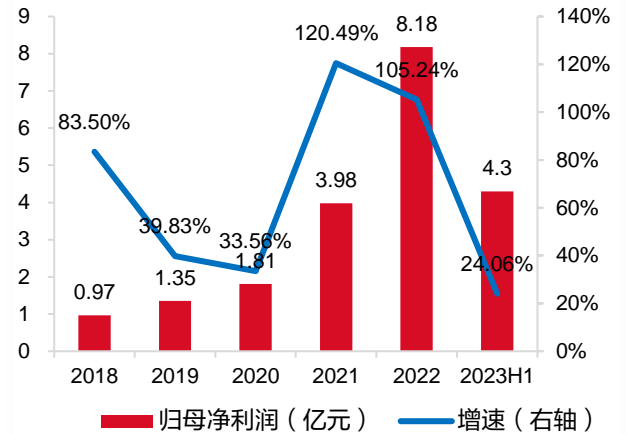
(2) **业绩维持增长态势，紧跟市场需求导向。** 公司 2022 年实现营业收入 27.05 亿元，同比增长 58.53%，2018-2022 年 GAGR 为 41.49%，归母净利润为 8.18 亿元，与上年同期相比增长 105.24%；2023 年上半年度实现营收 16.88 亿元，同比增长 46.25%，实现归母净利润 4.2 亿元，同比增速为 24.06%，增速虽有放缓，但仍维持较高水平，这主要是得益于新能源汽车、风光储等应用领域市场的持续景气，公司以市场为导向不断改进产品结构，加快产品开发与客户验证进度，逐步释放产能，稳步提高市场占有率。

图26 斯达半导历年营收及增速



资料来源：iFind，东海证券研究所

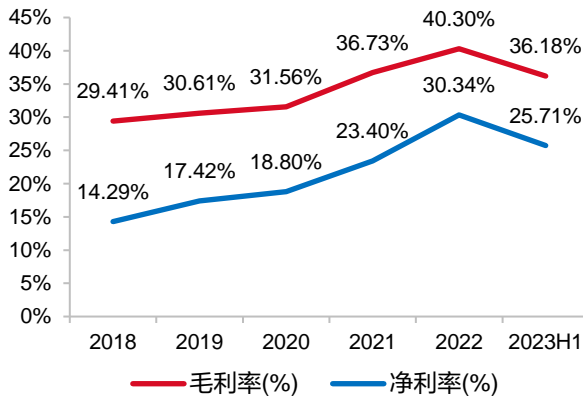
图27 斯达半导历年归母净利润及增速



资料来源：iFind，东海证券研究所

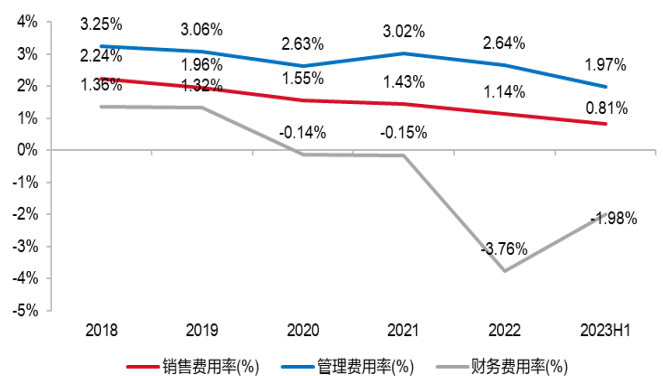
(3) 盈利能力逐步提升，费用端实现有效管控。在公司技术和产品发展迭代过程中，叠加公司营收增长带来的规模效应，公司销售、管理、财务费用率呈逐年下降态势，以及上市融资促使财务费用率快速下降，客户粘性在一定程度上降低了销售费用率，同时受益于行业高景气周期影响，2018年至2022年，公司毛利率29.41%提升到40.30%，净利率从14.29%提升到30.34%，盈利水平明显提升。2023年上半年，毛利率和净利率分别为36.18%和25.71%，与2022年相比有所下降，主要原因是竞争加剧，车用模块价格下降，短期价格承压，但随着未来业务模式的改善，晶圆成本有望降低，毛利率长期来看仍有增长空间。

图28 斯达半导历年毛利率和净利率



资料来源：iFind、东海证券研究所

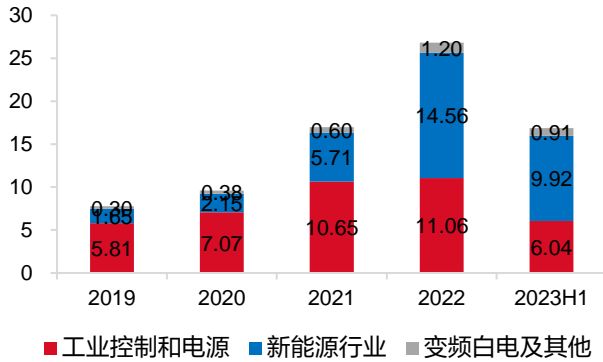
图29 斯达半导历年期间费用率



资料来源：iFind、东海证券研究所

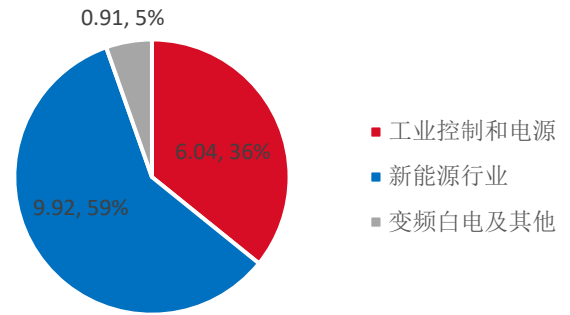
(4) 新能源业务高速增长，公司下游应用结构不断优化。从主营构成来看，2022年公司新能源业务快速爆发，新能源业务营收为14.56亿元，同比增速达154.81%，占比从2021年的34%，上升至2022年的54%，实现突破性增长。2023年上半年，新能源业务持续发力，营收占比进一步提高到59%，成为公司业绩持续增长的重要充足动力；工业控制和电源业务历年来保持小幅稳定增长，是保证公司营收稳定的坚实支撑。

图30 斯达半导历年分行业营收构成（亿元）



资料来源：iFind、东海证券研究所

图31 斯达半导 2023H1 营收占比（亿元，%）



资料来源：iFind、东海证券研究所

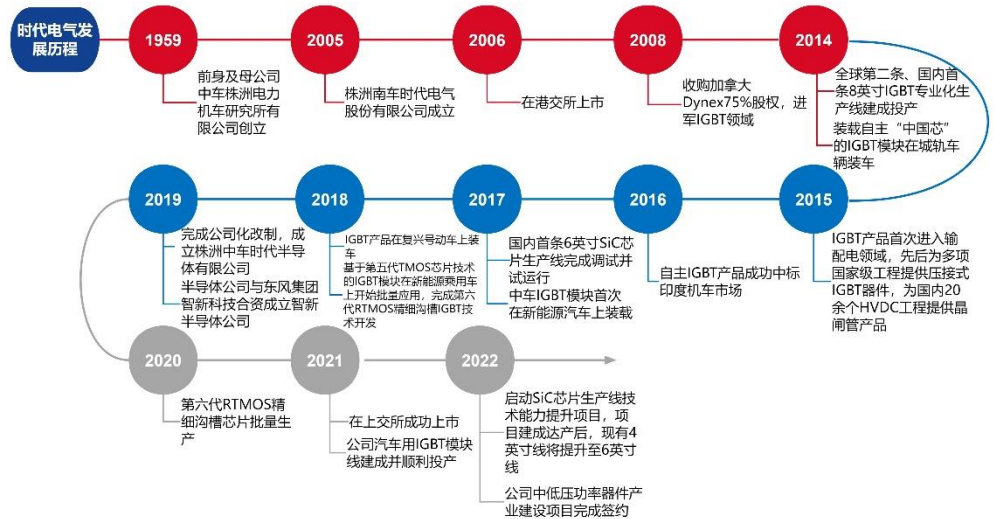
（5）公司主要关注要素：

- 1）SiC 芯片研发及产业化项目以及高压特色工艺功率芯片研发及产业化项目方面，**目前还处于建设阶段，项目建设完成后，将形成年产 6 万片 6 英寸车规级 SiC MOSFET 芯片以及 30 万片 6 英寸 3300V 以上高压特色功率芯片的生产能力；
- 2）新能源汽车业务方面，**公司生产的应用于主电机控制器的车规级 IGBT 模块持续放量，合计配套超过 60 万辆新能源汽车，其中 A 级及以上车型超过 40 万辆，同时公司在车用空调，充电桩，电子助力转向等新能源汽车半导体器件份额进一步提高；公司新增多个使用第七代微沟槽 Trench Field Stop 技术的 1200V 车规级 IGBT 模块、车规级 SiC MOSFET 模块的 800V 系统的主电机控制器项目定点，将对公司 2024-2030 年主控制器用车规级 SiC MOSFET 模块 IGBT 模块销售增长提供持续推动力；公司使用公司自主 SiC MOSFET 芯片的车规级 SiC MOSFET 模块在主电机控制器客户完成验证并开始小批量出货；
- 3）光伏储能业务方面，**公司基于第七代微沟槽 Trench Field Stop 技术的适用于光储行业的 IGBT 芯片以及模块开始批量供货，预计 2023 年下半年市场份额将迅速提高。

4.2.时代电气：国内轨交和车规级 IGBT 龙头企业

（1）轨交与新能源双赛道战略发展。株洲中车时代电气股份有限公司是中国中车旗下股份制企业，其前身及母公司——中车株洲电力机车研究所有限公司创立于 1959 年。公司主要从事轨道交通装备产品的研发、设计、制造、销售并提供相关服务，形成了“基础器件+装置与系统+整机与工程”的完整产业链结构，是我国轨道交通行业具有领导地位的牵引变流系统供应商。公司于 2008 年收购加拿大公司 DYnex75% 的股权进入 IGBT 领域，掌握了 IGBT 芯片设计、封装的关键技术工艺以及 4 英寸生产线，2014 年全球第二条、国内首条 8 英寸 IGBT 生产线建成投产，2017 年时代电气 IGBT 模块首次应用于新能源汽车，2018 年 IGBT 产品在复兴号动车上装车，2021 年车规级 IGBT 模块线建成并顺利投产，在国内新能源汽车领域的市场占有率逐步提升，排名攀升至国内第四。目前公司建有 6 英寸双极器件、8 英寸 IGBT 和 6 英寸碳化硅的产业化基地，拥有芯片、模块、组件及应用的全套自主技术。

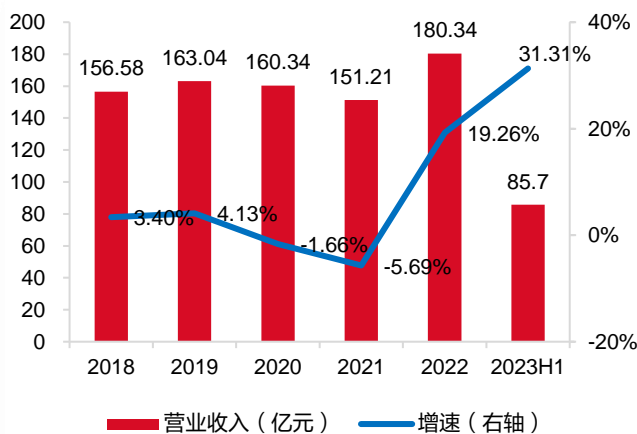
图32 时代电气发展历程



资料来源：时代电气官网、东海证券研究所

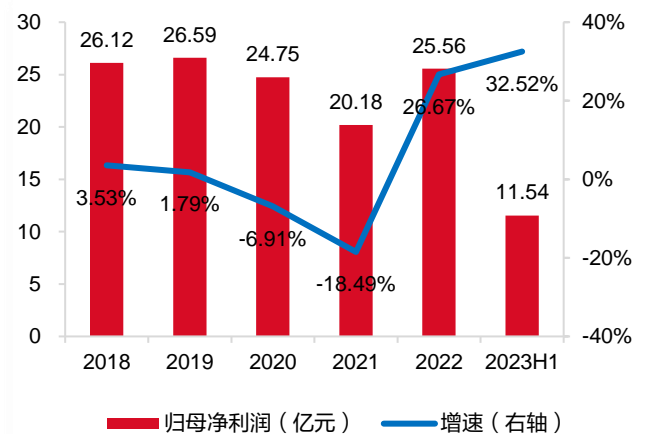
(2) 公司业绩局面扭转，迈入相对高速增长阶段。2022 年公司营业收入达到 180.34 亿元，同比增长 19.26%，归母净利润为 25.56 亿元，同比增长 26.67%；2023 年上半年实现营收 85.7 亿元，同比增长 31.31%，实现归母净利润 11.54 亿元，同比增长 32.52%，业绩进一步快速增长，这主要是由于新兴装备业务带来的高增长。公司依托在轨道交通装备领域积累的技术、渠道、品牌等优势资源，积极布局轨道交通以外的产业，在功率半导体器件、工业变流产品（主要包含：风光储氢设备及光伏工程、矿卡电驱、空调变频、冶金变频、船舶变频）、新能源汽车电驱系统、传感器件、海工装备等领域开展业务，广泛的产业布局成为公司重要的营收增长点。

图33 时代电气历年营收及增速



资料来源：iFind、东海证券研究所

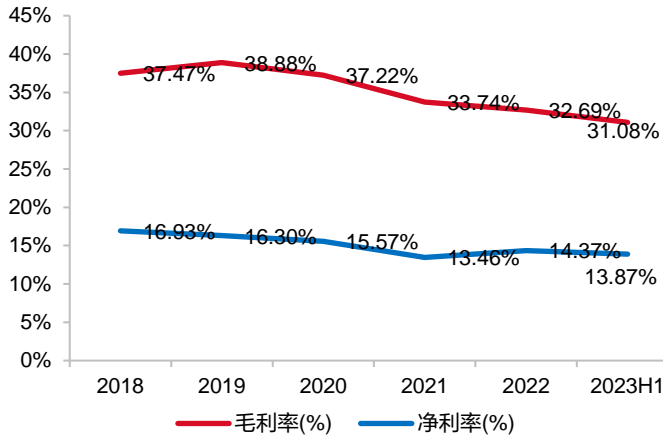
图34 时代电气历年归母净利润及增速



资料来源：iFind、东海证券研究所

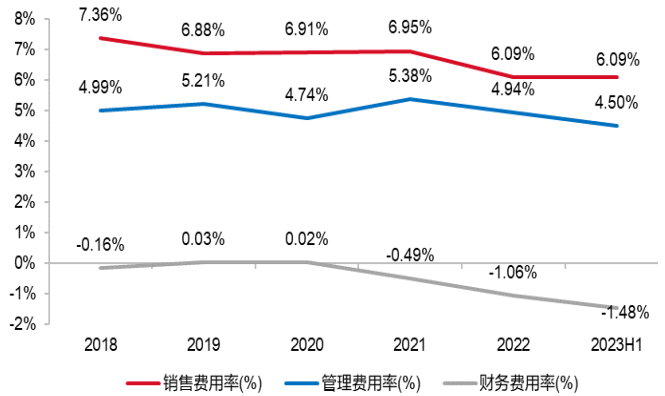
(3) 公司盈利水平维持稳定，费用率呈下降趋势。2022 年公司毛利率为 32.69%，2023 年上半年小幅下降至 31.08%，主要原因是占比增加的新兴装备业务毛利率相对轨交装备业务较低，而净利率 2022 年和 2023 年上半年分别为 14.37%和 13.87%，同比增加 0.91pcts 和 0.4pcts，2022 年以来由于运营效率的增加以及营收规模扩张，公司销售、管理费用率下降。

图35 时代电气历年毛利率和净利率



资料来源：iFind、东海证券研究所

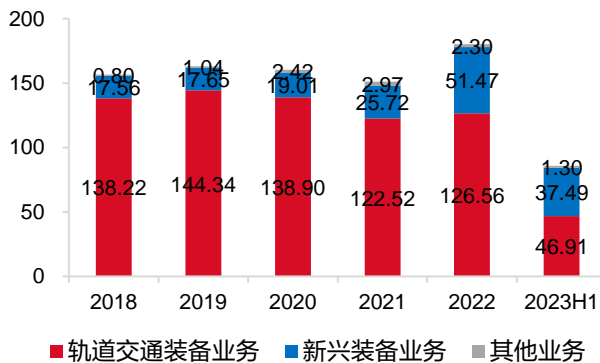
图36 时代电气历年期间费用率



资料来源：iFind、东海证券研究所

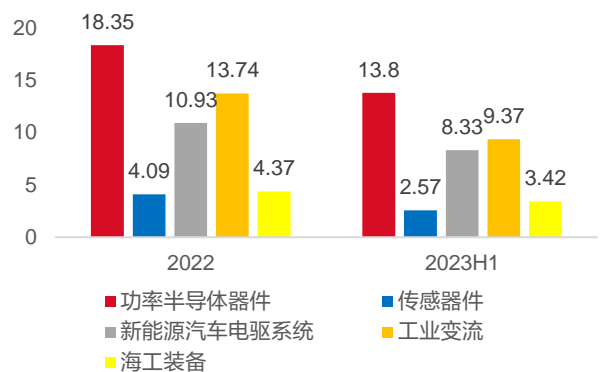
(4) 公司新兴装备业务进入跨越式增长期，体量快速提升。2022 年新兴装备业务迅速增长达到 51.47 亿元，同比增速为 100.09%，其中功率半导体器件同比增长 71.83%，工业变流同比增长 160.20%，新能源汽车电驱系统同比增长 139.75%，海工装备同比增长 50.21%，传感器件同比增长 77.68%，每个细分领域均实现高速增长。2023 年上半年再创佳绩，继续保持上升趋势，持续高速增长，公司市场份额进一步提升，其中乘用车功率模块 2023 年上半年装机量位居行业前三，市场占有率达 12.4%；光伏逆变器 2023 年上半年中标 8.8GW，国内排名进入行业前三，并在集中式逆变器领域排名国内第一；新能源汽车电驱动系统装机量居国内行业前列；传感器件稳居轨道交通领域国内市场占有率第一，在新能源汽车、风电、光伏领域位居行业前列。

图37 时代电气历年营收构成（亿元）



资料来源：iFind、东海证券研究所

图38 时代电气近两年新兴装备业务构成（亿元）



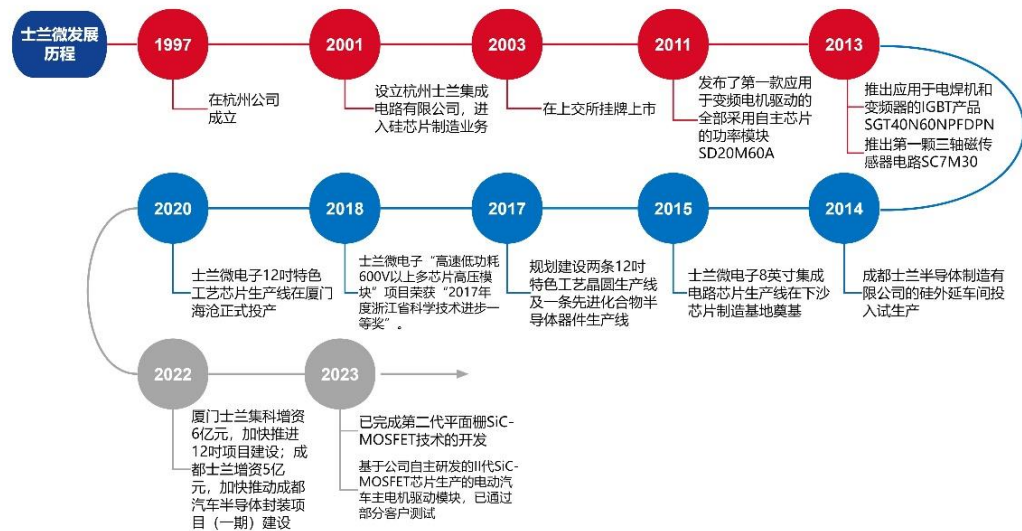
资料来源：iFind、东海证券研究所

(5) 公司主要关注要素：1) 产能方面，二期芯片产线投产率已经超过设计产能，宜兴三期项目已经开工建设，中低压器件产能持续提升；2) 电网和轨交用高压器件各项目持续交付，三峡集团那日松 40 万千瓦光伏制氢项目大功率 IGBT 制氢电源已经实现批量交付；3) 新能源车和新能源发电用中低压器件大幅增长，新能源车用器件实现首次出口，批量交付法雷奥集团，光伏器件在多客户实现批量交付，储能用器件实现首次批量交付；4) SiC 布局方面，新能源车用 SiC 产品处于持续验证阶段，SiC 产线升级改造项目进度正常，SiC 产品开发加速推进，在工业领域获得新的市场订单；5) 新一代 IGBT 芯片产品实现新突破，包括新能源车用 1300V 模块在内的多款模块新产品正在开发或已经完成开发处于推广阶段，在电网、轨交、新能源等多领域持续以科研引领产品支撑下游应用。

4.3. 士兰微：国内半导体 IDM 龙头，IGBT 业务高速增长

(1) 多品类布局半导体领域，坚持设计与制造一体模式。杭州士兰微电子股份有限公司坐落于杭州高新技术产业开发区，是专业从事集成电路芯片设计以及半导体微电子相关产品生产的高新技术企业。公司成立于 1997 年 9 月，是第一家在中国境内上市的集成电路芯片设计企业。得益于中国电子信息产业的飞速发展，士兰微电子已成为国内规模最大的集成电路芯片设计与制造一体（IDM）的企业之一，公司的主要产品包括多品类的模拟电路、变频控制系统和芯片、MEMS 传感器产品、以 IGBT、超结 MOSFET 和高密度沟槽栅 MOSFET 为代表的功率半导体产品、第三代碳化硅化合物功率半导体产品、智能功率模块产品（IPM）、车规级和工业级功率模块产品（PIM）、高压集成电路、美卡乐高可靠性指标的 LED 彩屏像素管等新技术产品。公司 2011 年发布第一款采用自主芯片的功率模块，2013 年推出应用于电焊机和变频器的 IGBT，2014 年成都士兰硅外延试生产，2020 年士兰微电子 12 吋特色工艺芯片在厦门投产，2023 年完成第二代平面栅 SiC-MOSFET 技术的开发。公司依托于已稳定运行的 5、6、8、12 英寸芯片生产线和正在快速上量的先进化合物芯片生产线，建立了新产品和新工艺技术研发团队，陆续完成了国内领先的功率器件工艺的研发。

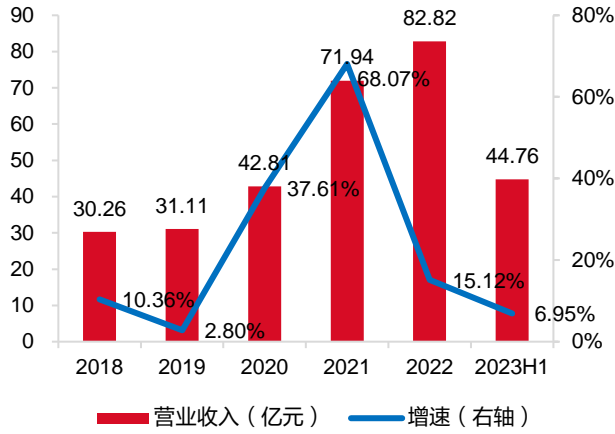
图39 士兰微发展历程



资料来源：士兰微官网、公司公告、东海证券研究所

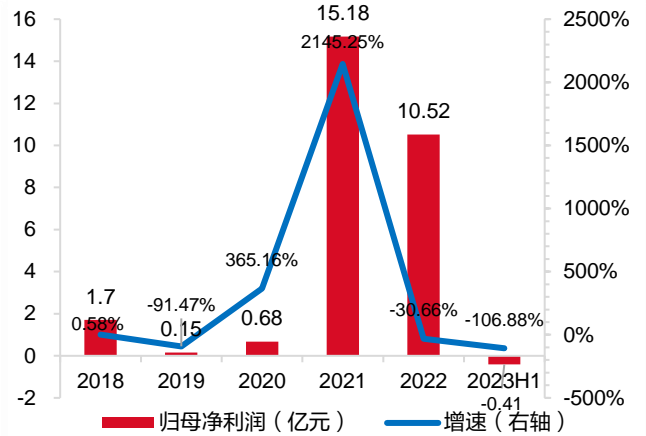
(2) 公司营收保持稳定增长态势，利润端短期承压。2021 年公司实现营收 71.94 亿元，归母净利润达到 15.18 亿元，同比分别增长 68.07%和 2145.25%，利润端实现爆发式增长，这主要是由于公司产品持续在白电、通讯、工业、光伏、新能源汽车等高门槛市场取得突破；电源管理芯片、MEMS 传感器、IPM（智能功率模块）、MOSFET、IGBT、SBD、TVS、FRD、LED 等产品的营业收入大幅增长，产品结构持续优化，产品综合毛利率显著改善，营业利润大幅度增加；2022 年营收增速放缓为 15.12%，归母净利润与 2021 年相比下降 30.66%，主要是由于原材料供应不足加之下游消费电子市场需求惨淡，产品产出不及预期，产能利用率降低，2023 年上半年营收达 44.76 亿元，同比增速为 6.95%，仍呈上升态势，而归母净利润首次出现亏损，为-0.41 亿元，这主要是受持有的安陆科技和愈能科技股份股价变化、以及 LED 芯片市场价格竞争加剧的影响，公司 LED 芯片价格较去年年末下降 10%-15%，导致控股子公司士兰明芯、重要参股公司士兰明镓出现较大的经营性亏损。

图40 士兰微历年营收及增速



资料来源：iFind、东海证券研究所

图41 士兰微历年归母净利润及增速

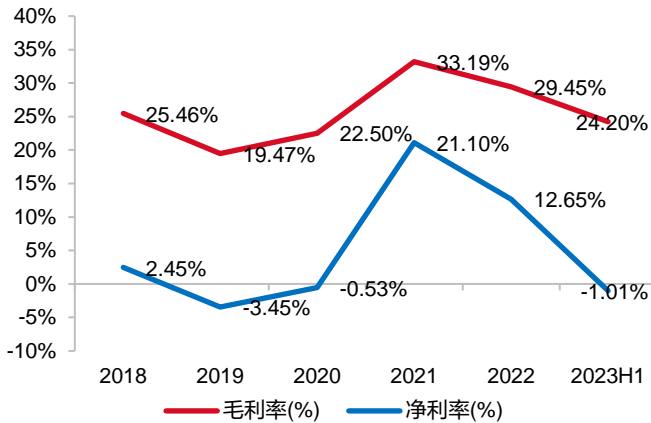


资料来源：iFind、东海证券研究所

(3) 短期盈利水平处于低位，随着产能利用率逐步回升，未来盈利能力有望回升。

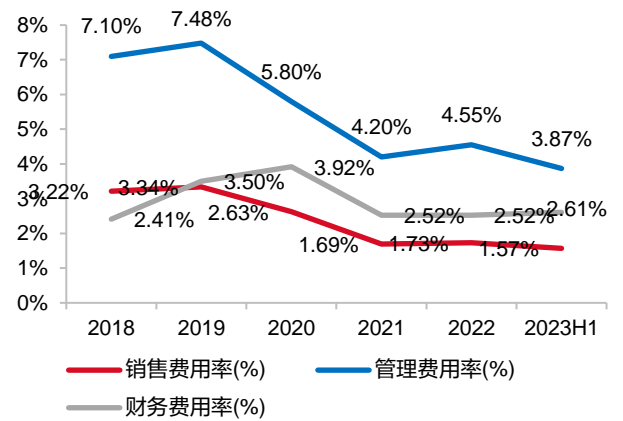
2022 年和 2023 年上半年公司毛利率为 29.45%和 24.20%，与上年同期相比分别下降 3.74pcts 和 6.92pcts，这主要受下游 LED、消费电子需求低迷，相关产品价格下降，产能利用率不足的影响；公司期间费用率整体维持稳定，销售、管理费用率窄幅下降，财务费用率窄幅上升。目前公司士兰集成 5 吋、6 吋线、LED 芯片生产线产能利用率均已回升至 90% 左右，未来公司积极调整产品结构，加快产品上量，长期来看，公司毛利率上行空间较大。

图42 士兰微历年毛利率和净利率



资料来源：iFind、东海证券研究所

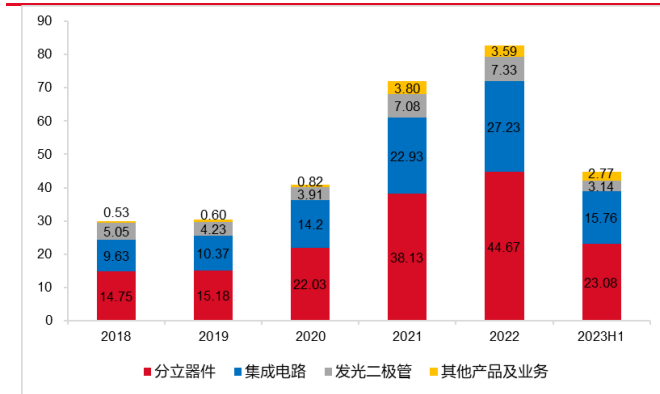
图43 士兰微历年期间费用率



资料来源：iFind、东海证券研究所

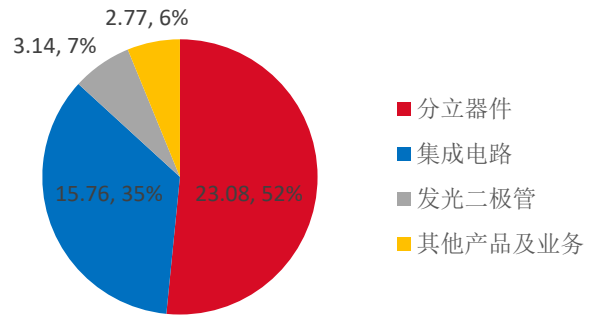
(4) 产品结构持续优化，IPM 模块和 IGBT 产品营收大幅增长。2023 年上半年，公司集成电路的营业收入为 15.76 亿元，较上年同期增长 16.49%，其中 IPM 模块的营业收入达到 9.4 亿元人民币，同比增长 42%以上，在集成电路中达到近 60%的占比，这主要是由于出货量明显加快；公司分立器件产品的营业收入为 23.08 亿元，较上年同期增长 1.42%，其中 IGBT（包括 IGBT 器件和 PIM 模块）的营业收入已达到 5.9 亿元，较去年同期增长 300%以上，成为公司产品中增长最快、幅度最大的细分产品。

图44 士兰微历年营收构成（亿元）



资料来源：iFind、东海证券研究所

图45 2023H1 士兰微业务营收构成（亿元，%）



资料来源：iFind、东海证券研究所

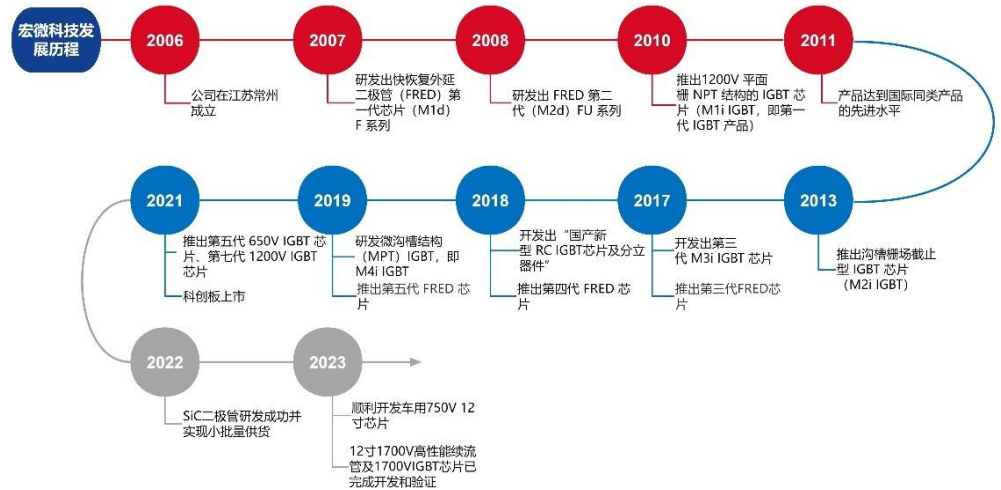
（5）公司主要关注要素：

- 1）SiC 芯片产能方面，**重要参股公司士兰明镓已形成月产 3,000 片 6 英寸 SiC 芯片的生产能力，预计 2023 年年底将形成月产 6,000 片 6 英寸 SiC 芯片（SiC MOSFET 和 SiC SBD）的生产能力；
- 2）SiC-MOSFET 技术迭代方面，**公司已完成第二代平面栅 SiC-MOSFET 技术的开发，性能指标达到业内同类器件结构的先进水平；
- 3）12 英寸芯片产能方面，**子公司士兰集昕公司稳步推进“年产 36 万片 12 英寸芯片生产线项目”建设，已有部分设备到厂并投入生产，增强了公司 12 吋芯片制造能力，子公司士兰集科公司已具备月产 2 万片 IGBT 芯片的生产能力；
- 4）汽车级功率模块封装产能方面，**成都士兰公司加快推进“汽车半导体封装项目（一期）”项目建设，成都士兰二期厂房已部分投入生产，成都士兰公司已具备月产 17 万只汽车级功率模块的封装能力；
- 5）LED 芯片产能方面，**2023 年二季度公司 LED 芯片生产线产能利用率已回升至 90%左右，士兰明芯、士兰明镓合计拥有月产约 14 万片 4 吋 LED 芯片的产能。

4.4.宏微科技：国内 IGBT 行业领军企业，产能规划清晰

（1）宏微科技是国内极少数具备 IGBT、FRED 芯片及模组技术的领军企业之一。宏微科技于 2006 年在江苏省常州市注册成立，公司致力于 IGBT、FRED 为主的功率半导体芯片、单管和模块的设计、研发、生产和销售，并为客户提供功率半导体器件的解决方案。IGBT、FRED 单管和模块的核心是 IGBT 和 FRED 芯片，公司主营业务中的单管完全采用自研芯片，而模块产品 60%以上采用自研芯片。公司于 2007 年成功研发出了快恢复外延二极管（FRED）第一代芯片（M1d）F 系列，2010 年成功推出 1200V 平面栅 NPT 结构的 IGBT 芯片（公司第一代 IGBT 产品），2017 年开始进入快速发展阶段，产品不断进行更新迭代，截止目前，公司 IGBT 及 FRED 芯片技术已更新到第七代。

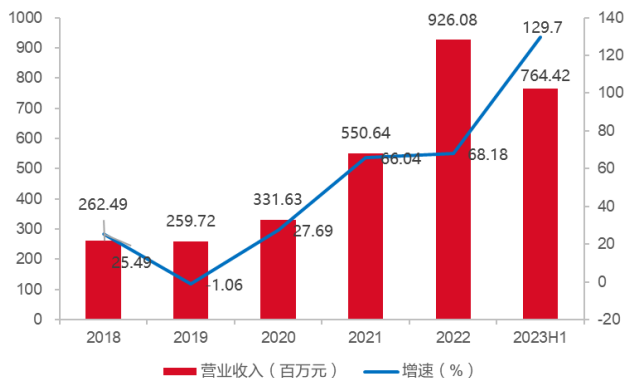
图46 宏微科技发展历程



资料来源：宏微科技招股说明书、公司公告、东海证券研究所

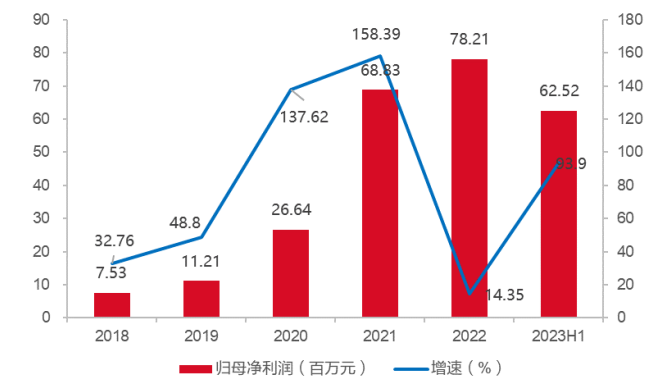
(2) 公司业绩持续攀升，营收和归母净利润保持高速增长。在双碳政策与国产替代趋势推动下，2018 至 2022 年，公司营收复合增长率达 37.05%，归母净利润的复合增速为 79.52%。2022 年营收为 9.26 亿元，同比增速达 68.18%，归母净利润为 7821 万元，同比为 14.35%；2023 年上半年公司实现营收 7.64 亿元，同比增长 129.70%；归母净利润为 6252 万元，同比增长 93.90%。公司业绩高速增长主要两方面原因，其一是受益于下游应用领域如新能源发电、电动汽车等行业持续景气，市场对国产 IGBT、FRED 功率半导体器件的需求快速增长，公司不断优化产品结构，其中光伏与新能源车领域业务订单大幅增长，公司从 2021 年进入快速增长期。其二是目前公司产品国产化率较低，在 2021 年全球缺芯的契机下，国产芯片成功大规模打入下游客户供应链，公司作为国内 IGBT 的头部企业之一，很快在下游客户开拓上打开市场。

图47 宏微科技历年营收及增速



资料来源：iFind、东海证券研究所

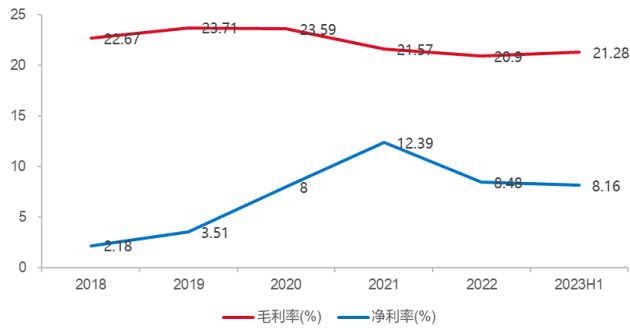
图48 宏微科技历年归母净利润及增速



资料来源：iFind、东海证券研究所

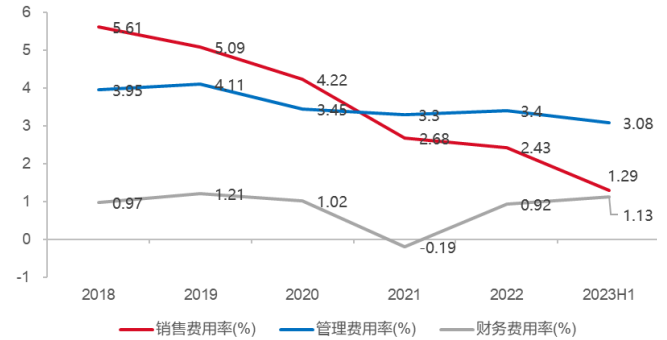
(3) 公司毛利率呈平稳态势，未来随着公司规模增长，产品溢价空间更高，同时代工成本有望降低，毛利率有进一步提升空间。公司目前的产品价格相对国际大厂来说具备较高的性价比，未来随着客户订单规模的扩张，公司品牌效应增强，产品溢价空间或将更大；同时，公司的代工价格随着规模增长，有望在供应商获得更高议价能力，公司毛利率长期或有一定上升空间。同时，公司近些年快速发展，自研芯片的比例不断提升，这也提高了公司的毛利率水平。

图49 宏微科技历年毛利率与净利率



资料来源：iFind、东海证券研究所

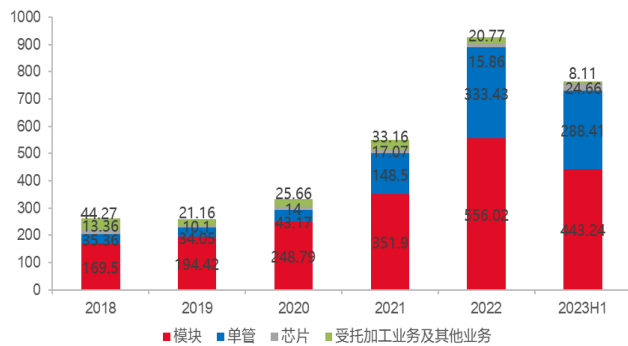
图50 宏微科技历年期间费用率



资料来源：iFind、东海证券研究所

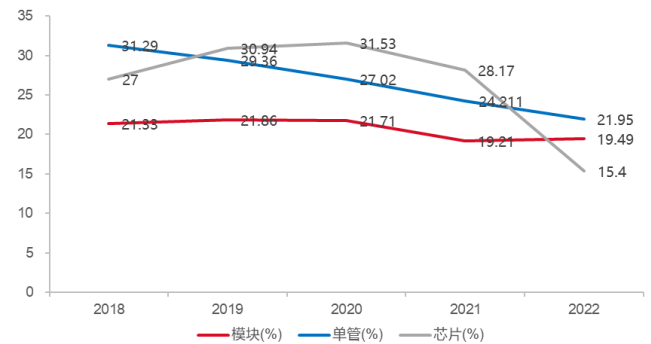
(4) 主营业务构成来看，模块业务占据收入来源的主要地位。2022 年公司营收中模块和单管占比分别为 60.04%和 36.00%，2023 年上半年度公司模块业务收入 4.43 亿元，占营业收入的 57.98%，单管业务收入 2.88 亿元，占营业收入的 37.73%，从毛利率来看，2022 年模块、单管、芯片毛利率分别为 19.49%、21.95%、15.40%。

图51 宏微科技历年营收构成 (百万元)



资料来源：iFind、东海证券研究所

图52 宏微科技历年拆分业务毛利率



资料来源：iFind、东海证券研究所

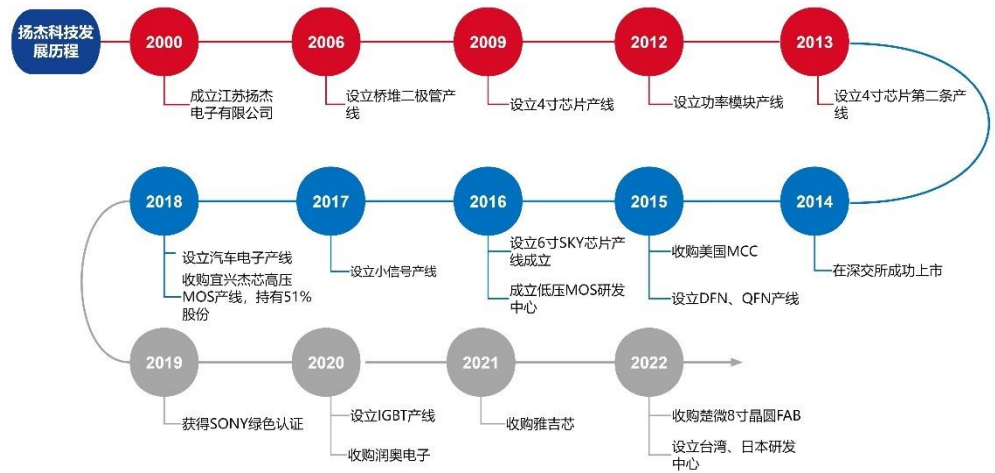
(5) 公司主要关注要素：1) 华山厂产能方面，华山厂（老厂区）规划产能 450 万块/年，目前是满产状态；2) 新竹厂产能方面，新竹厂一期项目规划产能 480 万块/年，2022 年产能利用率达到 20%，预计 2023 年提升至 60%，2024 年实现满产；新竹厂二期项目年产能规划 540 万块/年，2023 年预计有三条产线投入试运行，大概在 20%利用率，预计在 2024~2025 年释放大量产能；3) 子公司芯动能项目的交付产能方面，首期规划投产 120 万块车规产品，2023 年下半年开始投产和交付，或将成为未来公司额外产能供给点，这也是公司业绩增长比较重要的一个驱动力。

4.5.扬杰科技：国内 IDM+Fabless 相结合，功率器件产品布局多样化

(1) 通过收购进军功率半导体领域，实现全产业链布局。扬州扬杰电子科技股份有限公司是国内少数集半导体分立器件芯片设计制造、器件封装测试、终端销售与服务等产业链垂直一体化（IDM）的规模企业，同时在 MOSFET、IGBT、第三代半导体等高端领域采用 IDM+Fabless 相结合的模式。产品线涵盖分立器件芯片、MOSFET、IGBT&功率模块、SIC、整流器件、保护器件、小信号等，为客户提供一揽子产品解决方案。扬杰科技 2000 年在江苏扬州成立，2009 年设立 4 寸芯片产线，2014 年在深交所上市后，通过不断投资

并购进行业务扩张和产业链整合，2018 年收购宜兴杰芯，主要补充高压 MOS 技术和产品，同年设立汽车电子产线，2020 年收购润奥公司，主要补充晶闸管和少量 IGBT 产品，同年设立 IGBT 产线，2021 年收购雅吉芯，主要补充外延片技术和产品。

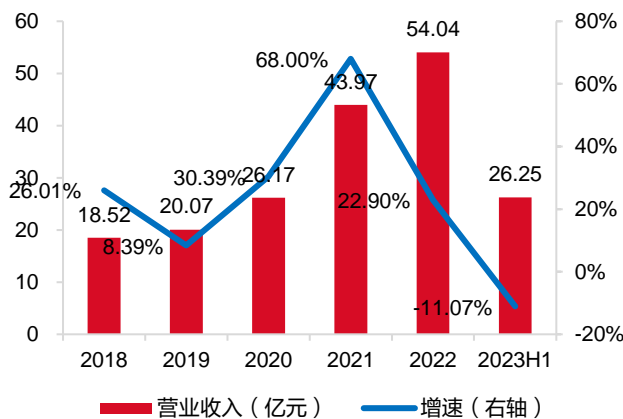
图53 扬杰科技发展历程



资料来源：扬杰科技官网、东海证券研究所

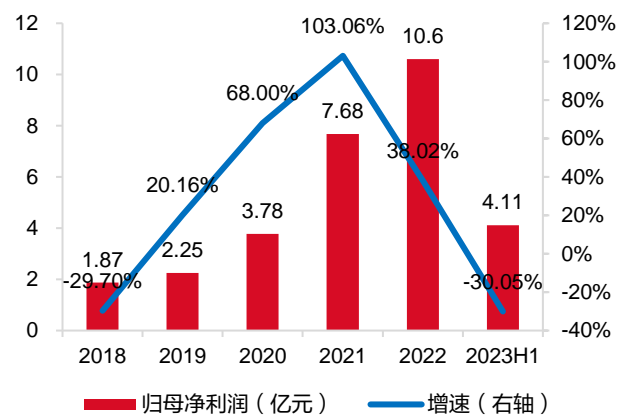
(2) 营收规模保持稳增长态势，归母净利润高增。公司 2022 年实现营收 54.04 亿元，同比增长 22.90%，归母净利润为 10.6 亿元，同比增长 38.02%，续扬“双增长”态势，业绩表现两眼主要源于新能源行业的需求旺盛，公司深度布局汽车电子应用领域，获得多家海内外著名汽车零部件企业认可，新能源领域行业继续保持较快增长水平，工业控制领域和消费领域等传统板块增速相对稳定。2023 年上半年营收和归母净利润分别达 26.25 亿元和 4.11 亿元，同比增速为-11.07%和-30.05%，业绩有所回落主要是受到海外市场波动的影响，但短期周期性扰动不影响公司长期发展态势。

图54 扬杰科技历年营收及增速



资料来源：iFind、东海证券研究所

图55 扬杰科技历年归母净利润及增速

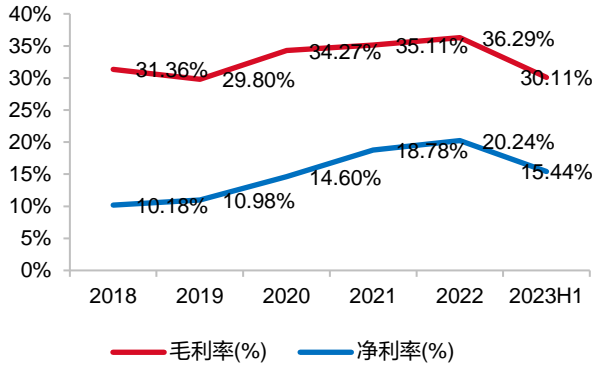


资料来源：iFind、东海证券研究所

(3) 盈利水平稳中有升，期间费用持续优化。公司 2022 年毛利率和净利率分别增至 36.29%和 20.24%，同比上升 1.18pcts 和 1.46pcts，盈利能力稳定，2022 年销售、费用、财务费用率分别降至 3.16%、5.02%、-0.20%，费用管控能力实现进一步提高。2023 年上半年盈利水平短期承压，降至 30.11%和 15.44%，主要是由于利润率更高的海外市场营收

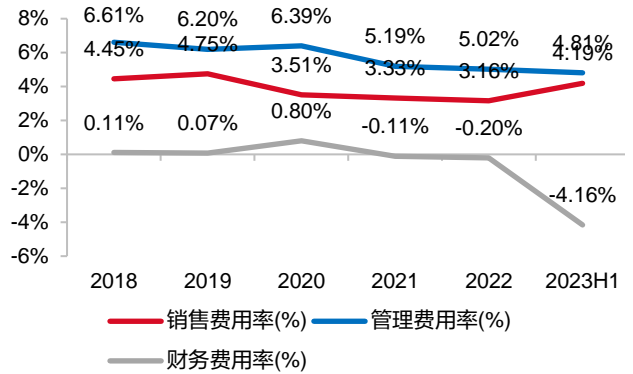
占比降低以及毛利率较低的产品同比增长幅度相对较大，占比增加导致整体毛利率有所下滑。

图56 扬杰科技历年毛利率与净利率



资料来源：iFind、东海证券研究所

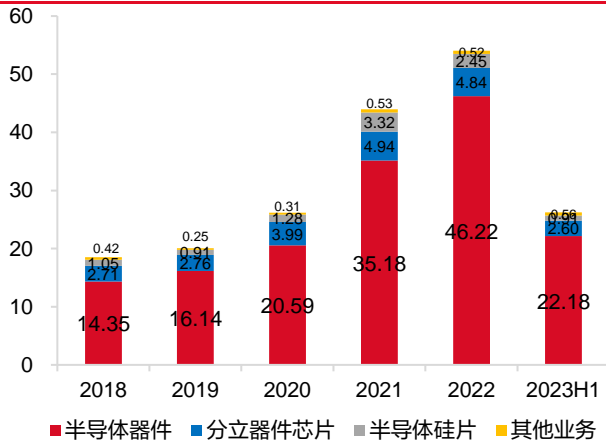
图57 扬杰科技历年期间费用率



资料来源：iFind、东海证券研究所

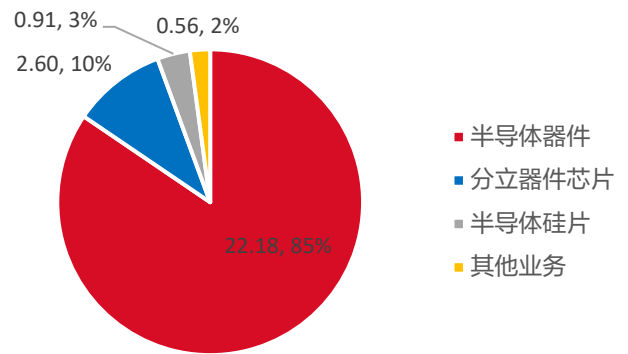
(4) 半导体器件在公司业务中占据主导地位，产品和技术水平不断更新迭代。营收构成方面，根据产品类别主要分为三大板块业务：半导体器件、分立器件芯片和半导体硅片，2023 年上半年半导体器件营收占比 85%左右，是公司实现营收的主要来源。公司在半导体器件领域布局不断深入，在 MOSFET 板块，强化产品竞争力，加速研发 SGT-MOSFET、SJ-MOSFET、车规级 MOSFET 等高端产品，积极对标国际品牌，加速实现进口替代；在 IGBT 板块，聚集一流人才，加大芯片研发投入，引入 FS(场终止)技术、MPT 微沟槽技术，大力开发车规级产品，实现 IGBT 的进口替代；在 SiC 板块，公司布局全系列 SiC 产品，结合高温离子注入、薄片技术，已经成功推出 SiC 系列二极管产品，SiC MOSFET 已经成功推出 80mohm、40mohm 产品，25mohm、17mohm 产品正在研发中。同时，加快 8 寸晶圆研发设计，投入 PMIC 产品研发。

图58 扬杰科技历年营收构成（亿元）



资料来源：iFind、东海证券研究所

图59 2023H1 扬杰科技业务营收构成（亿元，%）



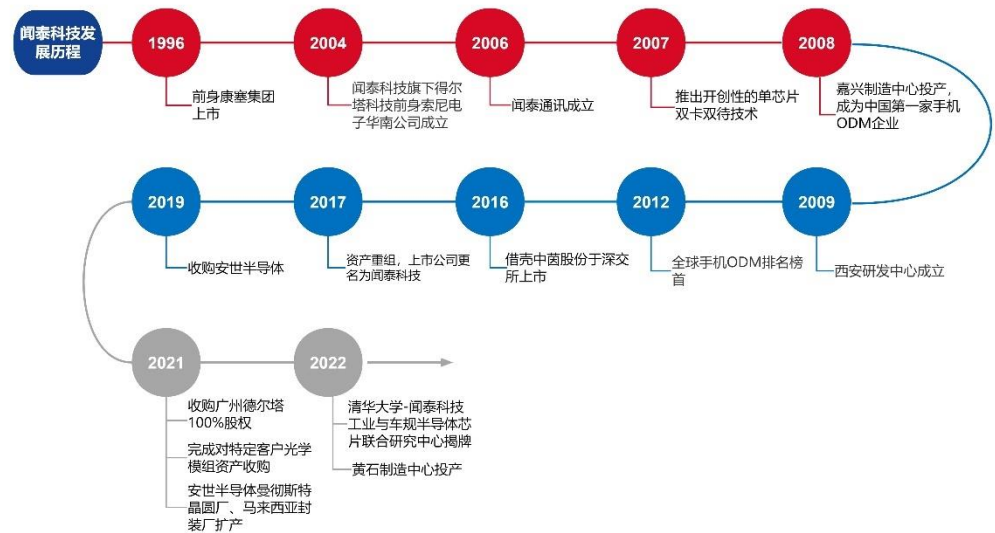
资料来源：iFind、东海证券研究所

(5) 公司主要关注要素：1) 产能方面，目前楚微半导体已实现 8 英寸的规模生产，月产能达 1 万片，二期建设规划为新增 3 万片/月的 8 英寸硅基芯片生产线项目和 5000 片/月的 6 英寸碳化硅基芯片生产线项目；**2) 上市募集资金用途方面**，扬杰科技成功发行全球存托凭证（GDR）并在瑞士证券交易所挂牌上市，本次发行募集资金总额约为 2.15 亿美元，扣除相关费用后将用于公司在越南设厂，在美国、日本等地设立研发中心等，进一步推进国外市场布局。

4.6. 闻泰科技：国内 ODM+功率半导体龙头，海内外晶圆厂持续扩产

(1) **全球 ODM 龙头企业，全方位布局产业链。**闻泰科技是全球领先的集研发设计和生产制造于一体的半导体、产品集成和光学模组企业，主要为全球客户提供半导体功率器件、模拟芯片的研发设计、晶圆制造和封装测试；手机、平板、笔电、服务器、AIoT、汽车电子等终端产品研发制造；光学模组的研发制造服务。公司旗下闻泰通讯成立与 2006 年，2012 年在全球手机 ODM 排名中位居榜首，成全球电子产品集成龙头企业；2019 年收购安世半导体，安世半导体是闻泰科技半导体业务承载平台，是全球领先的分立与功率芯片 IDM 龙头厂商，是全球龙头的汽车半导体公司之一，拥有近 1.6 万种产品料号；2021 年收购珠海得尔塔科技有限公司 100% 股权成为公司旗下全资子公司，是公司光学模组业务承载平台，得尔塔科技深耕摄像头行业多年，专业研发团队实力雄厚，已形成具有行业领先优势的核心技术。

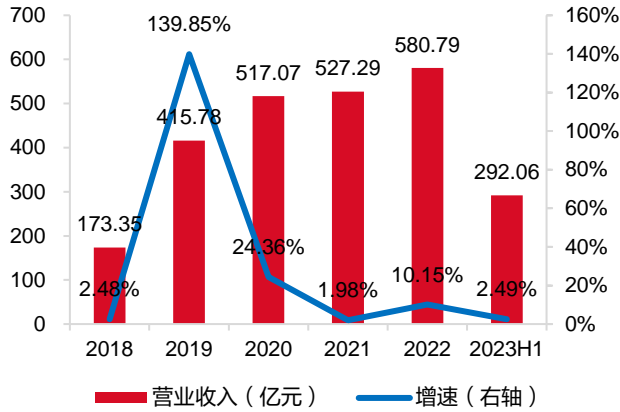
图60 闻泰科技发展历程



资料来源：闻泰科技官网、公司公告、东海证券研究所

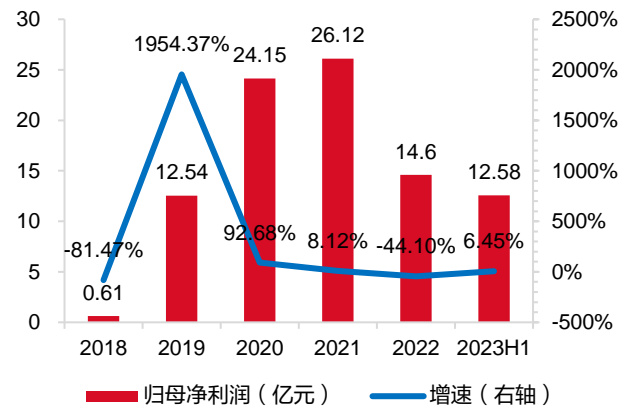
(2) **业绩保持稳定增长态势，长期发展趋势向好。**公司业绩在 2019 年实现高增长后增速放缓，2022 年和 2023 年上半年营收分别为 580.79 亿元和 292.06 亿元，同比增长 10.15% 和 2.49%，在行业周期低迷背景下仍维持稳定上升状态，体现出公司发展的稳健性和可持续性。公司 2022 年归母净利受子公司闻泰通讯拖累，实现 14.6 亿元，较上年同期减少 44.10%，主要原因是产品集成业务 13 亿的商誉计提了 6 亿减值，商誉减值并没有实质性地影响到 2023 年的业务，公司产品价格不会受到商誉的影响，业务毛利率不会受到商誉的影响，2023 年上半年归母净利润达 12.58 亿元，同比增速为 6.45%，未来在业务协同效应深化以及行业逐步复苏影响下，公司将有望保持良好发展势头。

图61 闻泰科技历年营收及增速



资料来源：iFind、东海证券研究所

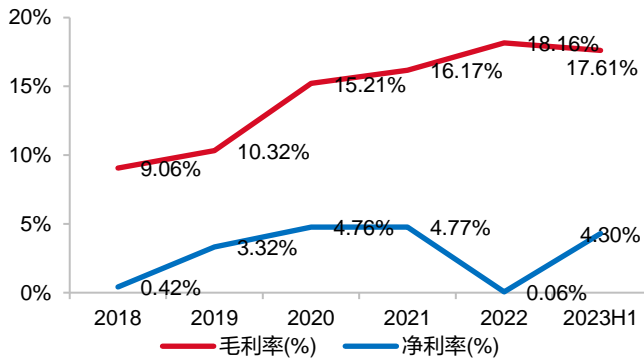
图62 闻泰科技历年归母净利润及增速



资料来源：iFind、东海证券研究所

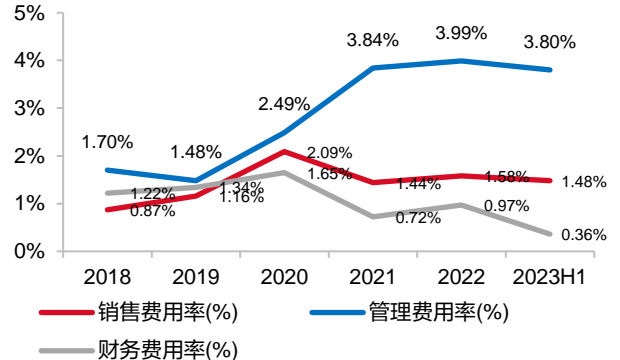
(3) 公司盈利水平持续改善，费用管控能力维稳。2022年公司毛利率为18.16%，较上年同期增长0.99pcts，为历史新高，公司毛利率提升主要原因在于毛利率较高的半导体业务占比进一步提升，同时，半导体业务受产品结构优化等因素影响，毛利率水平维持高位，在消费电子市场逐步复苏后，未来毛利率有望进一步提升。公司2022年和2023年上半年销售费用率为1.58%和1.48%，长期稳定维持低位，销售风险较小。

图63 闻泰科技历年毛利率与净利率



资料来源：iFind、东海证券研究所

图64 闻泰科技历年期间费用率

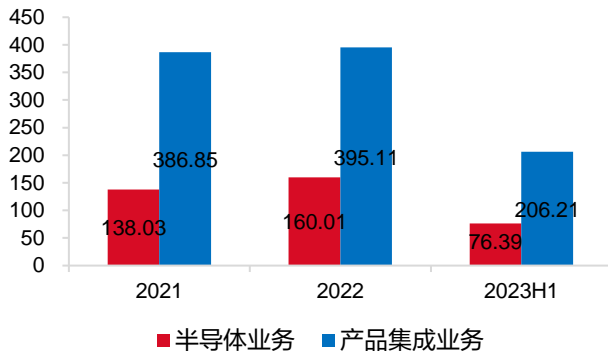


资料来源：iFind、东海证券研究所

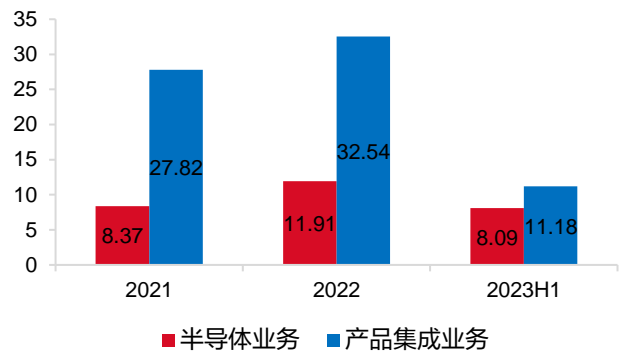
(4) 半导体业务成为公司主要利润增长来源，研发投入占营业收入比重逐步提升，产品集成业务实现扭亏为盈。2022年公司半导体业务实现收入为160.01亿元，同比增长15.93%，业务毛利率为42.66%，实现净利润为37.49亿元，同比增长42.46%，半导体业务实现快速发展，2023年上半年公司半导体业务小规模收窄，实现营业收入76.39亿元，同比下降0.27%，业务毛利率41.3%，实现净利润13.88亿元，同比下降19.59%，半导体业务层面，公司一方面将凭借MOSFET、逻辑等产品的车规优势，在汽车领域继续发力，提升汽车客户单车应用料号与单车价值，并提高在新能源汽车客户中的渗透率；另一方面，加大新产品研发，加速推动技术进步与迭代，公司半导体业务研发投入2022年和2023年上半年分别为11.91亿元和8.09亿元，占营业收入的7.44%和10.59%，研发投入相对快速增长。

2022年，公司实现产品集成业务收入为395.69亿元，同比增长2.10%，毛利率为8.74%，净亏损15.69亿元，2023年上半年扭亏为盈，公司产品集成业务实现营收206.21亿元，同比增长6.19%，毛利率为9.1%，实现净利润0.07亿元。在消费电子行业总体形

势仍未出现明显好转的背景下，公司产品集成业务一方面将积极争取新订单，继续拓展海外客户，推动国际大客户业务上量；另一方面优化调整产品线、降本增效，积极推动改善经营的管理措施。

图65 闻泰科技历年营收构成（亿元）


资料来源：公司公告、东海证券研究所

图66 闻泰科技两大业务历年研发费用（亿元）


资料来源：公司公告、东海证券研究所

（5）公司主要关注要素：1）**新产品方面**，安世半导体新推出了多种高性能高功率产品，包括首款 600V IGBT、革命性的新型电池寿命提升 IC NBM7100 和 NBM5100、首款用于低电压（100/150 V）和高电压（650 V）应用的增强模式（e-mode）功率 GaN FET 等，这些新产品都拥有广阔的市场空间，为公司布局新能源汽车、储能等高增长应用领域奠定基础；2）**晶圆制造产能方面**，自有晶圆厂德国汉堡晶圆厂和英国曼彻斯特晶圆厂 2023 年上半年持续扩产中，上海临港 12 英寸车规级晶圆厂配备全球领先的无人车间，采用业界最先进的设备，该晶圆厂现阶段产品已经开始导入，直通率达 95%以上，进展良好，已取得了 ISO 认证和车规级 IATF16949 的符合性认证，产能的需求会随时调整，临港厂分为两期，第一期产能约 3 万片/月；3）**ODM 产能方面**，黄石智能制造产业园项目（二期）项目计划落地，建成后将年产笔记本电脑 200 万台、手机 1800 万台，昆明智能制造产业园项目（一期）全面投产后，将形成年产 2,760 万台智能终端的生产能力，昆明智能制造产业园项目（二期）全面投产后，将形成年产 600 万台笔记本电脑生产能力。

5.投资建议

IGBT 是电子电力行业的“CPU”，具有驱动功率小而饱和压降低的显著性能优势，应用覆盖领域广泛，包括新能源汽车、工业控制、白色家电、新能源发电、轨道交通等。根据我们预测，受益于新能源领域的快速发展，2026 年国内 IGBT 市场规模将达到 686.40 亿元，2022-2026 年 CAGR 有望达 21.50%。目前 IGBT 行业正处于国产替代加速阶段，在下游需求持续活跃下国内厂商正积极推进产能扩张，2023 年国产化率有望达 32.90%，我们建议关注在车规级及新能源 IGBT 赛道具有产品技术优势和率先进行产能布局的企业，**建议关注：斯达半导、时代电气、士兰微、宏微科技、扬杰科技、闻泰科技。**

6.风险提示

1) **新能源产业发展不及预期风险**: 新能源产业整体发展受宏观经济、行业支持政策等影响, 新能源汽车销量及光伏风电装机量的增长速度受需求影响, 存在不确定性。

2) **技术升级迭代风险**: 功率半导体器件行业技术不断升级, 现有的技术存在被新的技术替代的可能。国产厂商技术或国产产品升级迭代的进度跟不上行业先进水平, 新产品研发失败, 将导致产品技术落后的风险。

3) **产能建设不及预期风险**: 自建生产线产能或上游代工厂产能紧张, 则可能导致功率器件产品无法及时、足量供应, 进而导致国产替代进程减缓。

一、评级说明

	评级	说明
市场指数评级	看多	未来 6 个月内沪深 300 指数上升幅度达到或超过 20%
	看平	未来 6 个月内沪深 300 指数波动幅度在 -20%—20% 之间
	看空	未来 6 个月内沪深 300 指数下跌幅度达到或超过 20%
行业指数评级	超配	未来 6 个月内行业指数相对强于沪深 300 指数达到或超过 10%
	标配	未来 6 个月内行业指数相对沪深 300 指数在 -10%—10% 之间
	低配	未来 6 个月内行业指数相对弱于沪深 300 指数达到或超过 10%
公司股票评级	买入	未来 6 个月内股价相对强于沪深 300 指数达到或超过 15%
	增持	未来 6 个月内股价相对强于沪深 300 指数在 5%—15% 之间
	中性	未来 6 个月内股价相对沪深 300 指数在 -5%—5% 之间
	减持	未来 6 个月内股价相对弱于沪深 300 指数 5%—15% 之间
	卖出	未来 6 个月内股价相对弱于沪深 300 指数达到或超过 15%

二、分析师声明:

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师, 具备专业胜任能力, 保证以专业严谨的研究方法和分析逻辑, 采用合法合规的数据信息, 审慎提出研究结论, 独立、客观地出具本报告。

本报告中准确反映了署名分析师的个人研究观点和结论, 不受任何第三方的授意或影响, 其薪酬的任何组成部分无论是在过去、现在及将来, 均与其在本报告中所表述的具体建议或观点无任何直接或间接的关系。

署名分析师本人及直系亲属与本报告中涉及的内容不存在任何利益关系。

三、免责声明:

本报告基于本公司研究所及研究人员认为合法合规的公开资料或实地调研的资料, 但对这些信息的真实性、准确性和完整性不做任何保证。本报告仅反映研究人员个人出具本报告当时的分析和判断, 并不代表东海证券股份有限公司, 或任何其附属或联营公司的立场, 本公司可能发表其他与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告可能因时间等因素的变化而变化从而导致与事实不完全一致, 敬请关注本公司就同一主题所出具的相关后续研究报告及评论文章。在法律允许的情况下, 本公司的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易, 并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告仅供“东海证券股份有限公司”客户、员工及经本公司许可的机构与个人阅读和参考。在任何情况下, 本报告中的信息和意见均不构成对任何机构和个人的投资建议, 任何形式的保证证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效, 本公司亦不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。本公司客户如有任何疑问应当咨询独立财务顾问并独自进行投资判断。

本报告版权归“东海证券股份有限公司”所有, 未经本公司书面授权, 任何人不得对本报告进行任何形式的翻版、复制、刊登、发表或者引用。

四、资质声明:

东海证券股份有限公司是经中国证监会核准的合法证券经营机构, 已经具备证券投资咨询业务资格。我们欢迎社会监督并提醒广大投资者, 参与证券相关活动应当审慎选择具有相当资质的证券经营机构, 注意防范非法证券活动。

上海 东海证券研究所

地址: 上海市浦东新区东方路1928号 东海证券大厦
 网址: [Http://www.longone.com.cn](http://www.longone.com.cn)
 座机: (8621) 20333275
 手机: 18221959689
 传真: (8621) 50585608
 邮编: 200215

北京 东海证券研究所

地址: 北京市西三环北路87号国际财经中心D座15F
 网址: [Http://www.longone.com.cn](http://www.longone.com.cn)
 座机: (8610) 59707105
 手机: 18221959689
 传真: (8610) 59707100
 邮编: 100089