

## 全球功率器件行业景气度居高不下，产品仍在快速升级，国产替代酝酿机遇。

受益于全球能源变革带动新能源汽车、光伏、风电等下游应用领域需求的快速提升，全球功率半导体持续维持高景气度。从1Q22情况来看，海外龙头厂商诸如英飞凌、意法半导体等相继发布涨价函，英飞凌功率器件交货周期最高攀升至65周，达到2020年以来最高水平，行业景气度有望持续。当前国内功率器件国产化率仍处于较低水平，2021年国内主要功率器件上市公司营收占国内总市场比重仅22%，当前仍有较大国产替代空间。而目前功率器件正在持续进行产品的升级迭代，IGBT、SiC等高端器件国产化率更低，空间增长更快，具备更好的国产替代机遇。

**至2025年国内IGBT市场空间有望达到583亿元，国内厂商快速追赶海外龙头。** IGBT在功率器件的市场空间仅次于MOSFET，且增长最快，国产化率较低，国内外厂商差距正在快速缩小，因此具备极佳的产业前景。据我们测算至2025年国内IGBT市场空间有望达到583亿元，其中新能源车、风/光/储能、工控、家电领域的市场空间分别为231亿元、197亿元、66亿元和66亿元，新能源有望成为IGBT下游应用领域中占比最大，增长最快的行业。同时新能源车、光伏、风电等领域由于对IGBT产品要求较高的功率、稳定性等，毛利率相较工控和家电领域更高，已成为功率器件厂商的“必争之地”。国内厂商进展来看，当前时代电气、斯达半导、士兰微等厂商IGBT产品已能够对标英飞凌第七代产品；时代电气、斯达半导、BYD半导、士兰微、宏微科技等厂商IGBT产品已在新能源车领域实现量产；头部厂商在光伏、风电领域亦实现批量出货，预计未来业绩有望实现快速增长。

**重视国内厂商的产品品类高端化，产品下游应用领域优化以及晶圆产线向大尺寸的升级节奏。** 行业景气之外，当前国内厂商正在经历几大内部的重要变化：1) 产品品类高端化：MOS领域，诸如新洁能等厂商的超结和屏蔽栅MOS器件营收占比快速提升；IGBT和SiC方面，当前国内闻泰科技、时代电气、士兰微等厂商均在不断推进产品开发和升级节奏，高端产品性能已能够对标海外龙头。2) 下游应用架构优化：当前功率器件需求增长最快的来源为新能源汽车、光伏、风电等，同时由于这些领域较高的性能、稳定性要求，竞争格局相对较好，行业缺货情况显著，目前国内功率器件领先厂商在新能源应用的占比不断提升，新能源占比的提升也有望反向推动厂商的营收增速和毛利率加快增长。3) 晶圆产线向大尺寸升级：相较于6英寸和8英寸，12英寸产线具备更低的成本，更优质的工艺和更好的产品性能，当前国内闻泰科技、士兰微、华润微等厂商纷纷布局12英寸产能，其他厂商也正在加快基于12英寸平台的功率器件产品开发节奏，晶圆产线升级有望进一步推动厂商成本优化，产品性能改良。

**投资建议：**当前功率器件行业景气度维持高位，主要公司业绩快速增长，产品升级和下游结构优化的过程中，功率器件厂商的成长天花板正在不断打开。估值来看，功率赛道经过调整后已进入攻守兼备的位置，当前可重点关注功率赛道的投资机会。建议关注：士兰微、时代电气、斯达半导、闻泰科技、新洁能、东微半导、扬杰科技等优质国产功率器件厂商。

**风险提示：**下游需求增速放缓的风险；产能扩张节奏不及预期风险；行业竞争格局恶化的风险。

## 推荐

维持评级



**分析师：方竞**

执业证号：S0100521120004

电话：15618995441

邮箱：fangjing@mszq.com

**研究助理：童秋涛**

执业证号：S0100122010028

电话：13127514626

邮箱：tongqiutao@mszq.com

## 相关研究

1. 汽车电子4月跟踪：复工复产有序推进，展望新车发布潮
2. 电子行业2021年报及2022Q1季报总结：不畏浮云，寻找穿越周期的力量
3. 电子板块2022年一季度基金持仓分析：深度回调+持仓下降，电子板块底部特征明显
4. EDA深度报告：半导体赋能基石，国产突围势在必行
5. 电子行业周报20220417：不畏浮云，坚守成长

# 目 录

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 景气度居高不下，国产替代和产品迭代酝酿机遇 .....</b>   | <b>3</b>  |
| 1.1 全球功率器件景气度维持高位.....                 | 3         |
| 1.2 IGBT 和 SiC 器件前景明朗.....             | 6         |
| <b>2 IGBT 市场空间测算及国内厂商进展分析 .....</b>    | <b>13</b> |
| 2.1 IGBT 需求迎来快速增长期，新能源车是主要驱动力 .....    | 13        |
| 2.2 新能源车成为 IGBT 需求增长的最大来源.....         | 13        |
| 2.3 风、光、储能是 IGBT 增长的重要动力 .....         | 19        |
| 2.4 工控和家电是 IGBT 需求的稳定来源 .....          | 23        |
| <b>3 关注国内厂商的品类切换、结构优化、产线升级节奏 .....</b> | <b>28</b> |
| 3.1 产品品类升级，高端产品对标海外龙头厂商.....           | 28        |
| 3.2 下游市场切换，新能源收入占比快速提升.....            | 29        |
| 3.3 晶圆产线持续升级，功率产品价格更优、性能更良 .....       | 30        |
| <b>4 投资建议 .....</b>                    | <b>32</b> |
| <b>5 风险提示 .....</b>                    | <b>33</b> |
| <b>插图目录 .....</b>                      | <b>34</b> |
| <b>表格目录 .....</b>                      | <b>34</b> |

# 1 景气度居高不下，国产替代和产品迭代酝酿机遇

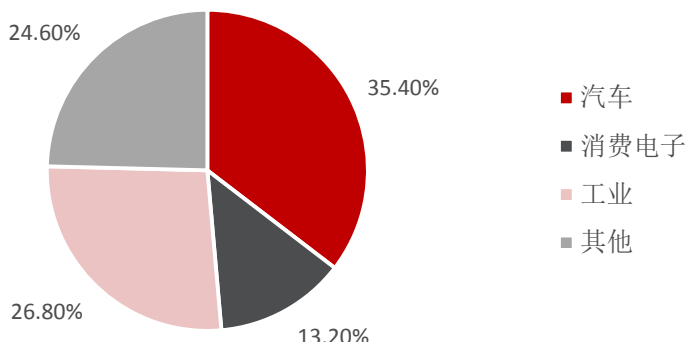
## 1.1 全球功率器件景气度维持高位

### 1.1.1 功率半导体下游应用广泛，能源变革驱动需求快速增长

功率半导体作为电能转换、电路控制的核心部件，广泛应用于汽车、消费电子、计算机、网络通信、工控等场景，其中汽车在下游需求的占比中最高，达到 35.4%。2020 年以来，全球范围内新能源汽车、光伏、风电应用领域的下游需求激增，带动功率半导体行业进入景气期。

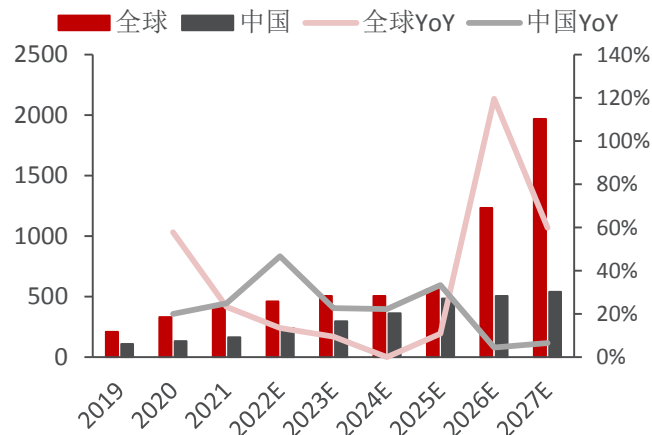
**全球新能源渗透率的持续增长有望带动功率器件行业景气度维持高位。**据中国汽车工业协会数据，至 2027 年中国和全球的新能源汽车出货量有望分别达到 1970 万辆和 539 万辆，相比 2021 年 CAGR 增速分别达到 30%和 22%；新能源发电领域，Woodmac 预计至 2025 年全球光伏和风电装机量有望分别达到 146GW 和 86GW。作为功率器件应用的重要下游，全球新能源渗透率的快速提升有望持续带动功率器件下游需求，全行业景气度有望维持高位。

图 1：2019 年全球功率半导体下游需求占比（%）



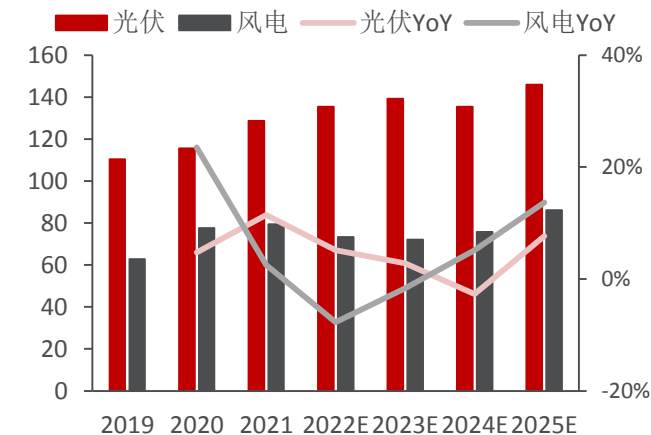
资料来源：智研咨询，民生证券研究院

图 2：2020-2027 年全球新能源汽车出货量（万辆）



资料来源：中国汽车工业协会，民生证券研究院

图 3：2020-2025 年全球光伏和风电新增装机量 (GW)



资料来源：Woodmac，民生证券研究院

### 1.1.2 交货周期持续拉长，行业景气度居高不下

2022年一季度海外主流功率器件厂商交货周期和价格均呈现上升态势。货期方面，海外供应商几乎全品类货期均有上行，其中英飞凌最长货期已达到65周；价格方面，除个别品类外，主流器件价格均有上升趋势。我们认为，一季度的涨价及货期拉长主要原因包括下游需求持续旺盛、上游产能释放缓慢、全球海运价格上行、疫情持续以及上游原材料成本上升等，货期及价格的上涨也预示着功率器件景气度仍然维持高位。

表1：全球主要功率半导体器件厂商交货周期变化情况

| 厂商名称  | 器件名称       | 货期（周） |       |       |       |       |       |       |       | 价格变化  |      |
|-------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|       |            | 1Q20  | 2Q20  | 3Q20  | 4Q20  | 1Q21  | 2Q21  | 3Q21  | 4Q21  | 1Q22  | 1Q22 |
| 英飞凌   | IGBT       | 22-30 | 22-30 | -     | 18-26 | 18-26 | 26-52 | 39-50 | 18-26 | 39-50 | +    |
|       | 低压 Mosfet  | 15-30 | 15-30 | -     | 15-30 | 16-39 | 26-52 | 39-52 | 15-30 | 52-65 | +    |
|       | 高压 Mosfet  | 21-26 | 24-28 | -     | 18-20 | 18-22 | 26-40 | 26-40 | 18-20 | 52-65 | 0    |
|       | 军用-航空晶体管   | -     | 20-35 | -     | 20-40 | 20-40 | 30-50 | 30-50 | 20-40 | 25-50 | 0    |
|       | 宽带隙 Mosfet | -     | -     | -     | 20-22 | 24-30 | 26-36 | 36-50 | 20-22 | 42-52 | +    |
|       | 双晶体管/RETS  | -     | -     | -     | 10-16 | 10-16 | 12-40 | 12-52 | -     | 12-52 | +    |
|       | 通用晶体管      | -     | 10-18 | -     | 12-18 | 12-18 | 12-52 | 12-52 | 12-18 | 12-52 | +    |
| 安森美   | ESD        | 18-20 | 8-20  | 8-20  | 8-20  | 8-20  | 20-50 | 20-50 | 8-20  | 20-50 | +    |
|       | 低压 Mosfet  | 13-20 | 13-20 | 8-16  | 14-24 | 18-30 | 26-52 | 42-52 | 14-24 | 42-52 | +    |
|       | 高压 Mosfet  | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 36-52 | +    |
|       | 开关二极管      | 11-16 | 10-20 | 8-16  | 12-18 | 12-30 | 16-52 | 16-52 | 12-18 | 16-52 | +    |
|       | 宽带隙 Mosfet | -     | -     | 12-14 | 12-22 | 24-34 | 26-36 | 36-50 | 12-22 | 42-52 | +    |
|       | 逻辑器件       | 12-25 | 12-25 | 12-16 | 30-50 | 30-50 | 30-50 | 30-50 | 30-50 | 30-50 | 0    |
|       | 齐纳二极管      | 11-17 | 10-20 | 8-16  | 12-40 | 12-40 | 16-52 | 16-52 | 12-40 | 16-52 | +    |
|       | 双极晶体管      | 13-17 | 10-20 | 8-16  | 10-18 | 10-30 | 16-52 | 16-52 | 10-18 | 16-52 | +    |
|       | 通用晶体管      | 11-17 | 10-20 | 8-12  | 10-18 | 10-30 | 16-52 | 16-52 | 10-18 | 20-52 | +    |
|       | 小信号 MOSFET | 13-21 | 10-20 | 10-20 | 12-20 | 12-30 | 16-52 | 16-52 | 12-20 | 16-52 | +    |
|       | 肖特基二极管     | 11-16 | 10-20 | 8-16  | 12-18 | 12-30 | 16-52 | 16-52 | 12-18 | 16-52 | +    |
| 意法半导体 | 整流器        | 10-20 | 12-20 | 12-20 | 12-39 | 12-39 | 14-52 | 8-52  | 12-39 | 40-52 | +    |
|       | ESD        | 20-24 | 20-24 | 13-20 | 13-20 | 13-20 | 13-29 | 20-40 | 13-20 | 20-40 | +    |
|       | IGBT       | 17-25 | 16-20 | 14-18 | 18-24 | 18-24 | 30-36 | 36-42 | 18-24 | 47-52 | +    |
|       | TVS 二极管    | 13    | 18-20 | 14-16 | 14-20 | 14-20 | 14-20 | 30-40 | 14-20 | 30-40 | +    |
|       | 低压 Mosfet  | 17-30 | 24-30 | 14-26 | 18-26 | 18-26 | 30-52 | 42-52 | 18-26 | 48-52 | +    |
|       | 高压 Mosfet  | 19-24 | 18-30 | 12-18 | 14-18 | 14-26 | 22-30 | 26-36 | 14-18 | 47-52 | +    |
|       | 晶闸管/Triac  | 22-26 | 22-26 | 16-20 | 16-20 | 16-20 | 40-50 | 40-50 | 16-20 | 40-50 | 0    |
|       | 宽带隙 Mosfet | -     | -     | 26-30 | 26-39 | 30-39 | 30-39 | 42-52 | 26-39 | 42-52 | +    |
|       | 双极晶体管      | 13-19 | 10-20 | 10-20 | 12-20 | 12-30 | 20-40 | 20-40 | 12-20 | 20-40 | +    |
|       | 整流器        | 15-20 | 10-12 | 10-16 | 10-26 | 10-26 | 38-40 | 38-40 | 10-26 | 48-50 | +    |

资料来源：富昌电子，民生证券研究院

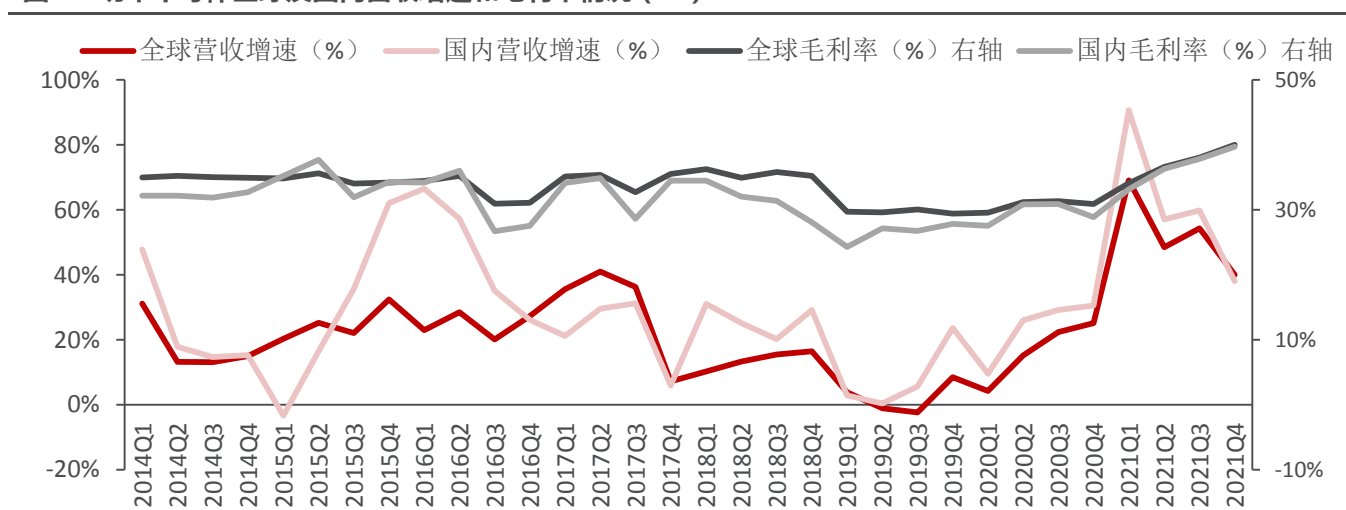
注：价格变化中，“+”代表环比涨价，“0”代表环比持平；“-”代表环比降价

全球功率器件厂商的营收的高增长和毛利率的持续攀升亦能反应行业景气度的居高不下。

从行业增速来看：受益下游需求的高景气，1Q20 以来国际和国内的主要厂商营收均呈现快速上升的态势，虽然 2Q21 以来由于基数较高、产能不足等问题，行业厂商营收增长速度有所放缓，但行业总体增速仍维持高位，4Q21 全球和国内主要功率器件主要厂商的营收增速分别达到 40.00%和 38.06%。

从行业毛利率水平来看：全球功率器件厂商自 2020 年以来持续攀升，显示出行业供需失衡的状态仍在持续。尽管 2020 年以来全球厂商纷纷扩产，但半导体新增产能的开出通常需要 3-5 年的时间，当前全球和国内功率器件主要厂商的平均毛利率分别达到 40.00%和 39.74%，为 2014 年以来的最高水平，预示行业供给相对不足和高景气的情况有望持续。

图 4：功率半导体全球及国内营收增速和毛利率情况（%）



资料来源：Wind，民生证券研究院

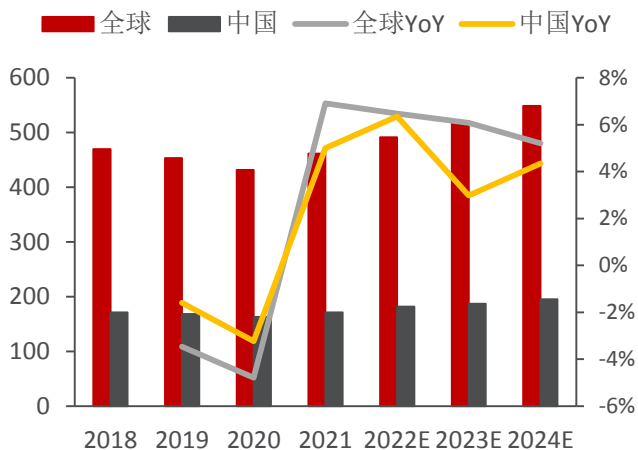
注：主要测算公司包括：英飞凌、安森美、士兰微、华润微、斯达半导、扬杰科技

### 1.1.3 功率器件面临国产化窗口，当前国产化率仍有较大空间

国内功率半导体市场国产化率不足 30%，国内厂商仍有较大成长空间。据 Omda，2021 年全球和中国功率半导体市场空间分别为 462 亿美元和 182 亿美元，至 2025 年，全球和中国市场空间有望分别达到 548 亿美元和 195 亿美元，相比 2021 年复合增速分别有望达到 5.92% 和 4.55%。当前国内功率器件仍主要依赖进口，据我们测算，国内功率器件主要上市公司 2021 年相关收入占当前国内功率器件市场份额为 22.08%，相比 2020 年提升 7.81pct，但当前国产替代仍有较大空间。且国内厂商主要以二极管、晶闸管等技术壁垒相对较低的品类为主，在大功率 MOSFET、IGBT 等领域的国产化率更低。我们认为，当前全球大功率器件需求快速上升，全球供给相对不足，而国产厂商技术快速跟进，客户认可度持续提升，当前时点是功率器件国产替代的重要窗口期，国产厂商未来有望在大功率 MOSFET、IGBT、SiC 等器件获得更高的国产化率。

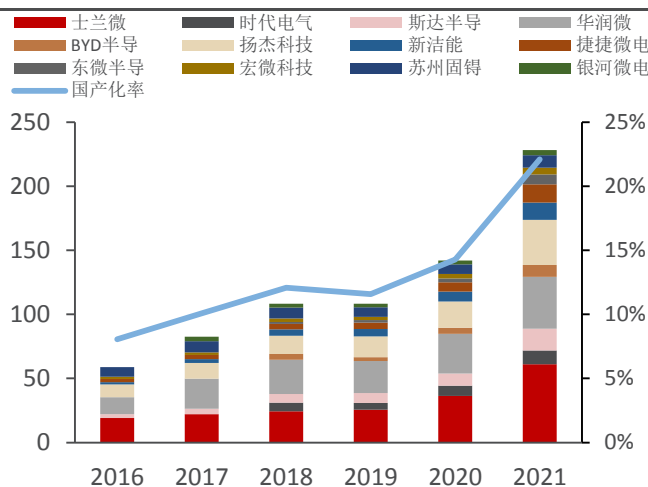


图 5 :2018-2024 年全球和中国功率半导体市场规模及预测 (亿美元)



资料来源：Omdia，民生证券研究院

图 6 :2016-2021 年中国功率器件市场空间及国产化率 (亿元，%)



资料来源：IHS Markit，公司公告

注：国产化率计算过程所用美元人民币汇率为 6.5；华润微、BYD 半导、宏微科技、苏州固锴 2021 年功率器件收入为民生证券预测数据

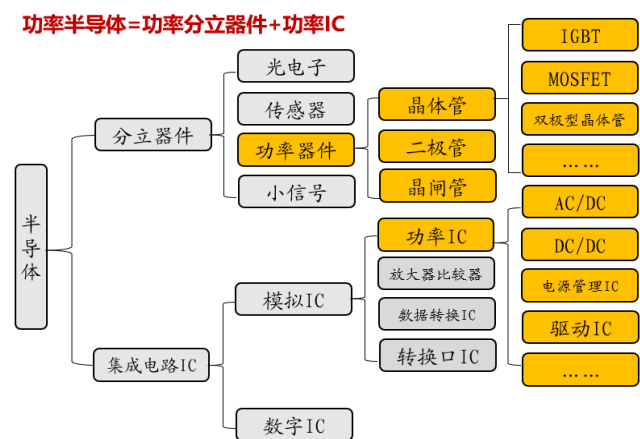
## 1.2 IGBT 和 SiC 器件前景明朗

### 1.2.1 IGBT 和 大功率 MOSFET 是功率器件增长的主要驱动力

类别来看，功率半导体可以粗分为功率 IC 和功率器件两大类。其中，功率器件主要包括二极管、晶闸管和晶体管，功率 IC 又包括电源管理 IC 和驱动 IC 等。二极管和晶闸管出现的时间相对较早，总体结构和生产工艺较为简单，目前需求增长较快的 IGBT、MOSFET 等属于晶体管系列，当前正处于下游景气度高企和国产替代的关键时期。

从功能来看，功率器件主要用于电能变换和电能控制电路，主要功能为逆变、整流、变压和变频；而功率 IC 则由于进一步封装了驱动、控制、保护、接口、监测等外围电路，从而具有电源管理、驱动电路、电能变换和控制等功能。

图 7：功率半导体类别梳理



资料来源：新洁能，民生证券研究院

图 8：功率器件和功率 IC 的主要功能



资料来源：新洁能，民生证券研究院

### 功率器件按照开关控制能力可分为不可控型器件、半控型器件和全控型器件。

**1) 二极管** 二极管中商业化较为成功的器件包括 PiN 功率二极管和肖特基势垒功率二极管，其中，PiN 功率二极管具备耐高压、低泄漏电流和低导通损耗等特点，但开关速度较慢；而肖特基势垒功率二极管则具备较高的开关频率、但有较大的泄露电流、较低的击穿电压和较差的高温特性，二者呈现互补关系。当前市场正在通过工艺改进及材料替换来开发具有更优的高压、高频特新的二极管。

**2) 晶闸管**：晶闸管是一种半控型功率器件，早期由于其较高的电压和应用电流，被广泛应用率高功率场景，而新型功率 MOS，尤其是 IGBT 的出现则在一定程度上替代了晶闸管的应用。

**3) BJT**：双极结型晶体管是结构相对简单的功率器件，其在功率和频率上的表现都不突出，但由于其工艺成熟、成本较低等优点，仍在低端功率应用场景中具备一定的份额。

**4) IGBT**：IGBT 的出现大大拓宽了硅基功率半导体的工作电压范围，其最高工作电压达到 6500V，同时具备功率 MOS 相对合适的工作频率，在电动车、轨道交通、电网、光伏和风电等领域具有广泛的应用。

**5) MOSFET**：功率 MOS 可以进一步细分为平面型 MOSFET、沟槽型 MOSFET、超结 MOSFET、屏蔽栅 MOSFET，分别具有不同的功率和频率特性，应用场景较为广泛。

表 2：不同类型功率半导体性能

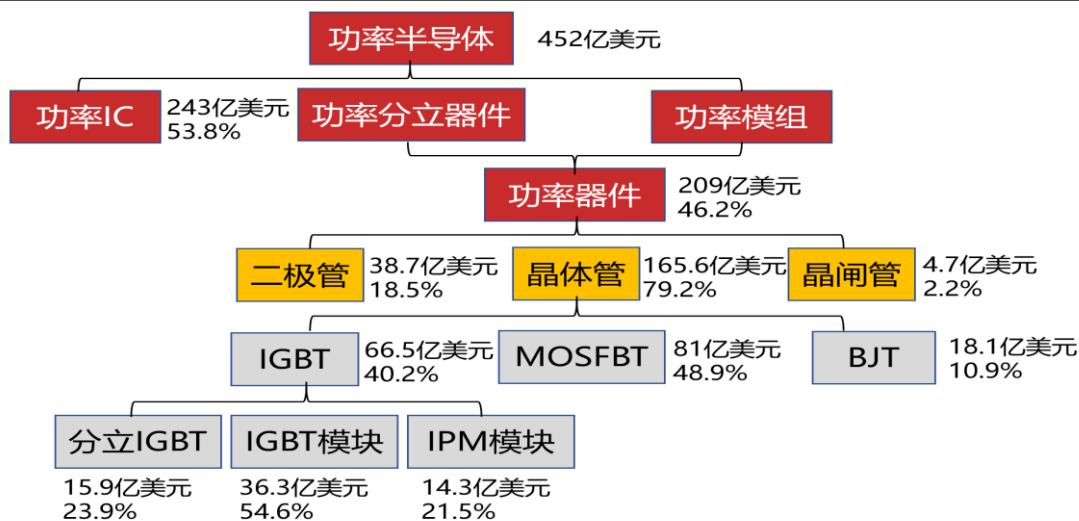
| 控制能力   | 产品类型       | 出现时间  | 技术路线       | 优点                            | 缺点                              | 现状                     |
|--------|------------|-------|------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------|
| 不可控型器件 | 二极管        | 1950s | PiN 功率二极管  | 耐高压、大电流、低泄露电流、低导通损耗           | 关断速度慢                           | -                      |
|        |            |       | 肖特基势垒功率二极管 | 开关频率高                         | 泄露电流大，击穿电压低（通常用于 250V 以下），高温特性差 | -                      |
| 半控型器件  | 晶闸管        | 1960s | -          | 相对较高的应用电压和电流                  | 大损耗、低频率、不易驱动                    | 逐渐被新一代功率 MOS 和 IGBT 替代 |
|        | BJT        | 1950s | -          | 工艺成熟、成本低、良率高                  | 频率较低、电压较低、热容量小、不以驱动             | 在低端应用中仍有一定份额           |
|        | 平面型 MOSFET | 1970s | -          | 易于驱动，工作频率高                    | 芯片面积较大，损耗较高                     | -                      |
|        | 沟槽型 MOSFET | 1980s | -          | 高频、热稳定性好、损耗低                  | 耐压低                             | -                      |
| 全控型器件  | IGBT       | 1980s | -          | 低损耗、耐高压（600V~6500V）、相对高频、易于驱动 | 频率较低                            | 主要应用于高压、大电流场景          |
|        | 超结 MOSFET  | 1990s | -          | 高频、低损耗、耐压较高（500V~900V）        | -                               | -                      |
|        | 屏蔽栅 MOSFET | 2000s | -          | 高频、低损耗、耐压中等（30V~300V）         | -                               | 高端电源管理、电机驱动、汽车电子领域     |

资料来源：中国半导体行业协会，新洁能，民生证券研究院

**IGBT 和功率 MOS 有望成为全球功率器件市场的主要增长来源。**根据英飞凌、Omedia 等机构的数据，2020 年全球功率半导体市场规模达到 452 亿美元，其中功率 IC 市场规模为 243 亿美元，功率器件市场规模为 209 亿美元。功率器件中，二极管、晶闸管、BJT、功率 MOS 和 IGBT 的市场规模分别为 38.7 亿美元、4.7 亿美元、18.1 亿美元、81 亿美元和 66.5 亿美元。其

中二极管和晶闸管市场规模总体较为平稳，而受益于新能源汽车、光伏、风电、电网建设等下游需求的持续增长，IGBT 和大功率 MOSFET 的市场空间仍保持快速上升的态势，其中 IGBT 在 2021 年-2023 年全球市场空间的复合增速有望达到 7.48%。

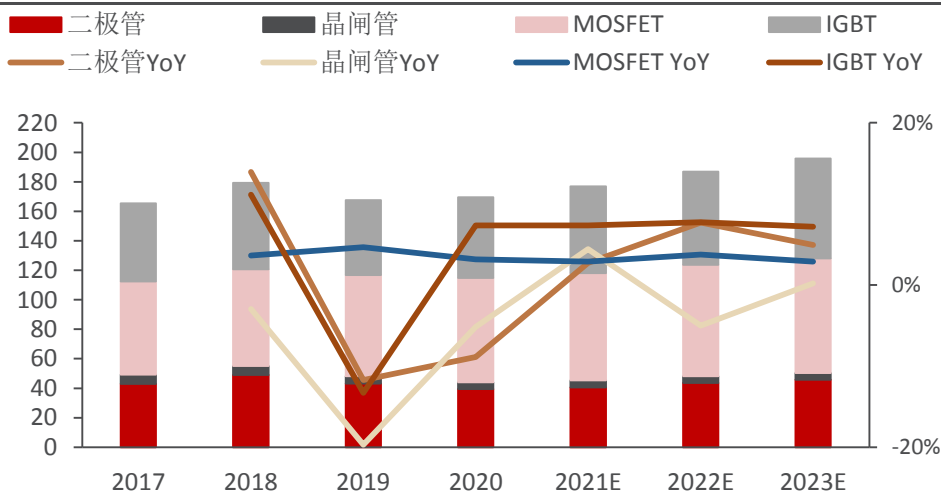
图 9：2020 年全球功率半导体细分品类市场空间梳理



资料来源：英飞凌，Omdia，IHS Markit，民生证券研究院

注：其中 IGBT 和 MOSFET 市场空间数据来自英飞凌年报

图 10：2017-2023 年全球二极管、晶闸管、MOSFET、IGBT 市场空间及预测 (亿美元，%)



资料来源：Yole，IHS Markit，民生证券研究院

## 1.2.2 IGBT 应用步入成熟期，国产替代空间广阔

IGBT 全称为绝缘栅极晶体管，可以被认为是 MOSFET 和 BJT (双极型三极管) 组成的混合型器件，具有 MOSFET 的高输入阻抗，同时兼具晶闸管等双极型器件的低导通压降，以及具有相对合适的工作频率。从应用场景来划分，开关频率大于 20kHz 的应用场景主要采用 MOSFET，电压等级大于 1200V 以上的高压场景主要采用 IGBT，在介于两者之间的场景，主要根据应用的



需求采用 MOSFET 或 IGBT 的解决方案。

图 11：MOSFET 和 IGBT 内部结构对比

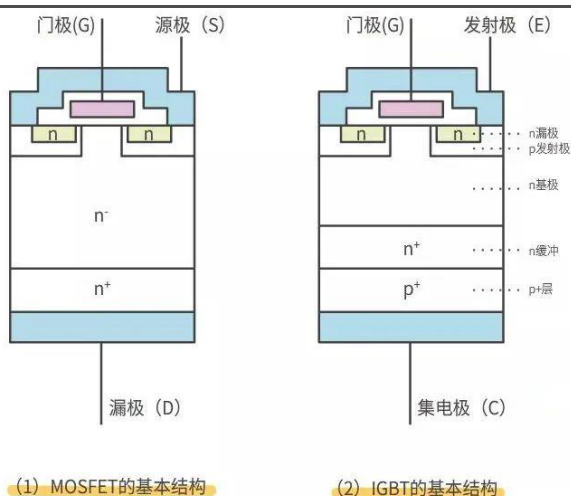


图 12：MOSFET 和 IGBT 性能比较

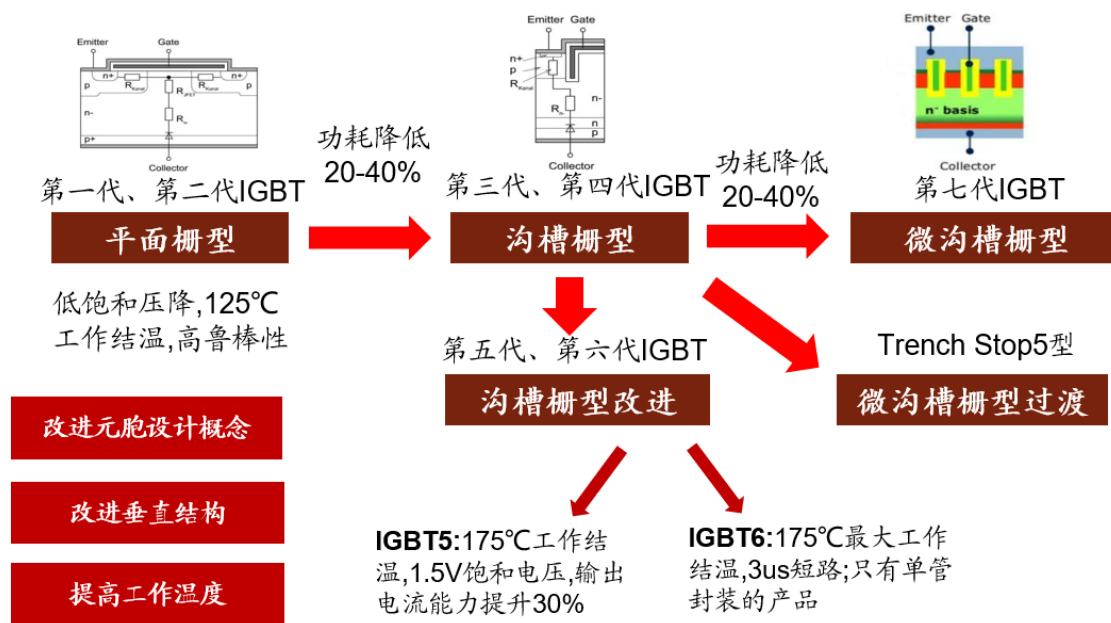
|          | MOSFET              | IGBT                 |
|----------|---------------------|----------------------|
| 开关容量     | 100A/500V           | 1.2kA/1.6kV          |
| 开关频率     | > 50kHz             | < 20kHz              |
| 通态损耗     | 高                   | 低                    |
| 门栅极驱动功耗  | 低                   | 很低                   |
| 控制方式     | 电压                  | 电压                   |
| 反向电压阻断能力 | 0                   | 200-2500V            |
| 正向电流范围   | 12-100V             | 100-400V             |
| 正向导通电流密度 | 6 A/cm <sup>2</sup> | 60 A/cm <sup>3</sup> |

资料来源：华芯百创，民生证券研究院

资料来源：《MOSFET 和 IGBT 性能的比较》，民生证券研究院

以英飞凌 IGBT 产品代际为准，目前主流的 IGBT 已迭代到第七代产品，除了第一代产品外，其他代际都在适应的场景有所应用，代际的迭代主要是通过 IGBT 内部的结构改善，从而降低产品的功耗。目前 IGBT 的发展主要有三大特征：1) 产品不追求制程，生产模式以 IDM 为主；2) 通过改进元胞设计概念、改进垂直结构等方式提升产品在功耗、工作温度、频率等方面的性能；3) 不同代际和技术路线的 IGBT 产品根据其性能、价格、稳定性等综合因素广泛适用于各种不同场景，例如目前工控、家电及部分汽车 IGBT 使用英飞凌第四代（沟槽栅）产品，较高端车型使用英飞凌第七代（EDT2 产品）。

图 13：英飞凌不同代际产品结构及性能差异

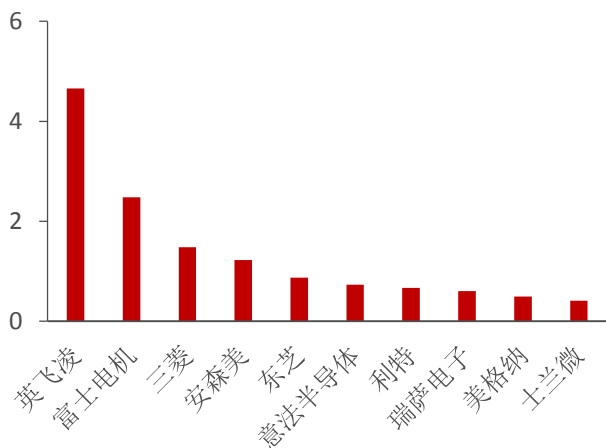


资料来源：英飞凌，民生证券研究院

据英飞凌，2020 年全球 IGBT 市场空间达到 66.5 亿美元，供给格局较为集中，CR10 达到 82.6%，其中英飞凌市场份额超过 30%。而前十大供应商中，国内供应商份额较少，当前只有

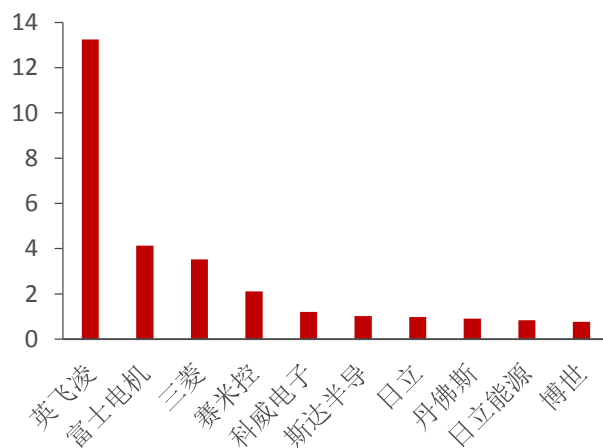
士兰微、斯达半导和华微电子在个别细分品类中挤入前十大份额，当前 IGBT 仍有较大的国产替代空间。2020 年，全球 IGBT 单管 CR10 为 85.7%，国内仅有士兰微一家进入全球前十大供应商，份额为 2.6%；全球 IGBT 模块 CR10 为 79.1%，斯达半导表现优异，为全球第六大供应商，市场份额达到 2.8%；全球 IPM 模块 CR10 为 87.9%，士兰微和华微电子分别位列第九和第十，合计份额达到 2.5%。IGBT 总体来看，全球 CR10 份额为 82.6%，其中国内厂商在前十大份额中占比为 2.7%，当前 IGBT 仍有较大的国产替代空间。

图 14：2020 年全球 IGBT 单管前十大供应商（亿美元）



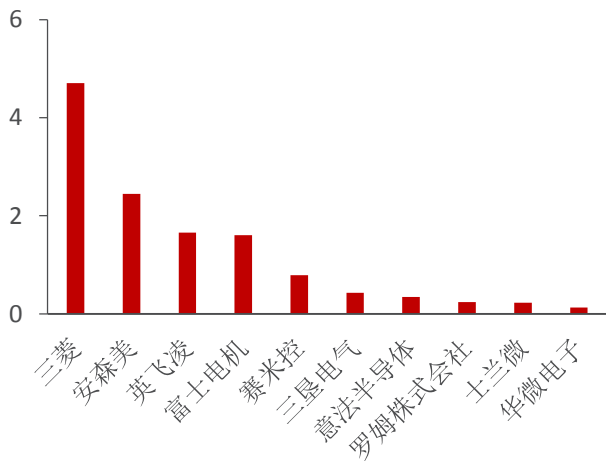
资料来源：英飞凌，民生证券研究院

图 15：2020 年全球 IGBT 模块前十大供应商（亿美元）



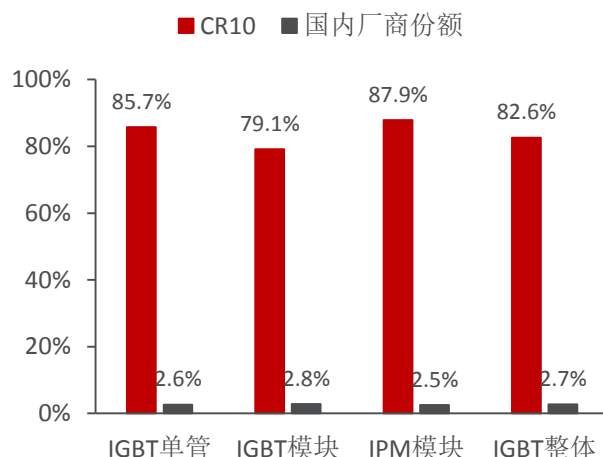
资料来源：英飞凌，民生证券研究院

图 16：2020 年全球 IPM 模块前十大供应商（亿美元）



资料来源：英飞凌，民生证券研究院

图 17：2020 年全球 IGBT CR10 及国内厂商份额（%）



资料来源：英飞凌，民生证券研究院

### 1.2.3 SiC 和 GaN 性能优异，但技术和工艺仍有待完善

硅基衬底是目前技术和工艺最成熟、成本最低的功率半导体材料；碳化硅器件具有更高的频率、功率性能，目前在汽车电子领域已有所应用；氮化镓主要用在高频率场景，目前主要应用领域是超级快充。不同材料衬底的特性决定了其功率和频率特性，从而具有不同的适用场景：1)

功率：功率器件的击穿电压取决于电场给载流子施加的速度是否能造成半导体材料发生雪崩击穿，因此宽禁带半导体具备更大的击穿电场强度，碳化硅（3.4eV）和氮化镓（3.2eV）的禁带宽度远大于硅（1.12eV），从而碳化硅和氮化镓功率器件的击穿电压高于硅基器件。2）频率：功率半导体的开关时间取决于载流子迁移速度、晶体管发射级和集电极的间距，因而具备更高饱和电子迁移速率和相对小体积的氮化镓（ $2.5 \times 10^7 \text{cm/s}$ ）和碳化硅（ $2 \times 10^7 \text{cm/s}$ ）功率器件的频率性能高于硅（ $1 \times 10^7 \text{cm/s}$ ）基功率器件。此外，第三代半导体在最高工作温度方面同样显著优于硅基功率器件。

表 3：不同衬底材料性能对比

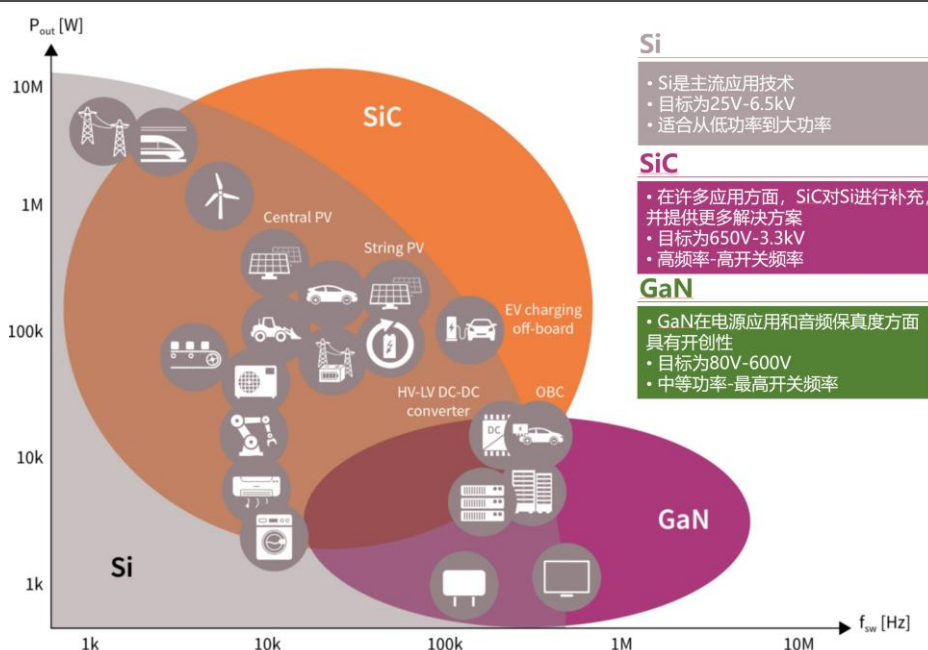
| 指标参数   | 硅（第一代） | 砷化镓（第二代） | 碳化硅（第三代） | 氮化镓（第三代） |
|--|--------|----------|----------|----------|
| 禁带宽度（eV）   | 1.12   | 1.43     | 3.20     | 3.40     |
| 饱和电子漂移速率<br>( $10^7 \text{cm/s}$ )                             | 1.00   | 1.00     | 2.00     | 2.50     |
| 热导率<br>( $\text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ) | 1.50   | 0.54     | 4.00     | 1.30     |
| 击穿电场强度<br>(MV/cm)  | 0.30   | 0.40     | 3.50     | 3.30     |
| 最大工作温度<br>( $T_{\text{max}}, ^\circ\text{C}$ )                 | 150    | -        | 760      | 800      |

资料来源：《宽禁带半导体高频及微波功率器件与电路》，民生证券研究院

注：碳化硅有 200 多种晶型，上表列示目前主流的碳化硅晶型 4H-SiC 的参数。

基于不同衬底的特性，硅、碳化硅和氮化镓衬底的功率器件呈现出不同的工作范围和应用场景。硅基功率器件主要用于 25V-6500V 和相对低频的应用范围，典型应用场景包括工控、家电等；碳化硅功率器件的工作电压介于 650V-3300V，主要应用于相对高频和高压的场景；氮化镓器件工作电压相对较低，介于 80V-600V 之间，但具有很好的高频性能，主要应用场景包括快充、高端服务器、5G 通信等领域。

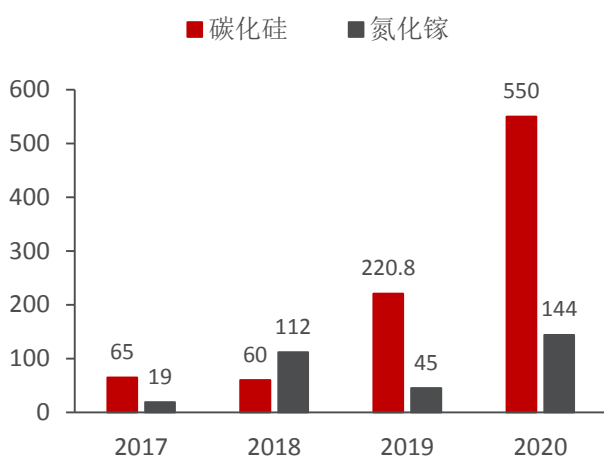
图 18：硅、碳化硅、氮化镓衬底功率器件主要应用场景



资料来源：英飞凌，民生证券研究院

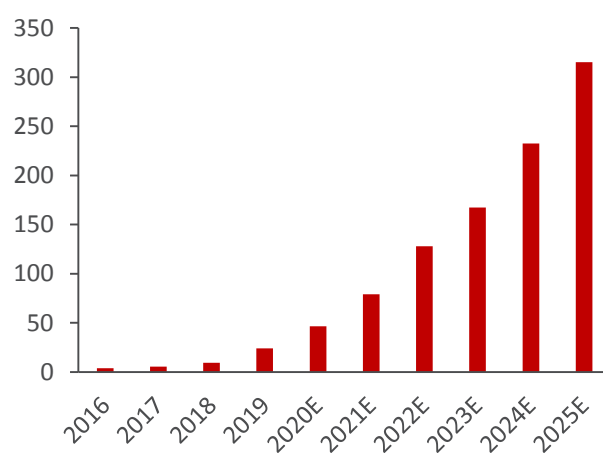
当前 SiC 和 GaN 材料仍在开发早期，当前国内大力投资第三代半导体材料，预计未来有望实现对国外厂商的弯道超车。据 CASA Research 统计，2019 年国内第三代半导体材料市场空间为 24 亿元。而过去几年国内第三代半导体投资快速增长，2020 年中国 SiC 和 GaN 投资规模分别达到 550 亿元和 144 亿元，产业的大力投资预期有望带来第三代半导体技术的加速成熟和市场空间的快速增长，预计至 2025 年，中国第三代半导体市场空间有望达到 315 亿元，相比 2019 年 CAGR 增速达到 53.60%。

图 19：2017-2020 年中国 SiC 和 GaN 投资额（亿元）



资料来源：CASA Research，民生证券研究院

图 20：2016-2025 年中国 SiC 和 GaN 器件市场规模（亿元）



资料来源：CASA Research，民生证券研究院

## 2 IGBT 市场空间测算及国内厂商进展分析

### 2.1 IGBT 需求迎来快速增长期，新能源车是主要驱动力

IGBT 在功率器件中的市场空间仅次于 MOSFET，受益于下游新能源发电、电动车的快速普及，行业空间快速成长，且当前工艺仍在快速更新，国内厂商市场份额较低且正在快速追赶海外龙头的技术水平，具备极佳的国产替代前景，因此我们将就 IGBT 市场空间进行详细拆解和分析。

据测算，中国 IGBT 市场空间有望在 2025 年达到 584 亿元，相比于 2020 年 CAGR 增速达到 22.8%。2025 年国内 IGBT 需求格局中，新能源汽车、光/风/储能、工控、家电、轨交电网五大场景市场空间有望分别达到 231 亿元、197 亿元、66 亿元、66 亿元和 11 亿元。

新能源汽车有望成为国内 IGBT 最大且增速最快的应用场景。据测算，至 2025 年国内新能源车用 IGBT 市场有望达到 231 亿元，5 年 CAGR 增速达到 48%，占国内 IGBT 总需求的 40%。同时，新能源汽车用 IGBT 由于性能、稳定性要求较高，毛利率达到 35%-40%，可谓功率器件“兵家必争之地”。

表 4：2020-2025 年中国 IGBT 需求测算（亿元）

|           | 2020          | 2021E         | 2022E         | 2023E         | 2024E         | 2025E         | 5 年 CAGR      | 毛利率     |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------|
| 新能源汽车     | 32.64         | 76.25         | 125.98        | 159.08        | 187.99        | 231.44        | 47.96%        | 35%-40% |
| 光伏、风电、储能  | 67.91         | 64.57         | 90.72         | 115.70        | 151.10        | 197.17        | 23.76%        | 35%     |
| 工控        | 49.47         | 52.60         | 55.30         | 58.54         | 62.17         | 66.02         | 5.94%         | 25%     |
| 家电        | 46.30         | 50.44         | 54.77         | 58.72         | 62.24         | 66.12         | 7.39%         | 25%     |
| 轨交电网      | 8.06          | 8.49          | 8.99          | 9.55          | 10.21         | 10.97         | 6.36%         | 45%     |
| 其他        | 4.17          | 5.15          | 6.85          | 8.20          | 9.67          | 11.67         | 22.84%        | -       |
| <b>合计</b> | <b>208.55</b> | <b>257.50</b> | <b>342.61</b> | <b>409.79</b> | <b>483.37</b> | <b>583.39</b> | <b>22.84%</b> | -       |

资料来源：Wind，中电联，GWEC，Wood Mackenzie，CPIA，Yole，民生证券研究院测算

### 2.2 新能源车成为 IGBT 需求增长的最大来源

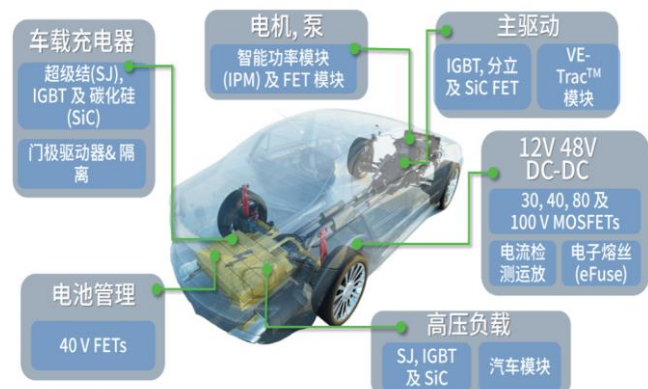
#### 2.2.1 新能源车相比燃油车的功率半导体单车价值量有较大提升

汽车电动化带来内部功率半导体应用场景快速增加。传统燃油车中的功率半导体主要用于辅助驱动系统，而新能源车汽车中功率半导体的应用场景涵盖牵引逆变器、OBC、高低压辅助驱动系统、DCDC 模块、充电桩等。新能源车用功率半导体的品类和数量相较传统燃油车均有较大提升。

车用功率半导体相较于工业级功率半导体的性能要求同样存在差异。工业级功率半导体产品品类多、标准化程度高、应用环境复杂、失效率要求相对较低、产品生命周期较短；而汽车级功率半导体产品品类相对较少，但定制化程度高、高温和振动性能要求较高、失效率要求严格、产品生命周期要求更长。



图 21：功率半导体在新能源汽车上的应用



资料来源：英飞凌，安森美，民生证券研究院

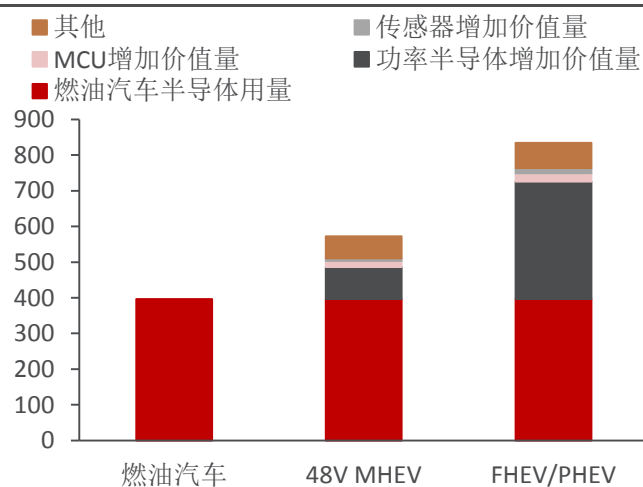
图 22：汽车级和工业级功率半导体性能要求

|        | 汽车级                | 工业级               |
|--------|--------------------|-------------------|
| 平台     | 型号种类少、大规模量产、定制封装较多 | 型号种类多、低/中量产、标准化封装 |
| 应用环境工况 | 高温/振动              | 根据各行业不同定义         |
| 工作结温   | -40°C-150°C        | -40°C-150°C       |
| 失效率要求  | 汽车级失效率 50ppm       | 失效率 0.1%-0.3%     |
| 产品生命周期 | 10-15 年            | 3-10 年            |
| 认证标准   | AQG-324            | JEDEC             |

资料来源：民生证券研究院整理

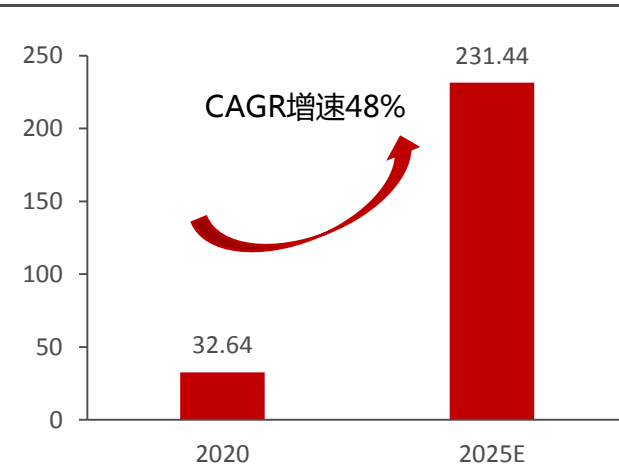
相较于传统燃油车，新能源汽车的功率半导体单车价值量有显著的提升，新能源车功率器件的用量主要和车的功率大小、电气化程度相关。一般而言，新能源车的功率越大，电气化程度越高，单车功率半导体价值量越大。根据英飞凌数据，新能源汽车的单车功率半导体价值量可达到 400 美元，约为传统燃油车的 5 倍。据我们测算，随着单车功率器件价值量的提升和新能源车的逐步渗透，国内新能源车用 IGBT 市场空间有望在 2025 年达到 231 亿元，为 2020 年的 7 倍。

图 23：不同新能源车型功率半导体单车价值量（美元）



资料来源：英飞凌，民生证券研究院

图 24：国内新能源车用 IGBT 市场空间预测（亿元）



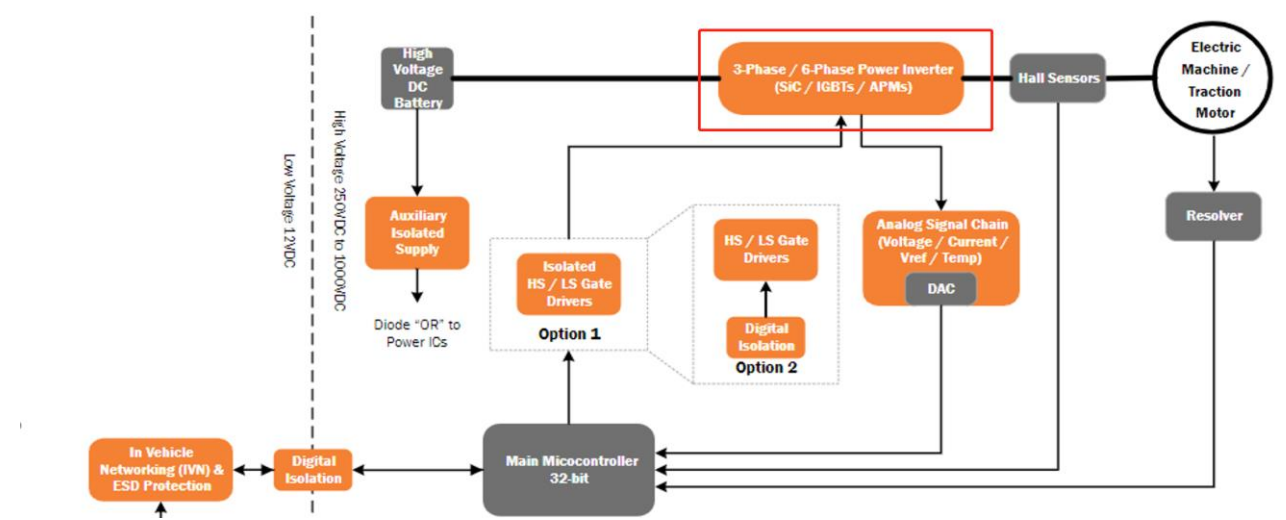
资料来源：Wind，中电联，GWEC，Wood Mackenzie，CPIA，Yole，民生证券研究院测算

### 1、牵引逆变器

牵引逆变器是新能源汽车的核心功率器件，主要为汽车提供扭矩和加速度。常见的牵引逆变器功率水平在 40kW-150+ kW，运行电流达到 1000A，额定工作电压为 600V-1200V。为了适应大功率、高压和大电流的工作环境，新能源车牵引逆变器通常采用 IGBT、SiC 等产品。

从价值量来看，不同车型的牵引逆变器价格区间较大，A00 级车型单车 IGBT 价值量在 600 元，而高端车型可达到 3000-4000 元以上。

图 25：新能源车牵引逆变器电路图

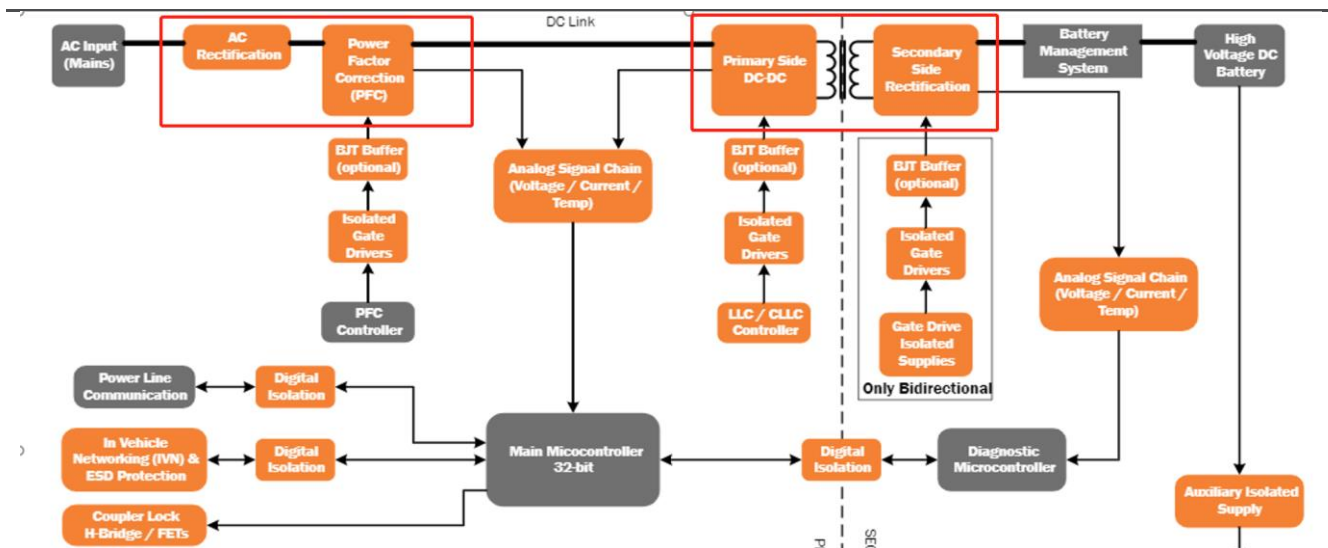


资料来源：安森美，民生证券研究院

## 2、OBC 模块

车载功率模块的功能主要为将外部提供的交流电，转换成新能源车电池充电所需的稳定高压直流电。OBC 的工作功率范围通常在 3.3kW-22kW 之间，并且能够为汽车主电池提供 800V 以上的电压。OBC 中主要用到功率半导体的模块包括整流模块、功率因数校正模块和 DCDC 模块（内含初级侧 DCDC 和二次整流模块）。OBC 可以进一步细分为单相 OBC 和双向 OBC 两种类型，双向 OBC 具有反向充电功能。当前 OBC 采用的主流功率器件为 IGBT、MOSFET 和二极管，而 SiC 器件由于具有更低的开关损耗，更高的开关速度和更高的工作温度，也在逐渐进入 OBC 应用领域。

图 26：新能源车 OBC 模块电路图



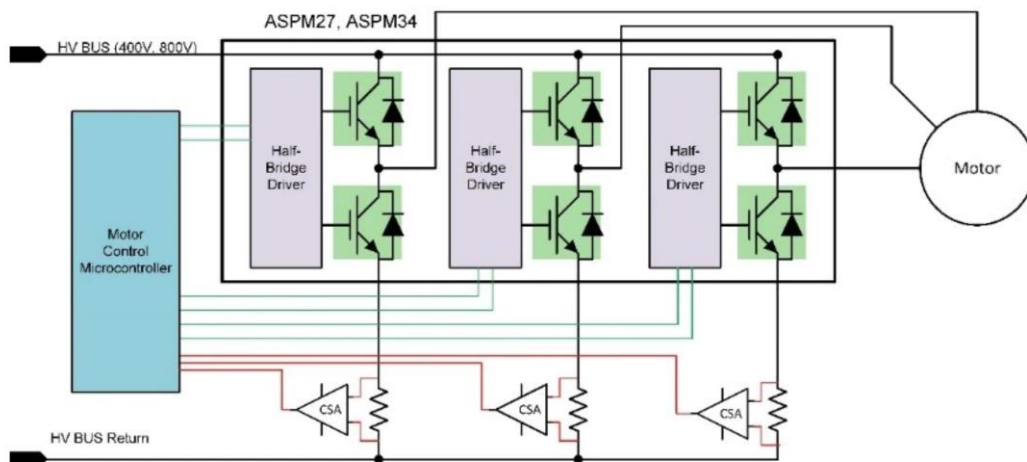
资料来源：安森美，民生证券研究院

## 3、高低压辅助驱动系统

高低压辅助驱动系统和主牵引系统类似，核心部件均为逆变器，但辅助驱动系统主要电动水泵、涡轮增压机、电动冷却风扇等辅助电机系统提供三相交流电源，因此具有相对较低的额定电压和电流水平。以安森美 ASPM 模块为例，其核心部分主要由 6 个 IGBT 组成的三个半桥模块

构成。辅助驱动系统常用的功率器件类型包括 MOSFET、IGBT 和 SiC 器件等。

图 27：安森美用于新能源车高压辅助驱动系统的三相智能功率模块拓扑图

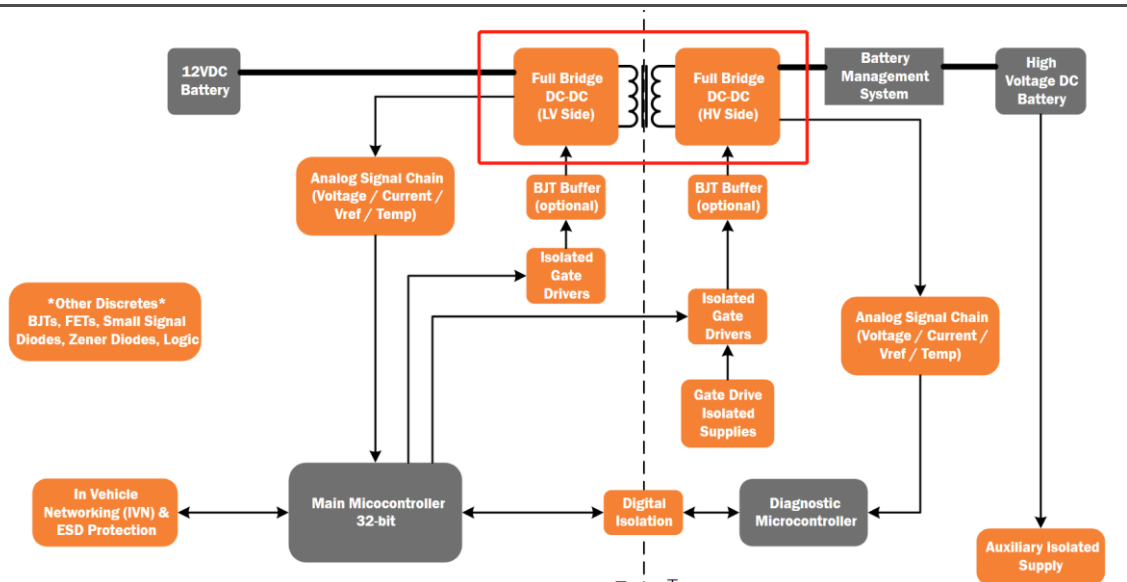


资料来源：安森美，民生证券研究院

#### 4、DCDC 模块

新能源车用 DCDC 模块主要是为了将主电池中 400V 或 800V 的高压电流转换成 12V 的低压电流，为动力转向系统、空调冷机等其他辅助系统系统所需的电力。DCDC 模块的常用功率水平为 1kW-3kW，高压侧稳定电压为 650V-1200V，低压侧额定电压为 40V，常用的功率器件包括 MOSFET、IGBT、二极管和 SiC 器件等。

图 28：新能源车 DCDC 模块电路图

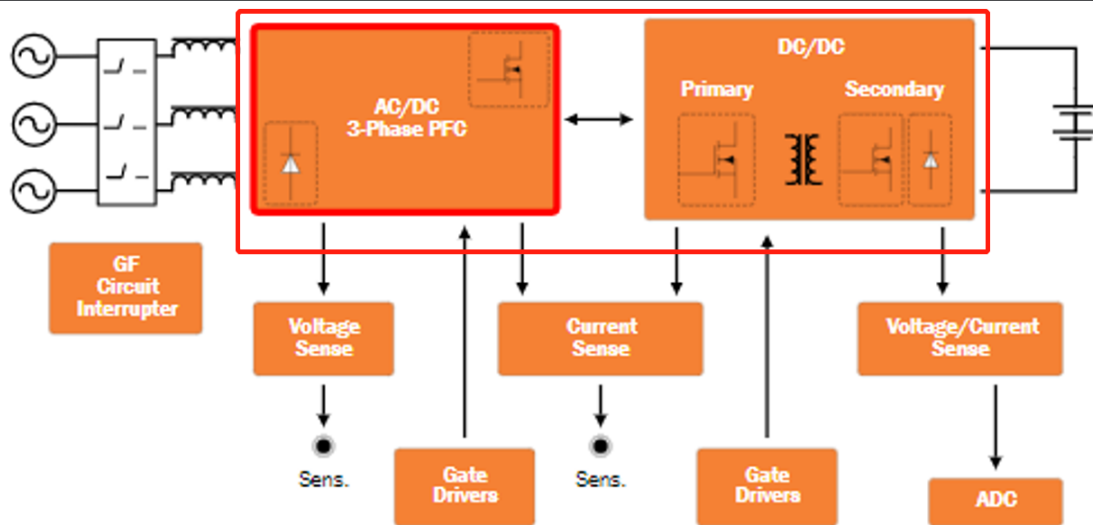


资料来源：安森美，民生证券研究院

#### 5、充电桩功率模块

由于直流充电桩需要整流，并且具有更高的工作电流和功率，因此使用功率半导体价值量较大的主要是直流充电桩。直流充电桩中主要用到功率器件的模块包括整流模块、功率因数校正模块和 DCDC 模块，目前直流充电桩中用到的功率器件主要包括 650V-1200V 的二极管、IGBT 和 SiC 器件等。

图 29：直流充电桩电路拓扑图



资料来源：安森美，民生证券研究院

## 2.2.2 新能源车用 IGBT 需求有望在 2025 年达到 231 亿元

新能源车用 IGBT 主要应用场景包括主电控、OBC、空调、电子助力转向、充电桩等场景，根据不同车型，新能源汽车单车 IGBT 价值量在 1500-5000 元之间。

### 核心假设：

- 1) A 级以上 EV、PHEV 和商用车单车主电控中 IGBT 价值量在 2000 元以上；
- 2) A00 和 A0 级 EV 单车主电控中 IGBT 价值量在 700-800 元左右；
- 3) 单车 OBC、空调、转向助力系统等 IGBT 价值量在 400 元左右。

### 测算结果：

2020 年中国新能源车用 IGBT 需求量达到 32.64 亿元，预计到 2025 年有望达到 231.44 亿元，5 年 CAGR 增速达到 47.96%。

表 5：新能源车用 IGBT 价值量

| 物流车                         | 电控   |                             |   | OBC  | 空调                                | 电子助力转向                               | 充电桩  |
|-----------------------------|--|-----------------------------|---|--|-----------------------------------|--------------------------------------|--|
|                             | 大巴车  | A00 级                       | A 级以上   |  |                                   |                                      |  |
| 两驱：3 个模块，1000 元             | 四驱：<br>3 米大巴，6 个模块，3000 元<br>10 米大巴，6 个模块，3600 元 | 1 个模块，700 元                 | 两驱车：1 个模块，1000 元以上<br>四驱车：2 个模块，2000 元以上<br>高端四驱车：3 个模块，3000-4000 元以上 | 24 颗 IGBT 单管，300 元以下                           | 1 颗 IPM，100 元以内                   | 1 颗模块，200 元以内                        | 慢充用 1-2 颗 IGBT 半桥模块，200 元以内<br>若采用 SiC 方案，1000 元以上 |
| 功率小于 80kW，水冷方案，对体积要求不高，成本敏感 | 功率小于 180kW，水冷对体积要求高，续航要求高                        | 功率小于 100kW，直冷方案，对体积要求高，成本敏感 | 功率 100kW+，直冷方案，功率密度、可靠性要求高  | 功率 6.6kW，PFC/OBC:650V/75A<br>DC-DC:100V/1-300A | 功率 4kW 左右<br>参数：<br>1200V/20A-30A | 功率 15kW-20kW<br>参<br>数:1200V/50A、75A | 小于 20kW；<br>1200V/40-200A                          |

资料来源：民生证券研究院整理

**表 6：2020-2025 年中国新能源车用 IGBT 需求测算（亿元）**

|           | 2020          | 2021E | 2022E   | 2023E  | 2024E  | 2025E  |        |
|-----------|---------------|-------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 销量（万辆）    | EV            | 100   | 261     | 420    | 520    | 630    | 780    |
|           | 其中：A00/A0 占比  | 40%   | 38%     | 35%    | 32%    | 30%    | 25%    |
|           | PHEV          | 24    | 41      | 75     | 120    | 145    | 180    |
|           | 商用车           | 12    | 13      | 18     | 25     | 35     | 50     |
|           | 合计            | 136   | 315     | 513    | 665    | 810    | 1010   |
|           | 合计 YOY        |       | 131.6%  | 62.9%  | 29.6%  | 21.8%  | 24.7%  |
| 单车价值量（万元） | A 级以上 EV      | 0.28  | 0.28    | 0.28   | 0.27   | 0.25   | 0.24   |
|           | A00/A0 级 EV   | 0.08  | 0.08    | 0.08   | 0.07   | 0.07   | 0.07   |
|           | PHEV          | 0.20  | 0.20    | 0.19   | 0.18   | 0.17   | 0.16   |
|           | 商用车           | 0.20  | 0.20    | 0.20   | 0.19   | 0.18   | 0.17   |
|           | OBC、空调、转向助力系统 | 0.04  | 0.04    | 0.04   | 0.04   | 0.04   | 0.04   |
| 市场规模（亿元）  | EV 乘用车        | 20    | 53      | 88     | 106    | 124    | 153    |
|           | PHEV 乘用车      | 5     | 8       | 14     | 22     | 25     | 29     |
|           | 商用车           | 2     | 3       | 4      | 5      | 6      | 9      |
|           | 电控小计          | 27    | 64      | 105    | 132    | 156    | 191    |
|           | OBC、空调、转向助力系统 | 5     | 13      | 21     | 27     | 32     | 40     |
|           | 合计            | 32.64 | 76.25   | 125.98 | 159.08 | 187.99 | 231.44 |
|           | 合计 YOY        |       | 133.60% | 65.23% | 26.27% | 18.17% | 23.12% |

资料来源：Wind，中电联，GWEC，Wood Mackenzie，CPIA，Yole，民生证券研究院测算

## 2.2.3 国内厂商布局新能源车用 IGBT 情况

当前国内功率厂商中，时代电气、斯达半导体、比亚迪半导体、士兰微和宏微科技等厂商已取得车企定点项目。其中时代电气主供中车旗下商用车，并和广汽、东风等乘用车企合资成立 IGBT 模块封装公司，目前已大批量供货广汽、东风、小鹏、理想等客户；斯达半导体与国内大部分主流车企取得合作关系，当前客户包括比亚迪、广汽、长安、奇瑞、北汽等；比亚迪半导体 IGBT 模块主供母公司，同时小部分外售给东风、长安等车企；士兰微当前主供客户包括零跑、汇川、上汽、吉利等厂商；宏微科技正在和一汽、北汽、长城等厂商进行定点项目认证工作。

从企业优势来看，时代电气、斯达半导体、士兰微技术进展较快，目前已有英飞凌 4 代（沟槽栅）和 7 代（精细沟槽栅）对标产品，而比亚迪半导体由于背靠母公司比亚迪，在汽车模块出货规模上具备优势。而价格方面，国内厂商相比海外龙头英飞凌具备明显的价格优势，预计随着产品稳定性、产能的逐步提升，国内厂商在汽车 IGBT 领域与海外公司相比具备竞争优势。



表 7：新能源汽车供应商定点情况

|      | 合作车厂   |  |  |   |  |
|------|--|--|--|---|--|
| 时代电气 |  中国中车<br>CRRC                             |  哪吒汽车                                     |  广汽埃安<br>GAC AION    |  长安汽车<br>CHANGAN AUTO                    |  |
|      |  东风汽车集团有限公司<br>DONGFENG MOTOR CORPORATION |    |  理想                 |   |  |
| 斯达   |  YUTONG                                   |  东风汽车集团有限公司<br>DONGFENG MOTOR CORPORATION |  北汽汽车<br>BAIC MOTOR   |  CHERY<br>WEISE FUN TO DRIVE              |  江淮集团<br>JAC GROUP          |
|      |  众泰汽车<br>ZOTYE AUTO                       |  广汽 HONDA                                 |  长安汽车<br>CHANGAN AUTO |  上汽通用五菱<br>SAIC                            |  NIO                         |
| 比亚迪  |  YUTONG                                   |  FOTON<br>福田汽车                            |  V&T<br>蓝海华腾          |  东风汽车集团有限公司<br>DONGFENG MOTOR CORPORATION |  长安汽车<br>CHANGAN AUTO       |
| 士兰微  |  |  |  BYD                  |  零跑汽车                                      |  CHERY<br>WEISE FUN TO DRIVE |
|      |  |  |  SAIC               |  吉利汽车<br>GEELY AUTO                      |  |
| 宏微科技 |  |  中国一汽<br>FAW GROUP                       |  北汽汽车<br>BAIC MOTOR   |  长安汽车                                     |  |

资料来源：民生证券研究院整理

表 8：新能源车用 IGBT 厂商情况梳理

| 项目    | 中车时代电气                           | 斯达半导体                             | 士兰微                                   | BYD 半导体                   |
|-------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| 技术对标  | 英飞凌 4 代(沟槽栅)和 7 代(精细沟槽栅)         | 英飞凌 4 代(沟槽栅)和 7 代(精细沟槽栅, 22 年批量)  | 英飞凌 4 代(沟槽栅)和 7 代(精细沟槽栅)              | 英飞凌 2 代(平面栅)、4 代(沟槽栅)     |
| 晶圆总产能 | IDM 8 英寸 3 万片                    | Fabless, 与华虹和上海先进开展深度合作           | IDM 5/6 寸 22 万片; 8 寸 6 万片; 12 寸 4 万片; | 6 寸和 8 寸均有布局              |
| 车用营收  | 21 年 2-3 亿, 22 年 10 亿+ 累计装车数十万辆。 | 21 年 4-5 亿, 22 年有望 10 亿+ 累计装车数十万辆 | 21 年 0.5 亿-, 22 年 5 亿+ 累计装车几万辆        | 21 年 4 亿+ (自用为主) 累计装车百万辆+ |
| 客户    | 中国中车、东风、广汽、理想、长安、小鹏、哪吒           | 东风、长城、奇瑞、比亚迪、江淮、小鹏                | 零跑、吉利、比亚迪                             | 蓝海华腾、东风、长安                |

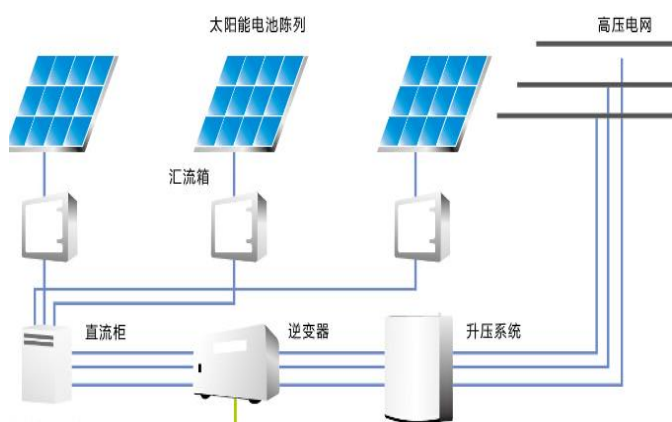
资料来源：民生证券研究院整理

## 2.3 风、光、储能是 IGBT 增长的重要动力

### 2.3.1 功率器件是新能源发电的核心器件

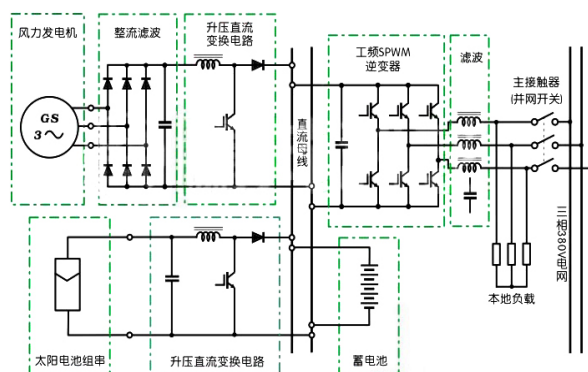
在新能源发电应用中，功率半导体主要应用在汇流、整流、逆变、变压等场景，可以将光伏和风电产生的在不同频率、电压等级的电流转化成电网能够容纳的标准电流。在光伏应用中，太阳能板发出的直流电经过汇流和逆变，转换成低压交流电，再经过变压器转换成并网需要的高压交流电；在风电应用中，风机发出的变化的交流电先经过整流器转换成直流电，经过直流升压电路，并被逆变器转换成并网需要的高压交流电。光伏和风电的逆变器由于需求的功率和电压等级较高，通常以 IGBT 和 SiC 器件为主。

图 30：光伏并网系统电路图



资料来源：电脑杂谈，民生证券研究院

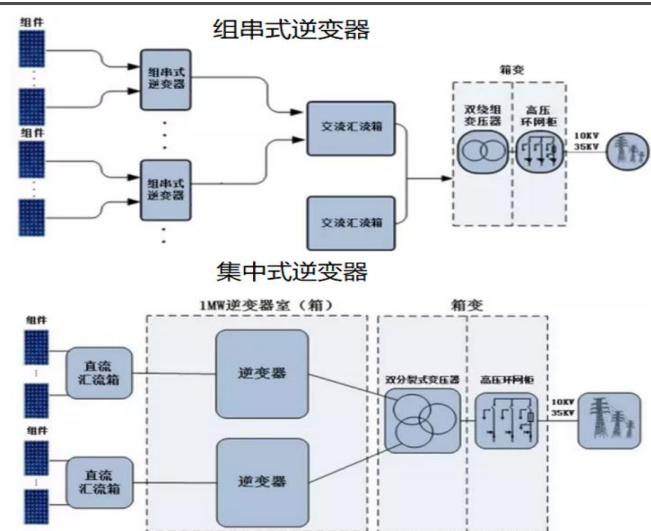
图 31：风电并网系统电路图



资料来源：鹏凡科技，民生证券研究院

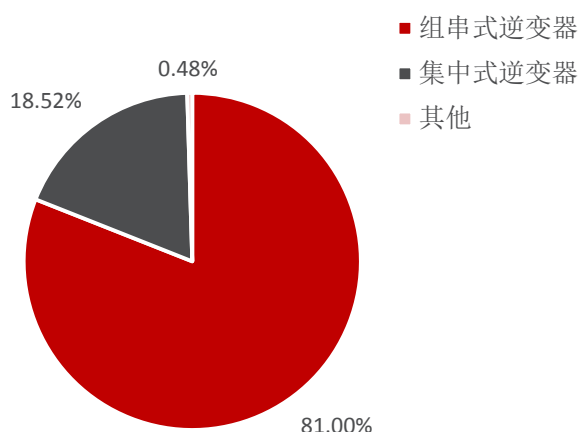
光伏逆变器可进一步分为组串式逆变器和集中式逆变器，2021 年国内新增光伏装机中 80% 左右采用组串式逆变器。组串式逆变器安装在汇流箱之前，因此除了 DCAC 模块以外，还安装有汇流模块，组串式逆变器的额定功率通常在 200kW 以下，而集中式逆变器的额定功率通常在 600kW-3000kW 不等。据北极星太阳能光伏网统计，2021 年截至 11 月国内累计招标近 30GW 的光伏逆变器项目中，组串式逆变器的招标规模约为 23GW，约占 81%，而集中式逆变器招标规模约为 5GW，占比约 18.5%，国内光伏逆变器仍以组串式为主，且份额有上升趋势。从均价来看，组串式逆变器由于需求的数量较多，含汇流模块等原因，相较于集中式逆变器的价格更高。据英飞凌数据，集中式逆变器中 IGBT 成本约为 2500 欧元/MW（2000-3000 欧元/MW），组串式逆变器中 IGBT 成本约 3500 欧元/MW（2500-5000 欧元/MW）。

图 32：组串式逆变器和集中式逆变器电路图



资料来源：易事特，民生证券研究院

图 33：2021 年截至 11 月国内光伏逆变器装机比例 (%)



资料来源：北极星太阳能光伏网，民生证券研究院

光伏功率器件在制造难度、成本要求等方面相对较高，国产替代节奏总体较为缓慢。相较于工控、汽车等应用领域，光伏逆变器中的 IGBT 模块要求更高的频率，更高的能量转化效率，对极端环境更高的可靠性要求以及更复杂的定制化要求，因此当前光伏逆变器的国产化节奏较缓慢。但我们认为，当前国内新能源快速推进，下游需求空间广阔，且客户降成本诉求较高，国产厂商高性能产品快速突破，且相较国外厂商具有价格优势，未来国产替代潜力较大。

图 34：光伏逆变器的性能要求较高

|              |                                       |
|--------------|---------------------------------------|
| <b>高频</b>    | 光伏普遍要求达到50-100K高频，而工控仅需要10k           |
| <b>耐压范围宽</b> | 微逆变器主要用650V IGBT，三相组串逆变器主要是1200V IGBT |
| <b>高功率</b>   |                                       |
| <b>高效率</b>   | 效率要求高达98%以上                           |
| <b>高可靠性</b>  | 需经历热、冷等外部环境，保证质量可靠                    |
| <b>定制化要求</b> | 封装Pin脚方式多，电路结构复杂，定制要求高                |

资料来源：民生证券研究院

### 2.3.2 风、光、储能用 IGBT 需求有望在 2025 年达到 197 亿元

#### 核心假设：

- 1) 中国产逆变器 2020 年全球市场份额为 60%且逐步提升；
- 2) 光伏、风电、储能逆变器中 IGBT 的价值量分别为 0.3 亿元/GW、0.5 亿元/GW、0.4 亿元/GW。

#### 测算结果：

2020 年中国光伏、风电和储能逆变器中 IGBT 合计需求量达到 68 亿元，预计到 2025 年有望达到 197 亿元，5 年 CAGR 增速达到 23.76%。

表 9：2020-2025 年中国光伏、风电和储能用 IGBT 需求测算（亿元）

|                          | 2020         | 2021E        | 2022E        | 2023E         | 2024E         | 2025E         |            |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|------------|
| 新增装机量 (GW)               | 光伏           | 140          | 165          | 220           | 282           | 355           | 454        |
|                          | YoY          |              | 18%          | 34%           | 28%           | 26%           | 28%        |
|                          | 风电           | 114          | 75           | 92            | 99            | 112           | 126        |
|                          | YoY          |              | -34%         | 23%           | 8%            | 13%           | 13%        |
|                          | 储能           | 5            | 15           | 36            | 56            | 90            | 131        |
|                          | YoY          |              | 183%         | 141%          | 56%           | 60%           | 46%        |
| 单 GW IGBT 价值量 (亿元/GW)    | 光伏           | 0.30         | 0.30         | 0.30          | 0.30          | 0.30          | 0.30       |
|                          | 风电           | 0.50         | 0.50         | 0.50          | 0.50          | 0.50          | 0.50       |
|                          | 储能           | 0.40         | 0.40         | 0.40          | 0.40          | 0.40          | 0.40       |
| 并网损失乘数                   | 1.12         | 1.12         | 1.12         | 1.12          | 1.12          | 1.12          |            |
| IGBT 市场空间 (亿元，考虑发电侧并网损失) | 光伏           | 47           | 55           | 74            | 95            | 119           | 152        |
|                          | 风电           | 64           | 42           | 52            | 55            | 63            | 71         |
|                          | 储能           | 2            | 7            | 16            | 25            | 40            | 59         |
|                          | 合计           | 113.19       | 104.15       | 141.76        | 175.30        | 222.21        | 281.67     |
|                          | YoY          |              | -7.98%       | 36.11%        | 23.66%        | 26.76%        | 26.76%     |
|                          | <b>中国市占率</b> | <b>60%</b>   | <b>62%</b>   | <b>64%</b>    | <b>66%</b>    | <b>68%</b>    | <b>70%</b> |
| <b>中国市场空间</b>            | <b>67.91</b> | <b>64.57</b> | <b>90.72</b> | <b>115.70</b> | <b>151.10</b> | <b>197.17</b> |            |

资料来源：Wind，中电联，GWEC，Wood Mackenzie，CPIA，Yole，民生证券研究院测算

### 2.3.3 国内厂商布局光伏、风电 IGBT 情况

目前国内光伏、风电和储能领域主要供应商仍为海外功率器件龙头厂商，如英飞凌、安森美、三菱等。国内厂商中，时代电气较为领先，目前在光伏、储能和风电 IGBT 模块均有供货；斯达半导、士兰微和宏微科技已实现微型逆变器和组串式光伏逆变器中 IGBT 单管的销售，模块产品正在认证过程中；新洁能目前具备微型逆变器 IGBT 单管的供货能力。

表 10：功率半导体厂商光伏逆变器布局情况

| 厂商     | 微型逆变器/储能<br>(单管) | 组串式逆变器<br>(模组) | 集中式逆变器<br>(模组) | 储能逆变器<br>(模组) | 风电变流器<br>(1700V 模组) | 备注            |
|--------|------------------|----------------|----------------|---------------|---------------------|---------------|
| 英飞凌    | √                | √              | √              | √             | √                   | 垄断式优势         |
| 安森美    | √                | √              | √              | √             |                     | 份额逐步提升        |
| 三菱(威科) | √                | √              | √              | √             |                     | 份额下滑          |
| 斯达     | √                | √              |                |               |                     | 单管已实现销售，模块认证中 |
| 时代电气   |                  | √              | √              | √             | √                   | 主要供应模块        |
| 宏微     | √                | √              |                |               |                     | 单管已实现销售，模块认证中 |
| 士兰微    | √                | √              |                |               |                     | 单管已实现销售，模块认证中 |
| 新洁能    | √                |                |                |               |                     | 单管已实现销售，模块研发中 |

资料来源：民生证券研究院整理

表 11：功率半导体厂商光伏领域营收预测及客户结构

|      | 21 年营收              | 22 年营收预测                  | 客户                           | 出货结构   |
|------|---------------------|---------------------------|------------------------------|--|
| 时代电气 | 光伏：2 千万，风电：7-8 千万   | 2-3 亿                     | 光伏：阳光；风电：远景、金风、日丰            | 集中式逆变器大功率模块为主                                    |
| 斯达   | 光伏：1 亿-，风电：1-2 千万左右 | 4-5 亿（订单规模大于 10 亿，需视产能情况） | 光伏：华为、阳光电源、固德威、禾望电气等         | 1200V/40A、75A 单管为主，22 年开始供应模块                    |
| 宏微   | 光伏：5 千万+            | 2 亿+                      | 光伏：华为、阳光电源、固德威、新风光、禾望电气等     | 1200V/40A、75A 单管为主，22 年开始供应模块                    |
| 新洁能  | 光伏：1 千万-            | 3 亿+                      | 光伏储能：德业、阳光电源、固德威、上能电气、高斯宝等   | 1200V/40A、75A 单管为主，研发国内首个 100A 电流单管，22 年开始加大模块投入 |
| 士兰微  | -                   | 3 亿+                      | 光伏：华为、阳光电源、固德威等主流厂商均在合作中     | 单管、模块同步推进  |
| 华润微  | -                   | 1-2 亿                     | 光伏：阳光电源 苏州阿斯特 上能等（包括 mos 供应） | 推进单管   |
| 扬杰科技 | -                   | 3 亿+                      | 光伏：华为，阳光                     | 推进单管   |

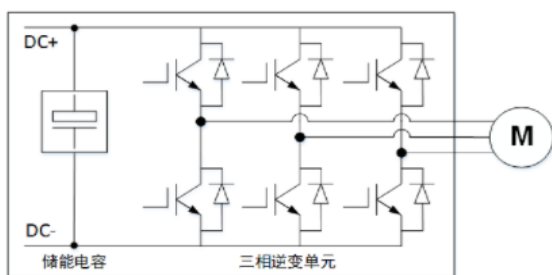
资料来源：民生证券研究院整理

## 2.4 工控和家电是 IGBT 需求的稳定来源

### 2.4.1 功率器件广泛应用于工控和家电领域

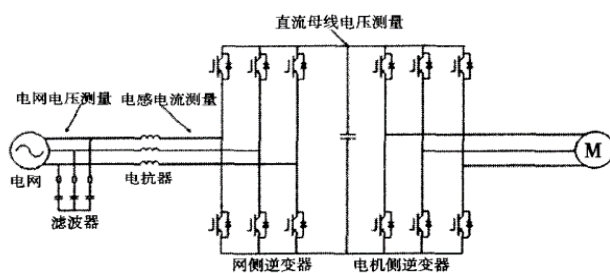
工控领域的功率器件应用较为分散，主要的应用场景包括伺服系统、变频器、逆变电焊机、UPS 电源等。1) **伺服驱动单元**：伺服驱动单元中的功率模块将直流电转变为电机需要的三相交流电，若输入为交流电，则还需要进行整流；2) **变频器**：变频器的主要功率器件主要包含整流部分和逆变部分，其中整流部分常用二极管，逆变部分根据不同需求，可用 MOSFET 或 IGBT 等；3) **逆变焊机**：焊机进行逆变主要是为了降低有功功率，因而先将三相或单相 50Hz 频率的电流整流，再逆变成 15-100kHz 的交流电，再次整流获得输出焊接电流；4) **UPS 电源**：内部的功率模块主要包括整流器和逆变器，当市电正常时，UPS 电源一方面给负载稳压，另一方面通过整流向电池充电；当市电中断时，UPS 电源通过蓄电池和逆变器输出负载需要的 220V 电压。

图 35：伺服驱动单元拓扑图



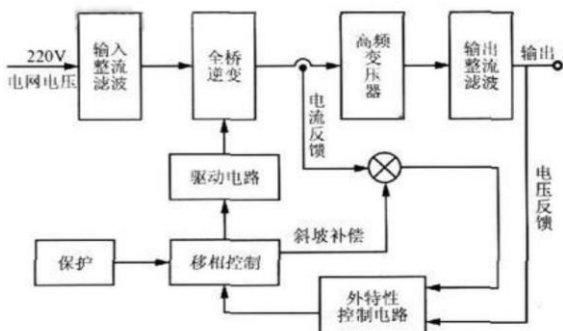
资料来源：《伺服与运动控制》，民生证券研究院

图 36：变频器主电路拓扑图



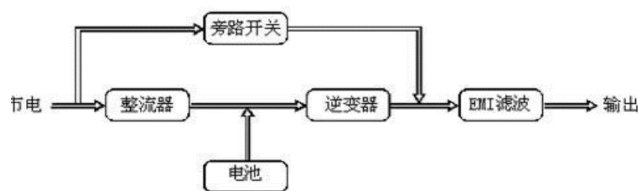
资料来源：《浅谈高压变频器的电路拓扑结构》，民生证券研究院

图 37：逆变弧焊电路结构图



资料来源：威尔达，民生证券研究院

图 38：UPS 电源电路结构图



资料来源：知乎，民生证券研究院

当前全球工控市场仍维持稳步增长，而国内在一些高精尖产品的国产化率仍较低。以伺服电机为例，据 MIR 统计，全球私服电机需求量在 2020 年达到 3873 万台，同比增长 3.20%，而当前国内伺服电机市场仍被日本和欧美品牌占据大半，国产品牌的市占率仅为 20%左右，且主要以低端伺服电机为主。我们认为，全球工控领域功率器件的需求稳步提升，及部分高端产品国产替代的加速，能够有效促进国内工控用功率器件需求的提升。



图 39：全球伺服电机市场需求量（万台，%）



资料来源：MIR，前瞻产业研究院，民生证券研究院

图 40：国内伺服电机市场格局

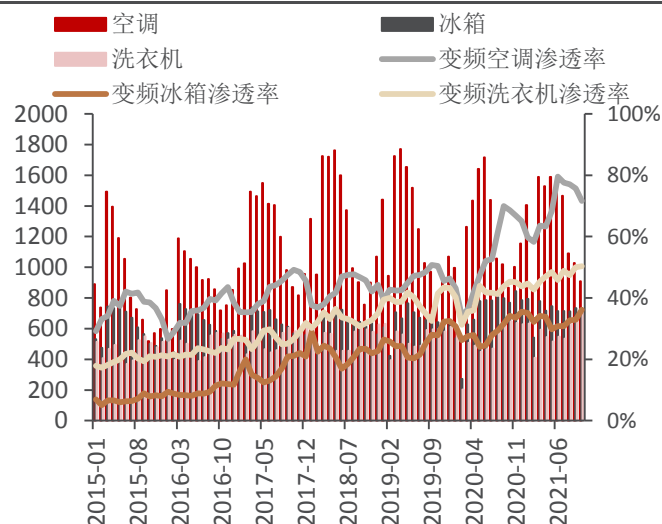
| 品牌     | 汽车级  | 占中国市场份额 |
|--------|--|---------|
| 日本品牌   | 松下、三菱电机、安川、三洋、富士等  | 约 45%   |
| 欧美品牌   | 美国：罗克韦尔、丹纳赫、帕光等<br>德国：西门子、伦茨、博世力士乐、施耐德等<br>英国：Control Technology、SEW 等 | 约 20%   |
| 中国台湾品牌 | 东元 (TECO)、台达 (Delta)   | 约 15%   |
| 国产品牌   | 英威腾、汇川技术、华中数控、广数、埃斯顿等  | 约 20%   |

资料来源：前瞻产业研究院，民生证券研究院

在家电领域，近年来变频家电渗透率的快速提升有效驱动了功率半导体的需求。通过功率半导体的变频功能，家电能耗将有效下降，以空调为例，变频空调的平均耗电量将比传统空调下降30%以上。近年来国内变频家电渗透率快速提升，据产业在线统计，2020年10月，国内空调、冰箱和洗衣机的变频产品渗透率分别达到71.59%、36.13%和50.32%，相较2015年初分别提升42.39pct、29.25pct和32.36pct。

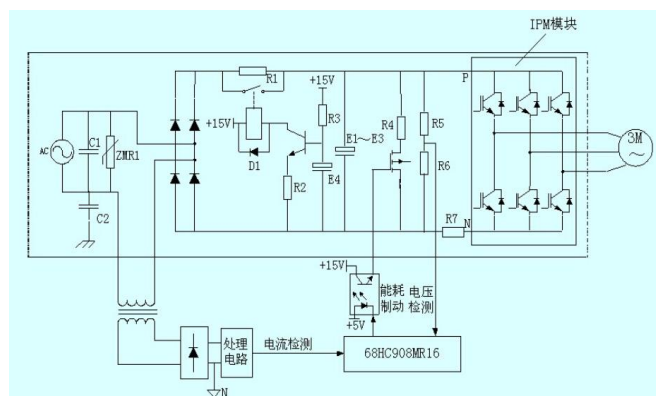
变频家电的变频器件主电路包含整流部分和逆变部分。其中空调通常使用3个IPM模块（一个压缩机，一个内机和一个外机风扇），冰箱常用IGBT单管。从价值量来看，空调、冰箱、洗衣机的功率器件价值量在10-50元之间。

图 41：中国家电销量和家电渗透率（万台，%）



资料来源：产业在线，民生证券研究院

图 42：变频空调主电路拓扑图



资料来源：中科君芯，民生证券研究院

## 2.4.2 工控和家电用 IGBT 需求有望在 2025 年均达到 66 亿元以上

### 核心假设：

- 1) 工业变频器单机售价 10%左右为 IGBT；
- 2) 以汇川的产品为例，小型伺服系统单价 1100-1200 元，单机 IGBT 价值量为 30-40 元，占比 3%左右；中型伺服系统单价 1500-1800 元，单机 IGBT 价值量 120-150 元，占比 10%左右；大型伺服系统单价 2500-2600 元，单机 IGBT 价值量 150-250 元，占比 8%左右；
- 3) 伺服系统中，大型、中型和小型伺服系统的占比分别为 45%、37%和 18%。

### 测算结果：

2020 年中国工控用功率半导体中 IGBT 合计需求量达到 49.47 亿元，预计到 2025 年有望达到 66.02 亿元，5 年 CAGR 增速达到 5.94%。

表 12：2020-2025 年中国工控用 IGBT 需求测算（亿元）

|               |               | 2020         | 2021E        | 2022E        | 2023E        | 2024E        | 2025E        |
|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 工控产品市场规模（亿元）  | 变频器           | 521          | 552          | 576          | 606          | 640          | 676          |
|               | 伺服系统          | 120          | 130          | 142          | 155          | 169          | 184          |
| 占比假设          | 小型伺服系统        | 45%          | 45%          | 45%          | 45%          | 45%          | 45%          |
|               | 中型伺服系统        | 37%          | 37%          | 37%          | 37%          | 37%          | 37%          |
|               | 大型伺服系统        | 18%          | 18%          | 18%          | 18%          | 18%          | 18%          |
| IGBT 价值量占比假设  | 变频器           | 8%           | 8%           | 8%           | 8%           | 8%           | 8%           |
|               | 小型伺服系统        | 3%           | 3%           | 3%           | 3%           | 3%           | 3%           |
|               | 中型伺服系统        | 10%          | 10%          | 10%          | 10%          | 10%          | 10%          |
| IGBT 市场规模（亿元） | 大型伺服系统        | 8%           | 8%           | 8%           | 8%           | 8%           | 8%           |
|               | 变频器           | 41.7         | 44.2         | 46.1         | 48.5         | 51.2         | 54.1         |
|               | 伺服系统          | 7.8          | 8.4          | 9.2          | 10.1         | 11.0         | 11.9         |
|               | <b>合计</b>     | <b>49.47</b> | <b>52.60</b> | <b>55.30</b> | <b>58.54</b> | <b>62.17</b> | <b>66.02</b> |
|               | <b>合计 YoY</b> |              | <b>6.33%</b> | <b>5.13%</b> | <b>5.87%</b> | <b>6.20%</b> | <b>6.20%</b> |

资料来源：Wind，中电联，GWEC，Wood Mackenzie，CPIA，Yole，民生证券研究院测算

### 核心假设：

- 1) 冰箱、空调和洗衣机中 IGBT 价值量分别为 10 元、40 元和 15 元；
- 2) 国内变频家电的渗透率持续提升。

### 测算结果：

2020 年中国家电用功率半导体中 IGBT 合计需求量达到 46.30 亿元，预计到 2025 年有望达到 66.12 亿元，5 年 CAGR 增速达到 7.39%。

**表 13：2020-2025 年中国白电用 IGBT 需求测算（亿元）**

|                  |        | 2020  | 2021E | 2022E | 2023E | 2024E | 2025E |
|------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 产量（万台）           | 冰箱     | 8443  | 8692  | 9018  | 9451  | 9912  | 10318 |
|                  | 空调     | 14491 | 14523 | 14556 | 14428 | 14226 | 14161 |
|                  | 洗衣机    | 6429  | 6577  | 6634  | 6676  | 6695  | 6763  |
| 渗透率              | 冰箱     | 45%   | 50%   | 58%   | 65%   | 69%   | 73%   |
|                  | 空调     | 65%   | 70%   | 75%   | 80%   | 85%   | 90%   |
|                  | 洗衣机    | 50%   | 55%   | 59%   | 64%   | 70%   | 75%   |
| IGBT 价值量（元）      | 冰箱     | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    |
|                  | 空调     | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    |
|                  | 洗衣机    | 15    | 15    | 15    | 15    | 15    | 15    |
| 白电 IGBT 市场规模（亿元） | 冰箱     | 3.8   | 4.3   | 5.2   | 6.1   | 6.8   | 7.5   |
|                  | 空调     | 37.7  | 40.7  | 43.7  | 46.2  | 48.4  | 51.0  |
|                  | 洗衣机    | 4.8   | 5.4   | 5.9   | 6.4   | 7.0   | 7.6   |
|                  | 合计     | 46.30 | 50.44 | 54.77 | 58.72 | 62.24 | 66.12 |
|                  | 合计 YOY |       | 8.94% | 8.59% | 7.22% | 5.99% | 6.24% |

资料来源：Wind，中电联，GWEC，Wood Mackenzie，CPIA，Yole，民生证券研究院测算

### 2.4.3 工控领域 IGBT 国内厂商布局情况

工控领域的 IGBT 模块相对光伏和新能源车而言壁垒较低，目前国内厂商已在中低端应用领域起量，并逐步向高端产品发起冲击。当前斯达半导、宏微科技、士兰微、比亚迪半导体在工控领域 IGBT 低端应用均有布局，斯达半导等厂商已开始冲击高端应用场景，传统海外龙头公司富士电机、三菱等厂商份额出现下滑。

**表 14：功率器件厂商在工控领域 IGBT 产品布局**

| 厂商   | 焊机&电磁炉 | 变频&伺服 | 电梯&起重 | 机器人&五轴联动 | 备注             |
|------|--------|-------|-------|----------|----------------|
| 英飞凌  | √      | √     | √     | √        | IGBT 7 首推，优势明显 |
| 富士电机 | √      | √     | √     | √        | 份额下滑           |
| 三菱   | √      | √     | √     | √        | 份额下滑           |
| 斯达   | √      | √     | √     |          | 冲击中高端          |
| 宏微   | √      | √     |       |          | 中低端逐渐起量        |
| 士兰微  | √      | √     |       |          | IDM，产能成本优势     |
| 比亚迪  | √      |       |       |          | 主要低端市场         |

资料来源：民生证券研究院整理

家电领域，国内 IPM 模块龙头供应商为士兰微，据公司数据，2021 年国内主流白电整机厂共使用超过 3800 万颗士兰微 IPM 模块，同时士兰微正在持续推出家电用 IPM 新品模块，产品品质不断提升。除士兰微外，斯达、宏微、华润微等厂商在家电用 IGBT 领域亦布局多年，其他厂商如扬杰科技仍同样在快速切入过程中。

**表 15：国内功率器件厂商在家电 IGBT 领域的布局情况**

| 厂商名称 | 家电 IGBT 布局情况   |
|------|--|
| 士兰微  | 2021 年，公司 IPM 模块的营业收入突破 8.6 亿元人民币，较上年增长 100%以上；国内多家主流的白电整机厂商在变频空调等白电整机上使用了超过 3,800 万颗士兰 IPM 模块，较上年增加 110%；公司还推出了 2 代 IPM 模块，与 1 代 IPM 模块相比，2 代 IPM 具有更高的精度、更低的损耗和更高的可靠性。 |
| 斯达   | 2021 年公司变频白色家电及其他行业的营业收入为 6,005.56 万元，较去年同期增长 59.48%；公司 IPM 模块在国内白色家电、工业变频器、伺服控制器等行业继续开拓，不断加强和主流家电厂商的合作，市场份额持续提高。  |
| 宏微   | 2020 年，公司来自变频白色家电领域收入为 812.79 万元，占收入比重为 2.45%  |
| 华润微  | 智能功率 IPM 模块封装技术国内领先，进一步扩大国内白色家电、工业变频器等市场份额   |

资料来源：各公司公告，民生证券研究院

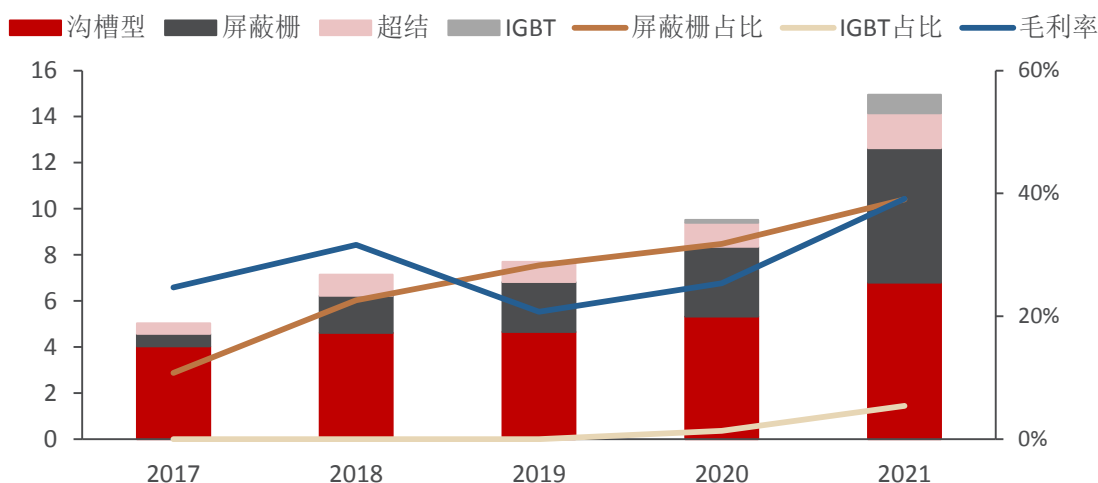
### 3 关注国内厂商的品类切换、结构优化、产线升级节奏

#### 3.1 产品品类升级，高端产品对标海外龙头厂商

国内功率器件的厂家正在进行产品的优化升级，产品性能逐步对标海外厂商，从而获取更强的竞争力。国内功率器件厂商的主要产品从过去以二极管、晶闸管、平面型 MOS 向性能更加优越的超结和屏蔽栅 MOS 升级，同时在 IGBT、SiC 器件上也正在快速追赶海外龙头厂家的节奏。

从 MOSFET 来看，超结和屏蔽栅 MOS 由于具有更好的高频、高压特性以及更低的损耗，目前具备更优良的应用性能。以新洁能为例，2021 年公司产品结构中屏蔽栅 MOS 的占比为 39%，相比 2017 年提升 28pct。同时公司的毛利率也随之有所改善，2021 年全年毛利率为 39.12%，相较 2017 年提升 14.43pct。

图 43：新洁能产品结构拆分及毛利率变化情况（亿元，%）



资料来源：新洁能公告，民生证券研究院

IGBT 方面，国内厂商快速进行产品研发，目前时代电气、士兰微、斯达半导体等厂商技术水平已能够对标海外龙头英飞凌第七代产品。同时 IGBT 厂商也在加快自有产线建设节奏，闻泰科技、时代电气、士兰微和华润微等 IDM 厂商在 IGBT 产线上均有布局，预计未来两年有望进一步加快产能释放节奏。

表 16：国内功率半导体公司 IGBT 布局情况梳理

| 厂商名称 | 类型      | 布局 IGBT 产品情况                                       |
|------|---------|--|
| 闻泰科技 | IDM     | 并购 Newport 获得 8 寸片产能                               |
| 时代电气 | IDM     | 主要用于轨交、电网、新能源车，自有 8 寸产线并逐步扩产                       |
| 士兰微  | IDM     | 产品广泛应用于新能源车、家电、工控等，自有 6 寸和 8 寸 IGBT 产能，并逐步向 12 寸迁移 |
| 华润微  | IDM     | 产品应用于新能源车、工控、家电等领域，自有 8 寸产线并逐步扩产                   |
| 斯达半导 | Fabless | 产品应用于新能源车、工控、光伏等领域，与华虹、积塔合作获得产能                    |
| 新洁能  | Fabless | 已实现小批量生产，产能来自华虹                                    |
| 宏微科技 | Fabless | 产品应用于新能源、工控等领域，产能来自 Newport、华虹等                    |
| 扬杰科技 | Fabless | 已实现批量出货，与中兴绍兴合作获得产能                                |

资料来源：各公司公告，民生证券研究院



国内主流功率半导体厂商在 SiC 器件均有前瞻布局。其中斯达半导、比亚迪半导体、宏微科技以封装为主，外采 CREE 等海外厂商 SiC 芯片；士兰微、时代电气、华润微、扬杰科技等厂商均自行研发 SiC 芯片。我们认为，SiC 未来在新能源车等领域部分场景具备性能优势，而目前全球厂商仍处于产业早期，当前是国产功率厂商通过 SiC 实现国产替代的关键窗口期。

表 17：国内功率半导体公司 SiC 布局情况梳理

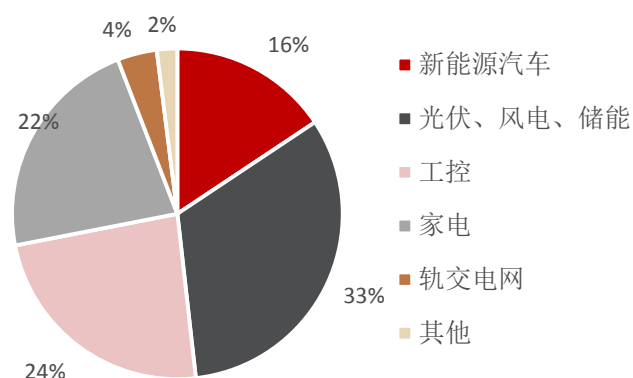
| 厂商名称 | 布局 SiC 情况   |
|------|---|
| 士兰微  | 2021 年 SiC 功率器件试线已通线，已完成车规级 SiC-MOSFET 器件的研发，等待全面的可靠性评估，后续逐步量产。 |
| 时代电气 | 2017 年跑通 6 寸线，SiC 二极管、SiC mos 已有产品，且推出国内首个基于自主 SiC 器件的电驱        |
| 斯达   | 截至 2021 年 9 月 8 日，SiC mos 封装模块订单已有 3 亿以上，芯片来源 CREE、意法半导体等       |
| 新洁能  | 2021 年投入第三代半导体 SiC/GaN 功率器件及封测的研发及产业化项目                         |
| 比亚迪  | 自封 SiC mos 封装模块   |
| 宏微   | 封装模块  |
| 华润微  | SiC 二极管已有销售，近期公布自主研发量产的 SiC mos 产品，进一步规划 SiC 沟槽 mos             |
| 扬杰科技 | 自主设计、封测碳化硅，在外部流片  |

资料来源：各公司公告，民生证券研究院

## 3.2 下游市场切换，新能源收入占比快速提升

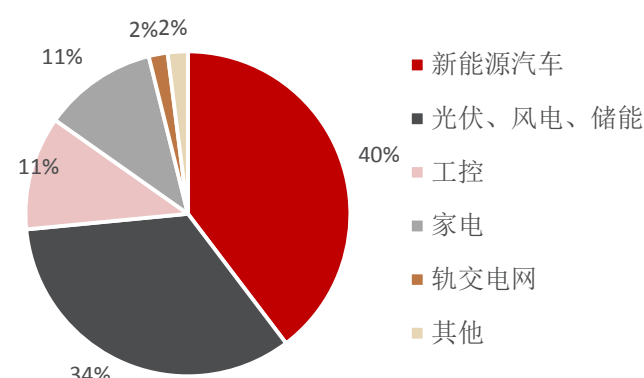
新能源车和光/风/储能有望成为对功率器件需求增长最快的下游应用领域。以 IGBT 为例，据我们测算，至 2025 年国内 IGBT 市场中，新能源汽车的需求有望达到 231 亿元，相较 2020 年提升 7 倍以上；光/风/储能的需求有望达到 197 亿元，相较 2020 年提升 3 倍。新能源汽车、光伏、风电、储能等市场具备更大的市场空间，更高的成长性和更强的利润率水平，有望成为功率器件厂商竞争的核心战场。

图 44：2020 年中国 IGBT 下游应用场景拆分（%）



资料来源：Wind，中电联，GWEC，Wood Mackenzie，CPIA，Yole，民生证券研究院测算

图 45：2025 年中国 IGBT 下游应用场景拆分（%）



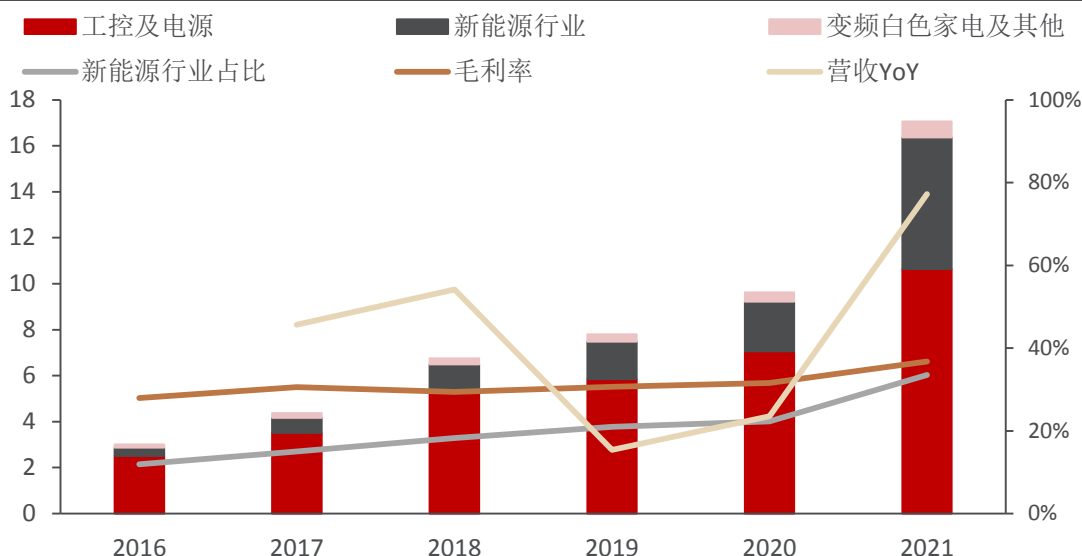
资料来源：Wind，中电联，GWEC，Wood Mackenzie，CPIA，Yole，民生证券研究院测算

目前国内厂商正在加速新能源领域的产品研发和验证节奏。新能源车方面，时代电气、斯达半导、BYD 半导、士兰微、宏微科技等厂商均已实现车用 IGBT 的批量出货；新能源发电领域，国内厂商在光伏领域进展更快，时代电气、斯达半导、宏微科技、新洁能等在光伏领域已实现规模收入，其中时代电气和斯达半导在风电领域也已经实现批量出货。

新能源行业的应用占比也有望进一步带动厂商营收增速和利润率的提升。以斯达半导为例，2021 年公司新能源行业收入占比达到 33.48%，同比提升 11.17pct；2021 年公司毛利率为 36.73%，同比提升 5.16pct；受益于新能源收入的快速增长，2021 年公司营收增速达到 77.22%，

同比提升 53.67pct。

图 46：斯达半导营收构成及毛利率变化情况（亿元，%）



资料来源：斯达半导公告，民生证券研究院

### 3.3 晶圆产线持续升级，功率产品价格更优、性能更良

相较于小尺寸晶圆，大尺寸晶圆在代工成本、产品性能等方面更具备优势。当前国内功率产线中，6 寸晶圆主要用于生产二极管、三极管等产品，同时 SiC 器件由于工艺不够成熟，同样主要在 6 寸晶圆上生产；8 寸晶圆主要生产 MOS、IGBT、功率 IC 等产品；12 寸晶圆主要生产大功率 MOS、IGBT 等先进产品。相较于 8 寸产线，12 寸产线代工成本更低，设备更易获得，同时由于 12 寸晶圆采用的设备更加先进，生产的器件也具备更加优良的性能和稳定性。随着国内厂商研发和产线的升级，12 寸晶圆有望成为未来的主流产线。

表 18：不同尺寸晶圆对比及优劣势

| 项目                         | 6 英寸        | 8 英寸              | 12 英寸          |
|----------------------------|-------------|-------------------|----------------|
| 出现时间                       | 1984        | 1991              | 2001           |
| 晶圆直径 (mm)                  | 150         | 200               | 300            |
| 晶圆厚度 (μm)                  | 675         | 725               | 775            |
| 100mm <sup>2</sup> 芯片可切割数量 | -           | 269               | 640            |
| 主要产品                       | 二极管、三极管、SiC | MOSFET、IGBT、功率 IC | MOSFET、IGBT    |
| 优势                         | -           | 工艺较为简单，产线成熟，良率高   | 成本低，产品性能好      |
| 缺点                         | -           | 成本较高，设备紧缺         | 工艺较难，资本开支大，良率低 |

资料来源：芯片工艺技术，民生证券研究院

当前国内功率 IDM 厂商已纷纷开始布局 12 英寸晶圆产线，产能有望在 2022 年逐步开出，进一步带动厂商营收增长和产品性能提升。士兰微计划投资两条 12 英寸产线，其中第一条产线一期已于 2020 年 12 月投产，未来两年产能有望进一步爬坡；闻泰科技计划投资 120 亿元在上海临港扩建 12 英寸车规级产线，预计达产后产能为 3 万片/月；华润微计划总投资 75.5 亿元，预计产能 3 万片/月。

**表 19：国内布局 12 英寸产线的厂商梳理**

| 厂商名称 | 进展  |
|------|---|
| 士兰微  | 第一条总投资 70 亿元，预计产能 8 万片/月，2020 年 12 月投产；第二条投资 100 亿元 |
| 闻泰科技 | 投资 120 亿元在上海临港扩建 12 英寸车规级产线，预计达产后产能 3 万片/月          |
| 华润微  | 总投资 75.5 亿元，预计产能 3 万片/月，达产时间 2022 年                 |

资料来源：公司公告，民生证券研究院

## 4 投资建议

**行业景气度持续，货期、产品价格均维持高位。**从 2022 年一季度情况来看，海外龙头厂商英飞凌和意法半导体先后发布涨价函，据富昌电子 1Q22 海外功率厂商货期环比普遍增加 10-20 周以上，最高货期达到 52 周，平均货期为疫情以来最高水平。从 2022 全年来看，国内新能源汽车、光伏等领域功率器件需求仍处于供不应求的状态，行业景气度仍有望维持高位。

**功率器件长期需求仍有望维持高速增长。**全球新能源的快速渗透有望带动功率器件需求快速增长，据我们测算，至 2025 年国内 IGBT 市场空间有望达到 583 亿元，5 年 CAGR 增速达到 23%，其中，新能源汽车、光伏、风电、储能等领域有望贡献主要增量。下游需求的持续高速增长有望带动功率器件景气度长期维持，厂商业绩持续增长。

**功率器件国产化率仅为 22%，高端产品国产化率更低。**据我们统计 2021 年国内主要功率器件上市公司相关收入占国内功率器件总市场比重仅 22%，且当前国内功率器件仍以二极管、晶闸管等低端产品居多，高端产品如 IGBT、SiC 等国产化率更低。当前国内厂商在高性能功率器件持续发力，产品性能、可靠性和稳定性等已具备对标海外一线龙头的能力，随着未来下游需求的持续增长，功率器件国产化率有望进一步提升。

**重视国内厂商的产品品类从低端向高端切换，产品下游应用领域优化以及晶圆产线的升级节奏。**当前国内厂商正在经历几大重要变化：1) 产品品类从过去以二极管、晶闸管、平面型 MOS 向性能更加优越的超结、屏蔽栅 MOS 升级，同时在 IGBT、SiC 器件加快布局；2) 下游需求结构中，新能源行业的占比快速提升，带动厂商营收增速和毛利率的进一步上升；3) 从 6 寸到 8 寸，再到 12 寸晶圆升级，主推产品性能、成本优势进一步提升。

**表 20：功率器件行业重点关注个股**

| 证券代码   | 证券简称 | 股价<br>(元) | EPS (元) |       |       | PE (倍) |       |       | CAGR-3 | PEG  | 评级 |
|--------|------|-----------|---------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|------|----|
|        |      |           | 2021A   | 2022E | 2023E | 2021A  | 2022E | 2023E |        |      |    |
| 600460 | 士兰微  | 44.40     | 1.07    | 1.04  | 1.38  | 41     | 43    | 32    | 18.04% | 2.37 | 推荐 |
| 688187 | 时代电气 | 52.85     | 1.42    | 1.65  | 1.87  | 37     | 32    | 28    | 15.18% | 2.11 | 推荐 |
| 603290 | 斯达半导 | 357.00    | 2.34    | 3.80  | 5.62  | 153    | 94    | 64    | 52.08% | 1.80 | 推荐 |
| 605111 | 新洁能  | 98.00     | 2.87    | 3.67  | 4.97  | 34     | 27    | 20    | 33.44% | 0.80 | 推荐 |
| 300373 | 扬杰科技 | 74.92     | 1.50    | 2.15  | 2.81  | 50     | 35    | 27    | 34.13% | 1.02 | 推荐 |
| 688261 | 东微半导 | 212.00    | 2.91    | 3.48  | 5.16  | 73     | 61    | 41    | 31.39% | 1.94 | 推荐 |

资料来源：Wind，民生证券研究院预测

注：股价取 2022 年 5 月 13 日收盘价

## 5 风险提示

**1) 下游需求增速放缓的风险。**当前功率器件下游需求维持快速增长，主要增长来源新能源汽车、光伏、风电、储能、工控、家电等领域，如果全球经济下行持续，新能源、工控和家电领域需求出现较大下滑，则可能进一步影响功率器件下游需求。

**2) 产能扩张节奏不及预期风险。**当前功率器件产能仍较为紧张，预计2022-2023年全球代工和IDM厂商产能有望得到扩充，如果厂商产能扩张不及预期，则可能影响厂商生产节奏，进而影响厂商业绩表现。

**3) 行业竞争格局恶化的风险。**当前功率器件行业处于供不应求的状态，全球厂商纷纷扩产，如果行业下游需求放缓及供应商供给能力增长过快，行业供需格局可能出现反转，使得行业竞争格局恶化，产品价格下降，进而对厂商业绩产生不利影响。



## 插图目录

|  |    |
|--|----|
| 图 1：2019 年全球功率半导体下游需求占比（%）                           | 3  |
| 图 2：2020-2027 年全球新能源汽车出货量（万辆）                        | 3  |
| 图 3：2020-2025 年全球光伏和风电新增装机量（GW）                      | 3  |
| 图 4：功率半导体全球及国内营收增速和毛利率情况（%）                          | 5  |
| 图 5：2018-2024 年全球和中国功率半导体市场规模及预测（亿美元）                | 6  |
| 图 6：2016-2021 年中国功率器件市场空间及国产化率（亿元，%）                 | 6  |
| 图 7：功率半导体类别梳理  | 6  |
| 图 8：功率器件和功率 IC 的主要功能                                 | 6  |
| 图 9：2020 年全球功率半导体细分品类市场空间梳理                          | 8  |
| 图 10：2017-2023 年全球二极管、晶闸管、MOSFET、IGBT 市场空间及预测（亿美元，%） | 8  |
| 图 11：MOSFET 和 IGBT 内部结构对比                            | 9  |
| 图 12：MOSFET 和 IGBT 性能比较                              | 9  |
| 图 13：英飞凌不同代际产品结构及性能差异                                | 9  |
| 图 14：2020 年全球 IGBT 单管前十大供应商（亿美元）                     | 10 |
| 图 15：2020 年全球 IGBT 模块前十大供应商（亿美元）                     | 10 |
| 图 16：2020 年全球 IPM 模块前十大供应商（亿美元）                      | 10 |
| 图 17：2020 年全球 IGBT CR10 及国内厂商份额（%）                   | 10 |
| 图 18：硅、碳化硅、氮化镓衬底功率器件主要应用场景                           | 11 |
| 图 19：2017-2020 年中国 SiC 和 GaN 投资额（亿元）                 | 12 |
| 图 20：2016-2025 年中国 SiC 和 GaN 器件市场规模（亿元）              | 12 |
| 图 21：功率半导体在新能源汽车上的应用                                 | 14 |
| 图 22：汽车级和工业级功率半导体性能要求                                | 14 |
| 图 23：不同新能源车型功率半导体单车价值量（美元）                           | 14 |
| 图 24：国内新能源车用 IGBT 市场空间预测（亿元）                         | 14 |
| 图 25：新能源车牵引逆变器电路图                                    | 15 |
| 图 26：新能源车 OBC 模块电路图                                  | 15 |
| 图 27：安森美用于新能源车高压辅助驱动系统的三相智能功率模块拓扑图                   | 16 |
| 图 28：新能源车 DCDC 模块电路图                                 | 16 |
| 图 29：直流充电桩电路拓扑图                                      | 17 |
| 图 30：光伏并网系统电路图                                       | 20 |
| 图 31：风电并网系统电路图                                       | 20 |
| 图 32：组串式逆变器和集中式逆变器电路图                                | 20 |
| 图 33：2021 年截至 11 月国内光伏逆变器装机比例（%）                     | 20 |
| 图 34：光伏逆变器的性能要求较高                                    | 21 |
| 图 35：伺服驱动单元拓扑图                                       | 23 |
| 图 36：变频器主电路拓扑图                                       | 23 |
| 图 37：逆变弧焊电路结构图                                       | 23 |
| 图 38：UPS 电源电路结构图                                     | 23 |
| 图 39：全球伺服电机市场需求量（万台，%）                               | 24 |
| 图 40：国内伺服电机市场格局                                      | 24 |
| 图 41：中国家电销量和家电渗透率（万台，%）                              | 24 |
| 图 42：变频空调主电路拓扑图                                      | 24 |
| 图 43：新洁能产品结构拆分及毛利率变化情况（亿元，%）                         | 28 |
| 图 44：2020 年中国 IGBT 下游应用场景拆分（%）                       | 29 |
| 图 45：2025 年中国 IGBT 下游应用场景拆分（%）                       | 29 |
| 图 46：斯达半导营收构成及毛利率变化情况（亿元，%）                          | 30 |

## 表格目录

|                |   |
|----------------|---|
| 重点公司盈利预测、估值与评级 | 1 |
|----------------|---|

|  |    |
|--|----|
| 表 1：全球主要功率半导体器件厂商交货周期变化情况 .....                | 4  |
| 表 2：不同类型功率半导体性能 .....                          | 7  |
| 表 3：不同衬底材料性能对比 .....                           | 11 |
| 表 4：2020-2025 年中国 IGBT 需求测算（亿元） .....          | 13 |
| 表 5：新能源车用 IGBT 价值量 .....                       | 17 |
| 表 6：2020-2025 年中国新能源车用 IGBT 需求测算（亿元） .....     | 18 |
| 表 7：新能源汽车供应商定点情况 .....                         | 19 |
| 表 8：新能源车用 IGBT 厂商情况梳理 .....                    | 19 |
| 表 9：2020-2025 年中国光伏、风电和储能用 IGBT 需求测算（亿元） ..... | 21 |
| 表 10：功率半导体厂商光伏逆变器布局情况 .....                    | 22 |
| 表 11：功率半导体厂商光伏领域营收预测及客户结构 .....                | 22 |
| 表 12：2020-2025 年中国工控用 IGBT 需求测算（亿元） .....      | 25 |
| 表 13：2020-2025 年中国白电用 IGBT 需求测算（亿元） .....      | 26 |
| 表 14：功率器件厂商在工控领域 IGBT 产品布局 .....               | 26 |
| 表 15：国内功率器件厂商在家电 IGBT 领域的布局情况 .....            | 27 |
| 表 16：国内功率半导体公司 IGBT 布局情况梳理 .....               | 28 |
| 表 17：国内功率半导体公司 SiC 布局情况梳理 .....                | 29 |
| 表 18：不同尺寸晶圆对比及优劣势 .....                        | 30 |
| 表 19：国内布局 12 英寸产线的厂商梳理 .....                   | 31 |
| 表 20：功率器件行业重点关注个股 .....                        | 32 |

## 分析师承诺

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登记为注册分析师，基于认真审慎的工作态度、专业严谨的研究方法与分析逻辑得出研究结论，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。本报告清晰准确地反映了研究人员的研究观点，结论不受任何第三方的授意、影响，研究人员不曾因、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。

## 评级说明

| 投资建议评级标准  | 评级   | 说明                |
|---|------|-------------------|
| 以报告发布日后的 12 个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的涨跌幅为基准。其中：A 股以沪深 300 指数为基准；新三板以三板成指或三板做市指数为基准；港股以恒生指数为基准；美股以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。 | 推荐   | 相对基准指数涨幅 15%以上    |
|   | 谨慎推荐 | 相对基准指数涨幅 5%~15%之间 |
|   | 中性   | 相对基准指数涨幅-5%~5%之间  |
|   | 回避   | 相对基准指数跌幅 5%以上     |
| 行业评级  | 推荐   | 相对基准指数涨幅 5%以上     |
|   | 中性   | 相对基准指数涨幅-5%~5%之间  |
|   | 回避   | 相对基准指数跌幅 5%以上     |

## 免责声明

民生证券股份有限公司（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。

本报告仅供本公司境内客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告仅为参考之用，并不构成对客户的投资建议，不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，客户应当充分考虑自身特定状况，不应单纯依靠本报告所载的内容而取代个人的独立判断。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而导致的任何可能的损失负任何责任。

本报告是基于已公开信息撰写，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，且预测方法及结果存在一定程度局限性。在不同时期，本公司可发出与本报告所刊载的意见、预测不一致的报告，但本公司没有义务和责任及时更新本报告所涉及的内容并通知客户。

在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问、咨询服务等相关服务，本公司的员工可能担任本报告所提及的公司的董事。客户应充分考虑可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一参考依据。

若本公司以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构独自为此发送行为负责。该机构的客户应联系该机构以交易本报告提及的证券或要求获悉更详细的信息。本报告不构成本公司向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议。本公司不会因任何机构或个人从其他机构获得本报告而将其视为本公司客户。

本报告的版权仅归本公司所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、转载、发表、篡改或引用。所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记，除非另有说明，均为本公司的商标、服务标识及标记。本公司版权所有并保留一切权利。

## 民生证券研究院：

上海：上海市浦东新区浦明路 8 号财富金融广场 1 幢 5F； 200120

北京：北京市东城区建国门内大街 28 号民生金融中心 A 座 18 层； 100005

深圳：广东省深圳市深南东路 5016 号京基一百大厦 A 座 6701-01 单元； 518001