

## 功率半导体行业深度报告

跟随大市（维持评级）

# 能源变革大时代，功率器件大市场

一年内行业相对大盘走势



- **多维市场持续推动，功率半导体稳健增长。**据Yole数据预测，至2025年，全球功率半导体分立器件和模块的市场规模将分别达到76亿美元和113亿美元。功率半导体前景广阔，在汽车、充电桩及光储等多轮驱动下，有望实现稳健增长，为千亿赛道奠定坚实基础。
- **汽车电动化大势所趋，功率半导体深度受益。**电动化使得汽车能源供给发生彻底变化，电池高压化使长续航和超级快充得以实现。功率半导体作为电动汽车大小三电系统、空调压缩机等核心，将迎来量价齐升。据相关数据统计，功率半导体单车价值有望从71美元提升至550美元左右。
- **车规芯片产业短板，国产替代行稳致远。**我国在低端功率半导体领域已实现较高国产化率。但中高端产品领域，因壁垒较多，如车规SJ MOSFET，IGBT和碳化硅等，进口占比较高。在美制裁和缺芯的当下，实现车规功率半导体自主可控，有助于电动汽车供应链安全和稳定。
- **碳化硅器件厚积薄发，国内布局多点开花。**碳化硅相比硅器件，在高功率、开关频率和损耗等性能方面更加优异，发展具备确定性。据Yole数据，碳化硅2021年全球市场规模达10.9亿美金，预计到2027年将达62.97亿美金，CAGR高达39%。国内碳化硅产业链相对完整，从衬底、外延到器件和应用均有相关厂商布局，发展势头良好，市场空间可观。
- **投资建议：**二极管、晶闸管等，相关标的建议关注：捷捷微电、闻泰科技；MOSFET相关标的建议关注：闻泰科技、新洁能、捷捷微电、民德电子；IGBT相关标的建议关注：斯达半导、时代电气、士兰微；碳化硅相关标的建议关注：斯达半导、天岳先进等。
- **风险提示：**电动汽车等新能源行业需求增长不及预期、车规芯片上车时间不及预期、市场竞争加剧。

### 团队成员

分析师： 杨钟  
执业证书编号：S0210522110003  
邮箱：YZ3979@hfzq.com.cn

### 相关报告

- 《【华福电子】2023W13 周报：外部环境扑朔迷离，核心科技自强不息》— 2023.04.02
- 《【华福电子】2023W12 周报：AI 推动复苏预期，大算力芯片热度提升》— 2023.03.27
- 《【华福电子】2023W8 周报：消费电子疲软依旧，关注 AI 及汽车智能化》— 2023.02.27

图表：重点公司盈利预测（2023年4月21日）

代码	公司	股价(元)	市值(亿元)	营收(亿元)				归母净利润(亿元)				PE			
				2021	2022E	2023E	2024E	2021	2022E	2023E	2024E	2021	2022E	2023E	2024E
603290.SH	斯达半导	252.09	430.6	17.06	27.05	41.34	57.02	3.98	8.18	11.35	15.33	163.16	68.77	37.92	28.09
600745.SH	闻泰科技	58.35	725.2	527.29	581.76	745.90	929.87	26.12	29.02	41.26	53.22	61.70	24.99	17.58	13.63
688187.SH	时代电气	47.60	674.1	151.21	180.34	213.08	247.20	20.18	25.56	28.36	32.31	57.56	30.24	23.77	20.87
600460.SH	士兰微	35.34	500.4	71.94	82.82	108.31	131.94	15.18	10.52	13.08	16.68	50.57	44.12	38.26	30.01
605111.SH	新洁能	77.99	166.1	14.98	18.11	24.57	31.35	4.10	4.35	5.77	7.40	61.48	37.97	28.78	22.45
300623.SZ	捷捷微电	19.54	143.9	17.73	18.24	27.02	36.10	4.97	3.59	4.89	6.94	46.63	42.26	29.43	20.73
300656.SZ	民德电子	33.53	52.62	5.46	5.84	12.06	21.57	0.76	0.82	1.84	3.97	83.63	64.17	28.60	13.25
688234.SH	天岳先进	75.29	325.5	4.94	4.17	10.27	15.07	0.90	-1.75	0.78	1.74	--	-192.05	416.03	186.24

数据来源：Wind，华福证券研究所（盈利预测均来自Wind一致预期）

## 正文目录

1.	多维市场持续推动，功率半导体稳健增长	5
1.1	功率半导体介绍及分类	5
1.2	中国功率半导体发展现状	7
1.3	功率半导体前景广阔，汽车、充电桩和光伏多轮驱动	9
2.	汽车电动化大势所趋，功率半导体深度受益	12
2.1	电动汽车加速渗透，IGBT、MOSFET 最先受益	12
2.2	加快产品开发验证，重塑车规竞争格局	15
2.3	车规器件壁垒重重，国产龙头曙光破晓	22
3.	供应链安全迫在眉睫，国产厂商乘势而上	27
3.1	地缘政治+芯片短缺，产业寻求破局之道	27
3.2	IDM 及 Fabless 齐发力，国产替代稳步前行	29
4.	碳化硅器件厚积薄发，产业布局多点开花	32
4.1	新材料、新机遇、新趋势	32
4.2	衬底和外延占据价值高地	35
4.3	碳化硅加速上车，缓解里程焦虑	38
5.	投资建议：进口替代马不停蹄，本土厂商脱颖而出	41
5.1	斯达半导	41
5.2	闻泰科技	42
5.3	时代电气	43
5.4	士兰微	44
5.5	新洁能	45
5.6	捷捷微电	45
5.7	民德电子	46
5.8	天岳先进	47
6.	风险提示	48

## 图表目录

图表 1: 半导体分类.....	5
图表 2: 各功率半导体市场份额占比.....	5
图表 3: MOSFET 实物及不同类型 MOSFET 结构和性能比较.....	6
图表 4: IGBT 实物及 IGBT 单管、模块和 IPM 性能比较.....	7
图表 5: IGBT 晶圆制造过程.....	7
图表 6: 中国功率半导体发展路径.....	8
图表 7: 2017-2022E 年中国功率半导体市场规模 (亿美元) 及增速预测.....	8
图表 8: 截止 2022 年 3 月, 国家层面有关功率半导体领域的部分重点政策规划.....	8
图表 9: 功率半导体的不同应用.....	9
图表 10: 中国市场 IGBT 和 MOSFET 市场规模预测 (亿元, 2020-2023E).....	9
图表 11: 2020 年和 2026 年全球 MOSFET 在各应用领域需求占比及增长预测.....	10
图表 12: 中国车规级 IGBT 市场规模及增速.....	10
图表 13: 中国车规级 MOSFET 市场规模及增速.....	10
图表 14: 中国充电设施市场规模 (亿元).....	11
图表 15: 充电桩成本分解.....	11
图表 16: 中国新增光伏装机预测 (GW).....	11
图表 17: 光伏逆变器成本分解.....	11
图表 18: 汽车百年变革.....	12
图表 19: 2016 至 2022 Q1-Q3 中国电动汽车渗透率走势 (%).....	13
图表 20: 2022 年 1-9 月, 全球各国新能源汽车销量.....	13
图表 21: 2013-2022 年中国新能源汽车销量 (万辆).....	13
图表 22: 全球及中国部分 800V 系统车型及上市时间.....	14
图表 23: 汽车 EPS 控制器硬件方案.....	14
图表 24: 功率半导体在电动汽车上的应用.....	15
图表 25: 全球前十大功率半导体厂商排名 (亿元, 人民币与美元汇率按 7 计算).....	15
图表 26: 英飞凌财务数据.....	16
图表 27: 安森美财务数据.....	16
图表 28: 中国功率半导体产业链.....	17
图表 29: 中国功率半导体代表企业销售额 (亿元).....	17
图表 30: 2020 年全球功率半导体厂家 IGBT 单管、IPM、模块排名.....	19
图表 31: IGBT 技术迭代.....	19
图表 32: 电驱动总成示意图和电机控制器成本分解.....	19
图表 33: 2022 年 Q1 中国新能源汽车功率模块市场竞争格局.....	20
图表 34: 2022 年 xEV 电控供应商供货量分布 (万套).....	20
图表 35: 2022 年中国纯电动汽车电机控制器与功率模块供应链关系.....	21
图表 36: 功率半导体器件技术发展趋势.....	22
图表 37: 功率半导体制造工艺.....	23
图表 38: 功率半导体技术迭代路线.....	24
图表 39: 功率半导体技术挑战和解决方案.....	24
图表 40: 汽车质量认证体系.....	25
图表 41: 汽车供应链上、下游格局在逐渐演变.....	25
图表 42: 功率半导体器件成本结构.....	26
图表 43: 半导体从业人员数量增长趋势及各相关岗位占比.....	27

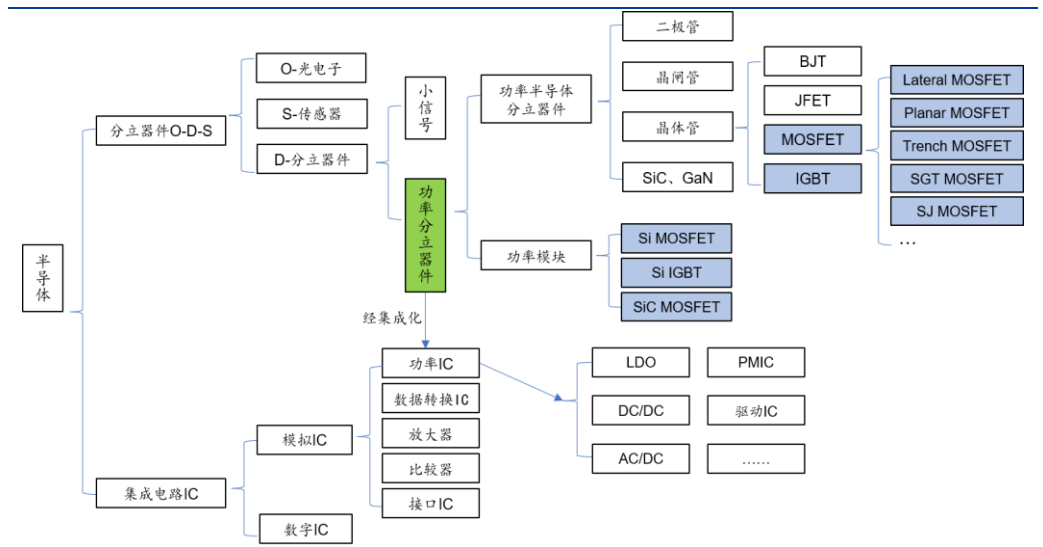
图表 44: 2021-2022 年汽车缺芯对全球汽车产量影响 (万辆) .....	27
图表 45: 2018-2021 年部分企业中国功率半导体产品销量 .....	28
图表 46: 2011-2021 年中国集成电路产量 (亿颗) .....	28
图表 47: 部分车企布局芯片产业 .....	29
图表 48: 中国功率半导体产业链分工 .....	30
图表 49: IDM、Fabless 和 Foundry 模式比较 .....	31
图表 50: 中国 Top60 功率半导体厂家中 IDM、Foundry、Fabless 数量 .....	31
图表 51: 燃油车与各类电动汽车芯片价值组成 .....	32
图表 52: 碳化硅性能优势 .....	32
图表 53: 常见功率半导体比较 .....	33
图表 54: 碳化硅功率半导体器件市场规模预测 2021-2027E .....	33
图表 55: 全球碳化硅功率器件各厂家 2020-2021E 营收 (百万美元) .....	34
图表 56: 碳化硅功率半导体器件成本变化趋势 .....	34
图表 57: 全球及中国碳化硅企业产品布局 (部分) .....	35
图表 58: 碳化硅功率器件上下游产业链 .....	36
图表 59: 国内碳化硅功率器件产线规划和主要参与企业 .....	36
图表 60: 碳化硅衬底在电动汽车应用需求预测 .....	37
图表 61: 2020 年全球碳化硅衬底市场格局 .....	37
图表 62: 碳化硅外延片市场预测 (百万美金) .....	38
图表 63: 企业间合作趋于多样化 .....	39
图表 64: 碳化硅在电动汽车上各产品应用市场规模预测 2021-2027 (百万美元) .....	39
图表 65: 碳化硅对电动汽车充电时间的影响 .....	40
图表 66: 斯达半导 IGBT 模块出货量 (万只) .....	41
图表 67: 斯达半导营收和归母净利润 (亿元) .....	42
图表 68: 斯达半导毛利率和净利率变化 .....	42
图表 69: 闻泰科技营收和归母净利润 (亿元) .....	43
图表 70: 闻泰科技毛利率和净利率变化 .....	43
图表 71: 时代电气营收和归母净利润 (亿元) .....	44
图表 72: 时代电气毛利率和净利率变化 .....	44
图表 73: 士兰微营收和归母净利润 (亿元) .....	44
图表 74: 士兰微毛利率和净利率变化 .....	44
图表 75: 新洁能营收和归母净利润 (亿元) .....	45
图表 76: 新洁能业务结构 .....	45
图表 77: 捷捷微电营收和归母净利润 (亿元) .....	46
图表 78: 捷捷微电毛利率和净利率变化 .....	46
图表 79: 民德电子“Smart IDM”生态圈 .....	46
图表 80: 天岳先进营收和归母净利润 (亿元) .....	47
图表 81: 天岳先进半导毛利率和净利率变化 .....	47
图表 82: 重点公司盈利预测 (2023 年 4 月 21 日) .....	47

## 1. 多维市场持续推动，功率半导体稳健增长

### 1.1 功率半导体介绍及分类

功率半导体，又称电力电子器件或功率电子器件，是电子产业链中最核心的一类器件之一。能够实现电能转换和电路控制，在电路中主要起着功率转换、功率放大、功率开关、线路保护、逆变（直流转交流）和整流（交流转直流）等作用。

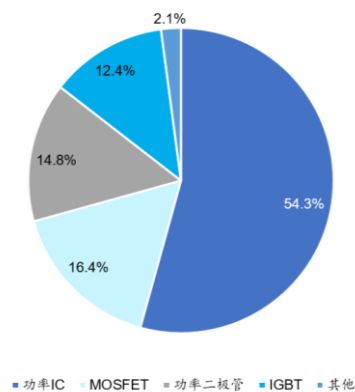
图表 1：半导体分类



数据来源：功率半导体器件标准化白皮书，华福证券研究所

功率半导体包括功率半导体分立器件（含模块）以及功率 IC 等。其中，功率半导体分立器件，按照器件结构划分，可分为二极管、晶闸管和晶体管等。

图表 2：各功率半导体市场份额占比



数据来源：中商产业研究院，华福证券研究所

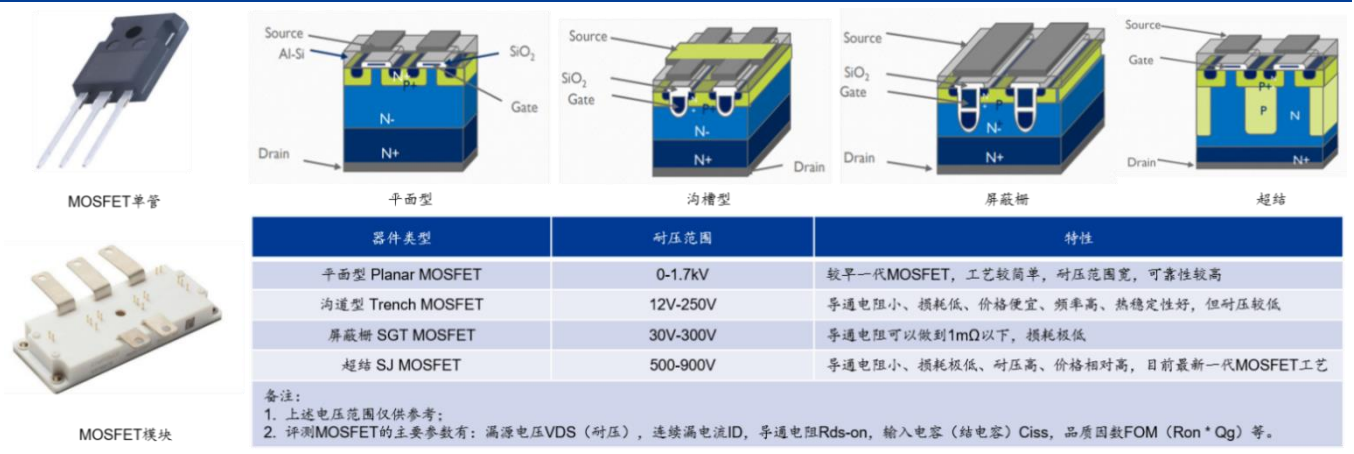
据中商产业研究院数据，功率半导体分立器件中，以 MOSFET 和 IGBT 为代表的晶体管占比最大，约 28.8%。

从目前市场需求来看，硅基 MOSFET、硅基 IGBT 以及碳化硅为目前功率半导体分立器件的主力产品。本文也将重点围绕硅基 MOSFET、IGBT 和碳化硅等功率分

立器件（含模块）展开分析和研究。

- **MOSFET**，具有输入阻抗高、噪声低、热稳定性好、制造工艺简单和辐射强等优点，通常被用于放大电路或开关电路。MOSFET 按照不同的工艺可分为平面型 Planar MOSFET、沟槽型 Trench MOSFET、屏蔽栅 SGT MOSFET 和超级结 SJ MOSFET。按照导电沟道可分为 N 沟道和 P 沟道，即 N-MOSFET 和 P-MOSFET。按照栅极电压幅值可分为耗尽型和增强型。

图表 3：MOSFET 实物及不同类型 MOSFET 结构和性能比较



数据来源：Yole，公开信息整理，华福证券研究所

随着 MOSFET 技术和工艺不断成熟，成本将不断下调。中高端产品也将逐渐向中低端产品下沉。比如 Trench MOSFET 将从中端下沉至中低端，替代部分平面 MOSFET 的低端市场。SGT MOSFET 将部分替代 Trench MOSFET 的低压应用市场，从中高端下沉至中端。

**SGT MOSFET、SJ MOSFET 和碳化硅 MOSFET 或是 MOSFET 未来三大主力产品。**自上世纪 70 年代 MOSFET 诞生以来，从平面 MOSFET 发展到 Trench MOSFET，再到 SGT MOSFET 和 SJ MOSFET，再到当下火热的第三代宽禁带 MOSFET（碳化硅、氮化镓），功率 MOSFET 的技术迭代方向主要围绕制程、设计（结构上变化）、工艺优化以及材料变更，以实现器件的高性能——高频率、高功率和低损耗等。

- **IGBT** 俗称电力电子装置的“CPU”，是能源变换与传输的核心器件，由 BJT 和 MOSFET 组合而成，是一种全控型、电压驱动的功率半导体器件。IGBT 没有放大电压的功能，导通时可以看做导线，断开时当做开路。IGBT 同时具有 BJT 和 MOSFET 的优点，即高输入阻抗、低导通压降、驱动功率小而饱和压降低等，IGBT 与 BJT 或 MOS 管相比，其优势是它提供了一个比标准双极型晶体管更大的功率增益，以及更高的工作电压和更低 MOS 管输入损耗。因此广泛应用于直流电压为 600V 及以上的变流系统如交流电机、变频器、开关电源、照明电路和牵引传动等场景。

图表 4: IGBT 实物及 IGBT 单管、模块和 IPM 性能比较



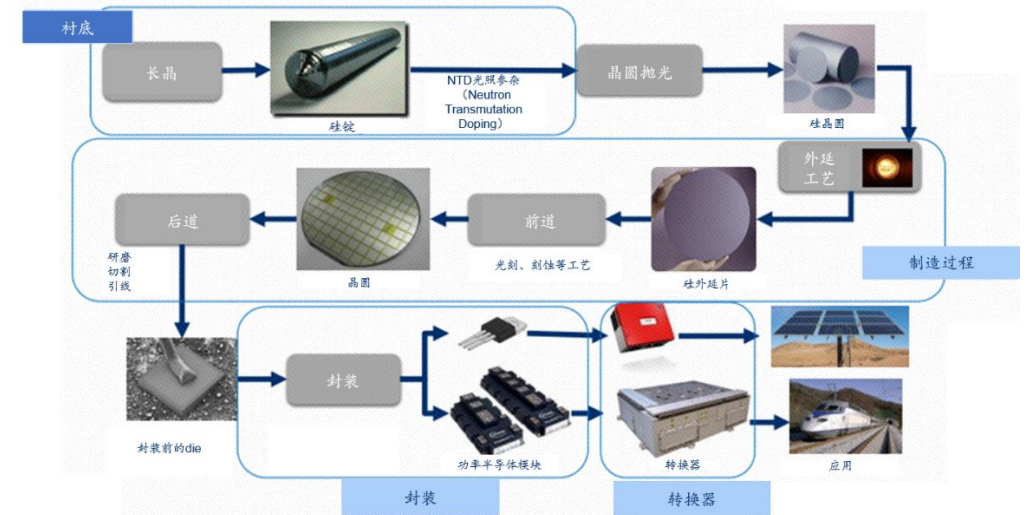
器件类型	特性	特性	耐压范围	应用
单管	一般指单颗IGBT芯片封装, 电流在50A以下, 适用于消费、家电等领域, 或多个单管并联用于低压(400V)的电动汽车上主驱、OBC和DCDC应用。	低压	650-1200V	消费电子、家电、太阳能逆变器、电动汽车和充电桩等
模块	一般将多个IGBT芯片和快恢复二极管集成封装在一起, 功率更大、散热能力更强, 多应用于高功率场景, 如电动汽车、充电桩、光伏和轨道交通等。	中压	1200V-2500V	新能源汽车(<=1200V), 风力发电等
IPM 模块	一般将在IGBT模块上加装散热器、电容等外围组件, 组成一个功能较为完整和复杂的智能功率模块, 适用于驱动电机的变频器和各种逆变电源, 一般用于变频空调、工业用伺服电机等场景。	高压	2500V-6500V	用于高压大电流的轨道交通、智能电网和工业电机等

备注: 和IGBT单管相比, IGBT模块集成了1个或者多个IGBT芯片, 且可以外接电极端子, 故适用于更高压和更大电流场景。且IGBT模块散热效果好, 对模块封装以及整体可靠性要求较高。

数据来源: 英飞凌, 公开信息整理, 华福证券研究所

IGBT 相比 MOSFET, 可在更高电压下持续工作, 同时需要兼顾高功率密度、低损耗、高可靠性、散热好、低成本等因素。一颗高性能、高可靠性与低成本的 IGBT 芯片, 不仅仅需要在设计端不断优化器件结构, 对晶圆制造和封装也提高了更高的要求。

图表 5: IGBT 晶圆制造过程



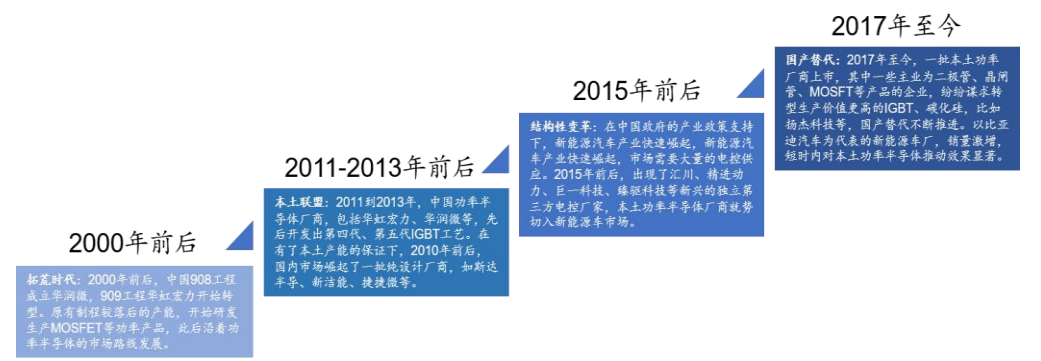
数据来源: Yole, 华福证券研究所

## 1.2 中国功率半导体发展现状

产品由低端逐步走向中高端, 国产替代空间广阔。我国功率半导体产业仍处于起步阶段, 总体呈现产业链完整、厂家多、发展迅速等特点。截止 2022 年 4 月, 中国功率半导体相关企业已超 320 家。主要分布在广东 (130 家) 和江苏 (56 家) 等东南沿海地区。

国产功率半导体已在众多领域应用，特别是低端产品，如二极管、三极管、晶闸管、低压 MOSFET（非车规）等，已初现“规模化效应、国产化率相对较高”等特点。在中高端领域，如 SJ MOSFET、IGBT、碳化硅等，特别是车规产品，由于起步晚、工艺相对复杂以及缺乏车规验证机会等问题，国内厂家依然在追随海外厂家技术发展路线。但近年来，市场逐渐从依赖进口向国内自给自足转变，国产替代潜力大。

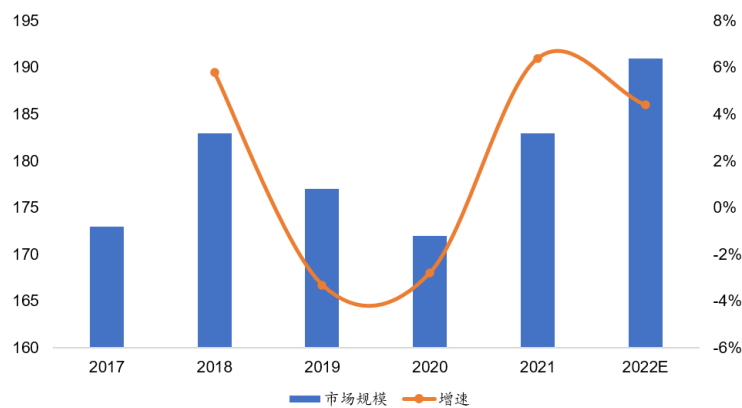
图表 6：中国功率半导体发展路径



数据来源：前瞻产业研究院，华福证券研究所

芯片进口金额持续处于高位，功率半导体市场空间足够大。据中国海关总署数据，2021年，中国进口集成电路6354.8亿个，同比增长16.92%。全年进口金额累计为4325.54亿美元，同比增涨23.59%。中国为功率半导体消费大国，2021年中国功率半导体市场规模约为183亿美元，同比增长6.4%，预计2022年将进一步增长至191亿美元。

图表 7：2017-2022E 年中国功率半导体市场规模（亿美元）及增速预测



数据来源：Omdia，中商产业研究院，华福证券研究所

国家和地方政策支持，加速国产替代进程。受益于国家和地方政府的鼓励政策，国内电动汽车与充电桩、光伏与储能等领域需求增长，功率半导体竞争格局有望被重塑——国内功率半导体的国产化进程有望加速。

图表 8：截止 2022 年 3 月，国家层面有关功率半导体领域的部分重点政策规划



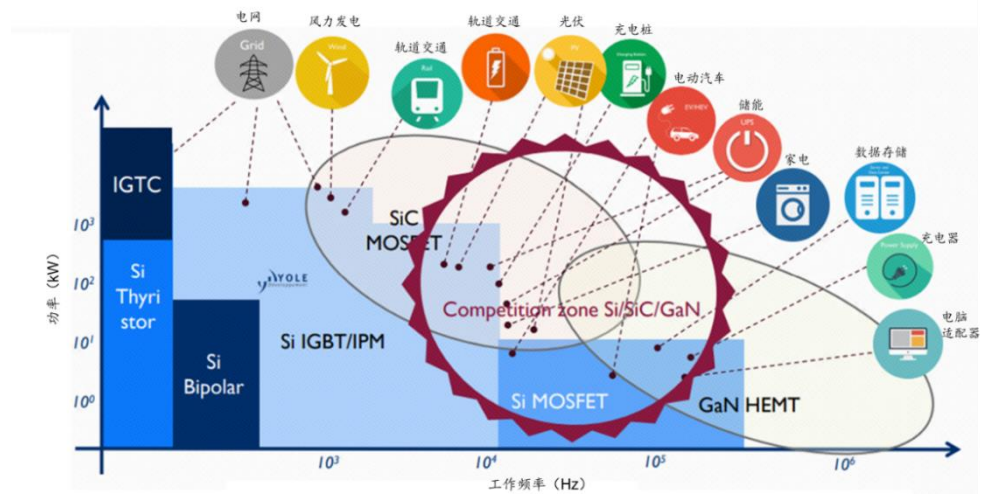
颁布时间	颁布部门	政策规划	重点内容
2021.03	国务院	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》	提出需要集中优势资源攻关多领域关键核心技术，其中集成电路领域包括集成电路设计工具开发、重点装备和高纯靶材开发；集成电路先进工艺和绝缘栅双极晶体管(IGBT)、微机电系统(MEMS)等特色工艺突破，先进存储技术升级，碳化硅、氮化镓等宽禁带半导体发展。
2021.03	财政部等五部门	关于支持集成电路产业和软件产业发展进口税收政策管理办法的通知	国家发展改革委会同工业和信息化部、财政部、海关总署、税务总局制定并联合印发享受免征进口关税的集成电路生产企业、先进封装测试企业和集成电路产业的关键原材料、零部件生产企业清单
2021.04	工信部	关于开展第三批专精特新“小巨人”企业培育工作的通知	专精特新“小巨人”企业主导产品应优先聚焦制造业短板弱项，符合《工业“四基”发展目录》所列重点领域，从事细分市场属于制造业核心基础零部件、先进基础工艺和关键基础材料，或符合制造强国战略十大重点产业领域或属于产业链供应链关键环节及关键领域“补短板”“锻长板”“填空白”产品，或围绕重点产业链开展关键共性基础技术和产品的产业化攻关，或属于新一代信息技术与实体经济深度融合的创新产品。
2021.10	商务部	《“十四五”利用外资发展规划》	提出要强化外商投资企业境内再投资支持政策，鼓励外商投资企业利润再投资，支持外商投资企业通过境内再投资进一步完善产业链布局，引导外商投资投向集成电路、数字经济、新材料、生物医药、高端装备、研发、现代物流等产业，推动高端新兴产业外商投资集聚发展。
2021.10	国务院	《“十四五”国家知识产权保护和运用规划》	为促进知识产权高质量创造，要健全高质量创造支持政策，加强人工智能、量子信息、集成电路、基础软件等领域自主知识产权创造和储备。
2022.03	发改委、工信部、财政部、海关总署、税务总局	《关于做好2022年享受税收优惠政策的集成电路企业或项目、软件企业清单制定工作有关要求的通知》	重点集成电路设计领域:高性能处理器和FPGA芯片、存储芯片、智能传感器I/O、通信、汽车和安全芯片、EDA、IP和设计服务业务等范围国产及多个领域，仅选择其中一个领域进行申请。选择领域的销售(营业)收入占本企业集成电路设计销售(营业)入的比例不低于50%。

数据来源：政府官网，前瞻产业研究院，华福证券研究所

### 1.3 功率半导体前景广阔，汽车、充电桩和光伏多轮驱动

功率半导体应用前景广阔，几乎涵盖了所有电子产业链。以 MOSFET、IGBT 以及 SiC MOSFET 为代表的功率器件需求旺盛。根据性能不同，广泛应用于汽车、充电桩、光伏发电、风力发电、消费电子、轨道交通、工业电机、储能、航空航天和军工等众多领域。

图 9：功率半导体的不同应用



数据来源：Yole，华福证券研究所

据 Yole 数据预测，至 2025 年，全球功率半导体分立器件和模块的市场规模将分别达到 76 亿美元和 113 亿美元。据中国产业信息网数据，2023 年中国大陆地区 IGBT 市场规模预计达到 290.8 亿元，同比增长 11.6%。据中国半导体器件行业现状深度分析与未来投资预测报告数据，2023 年中国大陆地区 MOSFET 市场规模将达到 396.2 亿元 (56.6 亿美元，人民币兑美元汇率按照 7 计算)，同比增长 4.8%。

图 10：中国市场 IGBT 和 MOSFET 市场规模预测 (亿元，2020-2023E)

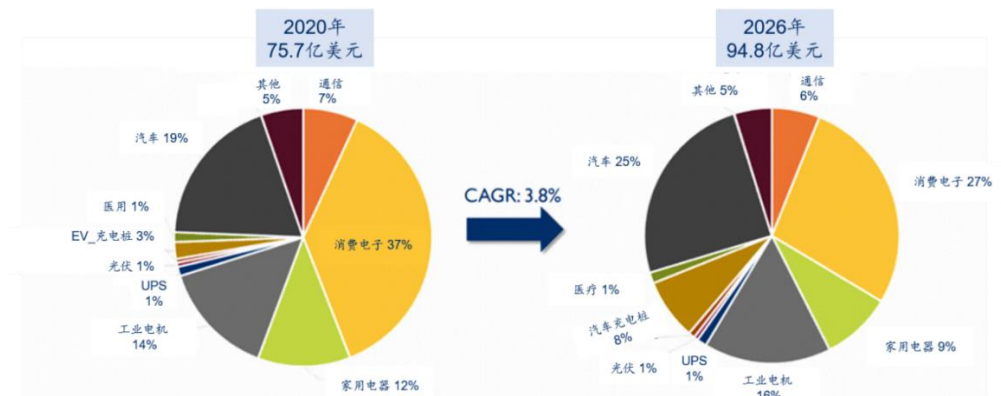
市场规模单位：人民币元	2020	2021	2022E	2023E
中国IGBT市场	197.7	224.6	257.1	290.8
IGBT 同比增速		20%	12.6%	11.6%
中国MOSFET市场	236.6	326.2	378	396.2
MOSFET 同比增速		27.5%	13.7%	4.8%

数据来源：思瀚产业研究院，中国产业信息网，华福证券研究所

以 MOSFET 为例，据 Yole 预测，到 2026 年，全球 MOSFET（包括分立器件和模块）市场总规模预计将达到 94.8 亿美元，复合增长率达 3.8%（2020 年至 2026 年）。

MOSFET 汽车应用（电动汽车和汽车充电桩）占比居首位，高达 33%，其中电动汽车和充电桩分别占比 25%和 8%。从耐压范围看，到 2026 年，低压 MOSFET（0-40V）占总需求的 39%，中压（41V-400V）占 26%，高压（大于等于 600V）广泛应用在 220V 系统中，占总需求的 35%。同时，SiC MOSFET 和 GaN MOSFET 市场渗透率在逐步提高。

图表 11：2020 年和 2026 年全球 MOSFET 在各应用领域需求占比及增长预测



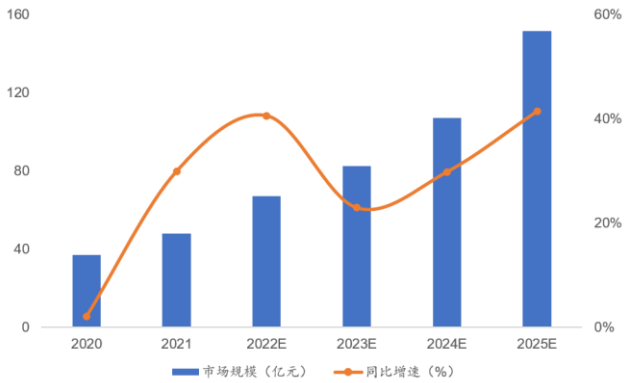
数据来源：Yole，华福证券研究所

2020 年以来，电动汽车、汽车充电桩和光伏逆变器可谓拉动功率半导体增长的三驾马车。

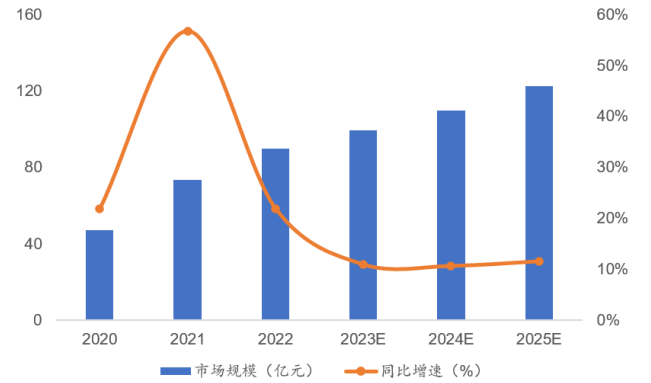
- **电动汽车：** 电动汽车进一步渗透终端消费市场，带动功率器件和模块需求快速增长。特别是 MOSFET 和 IGBT（包括单管及模组）的增长较为显著。据贝壳投研数据，2021 年中国车规级 IGBT 市场规模为 47.8 亿元，预计到 2025 年，其将达到 151.6 亿元。据芯谋研究数据，2021 年和 2025 年中国车规 MOSFET 的市场规模分别为 73.5 亿元（10.5 亿美元，汇率按 7 计算）和 122.5 亿元（预测数据，17.5 亿美元，汇率按 7 计算）。

图表 12：中国车规级 IGBT 市场规模及增速

图表 13：中国车规级 MOSFET 市场规模及增速



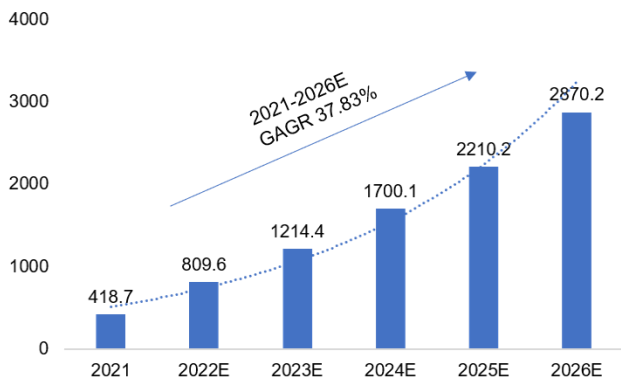
数据来源：贝壳投研，飞鲸投研，华福证券研究所



数据来源：芯谋研究，华福证券研究所

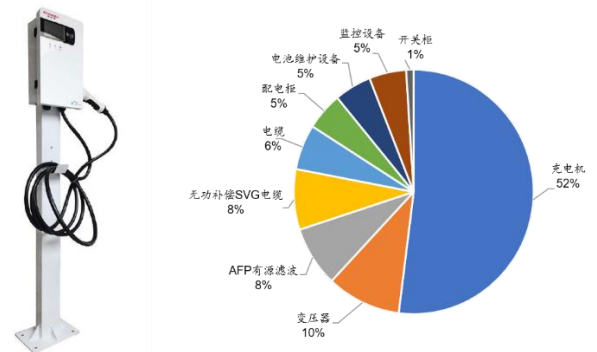
➤ **充电桩：** 受益于新能源汽车快速增长，与之配套的充电桩市场亦呈现快速发展态势。据亿渡数据预测，至 2026 年，中国充电设施市场规模将达 2870.2 亿元，2022 年到 2026 年复合增长率高达 37.83%。从直流充电桩相关零部件分解可以看出，充电机是充电桩的最核心部件，成本占充电桩的 50% 以上，而功率半导体是充电机的最核心组成部分，成本占充电机的一半以上。

图表 14：中国充电设施市场规模（亿元）



数据来源：亿渡数据，华福证券研究所

图表 15：充电桩成本分解



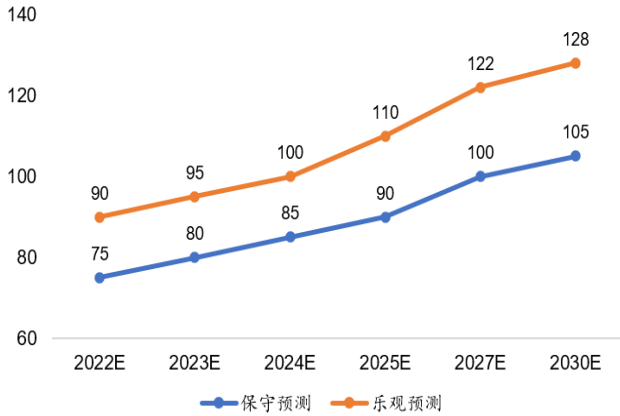
数据来源：前瞻产业研究院，华福证券研究所

➤ **光伏：** 据中国光伏行业协会数据，至 2025 年，中国新增光伏装机保守预测为 90GW，同比增长 10%。据未来智库数据预测，2025 年中国光伏逆变器市场规模达 196 亿元。

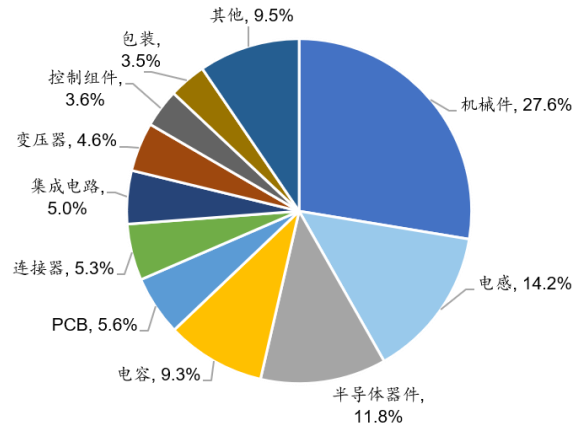
逆变器是光伏系统的核心，中高压 MOSFET、IGBT 及碳化硅等功率器件是光伏逆变器的核心，其决定着光伏逆变器的性能高低，进而直接影响光伏系统的稳定性、发电效率以及使用寿命。据中商产业研究院数据，光伏逆变器主要由机械件、电感和半导体器件构成，分别占比 27.6%、14.2%、11.8%。

图表 16：中国新增光伏装机预测（GW）

图表 17：光伏逆变器成本分解



数据来源：中国光伏行业协会，华福证券研究所



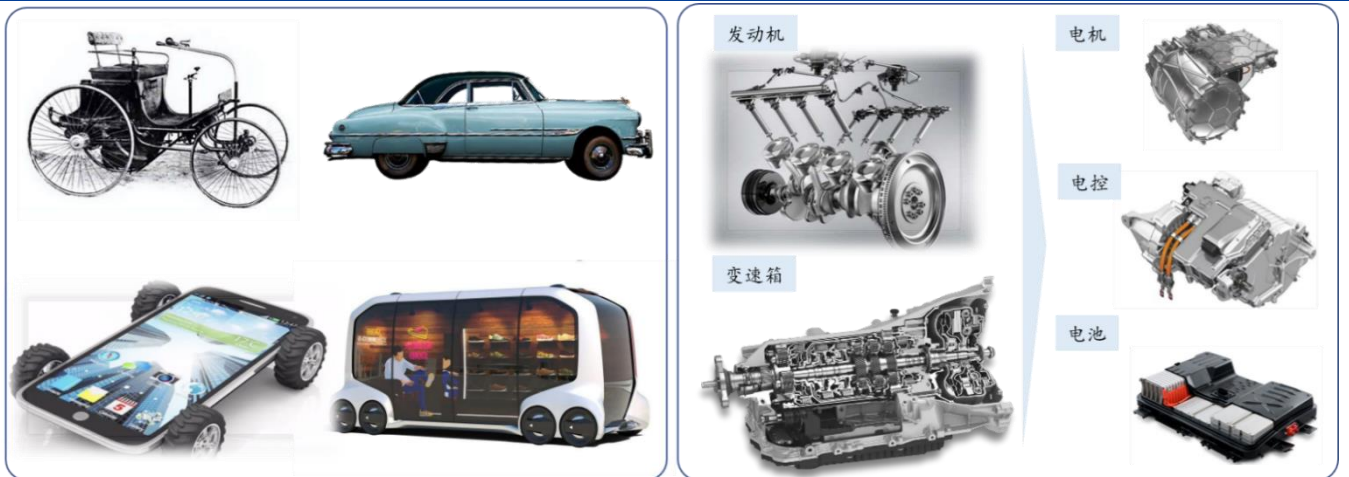
数据来源：中商情报网，华福证券研究所

综上，在电动汽车、充电桩以及光伏逆变器等多轮驱动下，功率器件有望稳健增长，为千亿赛道奠定坚实路基。

## 2. 汽车电动化大势所趋，功率半导体深度受益

汽车的百年史里，数次技术变革都极大的推动了汽车消费和汽车工业的发展，如发动机控制、自动变速、底盘、主被动安全、通信及多媒体影音等技术。虽然这些技术给汽车的驾驶感受和舒适性都带来了提升，但汽车能源供给方式、驾驶方式以及驱动方式都没有发生变化。

图表 18：汽车百年变革



数据来源：网络图片，华福证券研究所

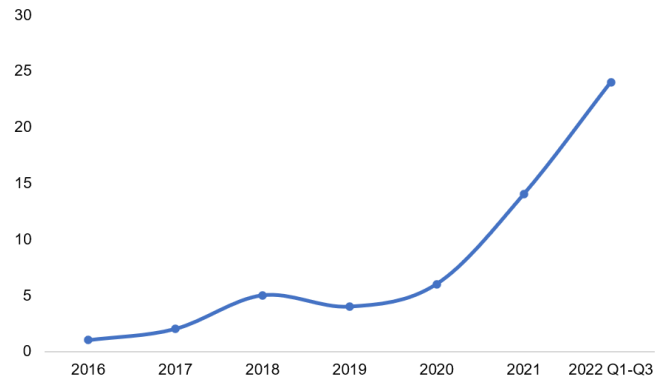
如今，传统燃油车动力和传动系统将被电动车的大、小三电系统取代。自动驾驶、线控底盘、网联化和软件化，车、路和云端协同等赋予了汽车新的定义和生命力。汽车已不再单单是一个载客的交通工具，而是被定义为一个智能科技终端、可以在其中工作和休闲的第三移动空间。

### 2.1 电动汽车加速渗透，IGBT、MOSFET 最先受益

电动汽车作为新能源汽车的最重要载体和代表，是承载先进汽车科技的代名词，

也逐渐成为消费者选择的主流。而中国已成为引领全球电动汽车技术发展的最大的新能源汽车产销市场。2016 年中国电动汽车市场渗透率仅有 1%。而在疫情等外界因素影响之下，2022 年前三季度中国电动汽车市场渗透率已经达到 24%，实现了飞跃式增长。

**图表 19：2016 至 2022 Q1-Q3 中国电动汽车渗透率走势 (%)**

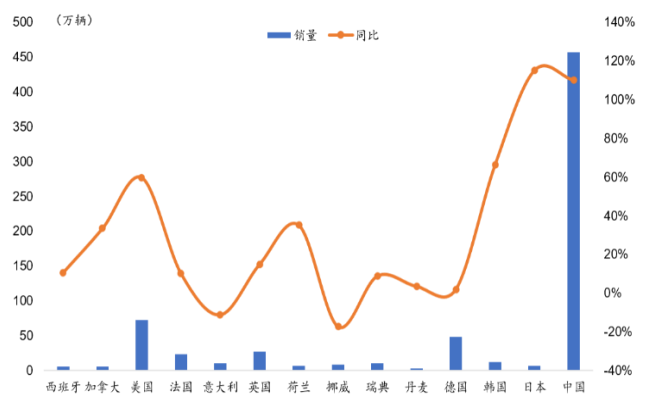


数据来源：麦肯锡，华福证券研究所

2022 年 1-9 月份，全球新能源汽车销量再创新高，达 726 万辆，同比增长 67.56%。其中欧洲销售 166 万辆，同比增长 6.68%；美国销量快速提升，达 72 万辆，同比增长 59.67%；中国新能源汽车销量继续领跑全球，销量达到 400 多万辆，同比增长 110%。全球新能源汽车累计销量突破 2500 万辆。

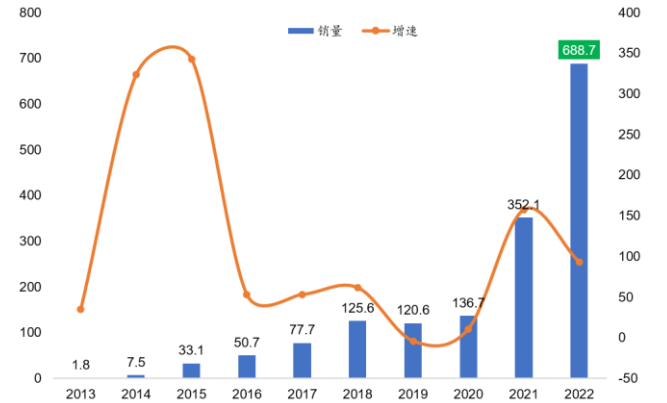
2022 年 1-12 月份，中国新能源汽车销量共计 688.7 万辆，同比 2021 年增加 1 倍。可见，即使上半年疫情影响带来的供应链中断、动力电池上游原材料涨价以及多数汽车芯片依然紧缺的形势下，新能源汽车销售市场热情不减。如比亚迪增长最为显著，全年累计销售 186.85 万辆，同比增长 152.5%，其中纯电车型销量突破 91.1 万辆。

**图表 20：2022 年 1-9 月，全球各国新能源汽车销量**



数据来源：中国汽车论坛，华福证券研究所

**图表 21：2013-2022 年中国新能源汽车销量 (万辆)**



数据来源：中汽协，华福证券研究所

**车载功率半导体稳健发展，离不开高压平台应用的助推。**整车动力电池电压平台有望将逐渐从现有的 400V 升级到 800V 系统，以满足消费者对电动汽车的长续航、快速充电等期待，而这将对功率半导体的性能参数提出了更高的要求，中高压功率器件如 SJ

MOSFET、IGBT 和碳化硅 MOSFET 将会在车端大量应用,其单车价值量有望继续提升。

据半导体行业纵横数据,混动和纯电动汽车上功率半导体价值量分别占单车半导体总价值的 40%和 55%。据英飞凌统计数据,纯电动汽车半导体价值量预估在 1000 美元左右,而功率半导体达 550-600 美元左右。而车载功率半导体中最具代表的即 IGBT 和 MOSFET。

**图表 22: 全球及中国部分 800V 系统车型及上市时间**

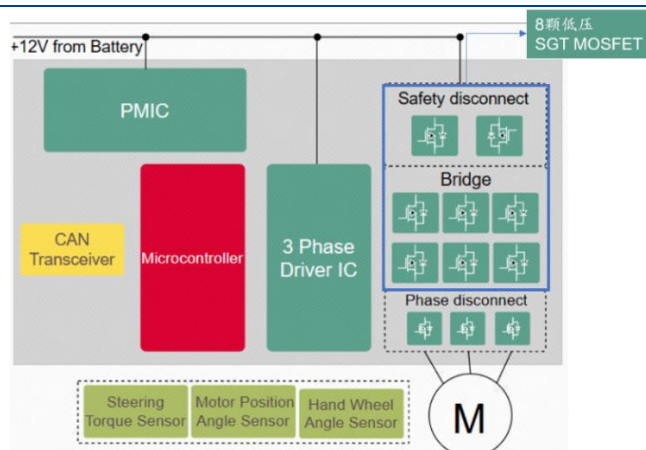
地区	车厂	车型	电池电压	上市时间	车厂	车型	电池电压	上市时间
全球	现代	IONIQ 5	800V	2021	长城	机甲龙限量版	800V	2021
	奥迪	e-tron GT	800V	2021	北汽	阿尔法S 华为HI版	800V	2022
	保时捷	Taycan	800V	2022	极氪	001	800V	2022
		Macan	800V	2023	比亚迪	Ocean-x	800V	2022
	通用	Ultium	800V	2022	小鹏	G9	800V	2022
	奔驰	EVA	800V	2023	路特斯	Type132	800V	2023
中国	理想	/	800V	2023~	零跑	/	800V	2024~

数据来源: 佐思汽研, 华福证券研究所

**车规功率半导体需求强劲, 电动化与高压化是两大重要推动力。**随着汽车电动化、高压化逐步渗透, 功率半导体在电动汽车上单车价值量有望进一步提高。

- 在**传统燃油车上**, 单车功率半导体价值量在 71 美元左右。且主要以中、低压 MOSFET 应用为主, 比如在车门、车窗、座椅调节、后视镜、仪表、影音、HUD、自动启停、雨刷、天窗、转向 ECU、制动 ECU、安全气囊、空调电动水泵、座舱仪表灯、前后视大灯驱动等涉及电机等应用场景大量使用。MOSFET 单车用量超 100 颗。比如单个转向 ECU 中使用数量达 8 颗。平均单价 2-10 元人民币不等。

**图表 23: 汽车 EPS 控制器硬件方案**



数据来源: 英飞凌, 华福证券研究所

- 电动汽车包括纯电动，插电混动，混动（中混和强混）等。在此类汽车上，电机驱动、照明、热管理、电动汽车主驱逆变器、DC/DC、升压器和 OBC（车载充电器）等产品将依据各自的工作功率大小，选择不同的功率半导体器件。高、中、低压硅基 MOSFET、IGBT 和 SiC MOSFET 均有广泛使用。

图表 24：功率半导体在电动汽车上的应用

类型	OBC	主驱逆变器	Boost 转换器	DC/DC	主要功率半导体器件及其应用		
					可应用场景	适用的功率器件	功率 (kW)
ICE	/	/	/	/			
MHEV	/	LV MOSFET or GaN HEMT 5 - 20 kW Av: 15 kW	/		主逆变器	IGBT SiC	30 - 400
HEV	/	IGBT module or SiC MOSFET 40 - 120 kW Av: 70 kW	IGBT 30 - 100 kW Av: 50 kW	LV MOSFET or GaN HEMT 1.5 - 4 kW Av: 2 kW	OBC	Cool MOS IGBT SiC	3.3 - 22
PHEV		IGBT or SiC MOSFET or HV MOSFET or GaN HEMT 3.3, 7, 22, 43 kW possible Av: 10 kW	IGBT 30 - 100 kW Av: 50 kW	HV MOSFET or GaN HEMT or SiC MOSFET 1.5 - 5 kW Av: 3 kW	DC/DC	Cool MOS SiC	1.5 - 3.0
BEV		IGBT module or SiC MOSFET 60 - 600 kW Av: 70-150 kW	/		PTC 加热器	IGBT	2 - 5
FCEV		IGBT module or SiC MOSFET 40 - 120 kW Av: 70 kW	IGBT 30 - 100 kW Av: 50 kW		空调压缩机	IGBT SiC	1.5 - 5
					水泵	IGBT	0.2 - 1
					油泵	IGBT	0.2 - 1

数据来源：Yole，英飞凌，华福证券研究所绘制

不同类型的功率半导体分立器件和模块，在汽车上都能找到应用的落脚点。车载功率半导体种类多，在做选型时，成本和效率是最关键的两大要素。首先需要考虑需要多大功率，再去匹配多大的电压和电流，再结合系统效率和成本最终设计出一套最优方案。功率半导体分立器件和模块根据在车上不同的系统应用，则选用不同规格的器件。

由此可见，功率半导体在电动汽车上应用场景非常广泛。不同种类，不同规格的产品都能匹配到不同的系统应用。电动汽车销量稳健增长，最先获益的有望是当前具代表性的功率半导体——硅基 MOSFET、IGBT 以及碳化硅。

## 2.2 加快产品开发验证，重塑车规竞争格局

海外厂家依然是供货主体，本土企业份额有望持续扩大。由于车规芯片对可靠性、安全性、试验等要求相对苛刻，且汽车行业供应链相对封闭，车规功率半导体国产化率一直以来比较低。欧、美、日等地的厂家凭借多年的技术积累和先进的制造能力等占据着市场主导地位。

据 Omdia 数据，英飞凌和安森美稳居全球功率半导体销售额第一和第二的位置，而其后排名相对动态。日本在全球功率半导体前十的榜单中占据五席，实力非常强劲。安世半导体是国内为数不多的被列入全球第一梯队的功率半导体厂家，2021 年排名第八，相比 2019 年上升一名。

图表 25：全球前十大功率半导体厂商排名（亿元，人民币与美元汇率按 7 计算）

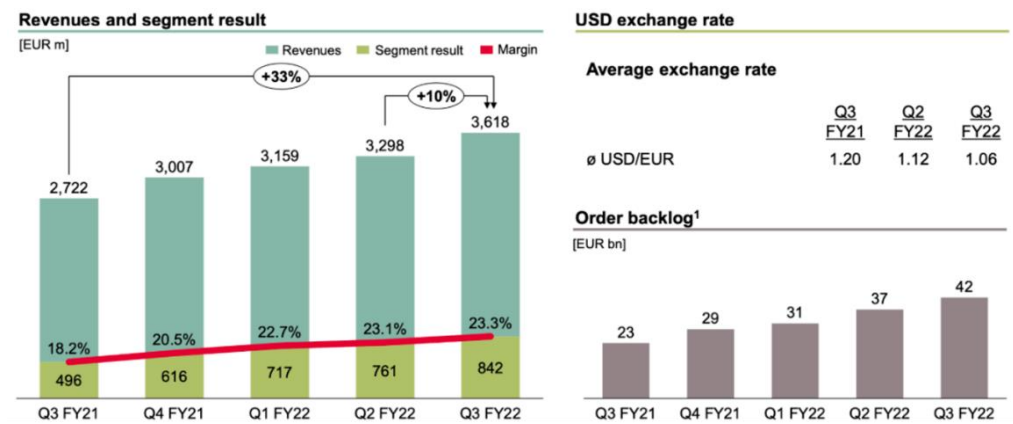
2019年排名	2021年排名	公司名称	国家	2019年销售额	2020年销售额	2021年销售额
1	1	英飞凌 Infineon	德国	261.66	280.14	340.83
2	2	安森美 On Semi	美国	119.77	112.84	143.57
4	3	意法半导体 STM	意大利	83.44	78.82	119.98
3	4	三菱电机 Mitsubishi Electric	日本	86.31	87.57	103.32
7	5	富士电机 Fuji Electric	日本	54.25	66.36	82.11
5	6	东芝 Toshiba	日本	60.27	61.46	69.72
6	7	威世 Vishay	美国	57.68	54.18	69.72
9	8	安世 Nexperia	中国	34.72	32.83	47.04
8	9	瑞萨 Renesas	日本	38.5	35.35	45.15
10	10	罗姆 ROHM	日本	34.51	34.51	44.38

数据来源：Omdia，芯智讯，华福证券研究所

- **英飞凌——全球功率半导体龙头。**英飞凌引领全球功率半导体市场，其功率半导体出货量占全球总市场近 40%，已经连续多年居首位。国内多数车厂都采用英飞凌方案，特别是用于主驱逆变器里的 IGBT 单管和模块。同时也有不少做模块封装的厂家从英飞凌采购晶圆。

英飞凌在车载 IGBT 产品上取得的不菲成绩离不开其多年持续的研发投入、技术创新、战略投资和并购、与供应链上下游深度合作以及超前的战略眼光和对市场未来发展趋势的精准预判。

图表 26：英飞凌财务数据



2022年Q3，英飞凌营收36.18亿欧元，同比增长33%，环比增长10%。订单同比增长82.6%，环比增长13.5%。

数据来源：英飞凌，华福证券研究所

- **安森美——稳坐功率半导体第二把交椅。**功率半导体一直占据安森美总营收的半壁江山。汽车为安森美最大营收来源，2022年第四季度汽车收入达 9.89 亿美元，占总营收的 47.01%，同比增长 54%，创下新记录。

图表 27：安森美财务数据



	GAAP			Non-GAAP		
	2022.Q4	2022.Q3	2021.Q4	2022.Q4	2022.Q3	2021.Q4
收入 (百万美元)	2103.6	2192.6	1846.1	2103.6	2192.6	1846.1
毛利率	48.5%	48.3%	45.1%	48.4%	49.3%	45.2%
营运利润率	33.5%	19.4%	26%	34.1%	35.4%	28.6%
净收入 (百万美元)	604.3	311.9	425.9	580.4	639.4	478
每股摊薄盈利 (美元)	1.35	0.7	0.96	1.32	1.45	1.09

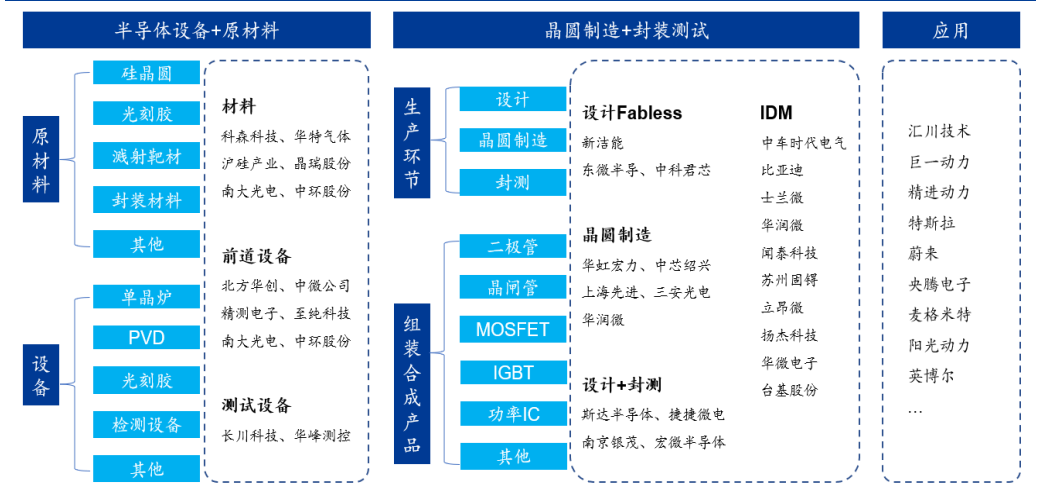
备注:

- GAAP的全称是Generally Accepted Accounting Principle, 即美国公认会计准则, 美股上市公司一般都需要按照GAAP定期披露业绩和财务状况。
- Non-GAAP 则是公司依据自身情况在GAAP的基础上自行调整, 目的是“更好”地展示公司的实际经营状况。

数据来源: 国际电子商情, 安森美, 华福证券研究所

美欧日等国功率半导体企业具备技术、产能、体系、人才和管理等众多优势, 市场地位依然稳固。而中国作为全球最大功率半导体消费市场, 近年来发展势头良好。截止 2022 年 4 月份, 相关企业超 300 家, 产业链布局完整, 其中不乏一些技术实力深厚的 IDM、Foundry 和 Fabless 企业。

图表 28: 中国功率半导体产业链



数据来源: 中商产业研究院, 盖世汽车, 华福证券研究所

以安世半导体、比亚迪半导体、斯达半导体、中车时代电气和士兰微等为代表的功率半导体企业, 在技术沉淀、车规认证、制造工艺、试验测试、技术支持、体系搭建、上车批量验证、问题解决以及产能提升和人才培养方面都积累了宝贵经验。

图表 29: 中国功率半导体代表企业销售额 (亿元)

2021年排名	公司名称	2020年销售额	2021年销售额	同比增长
1	安世半导体	96.42	147.77	53.3%
2	华润微	28.00	41.81	49.3%
3	扬杰科技	26.17	41.73	59.5%
4	士兰微	22.03	40.90	85.6%
5	吉林华微	16.05	22.38	39.4%
6	捷捷微电	9.95	17.07	71.6%
7	斯达半导体	9.59	16.75	74.6%
8	新洁能	9.53	15.72	64.8%
9	比亚迪半导体	4.61	9.30	101.7%
10	中车时代电气	8.01	9.08	13.3%

数据来源：新洁能官网，ittbank，华福证券研究所

在车规功率半导体中，MOSFET 和 IGBT 最具代表性。

- **车规 MOSFET:** 车规 MOSFET 不论在燃油车上还是电动车上，应用非常广泛，且 MOSFET 产品主要被海外企业垄断。

自 2020 年以来，海外头部供应商都相继面临产能紧张、涨价和断供等问题。此时，对于一直在等候却缺乏合适契机进入车载领域的本土厂商来说，正是切入汽车供应链的绝佳时机。经过两年的蓄势，国内部分相关企业在上车批量供货的同时，同步在加快新的车规 MOSFET 的研发和验证。

**低压 MOS**——主要以 40V，60V，100V Planar 平面型、Trench 沟槽型和 SGT 屏蔽栅 MOSFET 为主。因为单车用量大、应用场景多且复杂，自 2021 年以来，市场缺货严重。

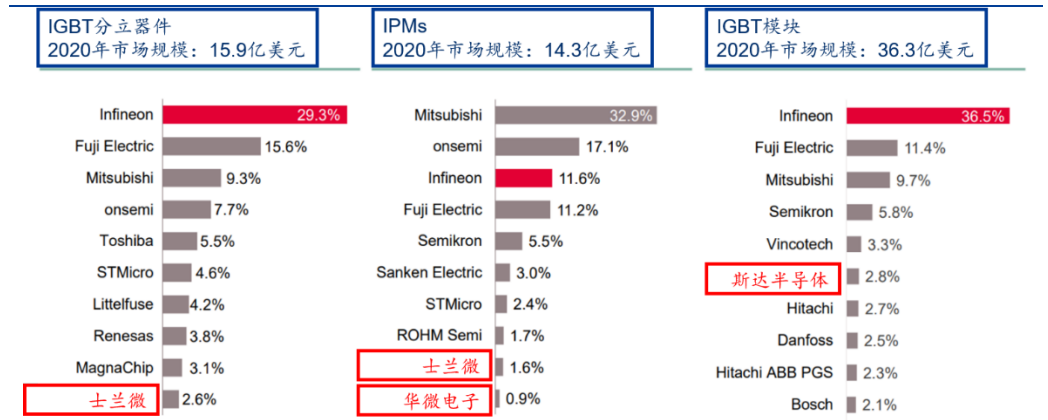
**中压 SGT MOSFET:** 车规级 SGT MOSFET 工作电压范围通常在 30V-250V 之间的 MOSFET 产品，其中中压（100V-250V）一般并联多个 MOSFET 单管用于 A00 级小型电动汽车或中混车辆（动力电池电压在 200V 上下）的主驱逆变器、OBC、DC/DC、空调压缩机等零部件当中起到逆变、整流等作用。

**高压 SJ MOSFET,** 车规级 SJ MOSFET 工作电压通常在 650V-900V，主要用于当前广泛搭载的 400V 动力电池平台汽车的主驱逆变器、OBC、DCDC 和 PTC 等产品上。

- **车规 IGBT:** IGBT 通常分为单管、模块和 IPM 模块。全球车载 IGBT 和 MOSFET 一样，主要被美欧日等国家的厂家垄断。如英飞凌、安森美、富士电机、三菱电机和赛米控等。其中，英飞凌占据车规 IGBT 主要市场份额，英飞凌最早在 2007 年推出车规级 IGBT 模块——HybridPACK 系列。在国内市场，比亚迪、斯达半

导和时代电气稳居前十。

图表 30：2020 年全球功率半导体厂家 IGBT 单管、IPM、模块排名



数据来源：六棱镜数字科创，英飞凌，华福证券研究所绘制

IGBT 已发展至第七代，英飞凌作为 IGBT 龙头，其技术早在 2018 年已经迭代至第七代。第五、六、七代均是在第四代技术基础上针对大功率、高开关频率等需求进行的设计优化。不同代差对应不同的器件设计，也对应着不同的器件性能和应用场景。目前国内多数厂家已经发展到了等同英飞凌的第四代和第五代技术，而第四、五代 IGBT 也正好是目前车规 IGBT 应用的主流技术。

图表 31：IGBT 技术迭代

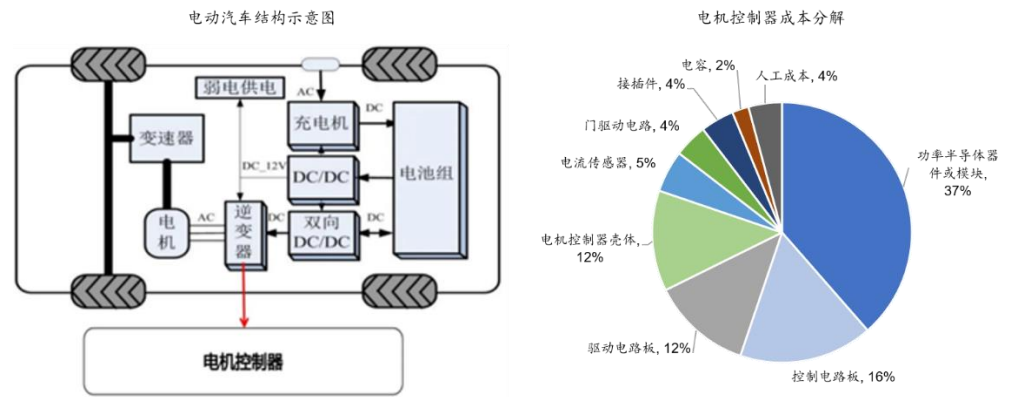
序号	技术特点	芯片面积 (相对值)	工艺线宽 (微米um)	通态饱和 (V)	关断时间 (微秒)	功率损耗 (相对值)	断态电压 (伏)	最早出现 时间	国内公司
第一代	平面穿透型 (PT)	100	5	3	0.5	100	600	1988	/
第二代	改进型的平面穿透型 (PT)	56	5	2.8	0.3	74	600	1990	/
第三代	沟槽型 (Trench)	40	3	2	0.25	51	1200	1992	/
第四代	非穿透型 (NPT)	31	1	1.5	0.25	39	3300	1997	华润微、新洁能、扬杰科技等
第五代	电场截止型 (FS)	27	0.5	1.3	0.19	33	4500	2001	士兰微、宏微、比亚迪半导体、时代电气等
第六代	沟槽型电场截止型 (FS-Trench)	24	0.3	1	0.15	29	6500	2003	华微电子等
第七代	微沟槽-场截止型	20	0.3	0.8	0.12	25	7000	2018	斯达半导体

数据来源：智研咨询，EETOP，中慧智库，华福证券研究所

功率半导体器件或模块是电机控制器的核心。电机控制器、电机和减速器一起组成电动汽车的电力驱动总成。其中，电机控制器是功率半导体器件和模块的重要应用领域，其主要用途是将动力电池输出的直流电转换成驱动电机所需要的三相交流电。

电机控制器由功率半导体器件或模块、电容、驱动电路板和控制电路板等零部件组成。其中功率半导体器件或模块占总成本的 37% 左右，是电机控制器最为核心的零部件之一。

图表 32：电驱动总成示意图和电机控制器成本分解

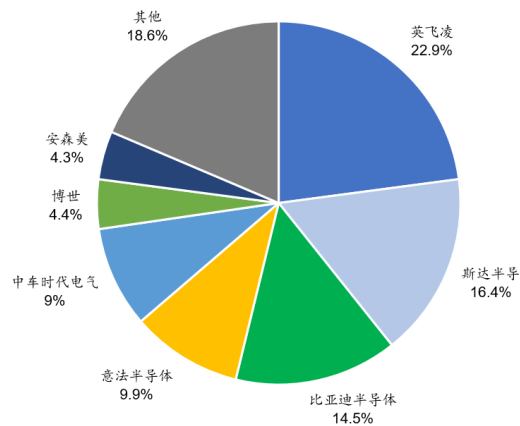


数据来源：RIO 电驱动，华福证券研究所

由于电机控制器是功能安全件，通常消费级或工规级的功率半导体器件和模块不满足上车条件。因此长期以来，电机控制器中的功率半导体器件和模块一直依赖进口。

近年来，电机控制器格局发生变化，本土电机控制器厂家市场份额快速增长，这让国产功率半导体拥有更多验证和上车机会，国产功率半导体市场份额将有望进一步扩大。2022年Q1，斯达半导体、比亚迪半导体和时代电气市占率分别稳居国内市场第二、第三和第五，分别占比16.4%、14.5%和9%。

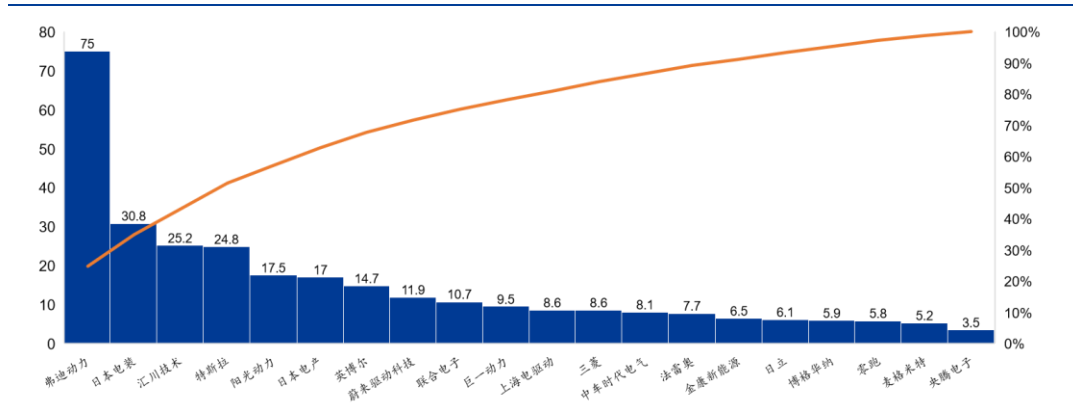
图表 33：2022 年 Q1 中国新能源汽车功率模块市场竞争格局



数据来源：智研咨询，华福证券研究所

本土电机控制器厂商引领市场，对车载功率半导体竞争格局有着积极影响。2022年，排名前20的电控厂家中，本土厂家占据12席。包括5家整车厂自制企业、9家本土第三方非自制企业(包括联合电子)以及6家海外厂家(包括日本的电装、电产、三菱、日立等四家、法国法雷奥和美国博格华纳)。包括整车企业在内(除特斯拉外)，总共有14家本土企业入围前20，占比7成。

图表 34：2022 年 xEV 电控供应商供货量分布 (万套)



数据来源：NE 时代（曲线代表市场集中度累计比例），华福证券研究所

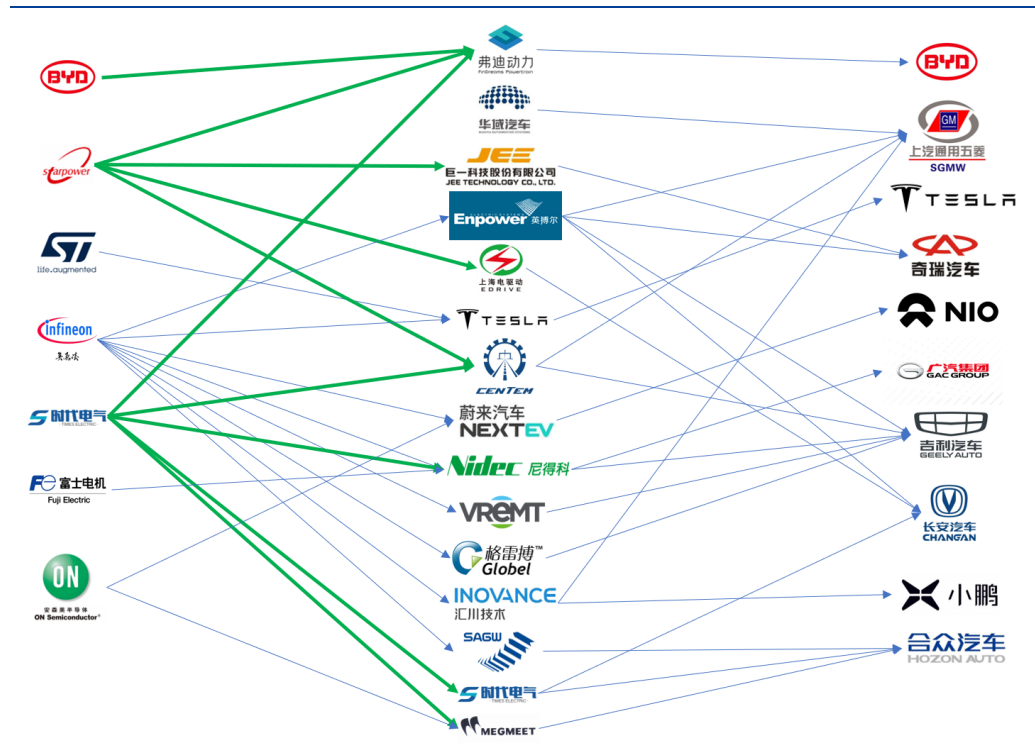
**国产电控引领市场，有望助力国产功率半导体上车。**目前国内电控产品竞争相对充分，且由本土厂家引领。而国内企业在电控市场上份额的提升，则有望助力国产功率半导体上车。原因如下：

1) 供应链安全考虑：当功率半导体缺货时，为保证供应链安全，车厂通常采取一品多点采购战略，即一个电控产品，多家功率半导体供应商按照与车厂约定好的份额供货。对车厂而言，国产功率半导体通常是此时的选项之一；

2) 电控厂家成本控制需要：国产功率半导体成本相比进口器件具备一定优势。特别是 A00 级和 A0 级这类电动车，其对整车成本控制要求相对较高，国产功率半导体应用较为广泛。国内电控厂家在面临海外竞争者压力的时候，成本是其核心优势之一。功率半导体作为电控中占比最高的核心器件，国内电控厂家在获取整车厂项目的时候，通常也会偏爱选用同样具有成本优势的国产功率半导体。

3) 多数国内车厂和电控厂家加强和国内功率半导体厂家合作，通过投资或战略合作或成立合资公司的方式，形成优势互补，共同开发功率半导体产品。这将对国产功率半导体上车应用起着很强推动作用。

**图表 35：2022 年中国纯电动汽车电机控制器与功率模块供应链关系**



数据来源：NE 时代（绿色粗线代表国产功率半导体），华福证券研究所

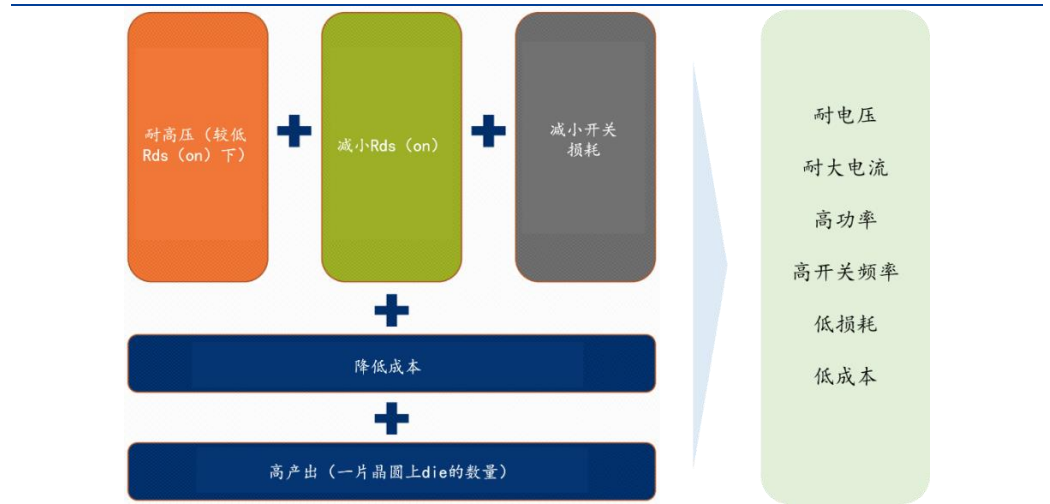
缺芯缓解过后，功率半导体的“技术和成本”或成核心主线。随着缺芯缓解，海外头部厂家产能恢复，国内厂家或面临一定程度上的市场竞争。如何突破重围，长期来看，技术提升和持续成本优化，以及加快车规产品研发和验证速度，将有助于重塑市场格局，这将成为国内厂家可持续发展的两条核心主线。

### 2.3 车规器件壁垒重重，国产龙头曙光破晓

在电动汽车销量快速增长和缺芯的大背景下，国内功率半导体厂家趁势在上车验证和批量供货上取得不菲成绩。但由于国内车载功率半导体发展起步较晚、器件开发经验不足、上车验证机会不多和可靠性要求高等原因，在“以下诸多方面”与全球第一梯队的车规功率半导体企业尚存差距，这也正是车规功率半导体壁垒所在。诸多壁垒呈现复杂性、多样性、综合性以及普遍性等特点。

**设计和制造工艺。**车规功率半导体的设计和制造工艺相对成熟，结构相对简单，对工艺制程要求不高（通常大于 90nm）。车规功率半导体与其他芯片比较，结构和制造工艺有一定差别，且逐渐融合更多的特色工艺（微沟槽、深沟槽和屏蔽栅等）。车规功率半导体在芯片面积、线宽、通态饱和压降、关断时间、功率损耗和封装等方面在持续做设计和工艺优化，以达到大电流、高电压、低损耗、高开关频率、鲁棒性、散热快等性能目标。

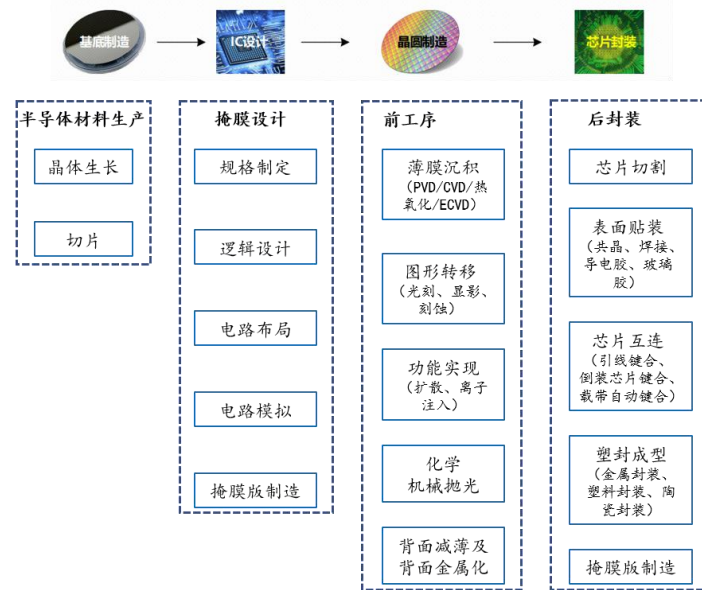
图表 36：功率半导体器件技术发展趋势



数据来源：Yole，华福证券研究所

目前全球车规级功率半导体器件设计、制造工艺和封装测试等主要由英飞凌等海外厂商引领。

**图表 37：功率半导体制造工艺**

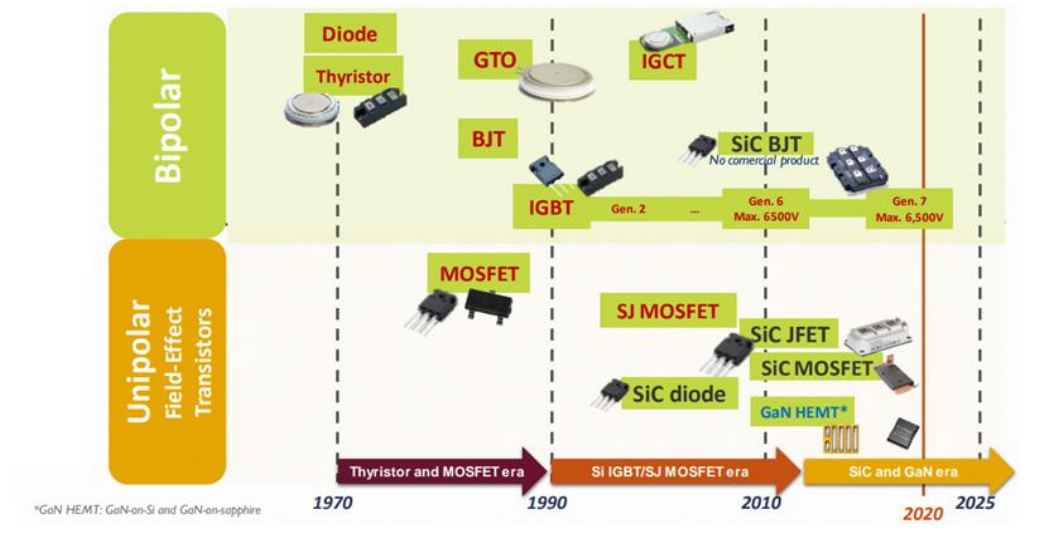


数据来源：华润微 12 吋晶圆厂生产线环评报告，华福证券研究所

➤ **器件设计：**功率半导体自诞生以来，从半导体基材的迭代、微沟槽结构的优化、先进封装、大尺寸晶圆的应用等多个方面进行技术创新。据 Yole 数据，功率半导体器件每隔二十年将进行一次产品迭代。相比其他半导体，迭代周期相对慢，这将给国内功率半导体厂家留有充足的发展时间。

目前国内厂商面临的挑战主要包括：1) 低功耗与高可靠性以及高功率密度三者的平衡；2) 满足高性能和小型化以及低成本三者的平衡；3) 产品平台化和客户定制要求之间的冲突和平衡；6) 车规产品设计、制造等管理体系和流程不健全；

图表 38：功率半导体技术迭代路线

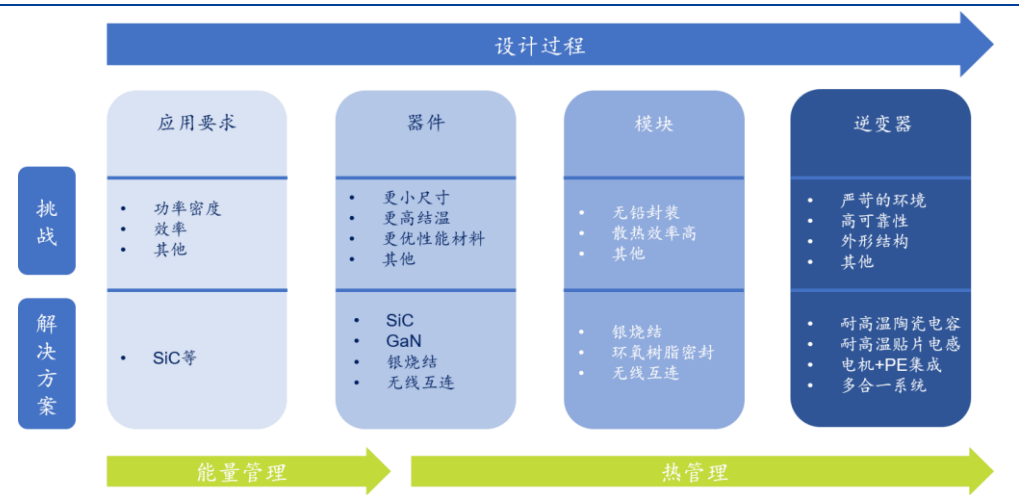


数据来源：Yole，华福证券研究所

- 晶圆制造工艺：这方面的挑战有：1) 半导体设备长期依赖进口，采购周期长且成本高，设备调试时间长，缺乏经验；2) 生产过程管控以达到晶圆一致性和可靠性的目的；3) 适用于车规的材料选型，以达到散热、高结温要求；4) 小尺寸、先进封装与成本之间的冲突等。
- 封装测试：这方面的挑战有：1) 封装环节，键合引线、模具、框架等材料的选择；2) 功率半导体模组的散热问题和可靠性两者的平衡；2) 缺乏车规试验条件或测试经验，具体试验参数如何设定没有经验。

SJ MOSFET、IGBT、碳化硅 MOSFET 作为中高端功率半导体器件，国内厂家在器件设计、晶圆制造工艺和封测环节都面临不同程度上的挑战和壁垒。对于追赶者的国产功率半导体厂家而言，技术作为发展的第一要素，技术持续迭代和技术方案的创新或是超越国际巨头、主导市场地位的最重要条件之一。

图表 39：功率半导体技术挑战和解决方案



数据来源：Yole，华福证券研究所



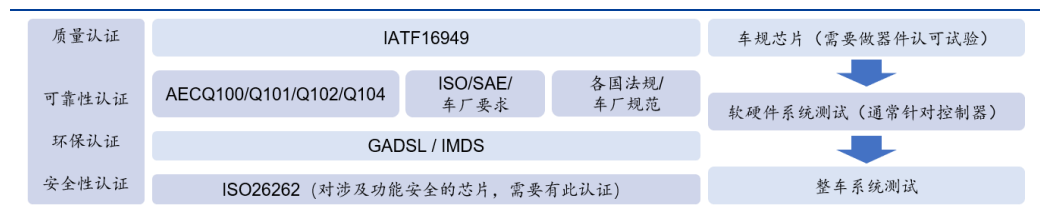
**质量管理体系。**车规功率半导体相比消费和工业产品，对可靠性、质量一致性、环境（耐久、高低温）、供货周期以及验证试验等要求更高。需要严格遵守车规芯片开发流程、质量管理体系、验证要求等进行以确保车辆行驶安全。

车载功率半导体与其他车规芯片一样，从芯片定义、设计、原材料采购、供应商管理、生产制造过程、小批量和批量供货以及售后等，都需要严格按照 AECQ-100 试验要求和 IATF16949 生产制造过程中的要求执行。对于主驱逆变器中的功率半导体单管或模块，甚至要求按照 ISO 26262 对系统和流程体系进行功能安全认证。

比如，在车规 IGBT 模块的安全性方面，IGBT 模块通常由多个 IGBT 单管、SBD 以及散热板等结构组成。IGBT 单管由成百上千个 IGBT 元胞构成。IGBT 模块实际上车后，若其中一个元胞出现质量问题，则将直接危及整车安全。

国内从事车载功率半导体开发和生产制造的厂商，具有数量多、分布地域广、产品种类多、技术能力水平参差不齐等特点。除了少数几家头部厂家外，车载领域起步相对晚，从事车规产品开发累计时间不长。对车规产品质量管理体系认知仍有待提高，需要未来更长时间上车实践以提升。

**图表 40：汽车质量认证体系**



数据来源：《新一代汽车供应链痛点研究》，华福证券研究所

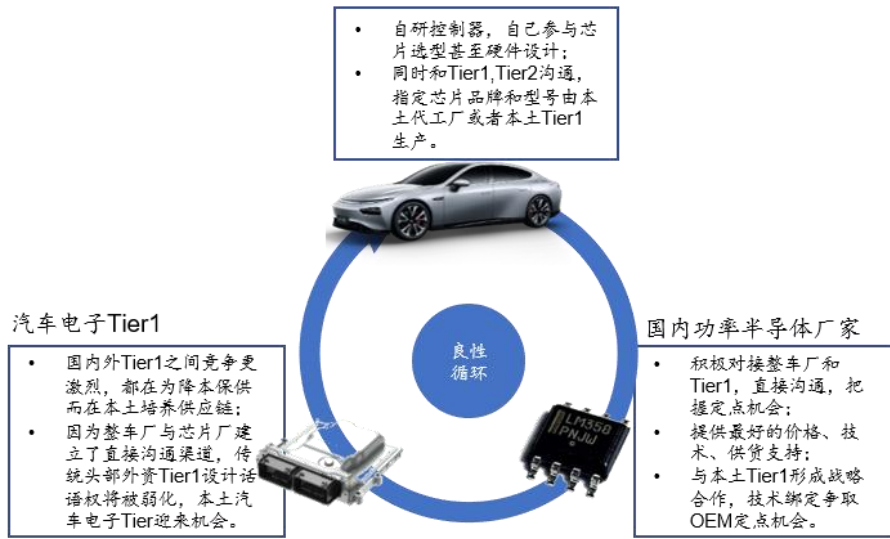
**上车机会。**传统燃油车时代，汽车销量和核心零部件技术均由头部车厂和供应商把握，海外整车厂和头部 Tier1 话语权大，故汽车供应链相对封闭，新玩家进入大厂供应链体系相对困难。

国内车规功率半导体厂家起步晚、技术经验少、对车规产品认知缺乏。由于缺乏批量上车验证机会。即使部分有很强研发实力的企业，同样缺乏批量供货、验证产品长期可靠性的机会，从而技术能力一直处在进步缓慢的窘境。且高投入和长期低回报导致部分厂家信心不足甚至放弃车载产品的开发。在此背景下，即形成了对国内功率半导体玩家极为不友好的恶性循环。

新能源汽车的快速上量以及疫情以来的汽车缺芯，特别是特斯拉以及国内的造车新势力们，打破了汽车供应链封闭的外墙，愿意尝试多条腿走路，这给予了国内包括车载功率半导体厂家在内的汽车零部件供应商们充足的上车机会，也增强了国产替代的确定性，国产车规功率半导体有望迎来份额进一步提升的机会。

**图表 41：汽车供应链上、下游格局在逐渐演变**

OEM（主要以新势力和特斯拉为代表）

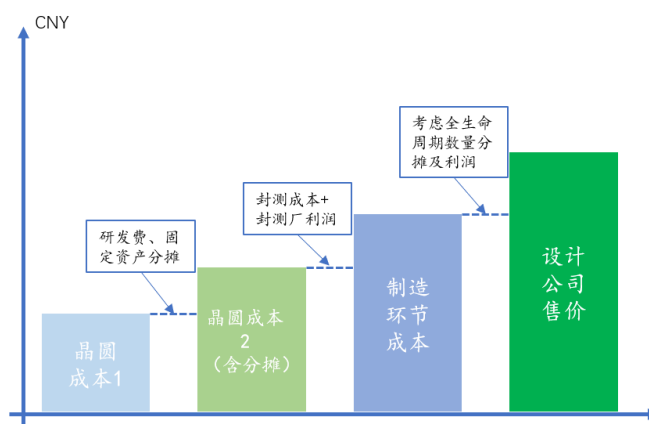


数据来源：网络图片，华福证券研究所

**成本。**在汽车客户面临器件选型时，成本将是一项重要考量的点，同样满足客户需求的产品，分别来自海外厂家和国内厂家，在不缺芯和没有国产替代要求下，通常客户可能考虑定点给价优者。

车规功率半导体和其他国产芯片类似，因为起步晚、经验缺乏、产业链相对不成熟等特点，研发成本（人工、IP、软件和工具链等）摊销相对较高、核心原材料依赖进口（框架、模具、引线键合相关工艺等）、工艺相对不成熟、良率相对不高、规模化效应相对不突出、车规器件试验经验相对缺乏以及固定资产尚处在摊销初期等，而上述或是造成器件成本相对较高的主要因素。

图表 42：功率半导体器件成本结构

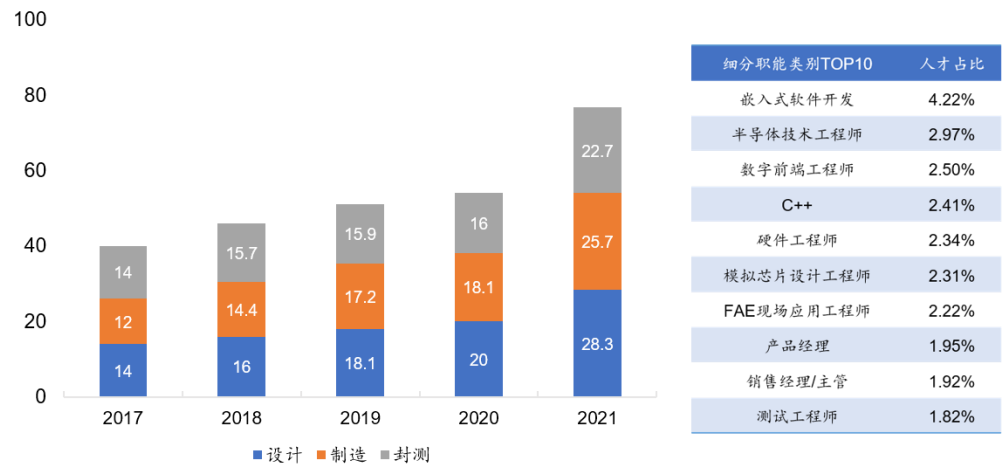


数据来源：SYSTEMPlus，华福证券研究所

**半导体从业人才。**截止 2020 年，国内半导体从业人员人数约 54.1 万，同比增长 5.7%。预计到 2023 年，人才需求将达 76.7 万人，人才缺口将近 23 万人。依前文所述，功率半导体已超 300 多家。需求旺盛背后也隐藏着行业对专业人才的求贤若渴。人才竞争也同样是半导体企业间实力竞争的重要组成部分。成熟、经验丰富的

人才队伍是行业发展基石。

**图表 43：半导体从业人员数量增长趋势及各相关岗位占比**



数据来源：猎聘，华福证券研究所

### 3. 供应链安全迫在眉睫，国产厂商乘势而上

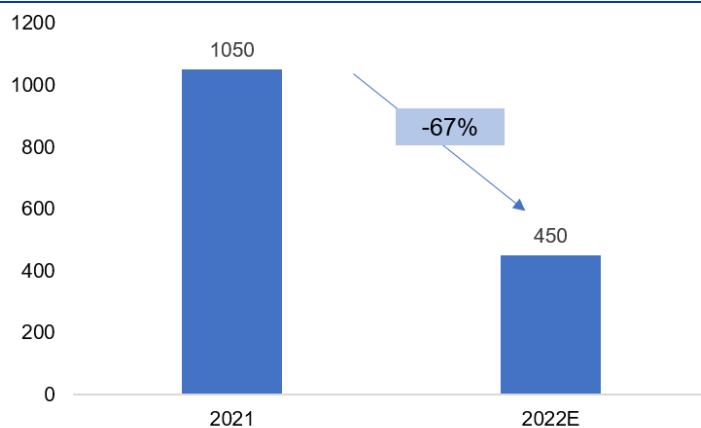
2023年3月3日，美国商务部将28家中国实体加入“EL（Entity List，实体清单）”。自2018年中兴和华为相继被制裁以来，美国对中国企业和科研机构等实施多次贸易限制和打压，目标直指多家半导体相关企业。

#### 3.1 地缘政治+芯片短缺，产业寻求破局之道

2020年以来，在多重因素影响下，汽车芯片面临大缺货。芯片供求不平衡导致芯片期货交期延后，价格涨价，现货价格更是一路高走。至今，汽车缺芯虽然已有所缓解，但依然还存在部分芯片供应紧张状况。

长安汽车领导层就曾公开表示，因缺芯等因素影响，2022年前三季度，已经减产60.6万辆。据AFS预测数据，2022年因缺芯致汽车减产预计达450万辆，而2021年这一数据是1050万辆。

**图表 44：2021-2022年汽车缺芯对全球汽车产量影响（万辆）**



数据来源：AFS，汽配圈，华福证券研究所

**半导体产业链全球化受阻。**长期以来,半导体行业高度依赖全球化产业链的协同,彼此分工明确,从设计、制造、封装、设备、材料、软件等全球通力合作,得以成就全球半导体产业硕果。但是,近年来国际局势已经彻底改变了半导体制造商面临的处境,全球化和自由贸易变得举步维艰。

**国产替代,功率半导体先行。**在缺芯之下,功率半导体因为需求大、技术门槛相对较低、国内产业链基础好,且在消费和工业等有多数产品量产和应用,将有望成为最先被国产化的领域之一。

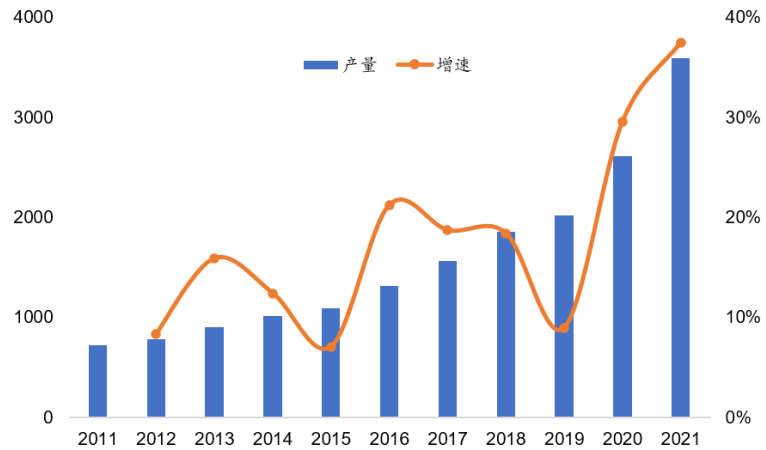
**图表 45: 2018-2021 年部分企业中国功率半导体产品销量**

企业名称	功率半导体相关产品	2018年	2019年	2020年	2021年
东微半导	高压超级结MOSFET(万颗)	4856.30	6250.04	10508.78	18301.41
	中低压屏蔽栅MOSFET(万颗)	999.84	1261.86	2435.02	9044.18
	超级硅MOSFET(万颗)	/	3.1	14.17	72.70
士兰微	集成电路和分立器件5,6英寸芯片(万片)	239.09	220.13	237.54	255.44
	集成电路和分立器件8英寸芯片(万片)	29.86	34.48	57.13	65.73
	发光二极管芯片(亿颗)	1730.54	1921.77	2123.34	3137.50
华润微	功率半导体/产品与服务	163.66	188.30	271.46	/
新洁能	芯片(MOS与IGBT)	8.29	9.40	8.58	/
	功率器件(主要MOS)	981.93	1284.90	1819.40	2213.84
银河微电	功率器件(百万只)	4452.92	3799.62	3931.34	4470.59
扬杰科技	半导体器件(亿只)	116.99	135.01	196.90	/
	半导体芯片(亿只)	177.61	211.96	230.18	/
苏州固锟	半导体(亿只)	/	/	60.55	99.44

数据来源:公司公报,前瞻经济学人APP,华福证券研究所

**国产芯片产量逐年增加,国产替代内部驱动力增强。**据国家统计局数据,2021年中国集成电路累计产量达3594亿块,同比增长37.48%。从2011年至今的国内集成电路产量数据可以看出,面对日益增长的市场需求,国内集成电路行业发展稳健,产量逐年提高。

**图表 46: 2011-2021 年中国集成电路产量(亿颗)**



数据来源：国家统计局，智研咨询，华福证券研究所

### 3.2 IDM 及 Fabless 齐发力，国产替代稳步前行

汽车受智能化、电动化、网联化和软件化等产业趋势驱动。芯片作为智能硬件和软件的基石和载体，其重要性不言而喻。功率半导体在汽车电子中价值量高，且产业链相对完整，具备国产替代的现实意义和可操作性。

#### 3.2.1 车企投资不断，IDM 和 Fabless 齐头并进

当下，车规功率半导体已然成为车企重点布局和投资热门领域之一。车载芯片种类多、型号多、持续“缺芯”和车厂重要控制器自研，使得车厂开始建立控制器硬件设计和供应链部门。车厂将直接参与芯片选型，直接建立与芯片厂家沟通渠道，打破原有供应链的合作模式。车厂和 Tier1 都在开始往半导体设计和制造领域下沉，通过投资或与芯片企业成立合资的形式进入半导体行业。他们主要聚焦重要、价值高的车规级芯片并进行布局，与芯片企业共同合作开发，化被动为主动，以应对将来可能会面临的汽车芯片供应链安全问题。而其中功率半导体，特别是 IGBT 和 SiC，成为车企投资热门之一。

图表 47：部分车企布局芯片产业

车厂	合作方	合作方式	合资公司名称	芯片类型
蔚来	黑芝麻	投资	/	自动驾驶SoC, 激光雷达芯片
	图达通等	投资	/	激光雷达等
	寒武纪行歌	投资	/	AI芯片, 自动驾驶SoC等
	自建	自建	/	SiC功率模块工艺试验线, 年产能5000套
比亚迪	比亚迪半导体、积塔半导体等	投资, 合作	/	IGBT, MCU, SiC芯片、自动驾驶SoC
零跑	大华股份芯片研究院	合作开发	/	自动驾驶SoC等
吉利	MIK	合作开发	/	智能座舱SoC等
	芯聚能	合资	芯粤能	SiC等
上汽通用五菱	ARM	合资	芯擎科技	MCU, 智能座舱SoC, 自动驾驶SoC等
	芯旺微	合作开发	/	MCU等
理想汽车	三安	合资	苏州斯科半导体	SiC等
	流深光电	投资	/	光电传感器等
北汽	Imagination	合资	核芯达	/
小鹏	瞻芯电子	投资	/	IGBT, SiC等
	一经科技	投资	/	激光雷达等
	天岳先进	投资	/	SiC衬底等
广汽	地平线、璞芯微、粤芯半导体等	投资	/	自动驾驶SoC, MCU芯片, SiC芯片等
	中车时代	合资	广州青蓝半导体	IGBT模块
一汽	亿马先锋	合资	/	IGBT模块和SiC模块
上汽	英飞凌、地平线、芯旺微、芯钛科技等	投资+合资等	上汽英飞凌等	IGBT, 自动驾驶SoC, MCU, SiC等
长城	稳晟科技, 地平线, 同光半导体	投资+合资等	/	智能座舱SoC, 自动驾驶SoC等
东风	中车时代	合资	智新半导体	IGBT功率模块
联合电子	自建	自建	/	IGBT功率模块
臻驱科技	自建	自建	/	IGBT和SiC模块

数据来源：行家说 Research, 爱集微, 华福证券研究所

IDM 和 Fabless 各显其能。在功率半导体设计制造环节，目前主要有 IDM 模式和垂直分工模式，两方竞争力孰强孰弱尚未分明，都在发挥各自优势。IDM 在缺芯时，可以灵活协调产能以满足不同客户需求。在产品迭代上，IDM 也颇具优势。而代工模式下，设计公司和 Foundry 可以共同合作开发先进工艺以提升产品竞争力。

图表 48：中国功率半导体产业链分工



数据来源：Yole, 华福证券研究所

IDM 模式一般重资产，工厂投入相对较大，对产能规划要求相对精准可控，对各类专业人才需求大，在产能协同、成本控制、需求响应速度等多方面或具有较强优势。

国内功率半导体 IDM 有时代电气、华润微、士兰微、华微以及扬杰科技等。

国内部分 Fabless 选择与头部 Foundry 深度合作，在产品设计、工艺融合优化、产品规划、产能调配等方面能达到良好效果。且该模式下，两方既有各自分工合作，又能做到优势互补。设计公司可以专注于产品设计与推广、可以更精准把握市场需求和供应节奏，而 Foundry 可以专注于工艺控制和优化。国内成功案例如新洁能与华虹宏力的合作、捷捷微电与中芯绍兴的合作。

**图表 49：IDM、Fabless 和 Foundry 模式比较**

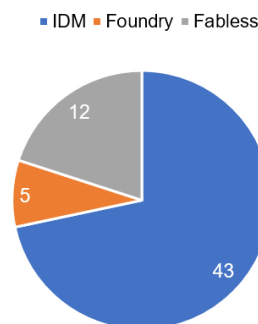
模式	特点	优势	劣势	代表企业
IDM	有着完整的芯片设计、制造、封装和测试等多个产业链环节	设计、制造等环节协同优化，有助于充分发掘技术潜力； 能有条件率先实验并推行新的半导体技术（如FinFet），能灵活协调产能，为客户提供最优服务	重资产，管理成本高，运营费用较高，资本回报率偏低	华润微、华虹宏力、中兴绍兴、比亚迪、中车时代、士兰微、华微电子、扬杰科技、三安光电等
Fabless	只完成芯片设计和芯片销售以及客户对接。而将晶圆制造、测试、封装等环节委托代工厂完成	资产较轻，初始投资规模小，创业难度相对较小；企业运行费用较低，转型相对灵活	与IDM相比，无法与工艺协同优化；与Foundry相比，需要承担各种市场风险，比如因为质量问题召回	新洁能、真茂佳等
Foundry	不负责芯片设计部分，只负责晶圆制造、封装和测试的一个环节和全部环节；可以同时为多家设计公司提供代工服务	不承担由于市场调研不准、产品设计缺陷等风险，可以集中精力聚焦工艺提升和优化	投资规模较大，维持生产线正常运作费用较高；需要持续投入维持工艺水平，一旦落后追赶难度较大	华虹宏力、中芯绍兴 上海先进、华润微

数据来源：西南智造，华福证券研究所

目前，全球功率半导体市场上，头部的功率半导体多数是“IDM 模式”或“IDM 加委外代工混合模式”。后者即部分 IDM 将部分低端制程、即将 EOP (End Of Production) 的产品委外专业代工厂加工，比如国内部分晶圆代工企业就接到不少此类海外客户的订单。

据 ittbank 数据统计：中国大陆地区 Top60 的功率半导体（不含功率 IC）企业里，其中 IDM 有 43 家，Foundry 有 5 家，以及 12 家 Fabless。

**图表 50：中国 Top60 功率半导体厂家中 IDM、Foundry、Fabless 数量**



数据来源：深圳市电子商会，ittbank，华福证券研究所

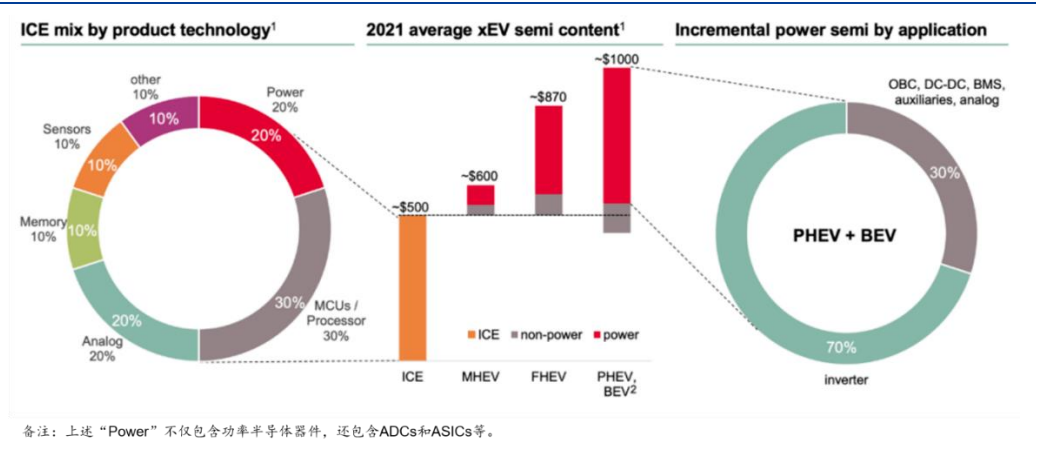
### 3.2.2 单车价值名列前茅，“国产替代”率先突围

据英飞凌统计，在传统燃油车上，MCU 是其中价值量最高的半导体器件，占比约 30%，功率半导体（包括功率半导体器件和功率半导体芯片）占比 20%。而对于

电动汽车来说，MCU 和功率的价值占比有所变化。细分来看，混动车型和纯电动车型，功率半导体用量和价值存在差异。混动又分轻中混、强混和插混，纯电动也要看动力电池电压平台，200V 和 800V 对选用的功率半导体分立器件和模块差异较大，成本也存在差异。

从英飞凌数据看出，中混电动汽车(MHEV)单车功率半导体价值 150-200 美元，自动充电混动汽车(FHEV)单车功率半导体价值在 400-470 美元，纯电动汽车(BEV)单车功率半导体价值在 550-600 美元。可见在各类电动汽车上，功率半导体价值量高居榜首。

**图表 51：燃油车与各类电动汽车芯片价值组成**



数据来源：搜狐，芝能汽车，英飞凌，华福证券研究所

在我国大力发展新能源汽车的当下，车规级功率半导体具备政策支持、产业链完整等优势，或将率先突围，实现国产化率稳步提升。

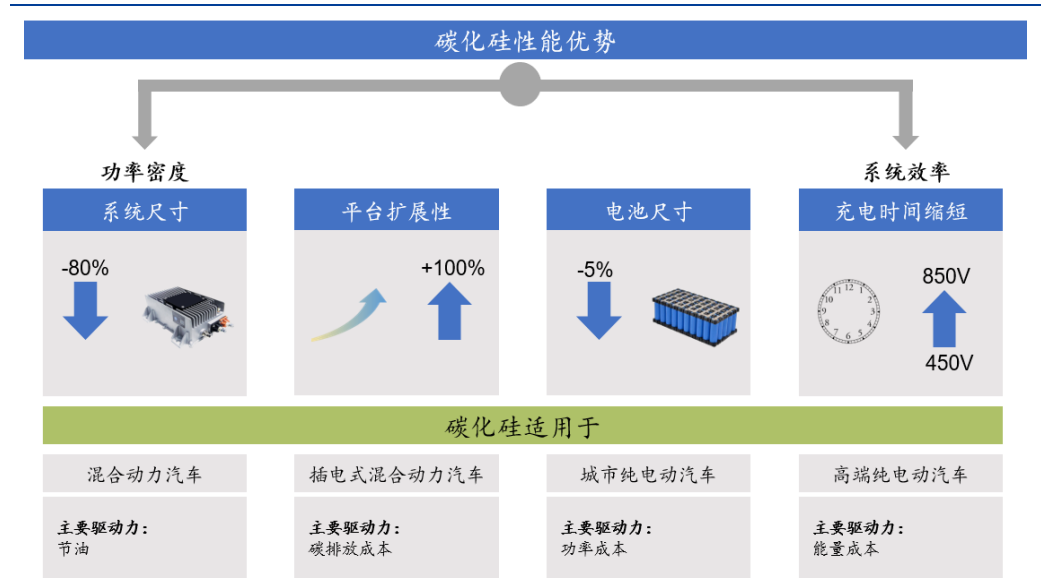
## 4. 碳化硅器件厚积薄发，产业布局多点开花

### 4.1 新材料、新机遇、新趋势

作为第三代半导体材料的代表，相较于硅，碳化硅具有禁带宽度更大（是硅的 3 倍）、热导率更高（是硅的 4-5 倍）、击穿电压更大（是硅的 8- 10 倍）等优势。

**图表 52：碳化硅性能优势**





数据来源：英飞凌，华福证券研究所

碳化硅功率器件主要包括碳化硅二极管（主要是肖特基势垒二极管 SBD 等）、碳化硅晶体管（主要是碳化硅 BJT、MOSFET 等）以及碳化硅功率模块等。碳化硅功率器件具有耐高压、大电流、耐高温、高频、高功率和低损耗等众多优点，广泛应用于电动汽车及充电桩、光伏、电网、轨道交通和储能等领域。

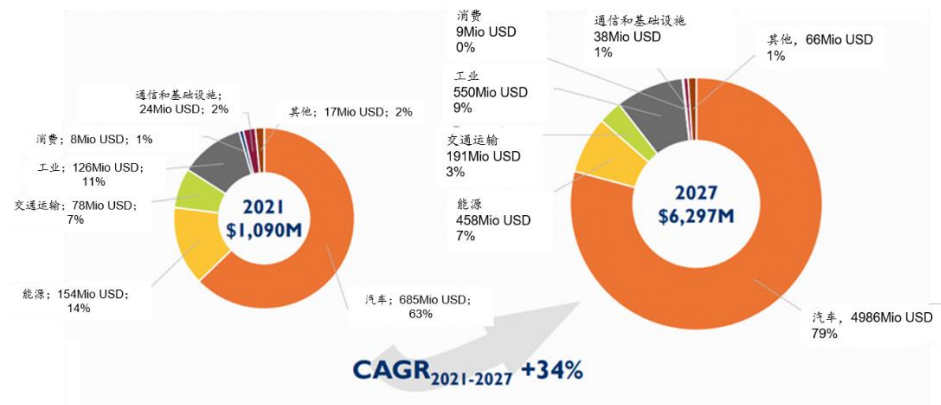
图表 53：常见功率半导体比较

参数	Si MOSFET	SJ Si MOSFET	Si IGBT	SiC MOSFET
器件类型	单极	单极	双极	单极
击穿电压	12-500V	500V-1200V	400V-12KV	600V-几KV
电流密度	中	中	高	非常高
Rds-on	中	小	中	小
开关速度	高	高	低	非常高
成本	低	高	中	高
导热性能	低	低	低	高
工作温度	125° C	125° C	125° C	175-200° C
厂商数量	多	多	多	较少，但是越来越多
可靠性标准	有	有	有	不成熟，发展中
技术成熟度	高	高	高	中

数据来源：Yole，华福证券研究所

据 Yole 数据，碳化硅功率器件 2021 年全球市场规模 10.9 亿美金。预计到 2027 年将达到 62.97 亿美金，2021-2027 CAGR 达 34%。发展势头强劲，未来市场空间可观。

图表 54：碳化硅功率半导体器件市场规模预测 2021-2027E



数据来源: Yole, 华福证券研究所

全球各国对碳化硅投资热度不减,目前碳化硅器件市场龙头依然以海外企业为主,国内 90%需求依赖进口。我国碳化硅产业链布局相对完整,部分头部企业技术实力不可小觑,在半绝缘衬底、外延片、射频器件和碳化硅器件均已量产并批量供货。

图表 55: 全球碳化硅功率器件各厂家 2020-2021E 营收 (百万美元)

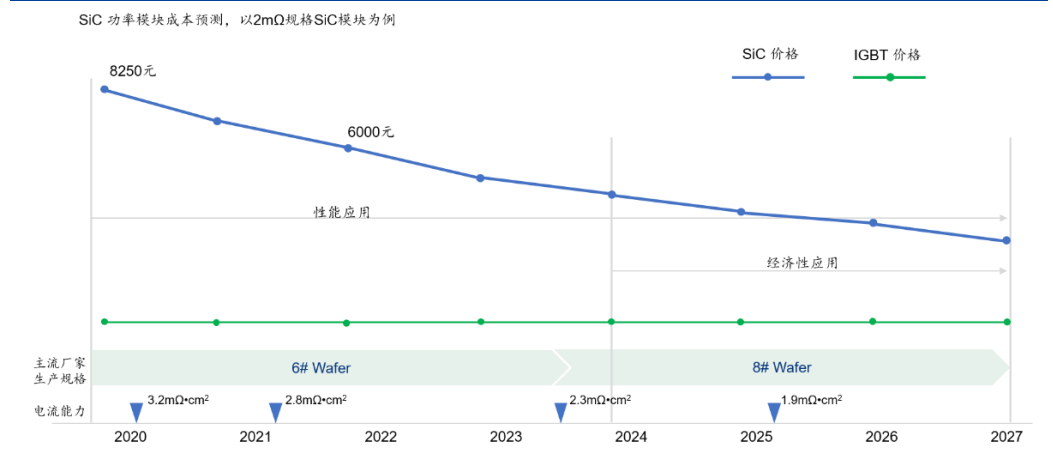
国家	公司	2020 (百万)	2021E (百万)	YoY
EU	1 STM 意法半导体	\$290	\$450	55%
EU	2 Infineon 英飞凌	\$110	\$248	126%
US	3 Cree (科锐)	\$108	\$165	53%
JP	4 Rohm 罗姆	\$103	\$108	5%
US	5 OnSemi 安森美	\$55	\$78	43%
JP	6 Mitsubishi Electric 三菱电机	\$26	\$28	8%
JP	7 Fuji Electric 富士电机	\$17	\$18	4%
US	8 GeneSiC	\$14	\$17	15%
JP	9 Toshiba 东芝	\$12	\$12	7%
EU	10 Semikron 赛米控	\$8	\$9	8%
US	11 UnitedSiC 联合碳化硅	\$6	\$7	9%
EU	12 Danfoss 丹佛斯	\$3	\$4	10%
US	13 Microchip 微芯	\$1	\$1	4%
	其他	\$30	\$47	55%

数据来源: Yole, 华福证券研究所

碳化硅性能优于 IGBT,两者在多个领域或存在应用重叠。从成本变化和晶圆尺寸发展趋势分析:

**碳化硅与 IGBT 成本比较。**目前碳化硅功率器件由于技术和工艺尚不成熟、衬底良率低以及尚未规模化应用等因素,导致当前碳化硅成本居高不下。同等规格、满足同个终端应用需求的碳化硅 MOSFET 的价格是 IGBT 的 2.5-3 倍。而硅基 IGBT 技术成熟,规模化效应已经显现,成本下探空间有限。随着上述对碳化硅成本不利因素日渐改善,其价格有望逐年下调。对于长续航电动汽车,当前碳化硅功率器件的应用带来的其他周边零部件的降本,或将进一步缩小、或打平与选用 IGBT 带来的价格差。

图表 56: 碳化硅功率半导体器件成本变化趋势



数据来源：NE 时代，华福证券研究所

**碳化硅晶圆制造。**目前已量产碳化硅衬底多是基于 2 英寸、4 英寸和 6 英寸晶圆制造，其中 6 英寸逐渐将成为主流。据 NE 时代数据，安森美 8 英寸衬底于 2021 年已经投产。未来，随着 8 英寸晶圆的衬底逐步量产，单片晶圆产量提升，相比 4 英寸和 6 英寸晶圆，理论上碳化硅器件价格或将会有所下调。

图表 57：全球及中国碳化硅企业产品布局（部分）

供应商	总部	SiC 产品布局						主要客户	
		衬底				外延	器件与模组		
		尺寸	投产时间	产能	车载应用				
安森美	美国	6#, 8#	2021		逆变器	√	√	奔驰等	
Wolfspeed	美国	8#	2022.4		逆变器、OBC	√	√	通用等	
意法半导体	瑞士	8#	2023		逆变器、OBC	√	√	特斯拉、雷诺、日产、三菱等	
英飞凌	德国	6#	2023		逆变器、OBC	√	√	现代等	
博世	德国	8#	2021.10-2022.7 投资 8 亿欧元		电驱动系统		√		
天科合达	北京	6#	2020.8		逆变器			华为等	
芯聚能	广州	6#	2021.5				√	吉利等	
三安光电	福建	6#	2021.6	360k/Y			√	√	比亚迪、理想等
微芯长江	安徽	4#, 6#	2021.8	250k/Y				√	
同光股份	河北	4#, 6#	2021.8	100k/Y					长城等
天岳先进	山东	6#	2022.7	300k/Y					小鹏、上汽、广汽等
斯达半导体	浙江	6#	2024	60k/Y				√	宇通等

备注：“#”表示英寸；“k/Y”表示千片每年。

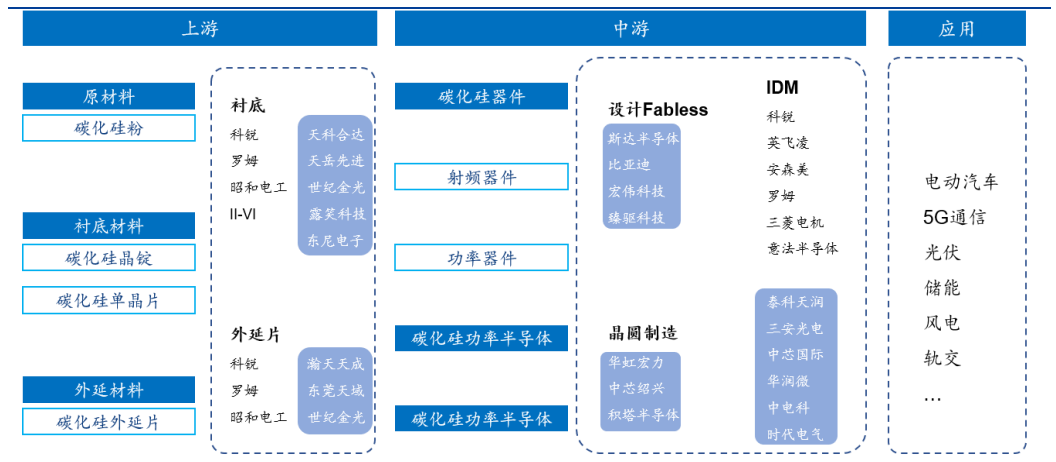
数据来源：NE 时代，华福证券研究所

当前碳化硅 MOSFET 主要应用于一些中高端场景，这些应用往往追求更高的性能表现。如售价 30 万以上的中高端智能电动汽车，其对续航、瞬间加速以及充电时间有着更高要求，通常其主逆变器中会采用碳化硅方案。短时间内，IGBT 或依然是市场主流。长期来看，碳化硅 MOSFET 和 IGBT 市场需求或达到一个相对平衡，两者将共存以供不同应用场景所使用。

## 4.2 衬底和外延占据价值高地

碳化硅产业链相对复杂，主要包括衬底、外延、器件设计、晶圆制造以及封装测试和终端应用等。

图表 58：碳化硅功率器件上下游产业链



数据来源：Yole，中商产业研究院，华福证券研究所

截至 2021 年，国内碳化硅产线已经投入超 20 条，产业链上、下游都有相关企业参与。其中衬底代表企业有天岳先进、天科合达等；外延片代表企业有东莞天域半导体、瀚天天成等；布局碳化硅器件的企业以 IDM 为主，也有少数几家 Foundry，还有多数设计公司。

图表 59：国内碳化硅功率器件产线规划和主要参与企业

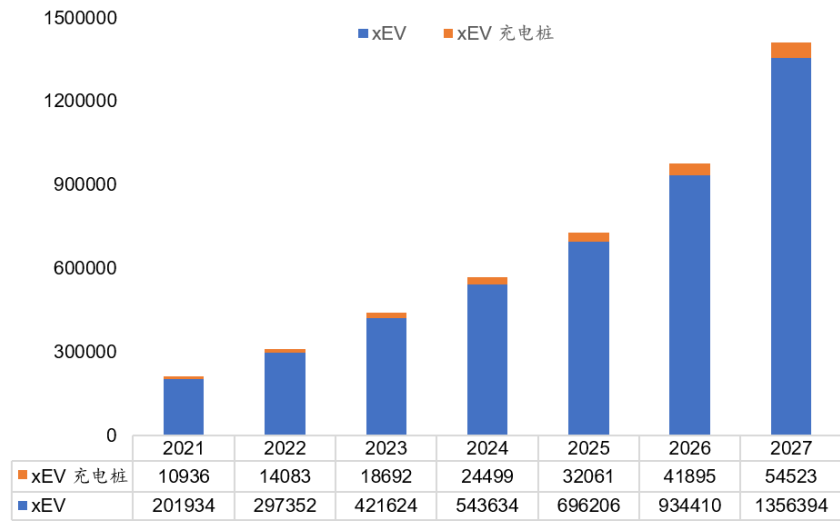
应用环节	产线状态	产线数量（条）	主要企业
SiC 电力电子	已有产线	7	泰科天润、三安集成、中电科55所、世纪金光、国家电网、全球能源互联网研究院、中车时代半导体、华润等为
	新增产线	3	上海积塔半导体、芜湖启迪半导体、泰科天润
	在建产线	10	三安光电、燕东微电子、中科汉韵、比亚迪、富能半导体、广东芯聚能、南京百识电子、青岛惠科、华瑞微、英唐智控
GaN-on-SiC 射频	已有产线	5	中电科13所、中电科55所、三安集成、苏州能讯、海威华芯
	在建产线	5	北京华通芯、成都新兴中微科技、正威集团、吴越半导体、立昂微

数据来源：前瞻经济学人，华福证券研究所

衬底和外延占据碳化硅器件的价值高地，存在较高技术壁垒。据未来智库数据，衬底和外延占碳化硅器件总成本近 70%（其中衬底占 46%，外延占 23%）。两者同为碳化硅器件最核心、也是最具瓶颈的两道制造工艺环节。衬底和外延的技术提升快慢和良率高低都将对碳化硅器件的应用和推广产生直接影响。

- 衬底是碳化硅器件的第一内核。据 Yole 数据，预计到 2027 年，全球应用于电动汽车和充电桩的碳化硅衬底数量将达到 140 万片，占市场总量的 78.23%。

图表 60：碳化硅衬底在电动汽车应用需求预测



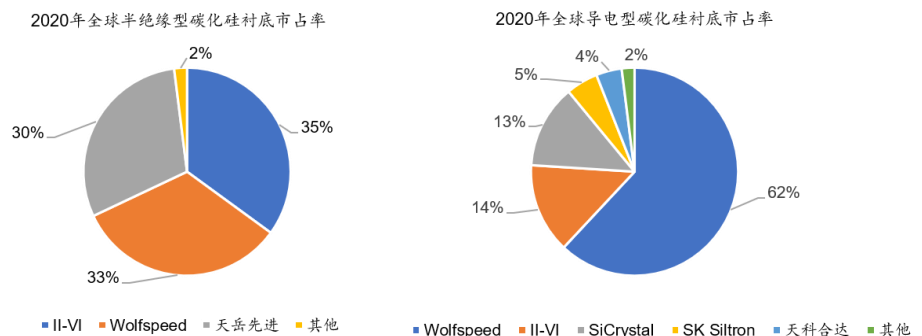
数据来源：Yole，华福证券研究所

**碳化硅衬底分类**——碳化硅衬底按照电阻率大小，碳化硅可以分为导电型和半绝缘型。导电型衬底常用于制作碳化硅功率器件，应用于电动汽车、光伏、储能等领域。而半绝缘型碳化硅衬底则被常用于制作氮化镓微波射频器件和功率放大器等（GaN-on-SiC），应用于 5G 通信等。

目前导电型衬底市场依然由欧、美、日企业主导，美国 Wolfspeed 占全球份额超 60% 以上，其他如美国高意集团（II-VI）、德国 SiCrystalAG（被日本 Rohm 收购）、美国 DowCorning 和日本新日铁住金等紧随其后，市占率位居前列。国内做导电型衬底起步较晚，整体发展处于初期阶段，该领域国内主要企业有天科合达、天岳先进等。

国产厂家在半绝缘型衬底产品开发相对起步较早，有一定经验积累。2020 年，天岳先进的半绝缘型碳化硅衬底在全球市占率已高达 30%，位居全球第三，仅次于海外龙头企业 II-VI 和 Wolfspeed，形成三足鼎立的局面。

图表 61：2020 年全球碳化硅衬底市场格局



数据来源：Yole，Wolfspeed，中商情报网，TrendBank，华福证券研究所

**衬底制作方法**——衬底的形成通常使用物理气相传输法，在高温下 (>

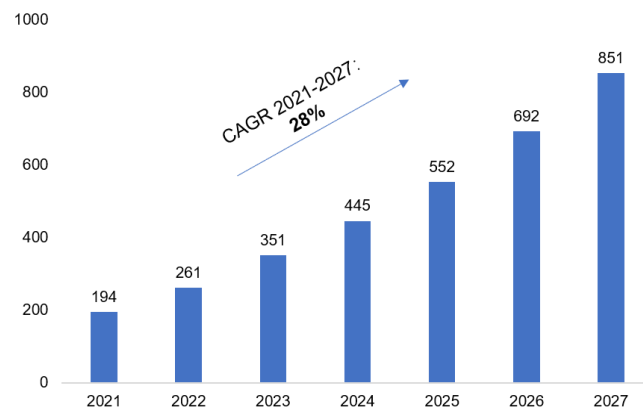
2000℃)，碳化硅粉体分解成硅原子等气相物质，在高低温形成的温度梯度下，气相物质慢慢在低温区的碳化硅籽晶表面生长形成碳化硅晶体。再通过定向、整形、切片、研磨、抛光、检测和清洗等工艺过程，最后制成碳化硅衬底。

**制作优良的碳化硅衬底，存在较高的技术壁垒。**碳化硅衬底生长难度大，对工艺控制和衬底的厚度、翘曲度和弯曲度都有较高要求。其制备过程中，主要存在以下难点和壁垒：1) 碳化硅粉体纯度控制要求高，碳和硅的比例控制要精准；2) 温度要求高，高温与低温需控制精准；3) 长晶时，生长速率等需要严格控制；4) 衬底生长为物理时间，且很难加速，时间成本高，产能因此受限；5) 碳化硅硬度强，切片时损耗高，产出低；6) 涉及设备种类多、要求高，如长晶炉，切片机、研磨机、抛光机和清洗设备等，总投入大。以上众多壁垒导致目前碳化硅良率较低，单片价格较高。

- **外延工艺是碳化硅器件的第二内核。**由于碳化硅衬底表面或多或少因为生长过程或加工过程中引入微颗粒，直接基于其表面进行晶圆制造，或将导致最终器件良率低、性能差等后果。故通常引入外延工艺，即在衬底表面通过化学气相沉积（CVD）生长出一层 4H-SiC 单晶薄膜以提高器件良率和性能，这一层单晶材料即称为“外延”。在制作过程中，工艺控制不良会直接造成各类缺陷产生而影响良率和产出。

据 Yole 数据，预计到 2027 年，碳化硅外延片全球市场规模将达 8.51 亿美元，2021 年到 2027 年，CAGR 为 28%。全球外延片市场主要被美国 Wolfspeed 和日本昭和电工是碳化硅外延片两家龙头企业垄断。其他厂家有 II-VI、Cree、Norstel、Rohm 和英飞凌等。国内从事碳化硅外延片企业主要有瀚天天成、东莞天域、中电 55 所和三安光电等。

**图表 62：碳化硅外延片市场预测（百万美金）**



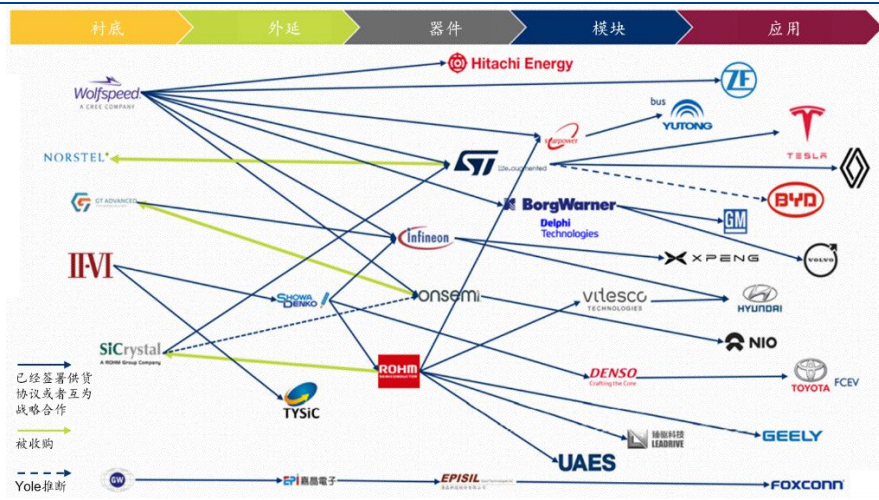
数据来源：Yole，华福证券研究所

### 4.3 碳化硅加速上车，缓解里程焦虑

据 Yole 数据，电动汽车和汽车充电桩为碳化硅第一大应用市场。预计到 2027 年，碳化硅器件在电动汽车和汽车充电桩上应用，全球市场规模将分别达 49.86 亿美金和 1.35 亿美金，两者之和占市场总规模的 81.32%。

碳化硅 SBD 和碳化硅 MOSFET 可应用于电动汽车主驱逆变器、OBC、DC/DC 以及充电桩等产品中。自 2019 年 Tesla 首次将碳化硅器件（供应商：STM）应用于其 Model 3 车型上，碳化硅便正式开启了上车之路。自 2021 年以来，国内自主品牌车企纷纷在其新车型上应用碳化硅器件，如蔚来汽车 ET5 和 ET7（主驱，自研模块，晶圆从安森美采购），吉利 SMART 精灵（主驱，供应商：芯聚能）、小鹏 G9（主驱，供应商：英飞凌）、比亚迪海豹（主驱，自研自产模块，部分晶圆外购）等。

图表 63：企业间合作趋于多样化

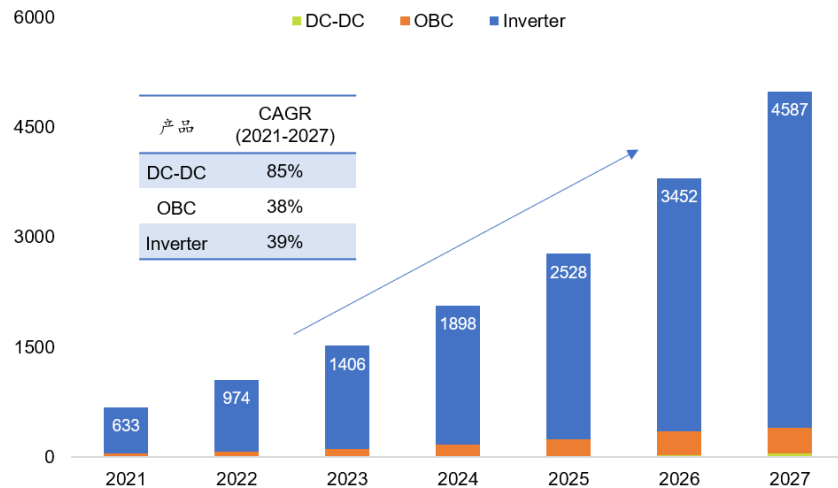


数据来源：Yole，华福证券研究所

**碳化硅将提升电动汽车续航能力和缩短电动汽车充电时间。**相较于燃油车，电动汽车消费者对当前有限的续航里程和相对漫长的充电时间常常感到焦虑。虽然车企在动力电池、BMS、电机、电控和 OBC 等产品技术上做了很多优化和提升，但相比燃油车，续航里程受限和充电时间长是电动汽车推广的两大痛点。

- **续航里程。**相比硅基 IGBT，碳化硅 MOSFET 有着众多优点：1) 碳化硅在关断时无拖尾电流，可以降低损耗；2) 碳化硅的高开关频率特性，不仅可降低损耗，由于对散热效率要求相对低，还可减轻和驱动零部件和散热零部件重量和体积，周边器件的成本随之降低；3) 在车辆匀速和轻载情况下，因为低损耗，可提升 5%-10% 的续航里程。另外，采用 800V 高压平台的电动汽车，同等功率下，系统电流可以比 400V 电压平台更小，故高压线束直径可以做的更细，线束重量和体积可以更小，电动汽车变的更轻，续航能力也会得到相应提升。

图表 64：碳化硅在电动汽车上各产品应用市场规模预测 2021-2027（百万美元）



数据来源: Yole, 华福证券研究所

➤ **充电时间。**汽车充电桩一般分为交流慢充和直流快充。

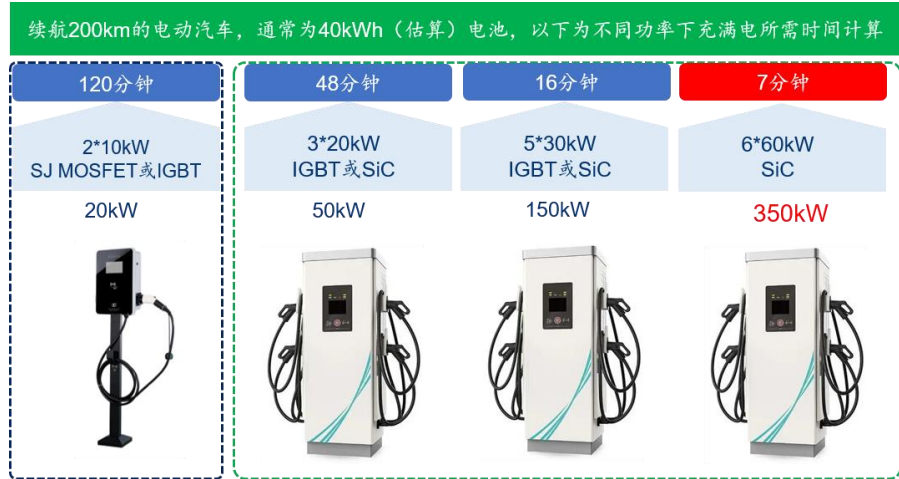
**交流慢充**指的是电动汽车通过公共或个人充电桩，需要借用车载充电器（OBC）交直流转换给汽车充电。交流慢充的优点是成本低，电池损耗慢；缺点是充电时间长，充电时间长短取决于 OBC 的额定功率（常规在 3kW-9kW）。目前 OBC 主要采用硅基 IGBT 或 SJ MOSFET 方案，电池充满电时间一般需要 4-8 小时。相比之下，碳化硅 MOSFET 可以耐受更高电压，使得 OBC 拥有更高的额定功率。例如采用意法半导体的碳化硅技术，可以将 OBC 的额定功率提升至 22kW 甚至更高，充电时间可以大大缩短。

**直流快充**是指充电桩自身内部实现交直流转换模块，无需借用 OBC，将电网或储能设备中的交流电转换成直流电，直接给汽车充电。直流快充功率取决于充电桩自身输出功率和 BMS(电池管理系统),如电池电压升级至 800V,直流快充功率通常将超过 120 kW，碳化硅器件的高功率特性即可有其用武之地，进而提高充电效率和缩短充电时间。

另外，800V 动力电池平台相比 400V 动力电池平台，在相同的系统电流和高压线束直径下，电池的充电时间或将缩短一半。

**图表 65：碳化硅对电动汽车充电时间的影响**





数据来源：英飞凌，Yole，华福证券研究所

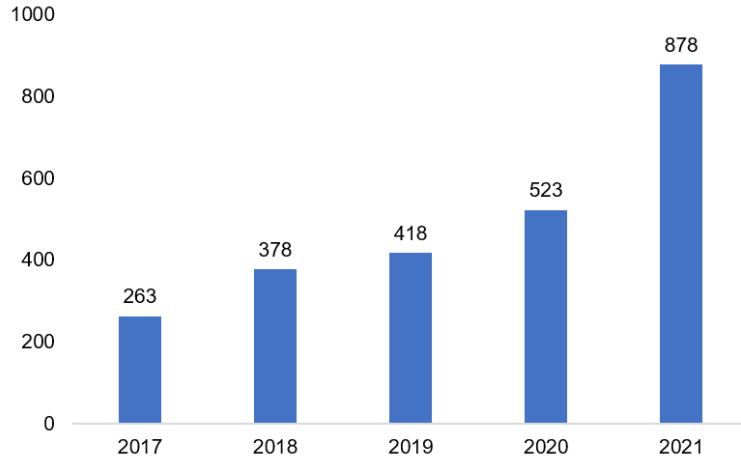
## 5. 投资建议：进口替代马不停蹄，本土厂商脱颖而出

电动汽车及充电桩、风光储等应用对功率器件需求的快速增长，推动了国内功率器件厂家及其产品的发展。建议关注功率器件龙头闻泰科技和斯达半导，斯达半导在车规 IGBT 模块的持续增长以及车规碳化硅模块的布局，夯实其功率模块的市场龙头地位；闻泰科技旗下的安世半导体，在各个细分功率器件领域已经处于全球领先地位，在车规 IGBT 和碳化硅的布局，使其功率器件版图更加完整。此外同时建议关注：时代电气、士兰微在车规 IGBT 的持续发力；东微半导高压超级结 MOSFET 在电动汽车和工控应用的表现；捷捷微电在车规中低压 MOSFET 产品上的先发优势；新洁能高、中、低压 MOSFET，光伏 IGBT 稳步增长；看好民德电子由传统分销业务向深耕功率器件设计、制造和的成功转型，打造功率半导体“Smart IDM”生态圈；天岳先进在第三代半导体衬底上的多年技术积累和先发优势，有望助推国内碳化硅和氮化镓产业链的稳步发展。

### 5.1 斯达半导

斯达半导成立于 2005 年，总部位于浙江嘉兴，国内 IGBT 模块龙头企业。目前公司主要产品是以 IGBT 为主的功率器件的设计和模块的封装。对标英飞凌第七代 IGBT 的 FS-Trench 型产品目前进展顺利。除 IGBT 外，斯达半导的快恢复二极管以及 MOSFET、碳化硅模块等产品同样广泛应用各领域。2022 年，公司营收大幅增长，新能源业务占比从 2022 年上半年的 47.37% 进一步提升至 2022 年年终的 54.3%。目前电动汽车主要客户有长安、上汽、江淮大众和奇瑞等，以及雷诺、通用等海外车企。

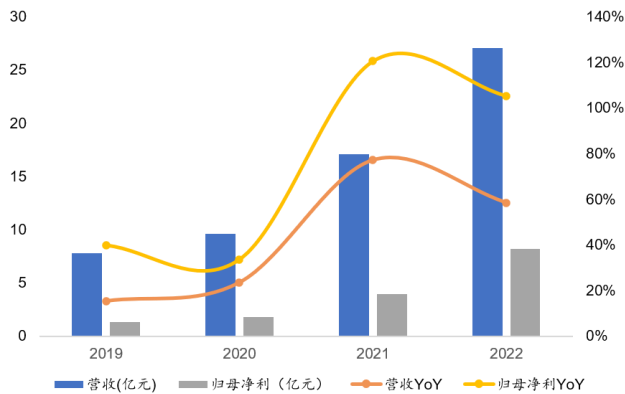
图表 66：斯达半导 IGBT 模块出货量（万只）



数据来源: iFind, 华福证券研究所

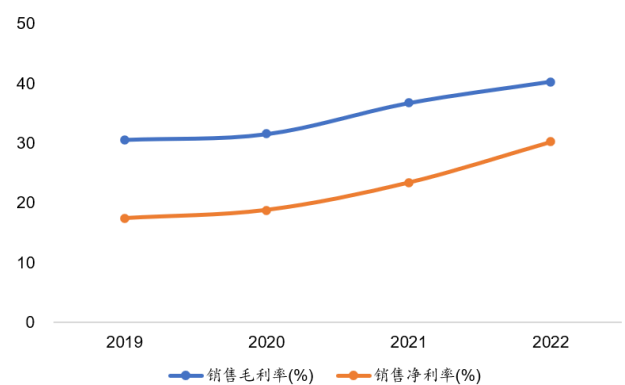
最新业绩预告显示: 公司预计 2022 年全年实现营收 28.03 亿元, 同比增长 64.28%, 归属于上市公司股东的净利润为 81,200 万元至 82,500 万元, 与上年同期相比大幅增长。

图表 67: 斯达半导营收和归母净利 (亿元)



数据来源: Wind, 华福证券研究所

图表 68: 斯达半导毛利率和净利率变化



数据来源: Wind, 华福证券研究所

公司在利润率方面表现同样不俗, 2022 年前三季度, 公司销售毛利率和净利率分别达 41.07%和 31.60%。2021 年全年销售毛利率和净利润分别为 36.73%和 23.40%, 不论是毛利率, 还是净利率, 均实现稳健增长。

公司已经获取多个 800V 高压电动汽车项目定点。碳化硅模块也将在 2023 年陆续迎来验证上车 (宇通客车已经定点等)。此外, 光伏储能对功率器件的持续需求也有利于公司能持续发挥在 IGBT 模块产品上所产生的规模效应。公司在车规 IGBT 模块上针对设计、封装和测试的经验均可以很好的借鉴到碳化硅 MOSFET 模块的开发上, 为碳化硅 MOSFET 模块进入车厂供应链奠定基础。

## 5.2 闻泰科技

闻泰科技业务覆盖较广, 可提供产品包括半导体、光学模组、智能终端类产品 (手机、平板电脑、笔记本电脑、服务器、汽车电子) 等。而半导体业务也是其众多业务

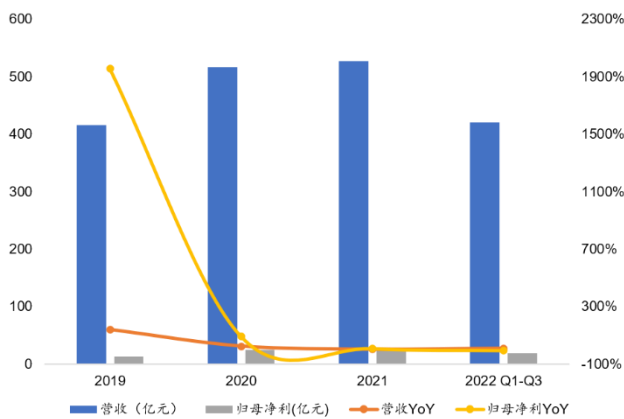
版图中的亮点之一。

2019年，被闻泰科技以200多亿元收购安世半导体。其原为恩智浦（NXP）半导体标准产品事业部，是一家全球知名的半导体IDM公司。在德国和英国有自建晶圆厂，在中国和东南亚设有封测工厂。客户分布全球各地，产品丰富，主要有功率器件（二极管、MOSFET、IGBT和SiC）、逻辑和模拟IC等。在二极管、小信号管及车载MOSFET等产品出货量位居全球前列。

2021年，安世在功率半导体业务营收6.72亿美元，同比增长43.3%。在最新的全球功率分立器件厂家排名中，安世位列第五名，是唯一一家挺近榜单前十的国内企业。

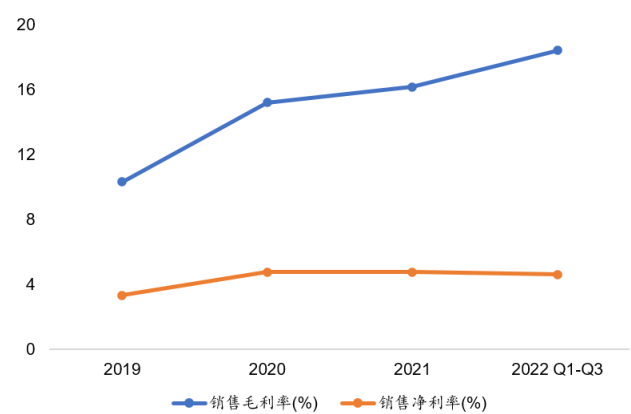
业绩快报显示：2022年前三季度，闻泰科技预计营收达420.85亿元，同比增长8.9%。归母净利润为19.44亿元，同比下滑4.79%。

图表 69：闻泰科技营收和归母净利润（亿元）



数据来源：Wind，华福证券研究所

图表 70：闻泰科技毛利率和净利率变化



数据来源：Wind，华福证券研究所

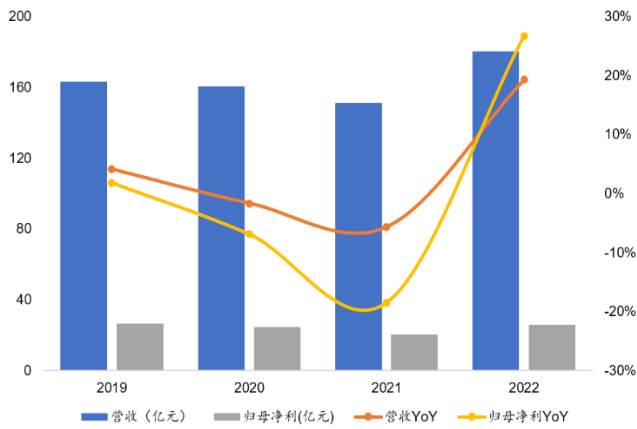
从2022年半年度公司公告数据看，公司半导体业务实现营收76.59亿元，同比增长13.72%，业务毛利率为41.97%，实现净利润17.26亿元，同比增长31.72%。2022年上半年，第二季度收入和利润实现同比和环比均增长。

### 5.3 时代电气

时代电气——中车集团子公司，时代电气是轨交装备领域的领军企业，最早为轨交研发和生产功率器件（包括模块），具有很深厚的功率器件研发和生产经验。业务分为轨道交通装备产品、新型装备产品及其他业务三大业务板块。新型装备业务板块包括功率半导体器件（含模块）、电动汽车电驱系统、工业变流、海工装备、传感器等产品。其中，功率半导体器件产品（含IGBT模块），在国内位列第一梯队，在IGBT、碳化硅、先进封装和组件以及可靠性技术等拥有很深的经验积累。目前在功率半导体业务板块，建成有6英寸双极器件、8英寸IGBT和6英寸碳化硅的产业化基地，其中，8英寸车规IGBT目前年产能达24万片，6英寸SiC芯片（沟槽栅）的年产能将于2024年达2.5万片。

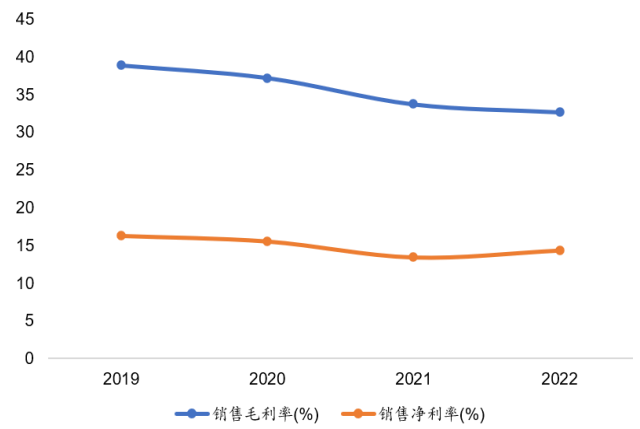
业绩快报显示：公司 2022 年营收达 180.34 亿元，同比增长 19.26%，归母净利润达 25.56 亿元，同比增长 26.67%。

图表 71：时代电气营收和归母净利（亿元）



数据来源：Wind，华福证券研究所

图表 72：时代电气毛利率和净利率变化



数据来源：Wind，华福证券研究所

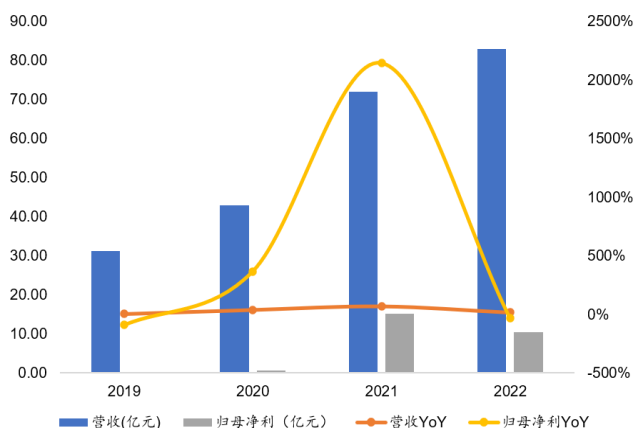
近年来，公司销售毛利率和净利率相对比较平稳，受行业景气度、公司运营管理等因素影响而上下微动。毛利率和净利率分别处于 33%-36% 和 14%-17% 之间。

### 5.4 士兰微

目前士兰微已发展成为国内功率器件 IDM 龙头企业，重点围绕功率器件（含模块）、MCU、MEMS 传感器、模拟 IC（DCDC、LDO、LED 驱动以及数字音视频 IC 等）等不断完善自身产品生态。2022 年分立器件（含功率器件、功率 IPM 模块、肖特基管等）营收为 44.64 亿元，同比增长 17.13%。

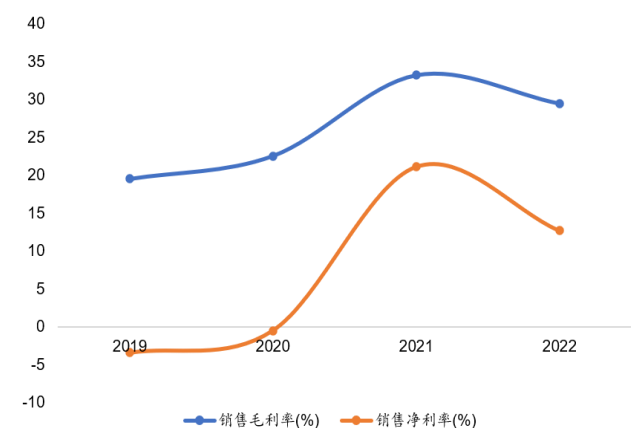
功率器件：用于主电机驱动模块的 IGBT 和 FRD 芯片于 2022 年开始在国内多家汽车客户通过测试验证，在部分客户端实现批量供货（IGBT 相当于英飞凌第五代）；多颗车规高、中、低压车规 MOSFET 和 IGBT 芯片陆续批产（车规 IGBT 客户有比亚迪和零跑等）；SiC MOSFET 研发稳步推进。

图表 73：士兰微营收和归母净利（亿元）



数据来源：Wind，华福证券研究所

图表 74：士兰微毛利率和净利率变化



数据来源：Wind，华福证券研究所

未来展望:随着电动汽车、光伏等新能源行业快速发展,芯片国产替代持续推进,产品体系完备的士兰微将有机会脱颖而出。

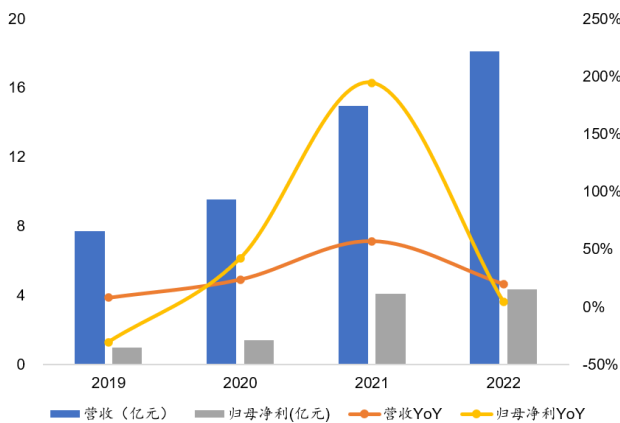
### 5.5 新洁能

国内功率器件设计龙头企业,主营 MOSFET 和 IGBT 的设计和制造。MOSFET 为公司拳头产品,涵盖不同类型、不同电压等级的平面 MOSFET、深沟槽 MOSFET、SGT MOSFET 和 SJ MOSFET。

亮点:公司作为功率器件 Fabless 公司,与国内龙头 Foundry——华虹宏力战略合作多年。双方在产品的设计、晶圆制造、工艺优化、产能等方面深度配合,致力于共同打造工艺出色、质量可靠、成本可控的各类高性能功率器件。目前公司各类功率器件已超 1300 多种。主要汽车客户有蔚来、小鹏、理想、上汽、比亚迪、奇瑞、江淮、五菱和联合电子等十余家车企。2022 年新洁能用于汽车电子的相关产品的销售额同比增长 700%。

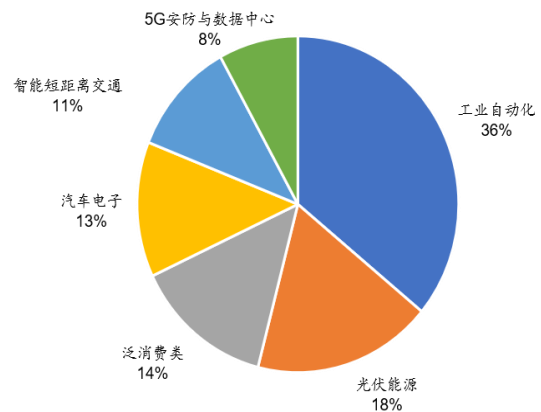
业绩快报显示:2021 年新洁能全年实现营收 14.98 亿元,同比增长 56.89%。其中营收约 9 成以上是来自 MOSFET 产品(包括高、中、低压)。得益于功率器件在各行业需求增长,2022 年全年营收达 18.11 亿元,同比增长 19.87%,归母净利润预计达 4.35 亿元,同比增长 4.51%。

图表 75: 新洁能营收和归母净利润(亿元)



数据来源: Wind, 华福证券研究所

图表 76: 新洁能业务结构



数据来源: Wind, 华福证券研究所

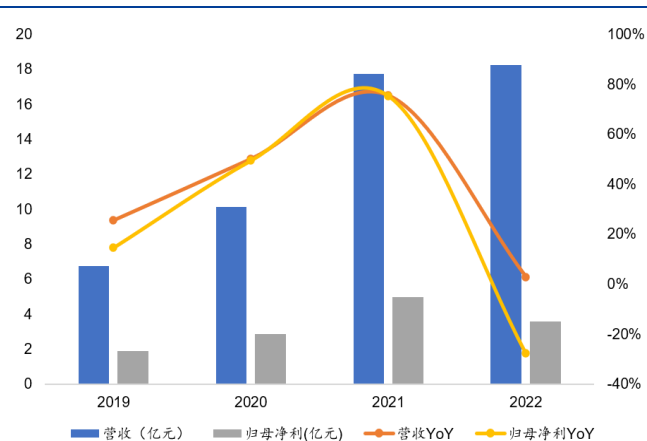
未来,随着陆续量产的 IGBT 单管产品在光伏和电动汽车上持续拓展,公司营收和盈利能力有望进一步得到提升。

### 5.6 捷捷微电

国内领先的功率器件公司,正由 Fabless 模式向 Fabless+封测模式蜕变。公司功率产品涵盖晶闸管、二极管、防护类器件、MOSFET、IGBT 器件和芯片和碳化硅器件等,其中晶闸管市占率排全球前三,国内第一。车规低压(40V, 60V) MOSFET 出货量在国内遥遥领先。MOSFET 已经上升为公司第一大业务。目前主要汽车客户

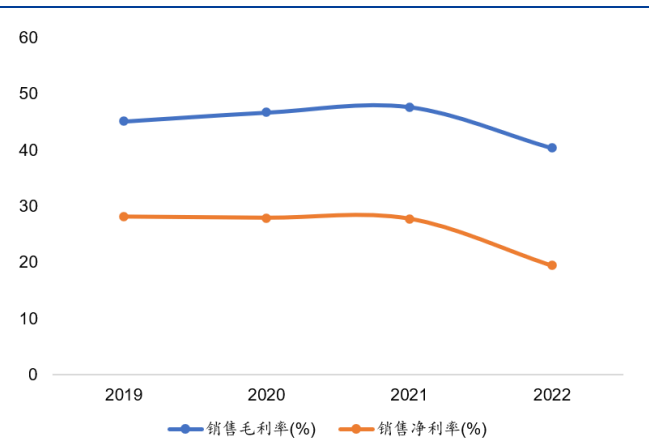
有：比亚迪、东风、罗思韦尔等。

图表 77：捷捷微电营收和归母净利润（亿元）



数据来源：Wind，华福证券研究所

图表 78：捷捷微电毛利率和净利率变化



数据来源：Wind，华福证券研究所

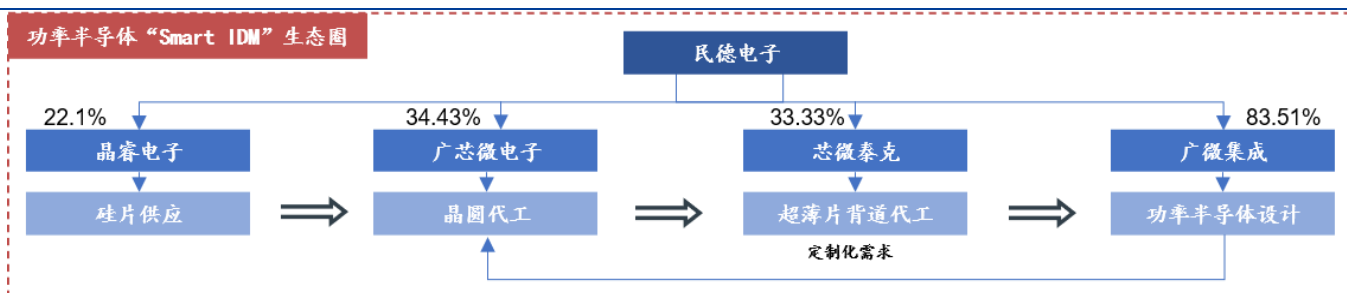
### 5.7 民德电子

公司成立于 2004 年，深耕条码识别设备的研发及产销近 20 年，该板块为行业龙头且营收居前，作为业务基本盘持续为公司增量业务输血。公司通过收购泰博迅睿涉足电子元器件分销业务，切入半导体行业。随后经过多轮精准的收购和参股，成为国内少有的在功率半导体设计、上游硅片制造和晶圆制造均有布局的企业，形成一套独特的功率半导体“Smart IDM”生态圈。

**条码识别技术自主研发，业务稳健增长。**公司为国内首家具备独立自主条码识别技术研发的企业，所有核心技术均系通过自主研发所取得；**财务上**，客户回款及时，现金流充沛，营收稳定，同时成本极低，可达到 30%的净利；**发展动力上**，影像扫描设备渗透率提升叠加物联网的加速发展支撑条码业务的推进；**客户上**，产品已得到下游众多知名客户的认可，与富士康、比亚迪、新加坡航空、中国移动等建立广泛、长期的合作伙伴关系。

**元器件分销业务逐渐拓展新应用领域。**2018 年 6 月收购泰博迅睿。作为全资子公司，泰博迅睿下游客户广泛，代理分销产品丰富，已开拓了新能源动力和储能电池业务，发展态势向好。

图表 79：民德电子“Smart IDM”生态圈



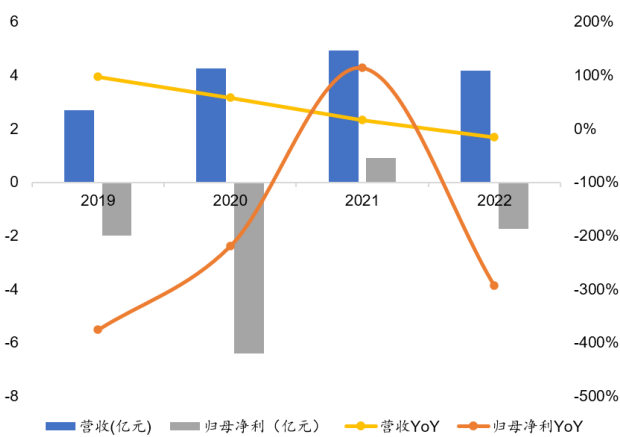
数据来源：Wind，公司公告，华福证券研究所

## 5.8 天岳先进

国内第三代半导体衬底龙头企业，业务覆盖导电和半绝缘型碳化硅衬底的设计、生产和销售。其中，2020年半绝缘型衬底出货量位列全球第三，目前半绝缘衬底为公司的主要营收来源。公司已经掌握衬底制备的全产业链技术，包括设备制造、碳化硅粉体合成、热场搭建和长晶等。导电型碳化硅衬底（主要应用于光伏、电动汽车等）制备技术已具备批量生产能力，有望为公司成长增加动力。

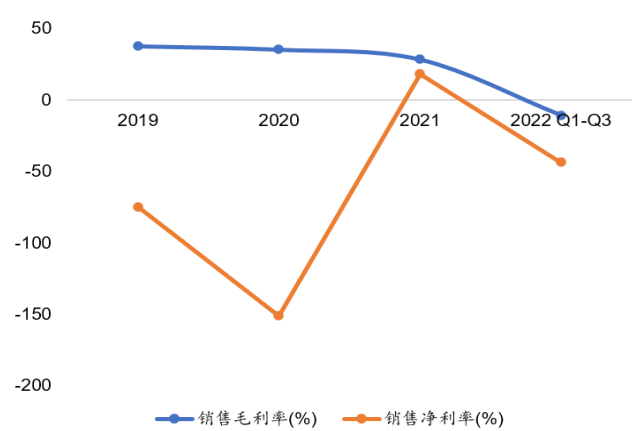
业绩快报显示：公司2022年预计实现营收4.17亿元，同比下滑15.56%，归母净利润达-1.75亿元，同比下滑294.02%。

图表 80：天岳先进营收和归母净利（亿元）



数据来源：Wind，华福证券研究所

图表 81：天岳先进半导体毛利率和净利率变化



数据来源：Wind，华福证券研究所

公司除了衬底技术有着深厚积淀外，还具备强大的科研平台，目前在研重点项目15个以上，同时具备强大的生产制造能力、优质的客户体系以及充足的人才储备优势。射频器件需求持续增长，有利于半绝缘型衬底市场份额逐步扩大。电动汽车和光伏等景气度上扬，对碳化硅器件的应用将会提速，而用于制备碳化硅器件的导电型衬底的需求量将有望迎来增长机遇。

图表 82：重点公司盈利预测（2023年4月21日）

代码	公司	股价 (元)	市值 (亿元)	营收 (亿元)				归母净利润 (亿元)				PE			
				2021	2022E	2023E	2024E	2021	2022E	2023E	2024E	2021	2022E	2023E	2024E
603290.SH	斯达半导	252.09	430.6	17.06	27.05	41.34	57.02	3.98	8.18	11.35	15.33	163.16	68.77	37.92	28.09
600745.SH	闻泰科技	58.35	725.2	527.29	581.76	745.90	929.87	26.12	29.02	41.26	53.22	61.70	24.99	17.58	13.63
688187.SH	时代电气	47.60	674.1	151.21	180.34	213.08	247.20	20.18	25.56	28.36	32.31	57.56	30.24	23.77	20.87
600460.SH	士兰微	35.34	500.4	71.94	82.82	108.31	131.94	15.18	10.52	13.08	16.68	50.57	44.12	38.26	30.01
605111.SH	新洁能	77.99	166.1	14.98	18.11	24.57	31.35	4.10	4.35	5.77	7.40	61.48	37.97	28.78	22.45
300623.SZ	捷捷微电	19.54	143.9	17.73	18.24	27.02	36.10	4.97	3.59	4.89	6.94	46.63	42.26	29.43	20.73
300656.SZ	民德电子	33.53	52.62	5.46	5.84	12.06	21.57	0.76	0.82	1.84	3.97	83.63	64.17	28.60	13.25
688234.SH	天岳先进	75.29	325.5	4.94	4.17	10.27	15.07	0.90	-1.75	0.78	1.74	--	-192.05	416.03	186.24

数据来源：Wind，华福证券研究所（盈利预测均来自Wind一致预期）

## 6. 风险提示

**电动汽车等新能源行业需求增长不及预期：**电动汽车、风光储等新能源行业是功率半导体重要应用领域。若新能源行业景气度下行，这将对公司营收和利润带来不利影响。

**车规芯片上车时间不及预期：**若相关公司车规功率半导体量产时间若出现延迟，将导致上车时间和产品上量不及预期。而车规芯片毛利率相对较高，这将对公司营收和利润带来不利影响。

**市场竞争加剧：**随着海外厂家产能恢复，国内厂家新建产能陆续投产，众多品类产品先后在电动汽车和光伏领域得以认证和出货。若竞争加剧，这将对公司营收和利润带来不利影响。



## 分析师声明

本人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，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告清晰准确地反映了本人的研究观点。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

## 一般声明

华福证券有限责任公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本公司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。

本报告的信息均来源于本公司认为可信的公开资料，该等公开资料的准确性及完整性由其发布者负责，本公司及其研究人员对该等信息不作任何保证。本报告中的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，之后可能会随情况的变化而调整。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息及资料保持在最新状态，对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

在任何情况下，本报告所载的信息或所做出的任何建议、意见及推测并不构成所述证券买卖的出价或询价，也不构成对所述金融产品、产品发行或管理人作出任何形式的保证。在任何情况下，本公司仅承诺以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告以供投资者参考，但不就本报告中的任何内容对任何投资做出任何形式的承诺或担保。投资者应自行决策，自担投资风险。

本报告版权归“华福证券有限责任公司”所有。本公司对本报告保留一切权利。除非另有书面显示，否则本报告中的所有材料的版权均属本公司。未经本公司事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。未经授权的转载，本公司不承担任何转载责任。

## 特别声明

投资者应注意，在法律许可的情况下，本公司及其本公司的关联机构可能会持有本报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司正在提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

## 投资评级声明

类别	评级	评级说明
公司评级	买入	未来 6 个月内，个股相对沪深 300 指数涨幅在 20%以上
	持有	未来 6 个月内，个股相对沪深 300 指数涨幅介于 10%与 20%之间
	中性	未来 6 个月内，个股相对沪深 300 指数涨幅介于-10%与 10%之间
	回避	未来 6 个月内，个股相对沪深 300 指数涨幅介于-20%与-10%之间
	卖出	未来 6 个月内，个股相对沪深 300 指数涨幅在-20%以下
行业评级	强于大市	未来 6 个月内，行业整体回报高于沪深 300 指数 5%以上
	跟随大市	未来 6 个月内，行业整体回报介于沪深 300 指数-5%与 5%之间
	弱于大市	未来 6 个月内，行业整体回报低于沪深 300 指数-5%以下

## 联系方式

华福证券研究所 上海

公司地址：上海市浦东新区浦明路 1436 号陆家嘴滨江中心 MT 座 20 层

邮编：200120

邮箱：hfyjs@hfzq.com.cn