

证券研究报告
半导体行业
2020年 12月 2日

IGBT功率半导体研究框架

——深度报告

首席分析师： 陈航 执业证书编号：S1220519110008

方正金融是方正集团下属的五大核心产业集团之一。

业务范围涉及证券、期货、公募基金、投行、直投、信托、财务公司、保险、商业银行、租赁等。

Founder Financial, one of the five core sectors of Founder Group.

Its business covers securities, futures, mutual fund, investment banking, direct investment, trust, corporate financing, insurance, commercial banking and leasing.

5000+篇高质量行业报告免费下载，无需注册，也无广告
并购家 www.ipoipo.cn

- **需求：节能环保** 传统的功率半导体损耗非常大，需要多个器件才能达到电能转换的效果。IGBT通过调节电机的转速来达到节能的作用。
- **行业增长**：最主要来自新能源汽车带动的增长；工业领域属于稳健的需求，增量来自于新基建；新能源发电和电网来自国家政策的推动发展；轨道交通是中国的优势领域。
- **行业趋势**：从对材料的利用效率上目前已经走到第七代 IGBT，硅极限后往模块以及系统整合方向发展。
- **行业壁垒**：相对于传统功率半导体，IGBT工艺流程长达2.5-3个月，只要有一个参数发生偏差，就需要工艺流程重新返工，1年时间内没有几次试错的机会。
- **国产替代**：国内企业认证周期从 5年缩短到1年，大量的晶圆代工厂给予 fabless模式的功率半导体公司迅速做大提供强大的工艺制造支持。

投资机会主要来自于**国产替代**，建议关注相关产业链标的：

功率晶圆代工：华虹半导体（1347.HK），积塔半导体，中芯国际（688981）

虚拟IDM：斯达半导（603290），扬杰科技（300373），捷捷微电（300623），新洁能（605111），台基股份（300046）；

IDM：中车时代半导体，比亚迪半导体，华润微（688396），闻泰科技（600745），士兰微（600460），华微电子（600360）。

1 行业增长：需求驱动

2 行业趋势：技术引领

3 行业壁垒：经验积累

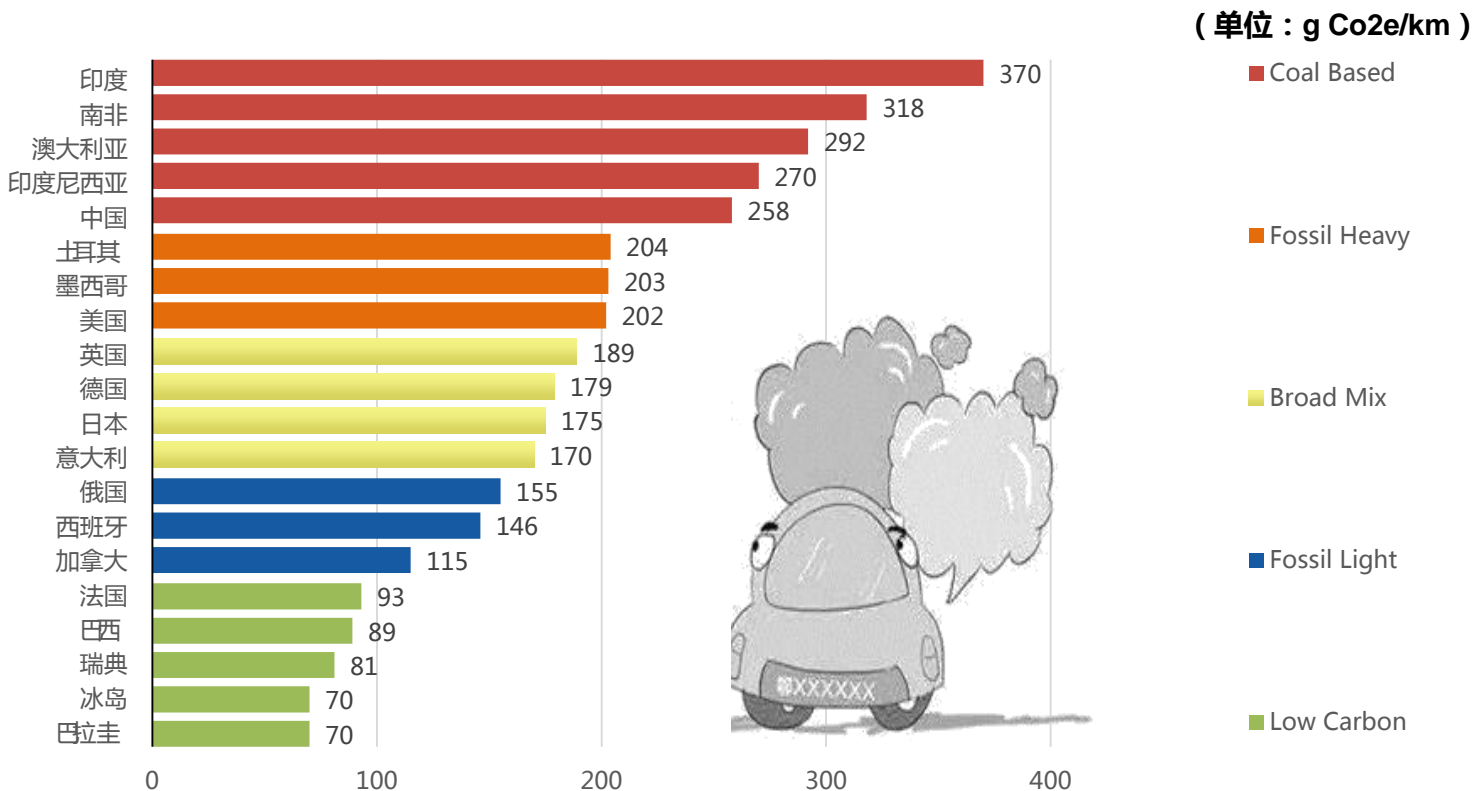
4 竞争格局：头部集中

5 投资机会：国产替代

- **IGBT产品定义**：功率开关器件，让直流电和交流电之间相互转换。
- **IGBT行业需求增长**：IGBT广泛应用于工业、汽车、通信及消费电子领域，其主要电压应用范围在600V到1200V之间。由于经济的飞速发展，我国能源需求量大幅上升，在节能减排政策的背景下，工业控制、变频白色家电等节能效果明显的产品近年来市场规模不断扩大。
 1. **低压领域**：IGBT主要应用于变频白色家电，例如冰箱、空调等家庭消费电子必需品与重要耗能品。在汽车领域，IGBT低导通状态压降低的特性有利于传统燃油汽车电子点火系统对燃料效率的提升。同时随着新能源汽车替代率逐步上升，将持续拉动IGBT模块市场的需求。在工业领域，随着新基建步伐的加快，我国建成5G基站、人工智能产业、新能源充电基础设施快速发展。
 2. **中压领域**：随着信息产业与高端制造业的快速发展，新能源并网和电网工程建设工程逐步加强，我国工业逆变焊机、逆变变频器市场持续升温，USB电源与新能源发电市场稳步增长。
 3. **高压领域**：我国轨道交通发展规模与电网传输投资规模持续增长。

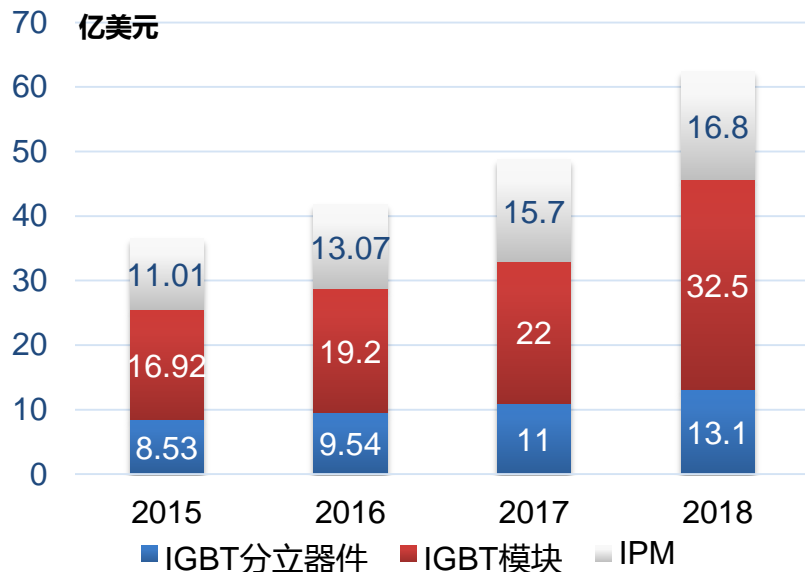
根据各国电动汽车动力来源及碳排放量数据可知，以煤炭为主要动能的国家碳排放量最多，印度碳排放量高达370g Co2e/km。中国电动汽车同样以煤炭为主要动能，其碳排放量为258g Co2e/km。由于经济的飞速发展，我国能源需求量大幅上升，在节能减排政策的背景下，工业控制、变频白色家电等节能效果明显的产品近年来市场规模不断扩大。

图表：各国电动汽车动力来源及碳排放量

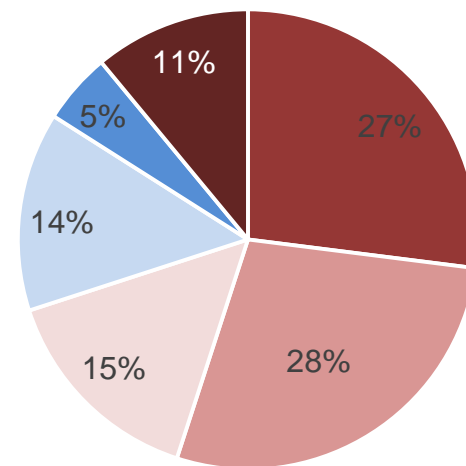


- 根据IHS Markit 统计数据显示，2018年全球IGBT分立器件市场规模13.1亿美元，IPM模块16.8亿美元，IGBT模块32.5亿美元。
- 2016年中国IGBT市场规模为15.40亿美元，2018年为19.23亿美元，对应复合年均增长率为11.74%。
- 根据数据显示2019年全球IGBT各应用领域的市场规模，其中工业领域占比28%，汽车领域27%，其次是通信领域 15%，消费电子 14%。

图表 :2015-2018年 全球IGBT市场规模



图表：2019年全球IGBT应用领域市场规模占比

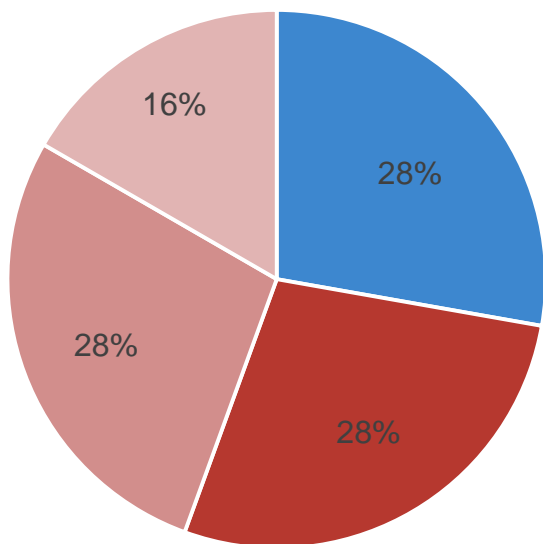


■ 汽车 ■ 工业 ■ 通信 ■ 消费电子 ■ 航空航天 ■ 数据计算和存储

	伺服驱动器	低功率驱动	中高功率驱动
功率	<p>370W 75KW</p>	<p>370W 500KW</p>	<p>500kW 10MW</p>
需求	<ul style="list-style-type: none"> > 定位精度高 > 快速反应 > 可信度高 	<ul style="list-style-type: none"> > 可靠性 > 安全性 > 良好的性能 	<ul style="list-style-type: none"> > 安全性 > 持久性 > 高可靠性且停机时间短
主要应用	<ul style="list-style-type: none"> > 机器人 > 材料搬运 > 机床 	<ul style="list-style-type: none"> > 泵与风机 > 过程自动化 > 起重机 > 海洋驱动 	<ul style="list-style-type: none"> > 石油&天然气工业 > 化学工业 (例：空气压缩机) > 水泥磨机

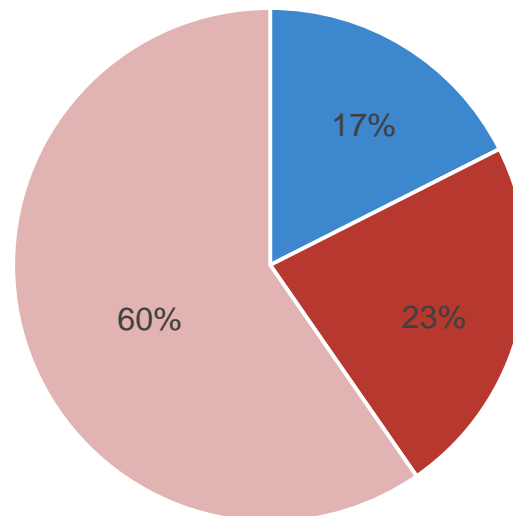
- IPM目前被广泛应用于消费电子，工业等领域。就 2019年全球的IPM市场份额来说，有消费电子，伺服电机，UPS和其他领域。
- 对国内市场来说，IPM主要应用于三大白电，是变频功能的重要部分。我国在 2019年的变频空调销量约有6800万台，接近于全部空调的半数；变频洗衣机大概售出了 2600万台，占全部销量的百分之四十；变频冰箱售出了大概 2000万台，约为全部冰箱的四分之一。
- 随着我国家电变频的进一步发展以及在工业上开始更多的应用，对 IPM模块的需求也会进一步扩大，因此IPM的市场有很大发展空间和很好的前景。

图表：2019年全球IPM不同领域市场份额

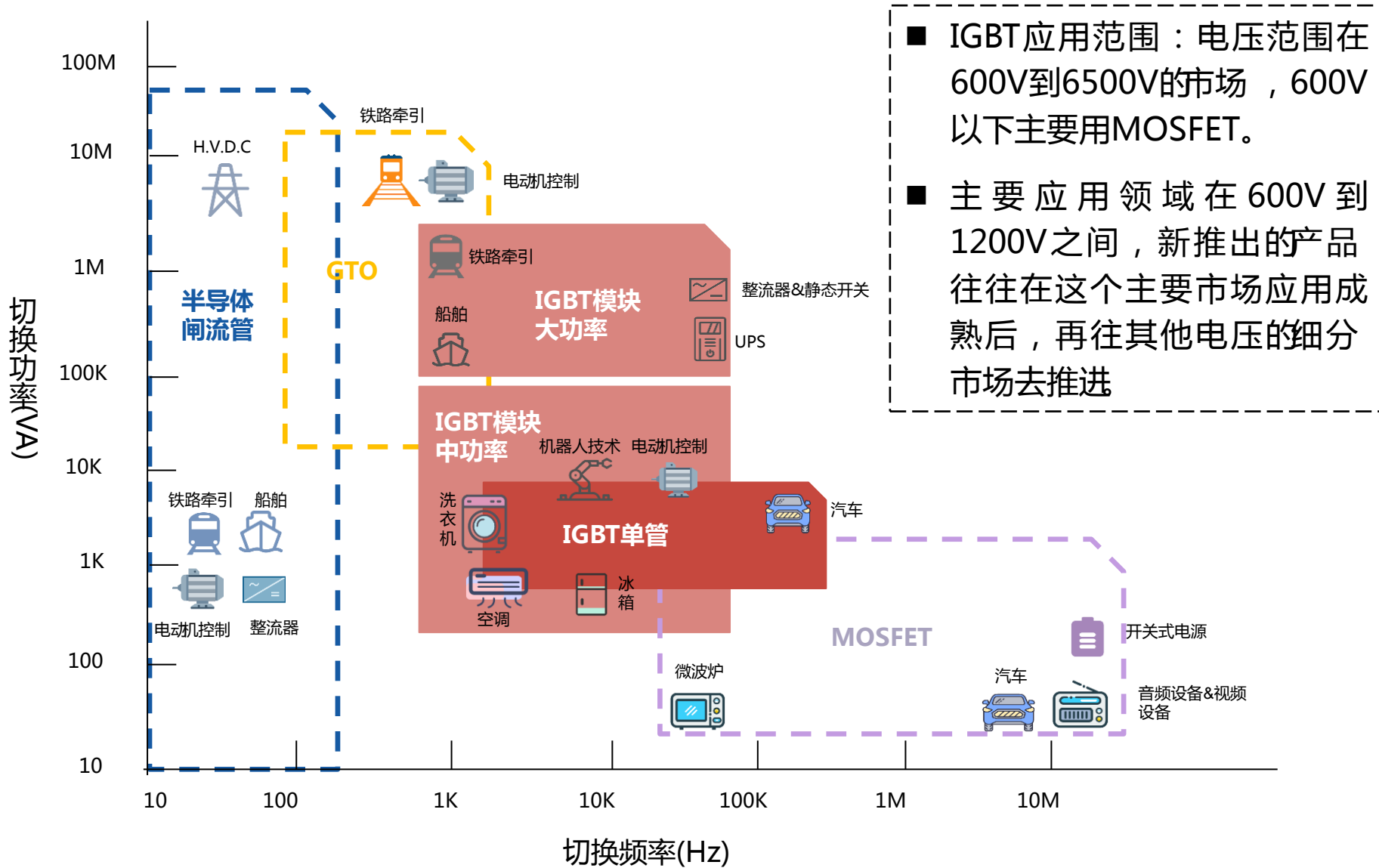


■ 消费电子 ■ UPS ■ 伺服电机 ■ 其他

图表：2018年三大变频白电的销量占比



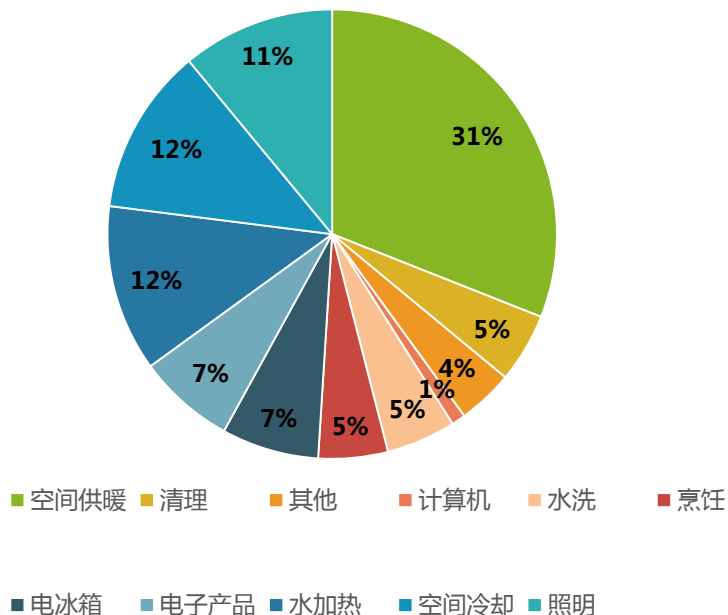
■ 变频冰箱 ■ 变频洗衣机 ■ 变频空调



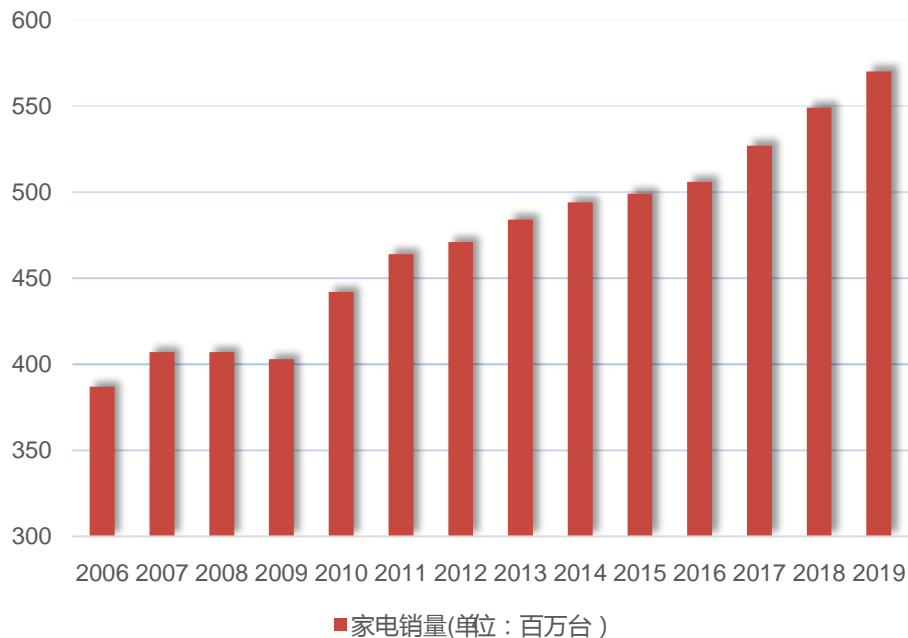
- IGBT应用范围：电压范围在600V到6500V的市场，600V以下主要用MOSFET。
- 主要应用领域在600V到1200V之间，新推出的产品往往在这个主要市场应用成熟后，再往其他电压的细分市场去推进

- 家庭中的电力供应使生活更加丰富，家庭能耗中 50%用于供暖/冷却，电冰箱和烹饪。IGBT 作为能源变换与传输的核心器件，可以用更高效的方法减少消费者用电量，减少二氧化碳排放，有助于节能环保，建设节约型社会。
- 家电作为每个家庭的必需品，近年来全球家电的销量呈现上升的趋势。数据显示，2019年全球家电销量高达5.7亿，同比增长约4%，相较于2006年全球家电销量上升了近50%。

图表：家庭消费电子能耗占比



图表：全球家电销量图

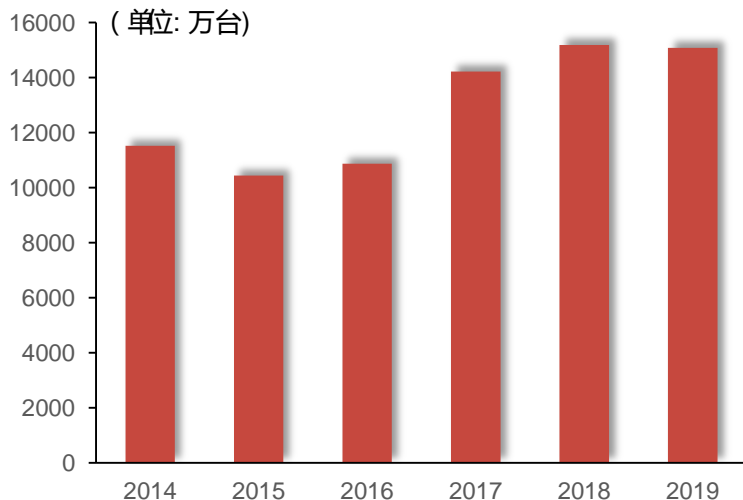


■ 家电销量(单位：百万台)

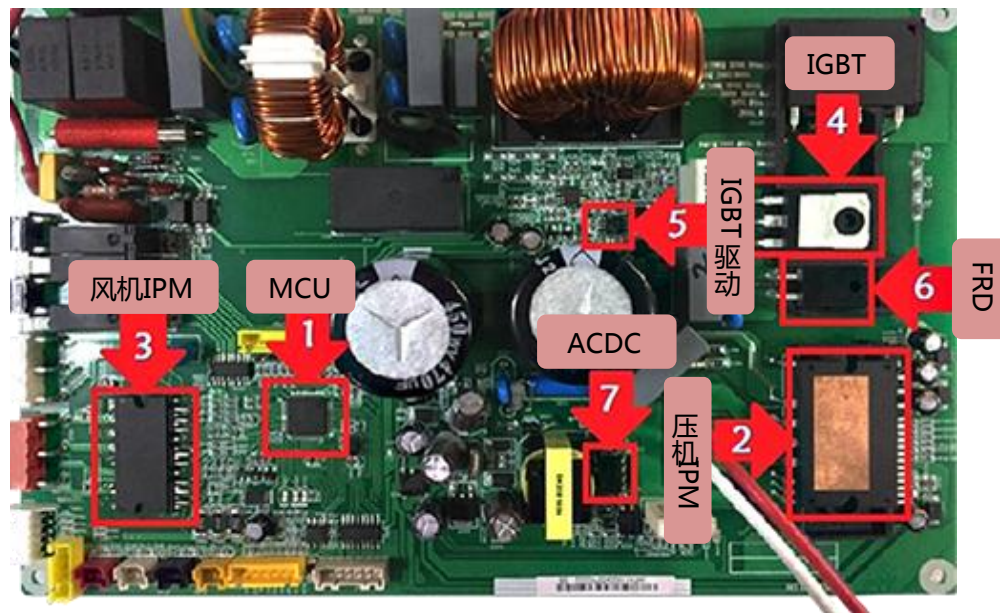
■ 低压（600V）：变频白色家电（空调）

- 空调作为家庭消费电子耗能的重要产品，其销量近年来逐步上升。产业在线数据显示，中国2018年家用空调销量达1.5亿台，同比增长6.24%，2019年销量虽稍有回落，但近年来家用空调销量呈上升趋势。
- 空调变频白色家电为IGBT模块和IPM模块的主要应用领域。士兰微提供变频空调外机整体解决方案：MCU+IPM+AC/DC+IGBT模块。同时控制空调压缩机和直流风机，降低电控成本兼具启动速度快等优点。

图表：2014-2019年空调销量

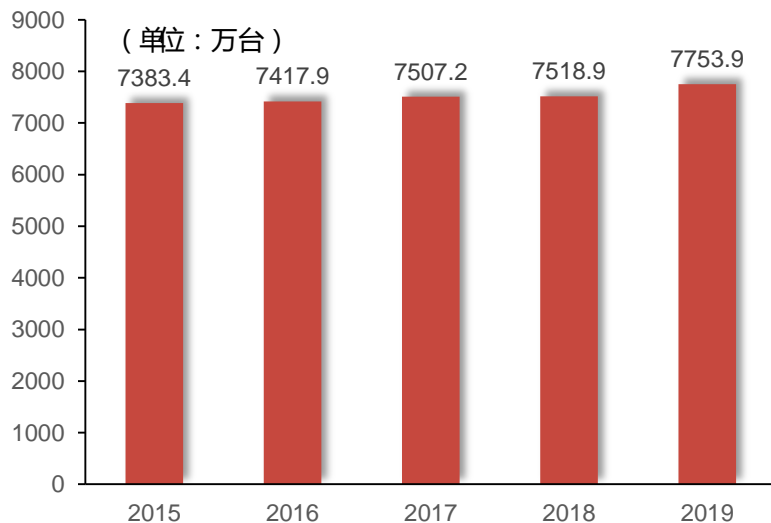


图表：变频空调外机电路

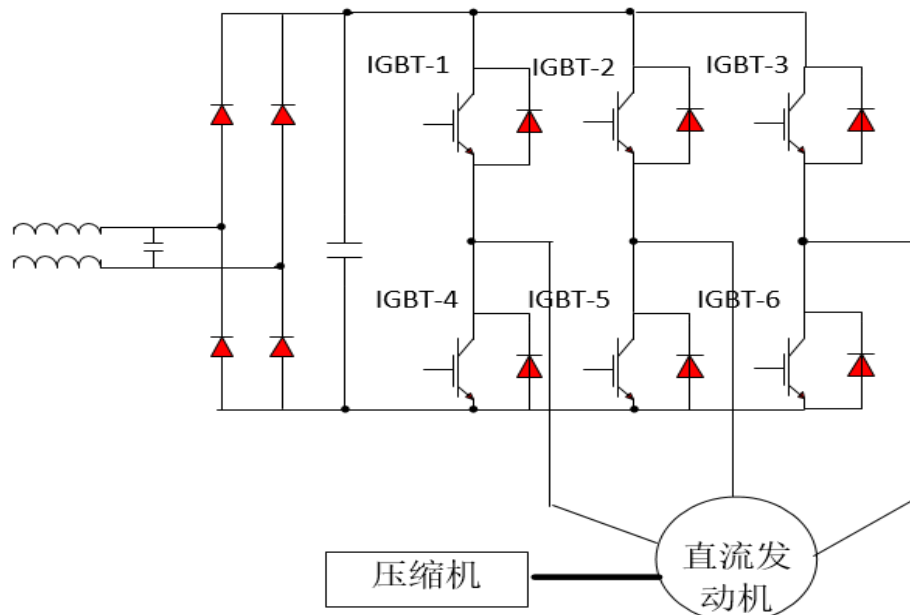


- 冰箱是现代家庭的必需品，根据数据，近年来冰箱的销量呈现较缓的上升，2019年冰箱的销量约为7754万台，销量同比增加3.13%。美的集团、青岛海尔及TCL集团作为冰箱行业上市公司的三大龙头企业，近年来营业收入上升，利润增加。产业在线数据显示，2019年美的集团营业收入高达2217.7亿。
- 冰箱需要24小时不停运转，最重要的就是降低功耗，压缩机的驱动器由IGBT组成，共需6个IGBT。

图表：中国冰箱销量图

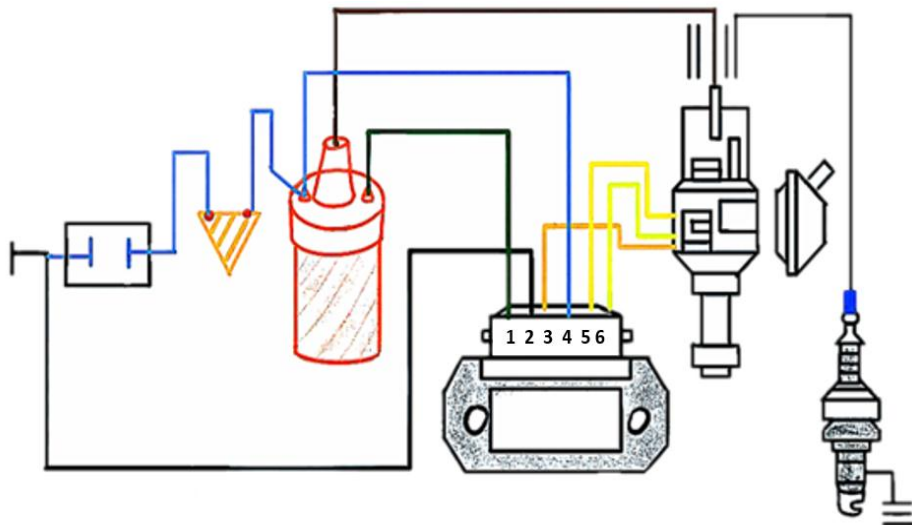


图表：空调单相异步电机驱动电路

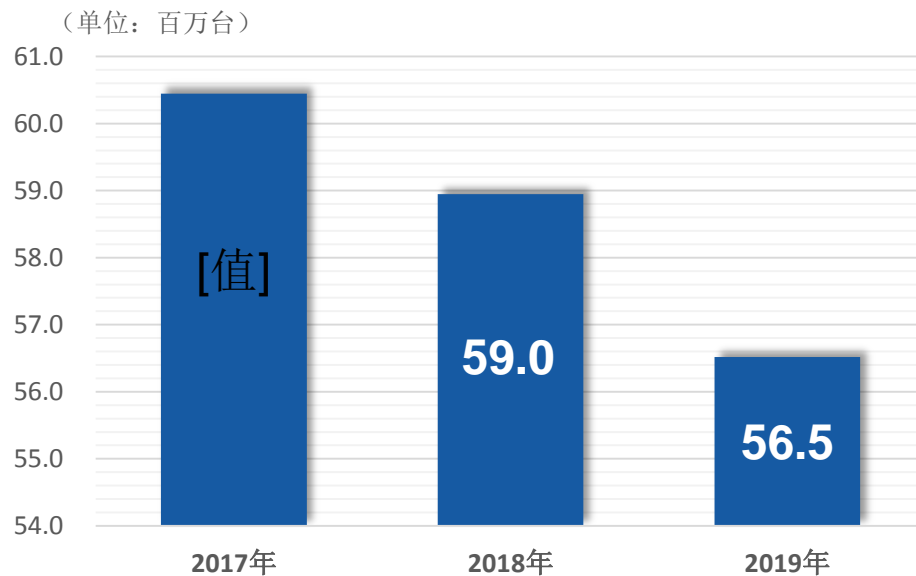


- 中国每年消耗大约1200万桶汽油，汽油的燃烧会产生大量二氧化碳，汽车工业采用很多方法改善燃料效率，电子点火系统对提升燃料效率做出了重要贡献。
- 电子点火系统：容易控制火花持续的时间，冷启动汽车电池电压 $<10V$ ，IGBT低导通状态压降低的优势得以体现。

图：电子点火系统电路示意图

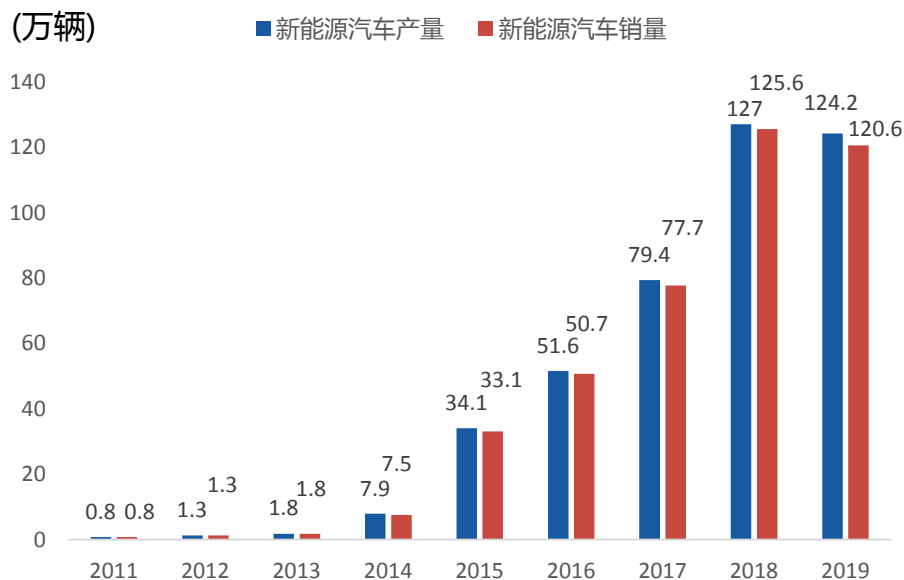


图表：全球三大主要市场(中国&欧洲&美国) 燃油车销量

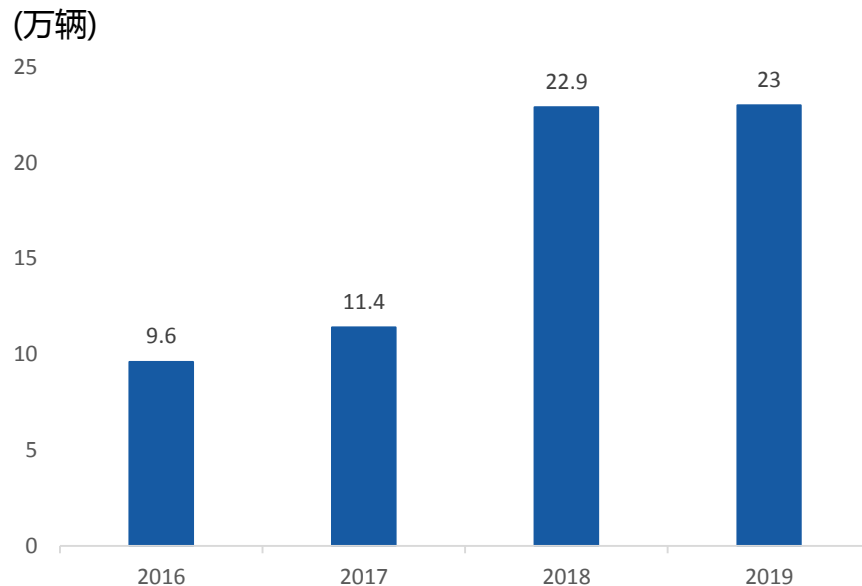


- 根据中汽协发布的产销数据，2018年，新能源汽车产量及销量分别为127万辆和125.6万辆，同比分别增长59.9%和61.7%。2019年，新能源汽车产量及销量都略有下降，分别为124.2万辆和120.6万辆。
- 在国家政策支持及行业快速发展的推动下，比亚迪积极推进新能源汽车产业，2019年新能源汽车销量达到23万辆。
- 2016年11月国务院印发的《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划的通知》指出，到2020年，新能源汽车实现当年产销200万辆以上，累计产销超过500万辆，对应2017-2020年新能源汽车产量每年平均40%的增速。依托国家积极推进新能源汽车的战略，国内有存量巨大市场，国产IGBT一定可以复制英飞凌和三菱的道路做大做强。

图表：2011-2019年中国新能源汽车产销

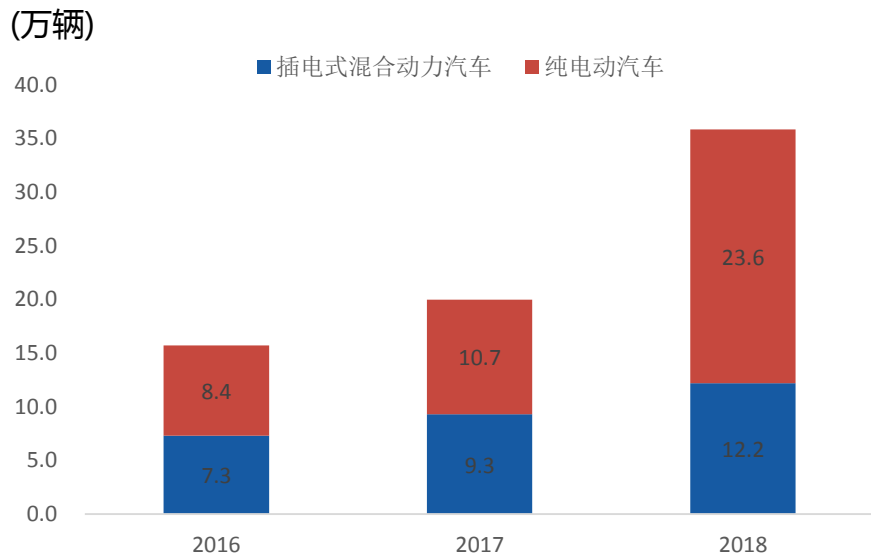


图表：2016-2019年比亚迪新能源汽车销量

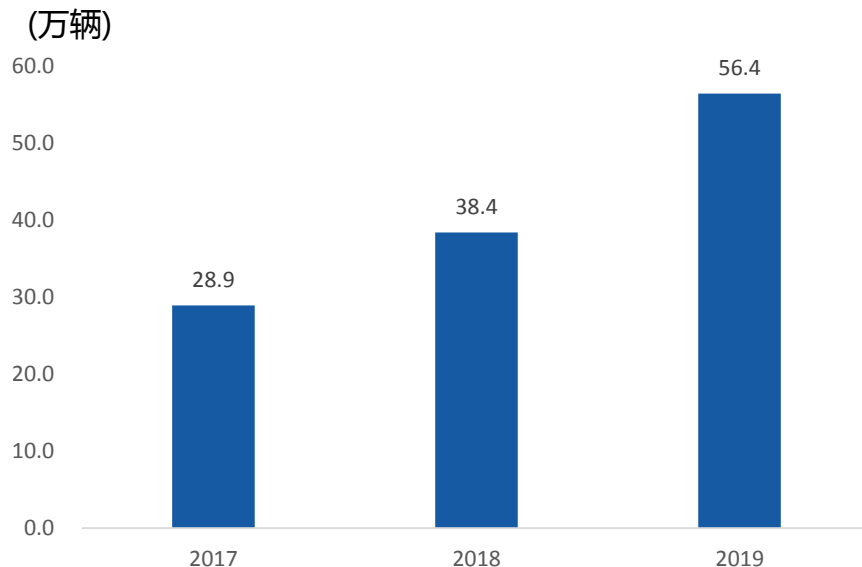


- 全球销量：根据美国WardsAuto.com统计，2017年全球汽车销量超过9000万辆，随着新能源汽车替代率逐步上升，将持续拉动IGBT模块市场的需求。
- 美国政府投资了240万美元用于发展美国电动汽车行业，政府的鼓励性政策推动了美国的新能源汽车产业的快速发展，帮助美国经济复苏。
- 根据Statista数据统计，美国电动汽车销量逐年增长，其中插电式混合动力汽车销量在 2018年达到了12.2万辆，纯电动汽车销量为 23.6万辆。
- 2019年，欧洲电动汽车市场达到了 56.4万辆，主要是由于电动汽车在挪威非常流行，预计欧洲电动汽车的销量还会持续增长。

图表：2015 - 2018年美国电动汽车销量

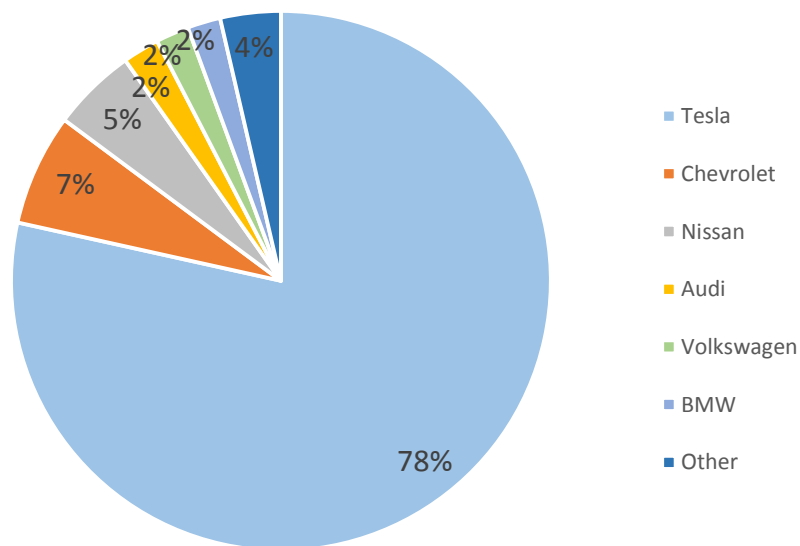


图表：2017 - 2019年欧洲电动汽车销量

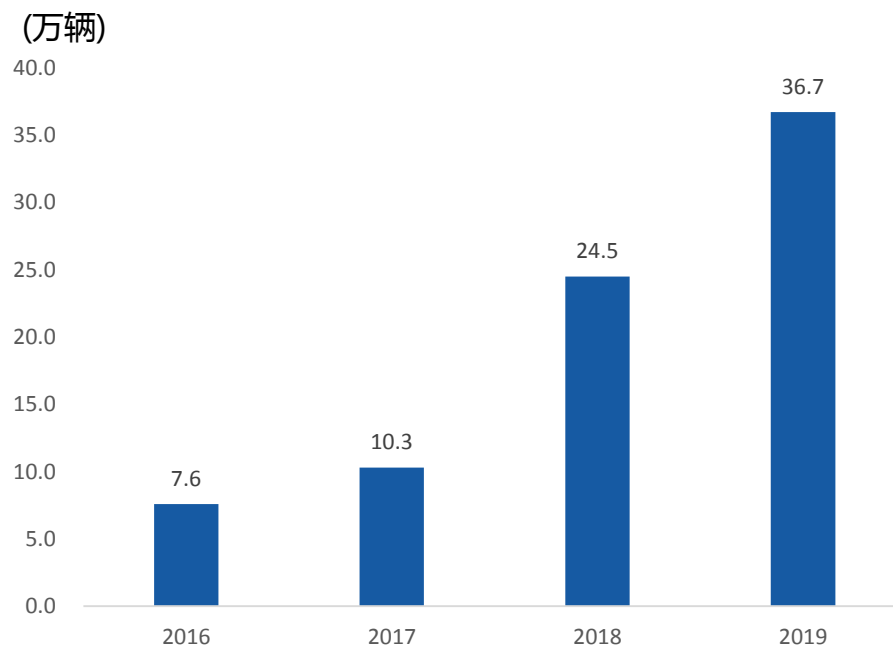


- 特斯拉占据美国本土电动汽车市场的主导地位，2019年，美国的纯电动汽车（BEV）销量约为24.5万辆，其中特斯拉车型占了近80%。
- 自从2017年第三季度Model 3发布，特斯拉在全球交付的汽车数量激增，Model 3是有史以来最畅销的插电式电动汽车。在2020年特斯拉将其新车型Model Y加入了产品线。特斯拉在2020年第二季度交付了8万辆Model 3和Model Y。
- 特斯拉全球汽车销量从2018年的4.5万辆增长到2019年的36.7万辆，增长了约50%。2019财年，特斯拉汽车销售收入近200亿美元。

图表：2019年美国不同品牌的纯电动汽车（BEV）销售份额



图表：特斯拉全球汽车销量

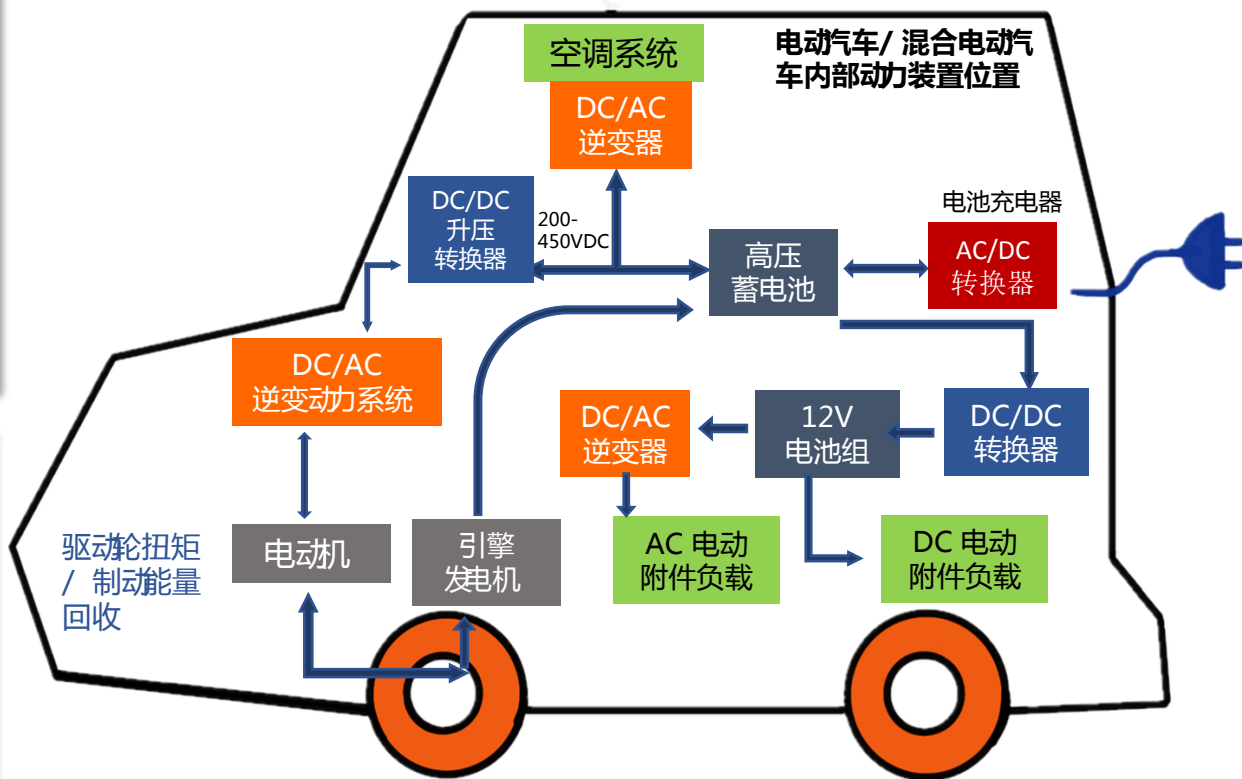


升压器 (DC-DC) :

逆变器设计取决于汽车额定功率，额定功率和直流总线电压成正比，还需要辅助升压器来提升DC总线电压，在相同电机尺寸下提升总可用功率。升压器需要**2个IGBT**将直流母线电压从200V升到500V。

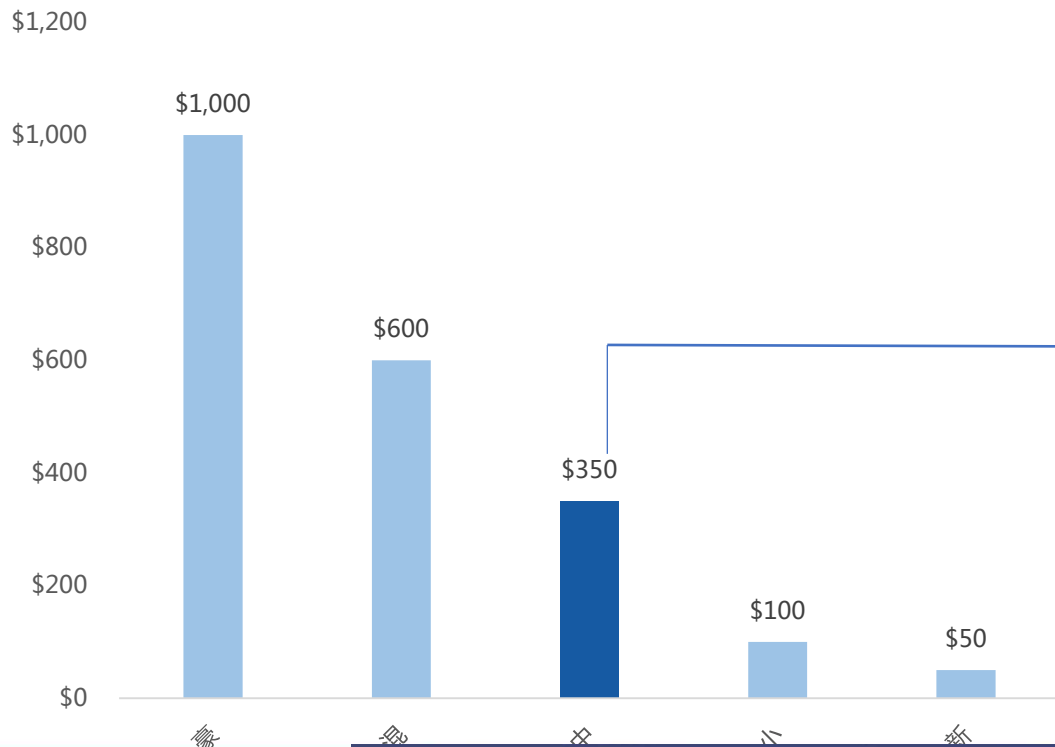
逆变器 (DC-AC) :

电控中主要是逆变器，担负着电控系统中将动力电池直流电能转换成驱动电机所需交流变频电能的功能，逆变器主要是Si-IGBT模块，所以IGBT模块相当于汽车动力系统的“CPU”。逆变器中需要使用**6个IGBT**和6个二极管。

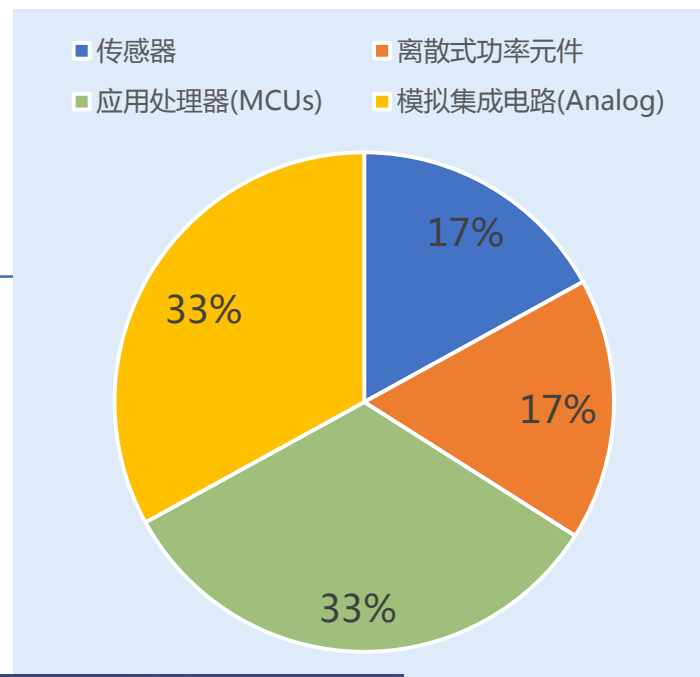


- 新能源汽车动力系统 = 电池 + 电驱 (电机 + 电控)。电控接收整车控制器的指令，进而控制驱动电机的转速和转矩，以控制整车的运动，相当于传统汽车发动机。功率器件价值占电控系统的20% -30%。
- 目前，平均每辆中档汽车的半导体价值量约为 350美元，其中17%的占比是离散式功率器件，2/3的成本源于MCUs 和Analog。

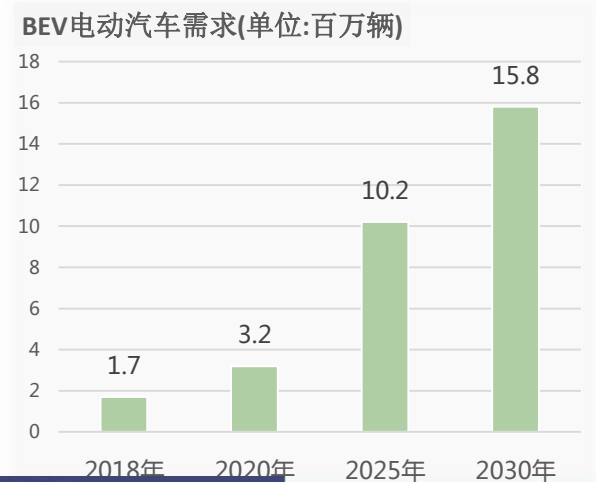
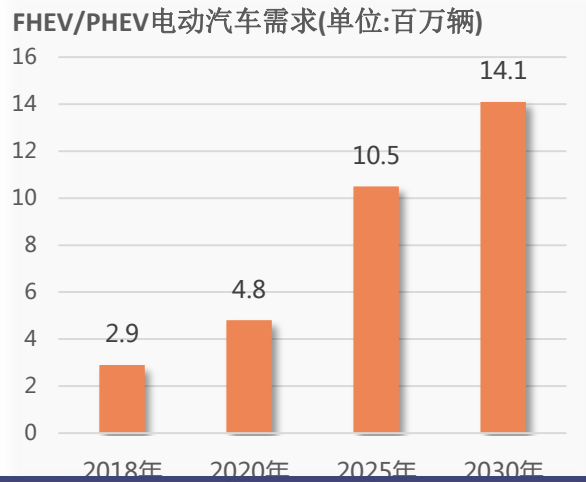
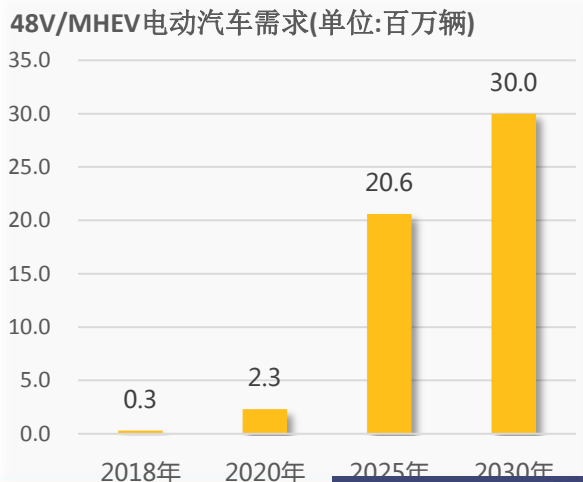
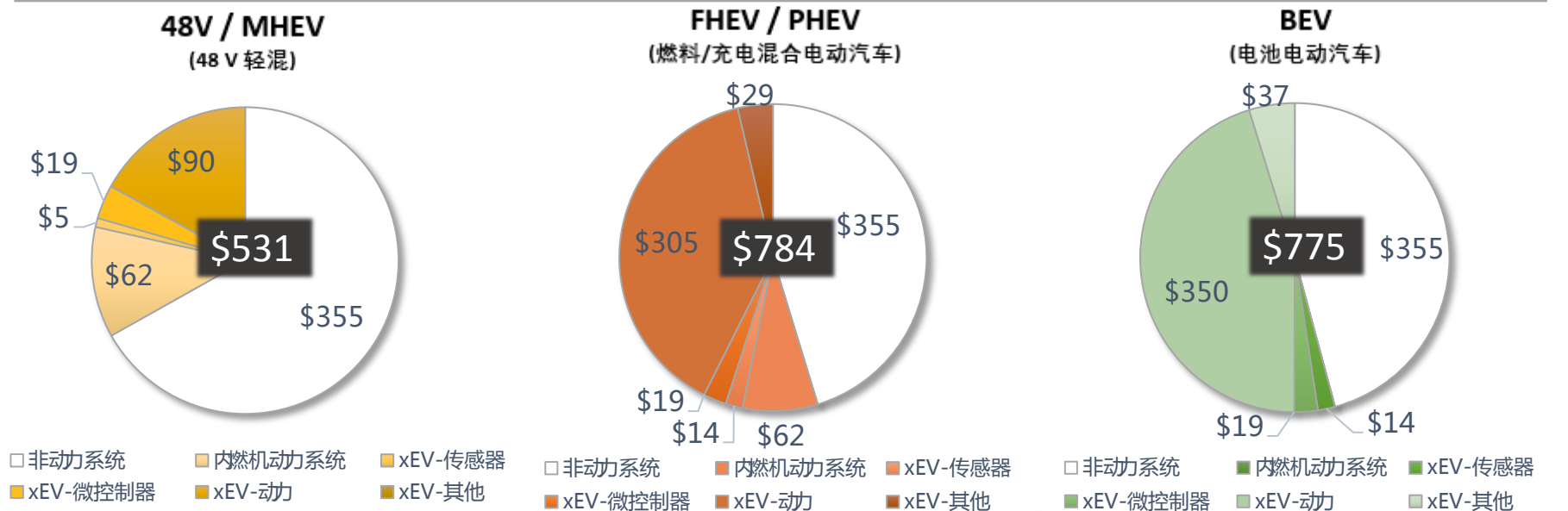
图表：各种类型汽车所含半导体的价值量



图表：平均每辆中档汽车半导体成本的成分占比

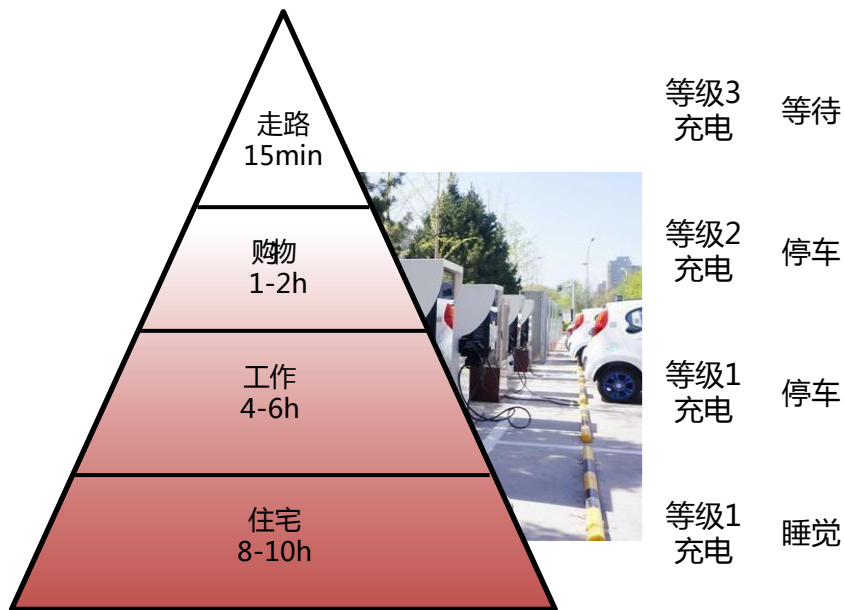


图表：2019 每辆xEV（不同用电程度的电动汽车）内部的半导体含量

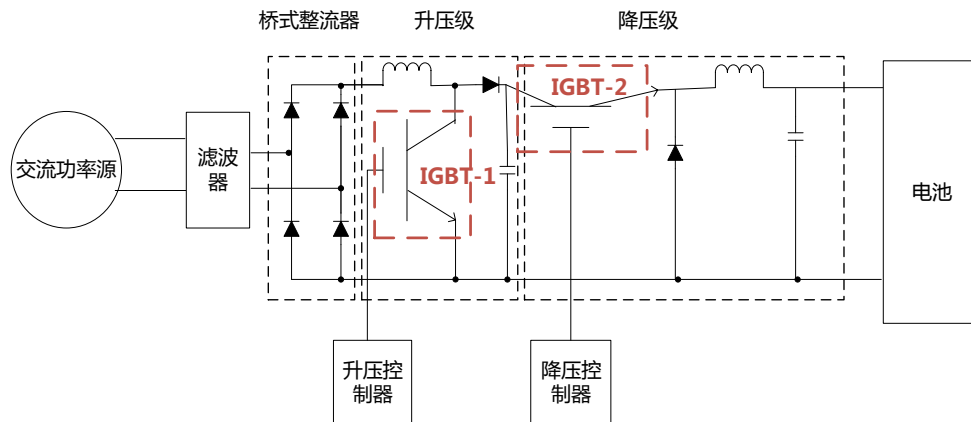


- 方便的充电基础设施是电动汽车普及的基础，并且需要在各种天气条件下大功率的充电。充电的时间越短，用户的充电体验越好。
- 在充电的电路中，将交流电转换为直流电来给电池充电，先升压再降压，各自需要一个IGBT。开关元件占充电桩成本的20%。

图表：充电金字塔

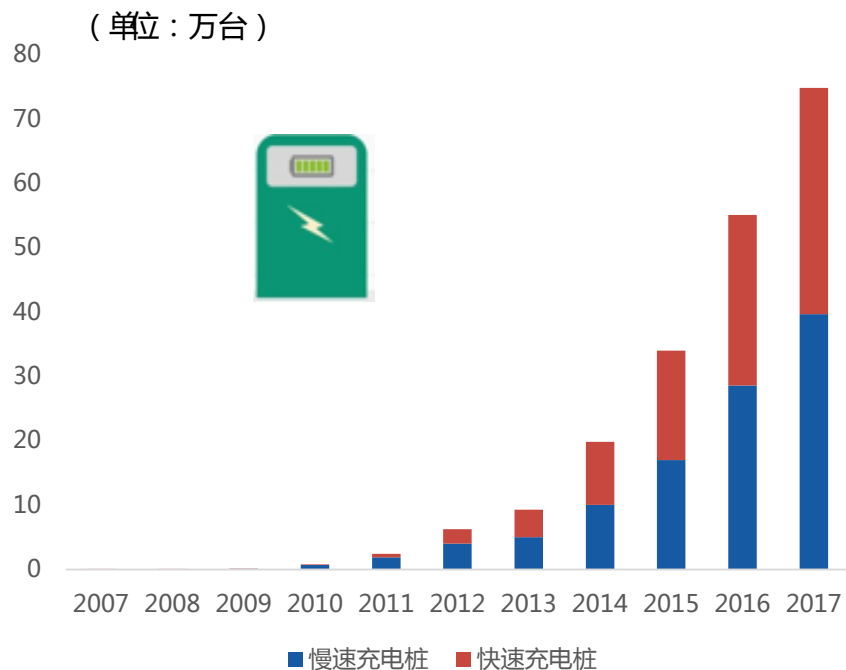


图表：充电电路图

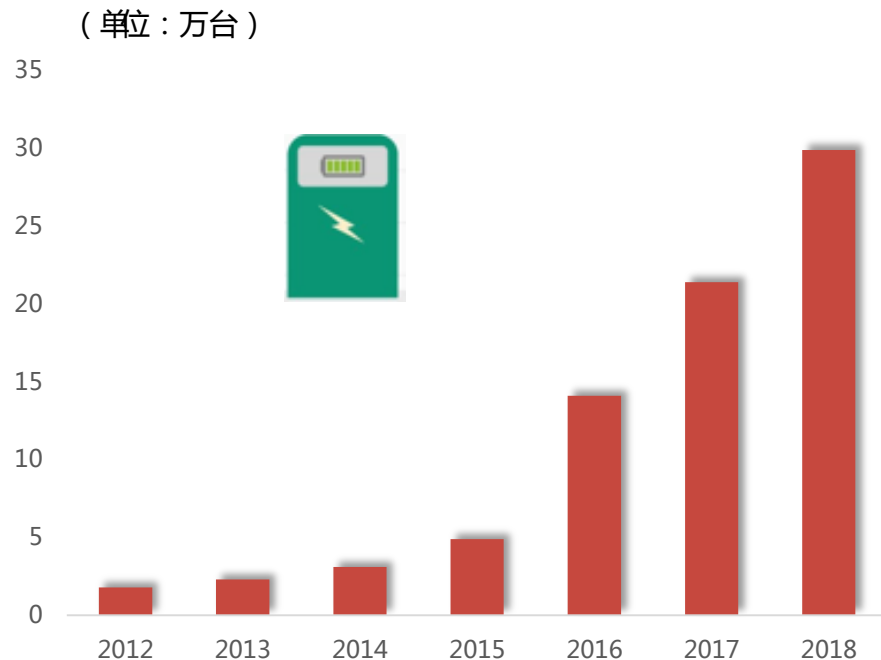


- 随着电动汽车市场的发展，电动汽车充电桩的数量也不断上升。
- 根据IEA数据整理，全球公用的电动汽车充电桩数量已从 2007年的707台上升到2017年的75万台，年复合增长率高达100%。其中慢速充电桩和快速充电桩各占一半左右。
- 根据前瞻研究院数据，我国电动汽车充电桩数量由 2012年的1.8万台增长到2018年的29.9万台，年复合增长率高达59.73%。

图表：全球公用的电动车充电桩数量

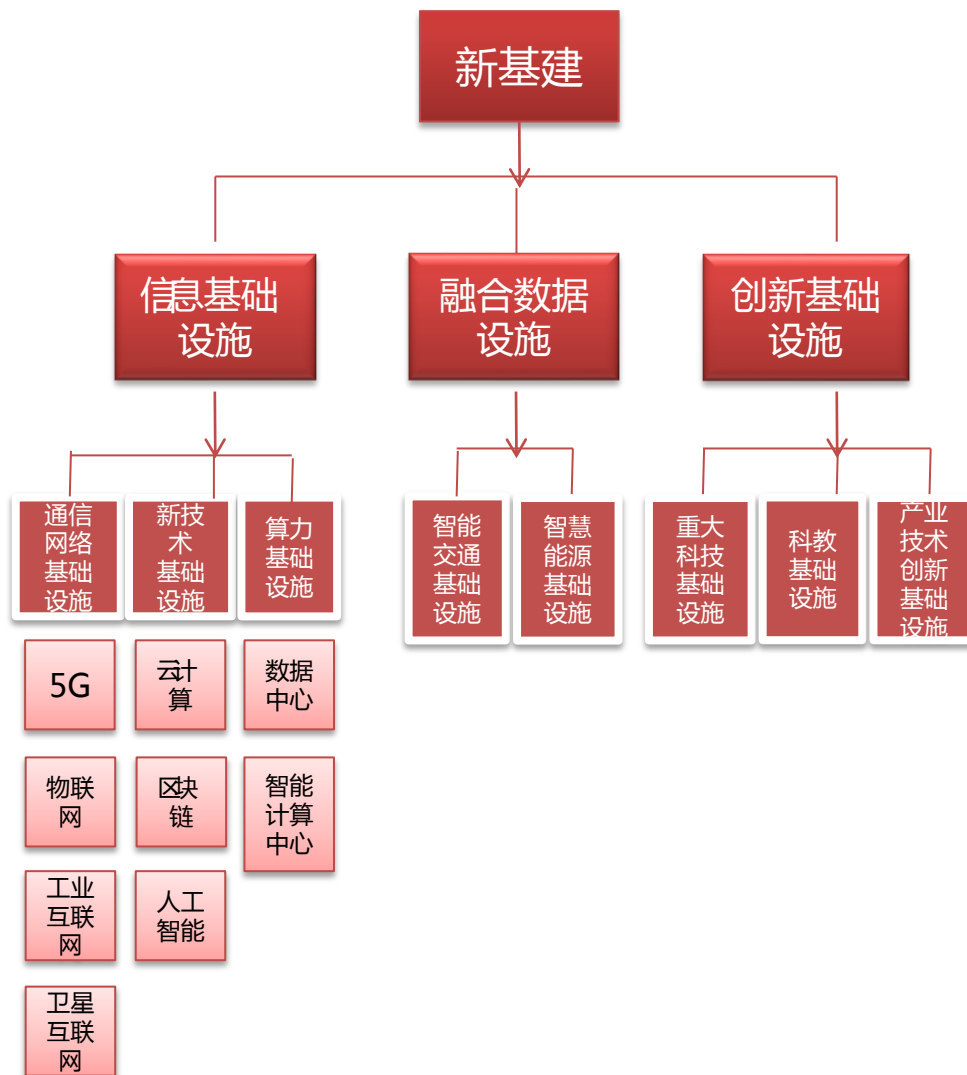


图表：我国电动车充电桩数量



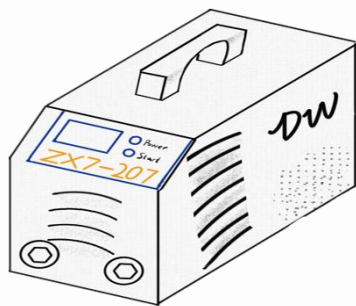
- 2018年年底的中央经济工作会议提出新基建的概念，是指本质上为信息数字化的新型基础设施建设，加快推动新基建、加大基础设施投资力度成为中国近几年主要的发展方向之一。
- 我国出台了一系列鼓励性政策，要建立高端智能化的、完善的基础设施体系，推动技术研发和产业化，优化市场发展环境，扩大市场规模，构建与我国社会经济发展相融合的现代化新型基础设施体系。
- 2020年作为“十三五”规划收官之年，我国实现了在5G建设、人工智能、工业互联网以及新能源汽车充电桩等领域的快速发展。
- 2020年6月我国建成5G基站超过25万个；2019年我国人工智能产业迅速扩张，市场规模达到554亿元；截至2020年5月底，我国新能源充电基础设施累计数量达到129.9万台，同比增长33.1%。

图表：新型基础设施建设主要领域

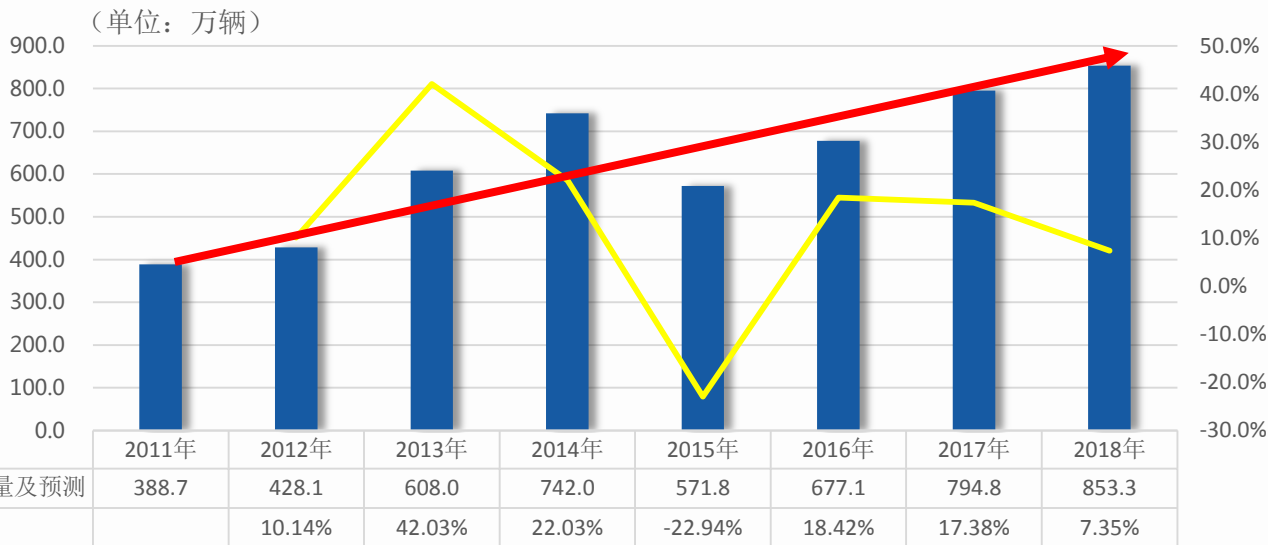


- 逆变焊机：这种电源一般是将三相工频（50赫兹）交流网路电压，先经输入整流器整流和滤波，变成直流，再通过大功率开关电子元件（IGBT）的交替开关作用，逆变成几千赫兹至几万赫兹的中频交流电压，同时经变压器降至适合于焊接的几十伏电压，后再次整流并经电抗滤波输出相当平稳的直流焊接电流。
- 根据国家统计局数据，2018年我国电焊机产量为853.3万台，同比2017年增加了58.46万台。电焊机市场的持续升温亦将保证 IGBT需求量逐步增大。
- 考虑到逆变电焊机工作环境较为恶劣，使用负荷较重，在采购核心部件 IGBT模块时会优先考虑模块的耐久性，因此芯片参数和模块制造工艺的可靠性是生产 IGBT模块的核心。

图表：2011-2018年我国电焊机产量



图：逆变焊机



■ 2011-2018年我国电焊机产量及预测
— 同比增长

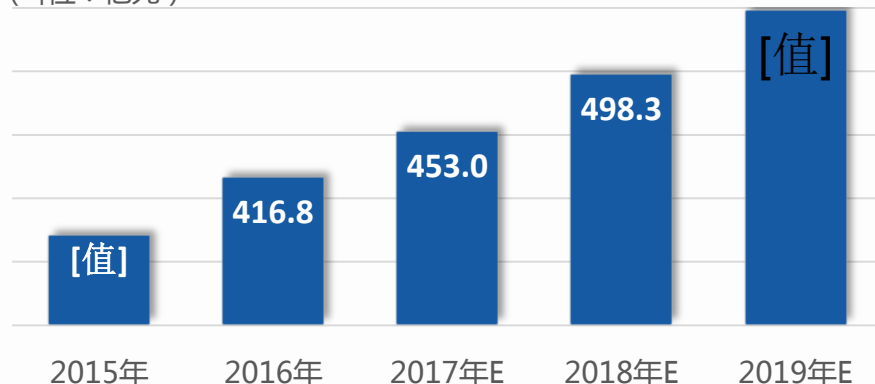
■ 2011-2018年我国电焊机产量及预测

— 同比增长

- 我国高压变频器市场一直保持着较高的增长率。2016年，市场规模突破100亿元，同比增长15%；据测算，2017年，我国高压变频器市场规模超117亿元，增速在10%以上。未来几年，具有高效节能功能的高压变频器市场将受政策驱动持续增长，同时国家大力发展基础设施建设，预计2023年将达到175亿元左右。
- 变频器：不仅起到传统的三极管的作用，亦包含了整流部分的作用。控制器产生的正弦波信号通过光藕隔离后进入 IGBT，IGBT再根据信号的变化将 380V (220V) 整流后的直流电再次转化为交流电输出。
- 根据前瞻产业研究院整理，2016年我国变频器行业的市场规模为 416.77亿元，平均4年复合增长率为8.74%。2017年我国变频器市场规模约453.2亿元。预计变频器市场规模在未来5年内将会保持 10%以上的增长率。

图表：2015-2019年中国变频器行业市场规模及预测

(单位：亿元)



图表：2016-2023年中国高压变频器市场规模及预测

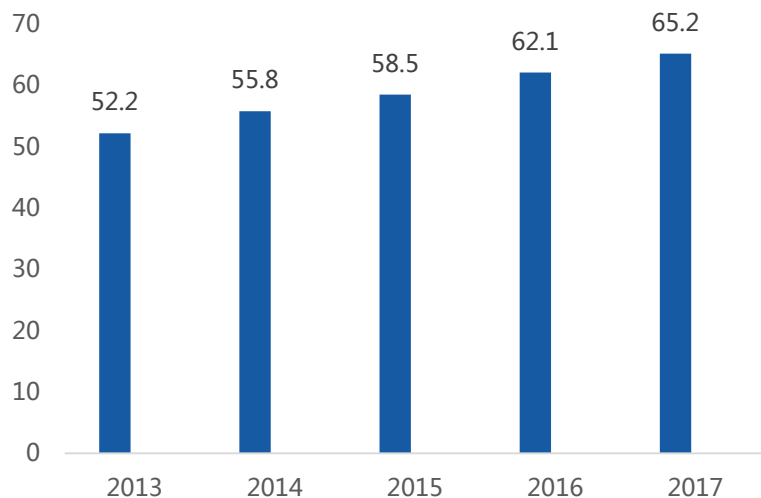
(单位：亿元)



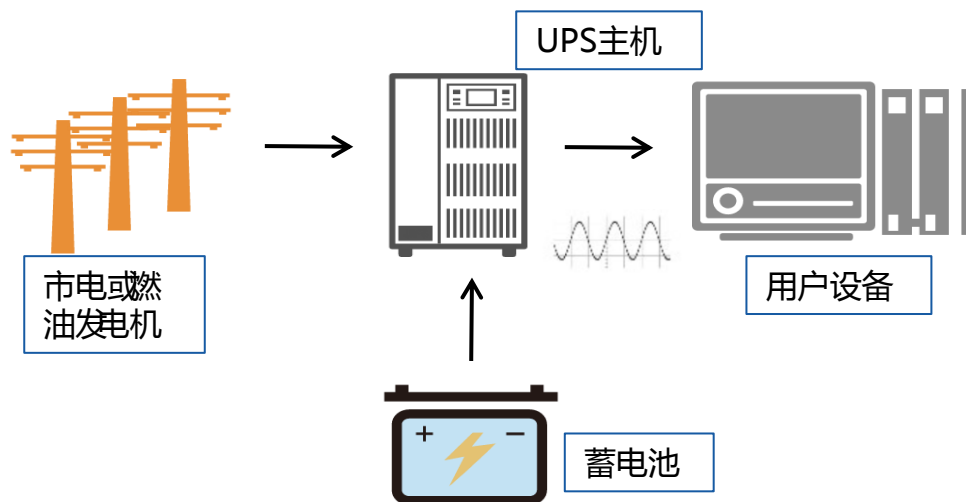
- UPS是含有储能装置的不间断电源，主要为电力设备提供稳定且不间断的电力供应。
- UPS产品广泛应用于工业制造以及信息化建设的领域；高效节能与环保将是未来UPS的主要发展方向，顺应未来的发展潮流。
- 根据前瞻产业研究院发布的数据显示，UPS市场规模逐年增加，工业动力用UPS市场销售额在2017年已经超过了65亿元，随着信息产业与高端制造业的快速发展，UPS市场还会持续增长。

图表：2013-2017年中国工业动力用UPS市场销售额

(单位：亿元)

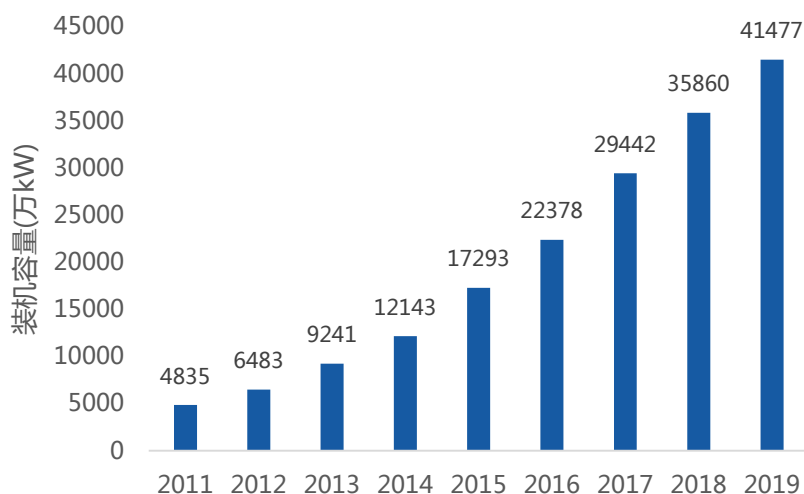


图表：UPS电源原理

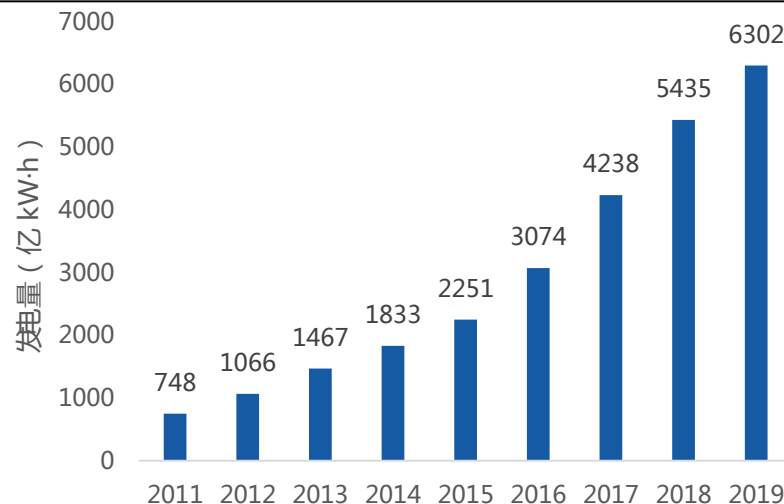


- 2019年，我国不断加强新能源并网和电网工程建设，集中建成一批省内和跨省的重点输电工程，新能源消纳能力得到大幅提升。
- 2019年国家政府部门发布了一系列新能源产业政策，包含完善项目规划与管理、加快新能源财政补贴退坡政策的实施、逐步实现新能源平价上网、保障新能源运行消纳能力，促使新能源产业发展阶段从高速发展转变为高质量发展。
- 国家对可再生能源发电项目的补贴管理政策进行了调整，新措施的实施确保了新能源发电项目的稳定收益，促进了新能源产业的可持续发展。
- 根据国网能源研究院数据显示，中国新能源发电装机规模持续增长，2019年装机容量达到4.1亿kW，同比增长16%，占全国总装机容量的五分之一。
- 中国新能源发电量在2019年达到6302亿kW·h，同比增长16%，占同年总发电量的8.6%。

图表：累计装机容量（万kW）

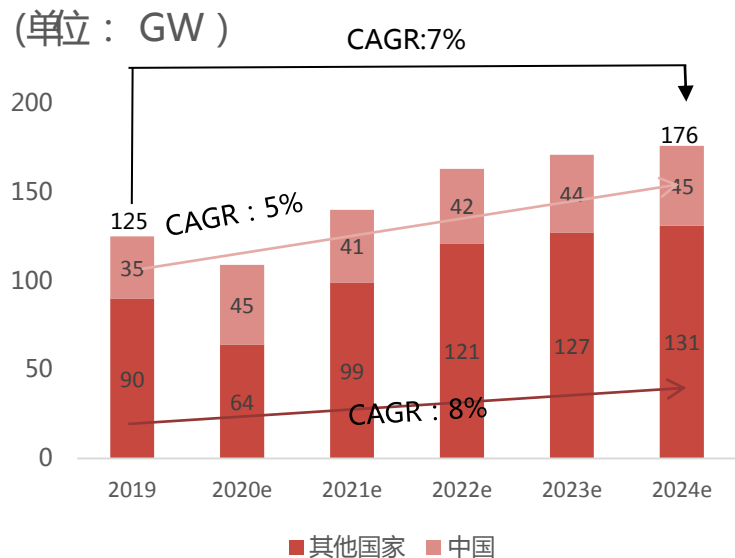


图表：中国新能源发电量（亿kW·h）

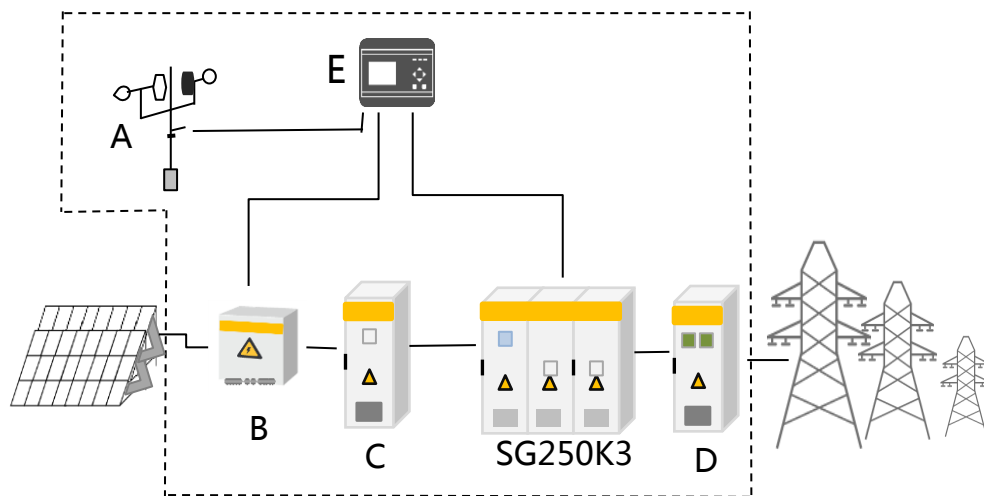


- 根据国家能源局数据显示，2017年，我国光伏发电装机容量继续保持快速增长，新增装机53.06GW，连续五年位居世界第一，同比增长53.6%。
- 太阳能产生直流输出电压和电流进入电网，为了使用必须进行输出转换为 60Hz的交流功率。光伏技术成功不但取决于光伏板的效率和成本，还取决于基于 IGBT构造的逆变器效率、成本和尺寸，一共需要 6个IGBT。

图表：全球光伏发电装机容量



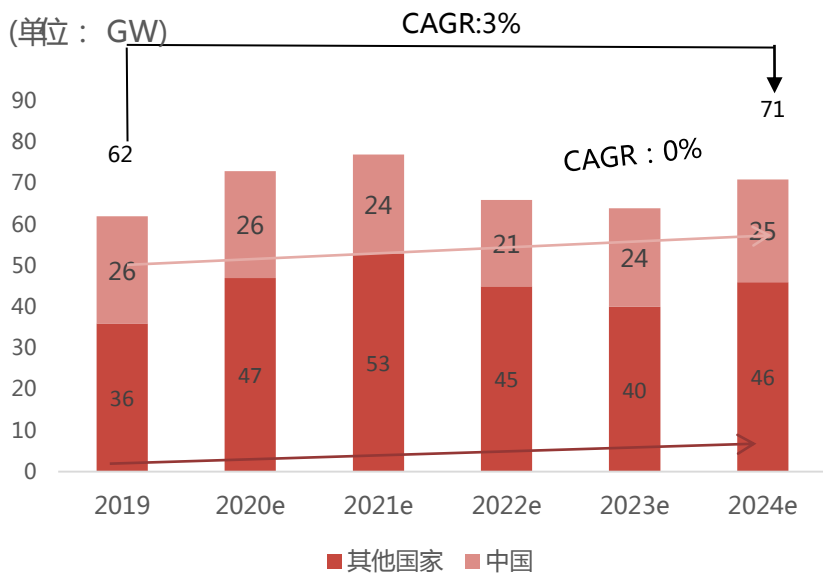
图表：光伏发电原理



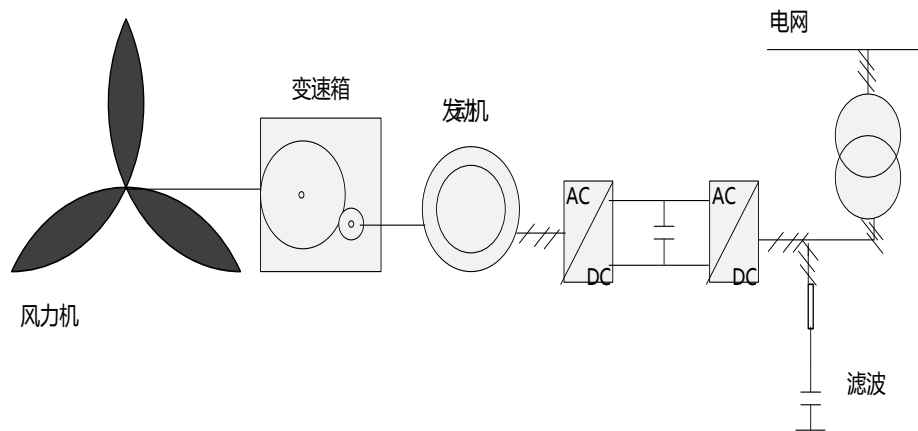
B: 汇流箱；C: 直流配电柜；SG: 并网逆变器；D: 交流配电柜；
E: 光伏监控系统

- 风能是继太阳能之后可用于发电的最大可再生能源。根据中国能源局官网，截至 2019年6月，中国风电装机193GW，占总装机容量的10.5%，光伏装机136GW，占总装机容量的7.4%。
- 随着风速的变化，发电频率变化很大，需要先整流，再用IGBT的逆变器产生恒定的频率和电压交流输出到特定电压频率的电网。

图表：全球风电装机容量

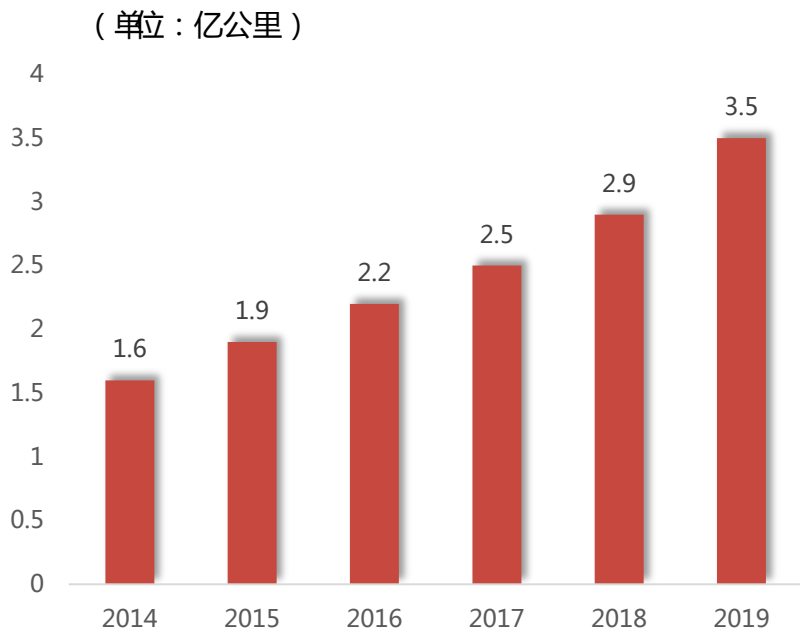


图表：风力发电结构

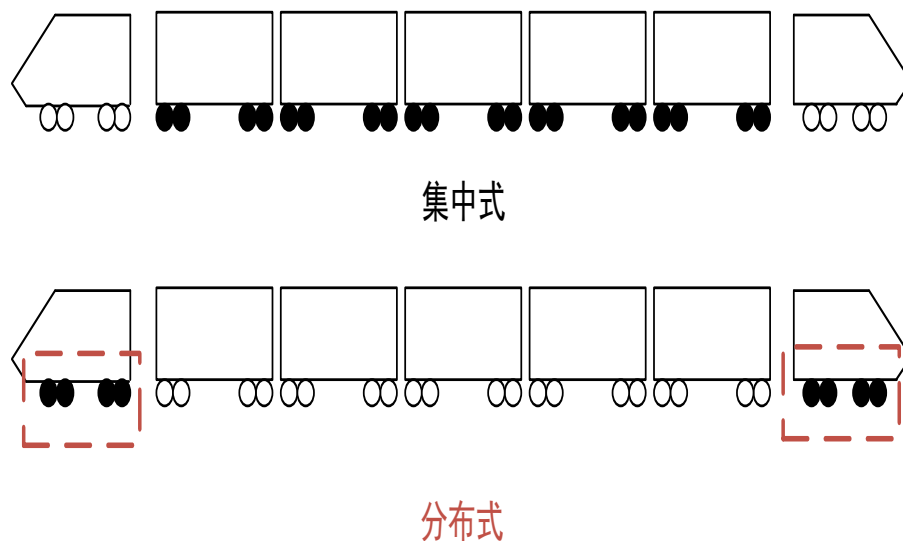


- 有上亿人居住在大城市，城市之间的长途旅行高铁是最理想的通行方式。
- 根据前瞻研究院数据，中国高铁总里程数从 2014年的1.6亿公里上升到了2019年的3.5 亿公里，年复合增长率高达16.95%。
- 高铁分布式牵引系统电源侧使用8个IGBT模块，较小的损耗减少来自底盘牵引设备的谐波噪声。

图表：中国高铁营运总里程



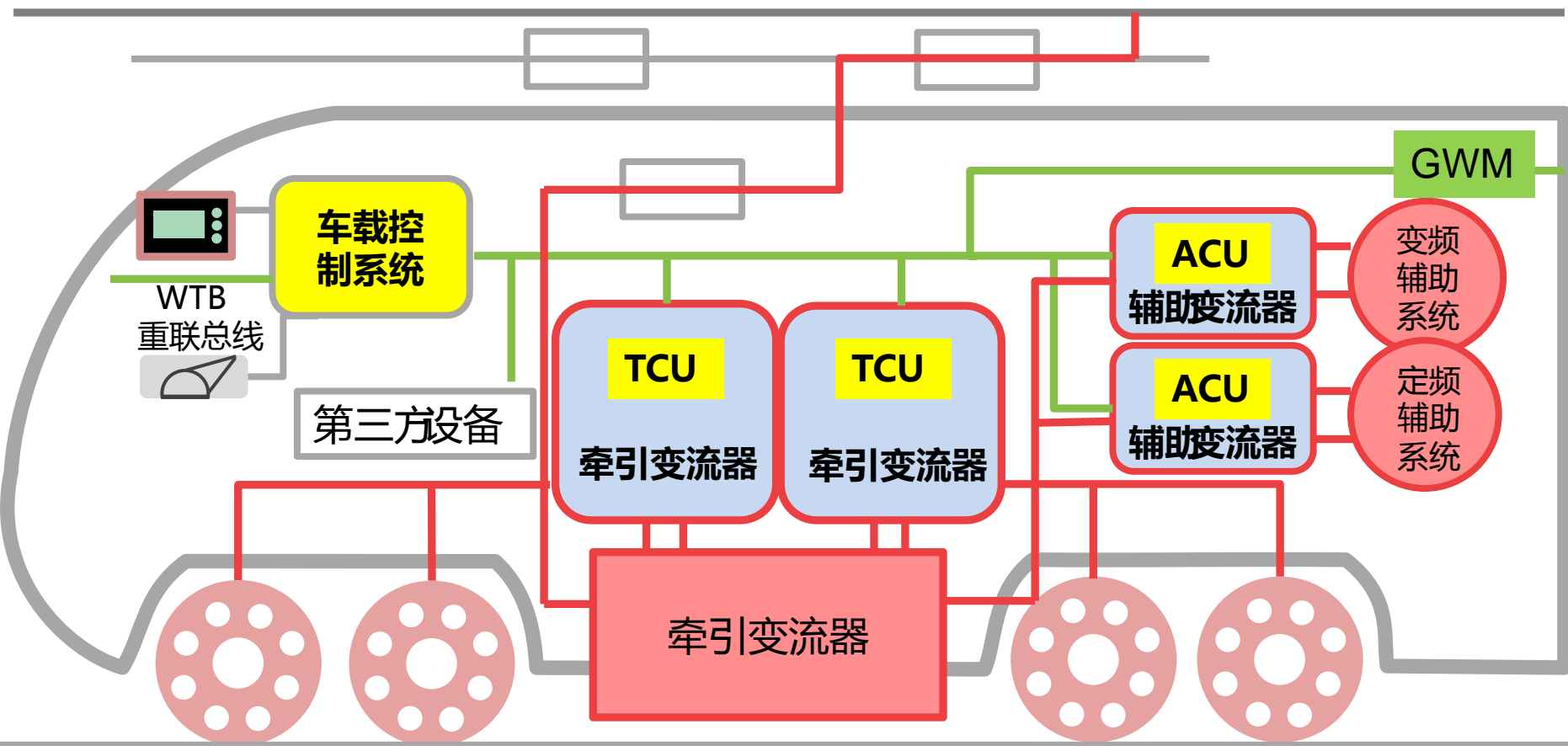
图表：分布式牵引系统



- IGBT是高铁牵引电转动的命脉 。高铁通过受电弓与接触网接触将高压交流电取回车内 ，通过变频辅助系统和定频辅助系统，经过牵引变流器转换成可调幅调频的三相交流电 ，输入三相异步/同步牵引电机，通过传动系统带动车轮运行 。

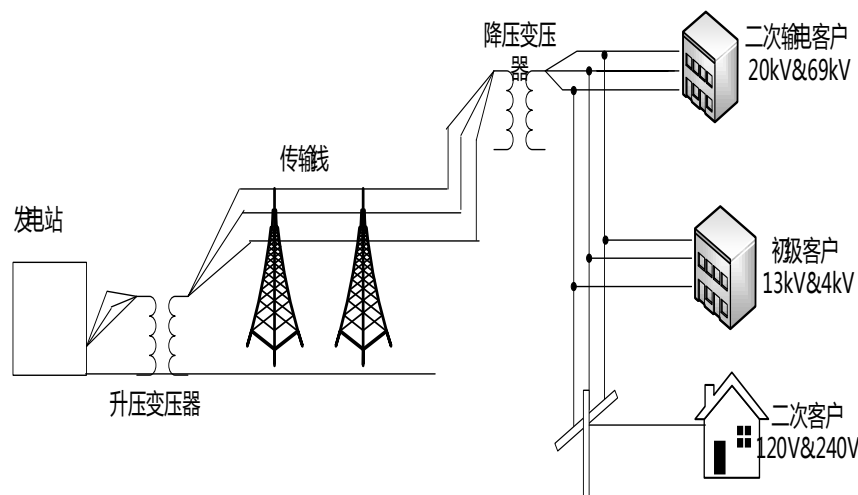
25kV (17kV ~ 32kV)

供电网

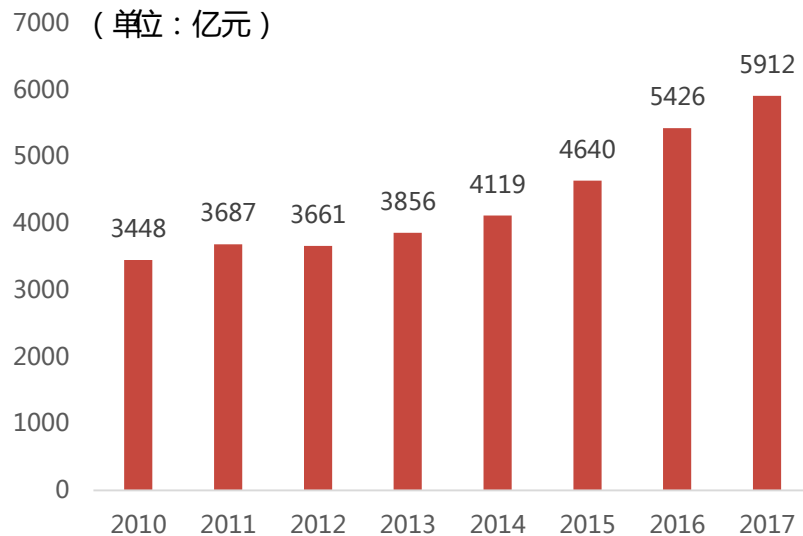


- 因为越高的电压功率损耗越小，电力传输一般使用100 kV。
- 直流传输：避免了大的充放电电流，适用于长距离传输。同时需要很多子系统组件来支持高压直流网络，比如电压源转换器（VSC），静态补偿器（STATCOM）等。
- 交流传输：优点是变压器廉价，缺点是电缆中存在无功功率。来自发电机的交流电压通过升压器增压到交流传输的电压，然后通过降压器输送给最终用户。
- 根据前瞻研究院数据，我国电网投资规模 2010-2017年稳步上升。
- IGBT产品单价较高，虽然用量相对较小。

图表：电网交流传输网络



图表：2010-2017年中国电网投资规模



1 行业增长：需求驱动

2 行业趋势：技术引领

3 行业壁垒：经验积累

4 进展格局：头部集中

5 投资机会：国产替代

■ IGBT芯片=MOSFET+BJT。

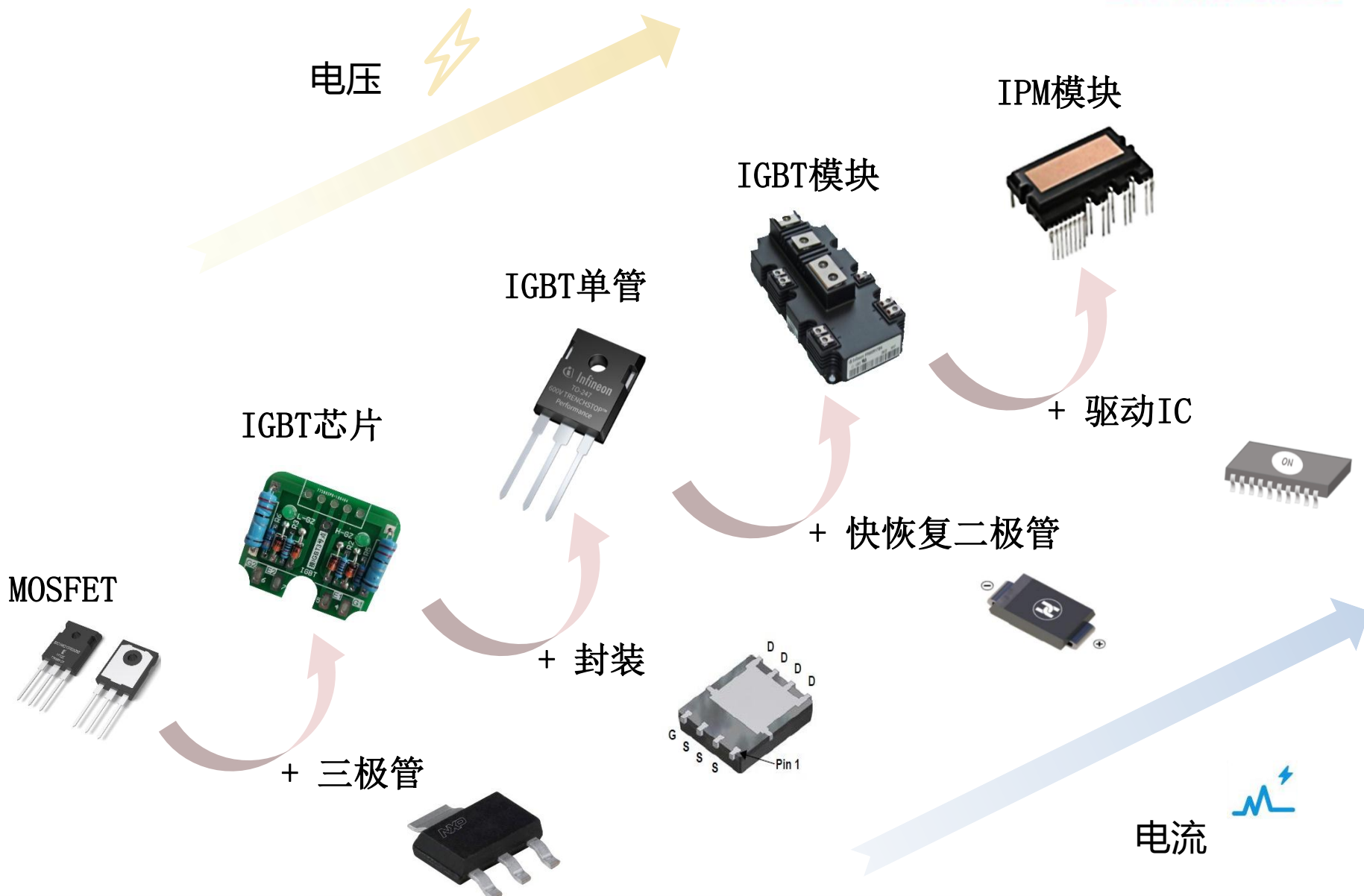
MOSFET：导通电阻大，BJT：不易于驱动；20世纪70年代，通用电气工程师Baliga在同一单片结构集成MOS和双极物理学功能诞生IGBT。既有MOSFET的开关速度高、输入阻抗高、控制功率小、驱动电路简单，驱动功率小、开关损耗小的优点，又有BJT导电压低、通态电流大、损耗小的优点。

IGBT自20世纪80年代末开始工业化应用以来发展迅速，不仅在工业应用中取代了MOSFET和GTR，甚至已展到SCR及GTO占优势的大功率应用领域，还在消费类电子应用中取代了BJT、MOSFET等功率器件的许多应用领域。

■ IGBT模块=IGBT单管+快恢复二极管（FRD）。

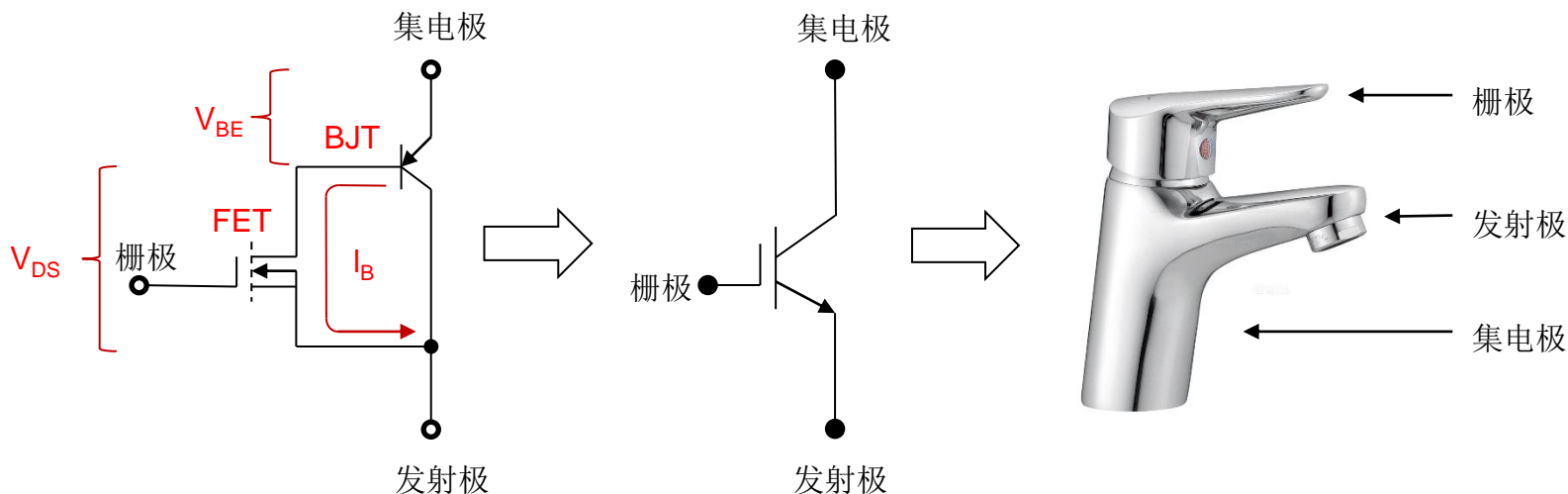
硅基IGBT芯片在第7代之后基本到了极限，饱和压降和关断损耗通过芯片技术已经很难提高，下一步发展重心转移到模块封装上。

■ IPM模块=IGBT模块+驱动IC。



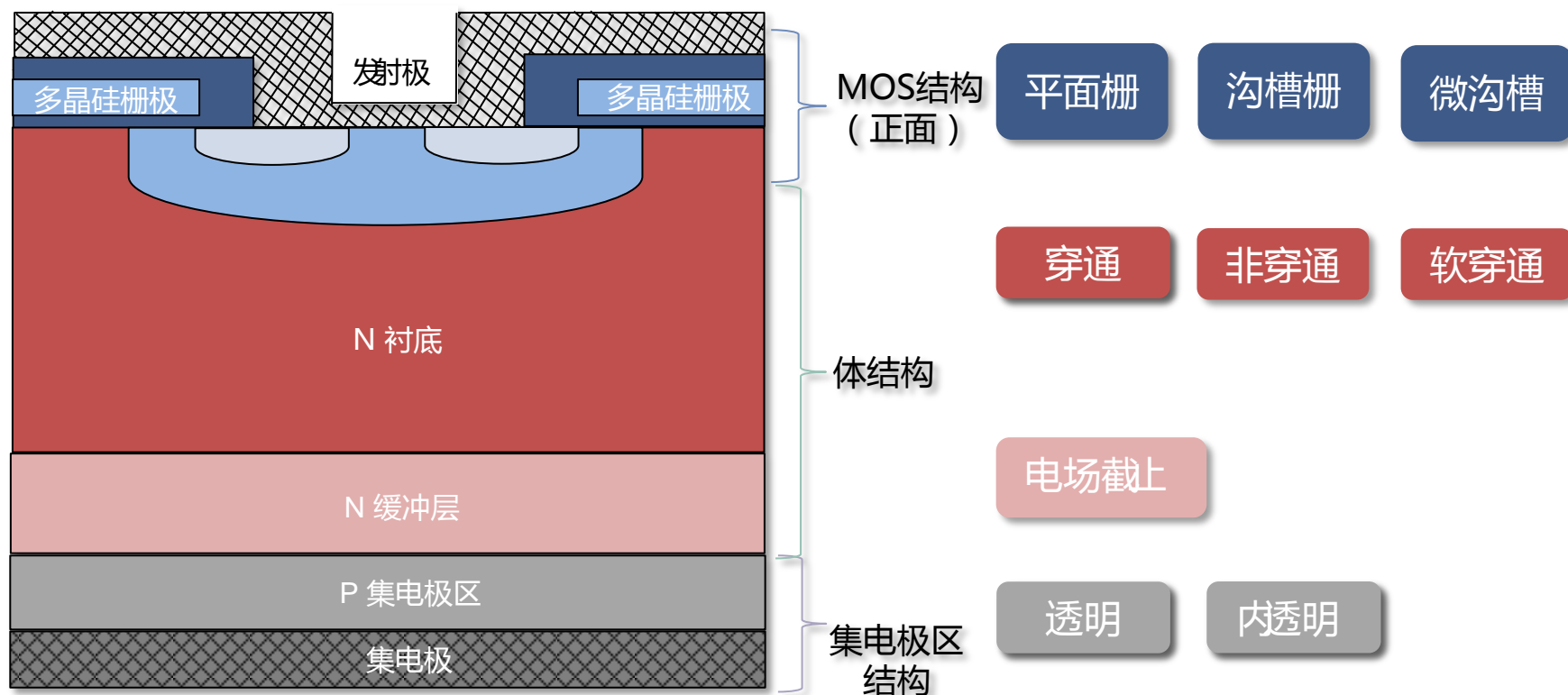
- IGBT的导通与截止是由栅极电压控制的。栅极加正向电压时，MOSFET内形成沟道，并为pnp晶体管提供基极电流，使IGBT导通。栅极加负向电压时，MOSFET内沟道消失，基极电流切断，IGBT截止。
- 开态：水龙头放水；IGBT持续通电流状态；漂移区存在大量电子-空穴；漂移区电阻降低，使耐压高的IGBT也具有低的导通电压特性。
- 关态：水龙头关闭，水龙头需要承载一定的水压且不能漏水；IGBT承载电压且不能有漏电流；漂移区不存在大量电子-空穴；漂移区可以承压
- 开关状态：截止到导通或者导通到截止都是瞬间完成；寄生电容充电和放电过程

图表：IGBT等效电路



- IGBT芯片=三极管+MOSFET。IGBT芯片是由很多个元胞组成。
- IGBT元胞=MOS结构（正面）+体结构+集电极区结构（背面）。
- 1) MOS结构=发射极+栅极；2) 体结构=衬底+缓冲层。3) 集电极是IGBT和MOSFET最大区别。

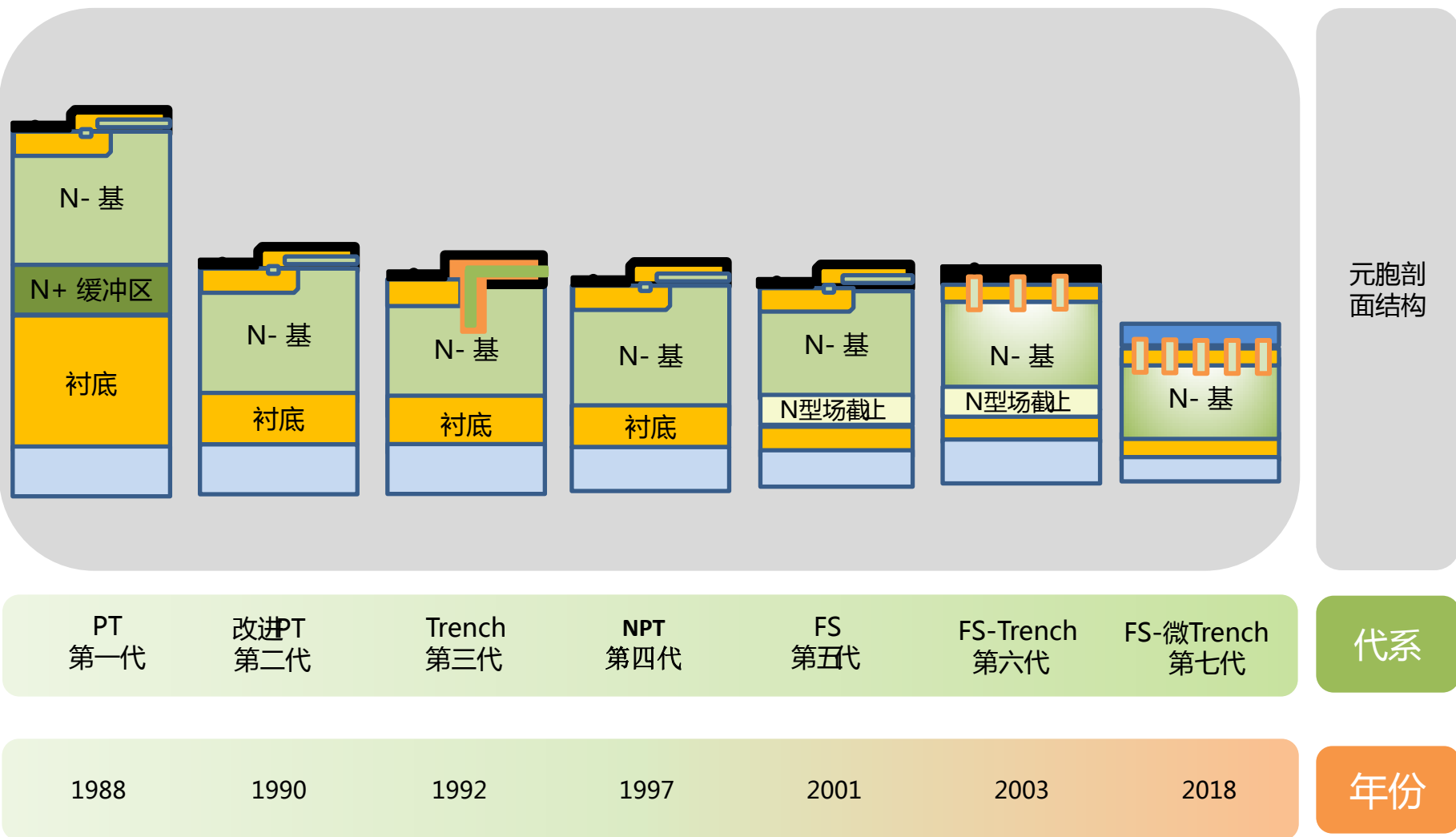
图表：IGBT元胞结构



- 按照富士电机和三菱电机的标准，目前 IGBT芯片经历了7代：衬底从PT穿通，NPT非穿通到FS场截止，栅极从平面到 Trench沟槽，最后到微沟槽。
- 芯片面积、工艺线宽、通态饱和压降、关断时间、功率损耗等各项指标经历了不断的优化，断态电压也从600V提高到6500V以上。
- 每一代工艺的提升都是对于材料更高效的利用。从 1988年至今，每一代产品的升级需要5年以上时间才能占领50%左右的市场。

图表：IGBT技术演进

序号	MOS结构+体结构	芯片面积 (相对值)	工艺线宽 (微米)	通态饱和压 降(伏)	关断时间 (微秒)	功率损耗 (相对值)	断态电压 (伏)	时间
1	平面+穿通	100	5	3.0	0.50	100	600	1988
2	改进平面+穿通	56	5	2.8	0.30	74	600	1990
3	沟槽+穿通	40	3	2.0	0.25	51	1200	1992
4	平面+非穿通	31	1	1.5	0.25	39	3300	1997
5	平面+场截止	27	0.5	1.3	0.19	33	4500	2001
6	沟槽+场截止	24	0.5	1.0	0.15	29	6500	2003
7	微沟槽+场截止	20	0.3	0.8	0.12	25	7000	2018



元胞剖面结构

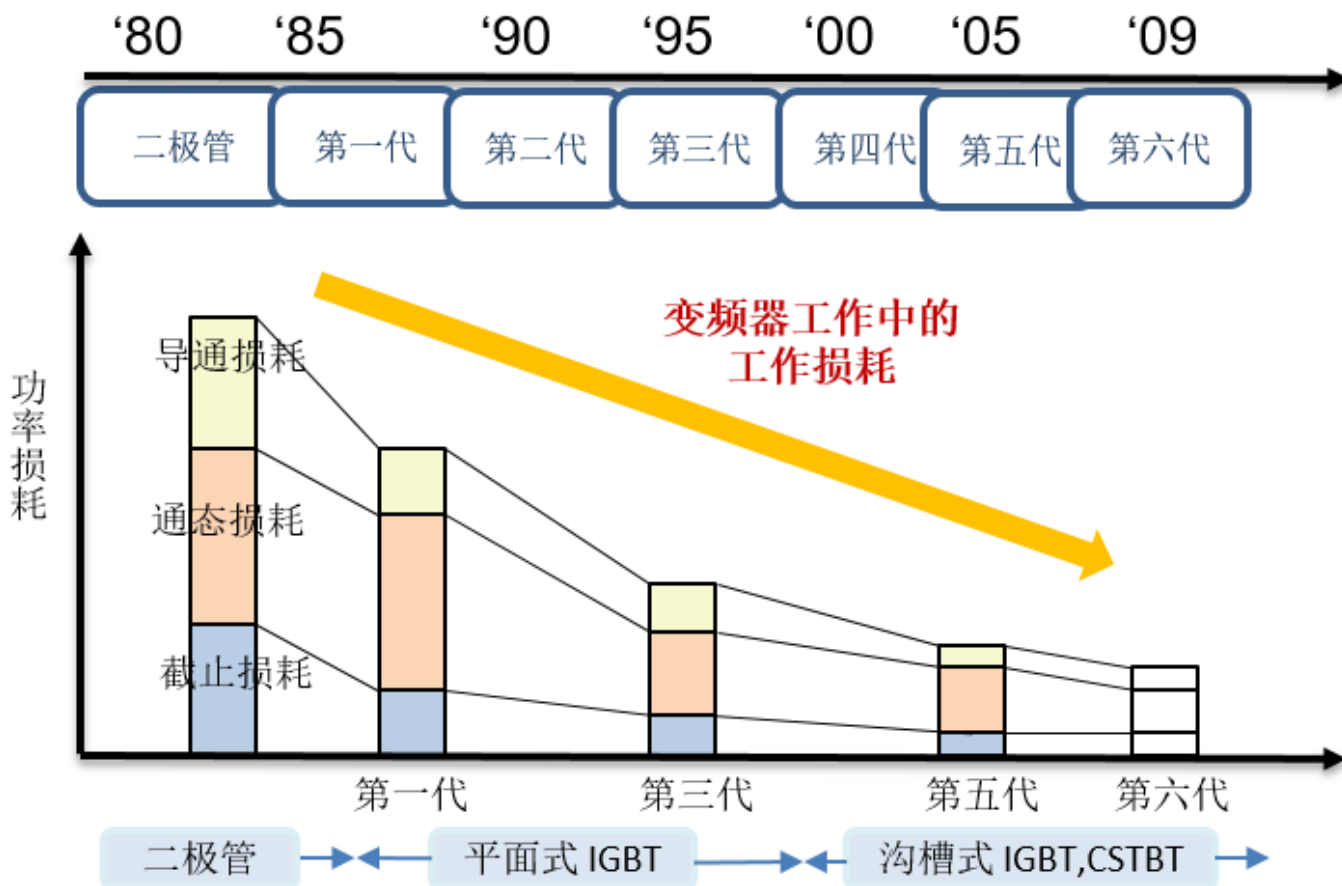
代系

年份

- 第一代（PT）：产品采用“辐照”手段，由于体内晶体结构本身原因造成“负温度系数”，各IGBT原胞通态压降不一致，不利于并联运行，第一代 IGBT电流只有25A，且容量小，有擎住现象，速度低。
- 第二代（改进PT）：采用“电场终止技术”，增加一个“缓冲层”，在相同的击穿电压下实现了更薄的晶片厚度，从而降低了 IGBT导通电阻，降低了 IGBT工作过程中的损耗。此技术在耐压较高的IGBT上运用效果明显。
- 第三代（Trench-PT）：把沟道从表面变到垂直面，所以基区的 PIN效应增强，栅极附近载流子浓度增大，从而提高了电导调制效应减小了导通电阻；同时由于沟道不在表面，栅极密度增加不受限制，工作时增强了电流导通能力。国内主要是这一代产品。
- 第四代（NPT）：目前应用最广泛的一代产品。不再采用外延技术，而是采用离子注入的技术来生成P+集电极（透明集电极技术），可以精准的控制结深而控制发射效率尽可能低，加快载流子抽取速度来降低关断损耗，可以保持基区原有的载流子寿命而不会影响稳态功耗，同时具有正温度系数特点。
- 第五代（NPT-FS）：在第四代产品“透明集电极技术”与“电场终止技术”的组合。由于采用了先进的薄片技术并在薄片上形成电场终止层，大大的减小了芯片的总厚度，使得导通压降和动态损耗都有大幅的下降，从而进一步降低 IGBT工作中过程中的损耗。
- 第六代（NPT-FS-Trench）：在第五代基础上改进了沟槽栅结构，进一步的增加了芯片的电流导通能力，极大地优化了芯片内的载流子浓度和分布。减小了芯片的综合损耗。
- 第七代：英飞凌直接从第四代跳到第七代，因为第五代和第六代其实是过渡性的产品，不能真正的算一个代系。

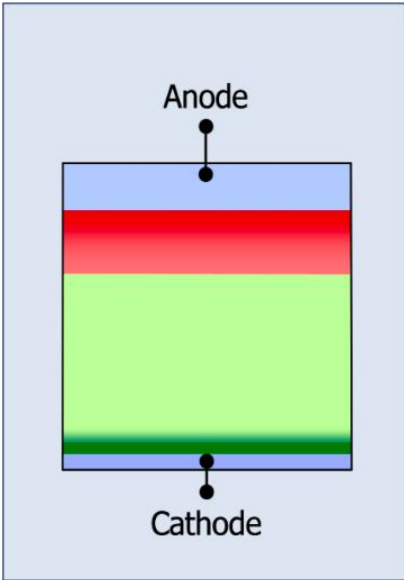
- IGBT芯片经历了7代升级：衬底从PT穿通，NPT非穿通到FS场截止，栅极从平面到Trench沟槽。随着技术的升级，通态功耗、开关功耗均不断减小。

图表：IGBT功耗逐代降低

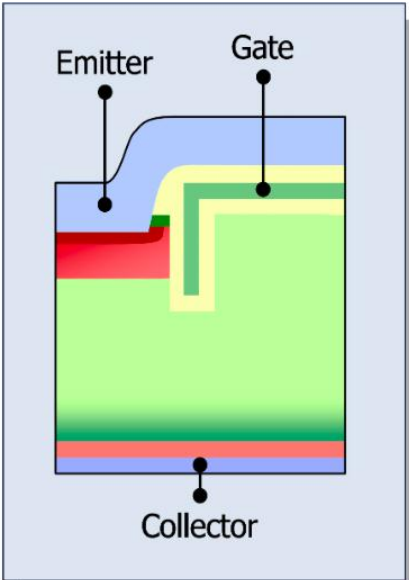
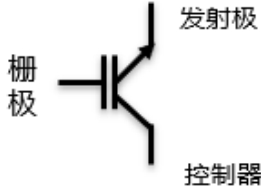


IGBT模块是由IGBT（绝缘栅双极型晶体管芯片）与FWD（续流二极管芯片）通过特定的电路桥接封装而成的模块化半导体产品；封装后的IGBT模块直接应用于变频器、UPS不间断电源等设备上。

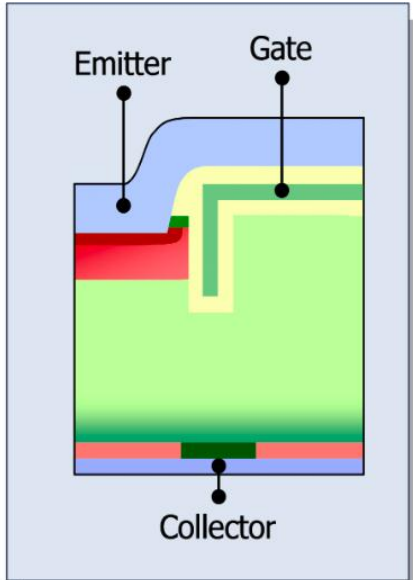
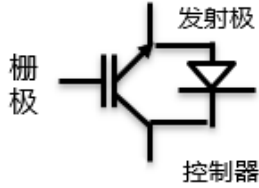
FWD



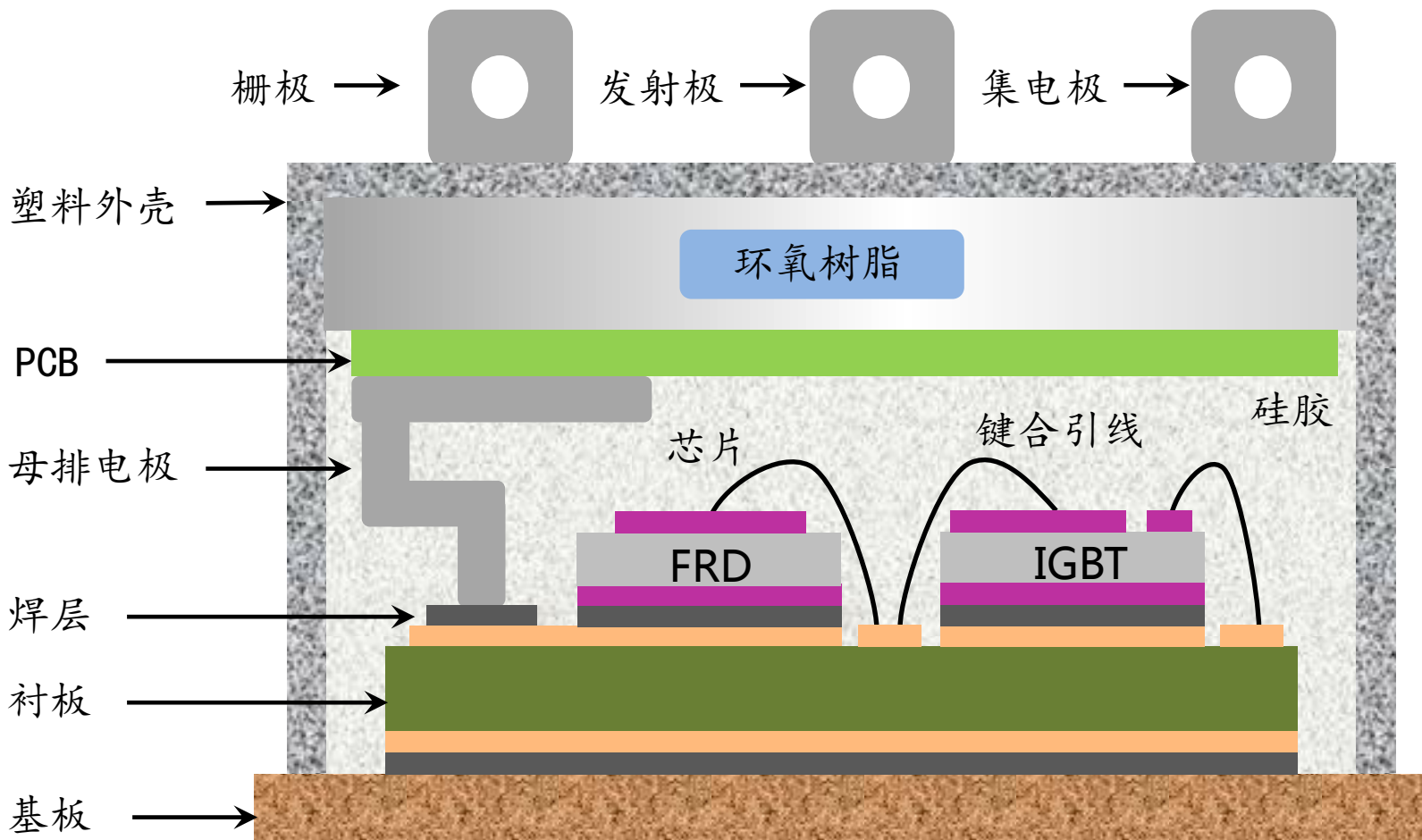
IGBT芯片



IGBT模块



IGBT模块制造是指根据特定的电路设计，将两个或以上的 IGBT芯片和快恢复二极管芯片（FRD）贴片到DBC板上，并用金属线键合连接，然后进行灌封，以满足芯片、线路之间的绝缘、防潮、抗干扰等要求，最后将电路密封在绝缘外壳内，并与散热底板绝缘的工艺。



IGBT模块：产品升级趋势

趋势方向：大容量，高可靠，高集成，高效率。



1993
IHM



1994
EconoPack™



1995
IHV



1999
IHV 6.5KV



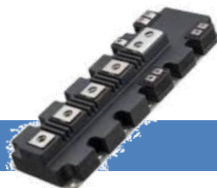
2000
EconoPack™+



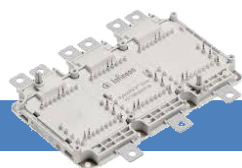
2001
EasyPIM™/EasyPack



2005
IHV-B



2006
PrimePack™



2007
Press, HybridPack™



2008
MIPAQ™



2009
Smart1 EconoPack™ 4



2010
EconoPack™ D



2013
IHV 4.5kV

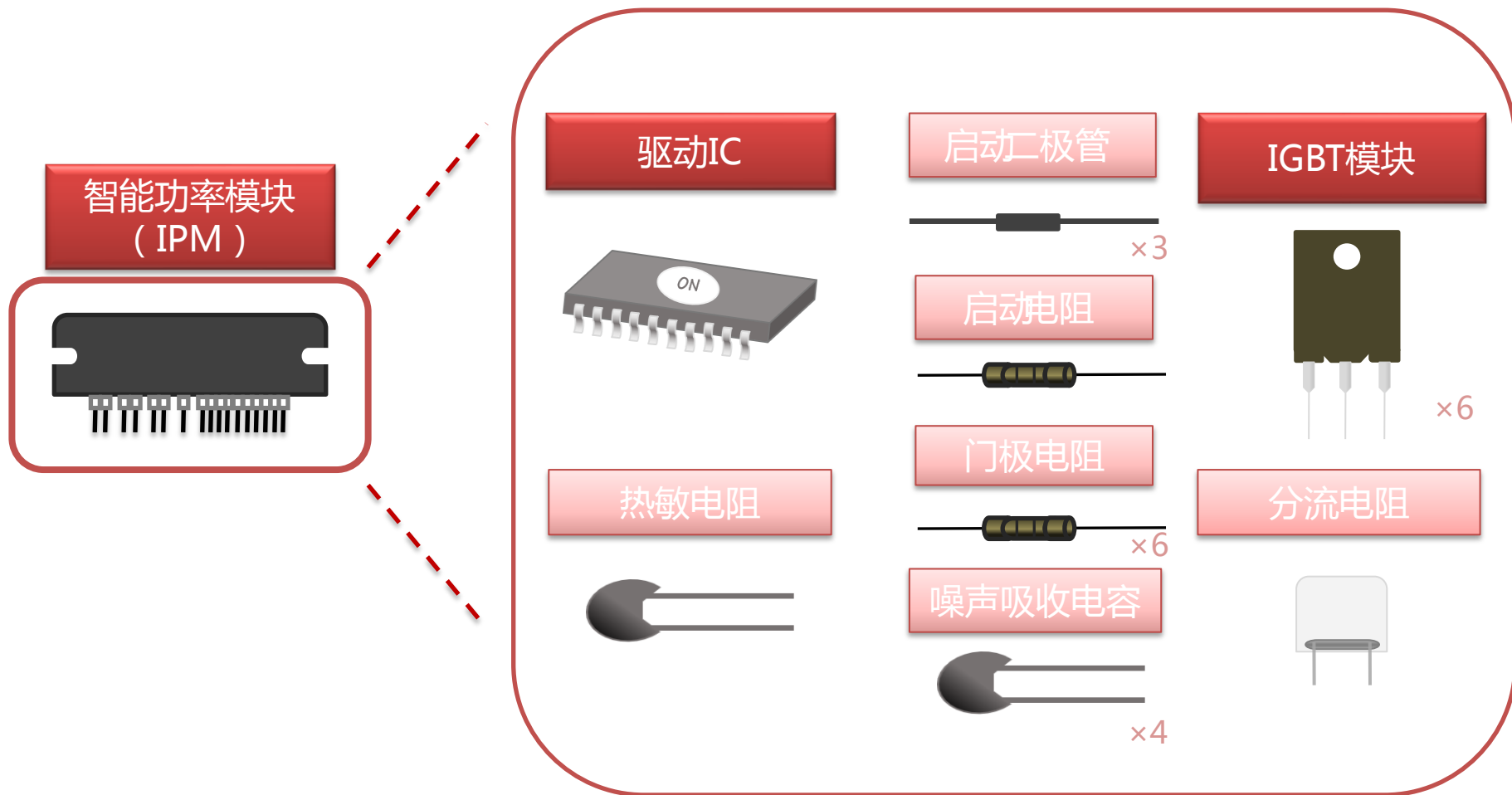


2015
XHP 3.3kV

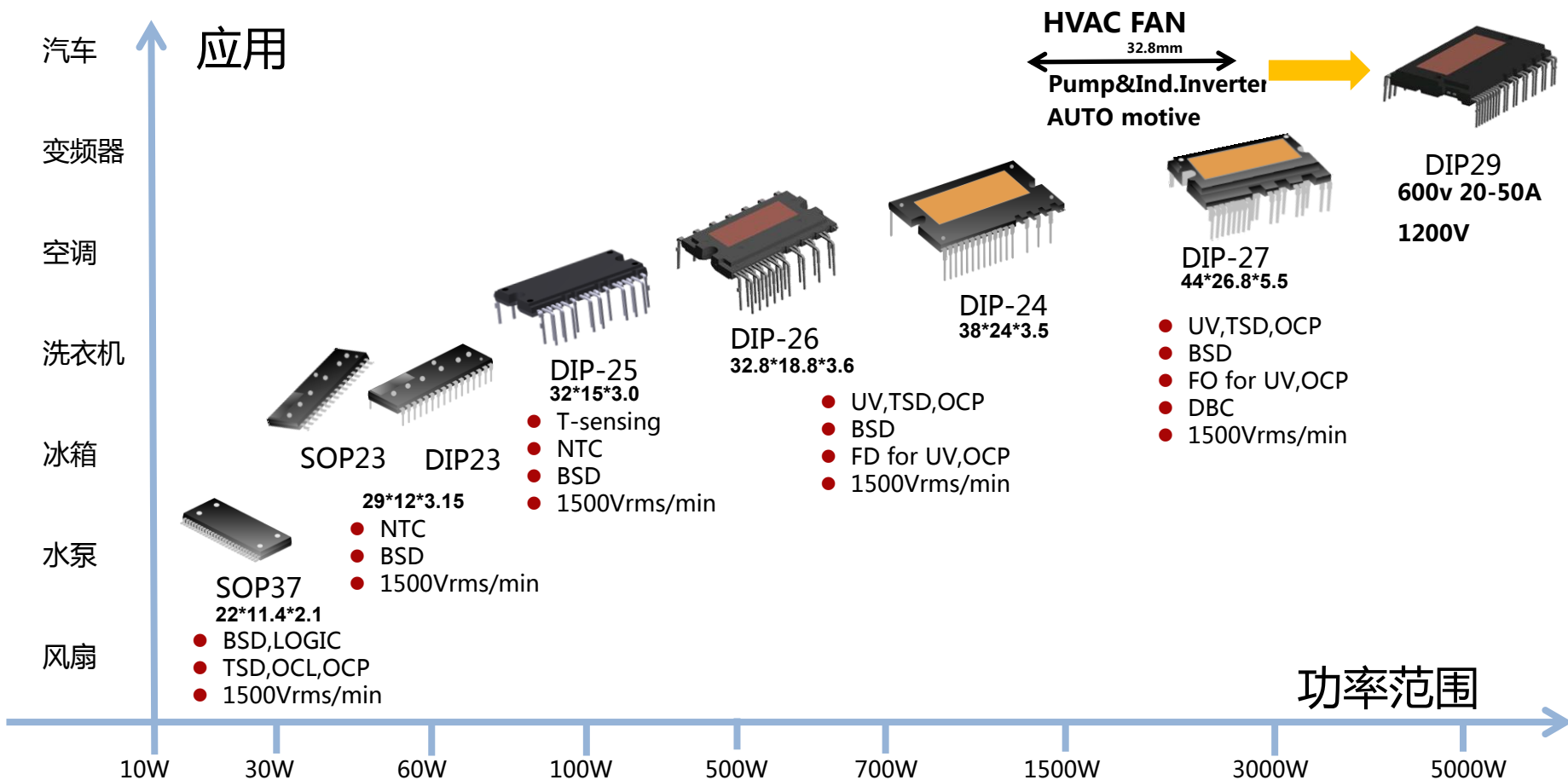


2018
DSC

IPM=IGBT模块+驱动芯片。IPM 主要应用在家电领域，上限电流在 50A左右。



- 2013年，士兰微参与电子信息产业发展基金项目，与国内变频空调厂家一起，开发了用于变频空调驱动的国产智能功率模块（IPM）。
- 2017年，其全自主高性能变频控制MCU—SC32F58128芯片成功量产，一举追平了国内与国际竞争对手的差距，在芯片设计以及系统设计方案商取得了全新的研发成果。



1 行业增长：需求驱动

2 行业趋势：技术引领

3 行业壁垒：经验积累

4 竞争格局：头部集中

5 投资机会：国产替代

■ 芯片设计：应用场景决定

1. 芯片设计是根据应用场景的设计，为应用场景服务，并且改进提升也有明确的方向，需要定制化器件的半导体设计，比如汽车的频繁启动停止，上下坡等驾驶情况，对 IGBT 芯片设计都提出定制化的要求。
2. 设计思路决定工艺流程，实际应用并不一定是最新代的技术，需要的是最适合的技术。
3. 专注于一个应用领域的IGBT公司的产品很难在短时间跨越到其他应用领域。

■ 芯片制造：特殊工艺

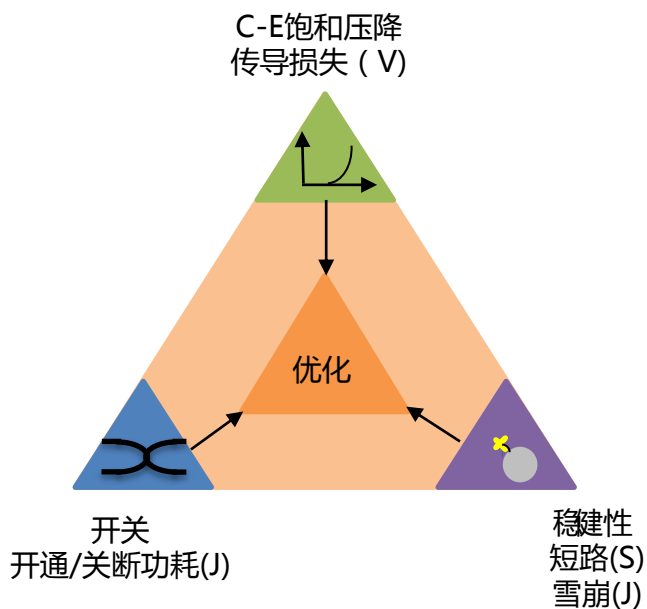
相对于传统功率半导体工艺流程只有1周时间，IGBT工艺流程长达2.5-3个月，只要有一个参数发生偏差，就需要工艺流程重新返工，1年时间内没有几次试错的机会。资本密集型：8寸线每月1万片的产能，目前设备的投入需要30亿元，折旧10年每年3亿元成本。同时每一代工艺的更新也需要不停的投钱研发，对于刚刚拓展客户还没有批量订单的后进入的企业会造成很大的财务压力。

■ 芯片封装：可靠性是功率器件产品最重要的衡量指标

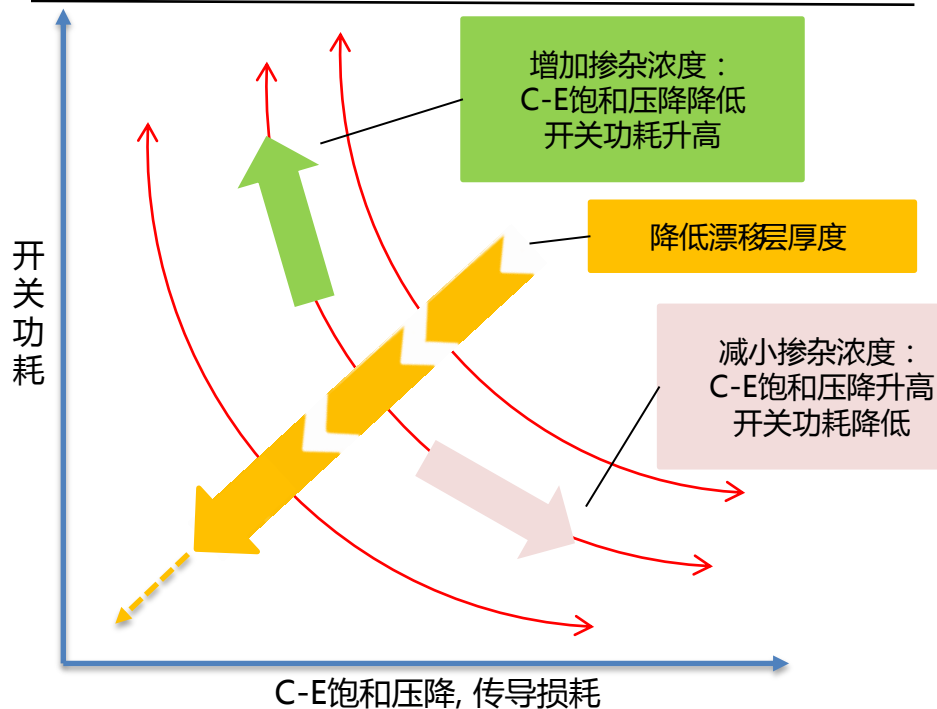
下游应用对可靠性的排序：汽车 > 工业 > 手机 > 家电。特斯拉的IGBT仅限于英飞凌和意法半导体两家供应。封装的目的是提高产品的功率密度。

- IGBT主要有三个优化目标：(1)降低通态损耗。大体来讲，通态损耗等于集电极电流和IGBT管饱和压降（集电极-发射极间的电压）的乘积。(2)降低开关损耗。IGBT管每次开通和关断都会损耗一定的功率，一般来讲，温度越高，集电极电流越大，则开关损耗越大。(3)提高稳健性，减少短路和雪崩击穿。
- 通过改变掺杂浓度可以实现通态损耗和开关损耗之间的替代，通过降低漂移层厚度可以同时减小通态损耗和开关损耗。

图表：IGBT优化目标

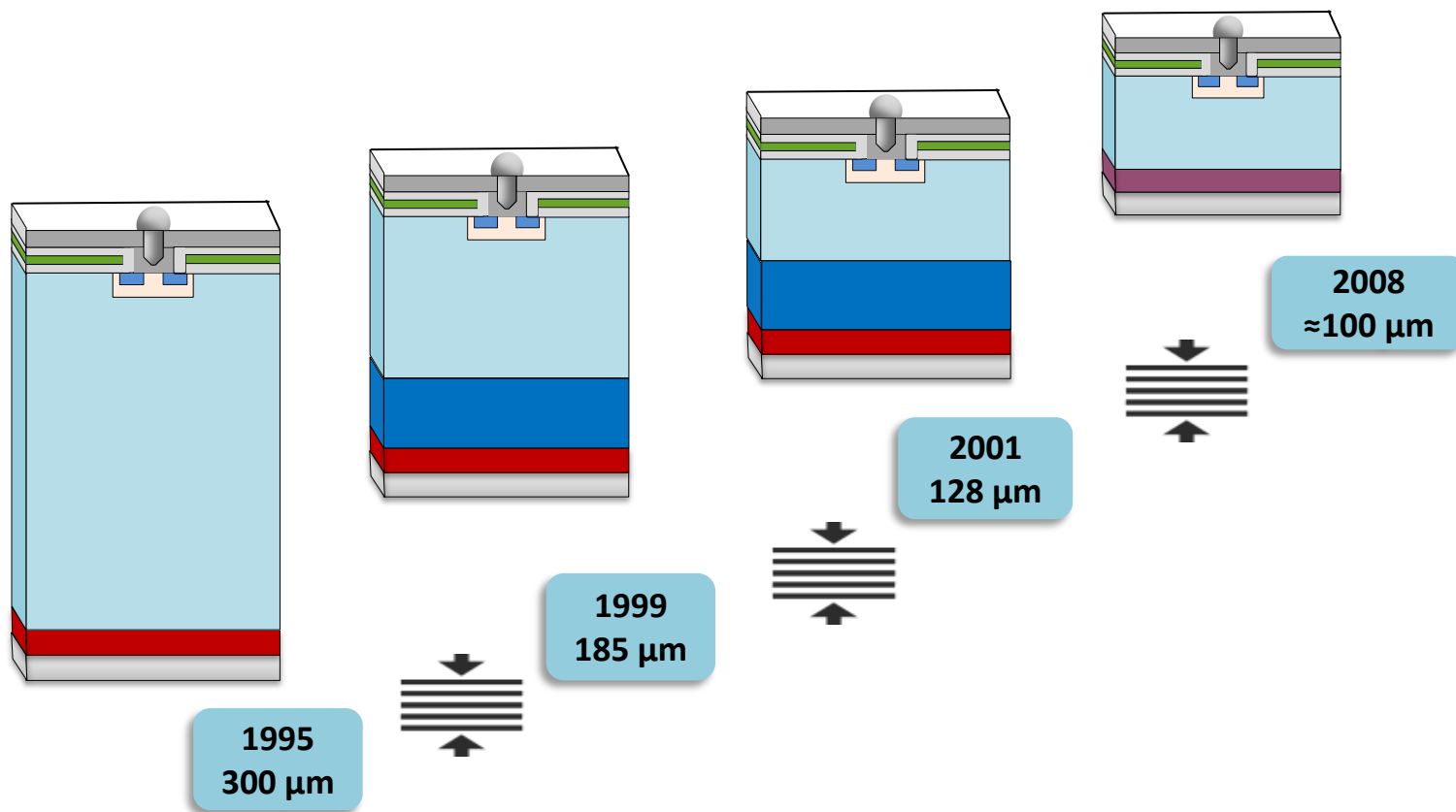


图表：开关功耗和传导损耗



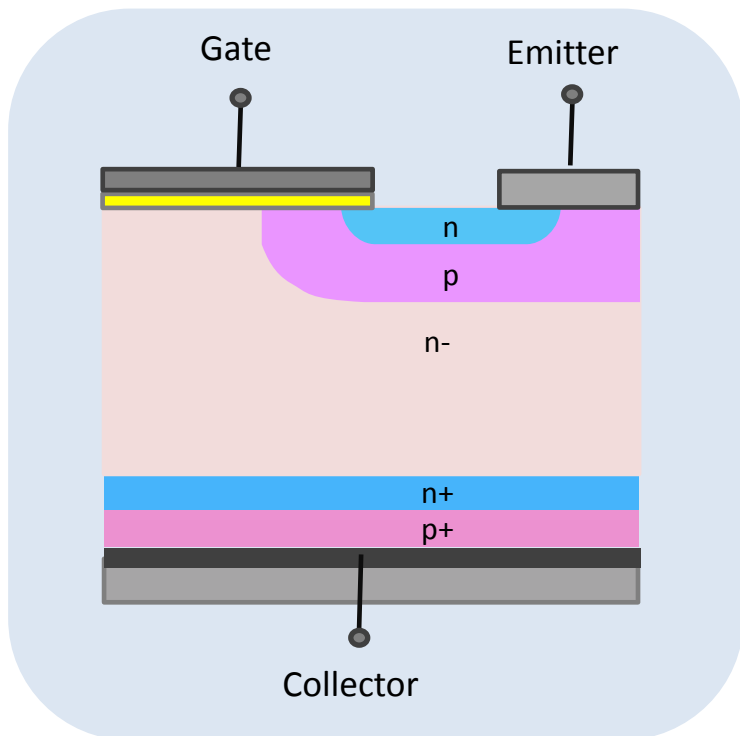
8寸硅片独有的区熔法生长的硅片可以做成薄硅片，使得 NPT-IGBT 的电压高端被显著提升。进一步为了调和衬底厚度，耐压和通态压价增大的矛盾，体结构缓冲层的电场截止（FS）被提出，这同样来自于超薄硅片的技术。目前 NPT-FS-IGBT 厚度已经在100 μm 以下。

图表：芯片厚度的演变

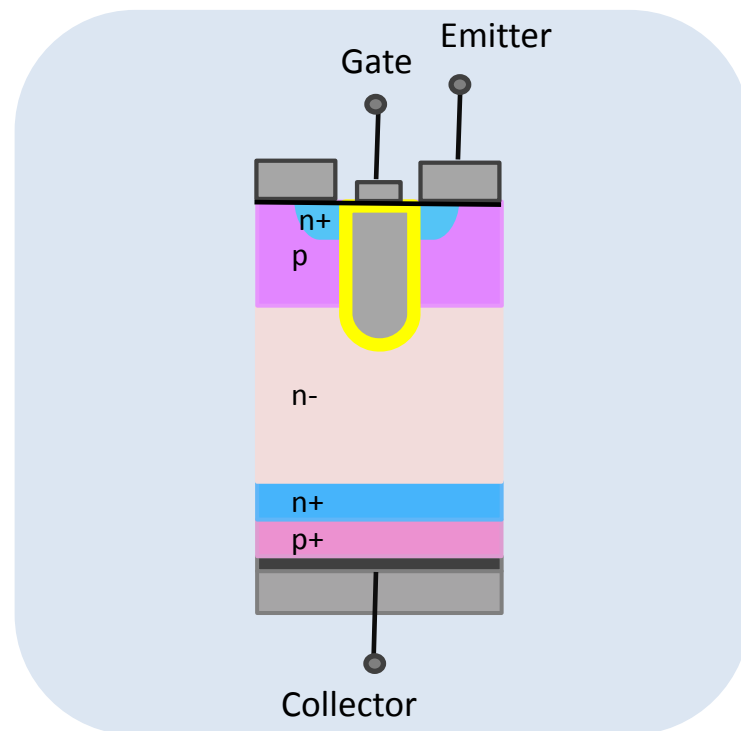


- 平面栅（ $>1200\text{V}$ ）：栅电容小，栅氧化层质量好。
- 沟槽栅（ $<1200\text{V}$ ）：为了降低功耗，通过刻蚀将沟道从横向变为纵向。但是刻蚀的沟槽会影响击穿电压，增大栅电容

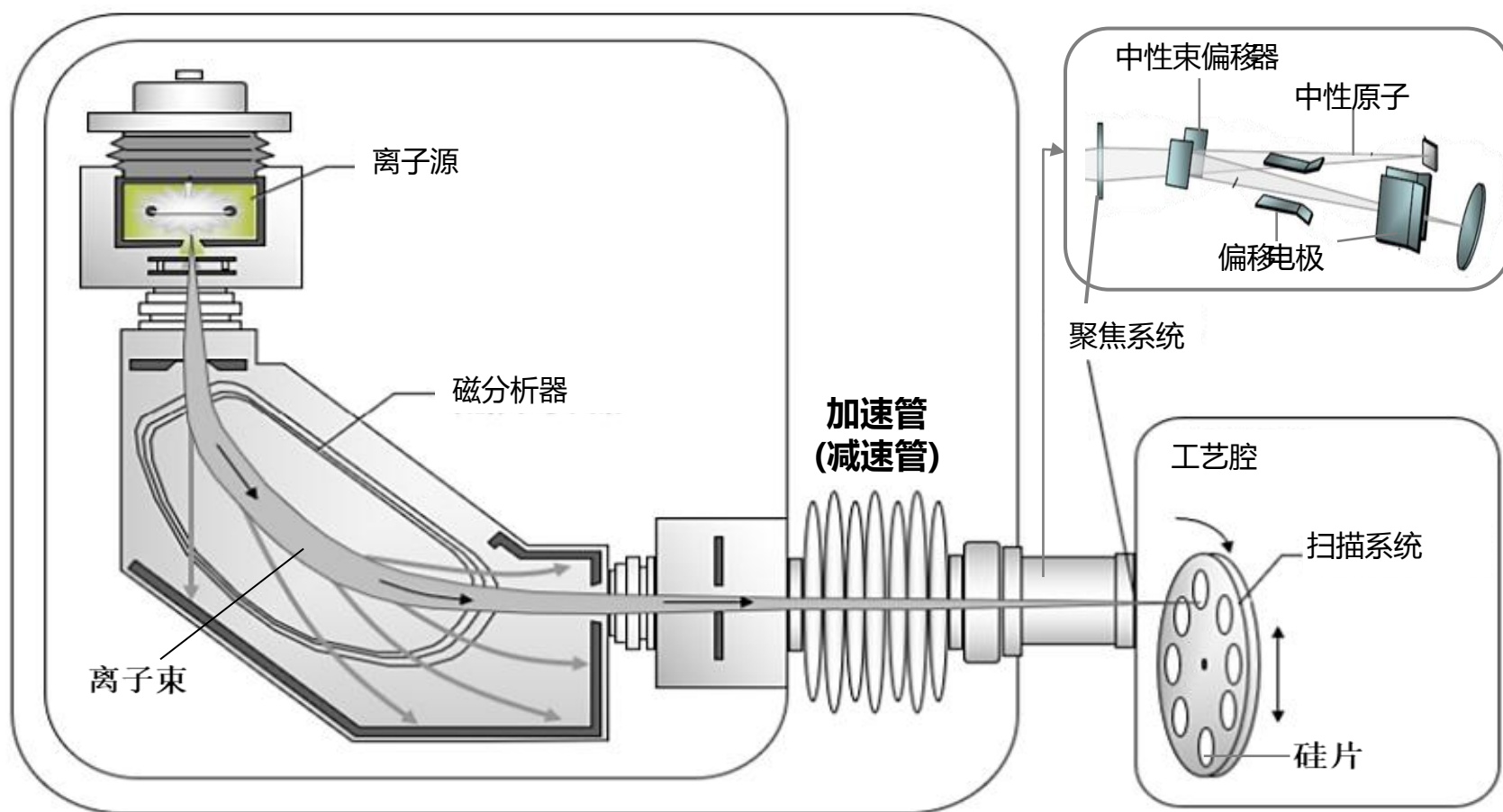
图表：平面栅芯片结构



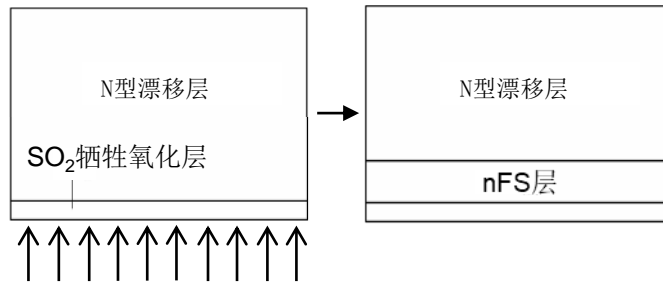
图表：沟槽栅芯片结构



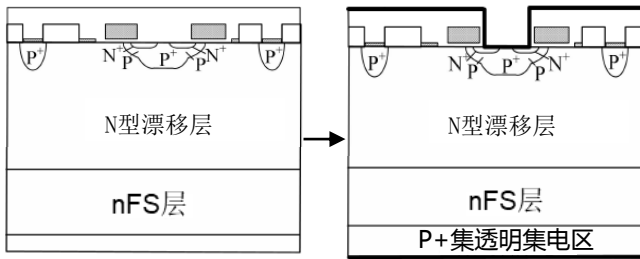
- 透明集电极（ $>1200V$ ）：采用离子注入的技术来生成 P+集电极（透明集电极技术），可以精准的控制结深而控制发射效率尽可能低，增快载流子抽取速度来降低关断损耗。
- 内透明集电极（ $<1200V$ ）：“内透明”集电极技术，采用氦离子和外延相结合的技术。



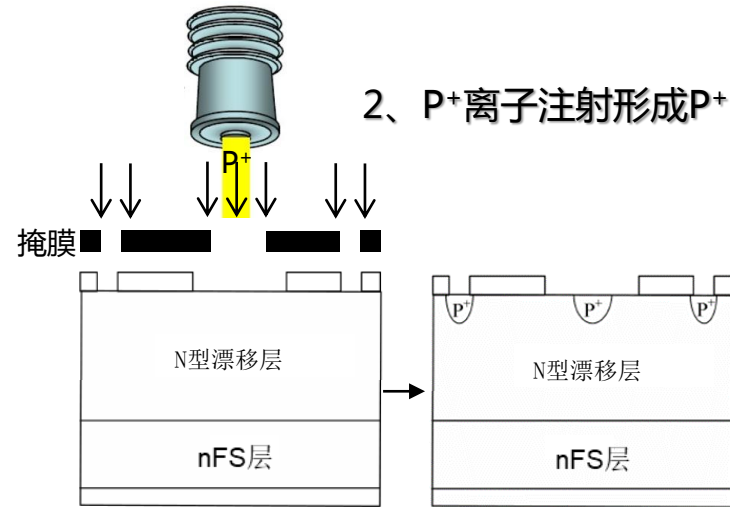
离子注入在IGBT制备中的应用



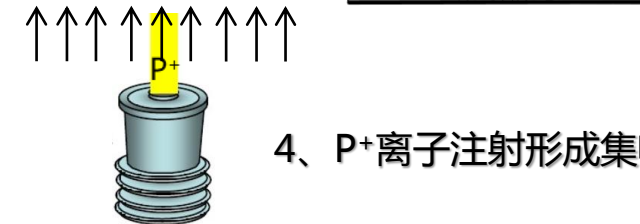
1、H⁺离子注射形成nFS层



2、P⁺离子注射形成P⁺陷区



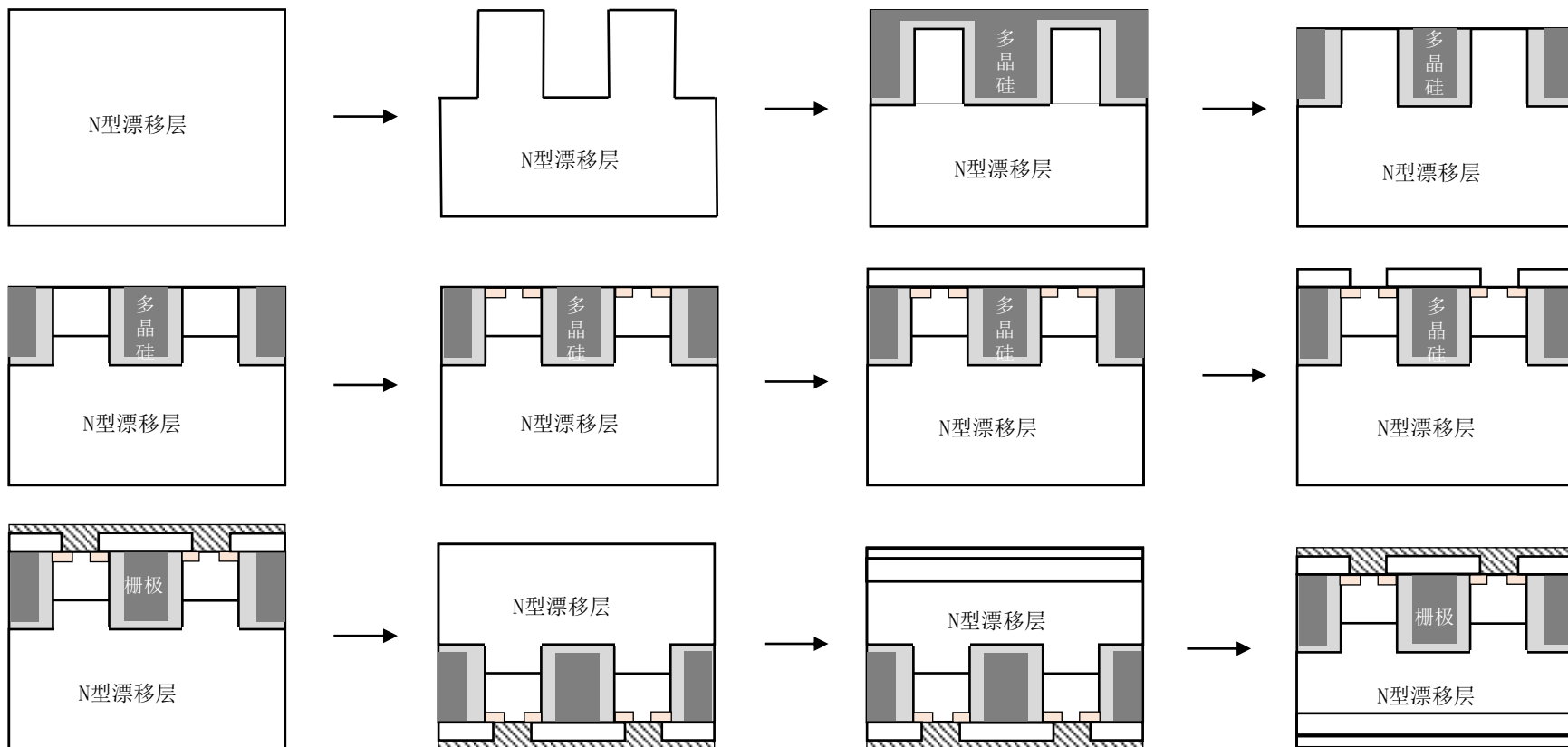
3、N⁺离子注射形成N⁺陷区



4、P⁺离子注射形成集电区



- IGBT芯片制程线宽在 $1\mu\text{m}$ - $5\mu\text{m}$ ，随着线宽变小，可以提升功率密度，降低结深，减小高温扩散工艺。
- IGBT芯片制造采用 H^+ 注入的方法形成 nFS层，高温过程比较短暂，并且温度低于 600度，不会对其他工艺产生影响，因此可以在传统工艺基础上进行高压 IGBT的制作。



■ 技术路径

1. 高压IGBT模块：标准焊接封装。利用液态金属或者液态合金来连接两种物质。
2. 中低压IGBT模块：烧结，压力接触，无基板封装。烧结是利用细银粉，在250°C和高压的环境下，在两种物质间形成一层多孔银层，相较于传统的焊接，烧结的优势在于温度变化却仍能维持坚固。压力连接则是通过压力使两种物质相连，其可消除因温度变化和不同材料热敏效应而产生的脱焊。

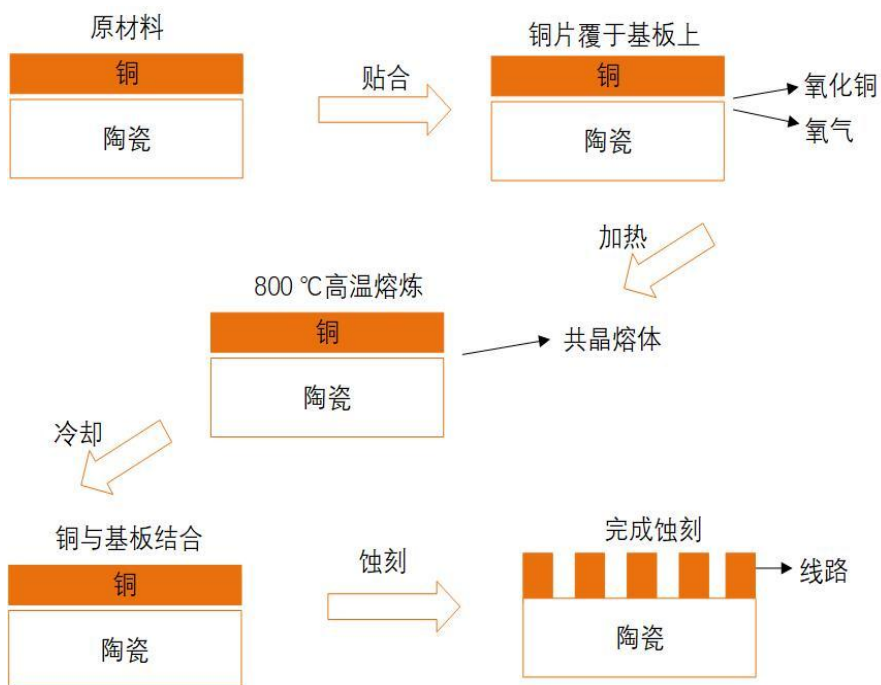
■ 技术要点

1. 芯片焊接与固定
2. 各芯片电极互联

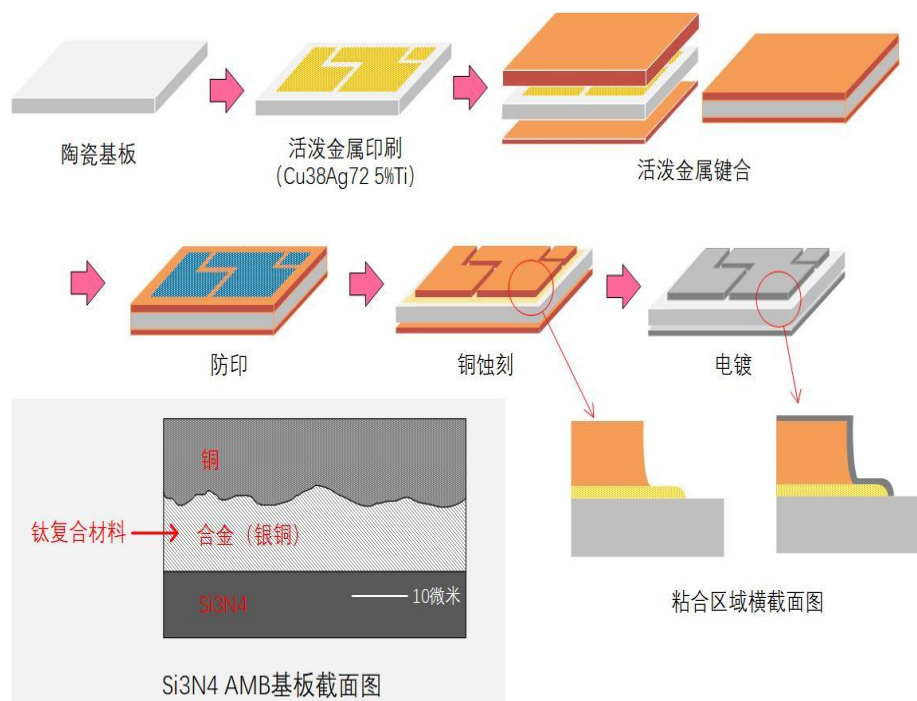
■ DBC

- 改进DBC：AlN 和 AlSiC 等材料取代 DBC 中的Al₂O₃ 和Si₃N₄等常规陶瓷，热导率更高，与Si 材料的热膨胀系数匹配更好。

图表：DBC制作工艺



图表：DBC材料



- 焊接工艺：传统焊料为锡铅合金，低温银烧结技术和瞬态液相扩散焊接。
- 模块封装的流程主要用到以下八部设备。将功率芯片焊接到 DBC 基板后，用铝线和铜线进行模块内的电气链接，切割 DBC 基板成合适大小，最后进行灌胶处理并干燥。

图表：模块封装设备



焊接工艺：传统焊料为锡铅合金，低温银烧结技术和瞬态液相扩散焊接。

设备		功能
焊膏印刷机		将焊膏通过钢网印刷到DBC基板上
全自动固晶系统		将功率芯片放置到DBC基板上
真空回流焊机		将功率芯片焊接到DBC基板上
打线机		用铝线和铜线进行模块内部电气连接
DBC基板切割机		将大块的DBC 基板切割成可以按照到模块里边的小块的DBC 电路板
灌胶机		将硅胶灌入模块
真空干燥箱		清除硅胶的气泡
高温硬化炉		硬化硅胶

✓ 引线技术：

经历了粗铝线键合、铝带键合再到铜线键合的过程，提高了载流密度。

✓ 焊接工艺：

传统焊料为锡铅合金，低温银烧结技术和瞬态液相扩散焊接。

✓ 改进DBC：

AlN 和 AlSiC 等材料取代 DBC 中的 Al₂O₃ 和 Si₃N₄ 等常规陶瓷，热导率更高，与 Si 材料的热膨胀系数匹配更好。

✓ 模块底板：

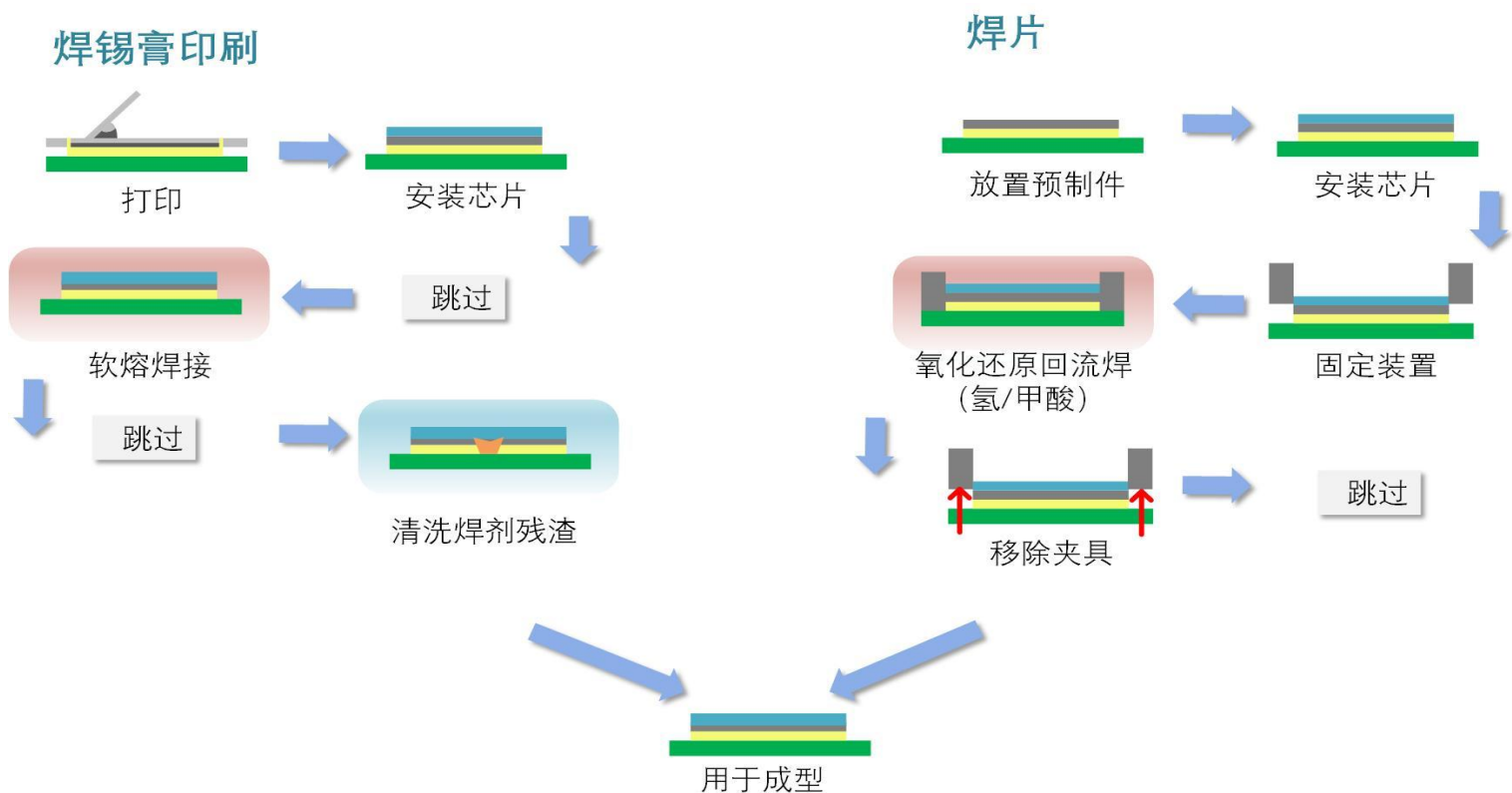
新型的散热结构，如 Pin Fin 结构和 Shower Power 结构，能够显著降低模块的整体热阻，提高散热效率。

✓ 扩大模块与散热底板间的连接面积：端子压接技术。



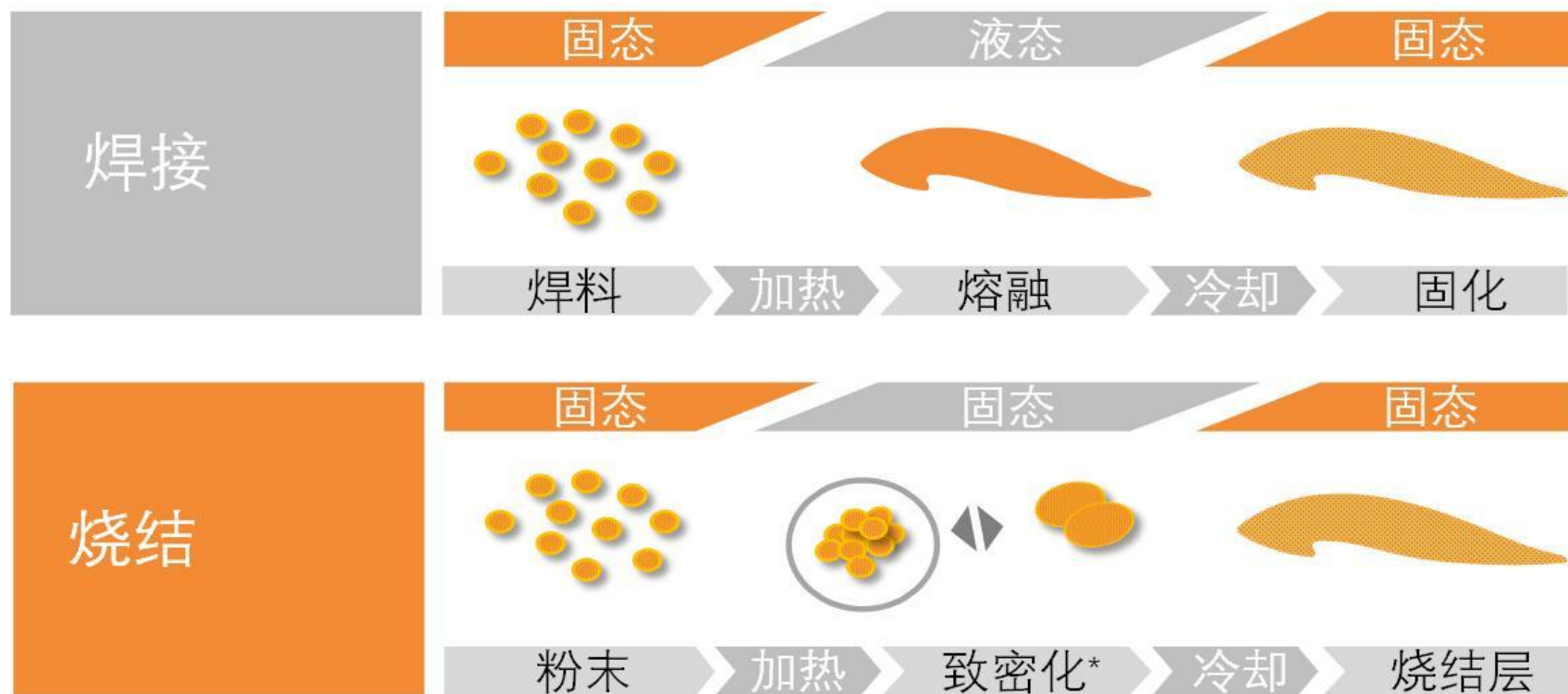
- 焊接工艺：传统焊料为锡铅合金，低温银烧结技术和瞬态液相扩散焊接。
- 焊片印刷方法相比于焊锡膏印刷，多了固定装置后用氧化还原方法回流焊的步骤，由于这种方法不含有助焊剂，因此不需要清洗设备。所以在实际操作中，后者操作更加便捷。

图表：芯片焊接材料的形态



- 焊接工艺：传统焊料为锡铅合金，低温银烧结技术和瞬态液相扩散焊接。
- 相较于焊接过程，银烧结过程中，焊料始终保持固态。首先将粉末状的固态焊料加热，致密化并以扩散的方式分类后，冷却并得到烧结层。

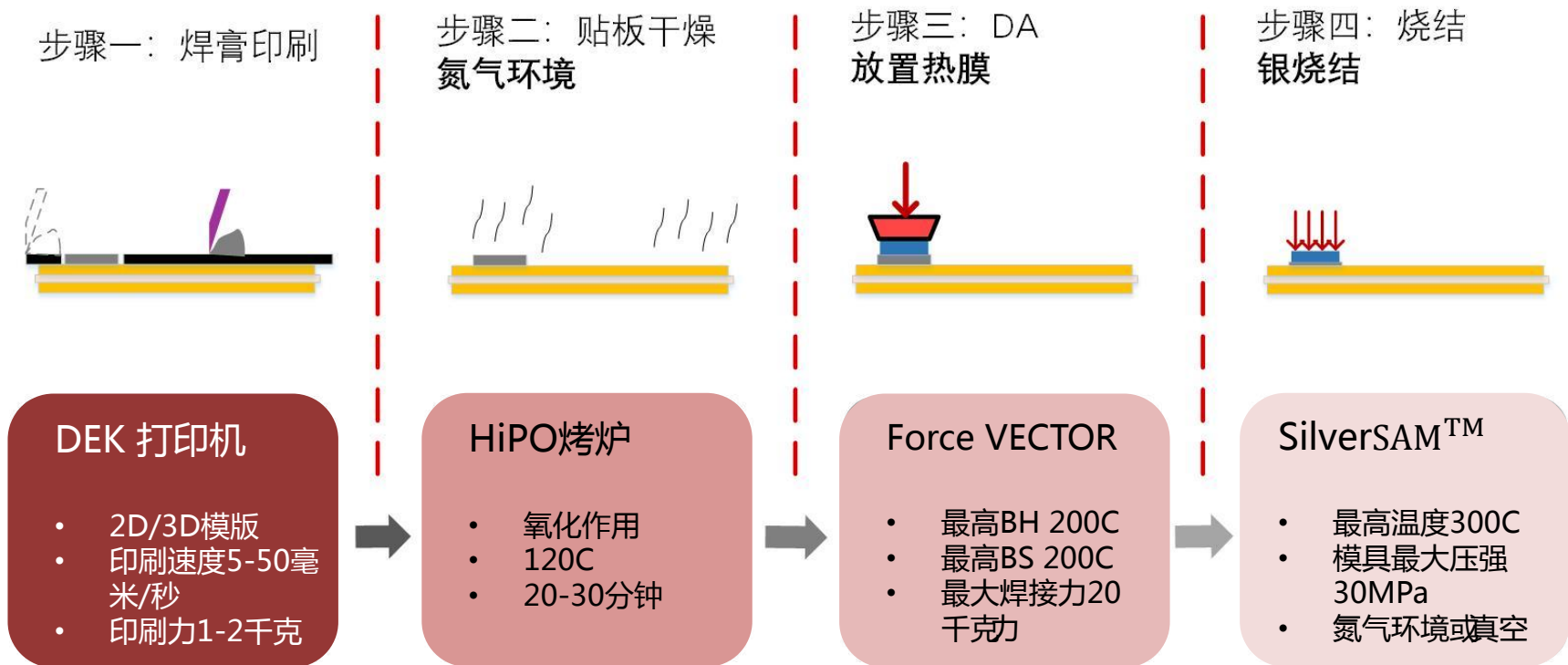
图表：银烧结技术



*以扩散的方式分类

- 焊接工艺：传统焊料为锡铅合金，低温银烧结技术和瞬态液相扩散焊接。
- 相较于焊接过程，银烧结过程中，焊料始终保持固态。首先将粉末状的固态焊料加热，致密化并以扩散的方式分类后，冷却并得到烧结层。

图表：银烧结技术

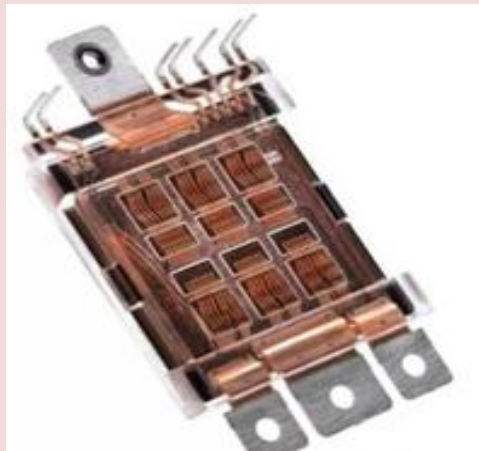


- 焊接工艺：传统焊料为锡铅合金，低温银烧结技术和瞬态液相扩散焊接。
- 常用绑定线主要分为三种，分别为铝绑定线、铜绑定线以及铝带铜带。

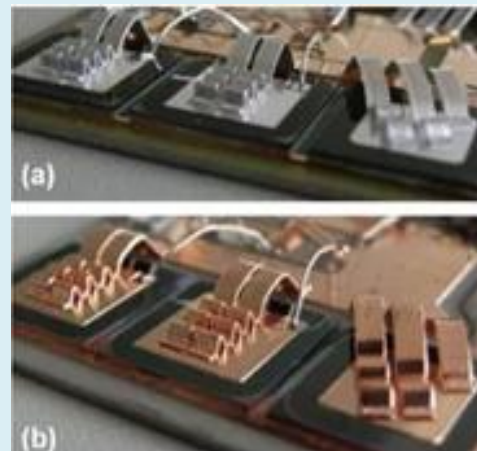
图表：绑定线



铝绑定线



铜绑定线



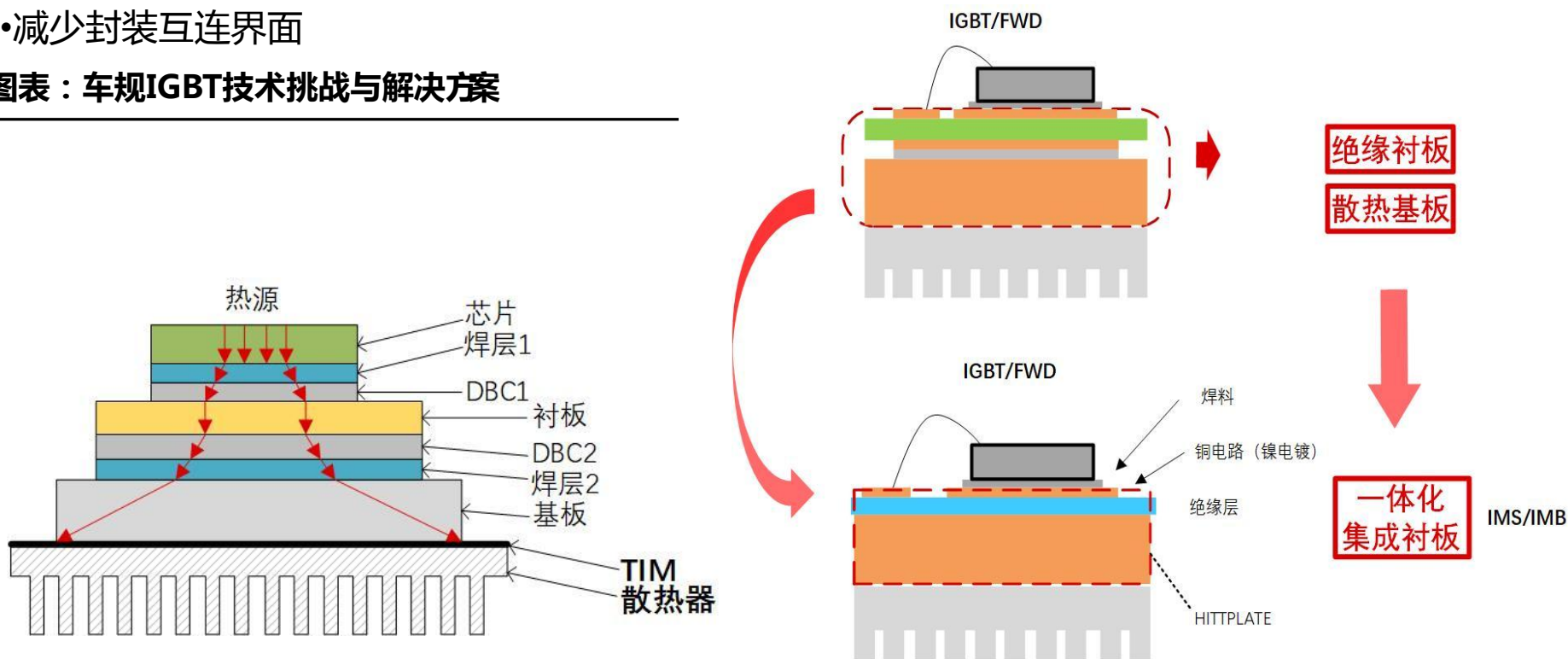
铝带、铜带

新能源汽车对车用IGBT的要求远比工业级 IGBT要高，要求它的功率处理能力更高效，与此同时减少不必要的热量产生与车辆本身多余的电力损耗。

因此封装工艺做到了以下两点来解决车规级IGBT的技术挑战：

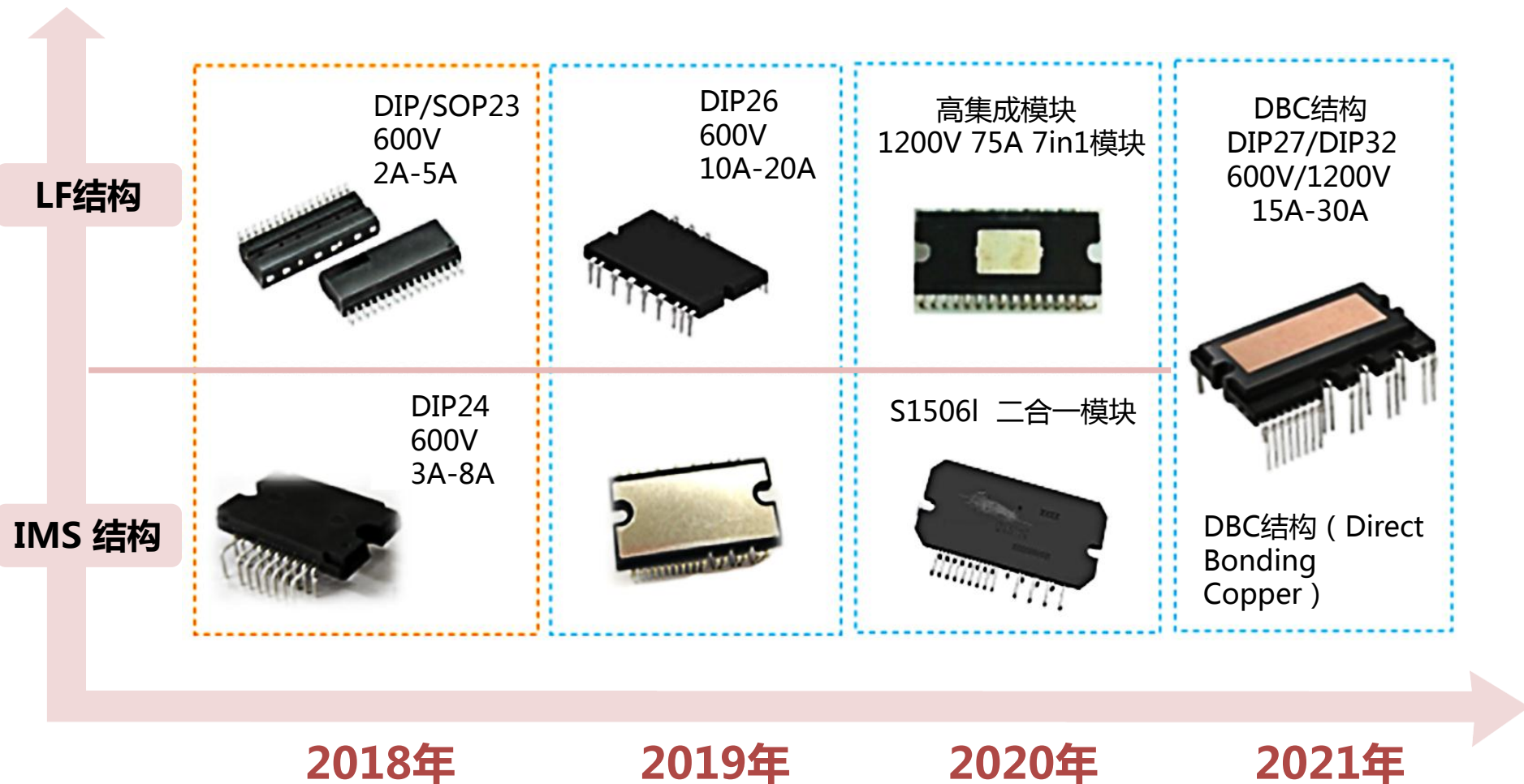
- 优化封装材料体系
- 减少封装互连界面

图表：车规IGBT技术挑战与解决方案



NO.	项目	介绍		
1	低频设计		引线宽度和引线核心设计用于隔离绝缘	<p>Dambar与封装间的间距设计</p>
2	DBC/IMS设计		无源元件极板设计	<p>特殊设计的细线焊盘</p>
3	线焊接设计	<p>第二键距设计规则定义</p>		<p>键角控制</p>
4	模腔特殊设计		模具闪光改进方法	<p>回缩销和支撑销设计</p>

IPM封装新品将会聚焦塑封工艺模块，从低功率向高功率产品开发，建立铝基板（IMS）、框架、DBC，有完善的产品结构。



1 行业增长：需求驱动

2 行业趋势：技术引领

3 行业壁垒：经验积累

4 竞争格局：头部集中

5 投资机会：国产替代

■ 应用场景决定上游芯片公司地位：

只有下游应用做强做大，上游的半导体芯片的技术研发才会跟上。

1. 德国：德国强大的汽车工业比如宝马，奔驰，奥迪等车企，才有了功率半导体最强的英飞凌，ABB和意法半导体等。
2. 日本：家电产业的发达比如三菱的空调，催生了三菱电机，富士电机和罗姆在消费电子领域占比主要份额的日系功率半导体企业诞生。
3. 中国：高铁IGBT率先突破，因为中国高铁里程数全球第一，庞大的内需市场，中车时代半导体才在英国技术上迅速实现国产替代。同样依托于比亚迪新能源汽车，比亚迪半导体的产品设计可以直接匹配比亚迪汽车对动力系统性能的要求。

■ 全球供求关系：

全球长期缺货，交期排产节奏被欧美企业长期垄断。竞争格局：他们市占率越高，产品的反馈数据越多，积累的经验越多，产品越成熟，利润体量越大，投入新一代研发也越多。

海外IGBT公司：产业链分布

- 国外IGBT类企业多数涉及IGBT模块和IPM部分。
- 从技术方面来看，功率模块已成为功率电子价值链中的关键部分。这种发展正直接影响着供应链，许多新进入者愿意抓住电源模块的附加值。
- 从地域上看，中国公司正以自己的颠覆性技术或收购裸片制造商进入 IGBT器件市场。通过这种策略，中国企业可以与主要位于欧洲和日本的老牌公司竞争。在这种背景下，日本公司仍在占领市场。

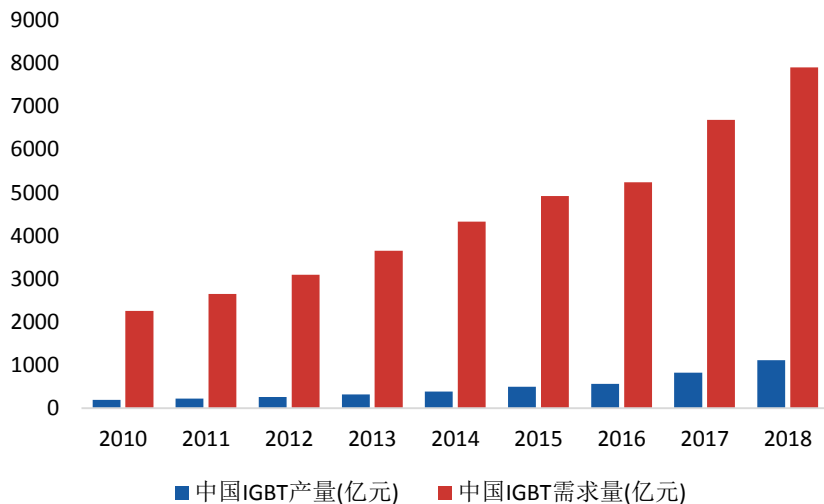


海外IGBT公司：产业链分布

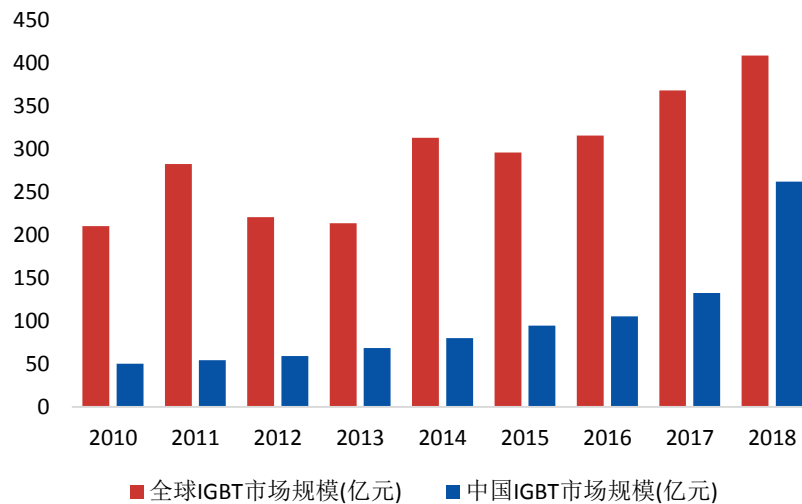


- 国内IGBT 供需缺口巨大，预计2020年国内IGBT需求在1.1亿只以上，而国内的供给只有 0.2 亿只左右。
- 全球IGBT市场增长，中国市场增速更快。全球IGBT市场逐年上升，2010年全球规模30.36 亿美元，该数字2018年为58.26亿，复合增长率9.8%，中国市场规模同期增速为18.2%。
- 从2010年起，全球IGBT市场逐步增长，中国市场受下游需求刺激增速更快。但整体上主要的份额被外资厂商占据，全球市场集中度高，国内产量不足。

图表：全球/中国IGBT市场规模

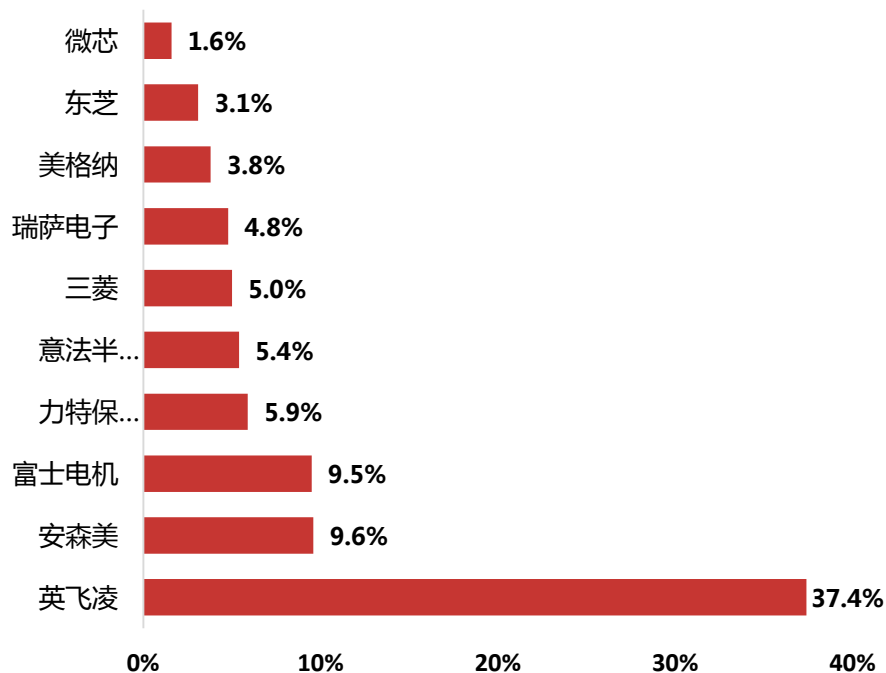


图表：我国IGBT产量和需求量

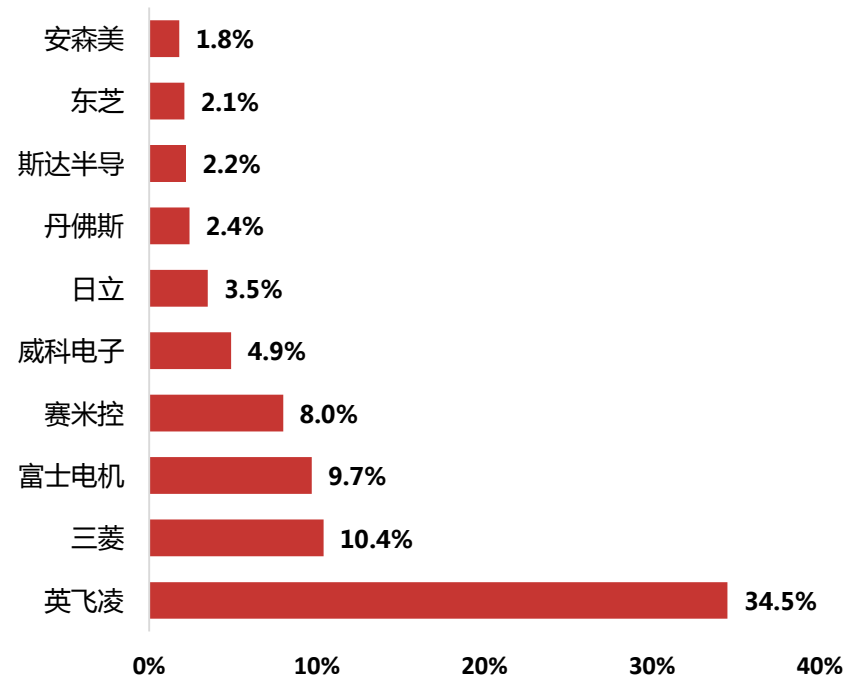


- 海外企业良性循环：市占率越高，产品的反馈数据越多，积累的经验越多，产品越成熟，利润体量越大，投入新一代研发也越多。
- 国内企业发展受阻：贸易摩擦之前，由于产品长期得不到客户使用，无法积累大规模量产情况下的数据，产品小批量出了问题也不知道如何解决。

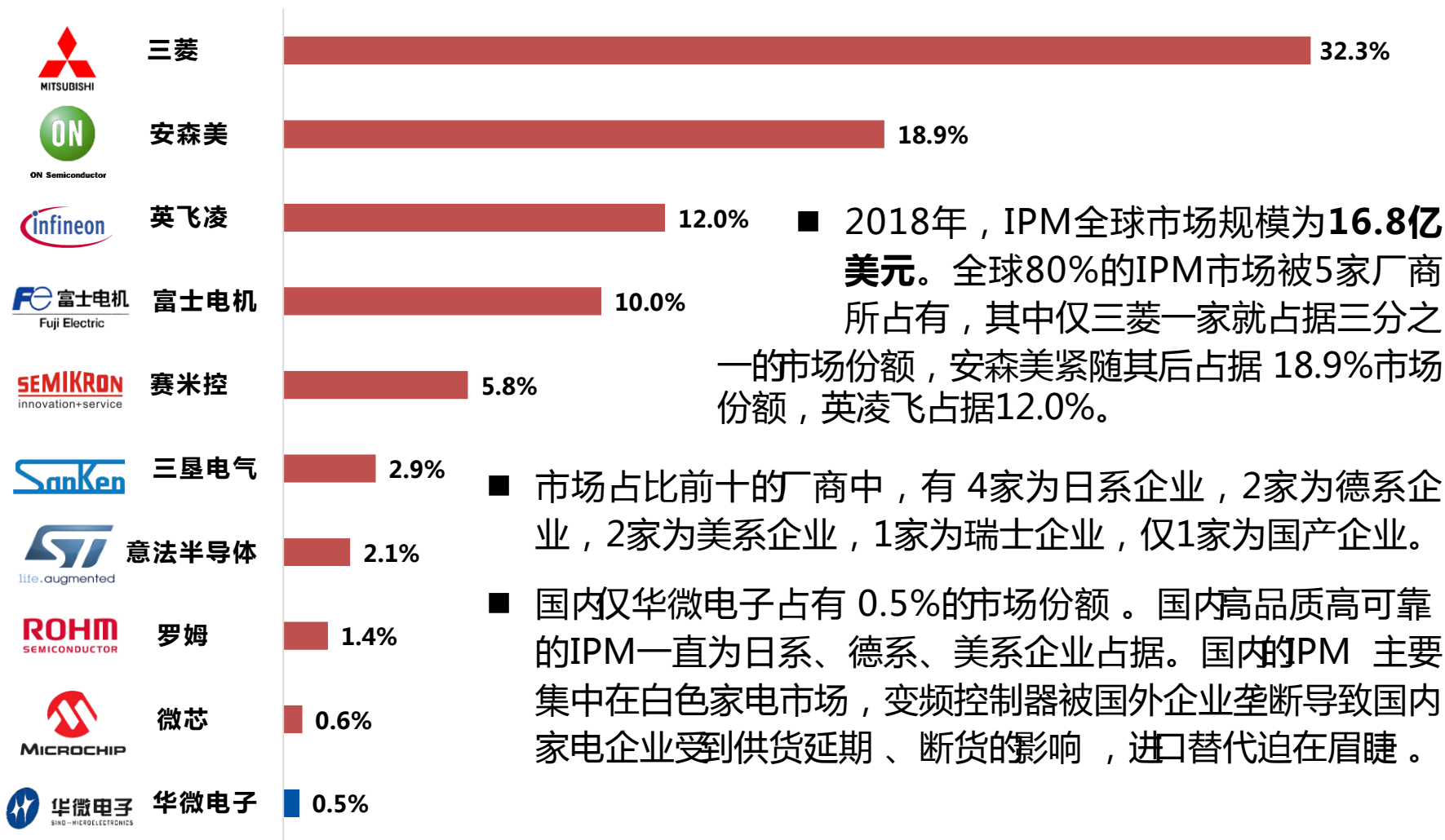
图表：IGBT单管市场2018年市占率



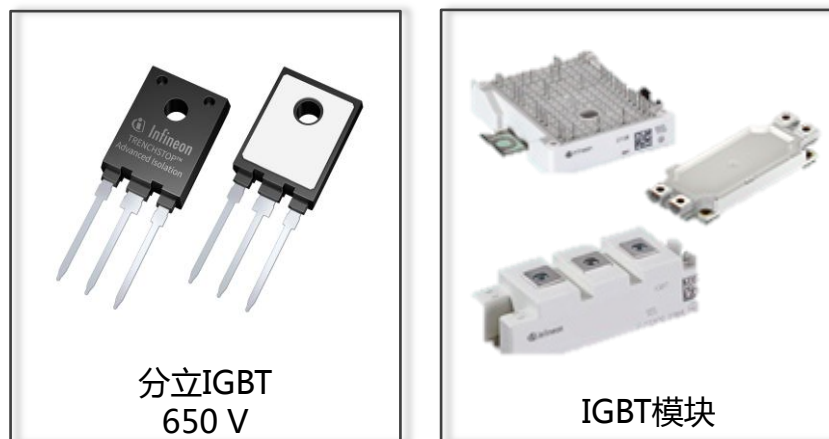
图表：IGBT模块市场2018年市占率



图表：IPM全球市场份额占比

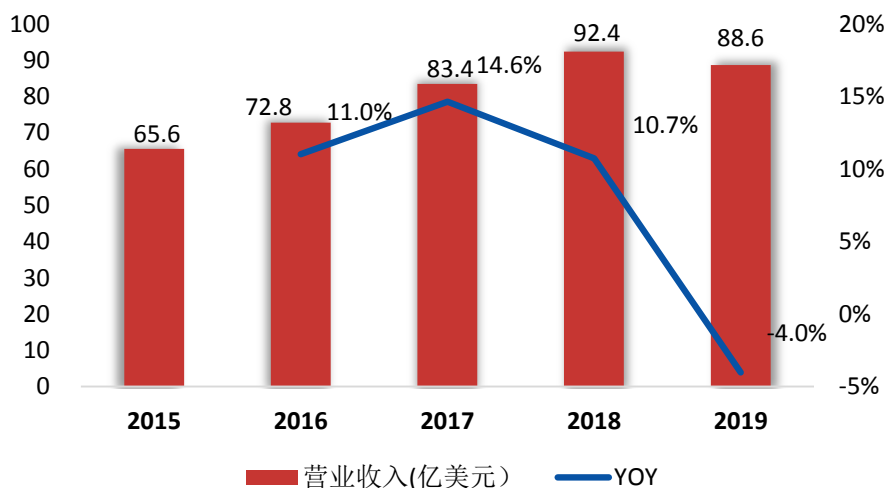


图：公司主要产品



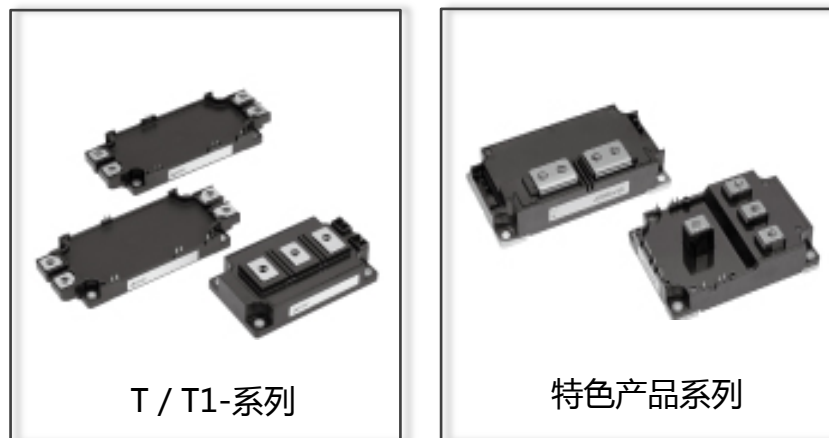
图表：公司营业收入

单位：亿美元

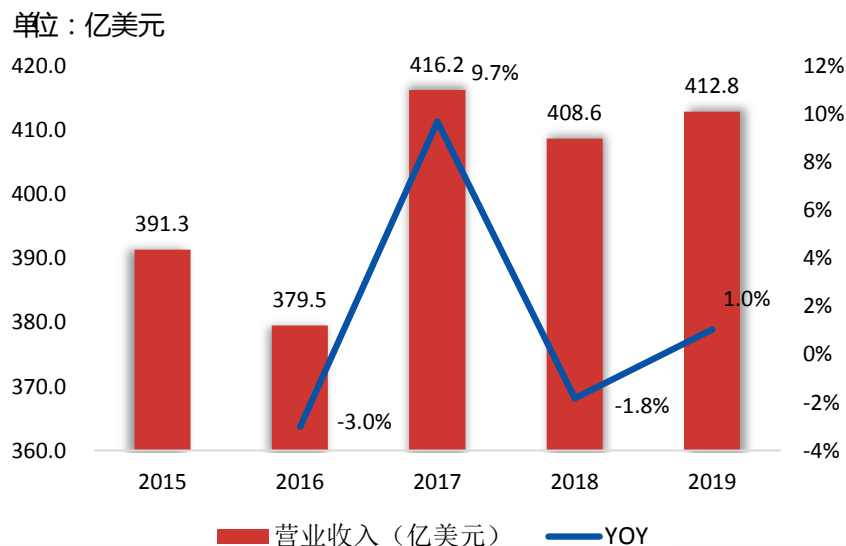


- 英飞凌(Infineon)科技公司前身是西门子集团的半导体部门，于1999年4月1日在德国慕尼黑正式成立，2000年上市，2002年后更名为英飞凌科技公司。
- 英飞凌是全球排名前十的半导体解决方案龙头，主要业务有汽车，工业电源控制，电源和传感器系统以及数字安全解决方案，主要产品有功率半导体、传感器、射频等。
- 公司的IGBT产品在不同电压电流级别提供了全面的产品组合，包括裸芯片、分立器件和模块等，其中IGBT模块全球市场份额第一。
- 公司2019年营业收入达88.6亿美元，同比

图：公司产品

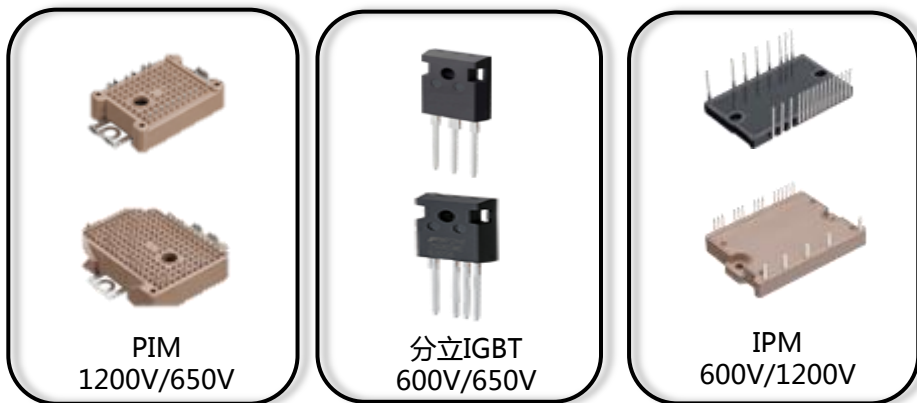


图表：公司营业收入

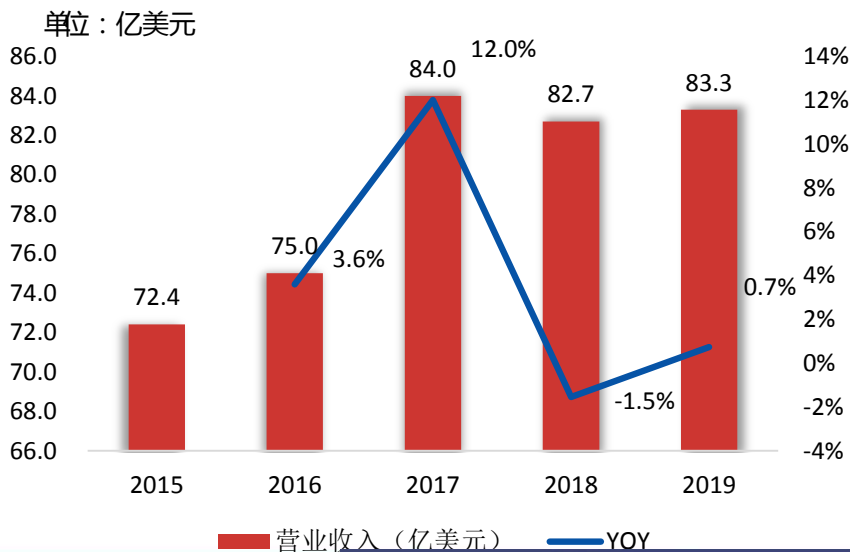


- 三菱电机(Mitsubishi Electric)隶属于日本三菱集团，创建于1921年，是全球电子和电气设备的领先制造和销售企业。
- 三菱电机主要业务有能源和电力系统、工业自动化系统、信息通讯系统、电子元器件、家用电器等，其中IGBT产品属于电子元器件中的电源模块部分。
- 公司的GBT 模块产品全球市场份额第二，现已推出第七代IGBT模块T / T1系列。
- 产品主要集中在大功率应用的电网传输和轨道交通牵引，以及小功率的变频家电领域，其IPM模块市占率32.3全球第一。

图：公司主要产品

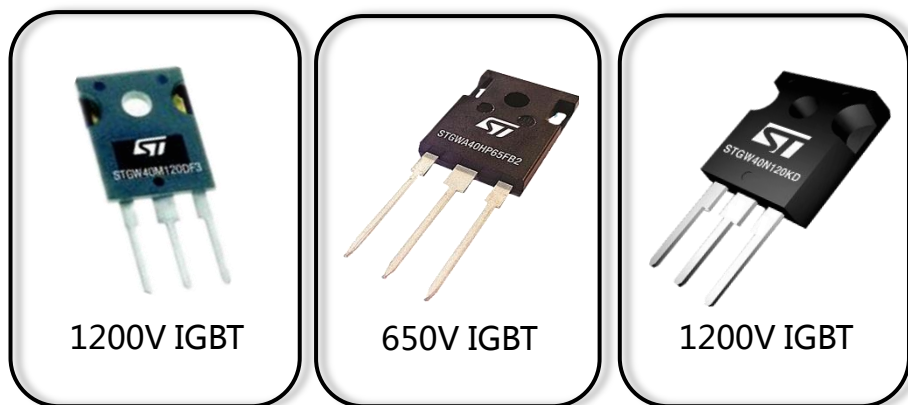


图表：公司营业收入



- 富士电机(Fuji Electric)成立于1923年，是日本最大的综合机电产品制造企业之一。
- 富士电机主要业务有电力电子系统能源、电力电子系统工业、电子设备、餐饮以及发电量，其中IGBT产品属于电子设备中的半导体部分。
- 公司的IGBT产品主要包括分立IGBT和IGBT模块，其中IGBT模块全球市场份额第三，现已推出第七代IGBT模块X系列。
- 产品主要集中在中功率领域，IPM模块市占率10%。

图：意法半导体的IGBT系列产品



意法半导体 (ST) 简介

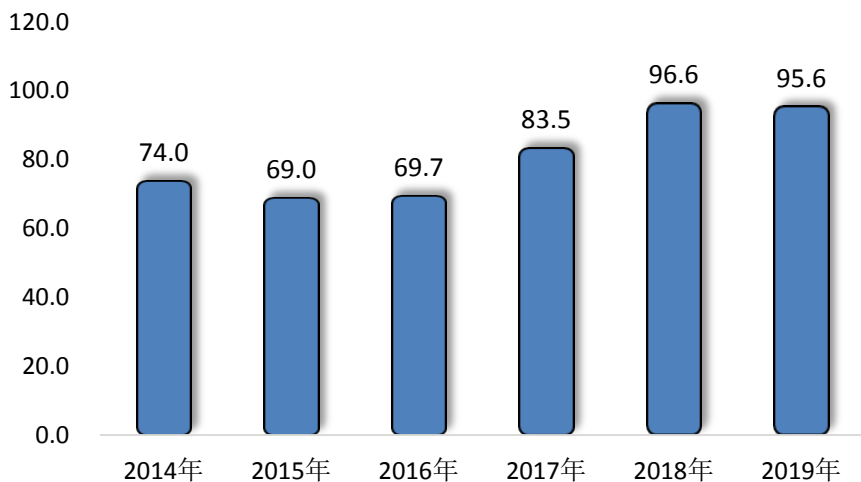
意法半导体公司是全球第五大半导体厂商，很多市场居于世界领先水平，为世界第一大专用模拟芯片和电源转换芯片制造商，世界第一大工业半导体和机顶盒芯片供应商，在分立器件、手机相机模块和车用集成电路领域居世界前列。

产品阵容

- 标准产品包括分立器件如晶体管、二极管与晶闸管；功率晶体管如MOSFET、IGBT等。
- 以多媒体应用一体化和电源解决方案的市场领导者为目标，意法半导体拥有世界上最强大的产品阵容，既有知识产权含量较高的专用产品，也有多领域的创新产品，例如分立器件、高性能微控制器、安全型智能卡芯片、微机电系统(MEMS)器件。
- 在多媒体、机顶盒和计算机外设等要求严格的应用领域，意法半导体是利用平台式设计方法开发复杂 IC 的开拓者，并不断对设计方法进行改进。意法半导体拥有比例均衡的产品组合，能够满足所有微电子用户的需求。同时也提供消费电子和工业设备用非易失存储器解决方案。

图表：意法半导体2014-2019年度营业收入情况

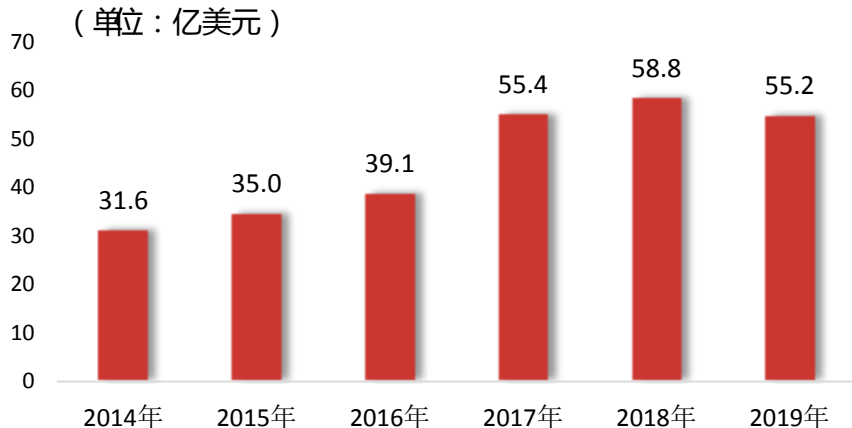
(单位：亿美元)



安森美简介

安森美半导体是领先的功率器件半导体供应商，提供全面的功率器件，包括MOSFET、IGBT、二极管、宽带隙（WBG）等分立器件及智能功率模块（IPM）等功率模块，尤其在收购Fairchild半导体后，是全球第二大功率分立器件半导体供应商，在IGBT领域有着不可比拟的优势，提供同类最佳的IGBT技术和最宽广的IGBT产品阵容。

图表：安森美2014-2019年度营业收入

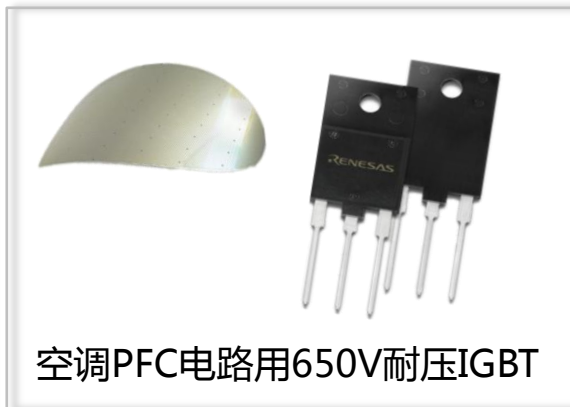
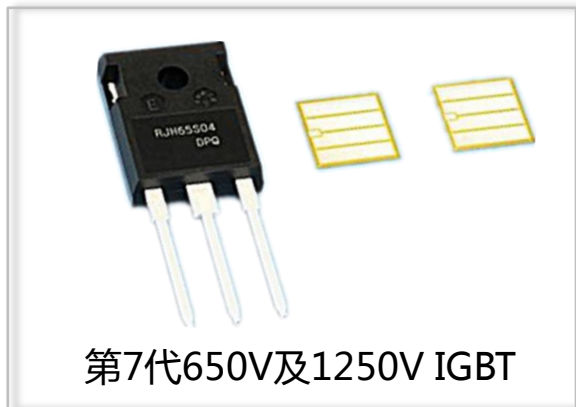


图：安森美半导体IGBT产品的广泛应用

在IGBT领域的优势

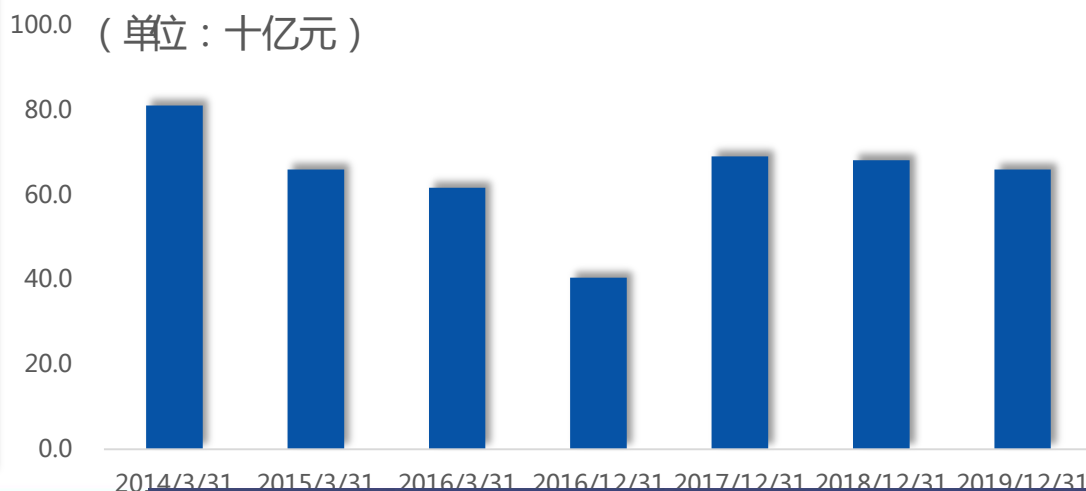
- 安森美具备功率器件、IGBT、薄晶圆和封装技术方面强大知识产权阵容，拥有全球多地IGBT制造设施，30年量产点火IGBT经验，600V和1200V沟槽场截止IGBT平台性能已通过分立产品和功率集成模块（PIM）系列证实。
- 自2016年9月收购Fairchild，安森美半导体IGBT产品阵容大为扩展（如左图），提供600 V、650 V、1200 V、1350 V、1500 V IGBT，采用TO-3P、TO-247、TO-247 4L、TO-220、TO-220 FullPak、D2PAK、DPAK等封装。

图1：瑞萨电子IGBT产品阵容



瑞萨简介：瑞萨电子提供创新嵌入式设计和完整半导体解决方案。作为专业微控制器供应商、模拟功率器件和SoC产品领导者，瑞萨电子为汽车、工业、家居、办公自动化、信息通信等应用提供综合解决方案。

图表·瑞萨电子近六年营业收入情况

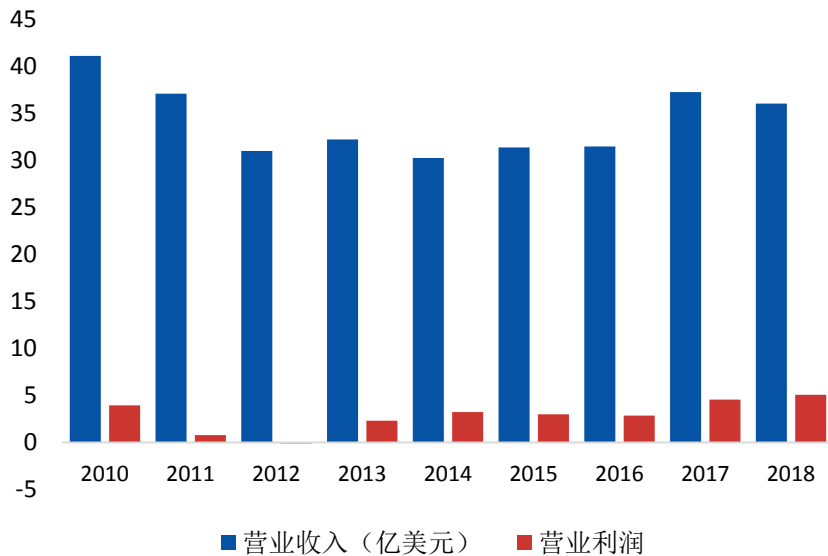


瑞萨电子结合了日立与三菱在半导体领域方面的先进技术和丰富经验，是无线网络、汽车、消费与工业市场设计制造嵌入式半导体的全球领先供应商。

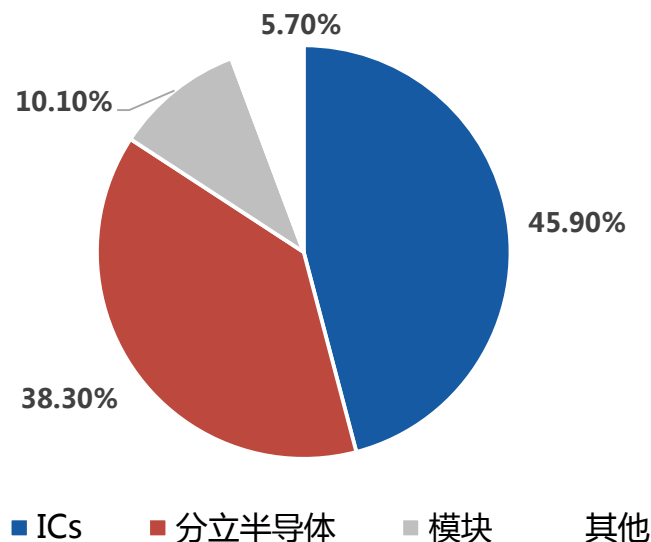
提示：每个时间点所体现的营收数据，都是覆盖该时点过去12个月的

- 罗姆 (ROHM) 是全球著名半导体厂商之一，1958年作为小电子零部件生产商在京都起家，于1967年和1969年逐步进入了晶体管、二极管领域和 IC等半导体领域，1971年ROHM作为第一家进入美国硅谷的日本企业，在硅谷开设了IC设计中心。ROHM凭借“超常思维”的创新理念迅速发展，截止2019年3月资本金为 7.84亿美元。
- 罗姆公司主要的产品包括 ICs，分立式半导体，模块等，其中ICs和分离半导体的销售占比达到84.2%。其中IGBT产品作为功率器件的重要部分，为高电压、大电流广泛应用的高效化和节能化做出了贡献。公司于2009年开始生产IGBT器件。在第二代IGBT中，引入了光穿孔 (LPT)结构，第三代IGBT在前一代的基础上实现了 15%的薄片细化。这不仅减少了器件在导通状态下的损耗，还减少了动态损耗。第三代IGBT的高性能满足了工业应用的需求，例如单目电源、焊机、光伏逆变器、UPSs和电池充电器等。

图表：ROHM 营业收入及营业利润



图表：ROHM产品销售占比



1 行业增长：需求驱动

2 行业趋势：技术引领

3 行业壁垒：经验积累

4 竞争格局：头部集中

5 投资机会：国产替代

国产替代机遇：

- 周期性缺货。由于库存的原因半导体行业有周期存在，在海外供应商无法供货的情况下，国内厂商就有供货的机会。
- 客制化服务。产品和应用端结合的客制化产品。国内本土企业提供从源头设计定制的器件，可以和客户联合研发，使得可以不选择昂贵并且功能冗余的国外产品。

投资标的顺序：

- 产品：模块 > 单管。目前IGBT行业以及发展到了极限，后续模块公司的优势相对明显，其次模块的价值量要大于单管分立器件产品，公司可以迅速做大体量。
- 模式：虚拟IDM（设计+封装）> IDM。功率半导体产品适合于IDM一体化的模式，但是国内芯片行业相对国外起步晚，自建IDM工厂资本开支大，产线工艺不成熟，最新一代的IGBT工艺往往不具备。国内代工资源比较丰富，代工成本相对较低，在国家集成电路大基金的牵头下，虚拟IDM模式更加适合处于起步阶段的国内功率半导体公司，迅速可以做大规模。后续等到产品工艺成熟后，再采用国际主流IDM模式。

设计



8寸晶圆代工



封装器件



模块



IPM



系统



株洲中车时代电气股份有限公司
ZHUSHOU CRRC TIMES ELECTRIC CO., LTD.



中环半导体
ZHONGHUAN SEMICONDUCTOR



杭州士兰微电子股份有限公司



华微电子
SINO-MICROELECTRONICS



华润微电子
CR MICRO



国外IGBT类企业多数还是设计公司为主，部分设计自建封装和模块组装产线，晶圆制造交给专业的代工厂完成，比如华虹半导体。

- 半导体行业周期性的特征，使得国内厂商在海外供应商无法供货的情况下有供货的机会，国内厂商发展进程加快。
- 芯片外采比例逐步降低，自研比例逐步提升，国内本土企业提供从源头设计定制的器件，为客户进行客制化服务，使客户可以不选择昂贵且功能冗余的国外产品。
- 产品国产替代的应用领域从可靠性要求低，低电压的变频家电和传统工业，逐步向可靠性要求高，中高电压的新能源发电、汽车领域升级。
- 在国家集成电路大基金的牵头下，国内功率半导体公司逐渐应用虚拟 IDM 模式，可以迅速做大规模。后续等到产品工艺成熟后，再采用国际主流的IDM模式。

主要产品

- IGBT
- MOSFET
- IPM
- FRD
- SiC等



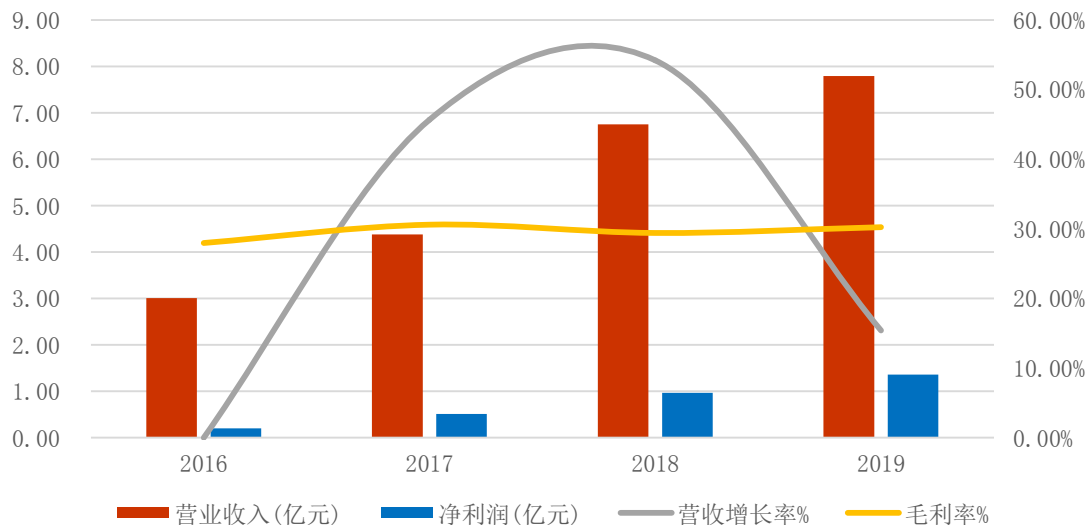
产品主要应用于新能源汽车、变频器、逆变焊机、UPS、光伏\风力发电、SVG、白色家电

公司简介

■ 斯达半导体股份有限公司专业从事功率半导体芯片和模块（尤其是IGBT芯片）研发、生产销售服务的国家级高新技术企业。斯达半导体在下游需求扩张和客户的国产替代双重影响下，迎来良好的发展机遇。公司作为国内IGBT行业领先者，在多个细分领域具有技术优势，展现出扩张态势。

■ 根据招股说明书公司2019年上半年前两大客户是工控行业的英威腾和汇川技术，判断公司产品应用在工业领域。公司第五大客户是上海电驱动，公司产品在新能源汽车领域也同样有一定的市场份额。

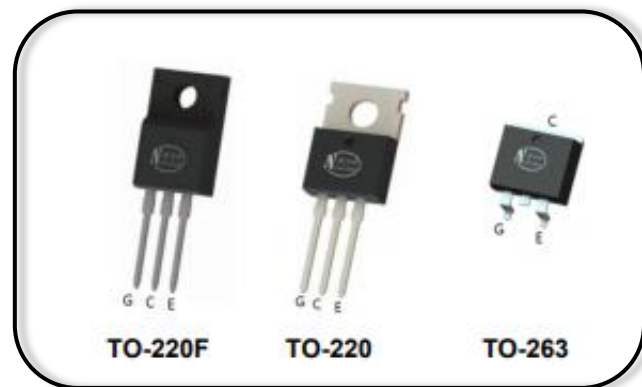
图表：2016-2019年斯达半导营收情况



公司简介

无锡新洁能成立于2013年，专业从事半导体功率器件的研发与销售。2016年新洁能上市新三板，并于2018年终止挂牌持有。公司是中国半导体功率器件十强企业，掌握多项核心技术，IGBT产品被江苏省科技厅认定为高新技术产品。2020年新洁能拟在上海证券交易所上市，募集资金将用于五个研发升级、生产线建设等项目。

主要产品

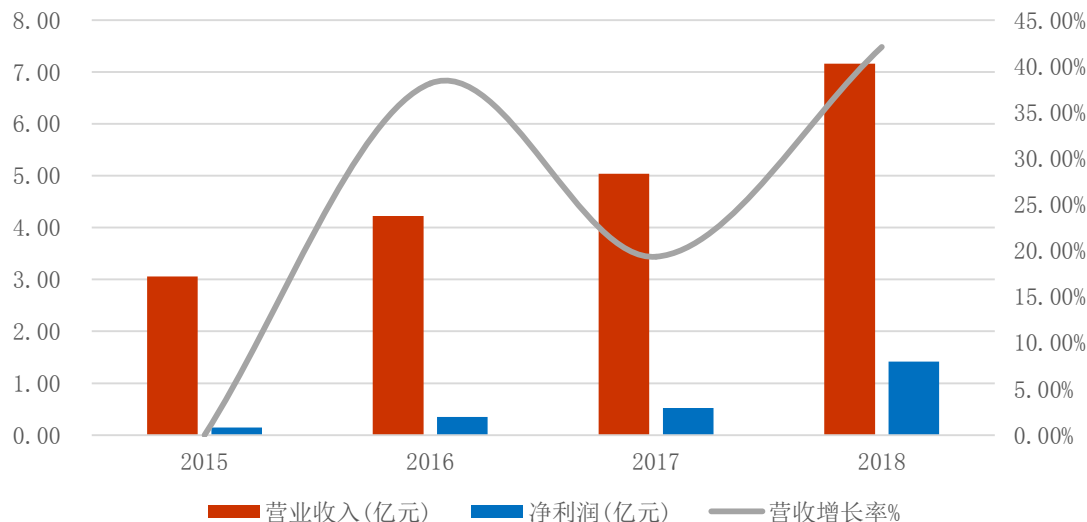


半导体产品

- 1200V~1350V Trench NPT IGBT
- 1200V~1350V Trench NPT IGBT
- 650V Trench FS IGBT

主要应用于汽车电子、电机驱动 家用电器、电动车、安防、网络通信等领域。

图表：2015-2018年无锡新洁能营收情况



主要产品

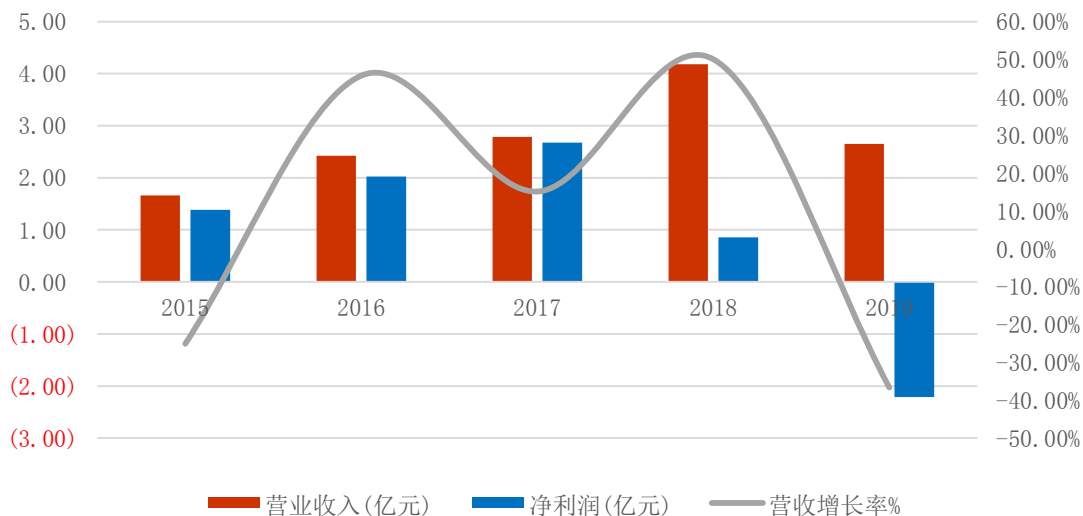
- 大功率晶闸管
- 大功率半导体模块
- 功率半导体组件
- 电力半导体用散热器等



公司简介

- 台基半导体股份有限公司成立于2004年，专业从事大功率晶闸管及模块的研发、制造和销售，是国内销量领先的大功率半导体期间供应商，其中在感应加热应用领域市场占有率超过50%。
- 上海浦奕半导体IGBT产品主要聚焦于工业领域，应用在逆变器，变频器和逆变焊机等，产品覆盖6寸的平面IGBT，8寸的Trench-FS产品，电压从600V的消费级产品到1200V工业级产品。
- 由于台基股份的晶闸管主要是供给工业客户，所以未来在客户方面台基和浦奕有明显的协同效应。

图表：2015-2019年台基股份营收情况



- 电力电子器件芯片
- 功率二极管
- 整流桥
- 大功率模块
- DFN/QFN产品
- SGT MOS及碳化硅SBD
- 碳化硅JBS等产品主要应用于消费类电子、安防、工控、汽车电子及新能源等。

主要产品

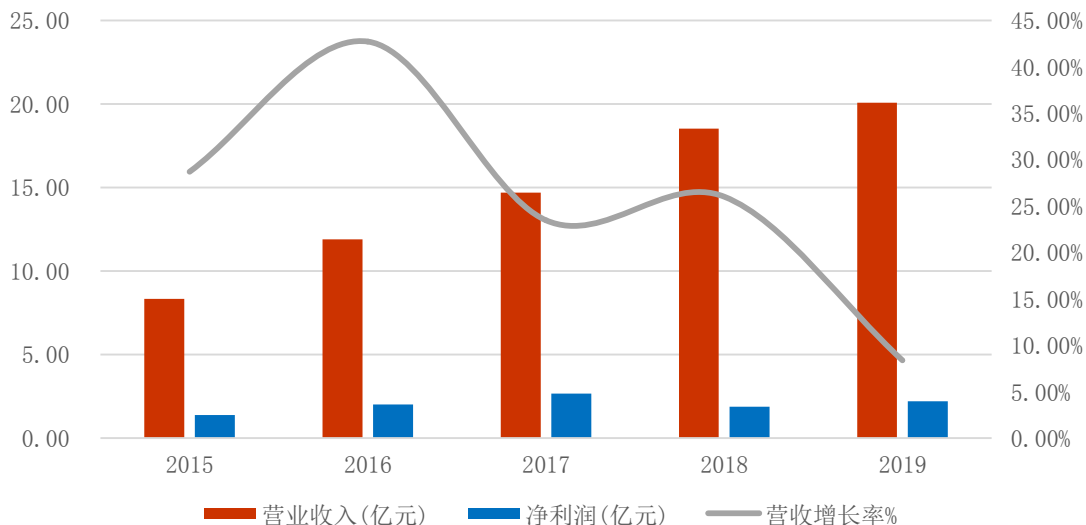


公司简介

■ 扬杰电子科技股份有限公司成立于2006年，专业从事功率半导体芯片和及器件制造、集成电路封装测试等领域。公司积极推进进口替代，达成了和国内外知名客户的合作，如：华为、Dell、大金等。

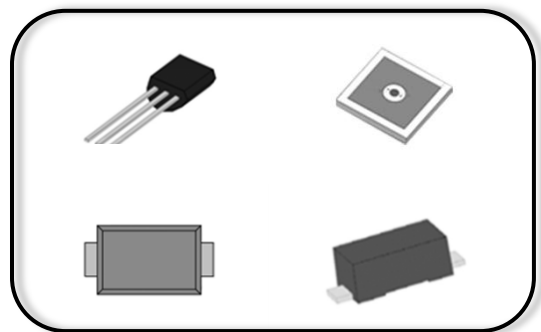
■ 2019财年前三季度，扬杰电子业绩符合预期，但营收增速放缓，其归母净利润增速由正转负，上半年，公司主要产品半导体器件、半导体芯片和半导体硅片毛利率分别为 29.14%、20.83%、13.07%，总体呈下降态势，主要受行业下行压力与加征关税影响。

图表：2015-2019年扬杰科技营收情况



主要产品

- 晶闸管
- 二极管
- MOSEFT
- 厚模组件
- 碳化硅器件
- 功率型开关晶体管及达林顿晶体管

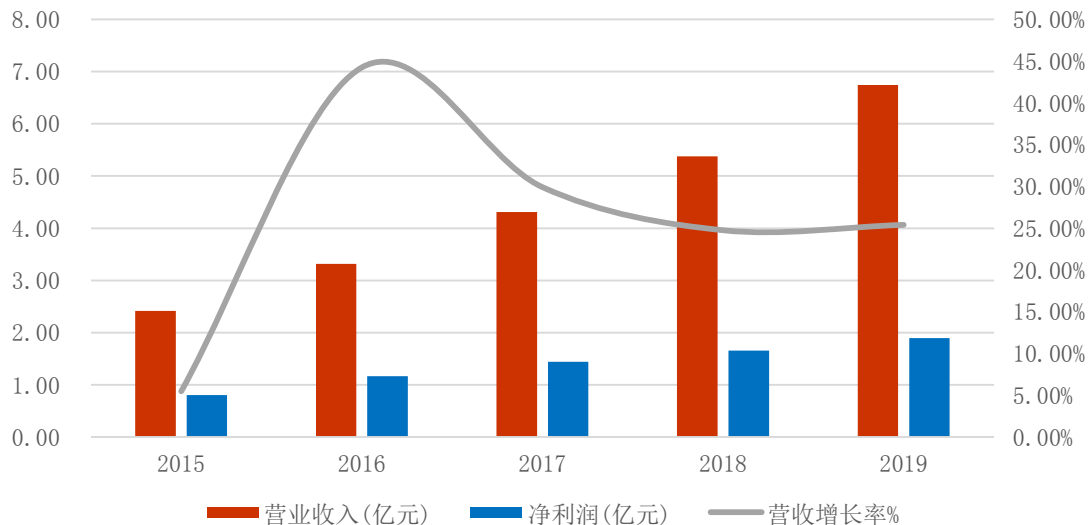


公司简介

捷捷微电子有限公司成立于 1995 年，专业从事半导体分立器件、电力电子元器件研发、制造和销售的省级高新技术企业。捷捷微电子在国内市场享有较高知名度和市场占有率，公司正逐步实现进口替代能力，形成了较强自主定价能力，成为该领域的佼佼者。

2019 年捷捷微电营业收入稳步增长，但毛利率小幅下滑。主要原因为营业成本，同比增长 34.6%，其中研发费用高达 3717.7 万元，同比增长 42.8%，且全部费用化处理，导致公司毛利率下降。该现象与公司加快新型功率半导体研发有关，延续每年营收 5% 投入研发与技术改进，不断加强公司核心竞争力。

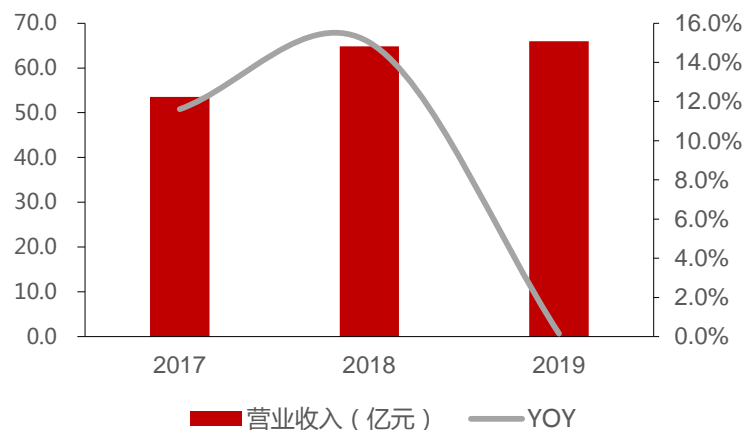
图表：2015-2019 捷捷微电营收情况



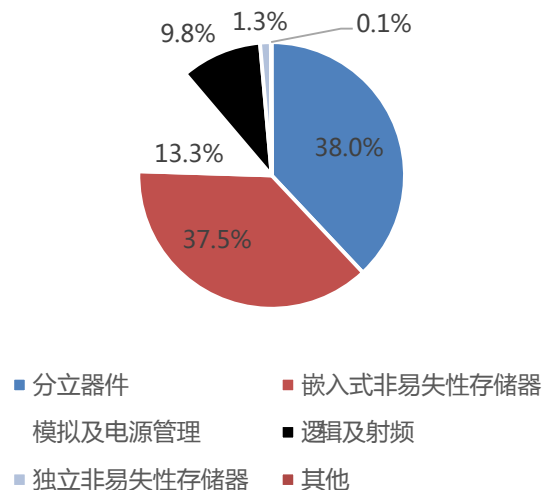
- 华虹半导体是全球领先的特色工艺纯晶圆代工企业，专注于嵌入式非易失性存储器、分立器件、模拟及电源管理和逻辑及射频等差异化工艺平台。公司隶属于华虹集团，后者是中国909项目的重要成员。
- 公司在上海金桥和张江建有三座8英寸晶圆厂，月产能约18万片；在无锡的华虹七厂是聚焦特色工艺、覆盖90~65纳米工艺节点、规划月产能4万片的12英寸集成电路生产线，也是大陆第一条12英寸功率器件代工生产线。
- 公司营业收入从2017年的53亿元增长到2019年的66亿元，年复合增长率为11%。其中2019年的收入占比中，分立器件和嵌入式非易失性存储器占比最大，分别为38%和37.5%。

图表：华虹宏力营业收入及增速

单位：亿元



图表：公司2019年分部营业收入占比



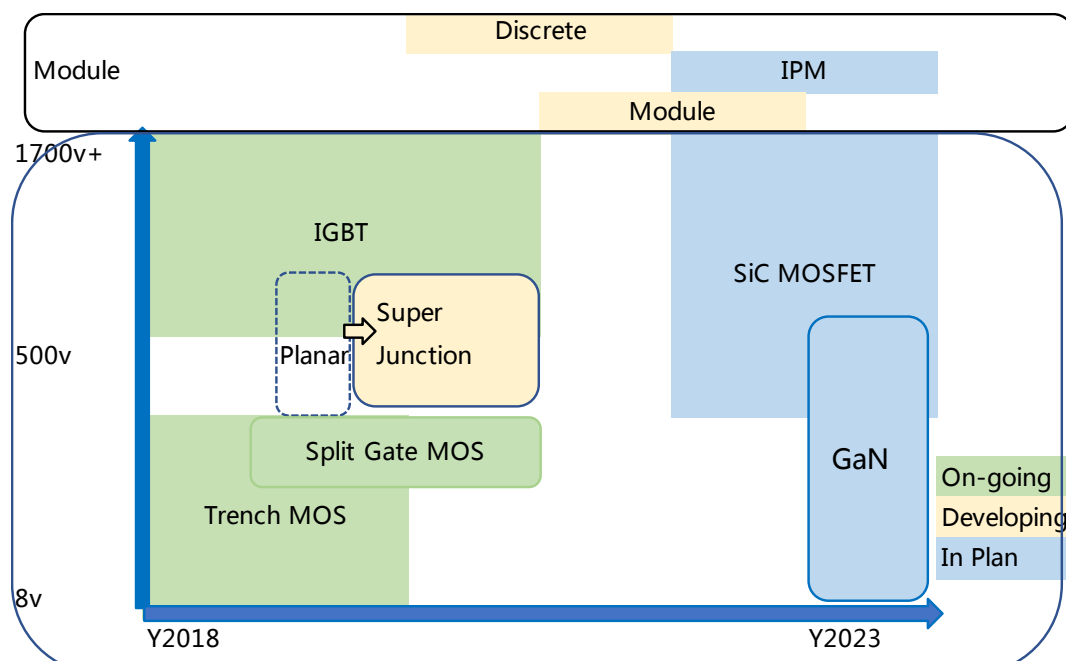
- 华虹半导体作为全球首家提供场截止型（FS, Field Stop）IGBT量产技术的8英寸晶圆代工企业，在IGBT制造领域具有深厚经验，无论是导通压降、关断损耗还是工作安全区可靠性等目前均达到了国际领先水平；同时，公司还拥有先进的全套IGBT薄晶圆背面加工工艺。
- 华虹半导体量产的IGBT产品系列众多，电压涵盖600V至1700V，电流从10A到400A，产品线逐渐从民生消费类跨入工业商用、新能源汽车等领域。
- 近年来，公司瞄准中高端市场与新兴领域全面进击IGBT业务，持续引入国内外一流的IGBT产品公司，涵盖工业、汽车电子与白色家电等应用领域。
- 公司12英寸IGBT技术研发进展顺利，未来将为全球客户提供更具竞争力的IGBT代工解决方案。

图表：公司主要IGBT产品

产品种类	目前产品进展	应用领域
600V-1200V FS IGBT	量产	白色家电等
3300V-6500V FS IGBT	研发完成等待产品验证	高端工业和能源应用等

- 公司专注特色工艺集成电路芯片及模块封装的代工生产制造服务。公司在 MEMS、IGBT 和 MOSFET 领域耕耘了十多年，拥有丰富的研发和大规模量产经验。
- **IGBT工艺**：公司立足于场截止型 IGBT 结构，采用背面减薄工艺、离子注入、激光退火及特殊金属沉积工艺等业界先进背面加工工艺，实现了 600V ~ 1200V 等器件工艺的大规模量产，技术参数可达到业界领先水平。
- **MOSFET及MEMS工艺**：公司提供完整的 MOSFET 工艺平台，包括沟槽式 MOSFET、分栅式 MOSFET 以及超结 MOSFET；在 MEMS 领域耕耘十多年，拥有丰富的研发经验。技术路线包括器件直接接触外部环境的开放式结构和器件密闭在封盖中的封闭式结构。

图表：公司业务

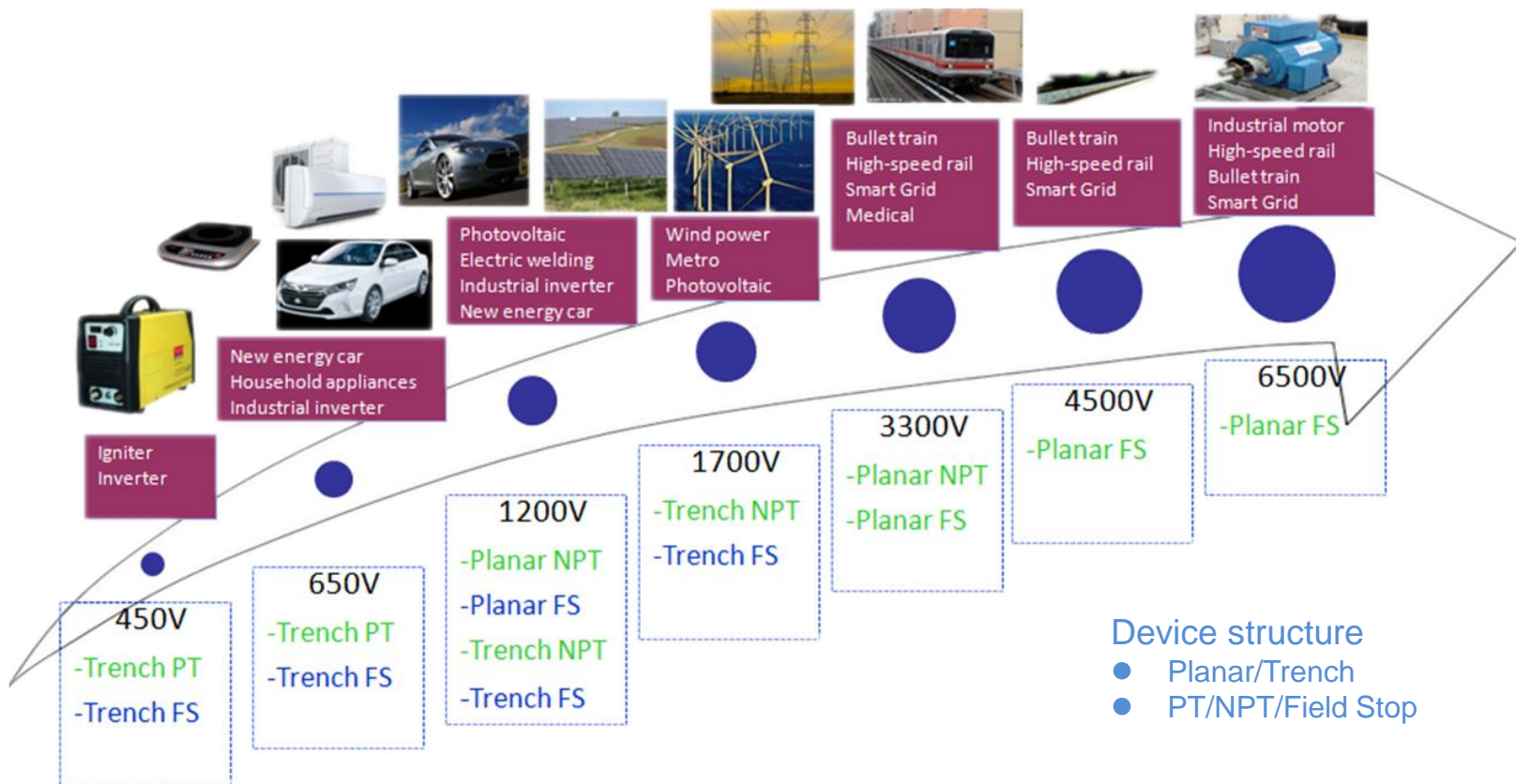


- 今年以来，公司密集采购生产设备以扩大产能。前期主要采购 IGBT模组生产线设备和 DFN生产线设备，4月份开始采购特种晶圆工艺生产线设备和 SDPGA生产线设备。

序号	招标设备	项目	制造商	数量	截止时间	中标结果公示时间
1	等离子去胶机	SDPGA生产线项目	-	1	2020-05-07	-
2	高压半自动探针台	特种晶圆工艺生产线项目	-	1	2020-05-06	-
3	扫描电子显微镜	特种晶圆工艺生产线项目	-	1	2020-05-06	-
4	晶圆测试机	IGBT模组生产线项目	-	2	2020-05-06	2020-06-02
5	深硅蚀刻机	IGBT模组生产线项目	-	2	2020-05-06	2020-06-02
6	薄片晶圆背面刻蚀机	IGBT模组生产线项目	瑞士	1	2020-04-03	2020-04-08
7	非掺杂多晶硅生长机	IGBT模组生产线项目	日本	1	2020-04-03	2020-04-08
8	测试机	DFN生产线项目	-	1	2020-03-25	撤项
9	分选机	DFN生产线项目	-	1	2020-03-25	撤项
10	模具分拣机	DFN生产线项目	新加坡	1	2020-03-25	2020-03-23
11	中束流离子注入机	IGBT模组生产线项目	美国	1	2020-02-20	2020-03-03
12	CDSEM量测机台	IGBT模组生产线项目	韩国	1	2020-03-25	2020-03-31
13	全自动晶圆切割机	IGBT模组生产线项目	日本	1	2020-03-04	2020-03-05
14	全自动减薄机	IGBT模组生产线项目	日本	1	2020-03-04	2020-03-05
15	等离子体多晶硅刻蚀机	IGBT模组生产线项目	瑞士	1	2020-02-27	2020-03-03
16	光罩存储装置	IGBT模组生产线项目	瑞士	1	2020-02-24	2020-03-02

- 上海先进用有大规模生产 IGBT的经验，自 2004年开始提供IGBT国内 外代工业务。
- 上海先进在为国外客户提供代工服务的同时，特别重视国内战略客户，积极融入高铁、新能源汽车、智能电网等产业。

图表·上海先进（积塔）
IGBT工艺发展与产品应用



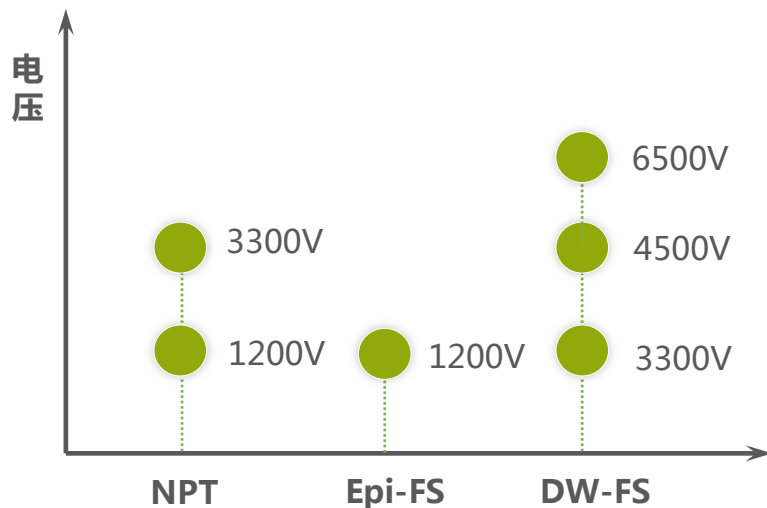
图表：上海先进（积塔）技术现状与发展路线

- 上海先进2008年率先在国内建立 IGBT背面工艺线，具备IGBT正面、背面、测试等完整的IGBT工艺能力。上海先进IGBT/FRD的电压范围覆盖 650V、1200V、1700V、3300V、4500V、6500V；技术能力包括PT、NPT、Field Stop，以及平面、沟槽IGBT等。

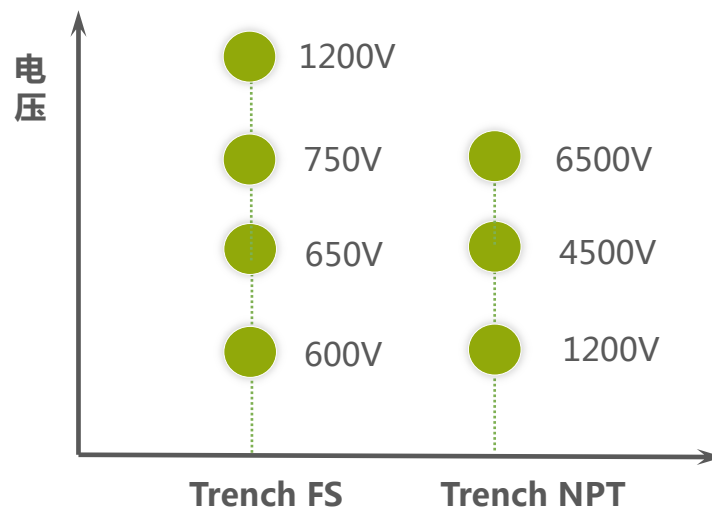
	Fab	Technology Category	Voltage Level	Available Technology	2018				2019				2020				2021				
					Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	
IGBT	6	Planar PT Planar NPT Planar PS	6500v	6500vPlanar DW_FS									6500vPlanar H_FS								
			4500v	4500vPlanar DW_FS									4500vPlanar H_FS								
			3300v	3300vPlanar NPT									3300vPlanar H_FS								
				3300vPlanar DW_FS																	
			1700v	1700vPlanar NPT																	
			1200v	1200vPlanar NPT					1200vPlanar DW_FS												
				1200vPlanar EPI_FS									1200vPlanar								
	450v						450vPlanar PT														
	8	Trench NPT Trench PS	1700v						1700vTrench H_FS												
			1200v	1200v Trench NPT					1200v Trench				1200V RC IGBT								
									1200vDual Side												
			650v						1200vSIC MOS				1200v Cu Process								
									650vTrench H_FS				650v Cu Process								
									650vDual Side Soldering												
450v								450vTrench PT													
Frd	6		1200v ~6500v	E-Irrad iation									Locallife time control (H-Irradiation)								
	Note		Production		Developing									Plan							

- 上海积塔半导体提供IGBT工艺分别有平面FS、沟槽FS、完整的正面工艺及背面工艺。IGBT是将MOSFET和Bipolar结合在一起的器件，MOSFET结构用来向双极晶体管提供基极驱动电流，双极晶体管调制MOSFET结构漂移区电导率。IGBT具有输入阻抗高、工作速度快、通态电压低、阻断电压高等优点。

图表：积塔半导体6英寸IGBT工艺

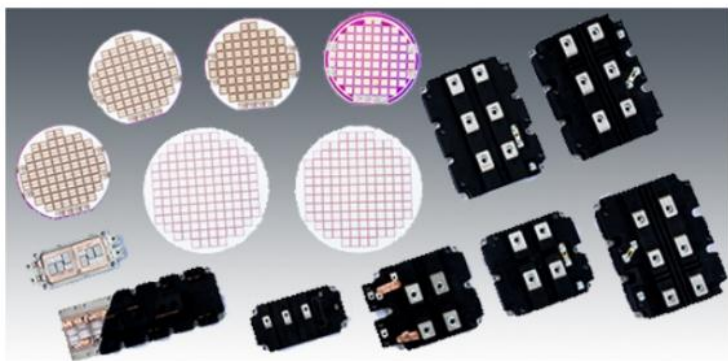


图表：积塔半导体8英寸IGBT工艺



公司简介

中车时代半导体有限公司为中车时代电气股份有限公司下属全资子公司，专业从事半导体产业经营。2008年战略并购英国丹尼克斯公司，通过十余年持续投入和平台提升，已成为国际少数同时掌握大功率晶闸管、IGCT、IGBT及SiC器件及其组件技术的IDM（集成设计制造）模式企业代表，拥有芯片—模块—装置—系统完整产业链，拥有国内首条、全球第二条 8英寸IGBT芯片线。



IGBT产品

主要产品

- 双极器件
- IGBT
- 绝缘栅双极晶体管（IGBT）
- 功率组件
- SiC
- 散热器和紧固件

- 2008年金融危机，中车时代电气的前身南车时代电气收购加拿大上市公司丹尼克斯 75%股权，并购后成为亚洲最大的大功率半导体制造基地。
- 总部位于英国的丹尼克斯当时为全球排名第六的大功率半导体企业，拥有IGBT的核心技术，而该技术一直被外国公司所垄断。2019年，中车全面收购丹尼克斯，至此丹尼克斯成为中车全资子公司。

应用业绩

轨道交通领域



3300V IGBT 自2010年起成功批量应用于我国7200kW、9600kW干线货运机车与160km客运机车等车型

输配电领域



为国内外 22 个直流输电工程提供晶闸管产品

高端工业装备



全球SVC装置用晶闸管的主要供应商，累计为客户提供6500V等系列高压晶闸管产品

新能源汽车



1200V IGBT批量应用于新能源汽车领域

新能源



为1.5MW、2MW、2.5MW风机批量提供IGBT功率组件

公司简介

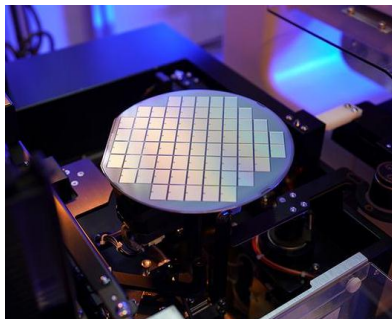
比亚迪半导体有限公司，2020年比亚迪半导体完成内部重组，将以增资扩股等方式19亿元引入战略投资者，并计划独立上市。但引入战略投资者后，比亚迪半导体仍为比亚迪（002594）控股子公司。自其2009年自主研发IGBT打破西方垄断以来，比亚迪半导体已然是目前国内车规级IGBT领导厂商。

比亚迪半导体独立上市

比亚迪IGBT主要为自用，这一情况将在比亚迪半导体独立后有所改变。受特斯拉国产和新能源车补贴退坡影响，比亚迪新能源汽车销量在2019年同比下滑7.39%，谋求比亚迪半导体独立上市有望为公司发展开辟新赛道，并且有助于IGBT国产化。

主要产品

- 功率半导体
- IGBT功率模块
- 电源管理IC
- CMOS图像处理器
- 传感及控制IC
- 音视频处理IC等



IGBT产品晶圆

比亚迪股份有限公司

关于全资子公司重组并拟引入战略投资者的公告

本公司及董事会全体成员保证信息披露的内容真实、准确、完整，没有虚假记载、误导性陈述或重大遗漏。

一、概述

比亚迪股份有限公司（以下简称“公司”或“比亚迪”）近期通过下属子公司间的股权转让、业务划转完成了对全资子公司深圳比亚迪微电子有限公司（以下简称“比亚迪微电子”，现已更名为“比亚迪半导体有限公司”）的内部重组。通过内部重组，比亚迪微电子受让宁波比亚迪半导体有限公司100%股权和广东比亚迪节能科技有限公司100%股权，并收购惠州比亚迪实业有限公司智能光电、LED光源和LED应用相关业务。

领先地位——IGBT 4.0技术

- 整体功耗降低约20%
- 电流输出能力提升 15%
- 温度循环能力达到行业主流产品10倍以上

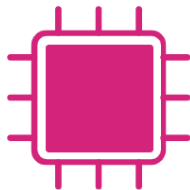
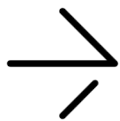
IGBT直接控制驱动系统、交流电的转换，并直接决定了车辆的扭矩和最大输出功率等，这些决定了整车加速性能。IGBT 4.0技术将延长整车电池温度循环寿命，应对极端气候与路况，从而提升车辆可靠性。



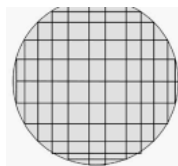
领先地位——国内唯一拥有IGBT全产业链车企



材料研发



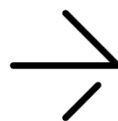
芯片设计



晶圆制造



模块设计与制造



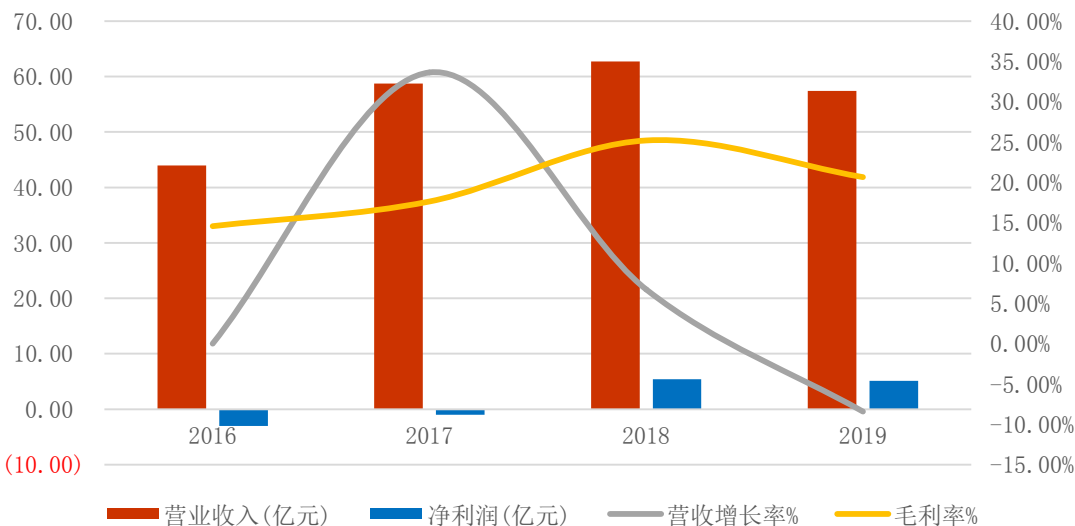
整车应用

产品简介

- MOSFET
- 特种二极管
- 双极型产品
- 大功率模块



2016-2019年华润微营收情况



■ 华润微电子股份有限公司前身为华科电子、中国华晶、上华科技等中国半导体企业，拥有芯片设计、晶圆制造、封装测试等全产业链一体化运营能力，专注于功率半导体和智能传感器。华润微是国内营收最大、技术能力最先进的 MOSFET 厂商，在国内 MOSFET 市场占有率仅次于英飞凌与安森美。2020年1月，华润微电子 IPO 获批。

■ 受全球半导体行业下行压力影响和年末大规模产线检修，华润微电子营收和净利润在2019年半年报中均呈下滑趋势。华润微研发投入不断加大，自2016年起，均占当期营业收入7%以上。本次上市募集资金，将主要用于技术与产品研发升级。

公司简介

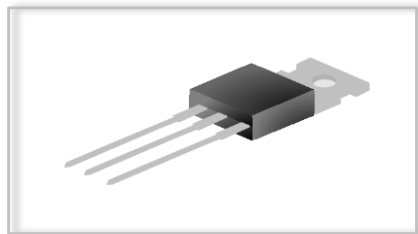
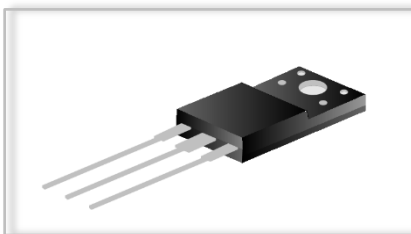
士兰微电子是一家专业从事集成电路及半导体微电子相关产品的设计、生产与销售的高新技术企业，也是目前国内最大的以 IDM 模式（设计与制造一体化）为主的综合型半导体产品公司。

2019年士兰微分立器件业务营收占总收入的50%以上，其中IGBT器件发展迅速，营收突破1亿元人民币，较去年同期增长40%以上。

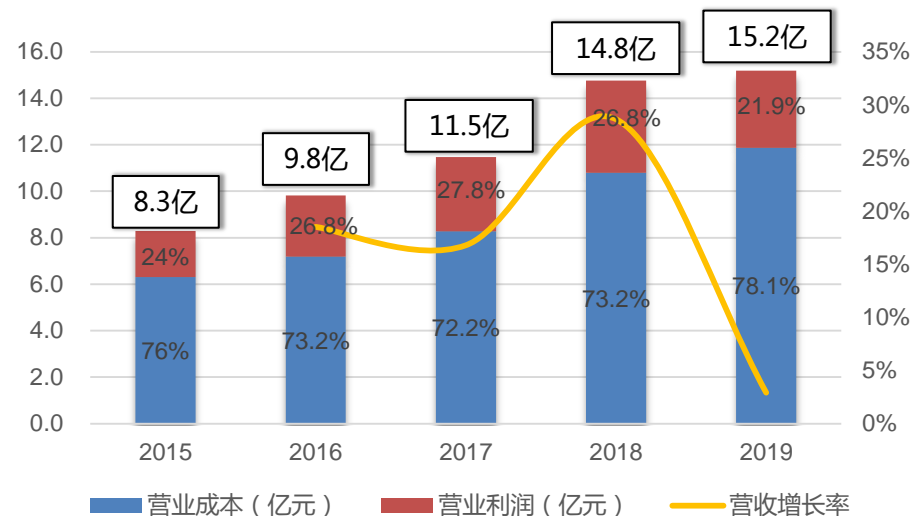
士兰集成作为士兰微电子专业从事硅集成电路和分立器件的子公司，目前已成为技术开发与芯片制造一体的半导体公司。

产品简介

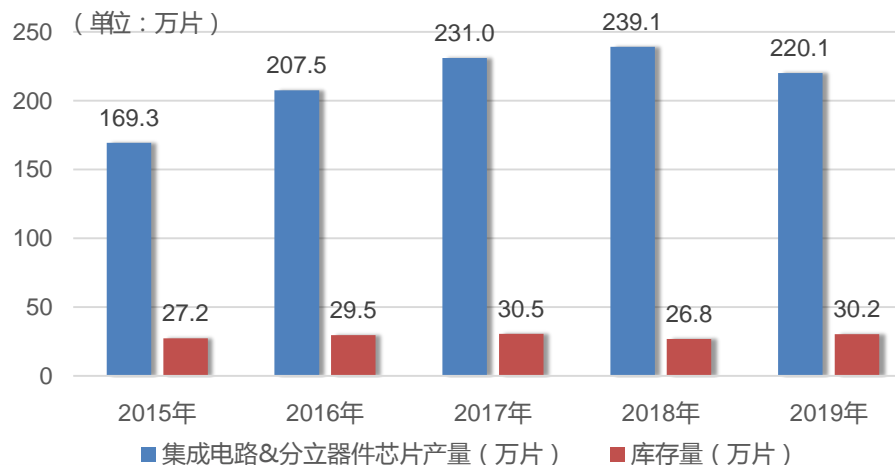
通过细分市场，士兰微打破国外公司对IGBT的长期垄断，处于国内领先水平。



图表：士兰微电子2015-2019年分立器件业务营业收入



图表：士兰集成2015-2019年产品产能及库存量情况



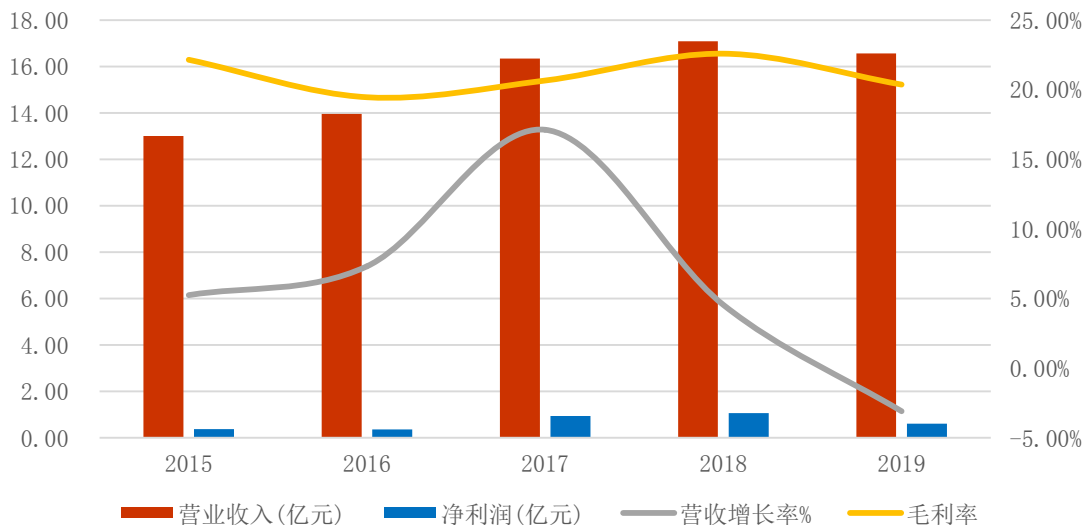
公司简介

吉林华微电子股份有限公司是集功率半导体器件设计研发、芯片加工、封装测试及产品营销为一体的国家级高新技术企业，在中国功率半导体器件行业连续十年排名第一。公司于2001年3月在上海证券交易所上市，股票代码600360，总股本963,971,304股，为国内功率半导体器件领域首家上市公司（主板A股）。

主要产品

双极型晶体管/BJT 肖特基二极管/SBD
 场效应晶体管/MOSFET
 快恢复二极管/FRED 可控硅/SCR
 放电管/SPD 绝缘栅双极型晶体管/IGBT
 LED照明驱动IC 智能功率模块/IPM
 硅整流二极管/SR 整流桥/BR
 瞬态电压抑制器/TVS

图表：2015-2019年华微电子营收情况



国产替代机遇

- 周期性缺货。由于库存的原因半导体行业有周期存在，在海外供应商无法供货的情况下，国内厂商就有供货的机会。
- 客制化服务。产品和应用端结合的客制化产品。国内本土企业提供从源头设计定制的器件，可以和客户联合研发，使得可以不选择昂贵并且功能冗余的国外产品。

- 国内GBT 产线过度扩张，导致产能过剩价格始终处于低位；
- 产品主要集中在中低压领域，整体产品附加值不高毛利率偏低；
- 高端产品始终被海外公司垄断，研发技术跟不上国际潮流，定价权被海外厂商主导；
- 半导体周期下滑，产品价格连续几个季度趋势性下跌。

分析师声明

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，保证报告所采用的数据和信息均来自公开合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，本报告清晰准确地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响。研究报告对所涉及的证券或发行人的评价是分析师本人通过财务分析预测、数量化方法、或行业比较分析所得出的结论，但使用以上信息和分析方法存在局限性。特此声明。

免责声明

本研究报告由方正证券制作及在中国（香港和澳门特别行政区、台湾省除外）发布。本研究报告仅供方正证券的客户使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。

在任何情况下，本报告的内容不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求，方正证券不对任何人因使用本报告所载任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者需自行承担风险。

本报告版权仅为方正证券所有，本公司对本报告保留一切法律权利。未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处且不得进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

公司投资评级的说明

强烈推荐：分析师预测未来半年公司股价有**20%**以上的涨幅；

推荐：分析师预测未来半年公司股价有**10%**以上的涨幅；

中性：分析师预测未来半年公司股价在**-10%**和**10%**之间波动；

减持：分析师预测未来半年公司股价有**10%**以上的跌幅。

行业投资评级的说明

推荐：分析师预测未来半年行业表现强于沪深**300**指数；

中性：分析师预测未来半年行业表现与沪深**300**指数持平；

减持：分析师预测未来半年行业表现弱于沪深**300**指数。

专注 专心 专业



方正证券研究所

北京市西城区展览路48号新联写字楼6层

上海市浦东新区新上海国际大厦33层

广东省深圳市福田区竹子林四路紫竹七路18号光大银行大厦31楼

湖南省长沙市天心区湘江中路二段36号华远国际中心37层

更多免费行业报告

并购家

www.ipoipo.cn