

通信行业深度报告
5G+工业制造系列报告之一

工业信息化智能化快速渗透，关键零部件 及工业IC国产替代机遇

行业投资评级：推荐

通信行业首席分析师：宋辉

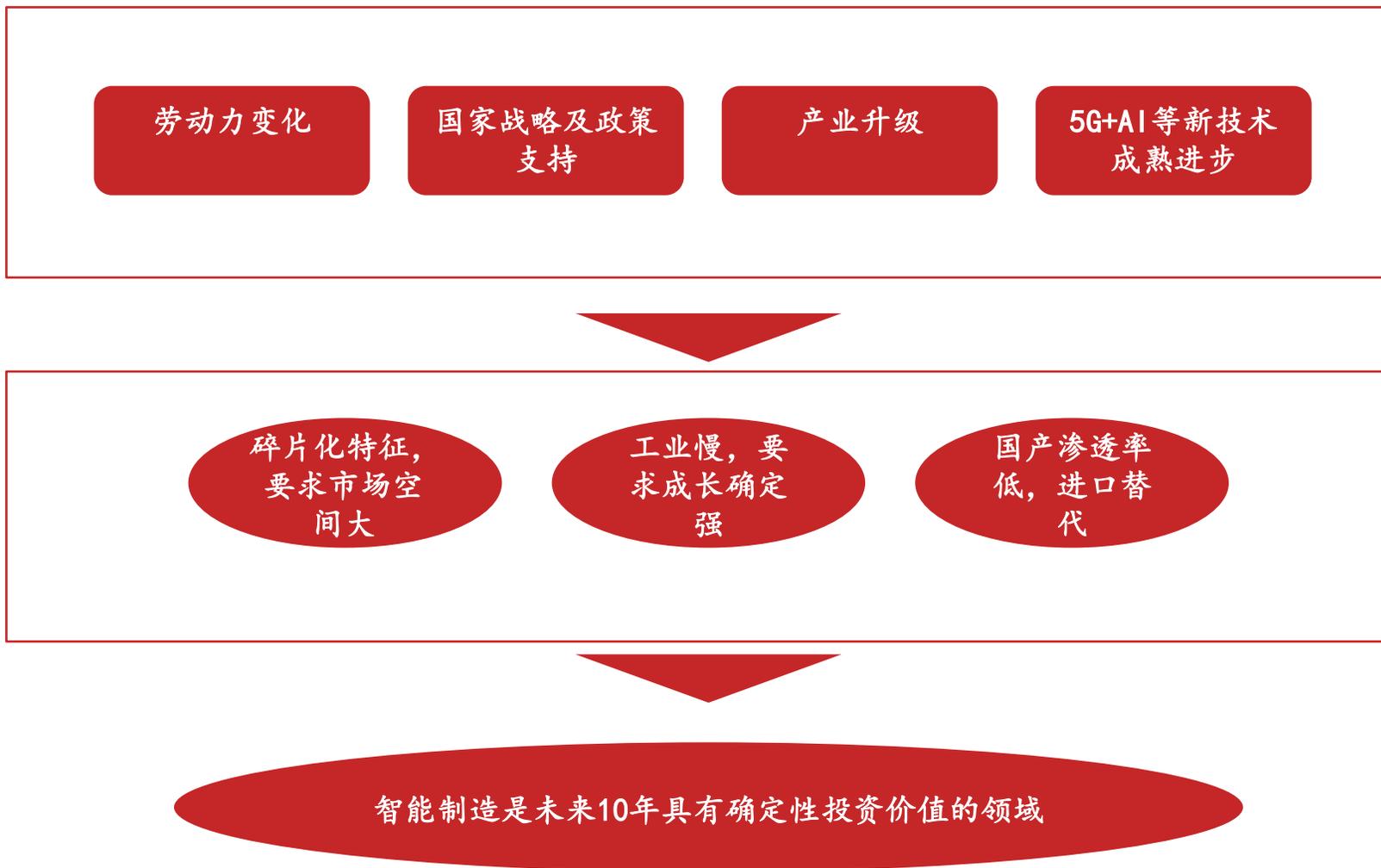
SAC NO: S1120519080003

分析师：柳珏廷

SAC NO: S1120520040002

2022年08月05日

请仔细阅读在本报告尾部的重要法律声明



报告主要观点

- **5G+工业制造给制造业带来安全、降成本、提升效率等诸多好处，我们整理目前5G工业领域的不同应用，总结归纳出5G+工业的主要应用场景，包括：远程设备操控、设备协同作业、柔性生产制造、机器视觉、设备故障诊断、智能物流、无人智能巡检、生产智能监测等。**
- 我们针对不同场景的需求共性进行分析归纳，重点关注通用性技术领域在5G+工业制造的应用渗透率，相关重点通用技术包括：智能监控、工业机器视觉、工业机器人&AGV、数据采集（工业传感）等，在目前供应链安全较为突出的背景下，我们深度拆解了重点通用技术产业链上游，并对相关技术趋势做出了预判。
- **智能监控领域：**国内视频监控市场全球占比较高，产业技术创新和应用场景创新发展领先，在庞大的市场基础上国内产业链相对比较完备，没有明显短板。在华为海思被制裁后，相关公司富瀚微、北京君正、星宸科技、瑞芯微、国科微等可以完成“替补”。AI技术与视频监控结合具有天然的优势，AI技术有望成为视频监控行业未来增量空间的主要来源，IPC AI SoC与NVR AI SoC、边缘AI等产业链受益。
- **工业机器视觉领域：**定制化程度较高，需要针对不同场景进行匹配产品，如何做到通用化是产业发展的重点。软件是主要壁垒，底层算法库是核心，需要较长时间的市场积累，国内软件算法库层面较为薄弱。应用层面要掌握不同应用环境的Know-How，做出适应性的产品。
- 在底层开发商层面还是国际企业占主导地位，国内公司更多是在附加值更低的二次开发层面布局(形式包括系统集成以及组装生产自动化专机)，并在此基础上逐渐向上游核心环节进行尝试。国内凌云光、奥普特等上市公司通过各自优势在机器视觉市场不断完善布局。
- 产业发展趋势看，嵌入式、3D机器视觉是未来发展趋势，产业链尚处于早期阶段，国内相关初创公司较多，除了上游核心元器件外（VCSEL激光器芯片、SPAD探测器、SiPM探测器等），下游高速增长的应用市场是投资的关键。

报告主要观点

- **工业机器人&AGV领域：**工业机器人&AGV主要的成本集中于减速器、伺服系统、控制器等核心零部件上，且核心零部件供应商主要为国外厂商，国产替代空间巨大。相关上市公司包括汇川技术（伺服系统）、雷赛智能（控制器）、绿的谐波（减速器）、埃斯顿（本体）等。
- 机器人控制领域PLC&伺服系统等，内部采用的重要元器件基本都是国际知名的半导体商的器件，涵盖TI、ADI、ST、欧姆龙、瑞萨、安森美、Microchip、MAXIM等等，而国产器件基本没有，工业领域国产芯片崛起的道路依旧任重道远。
- **按照系统中芯片面积看MCU、FPGA、DSP、存储（NOR Flash /SRAM）、通信接口芯片等芯片占比较大，隔离器、触发器等芯片数量应用较多。上市公司国产工业存储包括聚辰股份、普冉股份，工业隔离器包络纳芯微等。**
- **数据采集领域：传感器&ADC两者相辅相成，传感器将物理信号转化成电信号，ADC将模拟信号转化成数字信号，两者产业发展规律也很相似，市场相对细分，设计与工业紧耦合，研发周期较长。**
- 中国MEMS企业以无晶圆厂（fabless）模式居多，国内的赛微电子、中芯国际、华虹宏力、上海先进半导体有生产MEMS的能力。但相比国外，MEMS制造能力相对薄弱。国内MEMS工业传感器厂商上市公司敏芯股份等，相关初创公司包括：奥松、西人马等。
- **国内无一家独大的ADC/DAC芯片企业：** ADC/DAC芯片开发周期最长，国内企业在ADC/DAC芯片领域起步晚，能够量产高精度、高速度ADC/DAC的企业屈指可数，产品线比较单一，市场影响力小。**国内上市公司例如上海贝岭、圣邦微、思瑞浦、芯海科技、航天电子等，相关初创公司奇智微、芯佰微等。**
- **工业以太网通信面向TSN演进：**工业以太网PHY芯片市场较其他产业链更为广阔，PHY 芯片技术门槛非常高，芯片设计时需要数模混合，既包含了高速 ADC/DAC、高精度 PLL 等模拟设计，也需要滤波算法和信号恢复的DSP设计能力，目前全球仅NXP、博通、Marvell、瑞昱、Microchip、TI六家供应商能够实现量产。国内初创公司上海景略、楠菲微电子。
- 另外工业以太网交换机国内整机竞争力较高，相关上市公司东土科技、映翰通、三旺通信等。

风险提示：工业场景智能化及信息化渗透率太慢，场景细分，市场规模受限，宏观经济下滑，企业信息化及智能化改造支出不足。

工业信息化、智能化领域投资策略总结

- 投资智能制造业是要投资为制造业转型升级改造及提供产品、工具或底层服务支撑的标的。
- **快速渗透、高增长逻辑：**制造业有其固有的发展规律和属性，新技术渗透及应用相对缓慢，要投资新的变化和高速增长的领域。流程制造业整体自动化水平较高，离散制造业整体自动化水平不高，具有很大提升空间，尤其是自动化需求高（当前高或者未来需求强）、高成长、高利润行业可以作为当下智能制造重点渗透领域（汽车制造、半导体电子、光伏、锂电、医药、烟草等）。

流程
制造

冶金、化工、水泥、电力、矿业、石油炼制、塑料等

离散
制造

机械制造、半导体电子制造、航空制造、汽车制造、烟草加工、医药

- **国产替代逻辑：**考虑到当前国际环境及供应链安全问题，关键核心领域的国产替代(本报告重点以关键芯片为切入点)也是投资重点。

总结：产业受益标的梳理

类别	细分领域	外企&台企	相关（拟）上市公司	本土初创公司
工业机器人&AGV小车核心零部件	本体	发那科、安川电机、瑞士的ABB、库卡、住友、史陶比尔、川崎	埃斯顿、新松机器人、汇川技术、新时达、拓斯达、埃夫特、华中数控	广东启帆、广州数控、库柏特、若贝特
	减速器	哈默那科、纳博特斯克、住友、帝人	绿的谐波、南通振康（RV）、埃斯顿、中大力德、双环传动（RV）、秦川机床、中技克美	来福谐波、北京谐波传动、宏远皓轩、大族精密、恒丰泰、力克精密
	伺服系统	小型功率和中型功率：安川、三菱、三洋、欧姆龙、松下；大型伺服：西门子、博世、力士乐、施耐德等	国产品牌主要包括汇川技术、台达、埃斯顿等公司，主要为中小型伺服。	汇川、台达、埃斯顿、信捷、步科、森创
	编码器	海德汉、RENISHAW、SICK、AVAGO、多摩川、尼康、KOYO、Sankyo、Nidec等		安必轩微电子（光电）、禹衡光学、大连榕树、Reagle（锐鹰）、精浦机电
	控制系统	库卡、ABB、安川、发那科、爱普生、史陶比尔、OTC、川崎重工	专业系统生产：固高科技、英威腾、研华科技（台股）、雷赛智能、埃夫特；机器人公司：埃斯顿、华中数控、汇川技术、机器人、广州数控（弘亚数控）	卡诺普、众为兴、新时代
工业控制	PLC	西门子、霍尼韦尔、施耐德、ABB、三菱电机、罗克韦尔自动化等	台达（台股）、和利时（中概）、中控技术、安控科技、信捷电气	至控科技、南大傲拓、黄石科威、上海正航电子
工业机器视觉	关键零部件及整机	基恩士、康耐视、巴斯勒	海康机器人、华睿科技、创科视觉、精浦科技	奥普特、凌云光、天准科技、矩子科技、大恒图像
	3D工业相机	基恩士、康耐视、巴斯勒、LUCID Vision Labs	奥比中光	安思疆、华捷艾米、银牛微电子、瑞识智能、深识智能、盛相科技、图漾科技等

总结：产业受益标的梳理

类别	细分领域	外企&台企	相关(拟)上市公司	本土初创公司
工业通讯	工业以太网交换机	赫斯曼、罗杰康、HMS、摩莎、研华、思科	东土科技、映翰通、三旺通信	
	以太网交换芯片	Broadcom、Marvell、Realtek、英飞凌、Fulcum等	盛科通信	新华三半导体、楠菲微电子、云合智网
	PHY芯片	NXP、博通、Marvell、瑞昱、Microchip、TI		上海景略、楠菲微电子、裕太微、鑫瑞技术、睿普康、物芯科技
	5G模组		移远通信、广和通、有方科技等	上海合宙
工业IC	传感器 (MEMS为主)	TI、ST、MAXIM, Sensirion、ADI、霍尼韦尔、博西铁、西门子、楼氏电子等	赛微电子、敏芯微等	奥松电子、西人马
	光电传感	索尼、三星	韦尔股份(豪威)、思特威、格科微	宇称电子、与光科技、芯河光电、锐思智芯等
	DSP	TI、ADI、恩智浦(NXP)等		中科昊芯、本原微、毅梁微、卢米微、无锡芯领域、湖南进芯、38所、14所等
	ADC	TI、ADI	上海贝岭、芯海科技、圣邦微、思瑞浦、臻镭科技、航天电子	奇智微、芯佰微、灵矽微、吉芯科技、苏州迅芯等
	隔离器	数字隔离器: ADI、Silicon Labs、TI、英特锡尔、美信、恩智浦、意法半导体、罗姆公司	纳芯微、思瑞浦、上海贝岭	上海荣湃、上海川土微电子
	MCU	瑞萨电子、NXP、得捷电子、微芯科技、ST、TI、赛普拉斯等	中颖电子、兆易创新	航顺电子、极海半导体、灵动微电子、小华半导体(CEC旗下)、旋智科技、峰昭科技、万高科技、芯旺微
	存储	NOR Flash: Windbond、Macronix、Microchip; SRAM: 赛普拉斯、镁光; EPROM: ST、ON	NOR Flash: 兆易创新; SRAM: 聚辰半导体; EPROM: 聚辰半导体、普冉股份	联和存储科技
	模拟IC/数模混合	加密芯片: ST、Microchip (Atmel)、ON、ABLIC; 时钟芯片: 瑞萨、Maxim	加密芯片: 聚辰半导体;	时钟芯片: 兴威帆电子、芯佰微、大普通信、广州微龛; 加密芯片: 兆芯、极海半导体
边缘算力	边缘AI芯片	英伟达、安霸、Imagination、Movidius	瑞芯微、北京君正	燧原科技、华为海思、地平线、海康威视、富瀚微、云天励飞、深鉴科技、中星微、西井科技、熠知电子、眼擎科技、深思创新、黑芝麻、鲲云科技、智芯科



— 宏观要素促进工业化转向智能化

“泛连接” 通信技术加速第四次工业革命时代到来

第一次工业革命

蒸汽时代



蒸汽机广泛应用

第二次工业革命

电气时代



电力和内燃机广泛应用

第三次工业革命

信息时代



计算机的广泛应用

第四次工业革命

万物互联时代&AI&云计算



计算机的广泛应用

第四次工业革命：
人工智能、物联网、大数据、移动通讯、机器人等多学科技术，将人类、事物、空间全部连接起来。

基础理论

牛顿力学

法拉第电磁学

爱因斯坦相对论

?

通信技术

信件

电报&电话

通信革命是工业革命的“暗线”

光通信&互联网

泛在网络

18世纪60年代

19世纪70年代

20世纪40-50年代

工业+信息化成为中国制造业转型的关键，政策支持从概念到规模落地

- **工业+信息化成为中国制造业转型的关键，政策落地愈发明确：**工业互联网与5G技术的融合创新发展，对于我国制造业从单点、局部的信息技术应用向数字化、网络化和智能化的转变，将起到巨大的推动作用。
- 政府政策从概念阶段到顶层设计阶段再到明确规模落地阶段，信息化+工业化的产业发展趋势逐渐清晰。

表1：工业互联网相关政策文件

时间	主导部门	政策文件	涉及5G+工业内容
2017年11月27日	国务院	《国务院关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》	要求协同推进5G在工业企业的应用部署，到2025年，面向工业互联网接入的5G网络等基本实现普遍覆盖，在智能联网产品应用方面融合5G等技术，满足典型需求。
2018年6月7日	工信部	《工业互联网发展行动计划（2018-2020年）》	重点任务包括升级建设工业互联网企业外网络，建设一批基于5G等新技术的测试床。
2018年12月19日	中央经济工作会议	中央经济工作会议	加大制造业技术改造和设备更新，加快5G商用步伐，加强人工智能、工业互联网、物联网等新型基础设施建设。
2018年12月29日	工信部	工业互联网网络建设及推广指南	支持企业与研究机构等针对5G联合建设网络技术测试床；将研究制定工业互联网频率使用指南，做好工业互联网专用频率的干扰保护。
2019年6月20日	工信部	《工业互联网专项工作组2019年工作计划》	进一步加快5G工业互联网频率使用规划研究，提出5G系统部分毫米波频段频率使用规划，研究制定工业互联网频率使用指导意见。
2021-02-18日	工信部	工业互联网创新发展行动计划（2021-2023年）	持续实施“5G+工业互联网”512工程，推动应用领域从工业外围环节向生产制造核心环节拓展；推动应用重心从单点孵化向5G全连接工厂拓展；加强5G工业模组研发、5G工业互联网专用频率研究、5G专网建设方案落地，推动IT与OT网络深度融合，在10个重点行业打造30个5G全连接工厂

人口老龄化+用工成本激增，工业制造无人化、智能化是大势所趋

- 人口老龄化，企业招工“难”**：据国家统计局数据显示，中国15-64岁劳动年龄人口比重自2011年开始下降，15-64岁人口绝对数量也自2014年进入下降阶段，2018年15-64岁人口较2013年峰值累计减少约1200万人。这种人口转变趋势在劳动力市场上反映为劳动力短缺、企业招工难。
- 劳动力成本上升，企业招工“贵”**：2018年中国国内制造业(规模以上单位)就业人员年平均工资为6.5万元，2013~2018年复合增长率为8.5%，制造业企业用工成本处于快速提升阶段。劳动力成本上升直接影响了制造业企业的健康发展和利润水平，自动化程度较低的劳动密集型生产企业人力成本日益增加，以自动化设备代替人工的需求迫切。

图1：中国人口65岁以上老年人口及预测

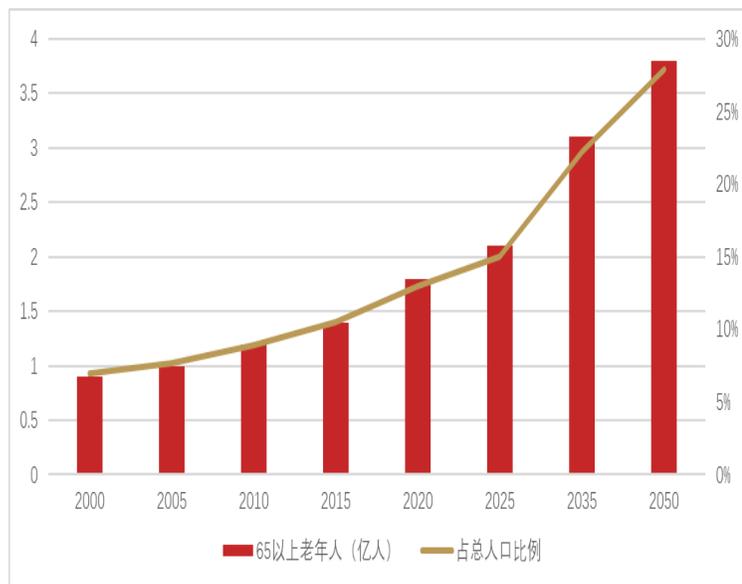


图2：制造业平均工资（元/年）

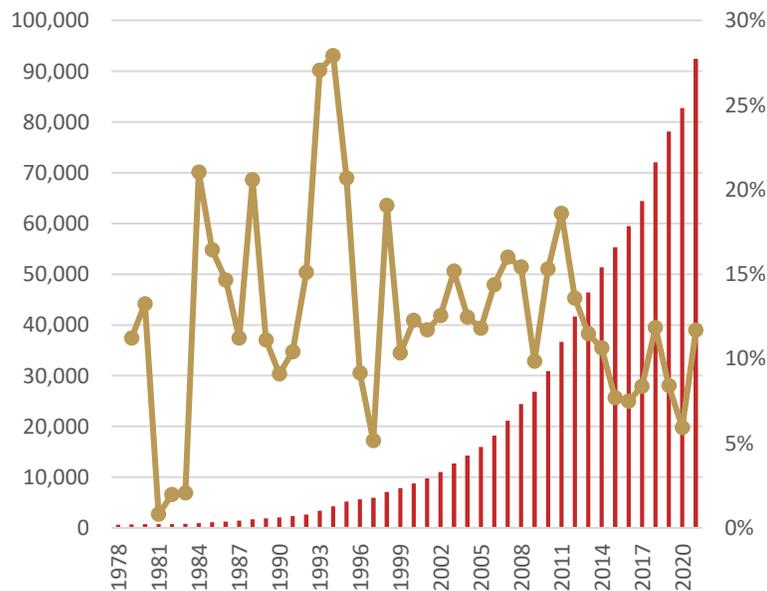


图3：工业机器人应用场景



制造业企业科技&投入持续加大

- 研究与试验发展 (R&D) 经费投入再创新高，投入强度继续提高：**2020年我国R&D经费投入总量突破2.4万亿元，同比增长10.2%，延续了“十三五”以来两位数以上增长态势。由于R&D经费增速比现价GDP增速快7.2个百分点，R&D经费投入强度（与GDP之比）达到2.40%，比上年提高0.16个百分点，提升幅度创近11年来新高。
- 中美贸易催化，我国工业技术改造投资连续增长：**2019年，全国工业技术改造投资共计3350亿元，同比增长9.8%，自2017年开始连续三年正增长。智能化、信息化在生产环境中的应用属于企业的技术改造投资行为，对于盈利能力越强的企业，越有动力进行前沿技术的探索。

图4：规模以上工业企业技术经费支出（单位：亿元）

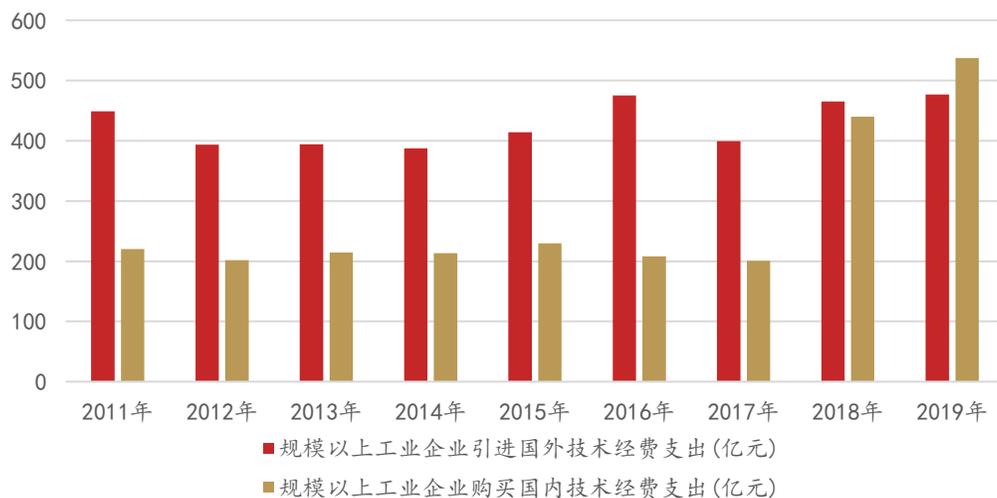
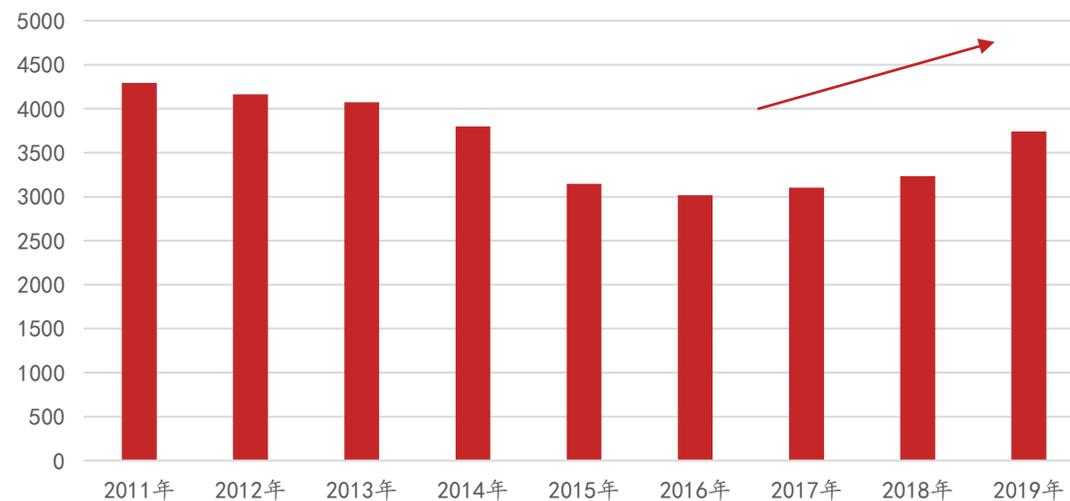


图5：规模以上工业企业技术改造经费支出(单位：亿元)





二 工业信息化是智能化前置

“数据要素”加持，算力不断发展，未来机器越来越“智慧”

- **自动化、信息化积累大量生产制造过程数据：**在自动化系统中包含许多完成信息获取、转换、显示、传送处理等功能的设备，如：传感器、变送器、放大器、仪表等等。
- **计算算力不断发展，在“数据要素”加持下，未来机器越来越“智慧”：**计算机技术问世以来，计算、存储、网络技术不断发展，生产生活中可以标准化的环节逐步被机器所取代，人类也逐步从重复性的劳动中解放出来，随着物联网、移动互联网、大数据、云计算的飞速发展，机器变得越来越“聪明”。

图7 工业自动化到智能化的路径

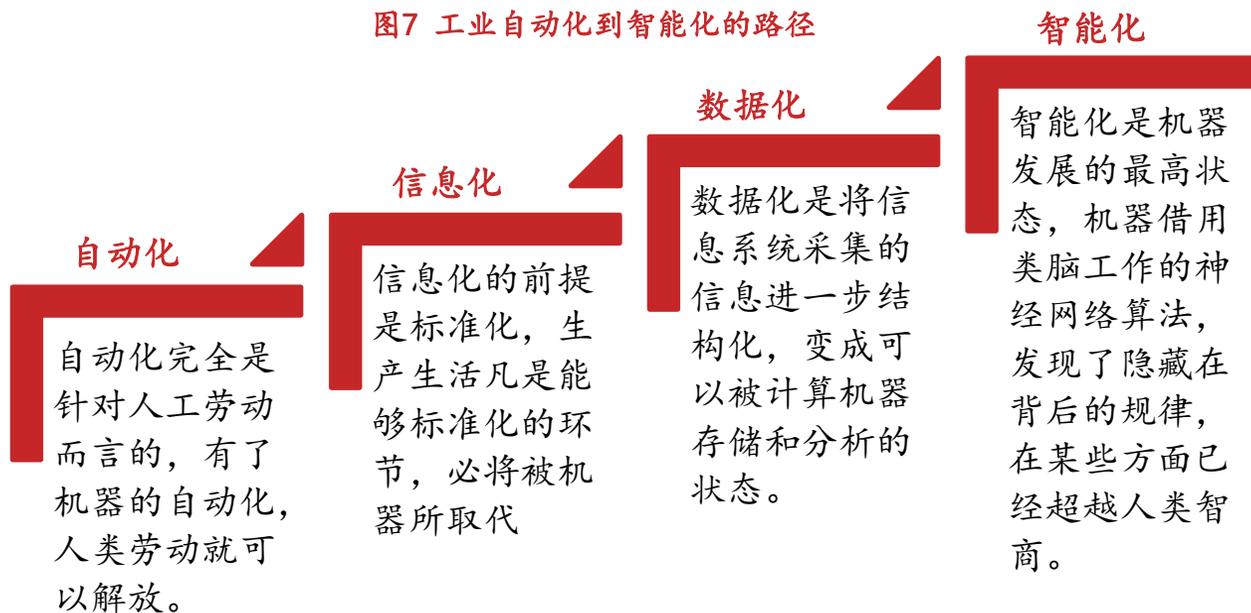
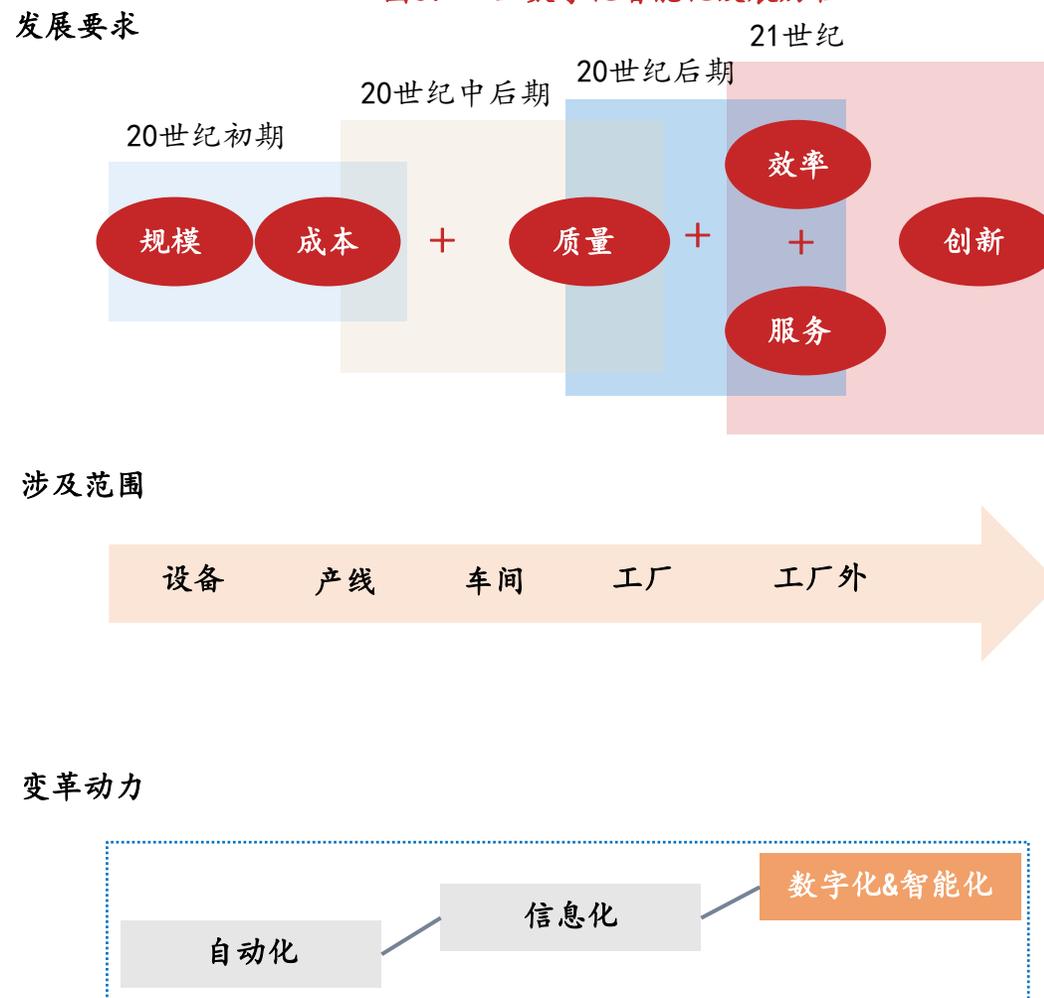


图6：工业数字化智能化发展历程



资料来源：中国信息通信研究院，华西证券研究所整理

装备智能化是突破口，生产智能化是终极目标

- 装备智能化是实现智能制造的突破口

- 生产智能化是实现智能制造的终极目标；工艺是生产制造业的核心技术，也是制造企业的看家本领和商业机密。

装备智能化

感知、分析、推理、决策、控制

图8：智能化装备实例



机器人



数控机床



自动化产线



工业机器视觉

工艺智能化

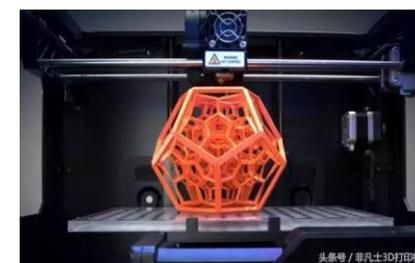
参数优化→反馈补偿→智能迭代→工艺仿真

工艺装备←复合工业←方案比较←数值模拟

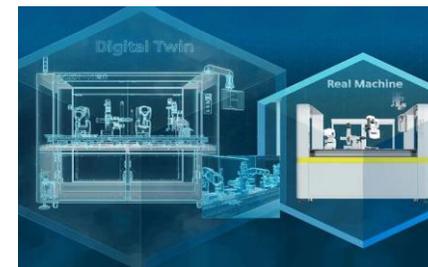
图9：工艺智能化实例



精密加工制造



3D打印



数字孪生



智能维护

工业互联网打通整合数据要素，构建工业变革底座

- 由于工业行业的复杂性和多样性，单一的技术平台无法满足大量复杂的业务生产需求，大量的工业企业仍存在多个内部系统并存，且无法互通的问题。
- 在数字化工厂，智能制造的转移，工业IoT以及和5G相结合的情况下，数据的变化主要在：1) 数据的整合；2) 数据的可视；2) 数据的预测。

图10：工业互联网打通整合数据要素



资料来源：中国电信，华西证券研究所整理



三 工业场景需要5G吗?

工业网络连接标准&技术现状：七国八制，“烟囱式”的格局

- 不同范围不同层级的网络业务各异，对网络性能的需求也各不相同。现场级和车间级的通信对可靠性和时延要求极高。
- 但当前数十种工业现场总线及工业以太网协议用于现场级的传感器、执行器与工业控制器之间的通信，形成了七国八制“烟囱式”的格局，极大的阻碍了工业数据的互联互通。

表2 工业网络标准

	总线类型	标准成立时间	主要厂商	标准名称
工业现场总线技术	FF 总线	1994年	ISP 与 WorldFIP 协议合并形成	符合 IEC 1158-2 标准
	CAN 总线	1993年	BOSCH	国际标准 ISO 11898;
	PROFIBUS 总线	1996年	西门子	国际标准 IEC 61158/IEC 61784
	Modbus 总线	1979年	施耐德	工业领域通信协议的事实标准
	CC-Link 总线	1996年	三菱电机	CC-Link被中国国家标准委员会批准为中国国家标准指导性技术文件
	INTERBUS总线	2000年	Phoenix Contact (德国)	国际标准 IEC 61158之一
工业以太网	DeviceNet	1994年	Allen-Bradley (由美国)	
	Modbus TCP/IP	1999年	Modicon	
	ProfiNet	2001年	德国西门子	IEC 61158 及 IEC 61784标准中的一部分
	Ethernet/IP	2000年	洛克威尔	由 ODVA 和 Control Net International 两大工业组织推动
	Powerlink	2001年	贝加莱	已被列入 IEC 61158 标准
	EtherCAT	2004年	德国 Beckhoff	属于 IEC 规范 (IEC/PAS 62407)
工业无线技术	CC-Link IE	2000年	三菱电机	
	ISA100.11a	2014 年 09月	IEC 62734 标准	第一个开放的、面向多种工业应用的标准族。适用范围包括传感器、执行器、无线手持设备等现场自动化设备
	WIA-PA 和 WIA-FA		中国政府	提供一种自组织、自治愈的智能 Mesh 网络路由机制，能够针对应用条件和环境的动态变化，保持网络性能的高可靠性和强稳定性
	WirelessHART	2007 年 9 月	HART 通讯基金	第一个专门为过程工业而设计的开放的可互操作的无线通讯标准
	802.11 b/g/开发工业 WLAN (iWLAN) & IEEE 802.11ax		西门子	为了提升 WLAN 在现场应用的可靠性，WLAN 的可靠性和实时性能，以提高对时间敏感的工业自动化应用的支持
	IEEE P802.11be	2019 年 5 月	IEEE	旨在解决新的 PHY 和 MAC 修正案的设计问题，期望满足小于 1ms 时延的工业应用
5G 3GPP R16 标准	2020 年 7 月冻结	3GPP	R16 在非授权频谱组网、网络切片、定位信息、功率、汽车通讯、增强超可靠低延迟通信、专用网络、综合接入回程和物联网服务等领域全面升级。	

工业网络连接特性：标准碎片化，不能一种标准包打天下

- 工厂内网呈现“两层三级”的结构，即“工厂 IT 网络”和“工厂 OT 网络”两层技术异构的网络和“现场级”、“车间级”、“工厂级/企业级”三个级别的网络。
- 不同业务属性、不同场景对于工业网络特性的需求不同，标准统一较难。

图11：工业网络连接

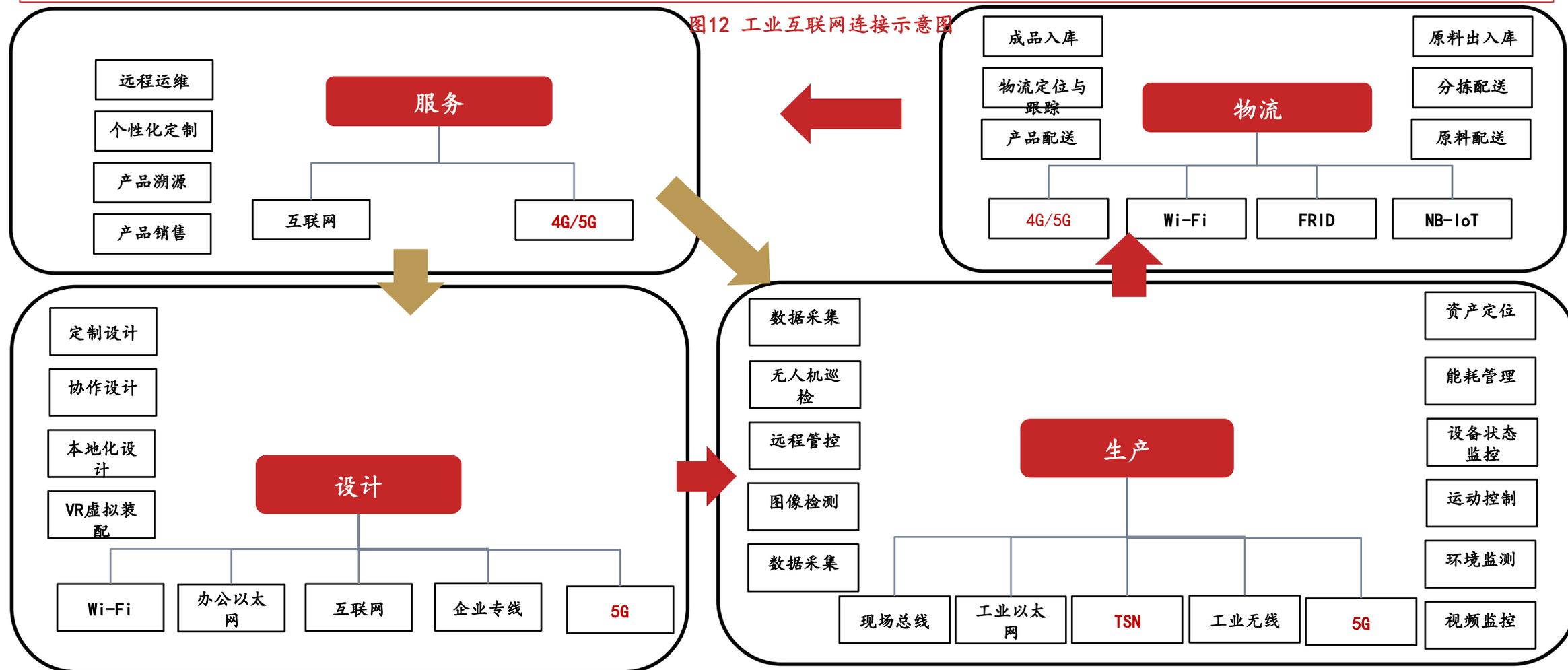


表3 不同业务对工业互联网要求

业务分类	应用场景	业务	业务需求
产线控制业务	工业RT业务（实时通信，适合周期性数据交换的场合）	产线级 I/O 控制（阀岛/变频器/机器人控制器等）	数据报文周期：包括2ms, 4ms, 8ms, 16ms等周期 丢包要求：不能连续3次业务丢包 数据包大小：64Byte至1500Byte
		机器人内部 I/O 控制（焊枪、抓手等） 产线 PLC 之间控制	
	工业IRT类业务等时间同步通信，对于时间要求严格同步的通信	运动控制	数据报文周期：包括0.5ms, 1ms, 2ms, 等周期 丢包要求：不能连续 2 次业务丢包 数据包大小：一般不大于 50Byte
采集类业务场景	工业RT/NRT 类业务	环境传感、数据采集	发包周期：100ms-10s 上行速率：<100kbps 数据包大小 < 1500B
	视频检测与采集	上行速率： 1080P：>10Mbps 4K：>40Mbps	
连接类业务	工业RT/NRT类业务	AGV 导航	发包周期：40-500ms 容量 < 100 设备 @ 10000 平数据包大小 < 1500B移动速度<50km/h
	工业NRT类业务	设备程序下载	容量 < 5 @ 100 平数据包大小 ~100MB
	工业RT/NRT类业务	远程诊断维修	容量 < 5 @100 平数据包大小 <1500B带宽>100Mbps

5G+TSN网络可以很好满足网内网外连接需求

- 与4G相比，5G提供了更好的可靠性和传输延迟，新的5G系统架构能够灵活地部署，可以实现不受电缆安装限制。
- TSN 能够符合新型工业生产网络“确定时延、不被中断、可靠传输”的要求。
- 将5G和TSN集成能够提供最优的解决方案，满足工业控制中点对点的控制所需的无缝连接和高稳定性。



- 作为移动通信的5G，拥有极短的网络延时，能够与TSN共存并解决工业生产的主要需求，充分发挥5G的灵活性和TSN的极低延迟性。例如，有效减少电缆铺设、移动设备广泛应用等。
- 将传感器、执行器等工业设备以无线方式连接到TSN网络，5G是非常合适的解决方案。

图13：传统工业网络与5G工业专网对比

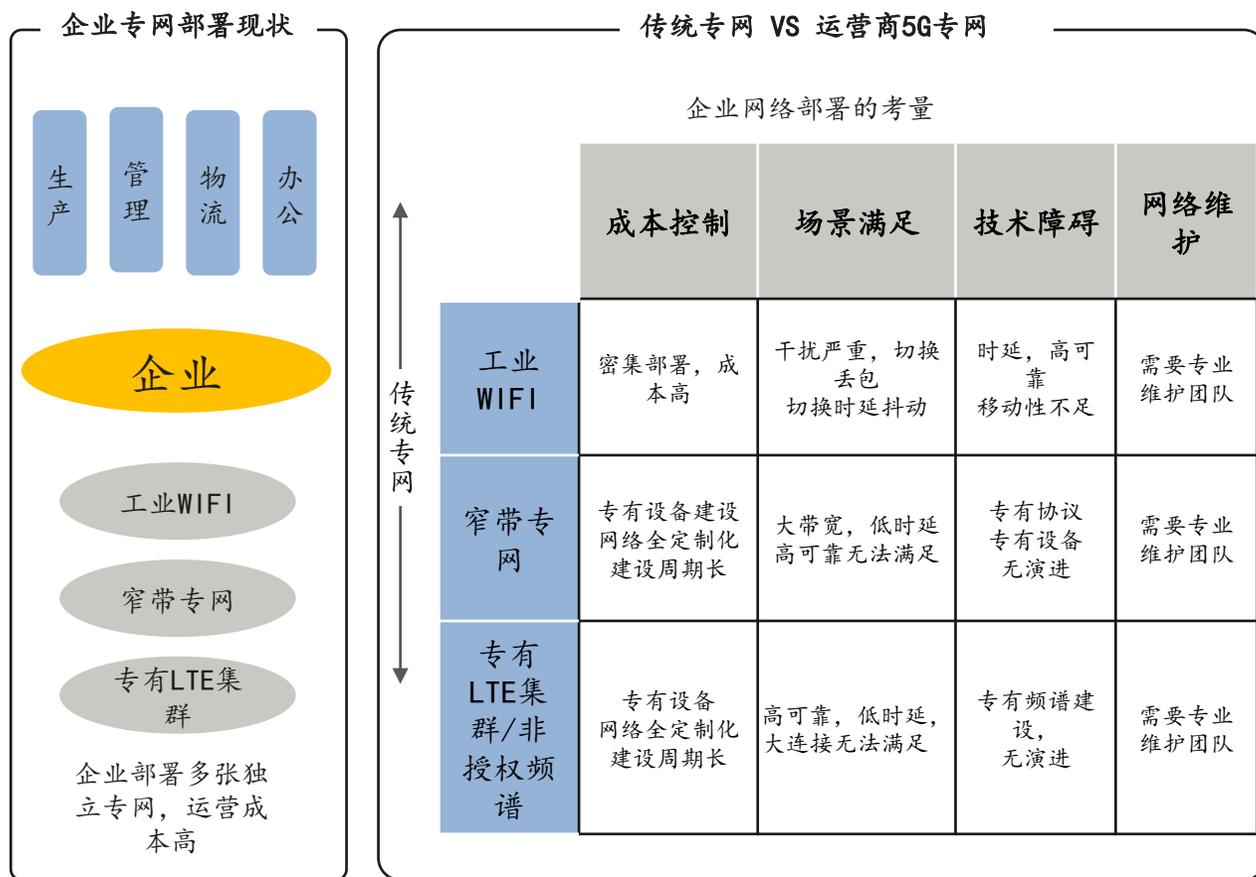
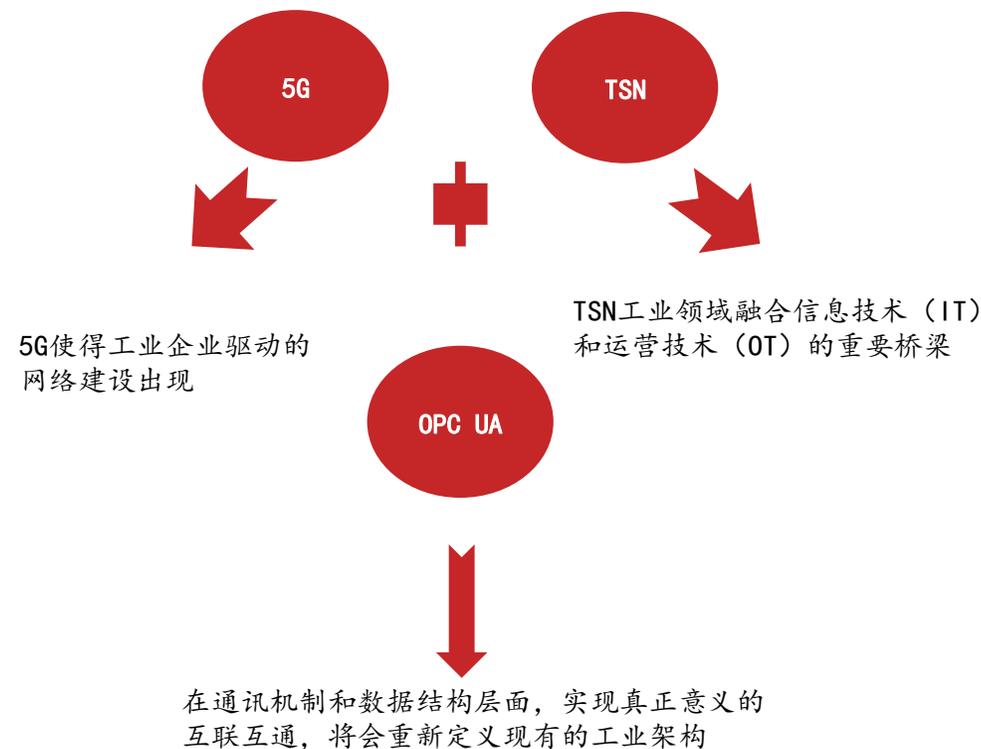


图14：5G+TSN网络构成智能工厂网络的未来



5G + 智能制造产业生态逐渐形成

- 5G+智能制造链接工业全系统、全产业链、全价值链，促进工业化和信息化融合，带动工业全流程、全环节竞争力的整体提升，实现工业数字化转型到全面互联化阶段，再到自主智能阶段的不断跨越的解决方案。
- 2021年工信部公布了“5G+工业互联网”第一批十个创新发展的通用型典型场景：协同研发设计、远程设备操控、设备协同作业、柔性生产制造、现场辅助装配、机器视觉质检、设备故障诊断、厂区智能物流、无人智能巡检、生产智能监测。
- 据工信部发布的最新数据显示，截至目前，全国“5G+工业互联网”项目超过1500个，覆盖22个国民经济重要行业，形成了众多成熟模式。

图15： 5G+行业不用应用场景数量（单位：个）

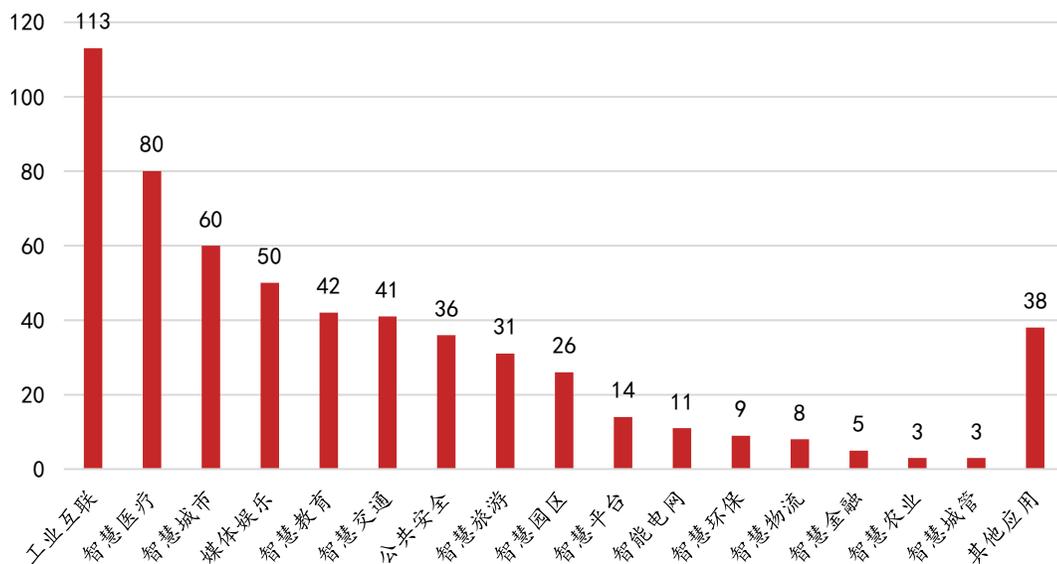
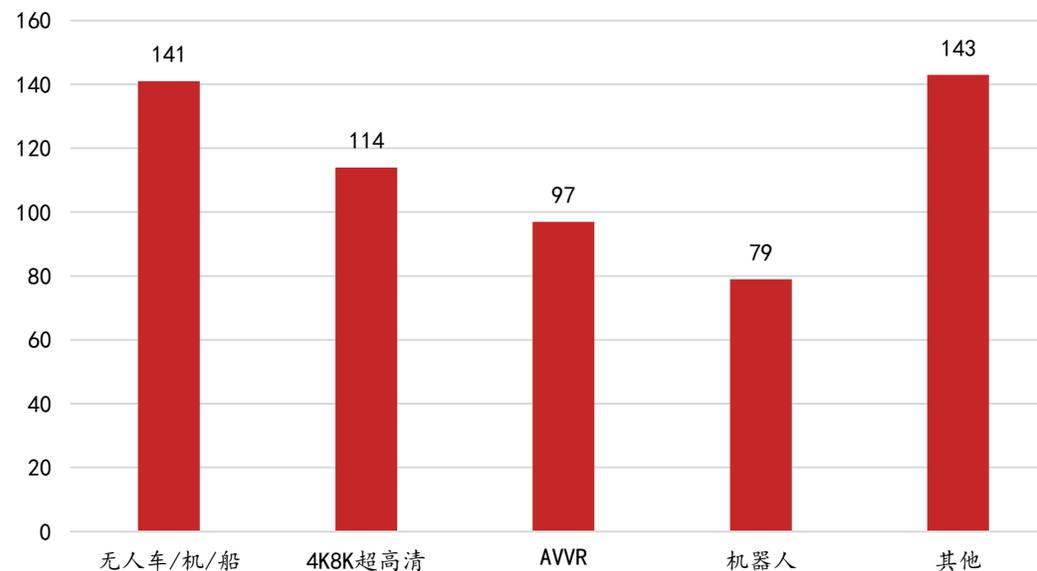


图16： 5G+工业智能制造关键应用数量（单位：个）





四 5G+工业制造典型案例

5G+工业制造：安全、降成本、增效

- **5G+工业制造给制造业带来安全、降成本、提升效率等诸多好处：**减少高危行业劳动强度,降低安全事故概率；无线化降低有线网络部署成本、柔性化降低产线调整成本；预测性防护,提高生产效率；智能操作降低人员成本,协同研发生产效益价值；潜在价值：降低重复建设,降低新建系统投资成本。
- **应用主要场景：**远程设备操控、设备协同作业、柔性生产制造、现场辅助装配、机器视觉质检、设备故障诊断、厂区智能物流、无人智能巡检、生产智能监测。
- **应用主要行业：**矿山、港口&码头、冶炼及化工、电力、仓储物流、电子设备生产、装备制造

图17： 5G+工业主要应用场景

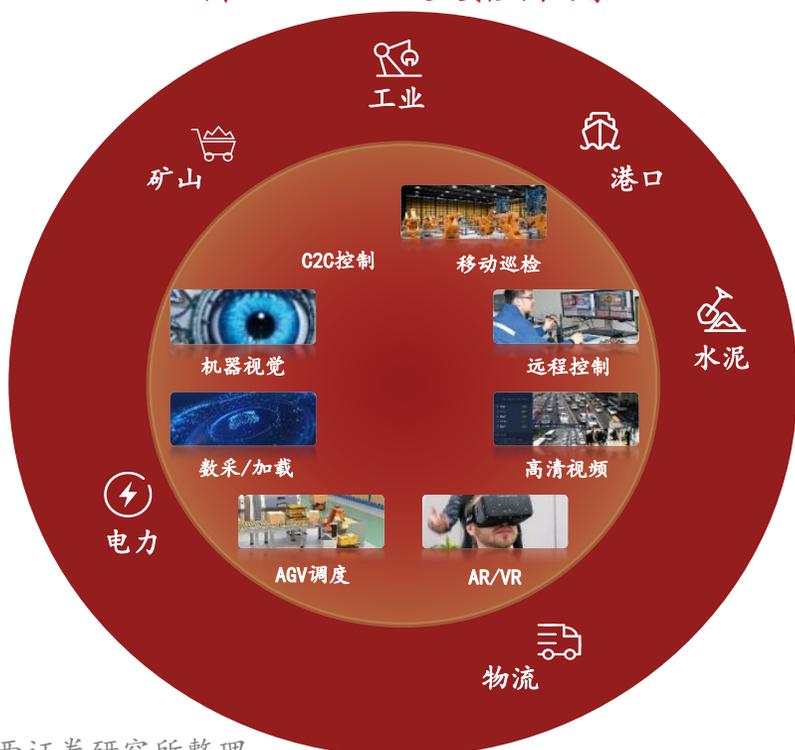
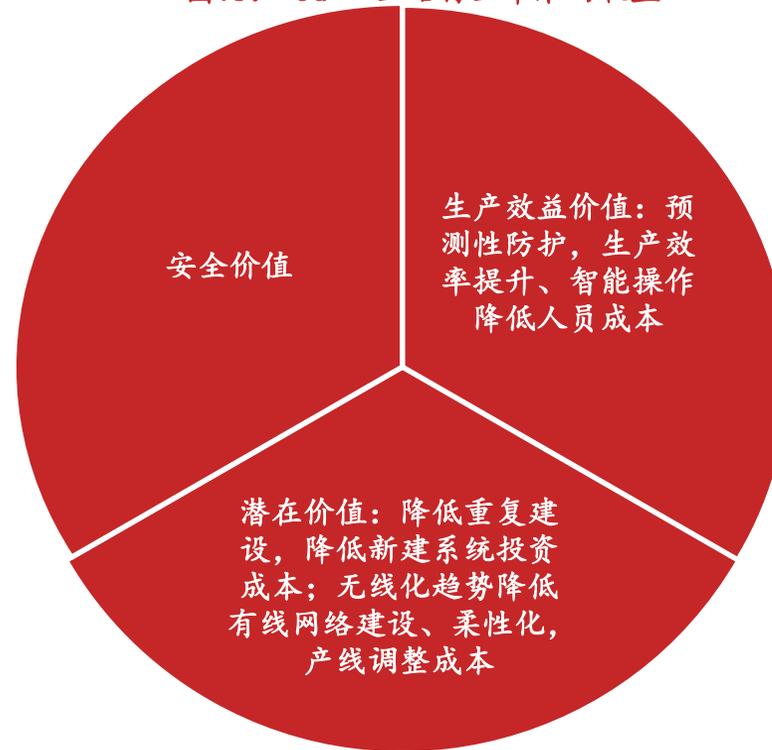


图18： 5G+工业给行业带来的收益



工业场景中对5G特性的不同需求

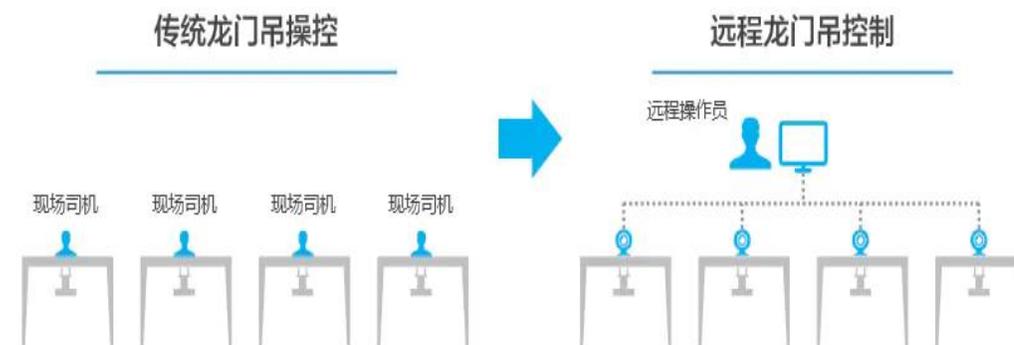
5G+工业互联网融合应用		带宽要求	时延要求	应用范围
高清视频实时上传	1080p	2-10Mbps, 蓝光视频约20Mbps	<30ms	图片视频采集传输
	4K	12-40Mbps	<30ms	人脸识别、高清视频采集等
	8K	48-160Mbps	<20ms	超高清监测等
AR远程协助	维修指导	>50Mbps (下行) >20Mbps (上行)	<20ms	工厂设备维保
	辅助装配	>50Mbps (上行)	<10ms	设备辅助装配于远程协助
VR虚拟应用	初步沉浸	25Mbps	<40ms	虚拟展示等静态展示
	部分沉浸	100Mbps	<30ms	虚拟培训等交互场景
	深度沉浸	400Mbps	<20ms	虚拟装配等强交互场景
5G+无人机	智慧园区安防/设备巡检数据回传	上行速率>25Mbps (4K)	<10ms	厂区无人机安防
		上行速率>100Mbps (8K)	<10ms	设备巡检
5G+云端计算	云端机器人调度通信	1Mbps-10Mbps (上行)	10-100ms	机器人端处理机器人语音、视觉、遥操作协同
	云端机器人实时操控等	10Mbps-1Gbps (上行)	10-100ms	通信调度及语音、视觉、遥操作协同等业务数据实时交互, 机器人本体完成终端传感器预处理
5G+远程控制	图像/视频流上传	上行>50Mbps (8K)	<20ms	远程控制图像回传
	PLC控制指令下达	下行>50kbps	<10ms	控制指令下达
5G+机器视觉	图像信息实时上传	>50Mbps (8K)	<10ms	所有图像信息采集传输应用场合
	MES系统信息反馈	>1Mbps	<100ms	所有数据反馈应用场合
5G+云化AGV	云化AGV实时通信需求 (SLAM)	1Mbps-200Mbps	20-40ms	信息调度及业务数据实时交互
	云化AGV集成其他视觉应用需求	10Mbps-1Gbps	10-100ms	AGV集成其他应用通信

场景1：远程设备控制

- 设备操控员可以通过5G网络远程实时获得生产现场全景高清视频画面及各类终端数据，并通过设备操控系统实现对现场工业设备的实时精准操控，有效保证控制指令快速、准确、可靠执行。
- 通过在天车、龙门吊等工业设备、摄像头、传感器等数据采集终端上部署5G网关等设备，实现工业设备与各类数据采集终端的网络化。
- 远程监控/控制一般用于在工业生产中不适宜人工作业的场景，比如高温、高空、环境指标差等。比如矿区勘探或港口集装箱装卸。

图19：现有龙门吊与中控室采用光纤通信方式：光纤转盘易缠绕；受海潮影响，近海不易铺设。

图20：实现远程控制，可大幅度降低人力成本，1名远程控制人员可操控 3~6 台龙门吊



场景1：远程设备控制

5G引入后新增关键技术：高清视频、各类传感、工业编码

- 高清视频技术：实现远程控制，需要在高清视频提供视觉支持的基础上，保证远程操控的灵敏度和可靠性。单台天车或者龙门吊远程控制一般需要回传 5~16 路监控视频实现多角度监控
- 各类传感器：通过对夹具、抓斗等操作系统增加各类传感器及智能控制算法，实现精准控制、高效运转
- 工业编码器：侦测机械运动的速度、位置、角度、距离或计数

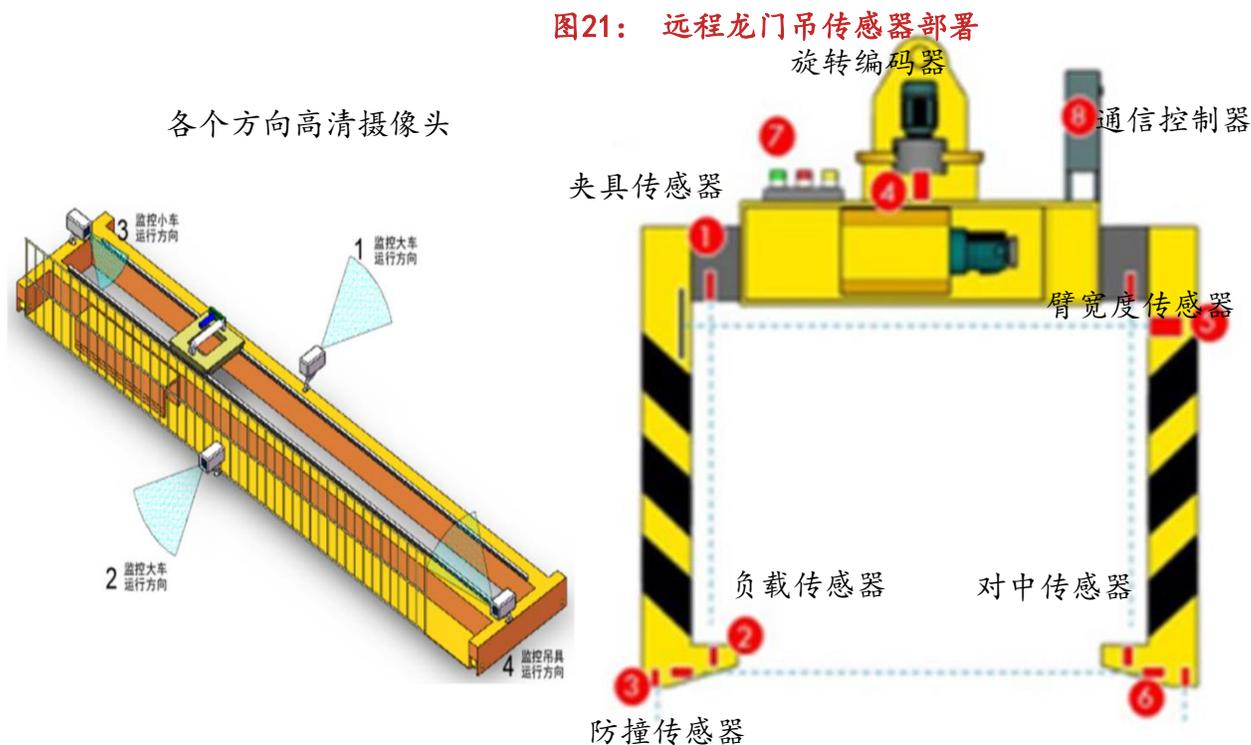


表4 远程控制对网络要求

需求&场景	上行速率	下行速率	单向时延	UL带宽	覆盖范围	网络切片需求
离散机器实时控制	≥50Mbps	≥150Mbps	≤1ms*, 时延抖动us级	20~50Mbps	生产线	需要, 可靠性99.9999%*
流程工业设备控制	≥20Mbps	≥100Mbps	≤100ms	20~50Mbps	车间	需要, 可靠性99.99%*

场景2：机器视觉：质检、码垛、分拣

- 工业机器视觉，通过工业级摄像设备和光源设备，对工业生产产品进行质量甄别、码垛、分拣等诸多功能。
- 5G在满足工业视觉大带宽低时延传输性能要求的同时，提供了更灵活、便捷的监测点位部署方式，从而极大的降低了布线和管理成本。
- 在生产现场部署工业相机或激光器扫描仪等终端，通过内嵌5G模组或部署5G网关等设备，实现工业相机或激光扫描仪的5G网络接入，实时拍摄产品质量的高清图像，通过5G网络传输至部署在MEC上的专家系统，专家系统基于人工智能算法模型进行实时分析，对比系统中的规则或模型要求，判断物料或产品。

图22：传统工业网络工业机器视觉应用

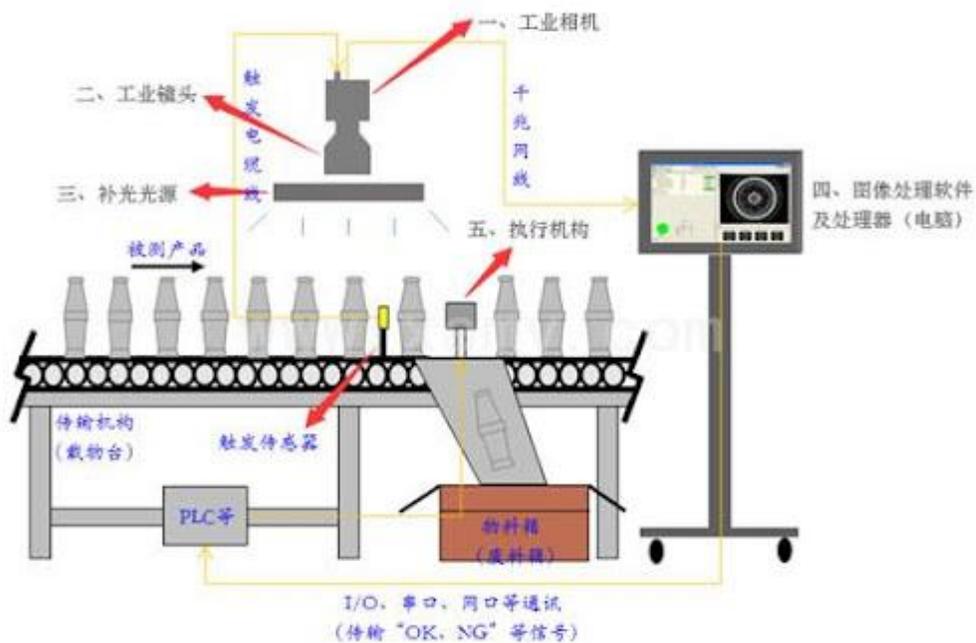
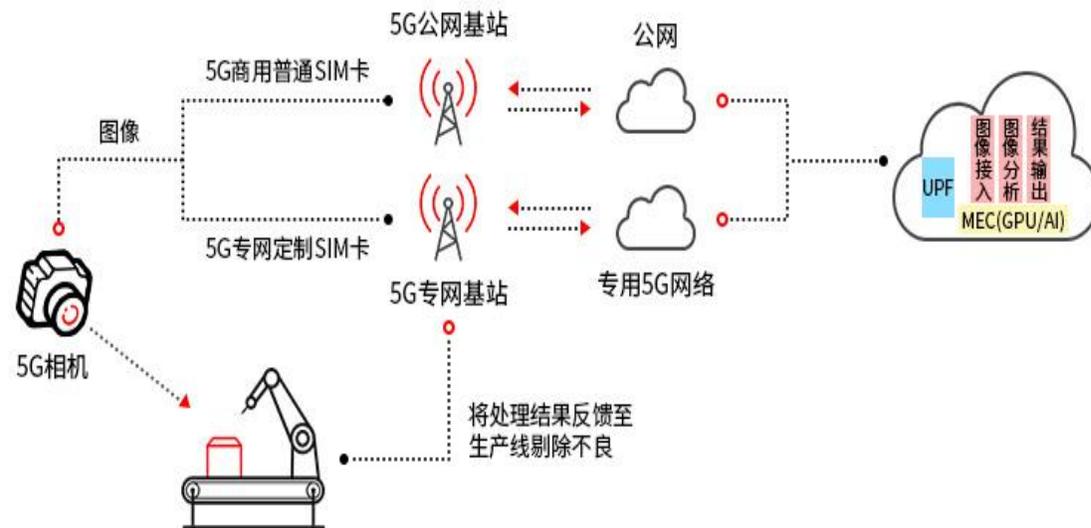


图23：5G+嵌入式相机工业机器视觉应用



场景2：机器视觉：质检、码垛、分拣

5G引入后新增关键技术：机器视觉、AI、边缘计算

- 5G比有线更灵活，5G解决了传统模式下布线复杂及数据传输距离短痛点，利用5G的技术，相机部署将不再受限于线缆约束。
- 嵌入式视觉技术：通过对AI芯片的集成，智能相机可以在特定的应用环境中实现图像处理并利用内嵌的人工智能算法做出逻辑判断，为自动化场景提供无需人工干预的智能方案。
- 5G+嵌入式工业相机只保留工业相机，不需要工控机，数据采集处理放到MEC服务器端，安全性也更高。所有产线只用一台MEC边缘服务器。
- 软件算法处理从每条产线的PC转移到MEC边缘服务器端，实现设备端轻量化及灵活性，MEC端利用GPU集群提供超高的渲染能力及计算能力，减少了硬件及算力浪费。

图24： 5G+嵌入式工业相机应用于工业质检

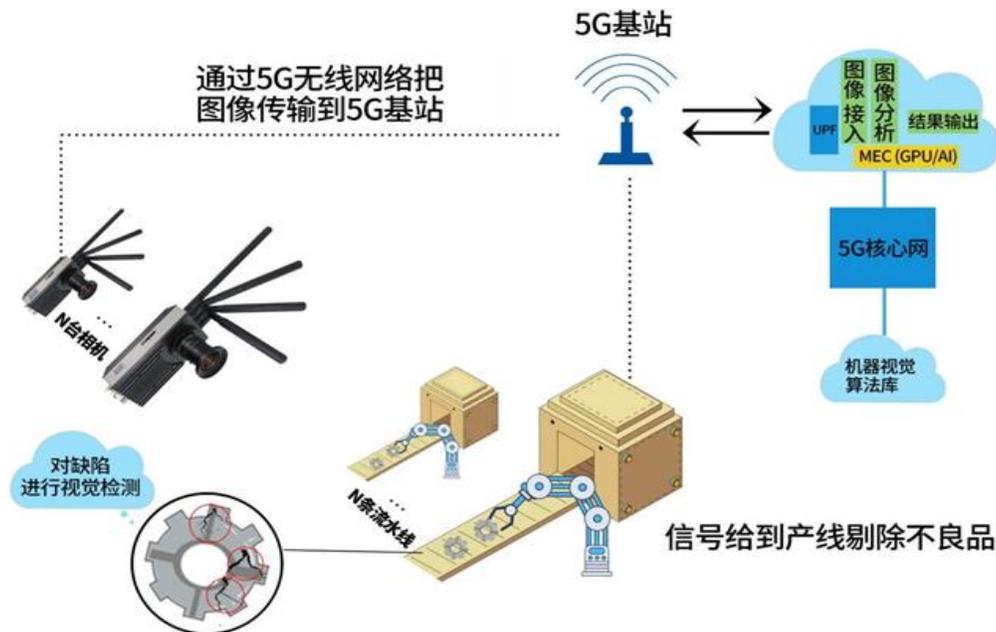


表5 机器视觉对5G网络的要求

需求&场景	上行速率	下行速率	单向时延	UL带宽	覆盖范围	网络切片需求
工业视觉质检	≥50Mbps	≥150Mbps	≤1ms*, 时延抖动us级	20~50Mbps	生产线	需要, 可靠性99.9999%*

*数据来源：3GPP TR 22.261；3GPP TR 22.804

- AGV (Automated Guided Vehicle), 指装备有电磁或光学等自动导引装置, 能够沿规定的导引路径行驶, 具有安全保护及各种移载功能的运输车。
- 目前传统AGV由于其造价及部署成本高昂正在被基于SLAM的智能网联AGV所取代, 其具备定位更精细、作业更灵活、更智能的特点。
- 5G大带宽高可靠网络可以实现云化AGV, 通过把AGV的定位、导航和避障、图像识别及环境感知等需要复杂计算能力需求的模块上移到5G的边缘服务器, 运动控制等实时性要求更高的模块仍然保留在AGV本体, 以保障安全性等要求。

图25: AGV +5G应用场景



表6 WiFi与5G网络在AGV应用的对比

	WiFi	5G
延时	AGV稳定运行要求时延<50ms; 当AGV数量较多时, 延时急剧增加到几百毫秒	稳定的低时延, <20ms
覆盖	覆盖弱, 容易有覆盖空洞, 导致AGV运行失效	连续的覆盖
基站数	AP数量多, 需要大量站址来部署AP, 成本高, 选址困难	较少基站数即可满足连续覆盖

场景3：AGV：仓储物流、工业生产

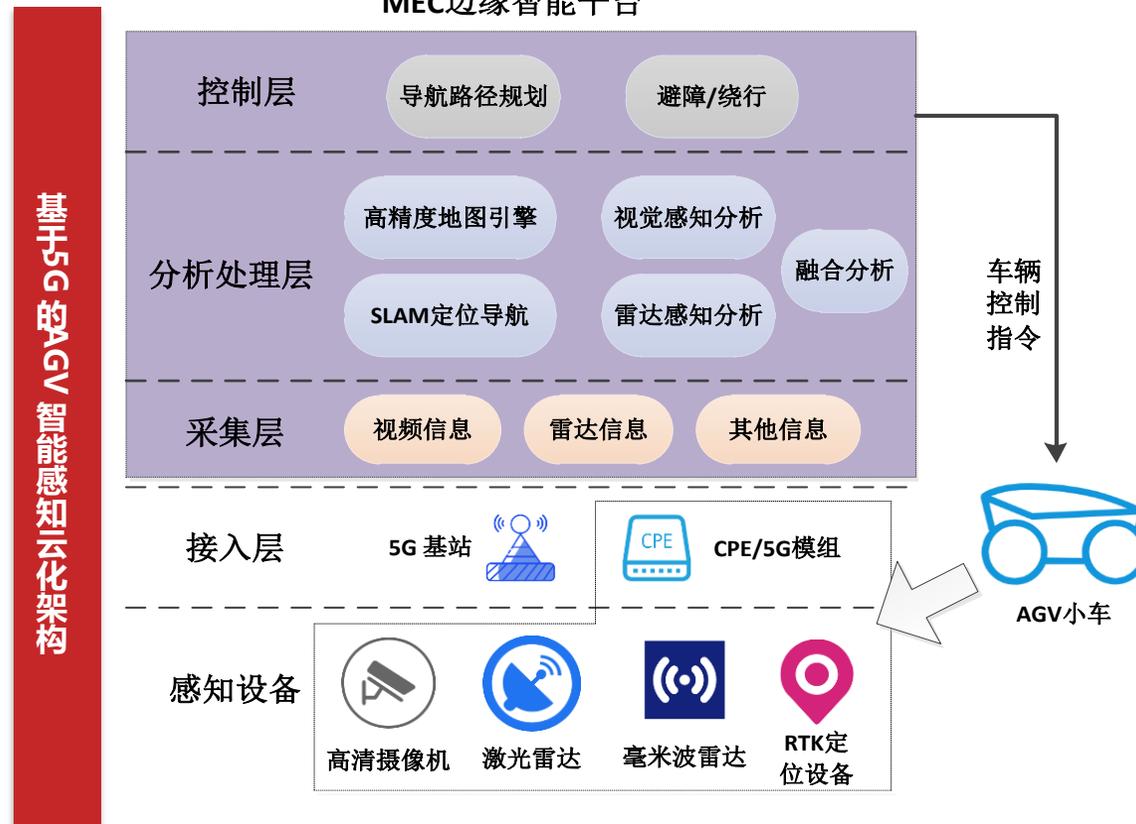
5G引入后新增关键技术：运动控制技术、高精度定位技术、激光雷达、高清摄像、AI

- 5G网络将生产设备无缝连接，满足工业环境下设备互联和远程交互应用需求，随着高可靠性网络的连续覆盖，使AGV在移动过程中活动区域将不受限，按需到达各个地点，在各种场景中进行不间断工作以及工作内容的平滑切换。
- 在整个过程中无需人工的参与，AGV全天候运行，可以大幅度地降低人工成本。

表7 AGV对5G网络的要求

需求&场景	时延	上行带宽	可靠性	应用范围
自动化物流（搭载双目视觉）	30~40ms	>144Mbps	99.9999%	无通信调度及业务数据实时交互

图26：AGV在5G网络中应用 MEC边缘智能平台



场景4：多场景智能监控：环境、安全、预测性维护

- 利用5G 的大带宽、高可靠性、广连接特点，智能监控可以用于工厂、车间等工业生产环境的安全监控分析。
- 实现对人员误入、越界徘徊等行为进行实时监测、快速判断，紧急报警；对生产环节关键设备部件的状态、性能与损耗在线智能检测、远程诊断管理。
- 采集危险区域的环境数据、关键设备性能与运行数据等，预防事故的发生以及关键设备的严重故障等，尽量减少运维人员的人力投入。

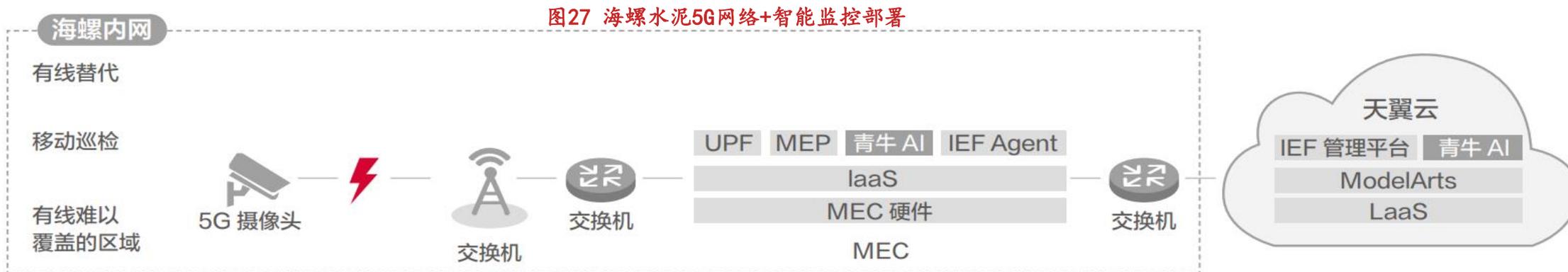


图27 海螺水泥5G网络+智能监控部署



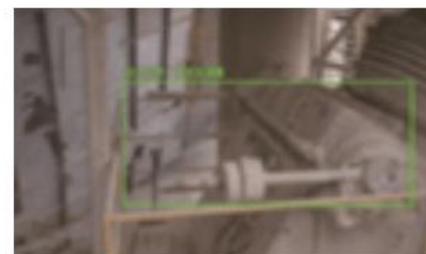
堆料口堵塞



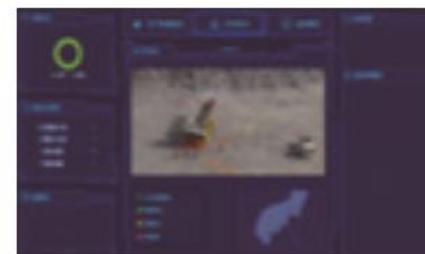
传送带崩裂 / 抽丝检测



冒灰检测



翻斗阀状态识别



AI 智能预警监控平台

场景4：多场景智能监控：环境、安全、预测性维护

5G引入后新增关键技术：智能监控、AI

- 通过摄像头对制造流程和生产过程中需要人力监控的点进行判断
- 通过 AI 专门算法，对堆料口堵塞、传动带抽丝检测、污染检测、翻斗阀检测、人员安全等等方面实现AI检测、预警。
- 通过5G+AI提升生产效率，可减少产线巡检人次，提升巡检和监控效率，大概率避免人为和机械事故造成的事故损失。

图28： 工业智能监控主要应用领域



表8 工业智能对5G网络的需求

需求&场景	时延	定位精度	UL带宽	可靠性	特点
环境监测	5~10ms	30cm~10m	100Mbps	99.999%	高频度、低功耗、高可靠
设备运行监控	5~10ms	<1m	100Mbps	99.9999%	短时延、高可靠

场景5：远程协助：售后服务、培训、远程检修、维护

图29： 5G+远程协助应用

- 通过5G网络传输工业现场数据实现远程协助功能，适用于操作繁琐、操作规范且流程长、对效率有要求、对工作结果的安全性要求高的领域，如能源电力、航天制造、汽修装配等。
- 通过智能眼镜近眼内容显示、智能扫码、物体识别等功能，现场工作人员可以解放双手进行更灵活更复杂的作业动作，更直观更快速地获取工序引导、位置标注、设备信息、报警提示、后台指导，更便捷更准确地记录设备现场状态，点检结果，突发事件等。



图30： 5G+远程协助网络架构

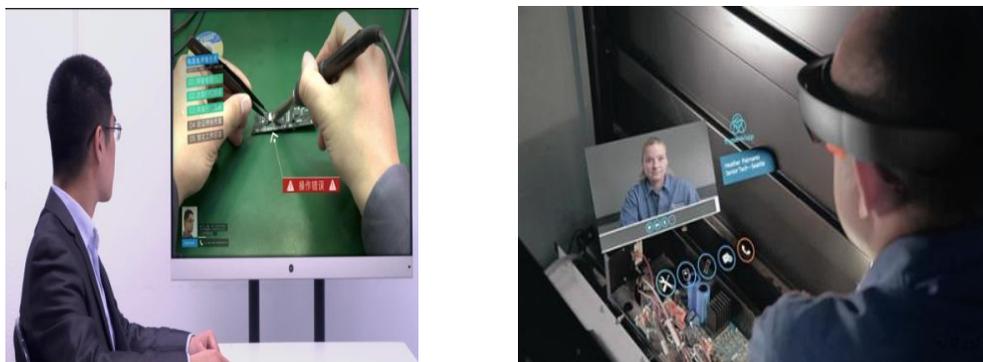


场景5：远程协助：售后服务、培训、远程检修、维护、

5G引入后新增关键技术：AR/VR

- 远程指导技术系统通过让员工佩戴AR眼镜快速识别故障的型号，同步显示设备的正常数据、零件的正常形态，并且支持员工查阅该设备的历史故障和维修记录。可视化的远程指导系统能够让员工按照流程进行工作，降低专家出差和售后维修成本。
- 远程指导技术系统通过让客户或者远程装配员工佩戴AR眼镜，同步显示设备装配的位置和顺序，按步骤和指导依次操作，可视化的远程指导系统能够让员工按照流程进行工作，避免出现遗漏、错判、疏忽等情况。

图31： 远程协助主要应用场景



资料来源：信通院，华西证券研究所

图30： AR关键技术

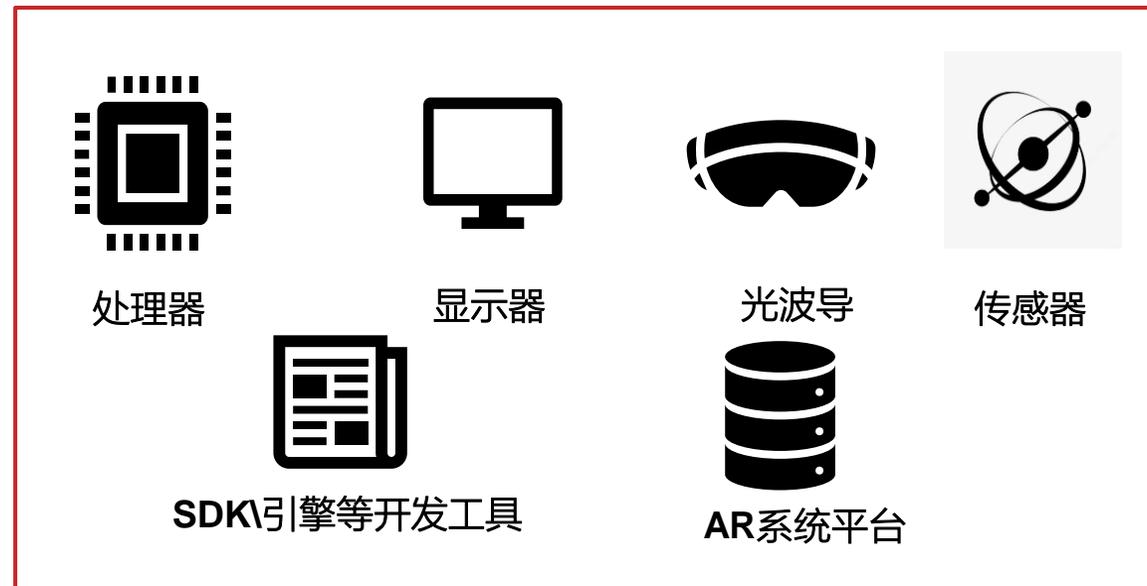


表9 远程协助对5G网络的要求

需求&场景	时延	通信速率	可靠性	应用范围
AR检修指导	<20ms	>50Mbps	99.9 %	低时延、低功耗、高可靠
AR装配指导	<20ms	>50Mbps	99.9 %	低时延、低功耗、高可靠

5G工业解决方案及通用场景总结

- 根据归类，我们将5G工业应用总结为七大典型通用场景：AI视觉检测、视频安防监控、AR远程协助、远程巡检监控、设备数采监控、设备远程控制、AGV通信。
- 前4类主要依托5G网络传输图像数据，后3类主要依托5G网络传输设备数据。

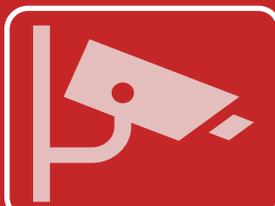
基础组网方案	5G+MEC虚拟专网						
重点解决方案	设备数据/控制信令类别				视频图像		
	智能监控	AI视觉检测、 分拣、码垛	AR远程协助	远程巡检监 控	设备数据监 控	设备远程控 制	AGV通信
针对细分场景	<ul style="list-style-type: none"> •环境、健康安全监控 •生产设备的远程监控 •移动巡检 	<ul style="list-style-type: none"> •基于CCD的机器视觉质检 •智能分拣 •码垛物体识别 	<ul style="list-style-type: none"> •AR专家远程协助 •远程检修 	<ul style="list-style-type: none"> •无人机/车巡检 	<ul style="list-style-type: none"> •天车控制 •矿车远程控制 •塔吊远程控制 	<ul style="list-style-type: none"> •设备检测预警 •车间数字孪生 	<ul style="list-style-type: none"> •AGV控制



五 5G+工业制造通用技术

5G+智能制造带动ICT产业链新需求

- 智能制造领域的技术不断升级迭代，新技术方向为智能制造通过各类传感（视觉）、机器视觉等系统的应用，形成大数据的采集、反应和对未来的预测，在产品的开发和制造、产品的设计和制造、产品的质量和管理体系三方面形成有效闭环。



感知层：视觉信号、环境信息、地理位置

- 高清视频监控
- 工业机器视觉&3D视觉
- AR/VR
- 工业传感



决策层

- GPU服务器训练
- 垂直AI算法决策



执行层

- 运动控制器
- 伺服器、减速器
- 工业传感器



5G+智能制造带动ICT产业链新需求

- 针对不同场景的需求共性进行分析归纳，输出了5G重点场景两大类解决方案，同时对各类场景规模化时间、行业整体规模进行预测。
- 重点技术：智能监控、工业机器视觉、AGV&机器人、数据采集（工业传感）、工业AR。

图32：5G+工业应用主要技术发展阶段

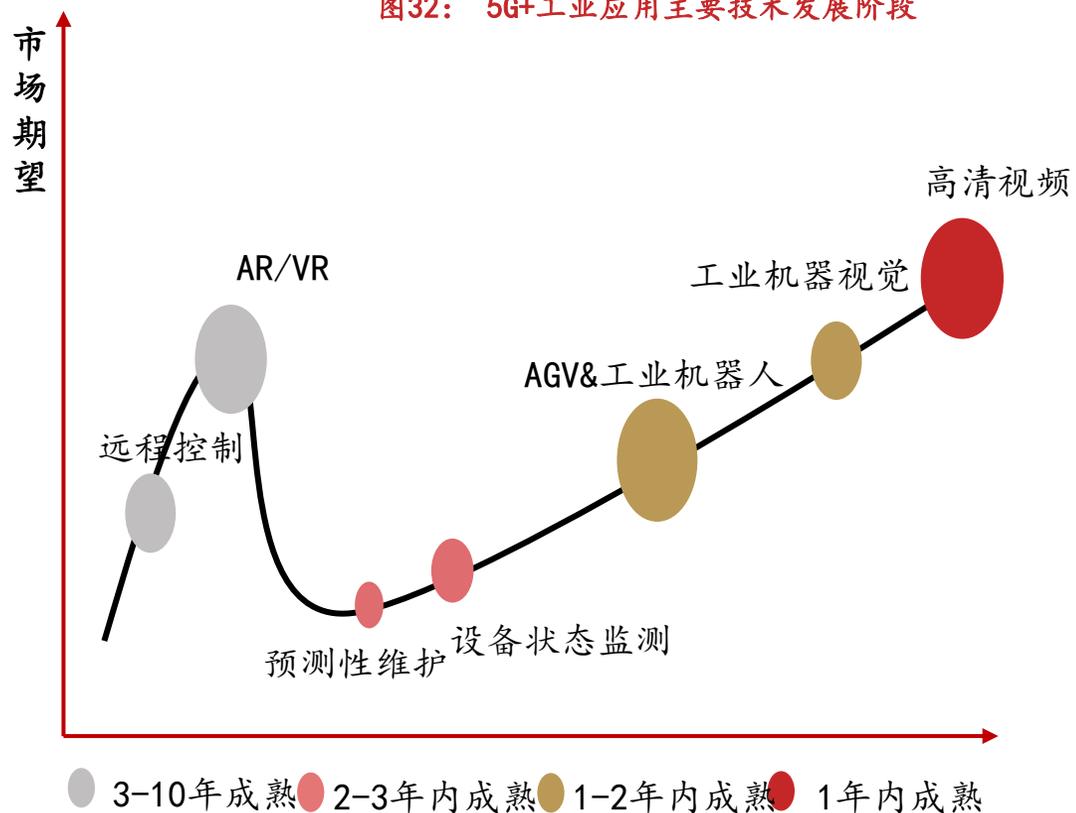


图33：5G+工业应用主要应用场景及通用技术





六 各个通用技术投资机会梳理

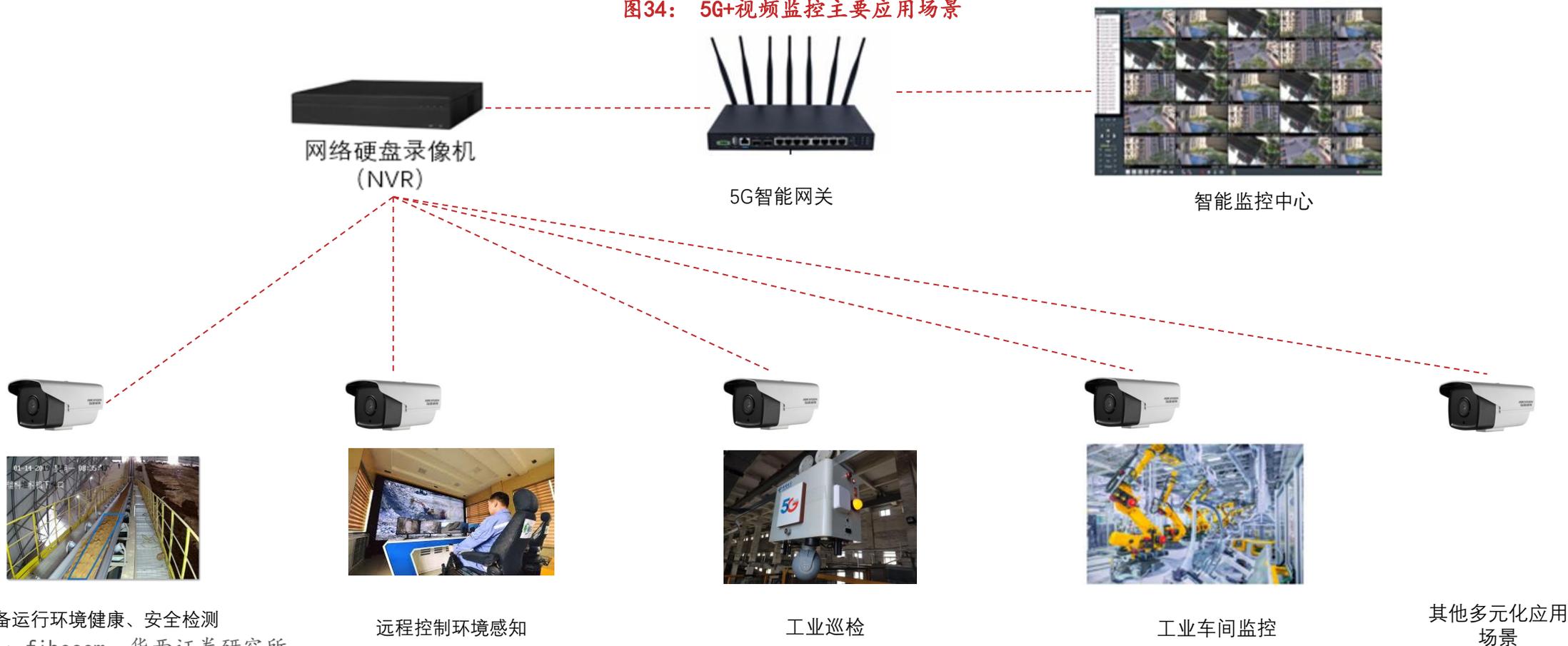


01 视频监控行业投资框架

5G网络下视频监控应用场景

- 工业场景中，摄像头将发挥越来越大的应用价值，借助高清视频实现远程辅助操作、工业巡检、车间监控、工业设备运行安全检测等。
- 4K 摄像机、4K NVR、4K 大屏等产品在工业视频监控领域中层出不穷，受限于视频信号数据量大、宽带资源不足、实时性不连续等问题，高清视频监控普及与升级受到较大阻碍。
- 5G智能摄像头通过高速5G连接+边缘AI能力，能够很好解决高清摄像头在工业领域的普及痛点。

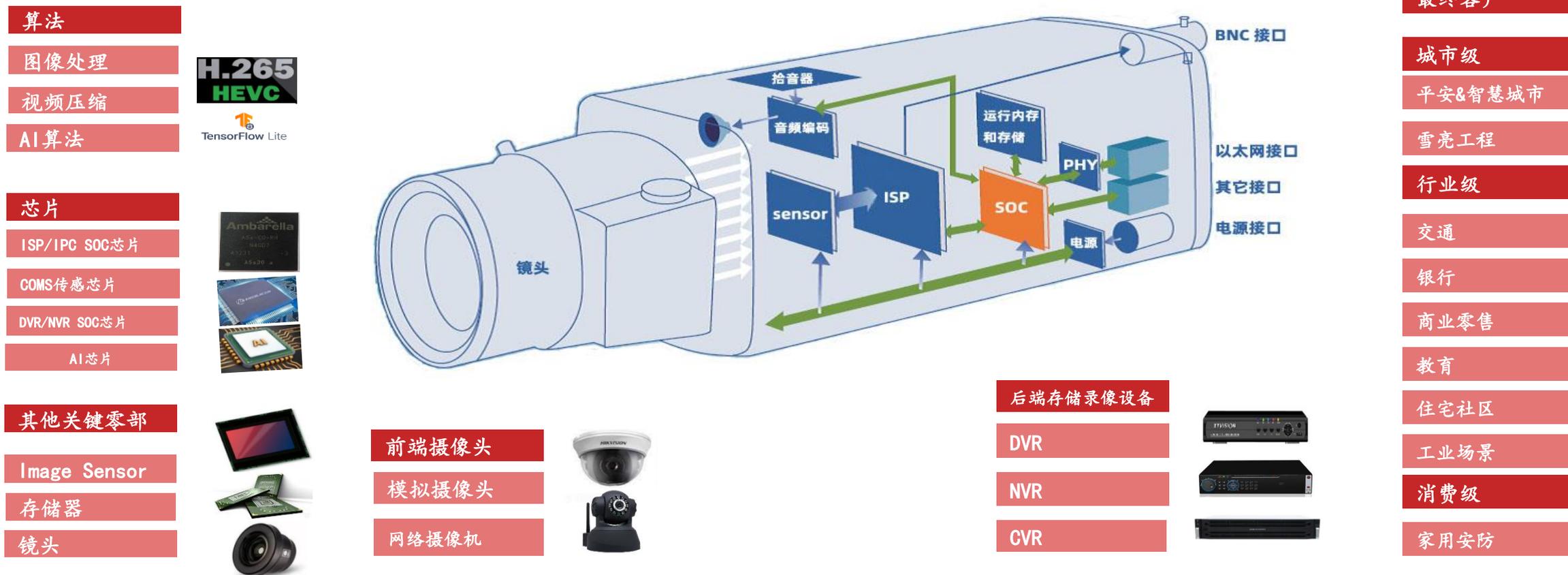
图34： 5G+视频监控主要应用场景



视频监控产业链

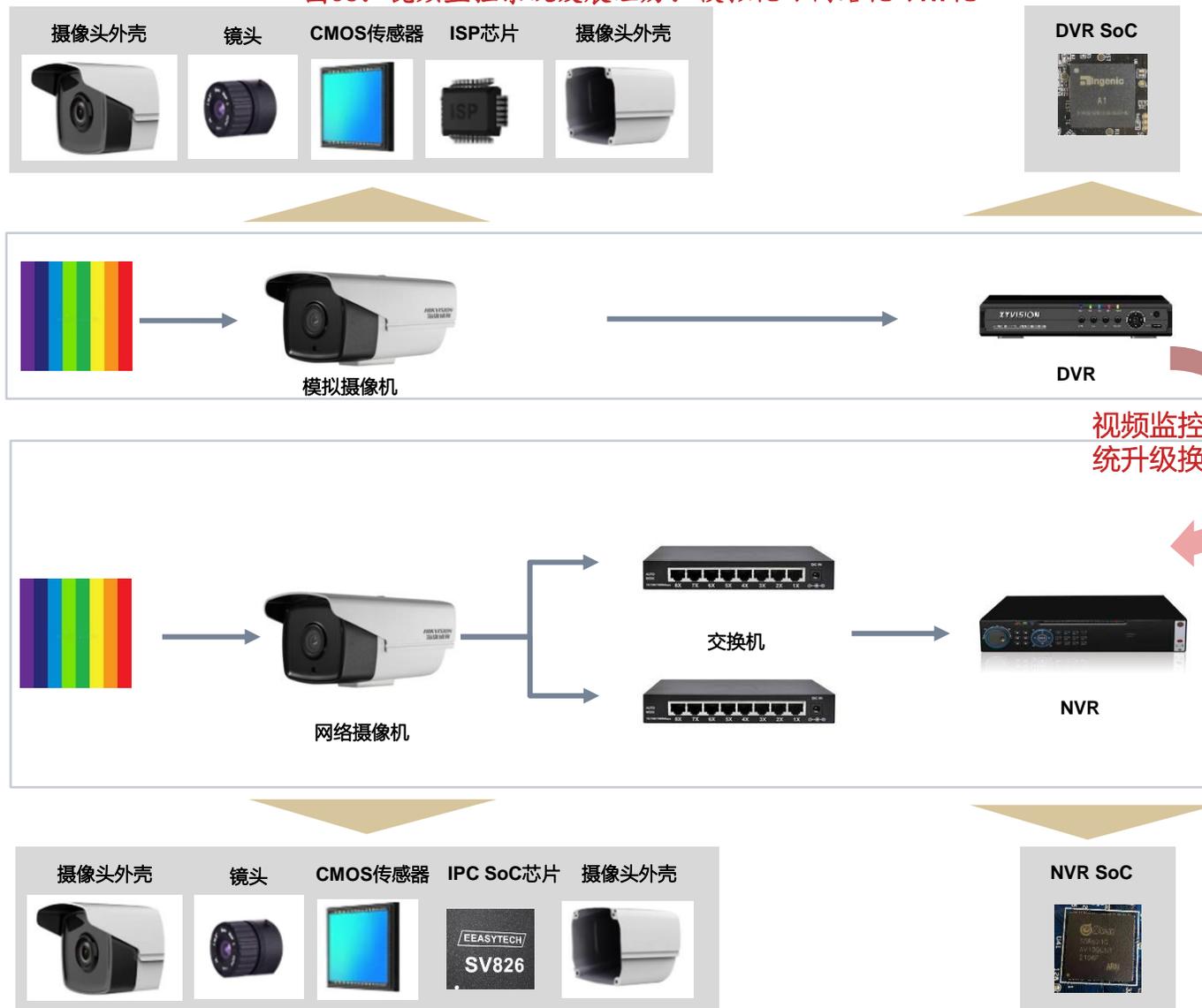
- 视频监控摄像头上游为关键零部件、芯片和算法，主要包括图像传感器厂商、信号处理芯片厂商、算法公司、光学镜头厂商等。
- 图像传感器芯片是将光信号转换为电信号的装置，CMOS图像传感器芯片，可将图像采集单元和信号处理单元集成到同一块芯片上。
- 信号处理SoC 芯片负责图像信号数字化、压缩、编解码、储存、分析等关键功能，是完成安防智能化、高清化转型的关键环节。SoC 芯片包括模拟ISP、IPC、DVR、NVR 三类，实现视频监控前、后端的不同功能。

图35：视频监控产业链



视频监控系统发展经历：模拟化->网络化->AI化

图36：视频监控系统发展经历：模拟化->网络化->AI化



- 视频监控系统的发展经历了四个阶段：模拟化、数字化、网络化、AI化。
- 模拟摄像机前端芯片为 ISP（图像信号处理）芯片，主要对图像传感器的输出信号进行处理，模拟摄像机+DVR（数字硬盘录像机）主要功能包括进行数字化编码压缩和存储。
- 随着网络摄像机逐渐替代模拟摄像机，IPC SoC 取代ISP，数字视频监控系统架构精简为 IPC+NVR。
- IPC SoC 芯片是视频监控网络摄像机的核心。IPC SoC 通常包含ISP模块和视频编码模块，经过摄像机前端图像传感器采集的视频原始数据经过ISP模块处理后，送到视频编码模块进行压缩。压缩后的视音频码流通过网线或者无线链路传输到后端 NVR，NVR 对视音频数据进行接收处理并存储。
- AI化：除了前端IPC SoC AI化（集成AI，可实施移动侦测、人形检测、异常报警等应用）、后端侧NVR 也将是AI SoC芯片的重要应用领域。

视频监控摄像头产业链拆解：核心芯片占据主要成本

- 摄像头监控系统主要原材料构成为芯片（24%）、镜头（8%）、硬盘（19%）等，其中芯片是摄像头重要的成本。
- 监控系统芯片主要有前端模拟摄像机ISP芯片，网络摄像机中IPC芯片，以及后端录像设备中的DVR/NV芯片这三大类。
- IPC SoC芯片价格：根据立鼎产业研究网数据，IPC SoC芯片：低端产品售价1~2 美元（占比约 75%），中端售价3~4 美元（占比约 20%），高端产品售价 10~20 美元（占比约 5%）。
- DVR/NVR SoC芯片价格：根据富瀚微披露数据测算，DVR/NVR SoC 均价约 22 元人民币。

图37： 2017年前三季度宇视科技原材料采购金额结构

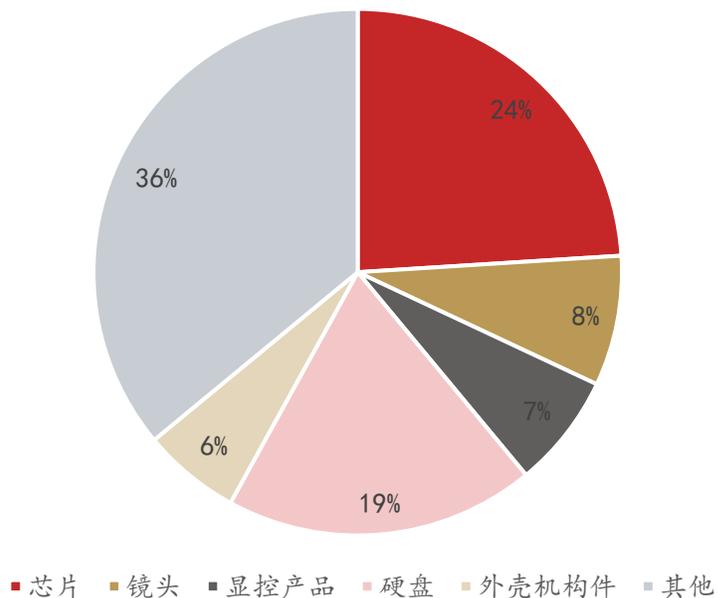
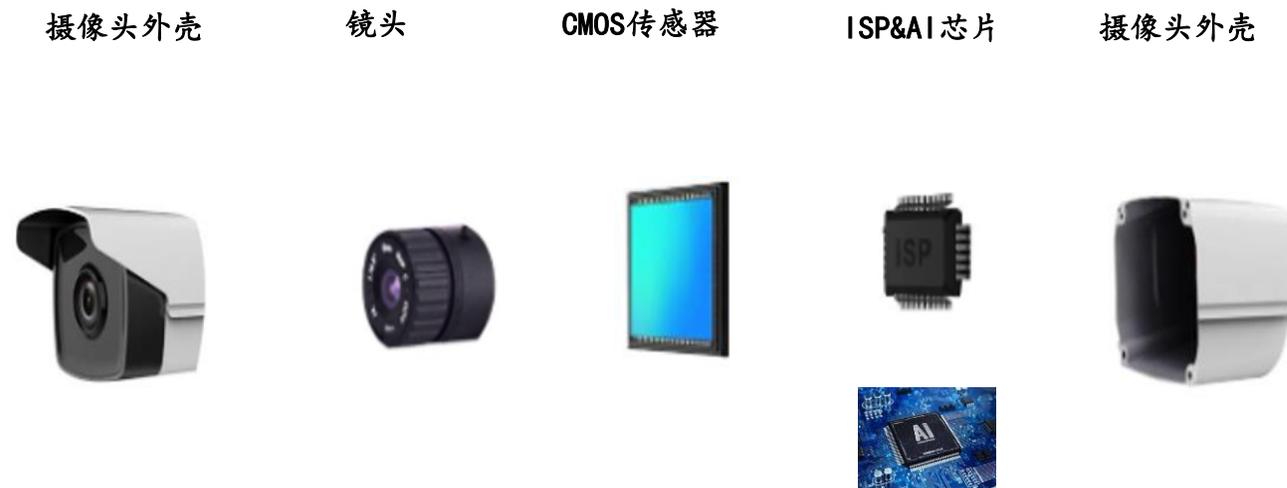


图38：视频监控摄像头拆解



视频监控：5G带动制造业智能监控技术渗透，拉动产业链成长与创新

- 中国已成为具有重要影响力的制造业大国，制造业增加值大体相当于美国、日本、德国制造业增加值的总和。2019年中国共有制造业企业35万余家。
- 假设中大型制造业企业数量占整个中国制造业企业数量的10%，其相关生产厂房数量平均为10家，每个厂房5G摄像头部署50个，单价3000元-5000元不等（高清摄像、智能传输、搭载5G信号模块的智能摄像机，单台的报价在5000元以上），5G摄像头仅在工业场景应用的市场空间将会是 $3.5 \times 10 \times 50 \times (0.3 \text{万元} - 0.5 \text{万元})$ 超过500亿元，高清摄像头的行业空间被大大拉升。
- 产业受益方向上，首先是摄像头上游COMS传感器、芯片、镜头等成本比较高的领域，另外5G摄像头的应用将会极大带动边缘AI芯片的行业应用市场，在新建行业项目中AI摄像头有望突破15%比例。

图39： 2014年-2019年制造业企业数量（万个）

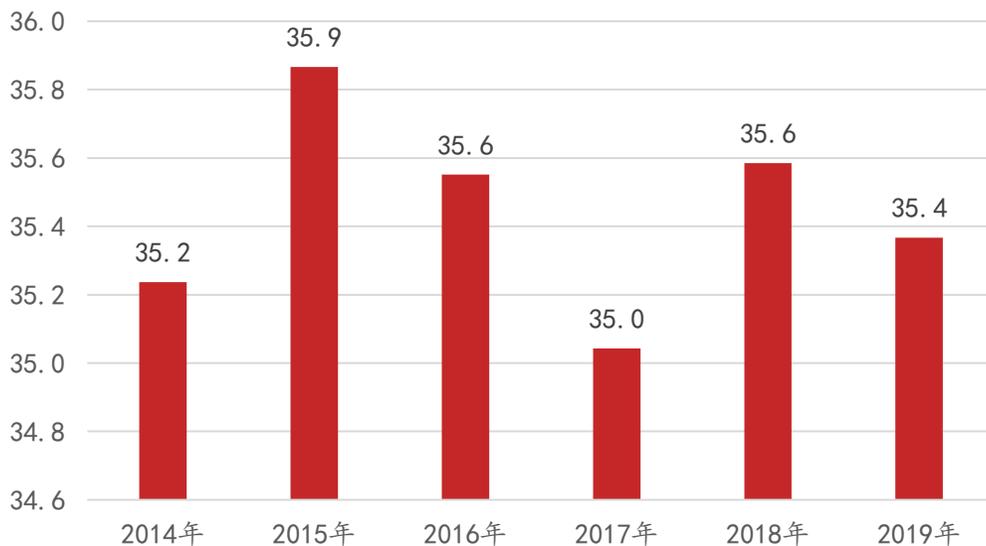
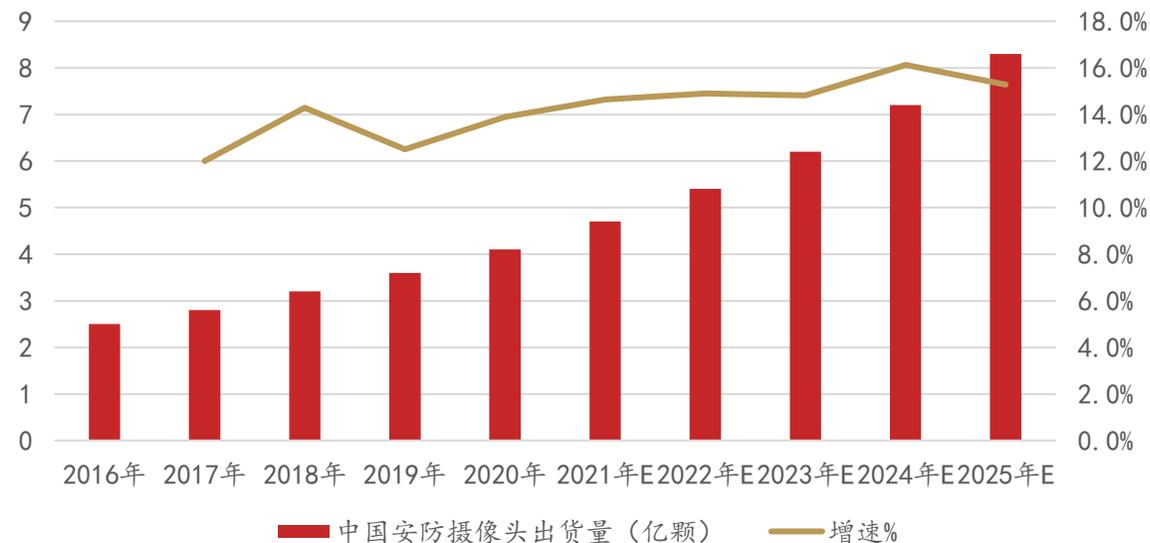


图40： 2016年-2025年中国安防摄像头出货量及增长趋势



视频监控：市场将保持两位数以上复合增长

- 根据Frost & Sullivan预测，2020年，安防监控领域 CMOS 图像传感器的出货量和销售额分别为4.2亿颗和8.7亿美元，分别占比5.4%和4.9%。随着未来安防监控行业整体规模的不断扩大，预计 2025 年该领域 CMOS 图像传感器的出货量和销售额将分别达到8.0亿颗和20.1 亿美元，分别占据 6.9%和 6.1%的市场份额。
- 根据 IHS 预测，随着 AI NVR SoC 芯片渗透率提升，2023 年全球 Linux 系统录像机（即 DVR/NVR）出货量有望达 3955 万台。据此测算 20~23 年 IPC SoC 市场规模约 23.9/41.8/55.5/67.1 亿元；DVR/NVR 市场规模约7.3/8.6/9.8/11.1 亿元。

图41： 全球CMOS图像传感器细分市场（出货量口径亿颗）

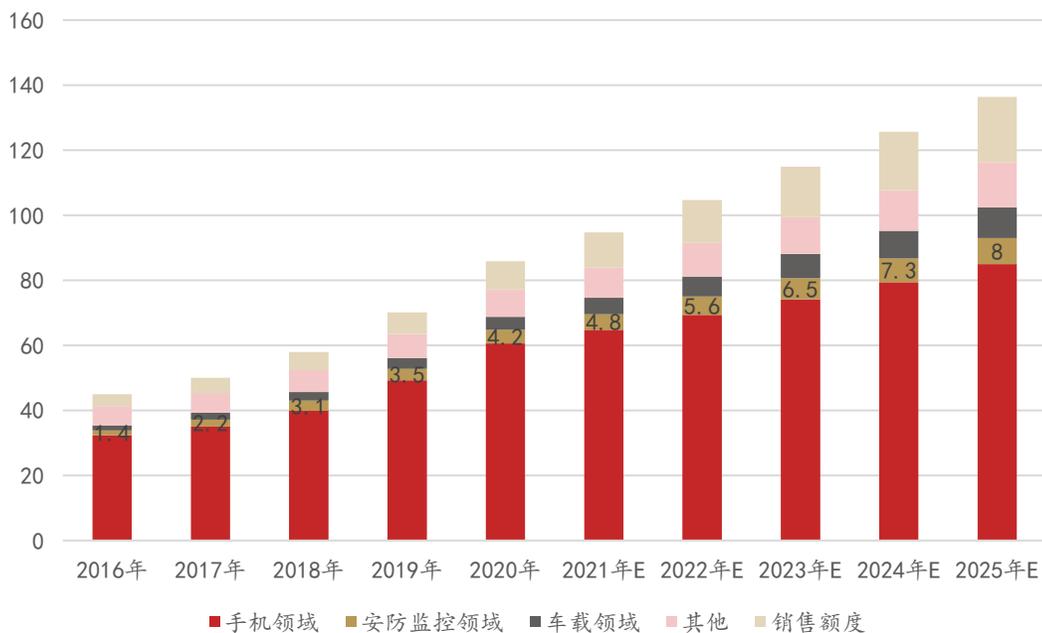
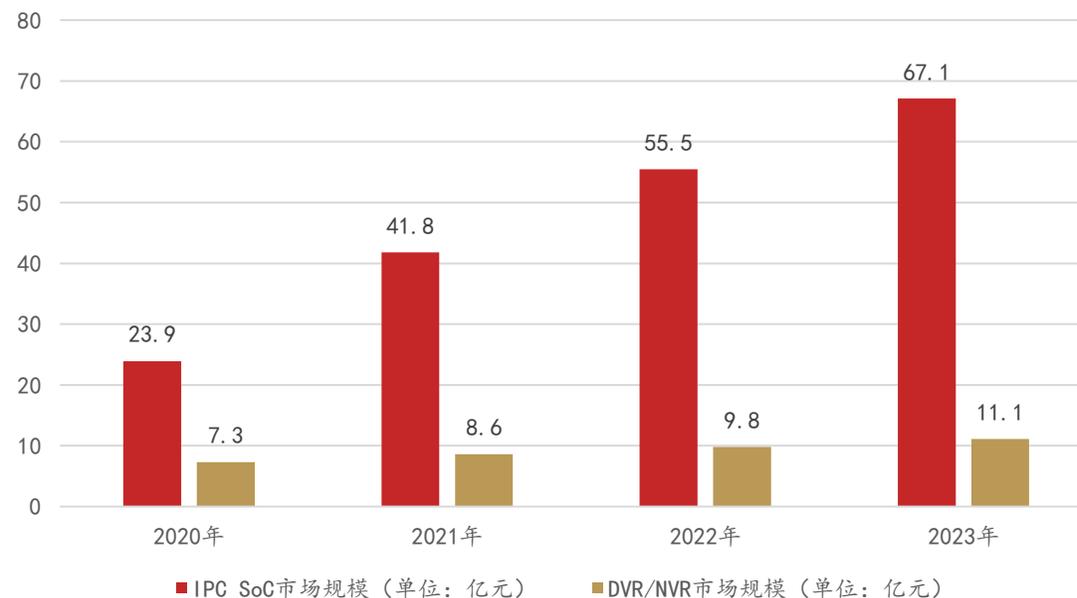


图42： 全球IPC SoC&DVR/NVR市场规模预测（单位：亿元）



产业趋势：AI与视频监控天然匹配，前端轻量化方案是未来趋势

- AI技术在视频监控领域应用具有天然的优势，有望成为视频监控行业未来增量空间的主要来源
- AI监控前端轻量化方案是未来趋势，中后端AI方案是早期主流：前端方案是将AI芯片集成至摄像头中，实现视频采集智能化；中后端方案则是利用普通摄像机采集视频信息后传输到中后端，在数据存储前利用GPU智能服务器进行汇总分析。
- 短期看，中后端方案不需要更换摄像头、可同时处理多路数据、部署成本相对较低，算法升级、运维方便，短期普及更快。长期来看，随着AI摄像头大规模应用成本会急剧降低，前端方案有望成为未来智能安防主流。
- 行业拆分测算：一颗NVR AI SoC芯片对应5台摄像机，即IPC AI SoC芯片与NVR AI SoC芯片的比例大约为5：1。

图43：视频监控与AI技术天然匹配

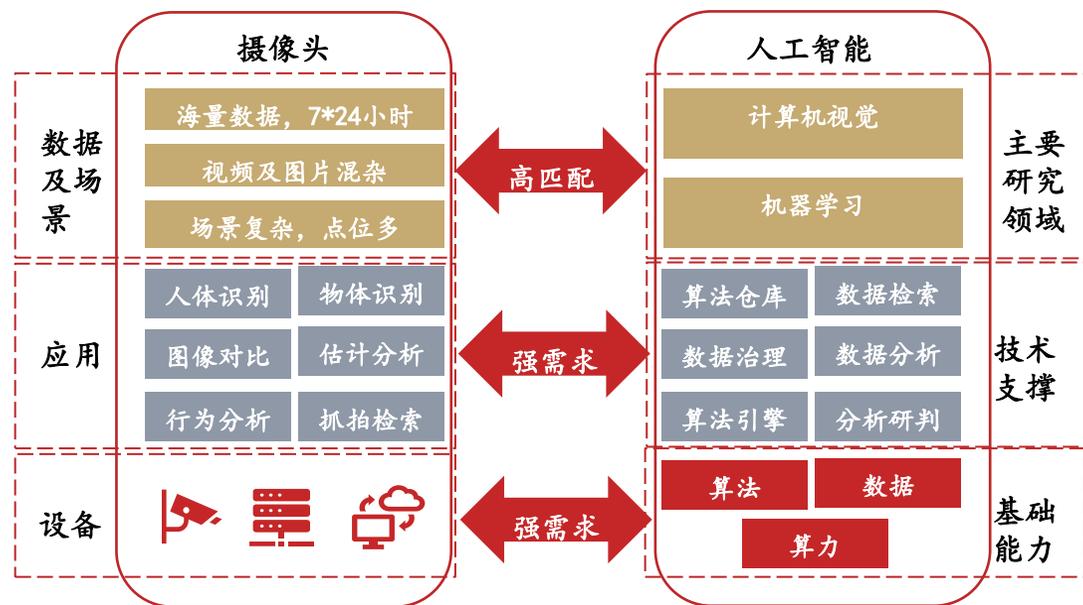
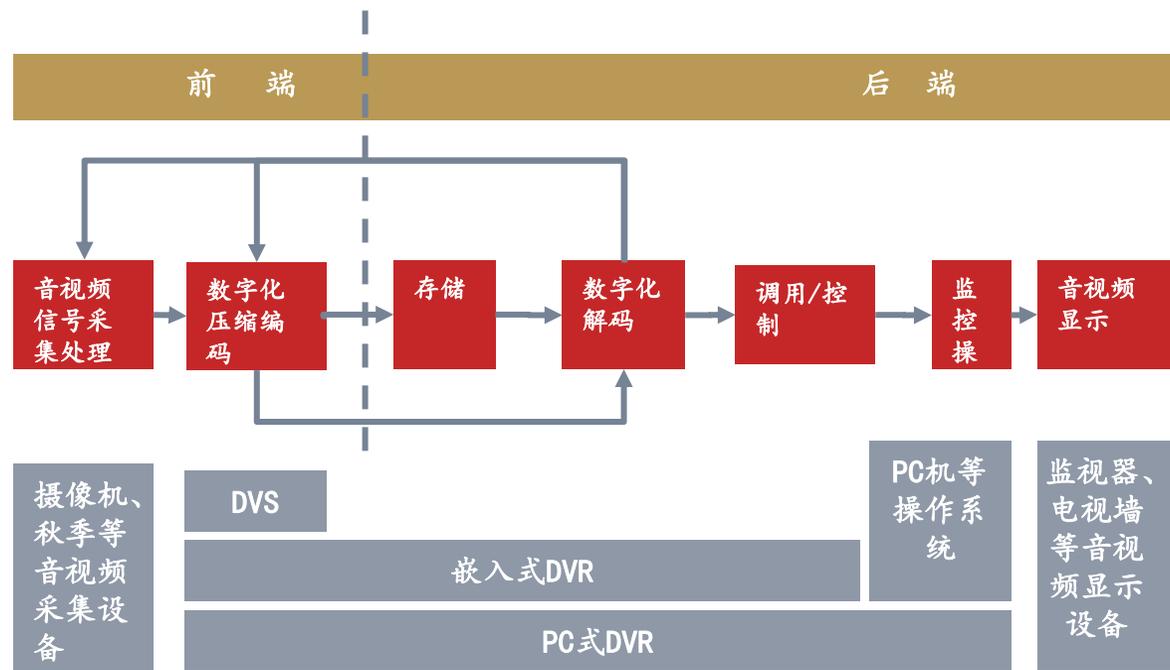


图44：AI视频监控信息处理流程



5G+智能监控为制造业生产、安防系统带来创新应用价值

- 渗透率快速提升、新领域不断拓展：** AI 技术在算法、芯片等方面的技术创新赋予了视频新的价值。用户能够利用 AI 功能进行视频的分析处理，从视频中获取更多的信息，这拓宽了安防市场的范围。Omdia估计中国市场2019年AI摄像头(部署深度学习算法)的出货量将占网络摄像头出货量的10%，预测 2024 年将达到63%。而在海外市场，2019年AI摄像头的渗透率不到2%。
- 5G网络完善后为智能高清视频监控的普及、下沉提供强有力的网络支撑：** 5G大带宽、低时延、广连接的特性，降低了网络传输速度导致的时延现象，加速监控视频的超高清显示的普及，从而助力安防系统做出更精确、更有效、更快速的安全防范决策。5G+智能视频监控系统的重点为高清图像视频采集、快速识别目标、动态跟踪对象、智能控制摄像头，采用人工智能、模式识别、概率论和图像处理技术，借助计算机强大的数据处理能力，基于目标识别与跟踪技术来分析采集的数据，过滤掉图像中的无用信息或干扰信息、抽取视频中的关键信息、判断有无异常情况，并以最快、最佳的方式进处理，实现全自动、全天候、实时监控的智能系统。

图45： 全球AI摄像头占比走势（单位%）

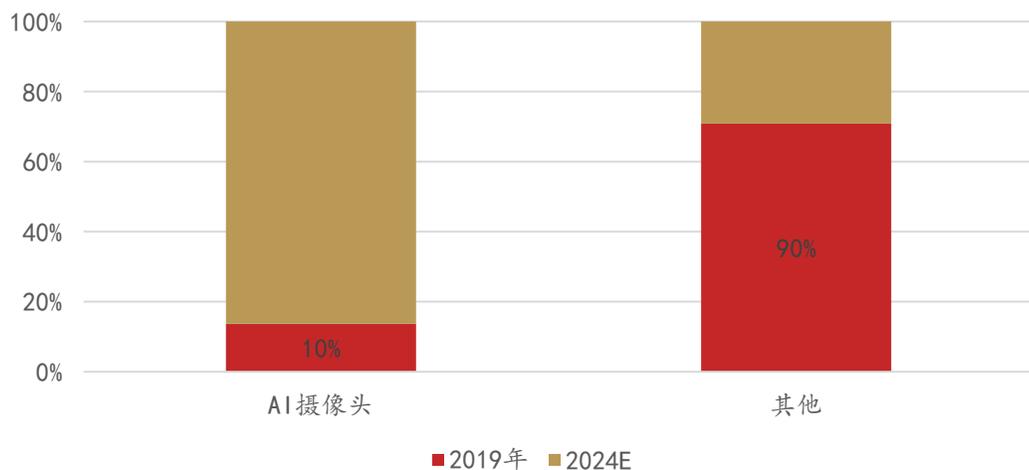
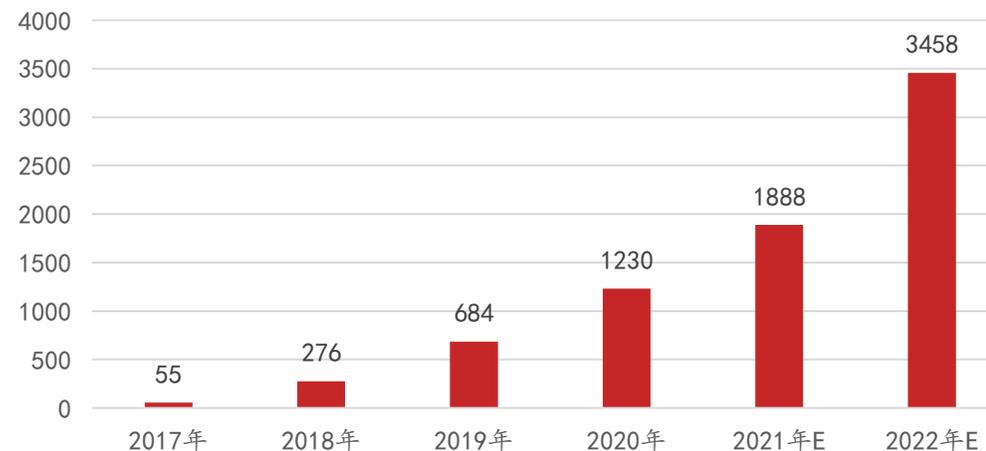


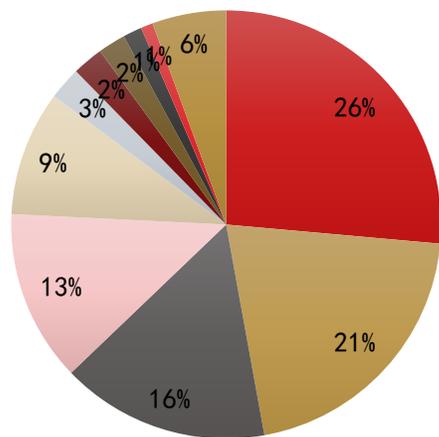
图46： 中国AI摄像头出货量（万个）



产业链公司及格局：国产厂商具备一席之地

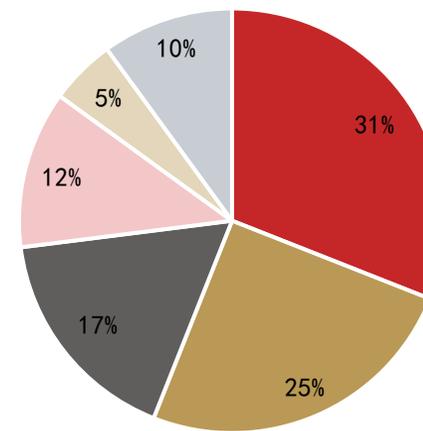
- CMOS 图像传感器设计企业的主要运营模式可分为 Fabless（无晶圆厂芯片设计）、IDM（垂直整合制造商）和 Fab-lite（介于前两者之间）三类。国内本土 CMOS 图像传感器设计厂商目前一般采取 Fabless 模式，包括思特威、韦尔股份（豪威科技）、格科微等。索尼、三星等资金实力强大的企业则采用 IDM 模式。
- 由于 CMOS 图像传感器行业进入门槛较高，市场份额大都掌握在少数领先的企业手中。根据 Frost & Sullivan 统计，2020 年按照销售额排名，全球前十家 CMOS 图像传感器企业依次为索尼，三星，豪威，格科微电子，SK海力士，安森美，意法半导体，松下，思特威及佳能。（下图为出货量）
- 根据富瀚微披露数据，截至2020年末海思仍占据IPC SoC最大的市场份额，约为30%左右；星宸科技填补部分市场后，其市场份额已提升至25%，富瀚微也有17%，北京君正则提升至12%，其他企业合计市场份额约为15%。

图47：2020年CMOS芯片市场份额（出货量）



■ 格科微 ■ 索尼 ■ 三星 ■ 豪威 ■ SK ■ 思特威 ■ ST ■ 安森美 ■ 松下 ■ Silicon Optonics ■ 其他

图48：2020年中国IPC SoC芯片市场结构



■ 华为海思 ■ 星宸科技 ■ 富瀚微 ■ 北京君正 ■ 国科微 ■ 其他

产业链主要厂商

- 由于国内视频监控市场全球占比较高，产业技术创新和应用场景创新发展领先，在庞大的市场基础上国内产业链相对比较完备，没有明显短板，国内厂商和海外大厂不分伯仲。
- IPC/NVR SoC在华为海思被制裁后，相关公司富瀚微、北京君正、星宸科技、瑞芯微、国科微等可以完成“替补”。
- CMOS领域国内豪威科技、思特威、格科微等公司竞争力不俗，需要关注的是新产品或者新场景下的技术创新，例如与光科技（光谱探测器）。

监控系统	对应芯片	主要功能	海外厂商	国内上市公司	国内初创公司
模拟监控系统	前端：ISP	图像信号处理，对前端图像传感器输出的信号进行处理，达成降噪、曝光	NextChip、安霸、德州仪器等	富瀚微	华为海思、雄迈
	后端：DVR SoC	将模拟音视频信号数字化，进行压缩存储到硬盘等设备	德州仪器、意法半导体		星宸科技、华为海思
网络监控系统	前端：IPC SoC	集成CPU、ISP、音视频编解码模块、网络接口模块，部分芯片集成视频分心功能	德州仪器、安霸	北京君正、富瀚微、国科微、瑞芯微	华为海思、星宸科技、亿智电子等
	后端：NVR SoC	基于IP网络，接受网络摄像机的IP码流，进行编解码、存储和转发	德州仪器、安霸、Marvell	富瀚微、北京君正	华为海思、星宸科技、酷芯微
监控摄像头	图像传感	将光信号转换为电信号的装置	索尼、三星、海力士	豪威、思特威、格科微	芯河光电、与光科技、锐思智芯等



02 机器视觉行业投资框架

工业机器人视觉行业概述

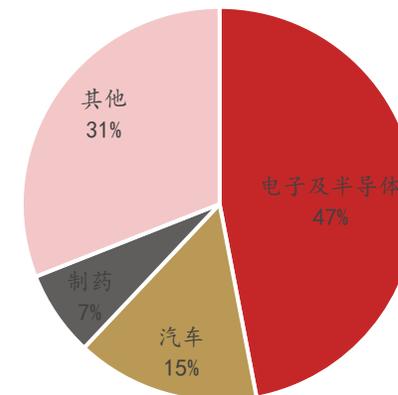
- 机器视觉产业链可以分为底层开发商（核心零部件和软件提供商）、集成和软件服务商（二次开发），核心零部件及软件又可以再细分为光源、镜头、工业相机、图像采集卡、图像处理软件等。
- 从技术壁垒来看：1) 核心零部件层面，定制化程度较高，需要针对不同场景进行匹配产品，产品矩阵的丰富程度是竞争关键。2) 软件是主要壁垒，底层算法库是核心,需要较长时间的市场积累:目前是外资企业垄断，主要是靠国外几十年的自动化进程培养起来的；国内自动化进程时间不长，软件算法库层面较为薄弱。3) 应用层面的技术也非常关键，主要是要掌握不同应用环境的Know-How，做出适应性的产品。
- 机器视觉产业链的下游主要为运用机器视觉技术的设备制造行业和终端用户，所涉范围十分广泛，如汽车、医药、化学、电子、半导体、印刷、食品饮料、物流、烟草、医疗、电池等等，但是目前下游主要市场还是电子半导体和汽车，另外新能源领域是近期行业增长的重要驱动力。

图49：工业机器人视觉系统

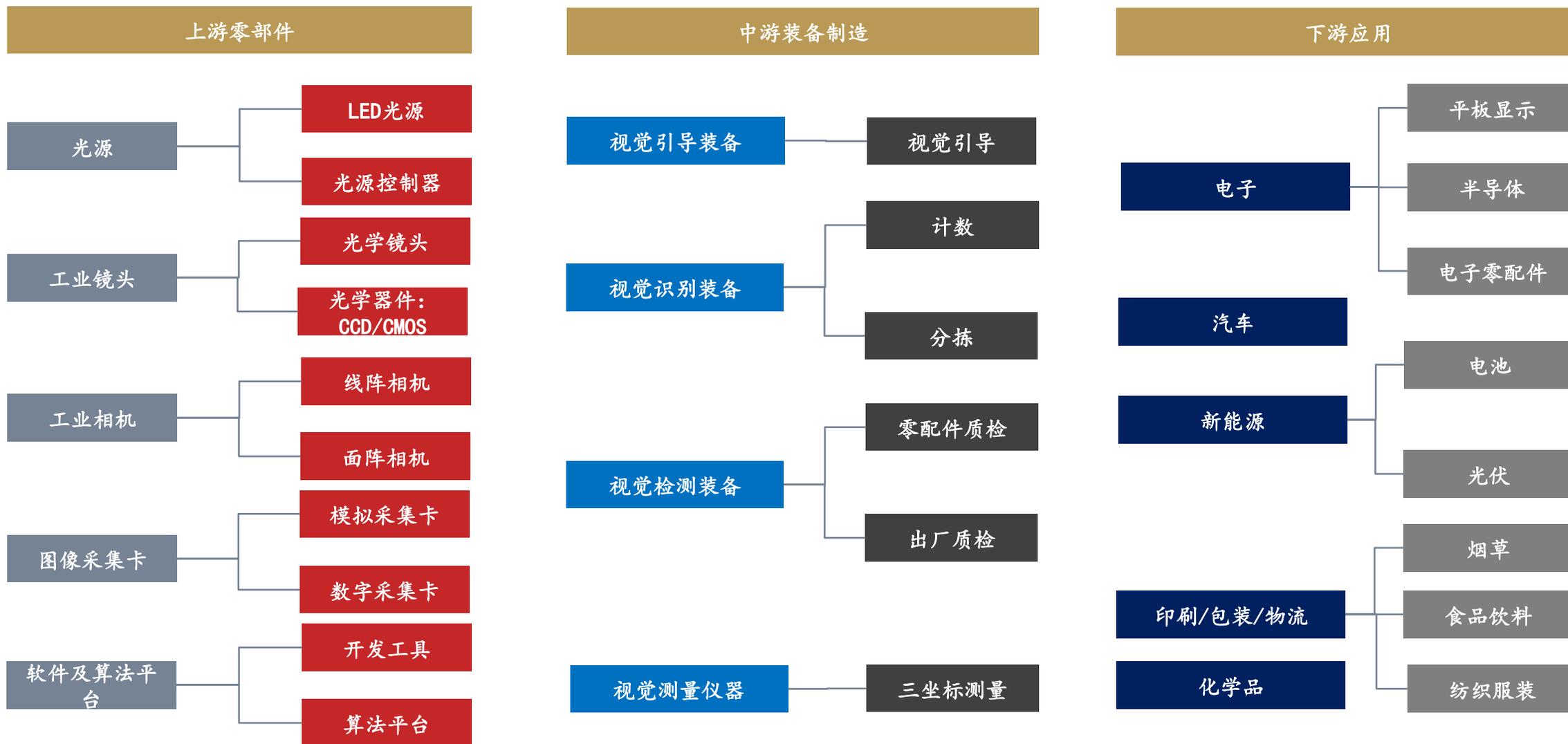


资料来源：知乎@智能与科技分享者，ofweek，华西证券研究所整理

图50：工业机器人视觉主要下游客户



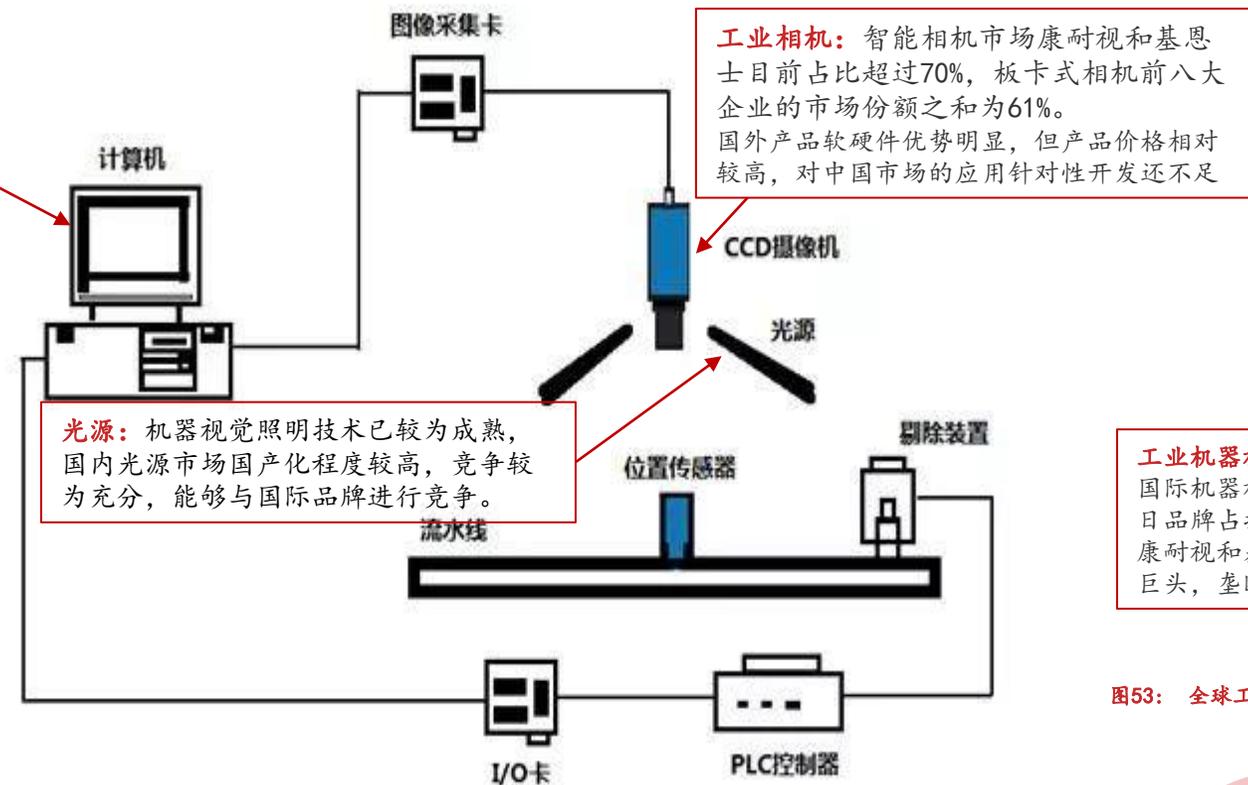
工业机器人视觉产业链



工业机器人视觉：各产业链特征及价值分配

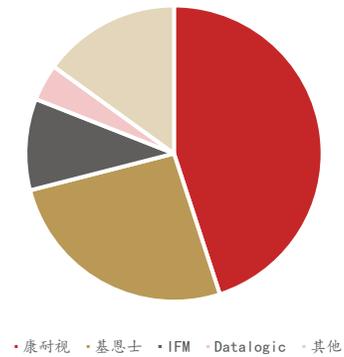
图51：全球智能工业相机市场格局（单位：%）

软件算法：由美、德等国主导，软件的底层算法基本Cognex、Mvtec、Adept等垄断。国内的机器视觉图像处理软件一般是在OpenCV等开源视觉算法库或者Halcon、VisionPro等第三方商业算法库的基础上进行二次开发。



工业相机：智能相机市场康耐视和基恩士目前占比超过70%，板卡式相机前八大企业的市场份额之和为61%。国外产品软硬件优势明显，但产品价格相对较高，对中国市场的应用针对性开发还不足

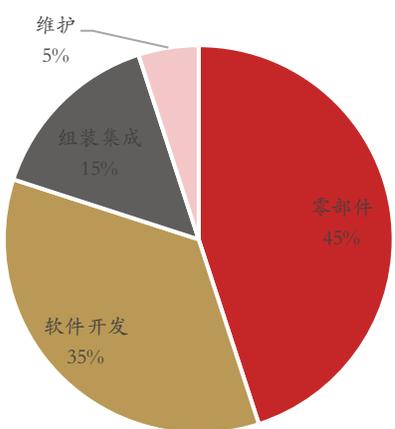
光源：机器视觉照明技术已较为成熟，国内光源市场国产化程度较高，竞争较为充分，能够与国际品牌进行竞争。



工业机器视觉系统及解决方案集成
国际机器视觉市场的高端市场主要被美、德、日品牌占据。康耐视和基恩士作为全球机器视觉行业的两大巨头，垄断了近50%的全球市场份额。

产业整体价值分布：在目前的整个机器视觉系统成本构成中，零部件及软件开发占据了80%的比例，是产业链中绝对的核心环节和价值获取者。

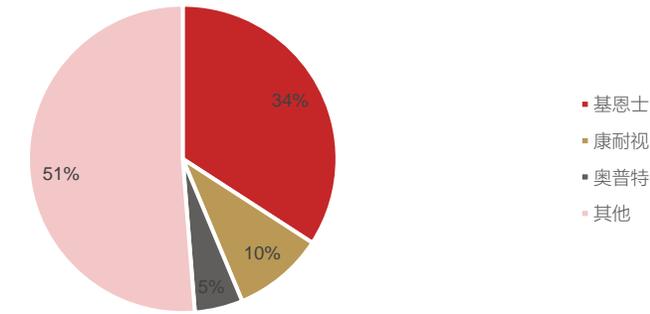
图52：机器视觉系统成本比例



行业发展动态

联合研发：美日欧企业强强联合，CCS和Basler在光源和相机方案中通力合作，满足终端客户需求。
算法优化：HALCON借助深度学习技术，不断更新版本，匹配3D模型并实现边缘识别。
标准化：传统工业机器视觉定制化较多，大厂布局更多标准化可选模块，降低开发周期及成本。

图53：全球工业机器视觉市场格局（单位：%）



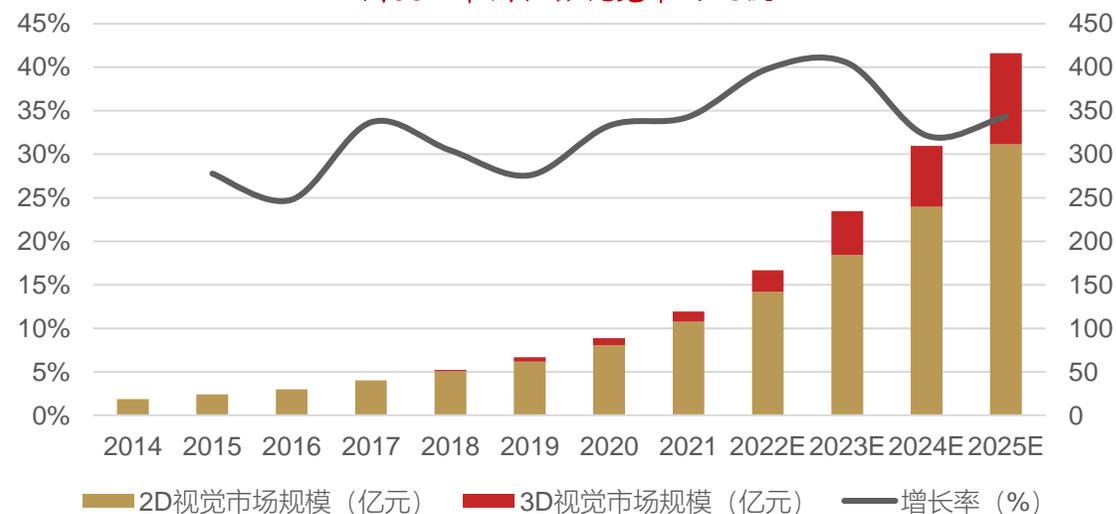
工业机器人视觉：市场应用扩张，市场处于快速增长阶段

- 在全球工业大国提出机器人产业政策的推动下，机器视觉行业顺势迎来快速发展：机器视觉的应用已经从最初的工业领域，扩展至如今消费电子、制药、食品包装等多个领域实现广泛应用。
- 全球机器视觉市场处于快速增长阶段。根据国外调研机构Markets and Markets的数据，2010-2020年，全球机器视觉市场规模呈现不断上升的趋势。2020年，全球机器视觉市场规模达107亿美元，近5年复合增速达14.48%。我国机器视觉市场从2008年进入快速发展阶段。在技术和资本助力下，中国机器视觉行业规模不断增加，且增长速度在2018年以后快速增加，远超全球机器视觉行业规模增速。根据GGII预测，至2025年我国机器视觉市场规模将达到415.92亿元，其中，3D视觉市场规模将达到104.35亿元。
- 目前来看，国内机器视觉行业的市场参与者主要有四种类型：国际综合自动化公司、国际专业机器视觉公司、国内专业机器视觉公司以及国内自动化设备公司。其中，在底层开发商层面还是国际企业占主导地位，国内公司更多是在附加值更低的二次开发层面布局(形式包括系统集成以及组装生产自动化专机)，并在此基础上逐渐向上游核心环节进行尝试。

图54：全球机器视觉市场规模



图55：中国机器视觉市场规模



工业机器视觉产业链主要公司介绍

海外厂商		国内厂商		
产业链	名称介绍	介绍	名称	介绍
工业机器视觉系统及解决方案集成商	日本基恩士 (Keyence)	传感器、测量系统、激光刻印机、显微系统以及单机式影像系统的全球知名供应商。	奥普特	以机器视觉核心部件中的光源产品为突破口，进入了当时主要为国际品牌所垄断的机器视觉市场
	美国康耐视 (Cognex)	机器视觉产品的全球领先供应商，为制造自动化领域提供视觉系统、视觉软件、视觉传感器和工业读码器。	凌云光	富士康、宁德时代股东背景加持
	欧姆龙 (Omron) 工业自动化	提供制造业中传感、控制机器等关键设备的一站式供应	大恒图像	大恒科技的全资子公司。拥有超过二十年的图像采集硬件研发和生产经验，旗下的 CCD/CMOS 工业数码相机产品线覆盖多种接口及分辨率
	国家仪器 (NI)	图像传感器和智能相机，同时也为视觉应用提供强大易用的软件平台	天准科技	前身是天准精密，主要产品为精密测量仪器，后续通过大力研发，不断拓展机器视觉技术以及下游场景应用
	德国巴斯勒 (Basler)		矩子科技	拥有自主研发的3D SPI, 2D/3D AOI机器视觉检测全系列产品，可提供整体检测解决方案的
	伊斯拉视像 (ISRA Vision)		海康	视频硬件转战机器视觉赛道，目前也实现了底层软件的自主开发
工业相机	德国巴斯勒 (Basler)	世界领先的工业相机和高质量数字相机的开发商和制造商，提供多种面阵相机和线阵相机产品线	大恒图像	
	美国康耐视 (Cognex)	制造自动化领域提供视觉系统、视觉软件、视觉传感器和表面检测系统，是全球领先的提供商，其生产的工业智能相机在全球市占率排名第一	海康机器人	海康威视子公司，涵盖全系列工业相机、智能相机、智能读码器、立体相机、视觉控制器、算法平台、镜头及相关配件的产品布局
	日本基恩士 (Keyence)	提供包含光源、相机、PLC控制器等一整套机器视觉系统部件，	华睿科技	大华股份旗下机器视觉子公司，工业相机产品线齐全，包括面阵工业相机、线阵工业相机、单板工业相机、智能工业相机、3D工业相机等
	DALSA (加拿大)	凭借其高端 CCD和 CMOS 芯片研发生产能力，可以为用户提供线阵、面阵、TDI 等各种类型的工业数字相机。	和谦	

工业机器视觉产业链主要公司介绍

产业链	海外厂商		国内厂商	
	名称介绍	介绍	名称	介绍
光源	CCS 日本	国际领先的机器视觉 LED 光源制造厂商之一，在日本国内和海外均占有图像处理用 LED 光源的最大市场份额。拥有核心专利 800 多件，超过 1500 种的丰富产品阵容，能够为客户提供针对图像处理检测问题的“照明解决方案”	奥普特	以机器视觉核心部件中的光源产品为突破口，进入了当时主要为国际品牌所垄断的机器视觉市场
	Moritex 日本	光学镜头领域与光学照明领域的开发经验紧密结合，为各种机器视觉应用提供先进的产品和技术。	凌云光	VisionWARE视觉软件
	AI 美国	是一家专业从事机器视觉光源研发生产的公司，自上世纪 90 年代就开始在机器视觉工业中开发可靠高效的 LED 光源，产品线齐全，质量可靠，在世界机器视觉领域积累了良好的声誉，主要合作伙伴包括 Cognex、Keyence、NI、Omron 等	康视达	机器视觉光源作为公司的核心产品，已经形成 16 大标准系统上千种产品，光源的配套控制器也已形成模拟控制器、数字控制器、频闪控制器以及点光源恒流控制器等四大系列。
软件	Halcon	一套完善的标准机器视觉算法包，拥有应用广泛的机器视觉集成开发环境。由一千多个各自独立的函数，以及底层的数据管理核心构成，软件平台MVtec	纬朗光电	从事机器视觉 LED 光源研发、生产和销售的企业，获得二十几项专利，能为客户提供全套视觉光源与光源定制
	康耐视Cognex	制造自动化领域提供视觉系统、视觉软件、视觉传感器和表面检测系统，是全球领先的提供商，其生产的工业智能相机在全球市占率排名第一，软件平台VisionPro	创科视觉	公司研发的 CKVisionBuilder 是目前机器视觉行业内最简单的视觉系统开发平台，涵盖了定位、测量、识别、读码、缺陷、颜色、3D、逻辑运算等所有图像处理功能。该系统具有极高的通用性
	Opencv	Intel 建立，如今由Willow Garage提供支持，开源省钱，缺少技术支持，可靠性，开发效率，不如商业化软件	奥普特 (OPT)	SciSmart 智能视觉软件 SciVision 视觉开发包
			深圳市精浦科技	OpencvReal ViewBench

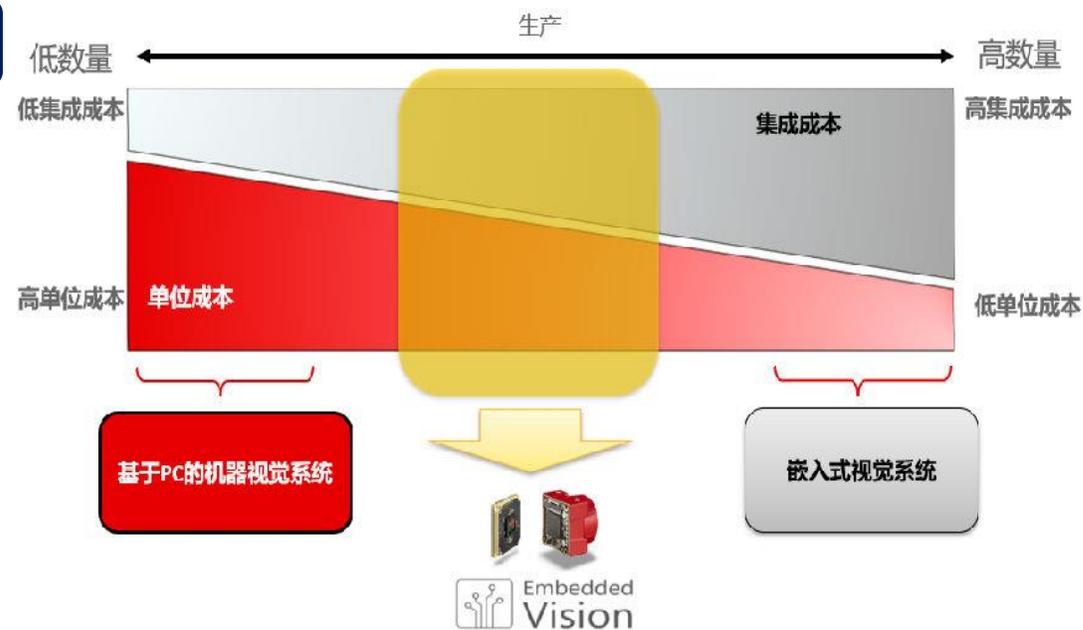
工业视觉发展趋势1：嵌入式机器视觉

- PC式视觉系统：PC的机器视觉应用系统尺寸较大、结构复杂，开发周期较长，但可达到理想的精度及速度，能实现较复杂的系统功能。
- 嵌入式视觉系统：嵌入式视觉系统具有易学、易用、易维护、易安装等特点，可在短期内构建起可靠而有效的机器视觉系统，从而极大的提高了应用系统的开发速度。
- 对能耗要求较高，而重复性成本较高（例如需要 200 台以上相机模组）的高度集成的视觉系统，则嵌入式视觉可能是最适合选择。由于嵌入式视觉的前期集成工作更为复杂，其开发和集成成本普遍高于传统基于PC的机器视觉。所以嵌入式视觉的成本效益尤为重要，可用于重复性费用数量较多的应用。
- 在工业级应用或对视觉成像高要求的嵌入式应用中，普通消费级的嵌入式相机模块无法满足需求。

图56：嵌入式机器视觉应用需求



图57：嵌入式机器视觉与传统机器视觉对比



发展趋势1：嵌入式机器视觉

- 嵌入式视觉技术最主要应用于工业自动化：相比基于PC或者云架构的视觉技术，嵌入式技术将用于实现图像处理和深度学习算法的AI模块集成到工业相机中，实现边缘智能，最主要应用于工业自动化。
- 智能工业相机是工业自动化领域边缘智能的最重要手段：通过AI芯片的集成智能相机可以在特定的应用环境中实现图像处理并利用内嵌的人工智能算法做出逻辑判断，为自动化场景提供无需人工干预的智能方案

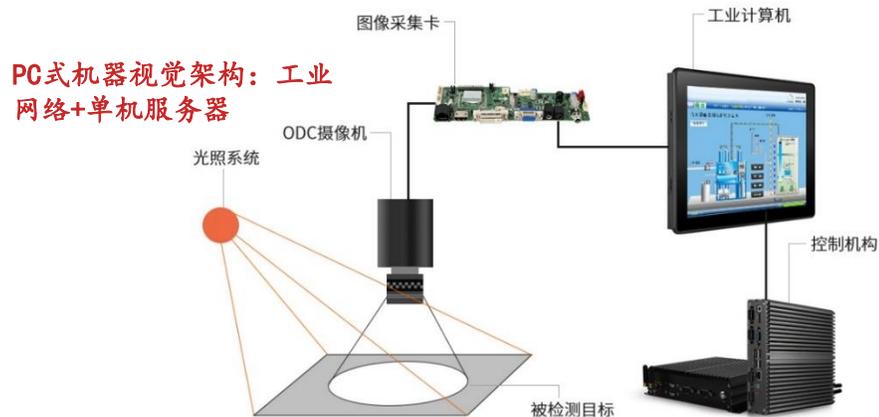
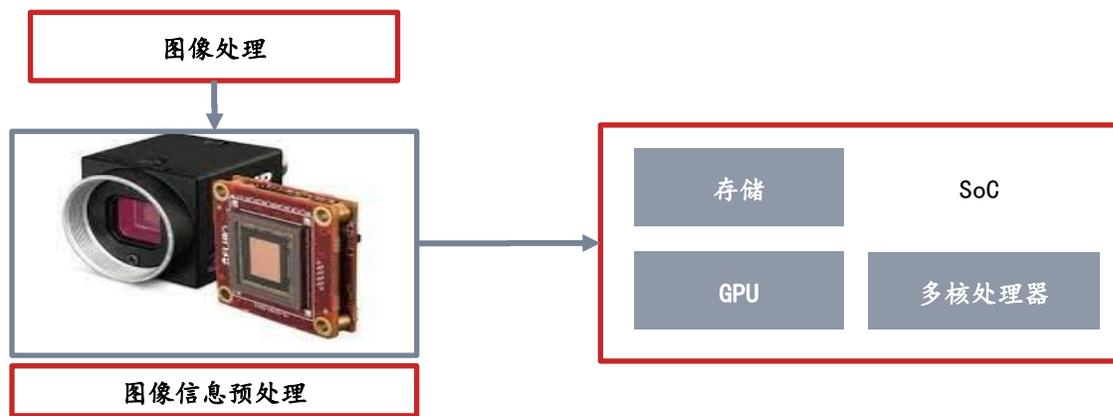
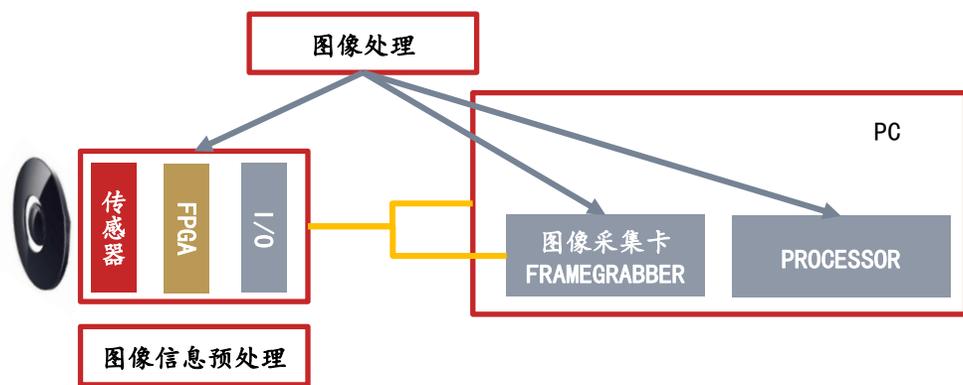
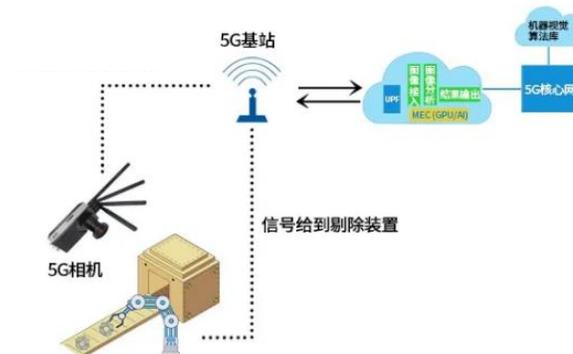


图58：PC机器视觉与嵌入式机器视觉架构对比

VS



发展趋势2：3D机器视觉应用区别于2D

- 在二维（2D）视觉系统中，图像有两个轴X和Y，可以确定所见事物的长度和宽度，但不能确定高度或深度。2D视觉系统不擅长识别任何具有高度和深度的物体。
- 3D视觉技术可以获取物体的深度信息，再通过算法的精准定位让机器在生产过程中对物料的使用和把控更加精准，在精度、稳定性、易用性等方面能很好地满足多类用户的使用需求。3D视觉系统应用场景：1) 机器人引导和表面跟踪 2) 用于放置、包装或组装的料箱拣选 3) 对象扫描和数字化构建 4) 厚度、高度和体积测量 5) 尺寸标注和空间管理 6) 测量形状，孔，角度和曲面 7) 检测表面或装配缺陷 8) 相对3D CAD模型的质量控制和验证。
- 3D机器视觉对计算密集程度要求高：随着多核CPU & GPU等技术发展，提供的计算能力足以满足3D机器视觉需求，3D机器视觉部署不会受到计算资源的限制。
- 3D视觉不只是单纯和芯片或算法的问题，还涉及到相关的光学、结构、散热等问题，加上芯片、算法构成的复杂技术系统，使3D视觉的芯片和解决方案有非常高的技术门槛，需要投入更多时间、技术、人才。

图59：2D机器视觉主要应用领域



图60：3D机器视觉主要应用领域

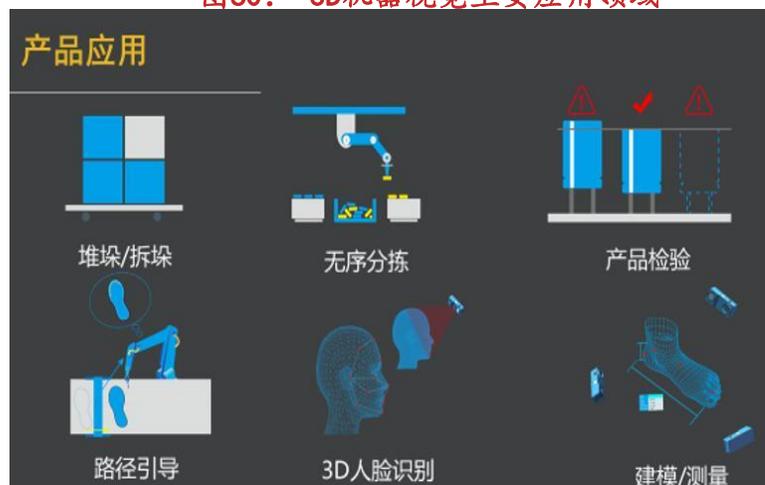


图61：3D机器视觉和机器人结合



发展趋势2：3D机器视觉四种技术比较

- 目前 3D 图像技术有四种主要技术：双目立体视觉、结构光、激光三角测量（属于结构光一种）、飞行时间（TOF）。其中：
 - 1) 双目视觉技术是基于视差原理，并利用成像设备从不同的位置获取被测物体的两幅图像，通过计算图像对应点间的位置偏差来获取物体空间信息。
 - 2) 结构光技术是通过探测投射在被测物体表面特定结构光学图案的变化来测算距离。与双目视觉相同的是，其也使用三角测量法，不同的是增加了主动投射。
 - 3) ToF（飞行时间）成像技术通过激光器主动发射调制过后的光脉冲信号至目标面上，利用传感器接收反射光，利用反射回激光的相位差或时间差进行运算得到距离数据。

图62： 双目摄像头原理图

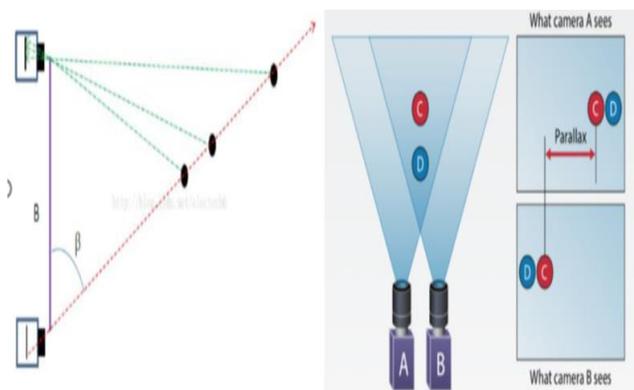


图63： 激光 3D 视觉原理图

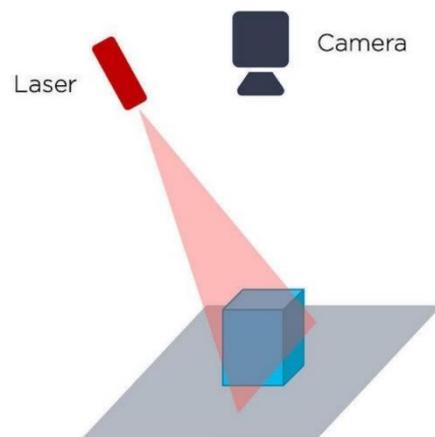
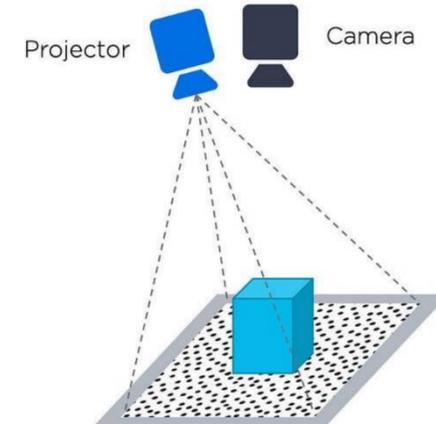
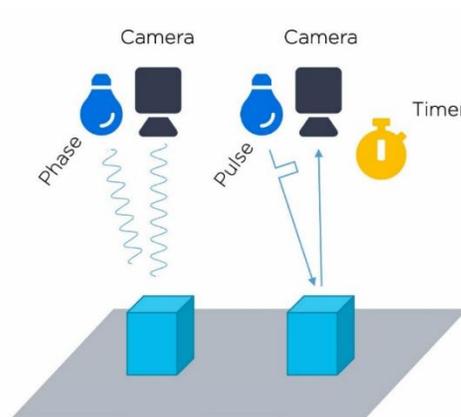


图64： 3D 飞行时间（TOF）原理 图65： 3D 结构光空间视觉原理图



发展趋势2：3D机器视觉技术比较，ToF方案会是目前首选

- 双目、结构光、激光三角法与TOF方案在3D视觉方案各有优缺点：双目立体成像方案软件算法复杂，技术还不成熟；结构光方案技术成熟，功耗低，平面信息分辨率高，但是容易受光照影响，识别距离近；TOF方案抗干扰性好，识别距离远，但是平面分辨率低，功耗较大面较为成熟。

	双目成像	激光三角法	3D结构光	TOF
原理	双目摄像头	光学三角原理	投影条纹斑点编码	光反射时间差
弱光环境	弱	良好（受光源影响）	良好（受光源影响）	良好（不受光源影响）
强光环境	良好	弱	弱	一般
深度精确度	高	一般	一般	低
分辨率	良好	良好	良好	一般
响应时间	一般	快	慢	快
识别距离	与双目摄像头距离有关	短	短（5米以内）	一般（10米以内）
软件要求	高	高	一般	一般
成本	高	一般	高	一般
功耗	低	一般	一般	低
缺点	低光环境差	易受光源影响	平面分辨率差	易受光源影响

工业机器视觉发展趋势2： 双目摄像头&结构光产业链， 核心是CMOS传感器

- 双目摄像头属于被动光探测方案， 结构光属于主动光探测方案， 包括发射端和接收端两部分， 以典型结构光模组为例， 发射端核心元器件包括垂直腔面发射激光器（VCSEL）、扩散片（diffuser）和透镜， 接收端核心元器件包括图像传感器、窄带滤光片和透镜。

图66： 结构光、双目摄像头主要BOM



工业机器视觉发展趋势2: iToF&dToF 产业链, 核心是激光器和探测器

图67: ToF模组主要BOM



- iToF模组的核心组件包含VCSEL和（某些场景LED）图像传感器。VCSEL发射特定频率的调制红外光。图像传感器在曝光（积分）时间内接收反射光并进行光电转换。
- dToF核心组件包含VCSEL、单光子雪崩二极管SPAD和时间数字转换器TDC，dToF模组的VCSEL向场景中发射脉冲波，SPAD接收从目标物体反射回来的脉冲波。Time Digital Converter (TDC) 能够记录每次接收到的光信号的飞行时间，也就是发射脉冲和接收脉冲之间的时间间隔。

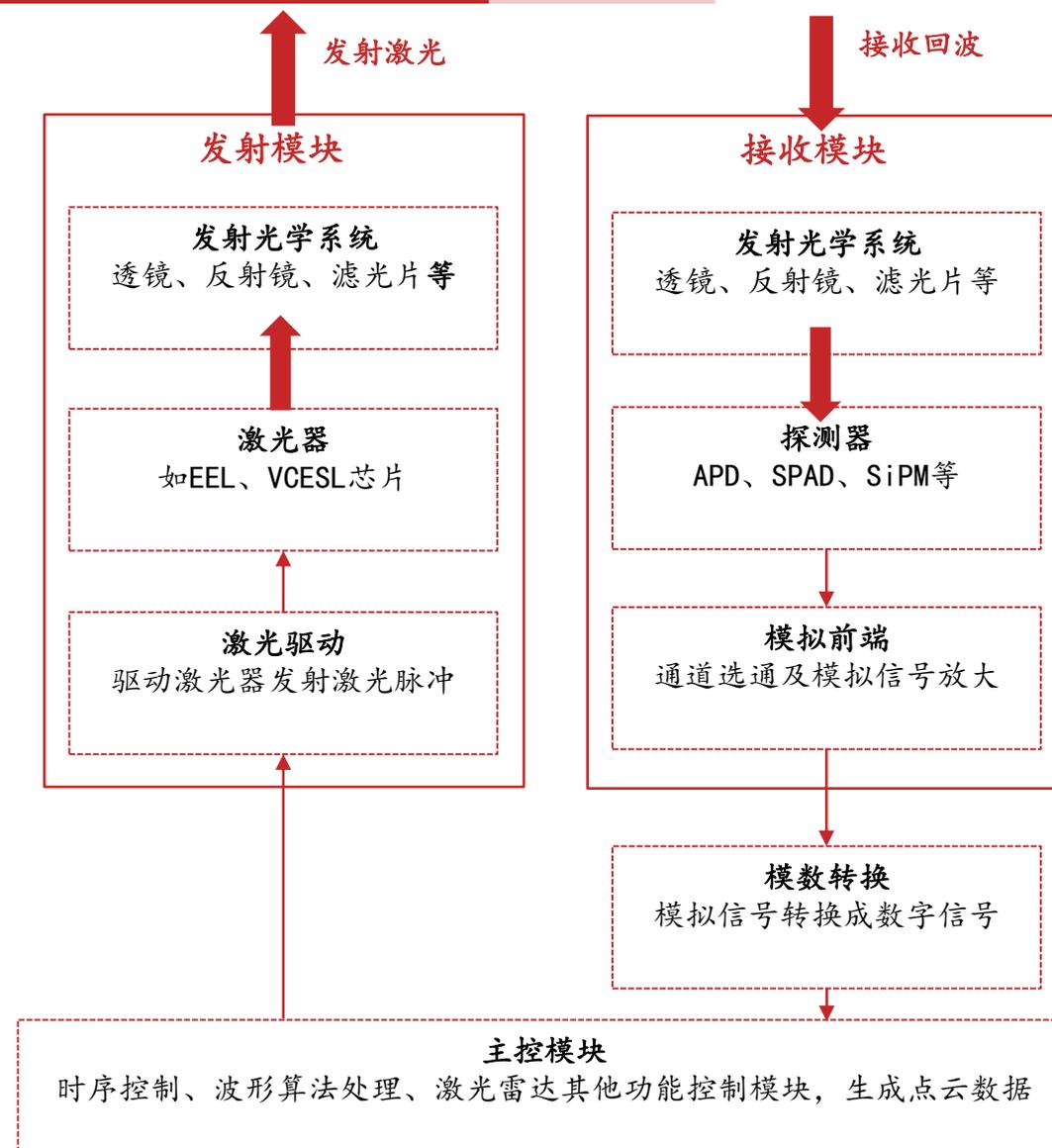


图68: TOF核心模块示意图

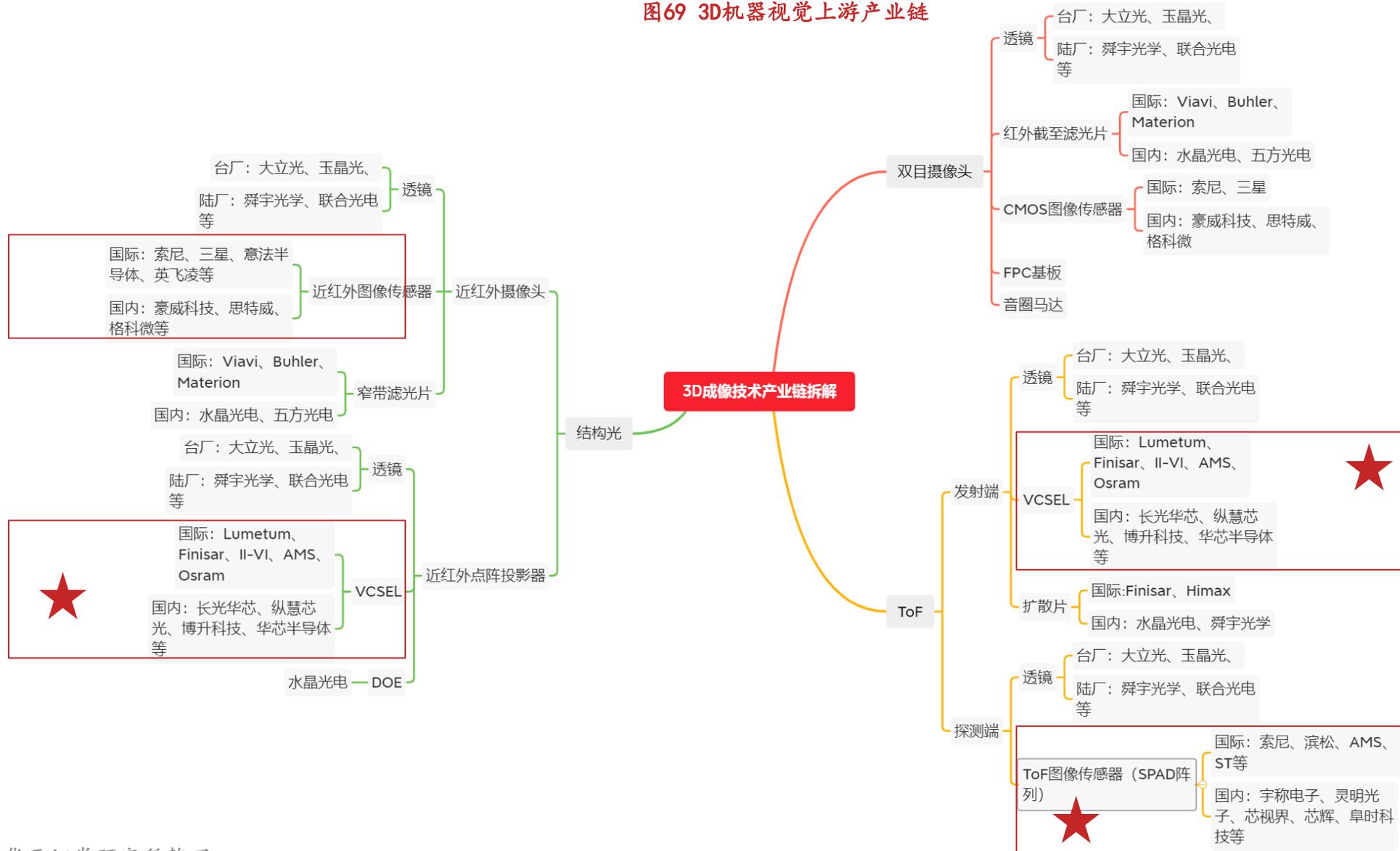
工业机器视觉发展趋势2：iToF&dToF技术差异较大，各自适用于不同场景

- TOF在集成到其他3D相关的应用时，尤其是移动端和机器人平台，要考虑它的能耗和成本，以及在各种复杂场景下的抗干扰能力。决定了dToF和iToF有着各自适用的应用场景。

		iToF	dToF
技术	激光器	VCSEL激光器发射特定频率的调制红外光	VCSEL
	探测器	CMOS传感器	SPAD探测器、时间数字转换器TDC
性能参数	精度	深度精度在 cm 级，随着测量距离的增大，反射光的强度减小，相位测量的信噪比减小，绝对误差也会随之增大	实际精度只能达到cm级别，和iToF相近，理论上dToF测量误差不会随着测量距离的增加而增大
	有效探测距离	有效探测距离会受到调制光的频率限制	会受到测量频率（相邻两次测量的间隔时间）限制
	图像分辨率	高	
	能耗	iToF目前大多采用连续波调制且为面光发射方式，随着测量距离的增大，需要提高光照功率或者延长曝光时间来获取更高的精度，功耗也会大幅增加	dToF采用脉冲激光，脉冲波能够达到超低占空比，功耗也较低。由于dToF的测量精度不会随着测量距离的增大而降低，所以功耗也会相对较低。
	成本	iToF采用的是模拟电路结构，需要模数转换芯片。iToF的系统集成容易，不需要额外的测量路。	dToF采用的是数字电路架构，不需要模数转换。dToF的核心组件SPAD的制作工艺复杂，现有的资源少。在系统集成方面，dToF还需要额外的时间处理电路，系统集成难度较高
	抗干扰	iToF在曝光阶段，部分环境光混杂在调制光中被传感器接收，然后计算相位偏移。无法从单次测量的结果中区分出环境光引起的干扰。环境光越强，引起的深度误差也越大	dToF单帧深度图获取时，会经历多次重复测量，并且采用时间直方图统计的方式计算飞行时间，比较容易区分信号中的干扰成分。抗环境干扰能力更强。
应用场景	应用区别	iToF的图像分辨率较高，在物体识别，3D重建以及行为分析等应用场景中能够重现场景中更多的细节信息，在机器人、新零售等应用领域占优。	dToF功耗低，并且体积小巧，更加适合工业机器人等需快速进行测距避障检测的应用，以及其他在空间受限的紧凑型设计中。在户外应用场景中也比较占优。

3D机器视觉上游产业链：重点关注VCSEL芯片、SPAD等领域

图69 3D机器视觉上游产业链



发展趋势2：工业自动化是3D机器视觉重点增长市场

- 在3D机器视觉已有规模化落地的工业自动化、工业检测、物流科技、商业应用四大垂直系统市场，目前3D机器视觉仍是一个全新的技术以及产品在新的场景落地。
- 3D机器视觉的市场空间目前看来是几十K左右，与2D的工业相机大几百K的出货量相比，只有5%-10%。
- 从增长潜力和增长空间来，在未来五年左右，工业自动化会有不少于50倍的增长空间。工业检测是目前在行业渗透率上来讲相对比较高的一个机器视觉落地应用，但也意味着它的增长空间小。3D机器视觉在物流科技领域是非常创新的应用落地，物流具有相当大的市场，对3D机器视觉至少有一百倍以上的增长空间。如机器人配合3D机器视觉，对于重物和大件物体进行搬运、抓取、分拣这些动作。

表10：3D机器视觉主要应用市场规模

	工业自动化	工业检测	物流科技	商业应用
数量	5K	5K	10K	10K
	15%	15%	35%	35%
价值	200M	300M	50M	30M
	35%	50%	10%	5%
增长潜力	50x	10x	100x	1000x
主要障碍	降低成本	降低成本	工程实现	场景探索

3D机器视觉模组及相机相关公司

产业链	海外厂商		国内厂商	
	名称介绍	介绍	名称	介绍
3D模组及相机	基恩士	3D Vision系列, 944 万像素相机和创新的投影算法	奥比中光	国内最早做3D方案 (~8年) • 阿里投资, 重点市场: 手机及非手机市场
	康耐视	3D-A5000 & In-Sight 双目成像技术	安思疆	创始人技术背景、技术研发能力强, dToF
	巴斯勒	Basler blaze3D相机, 工系列, 采用ToF技术	华捷艾米	主打MR市场, 做3D是半路转行, 结构光
	LUCID Vision Labs	Helios2系列 采用3D ToF技术	银牛微电子	芯片+双目成像
			瑞识智能	3D结构光模组
			深视智能	线激光、点激光、点光谱在内的多条产品线
			盛相科技	硬件内部完成复杂的结构光拍摄控制和解算, 直接输出3D点云数据
			图漾科技	双目+结构光的方案。
			埃瓦科技	基于自主开发的算法SOC芯片, 双目立体视觉技术
			深慧视(深圳)	结构光3D相机
			格灵研究院	
			芯歌智能	激光3D轮廓相机, 激光3D
			奕目科技	光场成像法, 全新一代光场三维检测技术。通过仿生昆虫复眼成像, 单相机、单次拍摄, 三维成像
			华睿科技	包括结构光和线激光两种类型相机
			埃尔森	激光结构光方案
			西安知象光电	构光3D成像模组核心硬件技术和3D人工智能算
			中科行智	3D结构光和3D线激光两种类型相机
			维感科技	基于ToF技术开发的DCAM710模组
			视纳弗	3D视觉应用的是一体双目、LED蓝色结构光技术
			中科慧眼	双目立体相机
		如本科技	采用465nm蓝色条纹结构光和先进点云合成算法	
		熵智科技	3D结构光+数字散斑 (双目3D成像升级版)	

资料来源: 各公司官网, 华西证券研究所整理



03 工业机器人及AGV投资机会拆解

工业机器人/AGV概念及应用领域

- 工业机器人是面向工业领域的多关节机械手或多自由度的机器装置，它能自动执行工作，是靠自身动力和控制能力来实现各种功能的一种机器。它可以接受人类指挥，也可以按照预先编排的程序运行，现代的工业机器人还可以根据人工智能技术制定的原则纲领行动。
- 工业机器人的种类:移动机器人（AGV）、点焊机器人、弧焊机器人、激光加工机器人、真空机器人、洁净机器人。
- 工业机器人应用:工业机器人的典型应用包括焊接、刷漆、组装、采集和放置（例如包装、码垛和SMT）、产品检测和测试等。

图70 工业机器人产业链

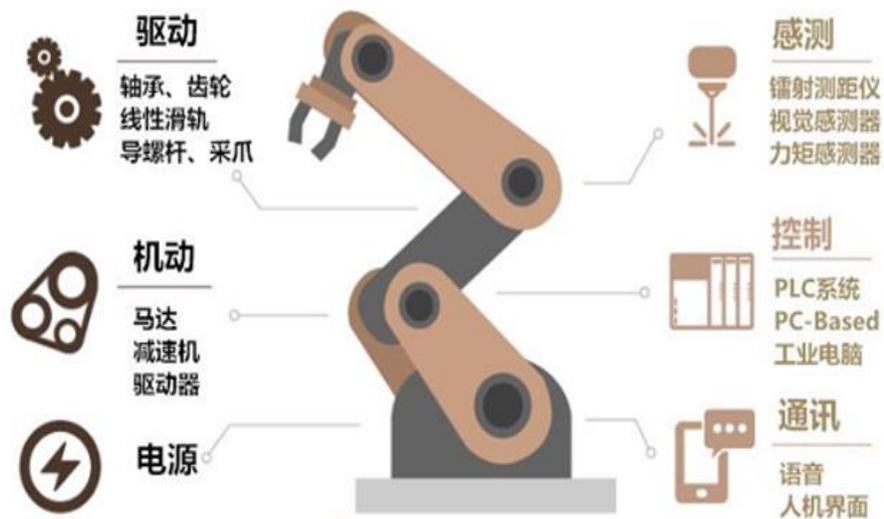
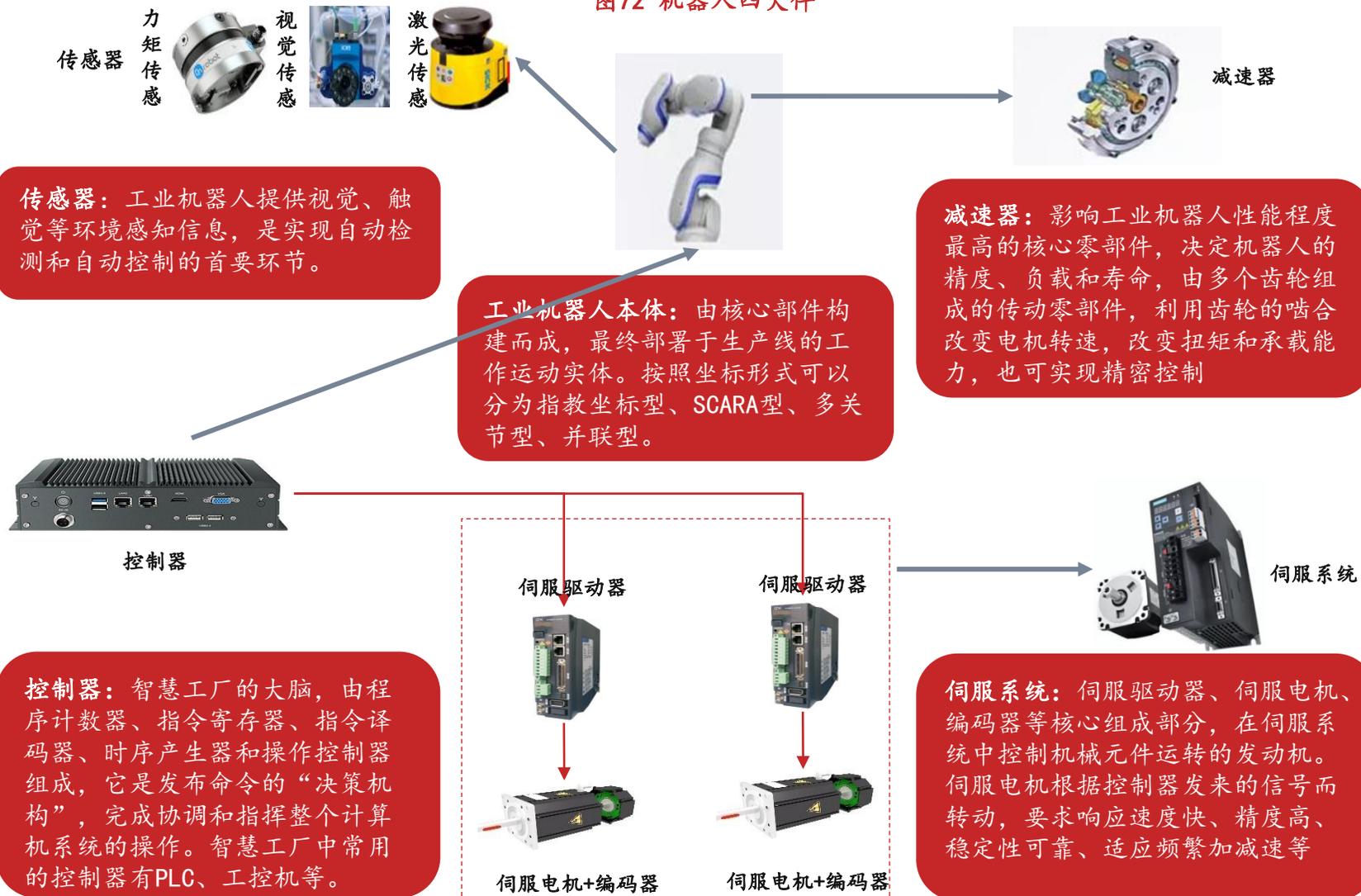


图71 AGV产业链



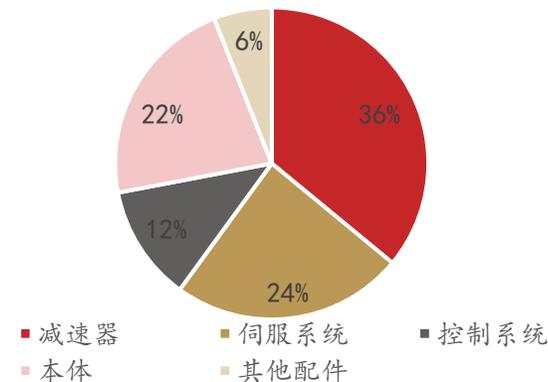
工业机器人四大件：控制器、伺服系统、减速器、传感器

图72 机器人四大件



工业机器人生产成本结构中，上游核心零部件占比较高，伺服系统、控制器与减速器构成占比超过70%，本体制造仅占23%，工业机器人的驱动与控制功能均来自核心零部件，相比本体制造，核心零部件的技术壁垒更高，因此生产成本占比高，其中减速器行业壁垒最高，是中国工业机器人领域发展最薄弱环节，因此成本相对较高。

图73：工业机器人成本构成

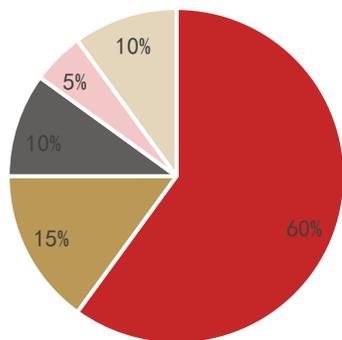


工业机器人产业链竞争格局，伺服及控制国产迎头赶上

• 减速器市场格局:

- 从全球来看，日本减速器企业持续在减速器结构、材料、加工制造技术、润滑、降噪和检测方面行业领先优势明显，代表企业为纳博特斯克 (Nabtesco)、哈默纳科 (Harmonic Drive) 等。
- 哈默纳科 (Harmonic Drive) 与纳博特斯克 (Nabtesco) 分别在谐波减速器和RV减速器领域取得了市场主导地位，两者在全球减速器市场份额超过70%。

图74: 2020年全球机器人减速器市场格局

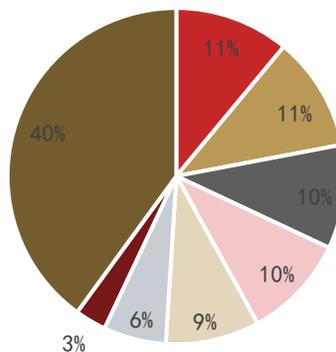


■ Nab哈默纳科 ■ 纳博特斯克 ■ 住友 ■ SPINEA ■ 其他

• 国产伺服系统:

- 2020年中国伺服系统市场份额占比最高仍然主要是日本等外资企业，但是国产企业占比大幅度增高，其中代表汇川2020年市场占比10%。禾川、汇川等国产品牌增速领衔，汇川在伺服系统市场规模增速为86%，禾川有40%左右。
- 国产企业发展迅速，发展国产替代率逐年升高。2020年，国内从事伺服系统的供应商超过300家。

图75: 2020年中国伺服系统市场格局

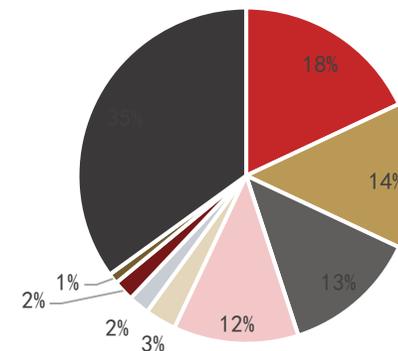


■ 安川 ■ 三菱 ■ 松下 ■ 汇川 ■ 台达 ■ 西门子 ■ 禾川 ■ 其他

• 工业控制器:

- 2018年，四大家族在中国控制器市场的占比与其在本体市场的占比基本保持一致，约为53%;国内部分企业控制器仍需外购。
- 国内自主品牌本体市场市占率达32.8%，而在控制器市场仅占21.8%，国内企业控制器尚未形成市场竞争力，但是出现了一批有代表性的企业，比如汇川技术、埃斯顿、新时达、固高科技、新松、华中数控等企业较有优势。

图76: 2018年国内工业控制器市场格局



■ 发那科 ■ 库卡 ■ ABB ■ 安川 ■ 启帆 ■ 埃夫特 ■ 新松 ■ 埃斯顿 ■ 其他

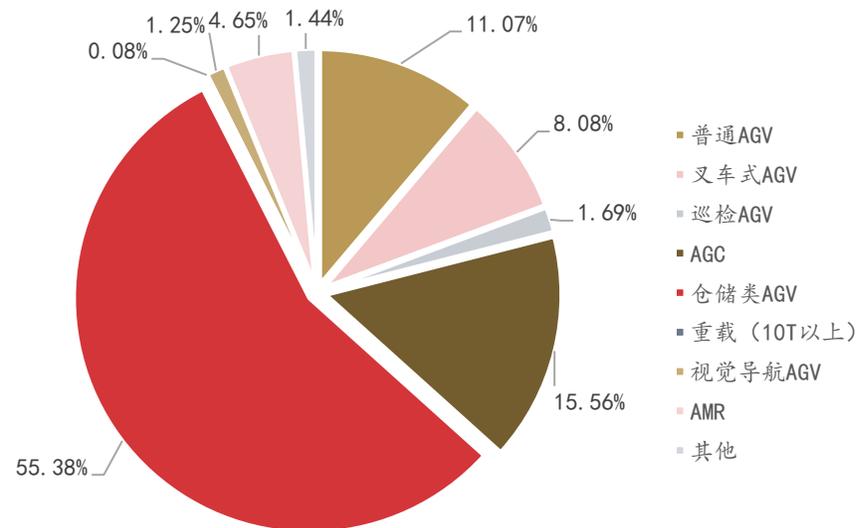
AGV与5G网络结合，工业场景落地最具吸引力

- 在工业场景应用上，AGV信息交互多采用私有化网络，但该通讯模式（工业以太网、WIFI 等）在跨厂区、长距离搬运等复杂场景下存在网络传输距离短、带宽较小、时延方面的通讯限制。数据通讯不畅，AGV则需在每个场景都构建地图，规划路径，配备任务，这制约了AGV在应用层的渗透。
- 通过5G技术链接AGV多个应用场景，实时把数据接入进来：未来AGV无人搬运机器人不只是简单的把货物搬运到指定的位置，而是要把大数据、物联网、云计算等贯穿于产品的设计中，让AGV搬运机器人成为一种实时感应、安全识别、多重避障、智能决策、自动执行等多功能的新型智能工业设备。

表11: AGV不同通信技术对比

各通信方式应用优缺点		
	优点	缺点
工业以太网	(1) 应用广泛 (2) 实时传递难以实现 (3) 有可持续发展潜力 (4) 通信速率较高	(1) 有速率瓶颈 (2) 实时传递难以实现
WIFI	(1) 成本较低 (2) 普及度高 (3) 技术较为完善	(1) 通信距离受限 (2) 稳定性较差 (3) 安全性较低 (4) 组网能力较弱
5G	(1) 延时低 (2) 速率高 (3) 连接广	(1) 成本较高 (2) 技术受限

图77: 2019年各类移动机器人销售占比



工业等应用市场快速增长，AGV市场规模持续扩大

- 2018-2020年，全球工业移动机器人销售数量和金额逐年增长，到2020年工业移动机器人出货量为70602台，销售额为23.588亿美元，分别同比增长42%和25%；从平均销售收入来看，2018-2020年呈现逐年递减的态势，随着市场和技术日益完善，产品单价逐渐下降。
- 根据中国移动机器人（AGV）产业联盟、新战略机器人产业研究所数据统计，2019年度，中国移动机器人（AGV）市场规模达到61.75亿元（含工业类AMR），较之于2018年增长幅度为45.2%，其中营收超亿元的企业达到18家。2019年AGV机器人所有品类产品新增量33400台（不包含小黄人品类），较之于2018年增长约12.8%。
- 2019年度，国内移动机器人（AGV）市场仍然呈现出较大幅度的增长，在一些细分与创新领域应用超过预判。少数集聚了大数据、人工智能、AI技术的新型移动机器人（AGV）企业发展速度惊人。

图78：中国AGV市场规模（单位：亿元）

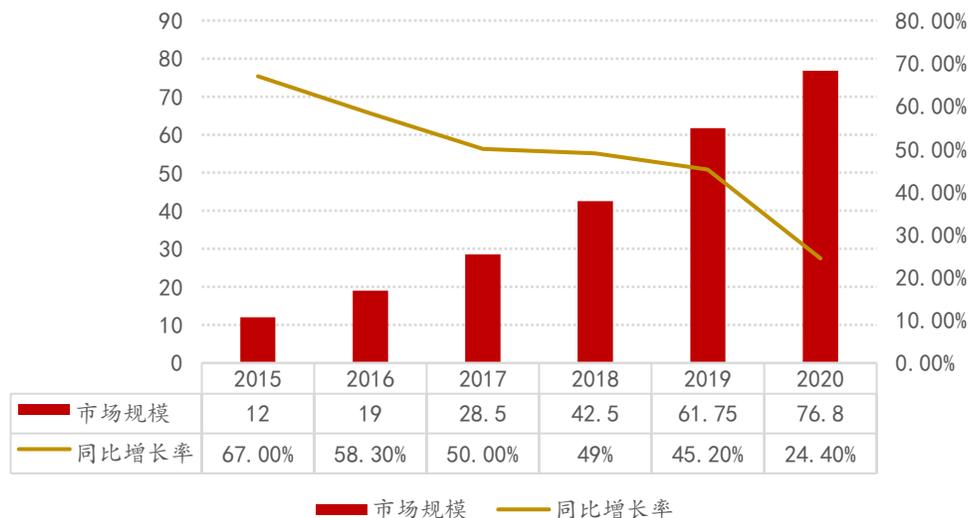
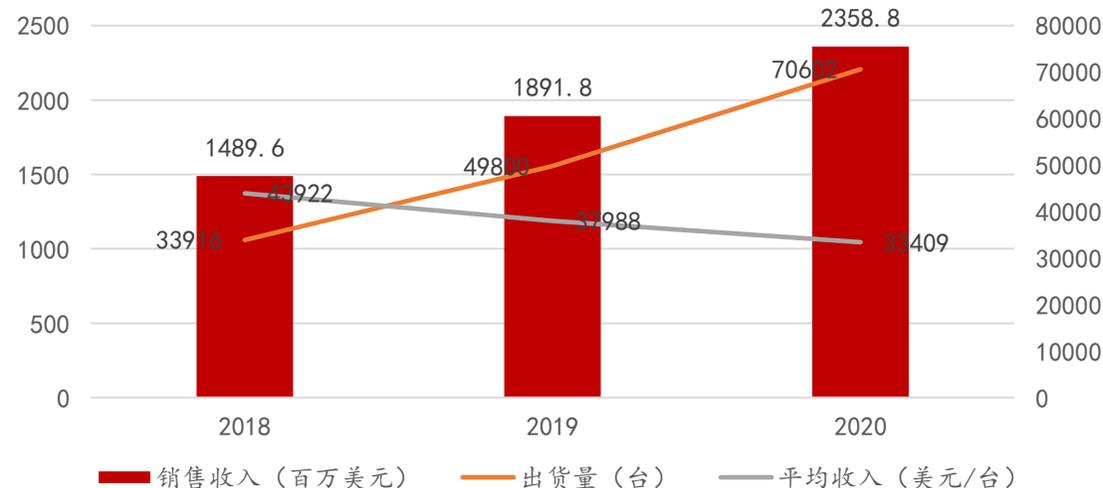


图79：2018-2020年全球AGV市场规模情况



PLC：关键电子元器件：MCU、FPGA、存储、通信芯片等

图80：PLC原理框图

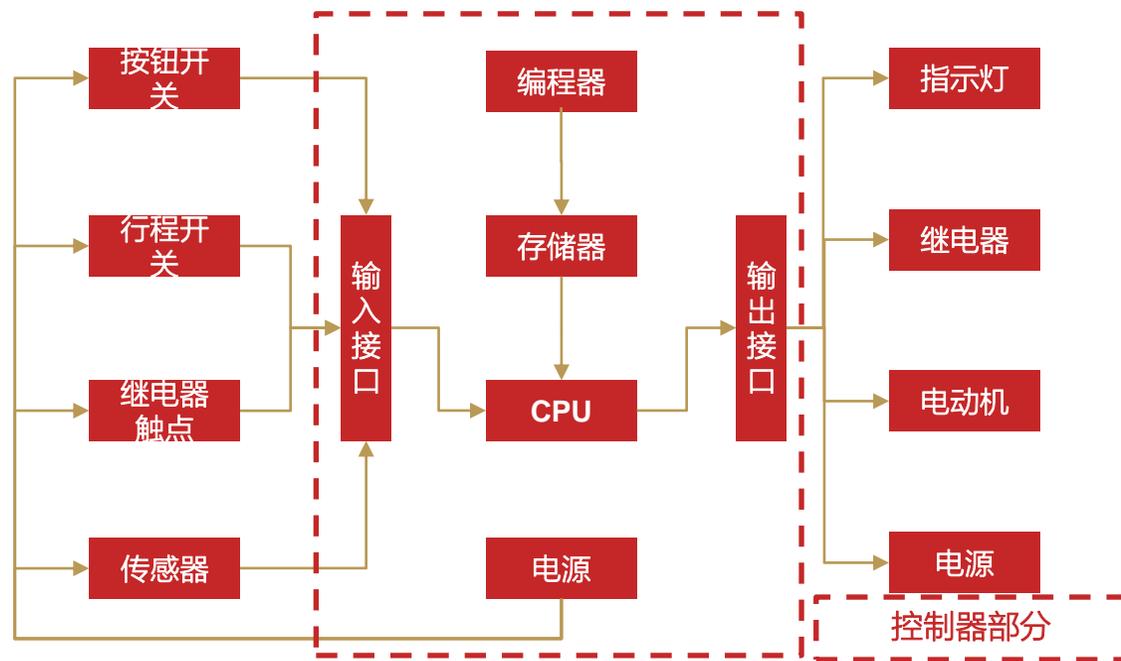
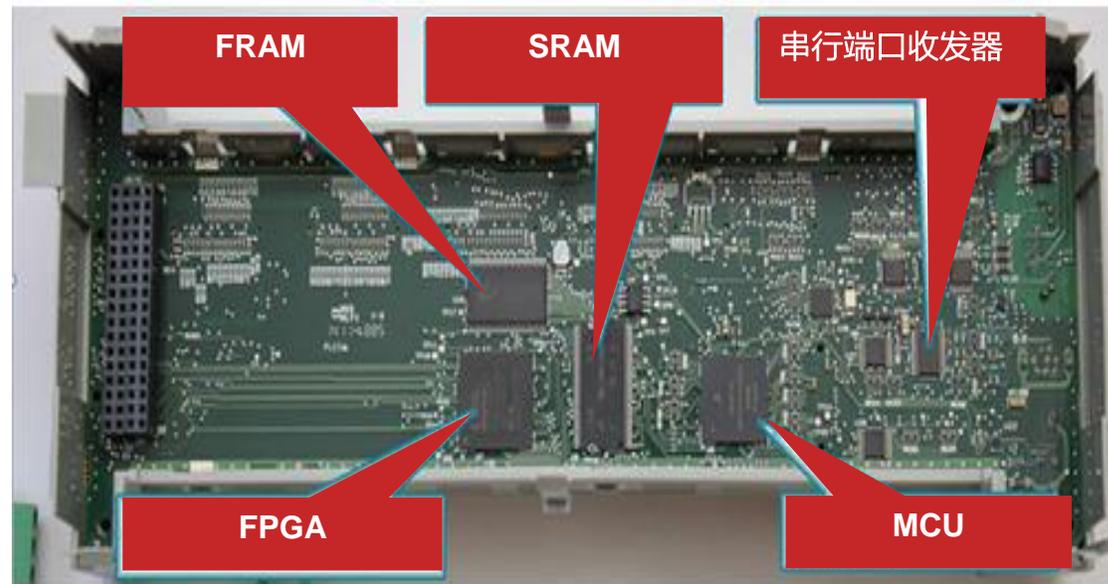


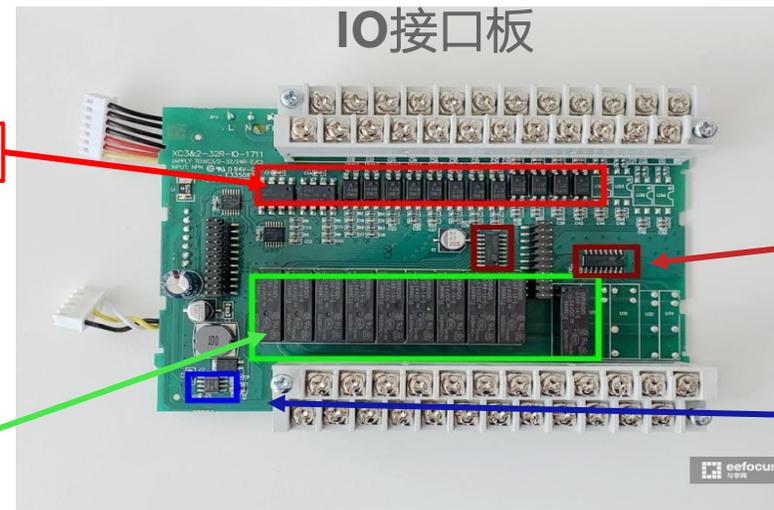
图81：PLC主要电子元器件



- PLC一种具有微处理器的用于自动化操控的数字运算操控器，可编程操控器由电源、CPU、存储、输入/输出接口、电源、数字模仿转化等功用单元组成。
- 电源：将外部电源转化成PLC内部所需的直流电，现在大部分PLC选用开关式稳压电源供电。
- 中央处理单元（CPU /MCU）：PLC的操控中枢，也是PLC的核心部件，其功用决定了PLC的功用。
- 存储器：作用是寄存体系程序、用户程序、逻辑变量和其他一些信息。其体系程序是操控PLC完结各种功用的程序，由PLC出产厂家编写，并固化到只读存储器（ROM）中，用户不能拜访。

PLC拆解：电源板+IO接口板+主控板

图94

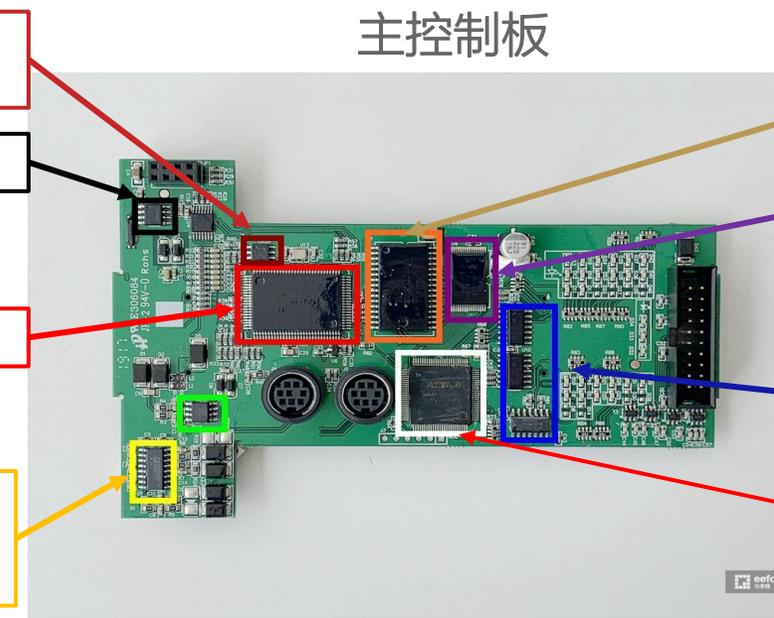
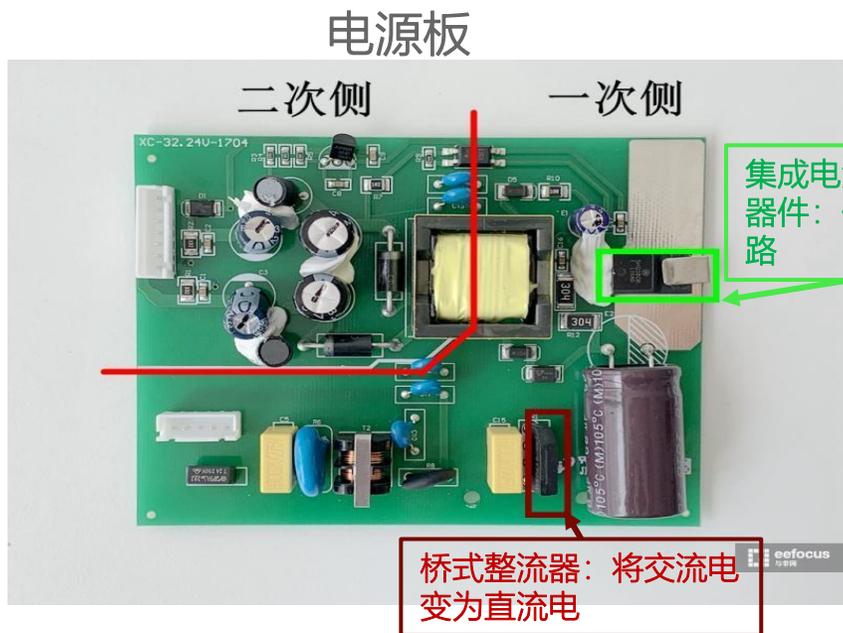


光耦隔离

复合晶体管驱动
(达林顿管)：
用来驱动继电器

继电器

RS485 收发器：
构建 PLC 的
RS485 通信电
路



加密芯片
EPROM

SRAM

时钟芯片

NOR Flash

MCU

施密特触发器

RS232 收发器
RS232 通信电
路

FPGA可编程
接口芯片

伺服系统：关键电子元器件：DSP、隔离器、IGBT、存储、网络芯片等

- 伺服驱动器:用来控制伺服电机，主要应用于高精度的定位系统。一般是通过位置、速度和力矩三种方式对伺服电机进行控制，实现高精度的传动系统定位。
- 伺服电机（配合编码器）:伺服系统中控制机械元件运转的发动机，是一种补助马达间接变速装置。伺服电机可使控制速度，位置精度非常准确，可以将电压信号转化为转矩和转速以驱动控制对象。伺服电机转子转速受输入信号控制，并能快速反应，在自动控制系统中，用作执行元件，且具有机电时间常数小、线性度高等特性，可把所收到的电信号转换成电动机轴上的角位移或角速度输出。分为直流和交流伺服电动机两大类，其主要特点是，当信号电压为零时无自转现象，转速随着转矩的增加而匀速下降。

图82： 伺服驱动器



图83： 伺服电机+编码器

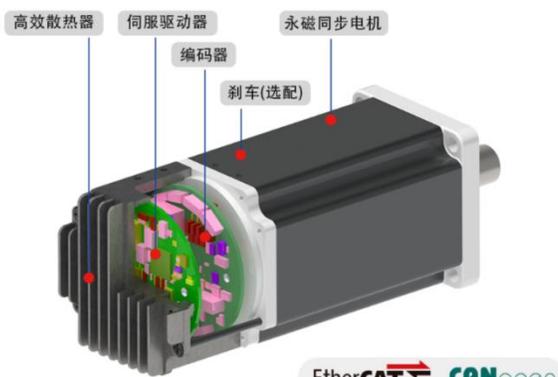
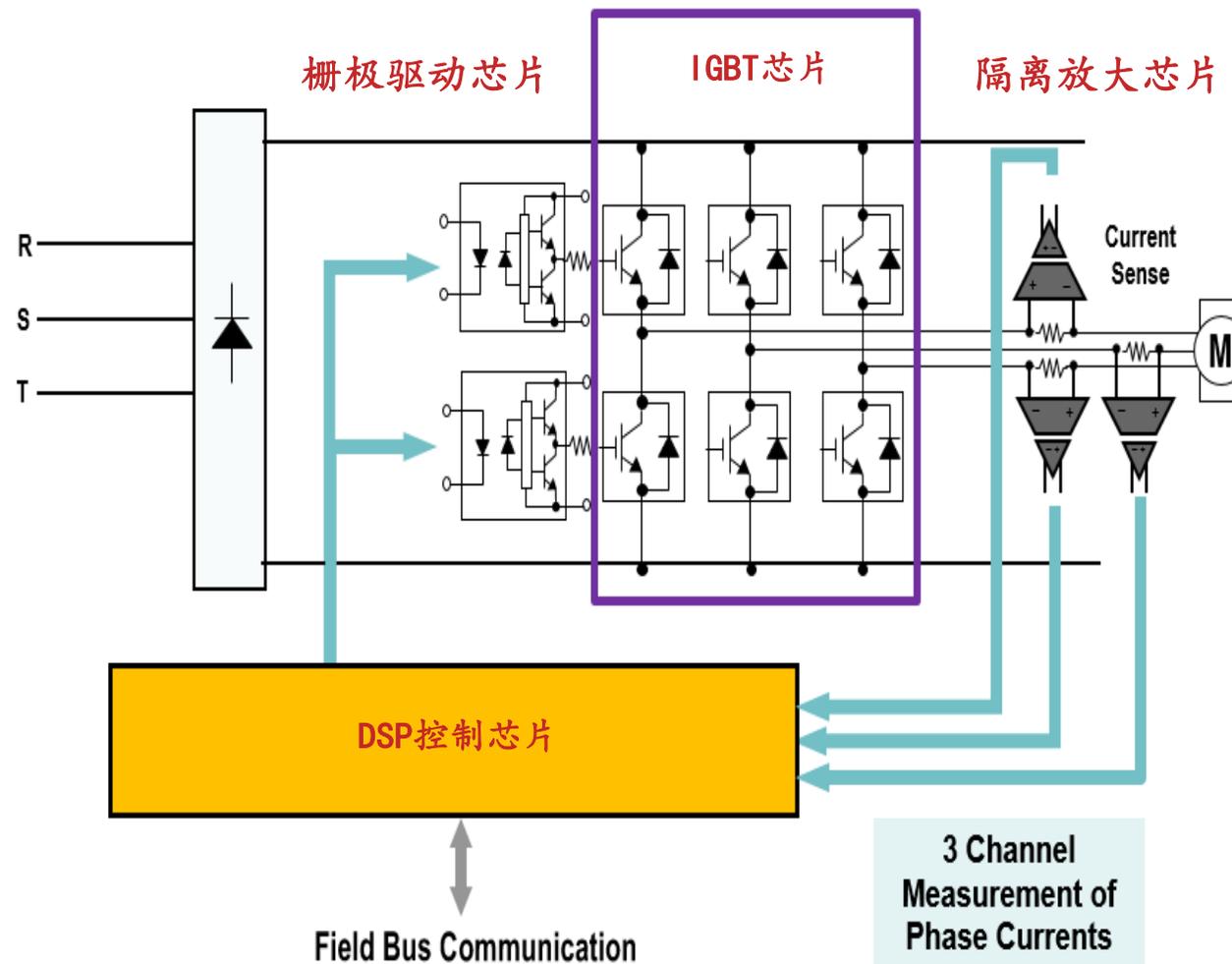


图84： 伺服驱动器主要上游IC



伺服系统拆解：控制模块+通信模块

- 伺服驱动器核心构成主要包括主控制器和电力电子板、信号处理和通信板。
- 其中主控制板核心芯片括：DSP芯片（对电机进行速度、位置和电流的控制，同时也能够与上位机进行通信），IGBT模块（将直流电压转换为三相交流正弦电流的交流电压）
- 信号处理和通信板核心芯片包括：FPGA、以太网PHY芯片、存储芯片。

图85： 伺服驱动器控制模块原理及拆解图

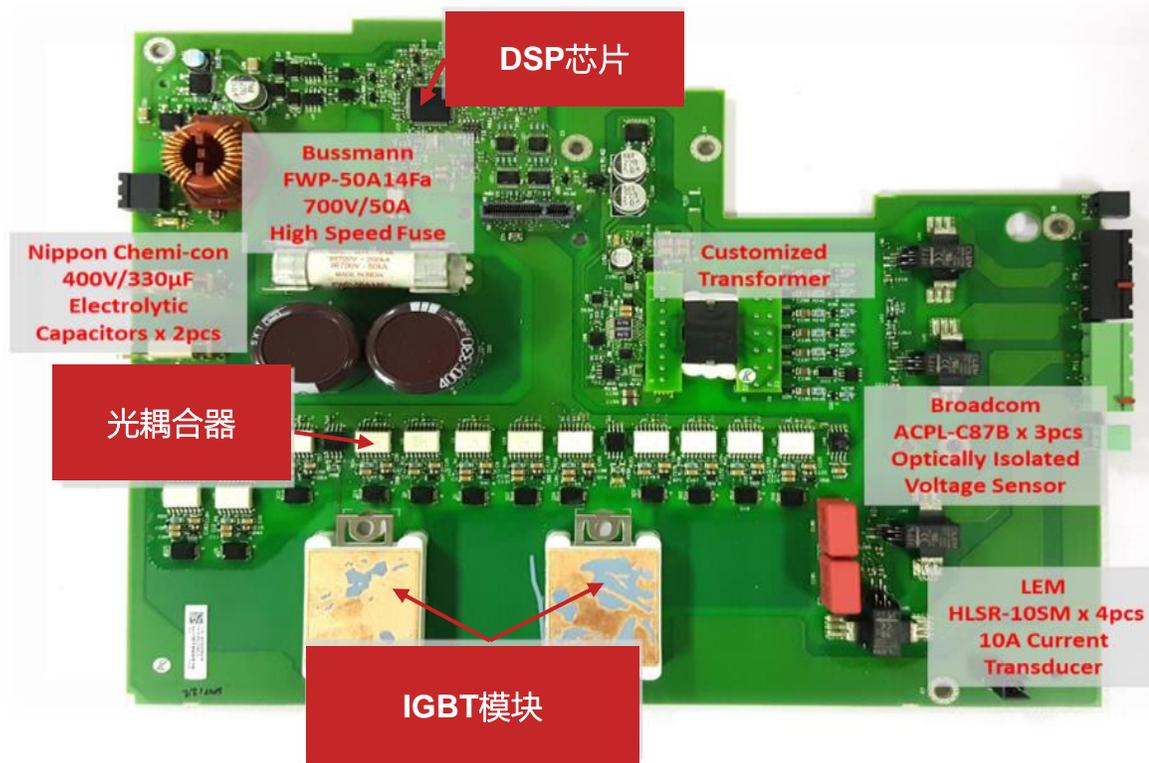
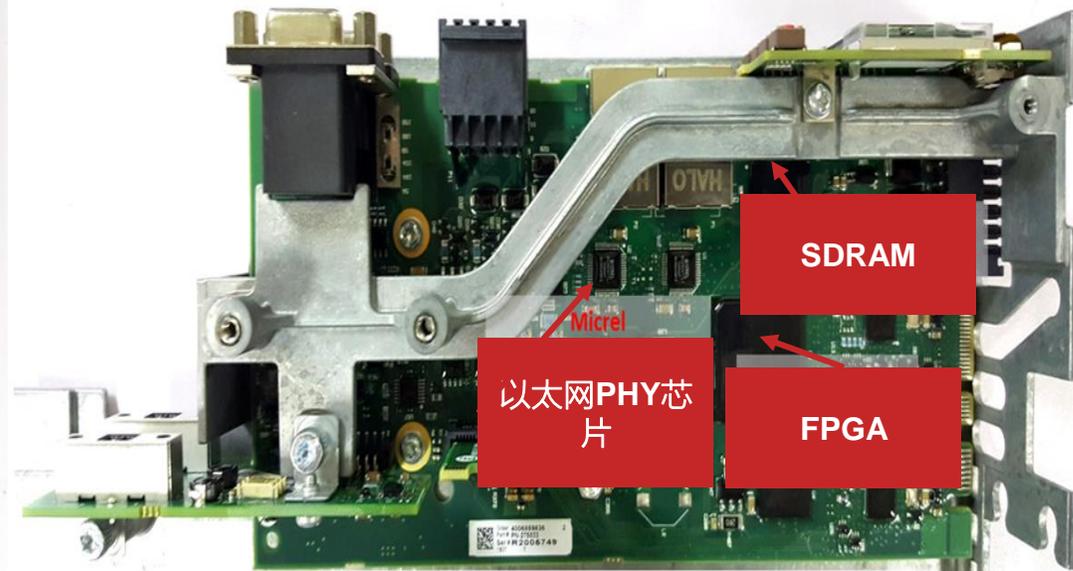


图86： 伺服驱动器控制通信模块拆解图



AGV关键零部件产业链

- AGV最主要的成本集中于减速器、伺服系统、控制器等核心零部件上,且核心零部件供应商主要为国外厂商,国产替代空间巨大。相关上市公司包括汇川技术(伺服系统)、雷赛智能(控制器)、绿的谐波(减速器)、埃斯顿(本体)等。

核心零部件		产业链公司
减速器	国内	绿的谐波、南通振康(RV)、埃斯顿、中大力德、双环传动(RV)、秦川机床
	国外	哈默纳科、纳博特斯克、住友、帝人
传感器	国内	美新半导体、巨星科技、中海达、矽创电子、MCUBE
	国外	西克、日本基恩士、北阳、欧姆龙、博通、意法半导体
控制系统	国内	华中数控、新松机器人、新时达、南京埃斯顿、汇川技术、广州数控、固高科技
	国外	库卡、ABB、安川、发那科、爱普生、贝加莱、柯马
伺服系统	国内	汇川技术、固高科技、埃斯顿
	国外	松下、安川、三菱、伦茨、西门子、博世
驱动器	国内	金陵制造、凤凰动力、同普电力、三相技术、合肥智轮
	国外	德国夏波穆勒、意大利马路达、意大利CFR

工业IC产业链：工业IC国内产业链薄弱，替代空间巨大

- 目前即便是国产PLC产品，其内部采用的重要元器件基本都是国际知名的半导体商的器件，涵盖TI、ADI、ST、欧姆龙、瑞萨、安森美、Microchip、MAXIM等等，而国产器件基本没有，工业领域国产芯片崛起的道路依旧任重道远。
- 按照系统中芯片面积看MCU、FPGA、NOR Flash、通信接口芯片等芯片占比较大，光耦、触发器等芯片数量应用较多。

应用	类型	芯片细分领域	代表厂商
主控板	数字IC	MCU	瑞萨、英飞凌、NXP、TI、ST、赛普拉斯
		FPGA	赛灵思、Lattice
		DSP	TI、ADI、NXP
		施密特触发器	nexperia（安世半导体）
	存储	NOR Flash	Windbond、Macronix、兆易创新、Microchip
		SRAM/FRAM	赛普拉斯、镁光、聚辰半导体
		EPROM	ST、ON、聚辰半导体、普冉股份
	模拟	ADC（伺服控制高精度电流和电压检测，至少12位精度）	ADI、TI、MAXIM、MICROCHIP
	模拟IC/数模混合	加密芯片	ST、Microchip（Atmel）、聚辰半导体、ON、ABLIC
		时钟芯片	瑞萨、Maxim
网络接口芯片		Broadcom、Marvell	
功率器件	IGBT	英飞凌、富士电机、三菱电机、Semikron、Vincotech	
电源板	模拟IC/数模混合	整流器	英飞凌
		开关电源	ON SEMI
IO口板	模拟IC/数模混合	网络接口芯片	Broadcom、Marvell
		隔离器件	博通、TI、SiliconLabs、VISHAY
		驱动芯片	ST



04 工业IC：DSP芯片投资机会拆解

DSP概念及原理

- DSP芯片，也称数字信号处理器，是一种特别适合于进行数字信号处理运算的微处理器，其主要应用是实时快速地实现各种数字信号处理算法。其独特之处在于它的即时处理能力，使得DSP最适合支援无法容忍任何延迟的应用。
- DSP芯片内部采用程序和数据分开的哈佛结构，具有专门的硬件乘法器，广泛采用流水线操作，提供特殊的DSP指令，可以用来快速的实现各种数字信号处理算法。现在DSP产品很多，定点DSP有200多种，浮点DSP有100多种。
- DSP芯片即指能够实现数字信号处理技术的芯片，可以用来快速的实现各种数字信号处理算法。数字信号处理器（DSP）具有实时信号处理能力和强大的运算功能。DSP片内集成部分A/D功能，可直接将模拟信号与DSP相接。
- 随着技术的进步和完善，运动控制器从以单片机、MCU或专用芯片作为核心处理器，发展到以DSP或者FPGA作为核心处理器的通用开放式运动控制器。

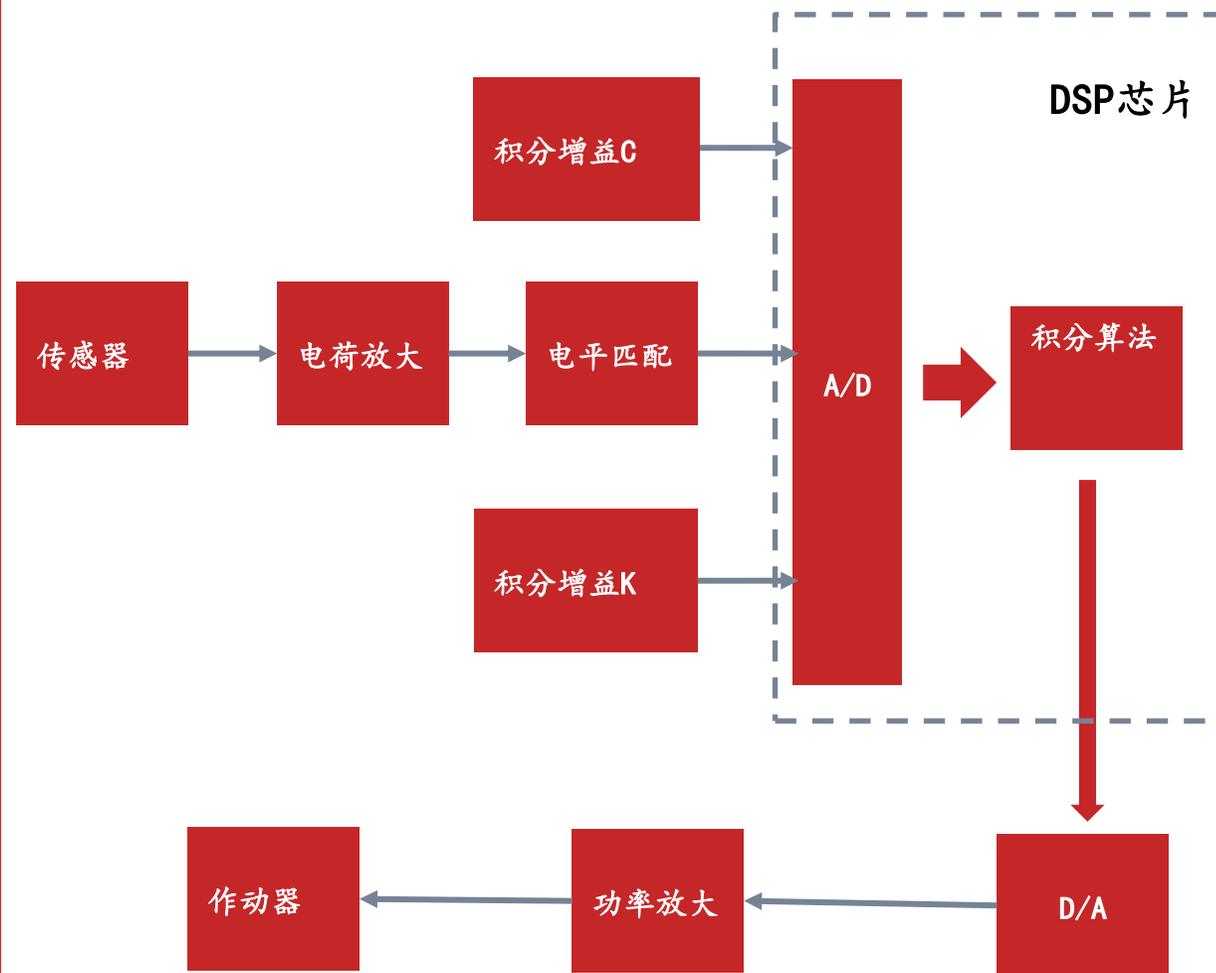


图87： DSP系统原理框图

DSP芯片在工业机器人、能源、电机等实时性要求高的领域应用广泛

表12 DSP不同应用领域特征

数字信号处理技术的应用	
应用领域	内容
军事通信	雷达&声呐在现代车事上被要求用更快的速度精准地进行目标定位和实时处理多信号，同时要对外界有足够强的抗干扰能力以及极高的保密性。在短时间获取情报信息和及时做出军事决策。要求数字信号处理技术快速算法、高精度和强抗干扰性能。
医疗设备（小型设备&精密设备）	小型可穿戴医疗设备需要实时掌握身体数据并及时对治疗方案进行调整、要求诊疗设备可操作性强、低成本；精密医疗设备，要求对数字信号处理技术精度高、高分辨率图像、提高处理效率的能力的挑战，扩展了现代医疗诊治手段。
气体检测	数字信号处理技术主要在气体检测中用于滤波和仿真，为了在环境和成分相关参数调节的基础上能够合理地气体进行检测处理来满足在不同工业环境和选择上对气体成分和标准的需求。
数字图像处理	数字滤波器和变换模型对图像的识别、压缩、增强、切割、复原等图像处理。随着A技术的发展，数字图像处理技术可更精准、更快速地捕捉目标物体，在AI修复、多维度模型上有更多的应用价值
机器人控制	机器人的核心是控制系统，一般是有数字信号处理器完成运动指令、操作流程等工作。机器人控制系统对数字信号处理的要求是对大量实时信号获取后快速地将其转化成操作指令。

DSP芯片广泛应用于数字控制、运动控制方面的应用。在工业控制领域，工业机器人被广泛应用。机器人控制系统重中之重就是实时性，需要采用高性能的 DSP。随着不断提高 DSP 数字信号芯片速度，在系统中容易构成并行处理网络，大大提高控制系统的性能，使得机器人系统得到更为广泛的发展。

工业机器人



- ✓ 性能要求高
- ✓ 运算效率高
- ✓ 静态精度高
- ✓ 实时响应快
- ✓ 外设速度快

能源



- ✓ 可靠性高
- ✓ 失效率低
- ✓ 全温范围运行
- ✓ 品控严格
- ✓ 使用寿命长

电机



- ✓ 设计难度高
- ✓ 研发周期长 (>2年)
- ✓ 工业要求高
- ✓ 结构复杂
- ✓ 高速高精度外设

电源



DSP芯片市场规模超过100亿元，工业自动化是重要应用领域

- 2020年国内DSP芯片市场规模达到136.92亿元，需求量达到34.15亿颗。而国内DSP芯片产量，2020年仅为0.91亿颗，国产化率不足3%。
- 预计至2025年，我国DSP市场规模将达到190亿元，需求量将达到47亿颗。
- DSP芯片广泛应用于通信领域、消费及自动控制领域、军事及航空航天领域，仪器仪表领域等。

图88： DSP市场规模产值&出货量

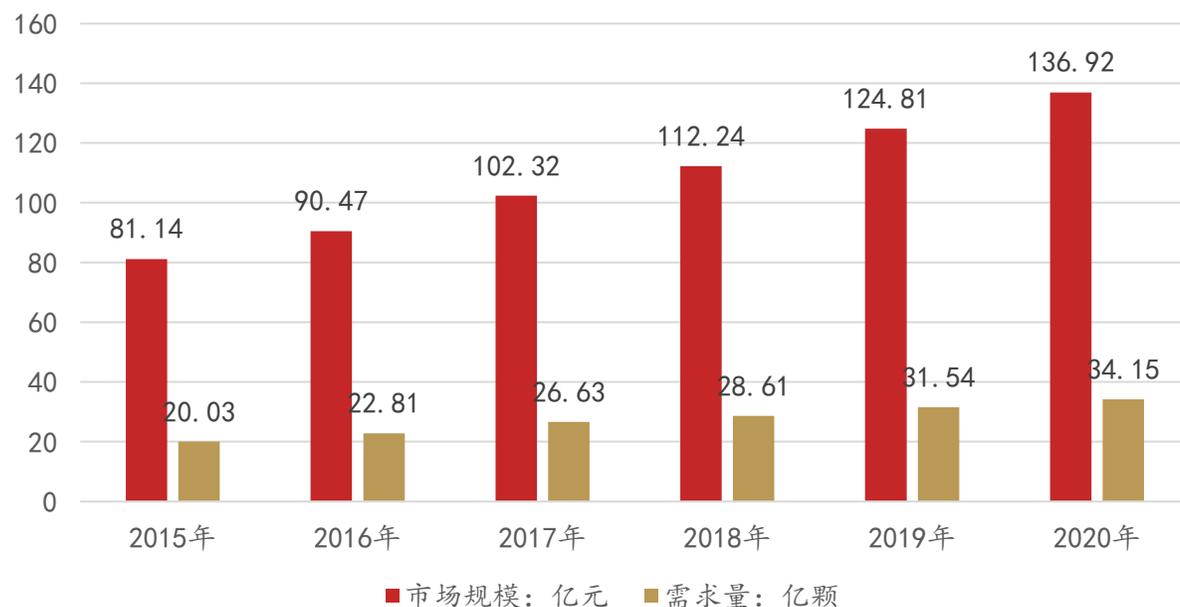
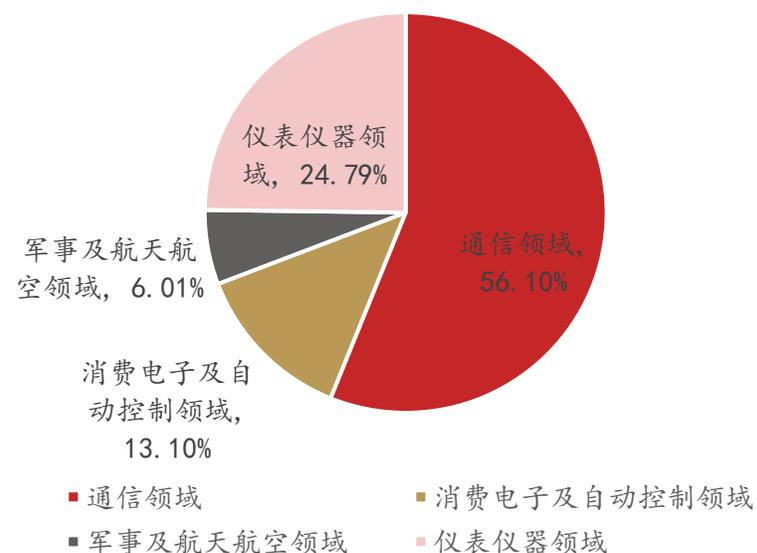


图89： DSP应用分布



DSP芯片市场格局：TI一家独大，国产化率极低

- 目前DSP主要生产商：德州仪器（TI）、模拟器件公司（ADI）、摩托罗拉（Motorola）、恩智浦（NXP）、杰尔系统（AgereSystems）。
- 面向数据密集型运算而生，本质上是专用处理器内核，没有硬件冲突检测，控制性能弱，虽然有先发优势，但是其生态封闭。
- 从整个行业来看，欧美厂商产品处于垄断地位，同时国产DSP芯片的国产率非常低（不到3%）具备自研微加速部件能力的团队也不多，国产自研厂商较少的原因产品本身设计难度高、研发经验的科研院所不多、国外竞品性能好、国产化大部分在研发MCU为主。

图90： DSP芯片市场份额

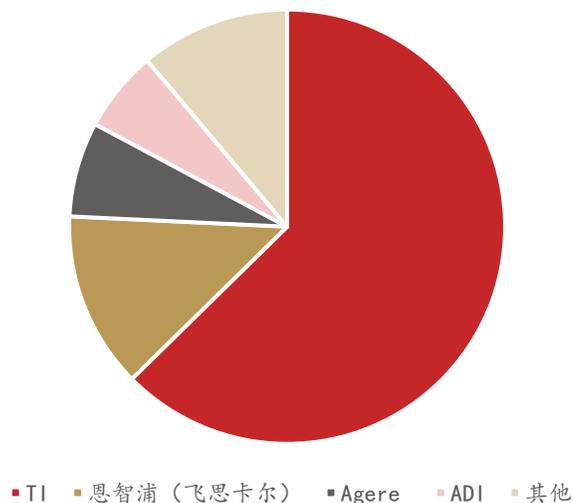
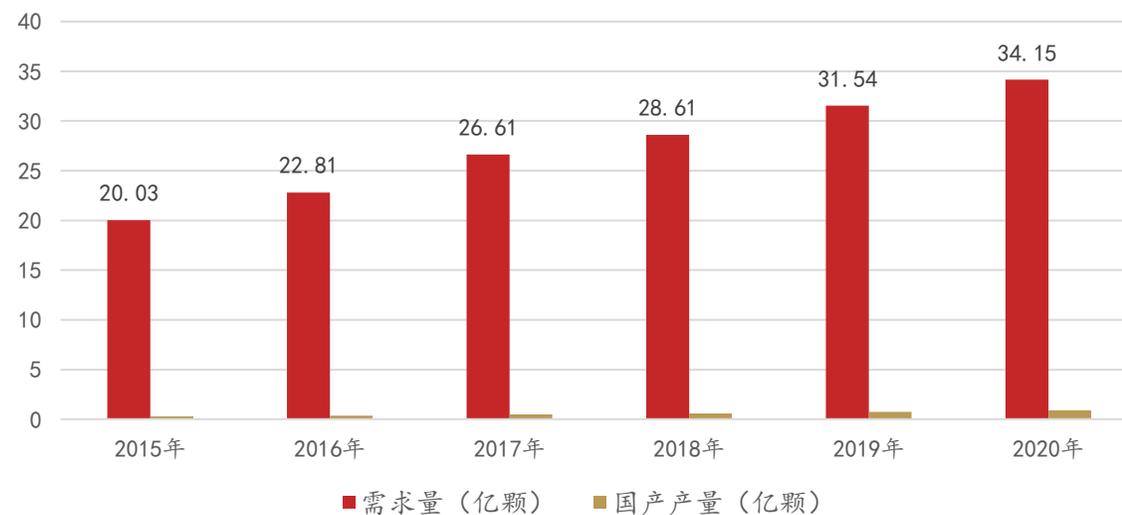


图91： DSP芯片国产化率不足3%



DSP技术发展趋势：异构化、集成化、小型化

内核结构持续改善

多通道结构

单指令多重数据 (SIMD)

特大指令字组 (VLIM)

异构处理器融合

DSP和微处理器的融合，一颗芯片实现智能控制和数字信号处理两种功能

DSP和高档CPU的融合

高集成化、缩小尺寸

SoC化，把一个系统集成在一块芯片上，这个系统包括DSP和系统接口软件等

多个DSP芯核、MPU芯核以及外围的电路单元集成在一个芯片上

可编程化定点化

对标FPGA场景，DSP可编程化，满足厂家在同一个DSP芯片上开发出更多不同型号特征的产品

DSP多为16位的定点，随着DSP定点运算器件成本的不断降低，能耗越来越小，优势日渐明显。

国内主要DSP芯片厂商

企业名称	成立时间	城市	主要产品	应用领域
中电科38所	1965年	合肥	魂芯系列DSP	雷达、电子对抗、通信、图像处理、医疗电子、工业机器人等高密集计算领域
国家专用集成电路设计工程技术研究中心	1985年	北京	数字信号处理器DSP	消费类电子、移动通信以及超级计算等领域
中电科14所	1994年	南京	华睿系列DSP	雷达、消费领域
昆腾微	2006年	北京	音频DSP	收音、无线音频传输、信号链、USB音频
湖南进	2012年	长沙	反向设计, TI生态16位/32位定点DSP、32位浮点DSP	工业控制、航天、医疗、通信等
宏云技术	2012年	苏州	内置MCU和DSP的双核SOC芯片	电机控制、Qi标准无线充电、逆变器、可穿戴设备、麦克风阵列
创成微	2012年	深圳	高性能DSP处理器、音频DSP芯片, 音频SoC芯片	音视频应用、智能音响、汽车电子、智能家居、机电控制系统、工业控制
本原微	2018年	青岛	智能融合型DSP芯片	高性能数字信号处理、高性能计算、工业控制等
毅梁微	2018年	长沙	国防科技大学“银河飞腾”DSP团队, TI生态	智能装备、移动通信、数字电源、轨道交通、新能源汽车
中科昊芯	2019年1月	北京	中科院背景, RISC-V	新能源汽车、储能及光伏、白色家电、数字电源等
卢米微	2019年	南京	双生态 Arm优先+RISC-V	M-DPU, 对边TI市场+ST市场+边缘计算市场
无锡芯领域	2022年	无锡	DSP芯片IP	



05 工业IC：隔离器投资机会拆解

隔离器基本原理及技术对比

- 电气隔离是指在电路中避免电流在两个区域之间流通，确保没有实际的电气连接，涉及到AC-DC或中高电压DC-DC电源转换的电子电路，都需要电气隔离。隔离器主要有两方面的作用：1) 保障人员和设备的安全；2) 提高电路的抗干扰能力，电气隔离可以去除两个电路之间的接地环路，可以阻断共模、浪涌等干扰信号的传播，让电子系统具有更高的安全性和可靠性。
- 隔离器件包括光电耦合器与数字隔离器
 - 1) 光电耦合器：光电耦合器（简称光耦），由发光源和受光器两部分组成，输入的电信号驱动发光二极管，光探测器接收发光二极管光源产生光电流，随放大输出
 - 2) 数字隔离器：数字隔离器基于CMOS工艺，使用变压器或电容将数据以磁性方式或容性方式耦合到隔离栅的另一端。

图92： 光耦合隔离器 与电容型数字耦合隔离器技术原理

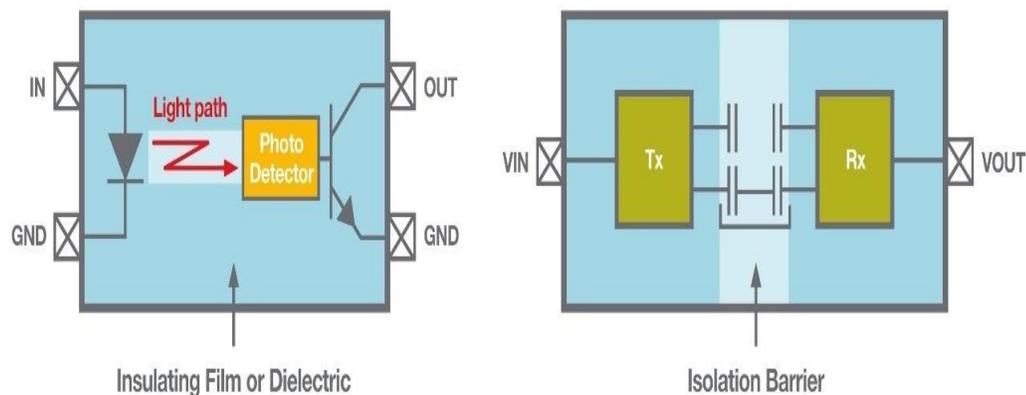


表13 光耦合隔离器与数字隔离器性能及技术对比

	光耦	数字隔离器
体积	大	小
易用性	温度依赖性高，外围电路复杂	简单
电磁抑制和辐射	高免疫力和低辐射	和光耦相当
寿命	段	长
功耗	高	低
时序性能	高延时和偏移，器件一致性差	低时延和偏移，器件一致性好
寄生电容	大	小
成本	低	高

工业自动化领域隔离器应用

- 工业自动化背景下，人机交互会随着机器设备的增多而增多，而工业用电电压远超人体安全电压36V，必须对高低压之间的信号传输进行隔离以保护操作人员免受电击，该类隔离需求涉及人机交互的各个节点。
- 工业自动化系统有多个PLC/DCS节点，每个PLC/DCS节点控制一至多个变频器、机械手、变频器、伺服等设备，出于安规需要，上述设备对数字隔离类芯片均有需求。
- 伺服器：变频器部分主要需求为隔离驱动，每个 IGBT 需求一个隔离驱动。另外根据伺服器通道数情况，需要 5~10 个数字隔离器。
- PLC：根据输入输出点位决定，每个点位需要一个数字隔离器，平均每个PLC输入输出点位约 30 个，即需要 30 个数字隔离器。此外还需要1颗通讯用的隔离接口。
- 工业电驱：工业电驱需要 2 颗隔离采样，3 颗隔离电源及3 颗隔离接口。

图93：隔离器在工业自动化领域的应用

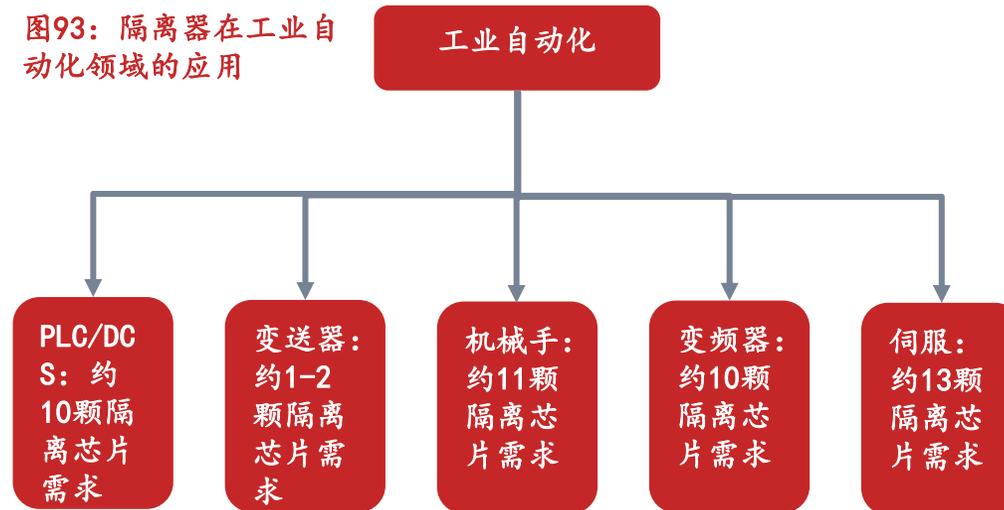
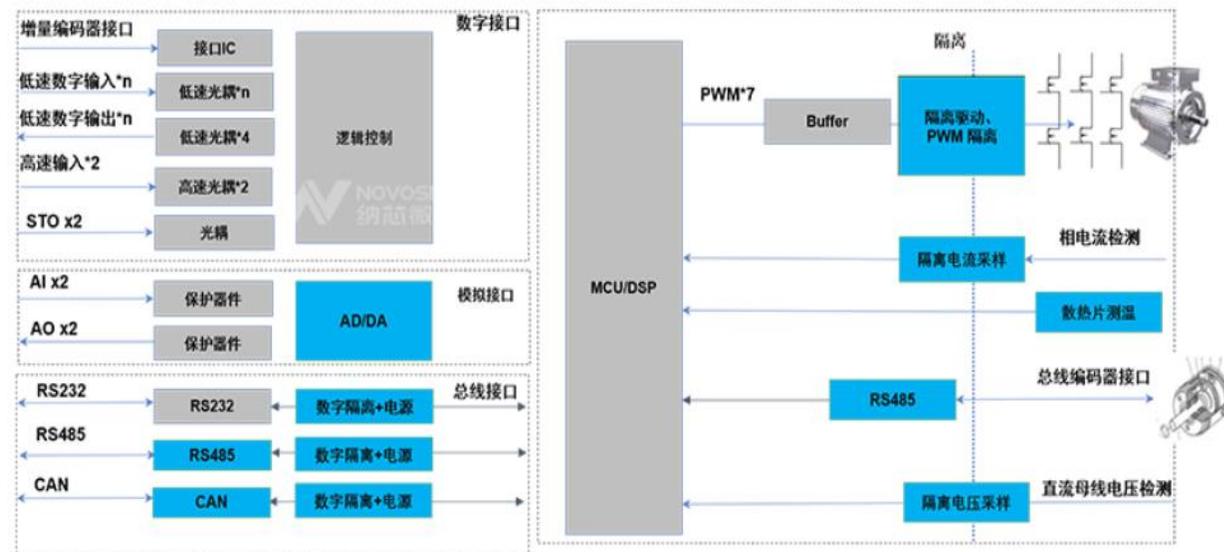
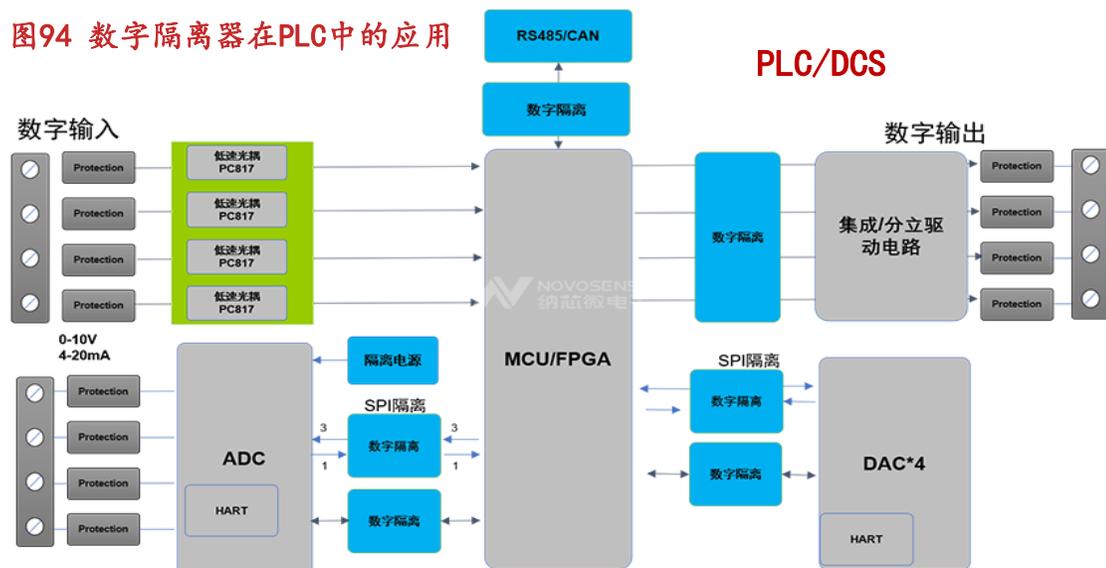


图95：数字隔离器在工业电机驱动中的应用

图94 数字隔离器在PLC中的应用



工业自动化是隔离器的最大市场，数字隔离器增速快

- 隔离应用在工业领域最为常见，例如工厂自动化、流程控制、PLC或可编程自动化控制器（PAC）、马达驱动控制和不间断电源（UPS）等设备。工业自动化是隔离器的最大市场。
- **数字隔离好处居多，市场增速快于光耦合：**光耦合器使用来自LED的光通过隔离屏障传输数据，因此在数据传输应用中，LED打开时为逻辑高电平（Logic HIGH），而关闭时为逻辑低电平（Logic LOW），但是在传输的过程中光耦合隔离器会持续产生功耗。以CMOS为基础的数字隔离器使用电感（磁性）或电容耦合来传输讯号，有较快速的传输响应，可以利用编码来表达逻辑高电平和逻辑低电平。因此数字隔离器能在长时间的高电平下减少功耗，同时能够处理复杂的双向接口。
- 2010年非光学数字隔离市场规模仅为5400万美元，近5年来数字隔离器销售大幅增长，至2018年全球市场规模已增至3.43亿美元。IHS Markit 预计，到2024年这一细分市场将增长一倍以上，达到7.67亿美元。
- 未来光耦器件和数字隔离器件都将并存发展，在各自擅长的应用领域继续增长。但是，从光耦到数字隔离是未来的发展趋势，后者将逐渐替代前者而成为主导型隔离方案。

图96： 2026年预测数字隔离器芯片下游应用

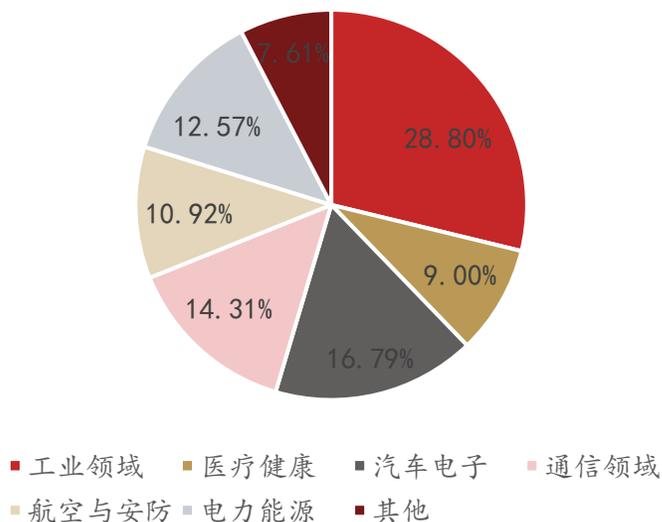
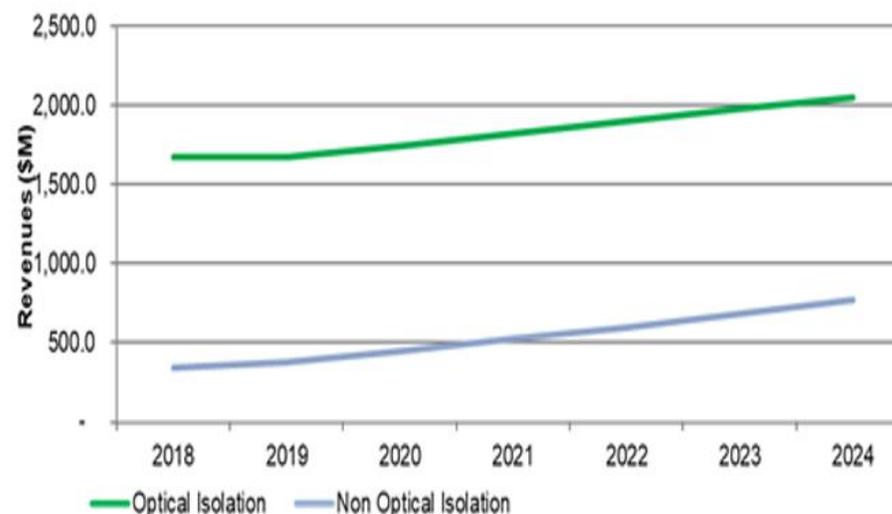


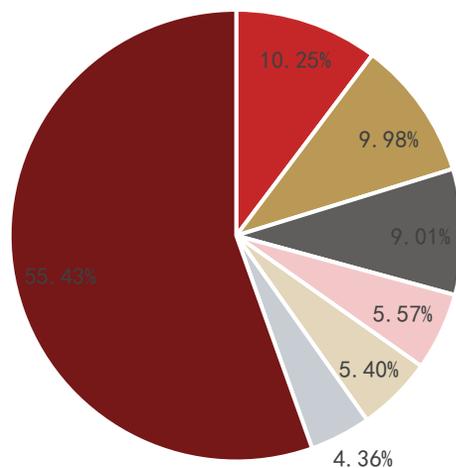
图97： 全球隔离器市场（百万美元）按照类型分类



隔离器市场格局：美日品牌主导

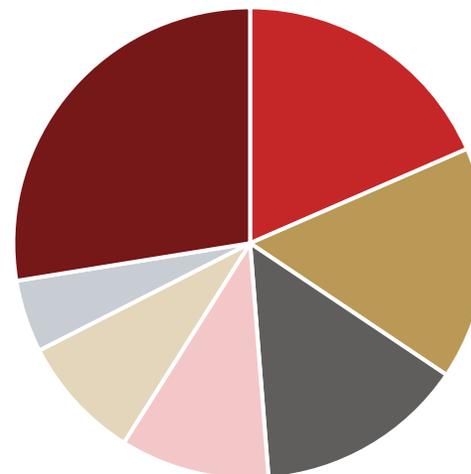
- 全球光耦合器市场主要由美、日品牌主导，美国有安森美、Avago和VISHAY；日本有东芝、瑞萨和夏普，2016年上述厂商合计占全球的市场份额约44.3%。欧洲光耦合隔离器主要集中在英国，其中英国ISOCOM公司最为显著。
- 随着CMOS工艺发展，容耦隔离、磁耦隔离和巨磁阻隔离开始逐渐替代光耦隔离市场。欧美地区在数字隔离芯片领域起步较早，其相关公司长期占据全球市场主导地位。根据Markets and Markets数据，2020年TI、SiliconLabs、ADI、Broadcom（博通公司）以及Infineon占全球数字隔离类芯片的市场规模为40%-50%，剩余市场主要被NVE公司、ROHM（罗姆半导体）、MAXIM（美信公司）、Vicor公司、ON（安森美半导体）等企业占据。

图98： 2016年全球光耦合器厂商市场份额



■ 安森美 (仙童) ■ 东芝 ■ Avago ■ VISHAY (威世) ■ RENESAS (瑞萨) ■ SHARP (夏普) ■ 其他

图99： 2020年数字隔离器市场竞争格局



■ 芯科 ■ 美信 ■ Vicor ■ 罗姆半导体 ■ TI ■ 博通 ■ 其他

隔离器主要厂商：国内模拟大厂逐渐布局

- 全球光耦产业格局已趋于稳固。日美系品牌以高阶光耦称霸市场，台系品牌垄断中低端光耦一半以上的产能，而国产光耦品牌逐渐走到台前。在国内市场，销售和利润占比最高的是日美系光耦，光耦出货量最大的是台系厂商，基本垄断了低阶市场50%~60%的产能，
- 国内光耦的需求主要集中在中低端的消费类、通用类领域，数字隔离器集成IC替代低阶光耦是一种趋势。

	企业名称	应用领域	备注
光耦合	国际厂商	AVAGO、FAIRCHILD、VISHAY(威世)、ISOCOM(安数光)、欧司朗、克莱尔、艾赛斯、TOSHIBA、RENESAS、NEC、PANASONIC、SHARP、欧姆龙等。	在国内市场，销售和利润占比最高的是日美系光耦
	台厂	光宝、亿光、兆龙、冠西、今台和佰鸿等	台系厂商光耦出货量最大
	陆厂	奥伦德、匡通、重庆光电技术研究所和优达光等	
数字隔离器	国际厂商	ADI、Silicon Labs、TI、英特锡尔、美信、恩智浦、意法半导体、罗姆公司	
	国内厂商	纳芯微、思瑞浦、上海贝岭、上海荣湃、上海川土微电子	

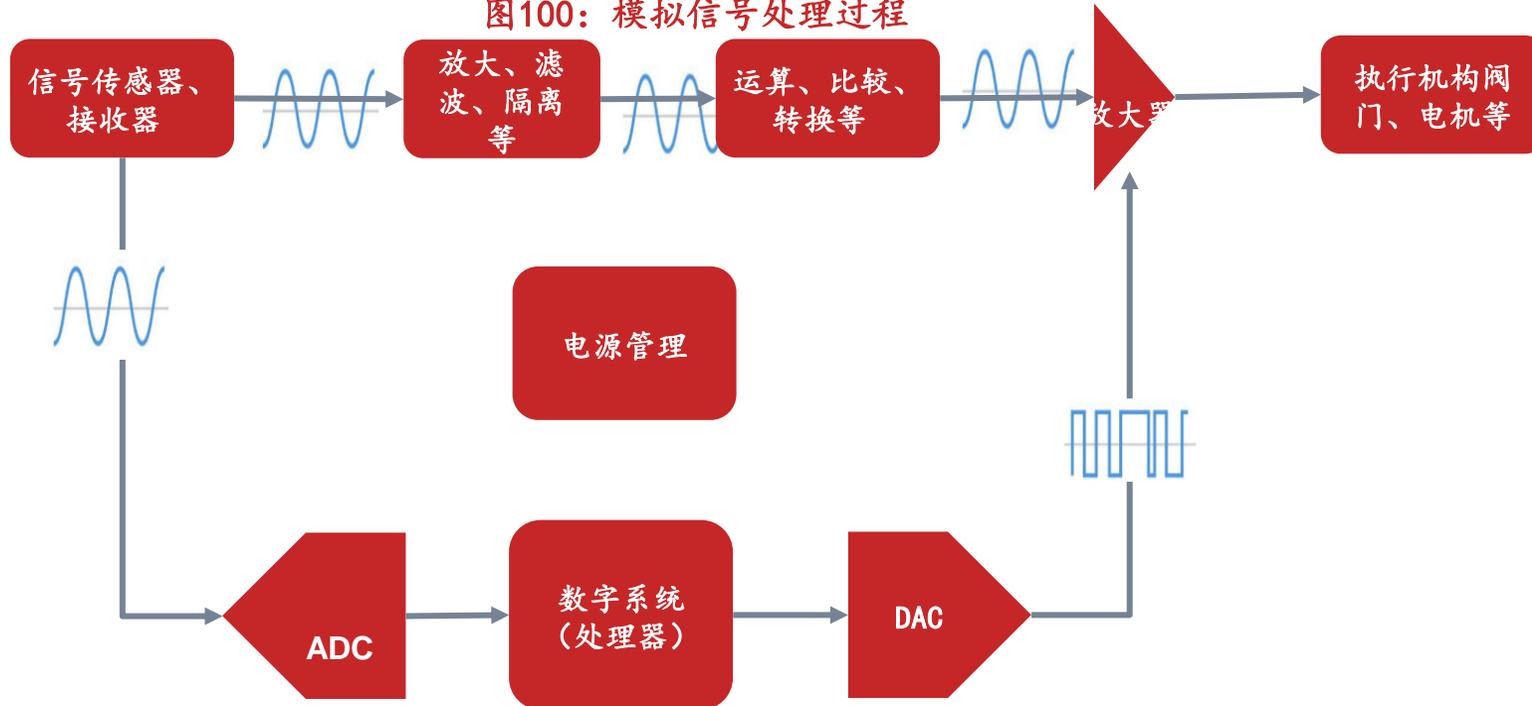


06 工业IC：ADC芯片投资机会拆解

ADC原理概述

- ADC芯片 (Analog to digital converter) 也叫模数转换器, 是指将连续变化的模拟信号转换为离散的数字信号的器件。ADC可以将输入的模拟电压或电流转换为与电压或电流幅度成正比的数字。
- ADC在人机交互领域有着极其广泛的应用。真实世界的模拟信号, 例如温度、压力、声音、指纹或者图像等, 需要转换成更容易储存、处理和发射的数字形式, 约50%的电子产品都需要ADC芯片/模块。

图100: 模拟信号处理过程



资料来源: EET, 程序员宅基地, 华西证券研究所整理

图101: ADC原理

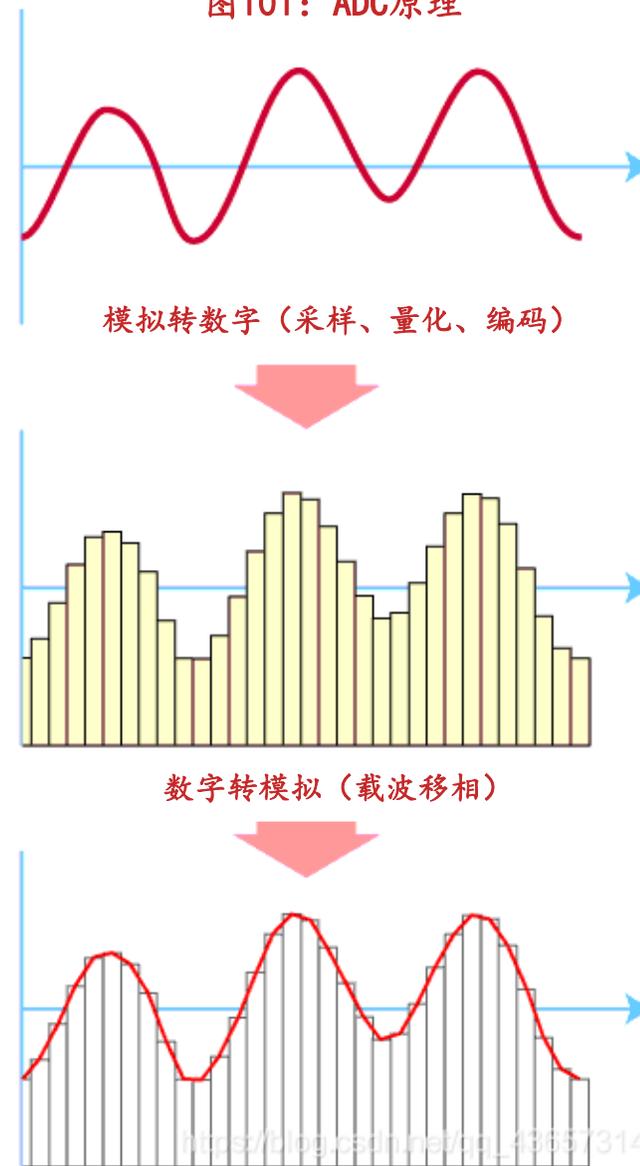


图101: ADC原理

ADC架构：高速高精度难度最高

- ADC针对不同应用有多种架构，最为常见的是 Σ - Δ 型、SAR（逐次逼近）型、Pipeline（流水线）型，闪速（Flash）型。以采样速率从低到高的顺序排序，最低的是 Σ - Δ 型，最高的是Flash型（目前已经很少用到）；精度与采样速度相反的指标。
- 精度和速度是一对矛盾的指标，但数字信号工作速度越来越高以及对于系统灵敏度等要求的不断提高，电子系统对于高速、高精度的ADC需求越来越大。
- 在实现高精度或高速率的单指标突破的同时，两个指标的平衡也是技术发展的难点，高速高精度 ADC 更是模拟芯片中的“珠穆朗玛峰”。

图102：ADC芯片不同架构

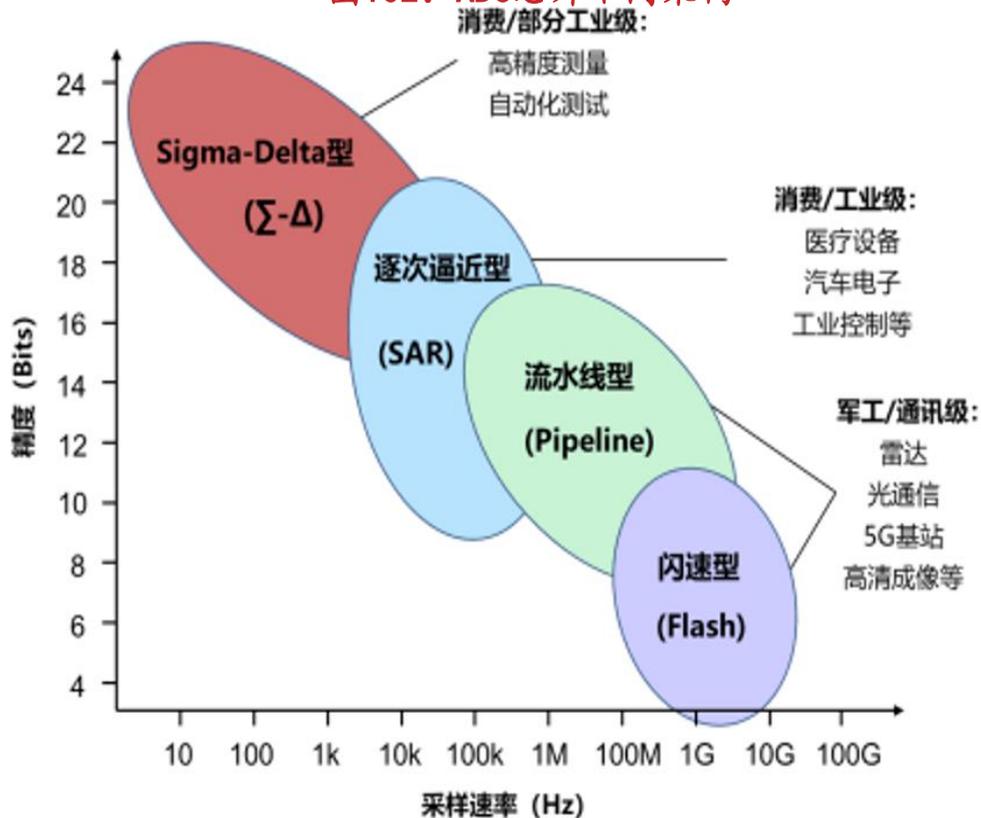


表14：不同ADC架构性能及应用领域

ADC芯片类型	特性及性能指标	应用领域
Σ - Δ 型	高精度数据采集，采集精度可达 24bit	传感器、数字音响系统、多媒体、地震勘探仪器、声纳等电子测量领域
SAR 逐次逼近型	SAR ADC 可以达到 16bit 的精度。采样速率不是最快，低成本和低功耗	中速率或较低速率、中等精度的数据采集和智能仪器中
Pipelined 流水线型	高速情况下的瞬态信号处理，采样速度可以达到 Gps	高速数字通讯、高速数据采集、视频信号量化、无线收发器应用和军用等高性能应用
Folding	比 FLASH 稍高的精度和差不多的速率	广播卫星基带解调等
FLASH & Half-FLASH	并行结构采样速率可达 10Gps 以上，非线性因素其分辨率限制在 8bit 以内	示波器等产品

汽车电子、通信、工控、消费等需求驱动驱动，ADC市场成长乐观

- IC Insights数据显示，2021年模拟芯片市场销售额为741亿美元，同比增长30%，出货量也同比攀升了22%，达到2151亿颗，创历史新高。预计2022年模拟芯片总销售额将增长12%至832亿美元，单位出货量增长11%至2387亿颗。
- 根据Statista统计，2020年ADC芯片市场规模约为36.72亿美元，到2021年全球ADC芯片市场规模可达38.49亿美元(需要注意的是，该数据统计的基本是中高端市场。低端数据转换器大部分集成在SoC里面)。受下游不断增长的汽车电子、通信、工控、消费等需求驱动驱动，相关产品或技术对ADC/DAC芯片的需求得到强有力支撑，OPCO预测数据ADC芯片市场未来将保持约3%的年复合增长率，市场前景比较乐观。

图103: 模拟芯片市场规模

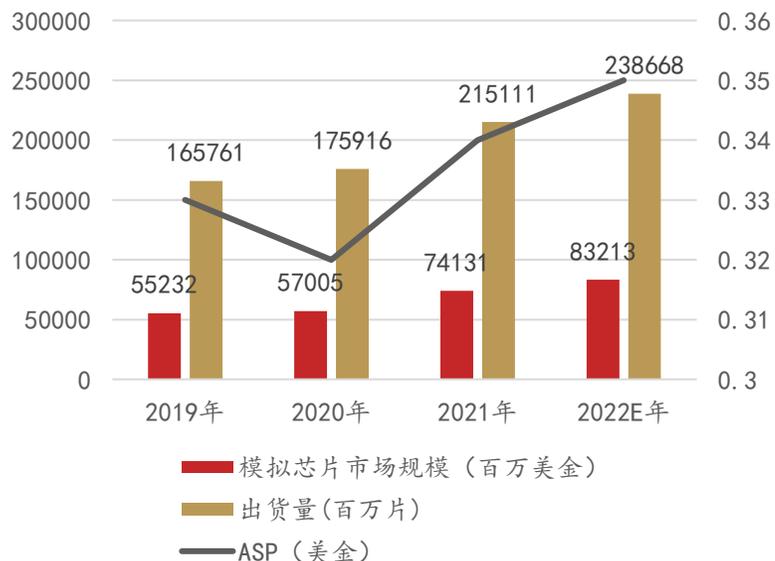
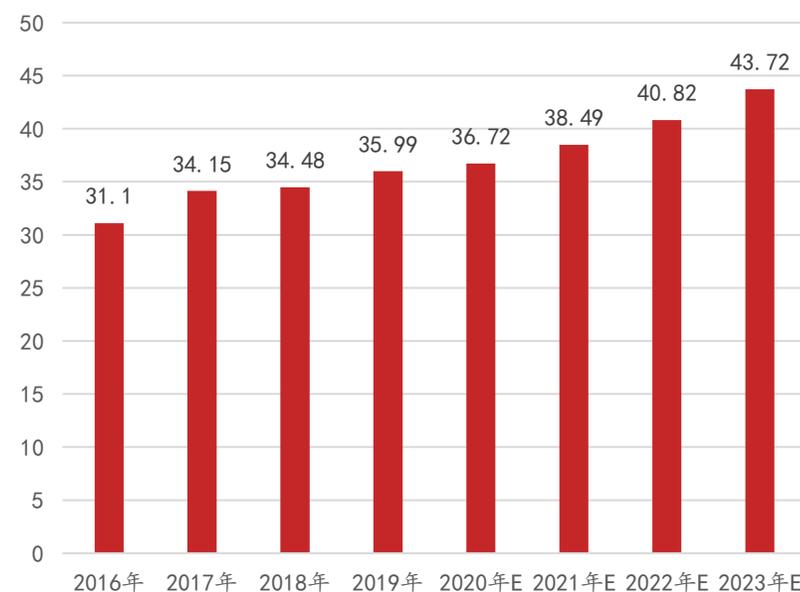


图104: 2022年模拟芯片市场

2022 Analog IC Sales Forecast			
	Market (\$M)	% of Total Analog	22/21 % Chg
General Purpose Analog			
Amplifiers & Comparators	4,481	5.4%	7%
Interface	3,030	3.6%	8%
Power Management	21,201	25.5%	12%
Signal Conversion	4,205	5.1%	8%
Total General Purpose Analog	32,917	39.6%	10%
Application-Specific Analog			
Consumer	3,106	3.7%	9%
Computer	3,048	3.7%	9%
Communications	26,233	31.5%	14%
Automotive	13,775	16.6%	17%
Industrial/Other	4,135	5.0%	9%
Total Application-Specific Analog	50,296	60.4%	13%
Total Analog Market	83,213	100.0%	12%

Source: IC Insights

图105: 2016年-2023年ADC芯片市场规模 (单位: 亿美元)



ADC芯片下游主要应用市场

- ADC广泛应用于通信、汽车、工业控制、消费电子、计算机、国防军工等领域。其中中低端ADC芯片可用于消费电子市场，高端ADC芯片主要应用在军工、航空航天、有线无线通信、汽车、工业和医疗仪器（核磁共振、超声）等对工艺、性能、可靠性要求极高的领域。
- 根据 Databeans 统计， 高端 ADC 芯片的单价是低端 ADC 芯片的数倍，比如高速率 ADC 占总出货量不到 10%，但是占据行业接近 50% 的销售额。
- 根据 IC Insights 数据， 2019 年ADC芯片在通信、汽车、工业控制、消费电子、计算机、国防军工等下游需求占比分别为 39%、24%、19%、10%、7%、1%。
- 工业市场对于ADC的需求多年以来占整体ADC市场的比例20%左右，需求较为稳定。

图106： 中国ADC/DAC芯片应用市场需求占比

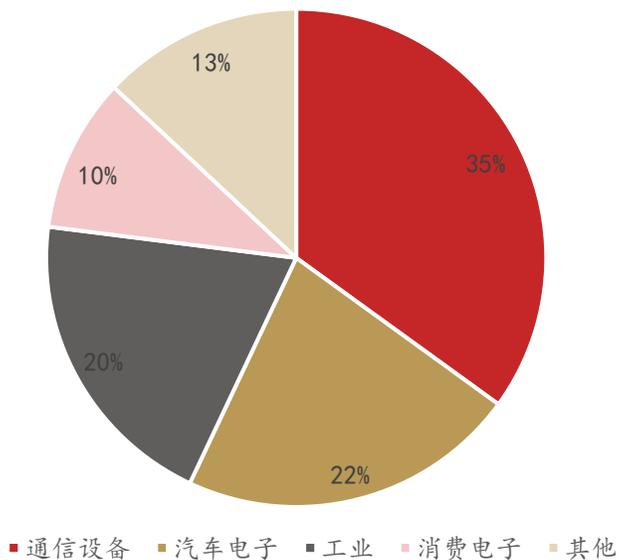
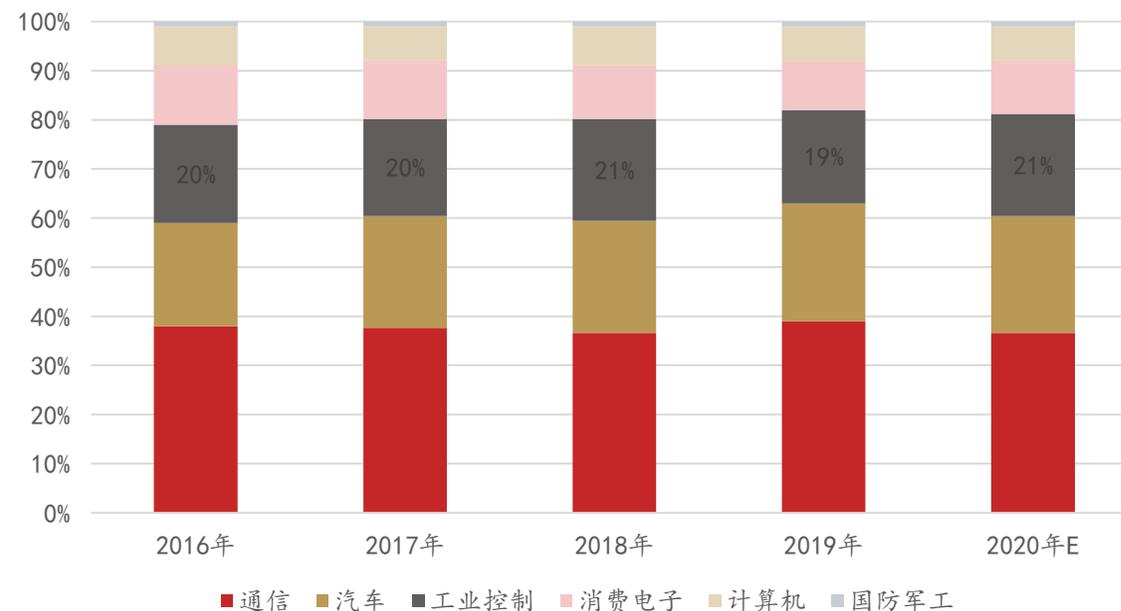


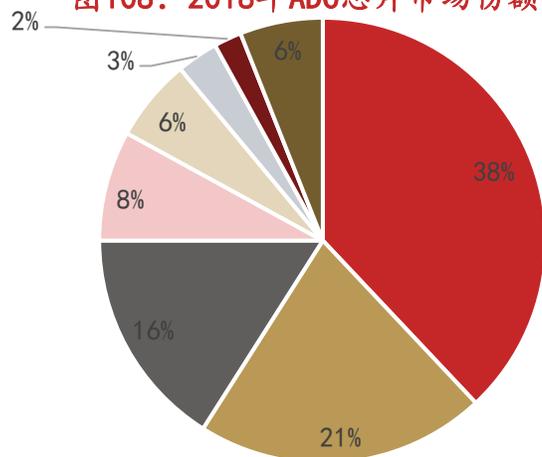
图107： 全球转换器芯片下游分布（单位：%）



市场格局：海外大厂市场份额领先，行业集中度高

- 目前国际上ADC/DAC市场份额分别被ADI、TI、MAXIM、MICROCHIP等国外企业独占，其中，ADI市占率约为38%，TI占比约为21%，MAXIM占8%，MICROCHIP占2%，国内企业市场份额微乎其微。
- 国内ADC芯片产业薄弱的原因：
 - 1) 国内模拟集成电路的教育水平比较低，华人难以进入ADI/TI等公司最核心的ADC产品研发部门。
 - 2) ADC芯片研发时间周期长，应用市场变化快，研发投入重
 - 3) ADC工艺特殊，流片成本高、时间长：制造ADC芯片会采用到CMOS、GaAs HBT和SiGe BiCMOS等工艺，国内的ADC厂商都是Fabless模式，不具备反复调校条件，很难实现设计和工艺的紧耦合。
 - 4) 受到《瓦森纳协定》影响，高端ADC属于出口管制的产品，禁运范围主要是精度超过8位1.3Gsps以及16位以上速度超过65MSPS的ADC，严重制约我国ADC市场发展。

图108：2018年ADC芯片市场份额占比



■ ADI ■ TI ■ CRUS ■ Maxim (2021年被ADI收购) ■ QCOM ■ ON (MAXIM) ■ Microchip ■ 其他

表15：瓦森纳协议禁止出口ADC芯片参数

速度	精度
>=1.3GSPS	8bit-10bit
>=600MSPS	10bit-12bit
>=400MSPS	12bit-14bit
>=250MSPS	14bit-16bit
>=65MSPS	16bit

ADC工艺、人才要求高，国内消费市场竞争激烈，工控等高端产品缺失

- 高端ADC制造工艺要求极高，IDM模式是“绝活”：CMOS的优点是便于与数字电路集成，截止频率高、功耗低；GaAs HBT的击穿电压高、但功耗较大；SiGe BiCMOS截止频率高，抗辐射性，但功耗高。高速ADC多为BiCMOS工艺制造，只有ADI、TI等IDM模式的公司才掌握。
- 国内并无一家独大的ADC/DAC芯片企业：ADC/DAC芯片开发周期最长，国内企业在ADC/DAC芯片领域起步晚，能够量产高精度、高速度ADC/DAC的企业屈指可数，产品线比较单一，市场影响力小。
- 国内做ADC/DAC的企业相对其他芯片企业较少，归纳起来有两种团队模式：第一个是国家骨干研究所（企业）、大学和研究院。第二个模式是以海归团队或大学教授、博士生为主的创业团队。目前大多数团队在自主知识产权和民用产业化方面仍有一定的距离。
- 国内ADC公司多为采用CMOS工艺的低速 $\Sigma-\Delta$ ADC竞争较为激烈： $\Sigma-\Delta$ ADC的优势在于分辨率，目前最高可达到32位，主要应用于高精度数据采集，特别是传感器、数字音响系统、多媒体、地震勘探仪器、声纳等领域。国产厂商的高精度 $\Sigma-\Delta$ ADC完全实现了国产化，且性能不输国际同行。
- 应用更为广泛的SAR ADC被集成到MCU，消费电子领域竞争激烈：SAR ADC能兼顾分辨率和采样速率，目前12位1~3MSPS SAR ADC已经成为国产MCU的标配，基本以IP或者die的形式存在，更高精度的单片14位甚至是16位SAR ADC部分厂商开始供货
- 有实力的国内MCU厂商选择自研ADC，不具备研发能力的公司可以通过专业的ADC公司或购买相关IP或者die。晶圆厂和EDA公司也能提供性能不错的ADC IP。

表16：高性能ADC/DAC芯片研发特点

	射频	放大器	时钟	ADC&DAC
核心电路规模（除数字电路外的晶体管数）	几十	几百	几千	几万
EDA工具精度	最高	高	中	低
开发周期	2-3个月	3-4个月	6-9个月	9-12个月
反向设计难度	中	中	高	最高
定位问题难度	中	中	高	最高
单价（美元\$）	-几十	-几十	-几百	-几千

国内外ADC公司梳理

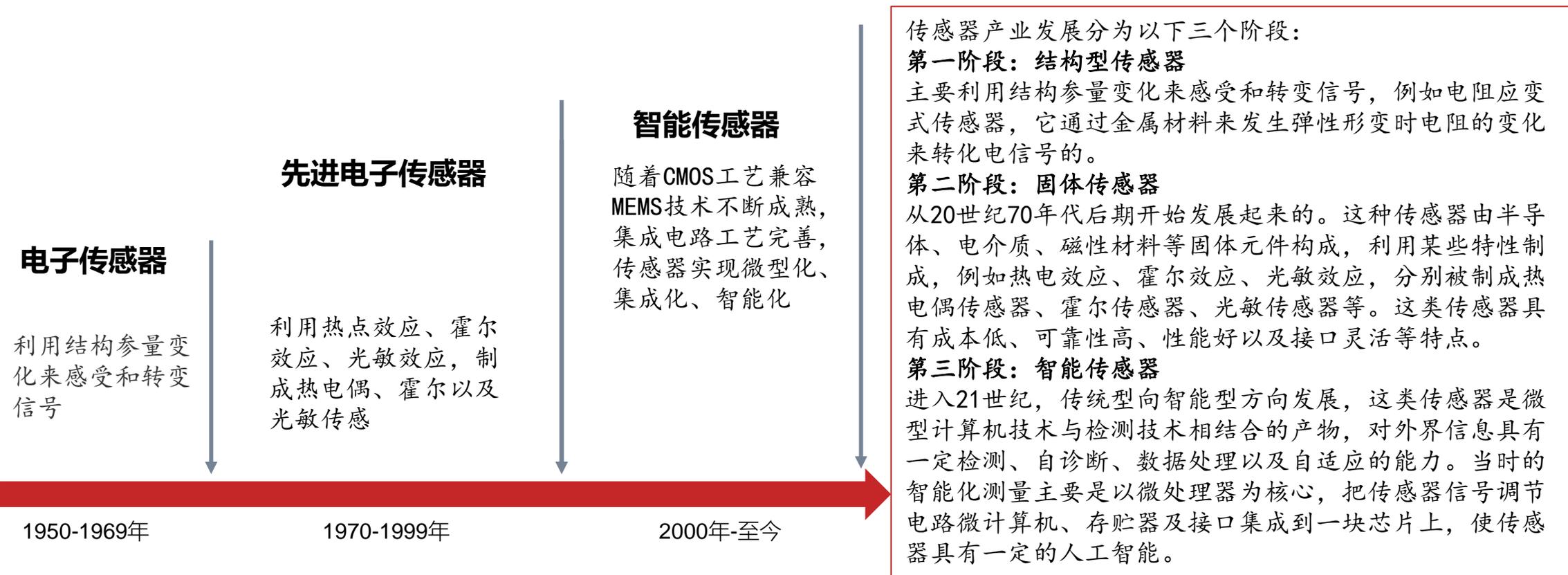
属性	企业	成立时间	背景 (团队/股东/技术来源等)	产品参数	主要应用领域	工艺/技术路径
美国	ADI	1965年		ADC最高精度分辨率32位, 最高采样速率10.4GSPS; DAC最高精度分辨率20位, 最高采样速率9GSPS		
美国	TI	1930年		ADC最高精度分辨率32位, 最高采样速率26GSPS; DAC最高精度分辨率20位, 最高采样速率12.6GSPS		
科研院所背景	中电24所		中电科	2018年研发出5GSPS、10bit ADC, 目前产品精度覆盖 8bits - 16bits	仪器仪表、无线通信等	
	吉芯科技	2019年	中电24所	16bits 250MSPS \ 16bits 125MSPS	医疗成像、高速成像、无线电接收机以及便携设备等	
	美辰微	2010年	中电14所			
	中科院微电子所			2009年研发 4Gsp/s、4bit 产品; 2012年研发 8Gsp/s、4bit 产品; 2018年研发 10Gsp/s、8bit产品		
	苏州迅芯	2013年	中科院微电子所	采样速度 2GSPS、10GSPS、30GSPS, 精度在 6bit - 8bit 之间。	仪器设备、大科学装置、医疗设备、光通信、无线通信以及雷达等	
上市公司	上海贝岭	1998年		采样精度14bits、16bits, 分辨率125MSPS	ADC芯片的应用目标主要是工业控制、医疗成像、北斗导航、通信基站等领域	
	芯海科技	2003年		采样精度24bits	工艺控制、量重、液体/气体化学分析、血液分析、智能发送器、便携测量仪器领域	$\Sigma-\Delta$
	圣邦微	2007年		采样精度8-12bits, 采样速度90K-200KSPS	可穿戴、电池监控、温度测量	$\Sigma-\Delta$
	思瑞浦	2012年		采样精度8-16bits, 采样速度32-50MSPS		
	臻镭科技	2015年		高速高精度 ADC/DAC 主要应用于1MHz~6GHz 频段的特种行业	相控阵雷达、声呐设备等	
	航天电子 (时代民芯)	2005年	航天772所	两款 ADC 芯片分别为 800MSPS、8bit 和 1.3GSPS、8bit; 前者具有抗辐射的功能	音频编码	CMOS
	深圳市天微电子	2019年		分辨率16bits-24bits	压力测量、温度测量、智能发射器、电池监控	$\Sigma-\Delta$
海内外知名高校、企业背景	芯佰微	2014年		分辨率2-16bit, 采样速率5MSPS/1500MSPS	数字示波器、通信接收机、雷达、电子对抗、高速数字采集	覆盖SAR、Pipeline、 $\Sigma-\Delta$
	昆腾微	2006年	清华、北大、UCLA	12-16bit, 1MSPS/500KSPS	主要应用领域为通信、工业控制等。	
	海芯科技 (厦门)	2006年		采样精度24bits	高精度电子秤	
	国石半导体	2011年				
	奇智微	2020年	海思、博通	16bits分辨率, 12GSPS采样速率		
	智毅聚芯	2018年		采样精度14-16bit, 采样速度10-20MSPS		
	韬润半导体	2015年	比亚迪投资		无线通信、仪器仪表、激光雷达、工业等	
	治精微	2017年		18 bits 400KSPS / 16 bits 500KSPS		
	九天睿芯	2018年	Intel, 高通	采样精度14bits, 采样速度500MSPS	激光雷达	
	灵矽微	2018年	电子科大、ADI	1GSPS 8bits ADC、1GSPS 14bits、5GSPS 8bits	激光雷达、示波器行业	
类比半导体	2018年		12bit 250MSPS \ 24bit 0.5MSPS			
芯易德科技	2008年		采样精度24bits	电子秤、数字压力传感器、血压计等	$\Sigma-\Delta$	



07 工业IC：MEMS传感器芯片投资机会拆解

工业传感器发展趋势：MEMS智能化传感器

- 传感器最开始是作为单独的测量仪器出现在工业生产领域，主要被用来提高生产效率。随着信息物联网技术和集成电路的发展，传感器市场逐渐迈进多元化阶段。
- 工业智能传感器指在工业互联网领域应用的智能传感器，是设备、装备和系统感知外部环境信息的主要数据来源，也是智能制造、机器人、工业互联网发展的重要支撑，在工业电子、消费电子、汽车电子和医疗电子方面广泛应用。



传感器分类：门类众多，应用广泛

- 传感器产品种类繁多，可以根据不同的标准进行分类。根据传感器感知外界信息所依据的基本效应可将传感器分为物理传感器、化学传感器和生物传感器；
- 根据测量的用途不同可将传感器分为温度传感器、压力传感器、流量传感器、气体传感器、光学传感器、惯性传感器等。

图109： 传感器行业分类

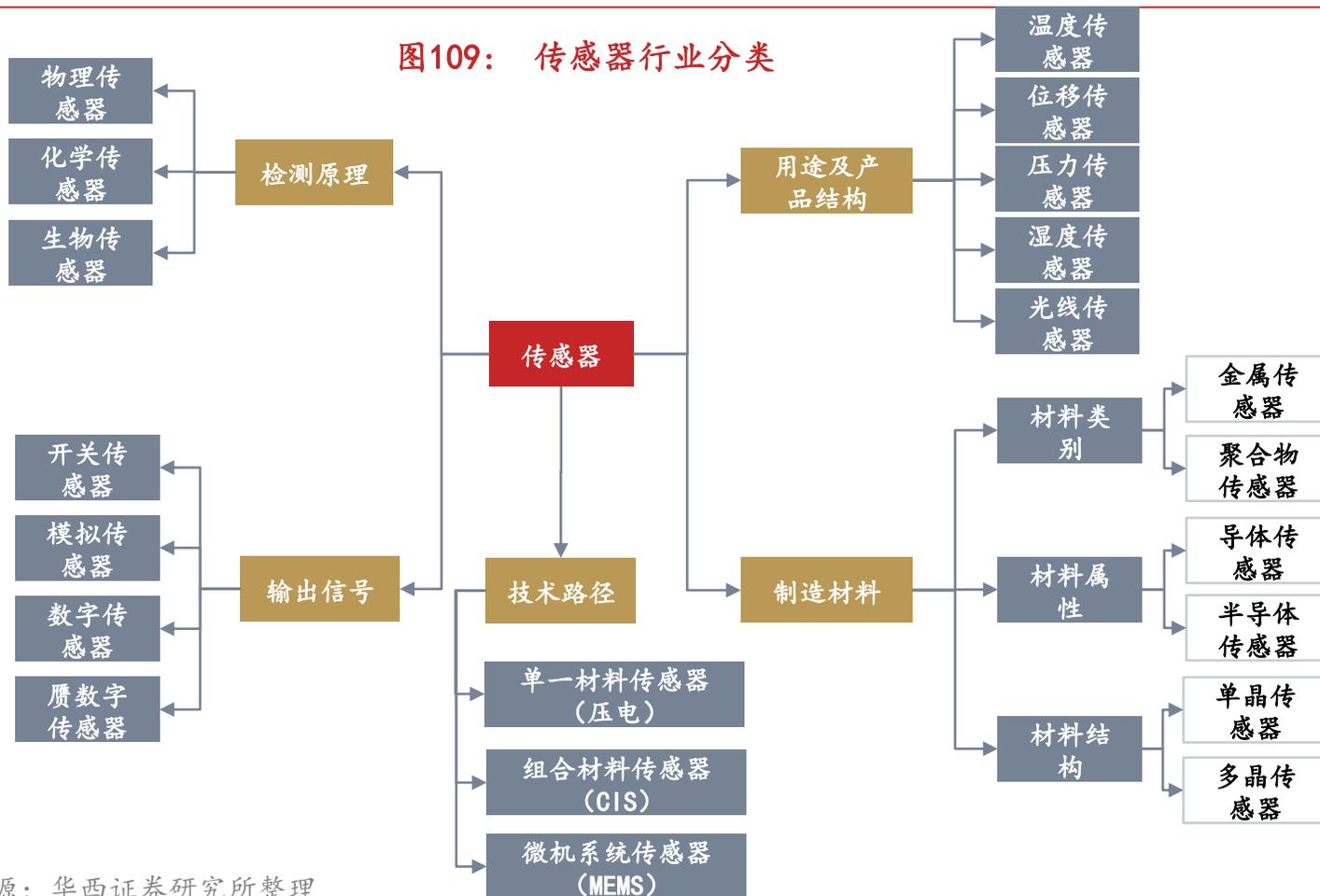


表17： 传感器市场应用

MEMS工业应用种类	应用
压力	燃油压力、管道压力、工业控制、工业暖通
加速度计	振动监测、倾角仪
陀螺仪	稳定系统、定位导航
磁传感器	电流、电感、霍尔等
红外平面探测器	监视、热成像、预测性维护
微流控	基因分析、水质检测、仿生研究等
射频	ATE和RF仪器用RF开关
振荡器	频率控制
流量计	气体流量、液体流量等
环境	温度、气体、组合（气体、温湿度、压力）

工业传感器应用

- MEMS传感器以微电子和微机械加工技术制造，一般由MEMS芯片和与之配套的ASIC芯片构成，其将电子系统与周围环境有机结合，微传感器接收动、光、热、声、磁等外界信号，并将其转化成电子系统能够识别、处理的电信号，部分MEMS器件可通过微执行器实现对外部介质的操作功能。

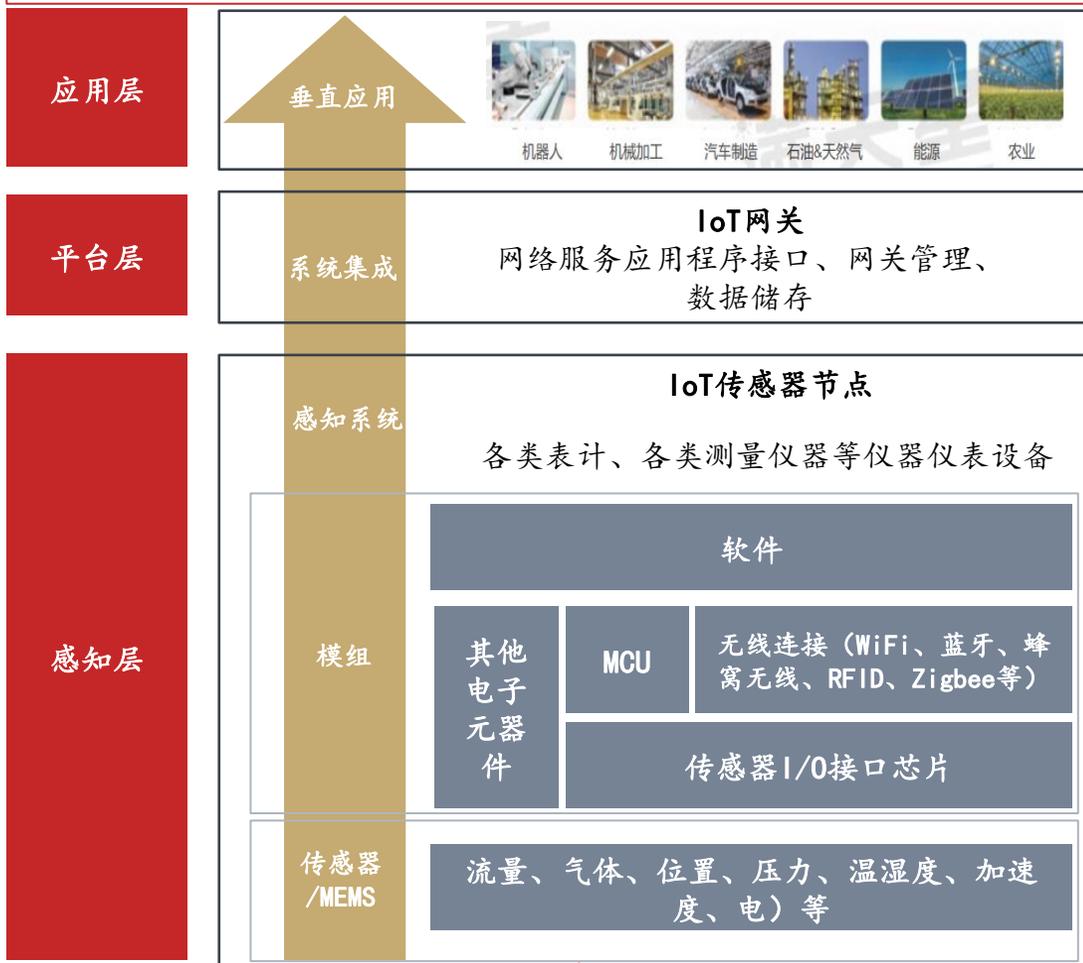


图110: 传感器产业链

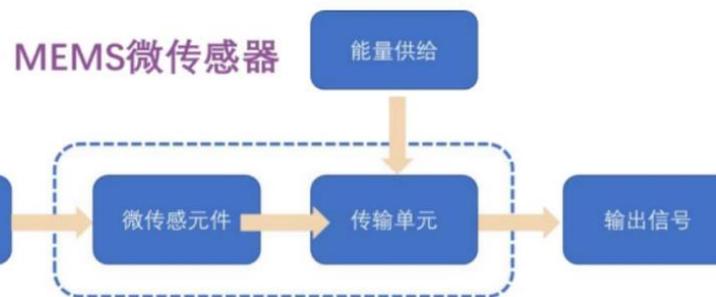
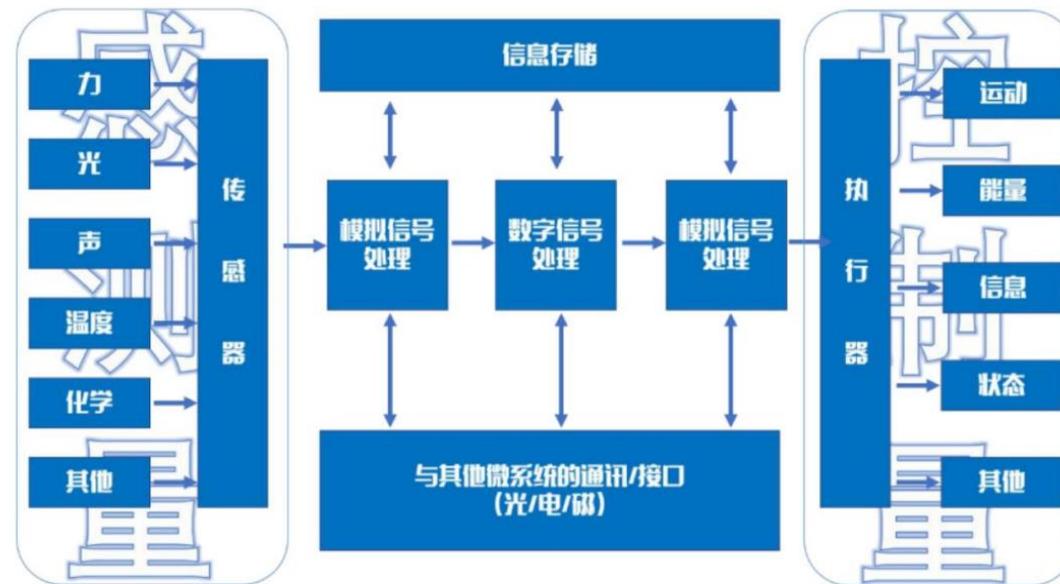


图111: MEMS传感器原理

工业传感器：市场容量大，高度碎片化

- 2019年中国传感器市场达到2200亿元，估计有1700多家企业，但产值超过1个亿的屈指可数，出货量较大的主要是硅麦等声学传感器，但是汽车、工控、可穿戴、物联网等，基本上都是国外品牌的市场。
- 工业传感器市场细分程度非常高，碎片化应用是典型特征：国外成型产品及在研种类共计近5万种，我国有6000多种。据前瞻产业研究院数据，截至2018年全球传感器市场中规模最大的三类传感器是**流量传感器**、**压力传感器**、**温度传感器**，分别占据全球传感器市场的21%、19%和14%。
- 在工业领域，应用MEMS传感器可以优化工业生产管理、提高工业生产效率、提升智能化生产水平。目前，我国正在积极推进工业智能传感器智慧应用，提升工业惯性传感器、气体传感器稳定性与可靠性，突破多传感器数据融合处理关键技术，增强数控机床、工业机器人、制造装备等深度感知和智慧决策能力，持续提升智能传感器在工业领域的应用水平。

图112： 2018-2023年全球传感器及智能传感器市场规模（单位：亿美元）

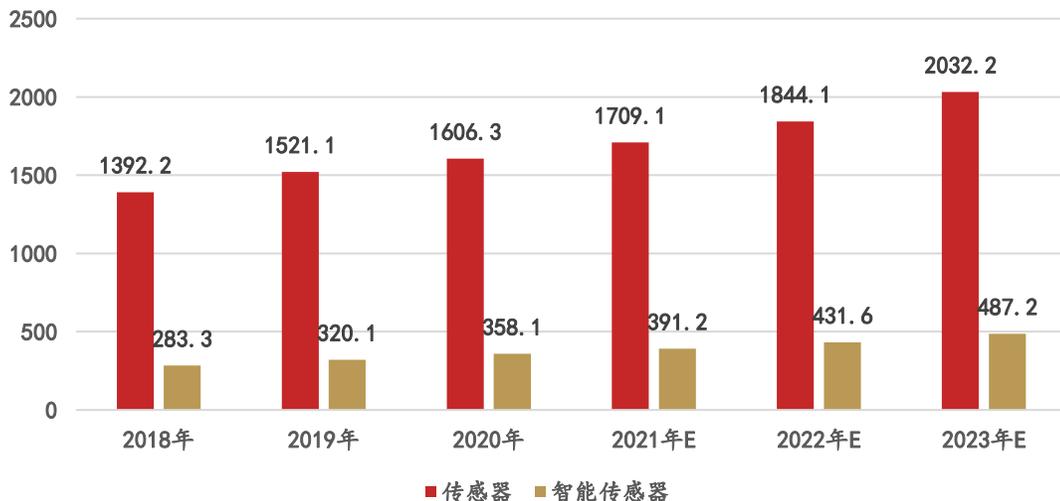
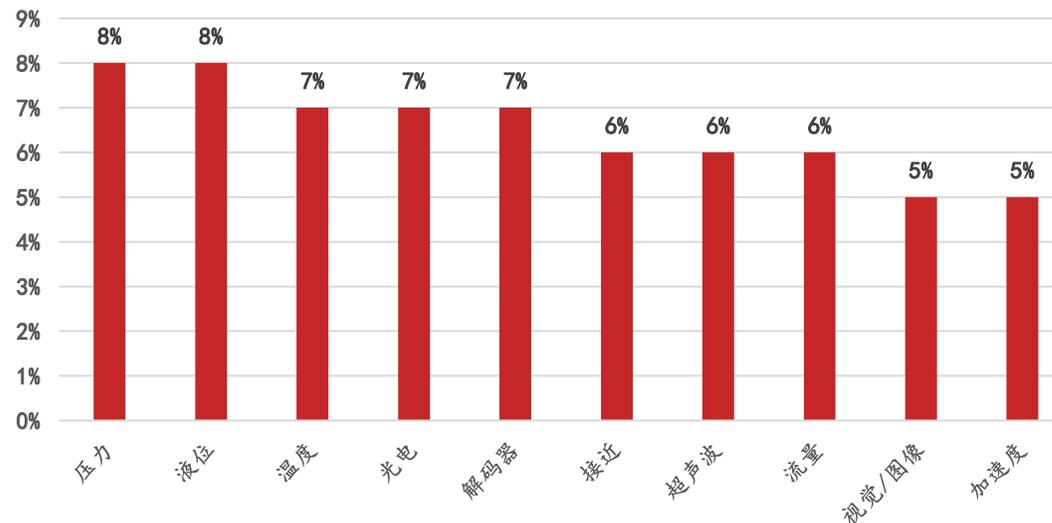


图113： 2020年全球工业智能传感器产品数量占比（按类型）



工业传感器：国产低端市场，中高端依赖海外

- 我国重大装备核心装置用传感器、变送器，产品几乎100%从国外进口，相关核心敏感元器件（芯片）95%以上依赖国外。
- 中国目前生产大部分都是低端传感器。而我国中高端传感器进口占比达80%，传感器芯片进口更是达90%。中国生产成本也很高，收入才几千万，如何舍得投入几千万元的生产线？现在很多传感器厂家，还都是单干，手工装配很多。因为量上不去，1个月也只有5000只。根本没有规模效益。而博世、欧姆龙等早就把工厂设立在中国，成本优势同样巨大。

图113： 2020年全球智能传感器市场份额（按地区）

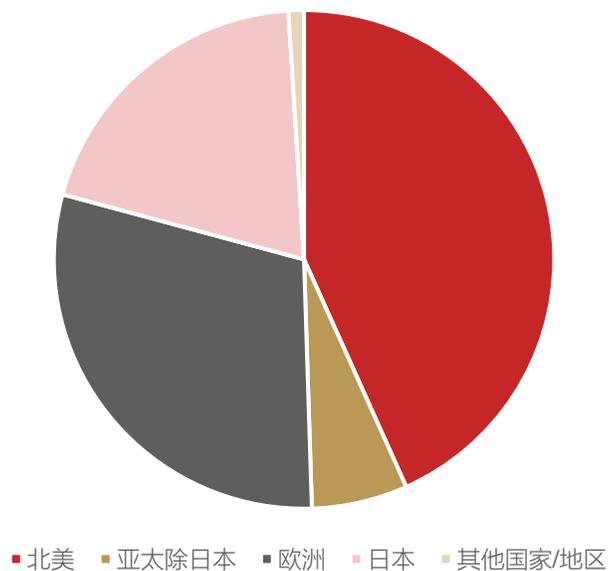
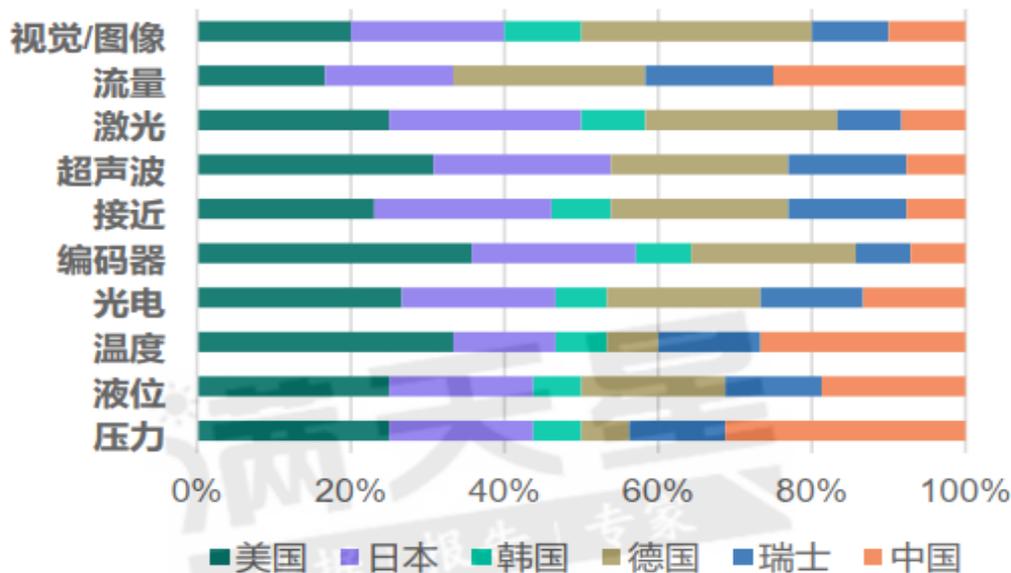


图114： 2020年全球智能传感器按产品分类各国产品数量占比



工业MEMS传感器发展难点：设计到制造要求极高，产业化周期长

◆ 设计：

- MEMS设计研发投入时间过长，微型机电系统用内置的MEMS传感器将物理、化学、生物等多种信号进行收集、转换，再通过MEMS执行器和相应电路控制电子器件发生相应的行为。
- MEMS的设计研发涉及到微电子、机械、材料、化学、医学、能源科学等多个学科，并且学科交叉程度极高。另外工业MEMS传感器要在各种环境下长期稳定可靠保持指标，需要多次流片反复验证，一款MEMS产品至少需要6-8年的研发时间，然后才能进入测试阶段。

◆ 制造：

- MEMS采用半导体工艺和材料，以半导体制造技术为基础，其设计和生产的过程与芯片制造类似，同样需要光刻、薄膜沉积、掺杂、刻蚀、化学机械抛光工艺等，国内可以提供专业MEMS代工服务的有中芯集成、无锡华润上华、上海先进、赛微电子等。

◆ 设计与工艺绑定：

- MEMS传感器芯片设计与工艺绑定较深，参照海外国MEMS大厂其多数具备IDM能力，国内大多数厂商还未积累起足够的工艺技术储备和大规模市场验证反馈的经验。代工产能和良率要求以及加工工艺一致性、可重复性暂时无法满足规模生产要求。
- 设计公司也只能选择与国外成熟代工厂合作，才能保证产品的质量，导致其研发周期无法缩短。

MEMS 制造相关产业

- 中国MEMS企业以无晶圆厂（fabless）模式居多，包括目前国内MEMS销售额最大的瑞声科技和歌尔股份；Fabless企业还包括美新半导体、敏芯微电子、明皜传感、深迪半导体、芯敏微系统、微联传感、康森斯克等，其生产以代工为主。虽然国内的中芯国际、华虹宏力、上海先进半导体也有生产MEMS的能力。但相比国外，MEMS制造能力也更为薄弱，国内具有一定规模的设计企业基本选择国外代工厂。

代工厂	国家及地区
Silex Microsystems AB（赛微电子收购）	瑞典
STMicroelectronics NV	瑞士
Teledyne DALSA	加拿大
罗姆	日本
台积电	中国台湾
X-Fab	德国
索尼	日本
APM	中国台湾
IMT	美国
Philips Innovation Services	荷兰
Micralyne	加拿大
Tower Jazz	以色列（Intel收购）
Global Foundries	美国
Tronics Microsystems	法国和美国
Semefab	英国

MEMS传感器设计产业链

美、日、德企主导传感器市场，国内企业竞争力弱：全球传感器市场的主要厂商有GE传感器、爱默生、西门子、博世、意法半导体、霍尼韦尔、ABB、日本横河、欧姆龙、施耐德电气、E+H等，中国传感器市场中70%左右的份额被这些外资企业占据。国内MEMS传感器行业的国产替代尚处于成长初期，MEMS国产企业正在加快追赶行业巨头。

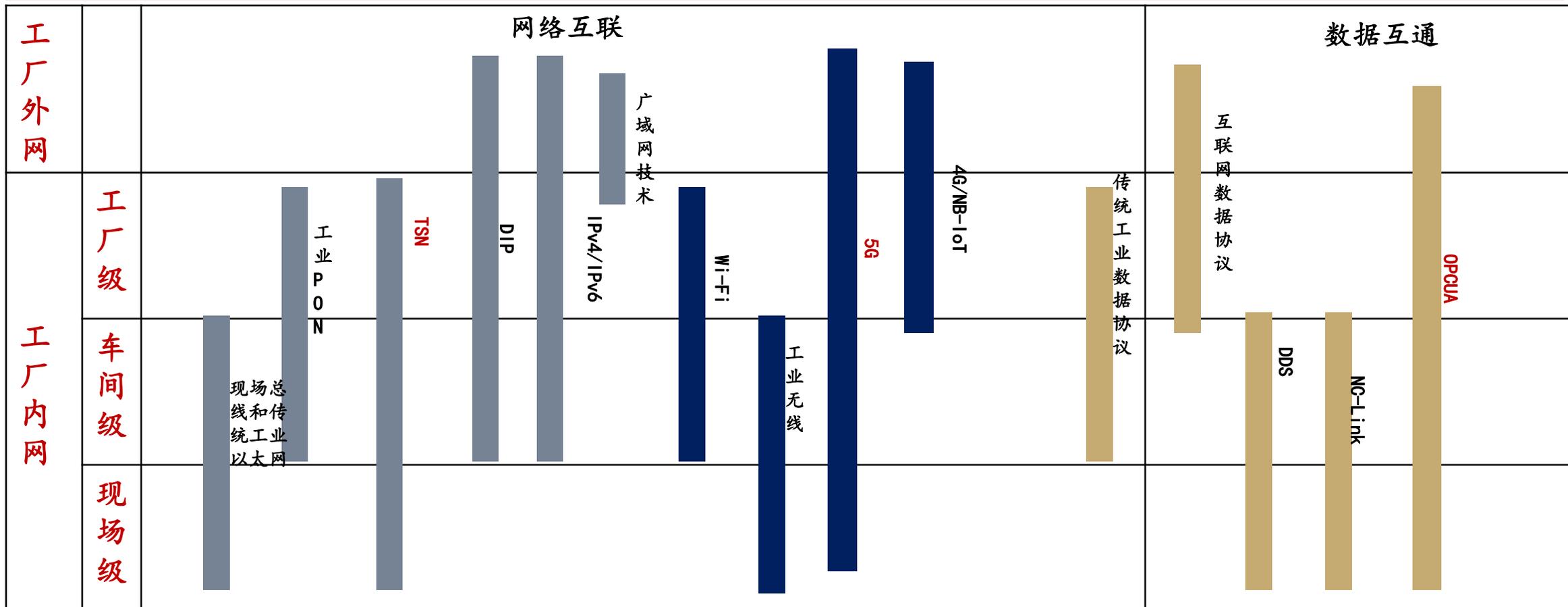
美国以军促民，在MEMS技术综合实力方面具有领先优势；日本则在汽车电子用MEMS、机器人用MEMS等方向能力突出；欧盟在汽车电子用MEMS、消费电子用MEMS占有重要的市场份额。

	海外厂商	国内厂商
压力传感器&液位传感器	fabless设计: consensic、TDK IDM: 博世、英飞凌、霍尼韦尔、恩智浦、ST、飞思卡尔、西门子、精量电子等	纳芯微、敏芯微、智芯传感、明皜传感、华景传感、龙微科技、飞恩微电子、感芯微系统、双桥传感、芯敏微系统、敏源传感 IDM: 西人马
温湿度传感器	IDM: TI、ST、MAXIM, Sensirion、ADI、霍尼韦尔、博西铁、西门子	纳芯、晶华微、敏源传感、兴工微、 中科银河芯 、龙微科技、青鸟元芯、焯映微、华工高理、微纳传感、敏源传感 IDM: 奥松电子 、西人马
解码器(非MEMS)	HEIDENHAIN GmbH (海德汉)、RENISHAW、SICK、AVAGO、多摩川、尼康、KOYO、Sankyo、Nidec、博通、POSITAL FRABA (德国)、Sensata Technologies (美国)、Dynapar Corporation (美国) 和堡盟集团 (瑞士)	苏州安必轩微电子(光电)、禹衡光学、LAMOTION、Reagle (锐鹰)、精浦机电
接近传感器	万宝泽/MARLBOZE、Banner邦纳、横河、taly、伊莱科/ELECALL、奥托尼克斯/AUTONICS、Rockwell 罗克韦尔、ST意法半导体、高可达	上海芯敏微、深浦、博亿精科
光电传感器	Sick、倍加福、劳易测、易福门、欧姆龙、松下、Avago等	芯福科技、宇称电子等
超声波传感器	巴鲁夫倍加福、SICK、巴鲁夫TDK、英飞凌、霍尼韦尔、ABB	智驰华芯
流量传感器	西门子、GE、ABB、博西铁、横河机电、瑞萨电子、欧姆龙、Siargo	奥松电子、芯感智、青岛芯笙微纳电子
加速度传感器	博世、恩智浦、ST、TI、松下、应美盛、楼氏电子、Kionnix、ADI、Colibrys	美新半导体、水木智芯深迪半导体、水木智芯、明皜传感、格纳微、微元时代、矽睿科技、明皜传感、华景传感、微元时代、矽睿科技



08 工业交换机投资机会拆解

- 工业互联网网络连接技术从主要功能来看可以分为网络互联与数据互通两大类。网络互联主要实现智能设备的联接功能，而数据互通主要实现设备间数据流转功能
- 不同范围不同层级的网络业务各异，对网络性能的需求也各不相同。当期工业网络中有数十种协议，包括工业现场总线及工业以太网协议。
- 传统工业数据协议通常为私有协议，应用于工厂级和车间级数据互通，难以与其他层级网络数据通信协议互通。



资料来源：华西证券研究所整理

图115：工业互联网网络连接技术体系

工业以太网替代现场总线是未来工业网络的趋势

- 以太网技术标准开放性好，应用广泛，使用透明、统一的通讯协议，能够实现管理层、控制层和现场设备层的无缝连接，长期看以太网将成为工业控制领域未来统一的通信标准。
- 作为新兴产业，全球工业以太网行业目前正处于产业发展的导入期，我们判断其增长速度远高于现场总线的增长速度。

图116: 工业以太网网络设备连接示意图

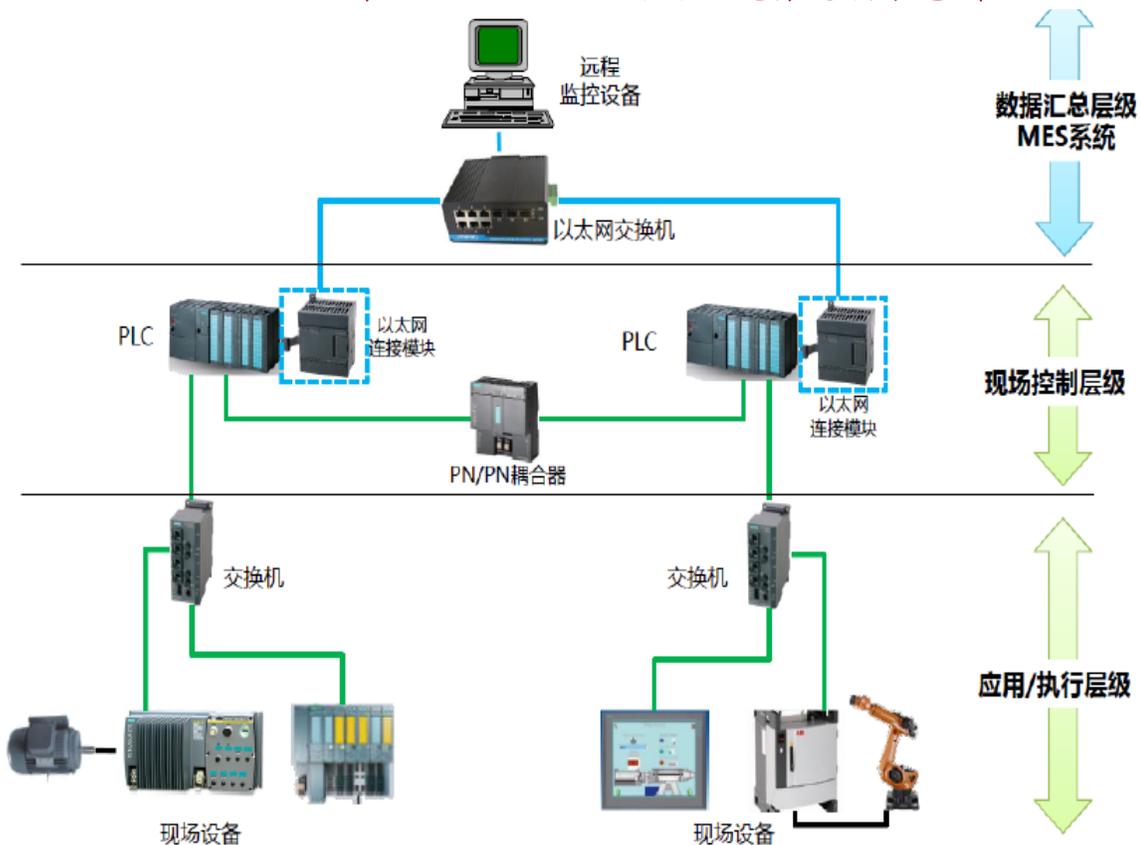
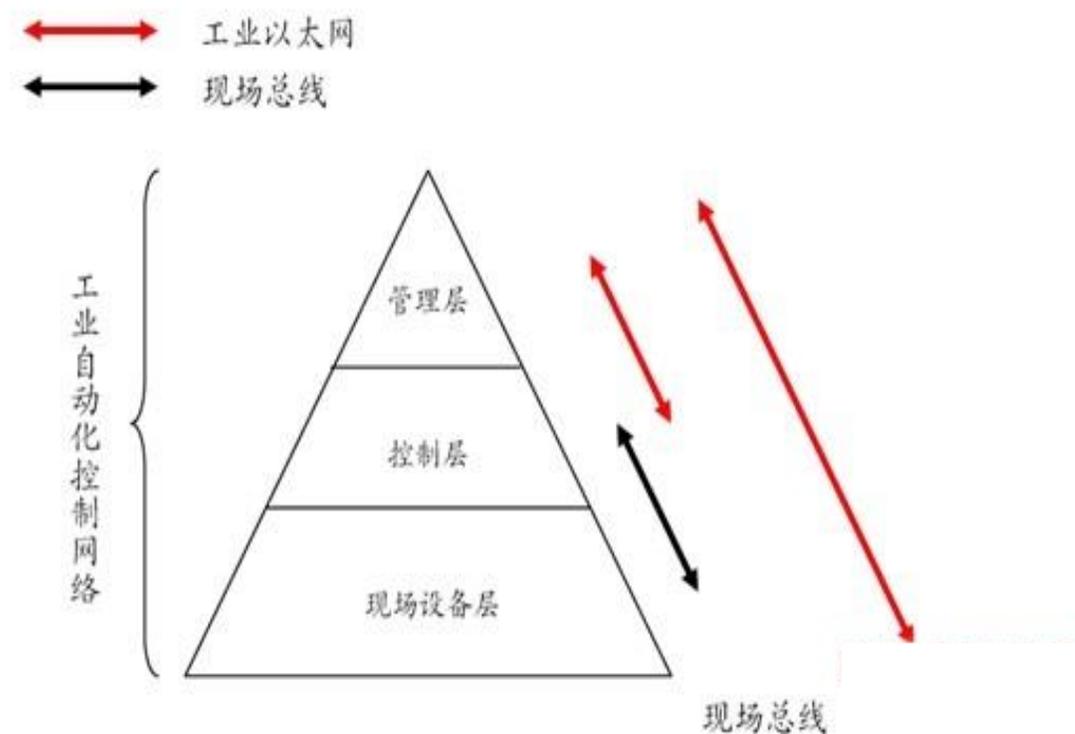


图117: 工业以太网取代现场总线是工业网络趋势



工业以太网市场规模庞大，增长迅速

- HMS Networks对工业网络市场的年度研究表明，从新安装节点来看，2020年工业以太网的市场份额增加到64%(2019年为59%)，而现场总线的市场份额下降到30%(去年为35%)。主流网络EtherNet/IP和PROFINET以17%的份额并列第一。无线技术的市场份额保持在6%不变。
- 工业以太网作为工业互联网核心组成部分，随着工业互联网空间的快速增长带动国内工业以太网市场规模增长明显。智研咨询预计到2026年，中国工业以太网市场预期将接近400亿元，年增长率超过20%。

图119：工业以太网市场规模（亿元）

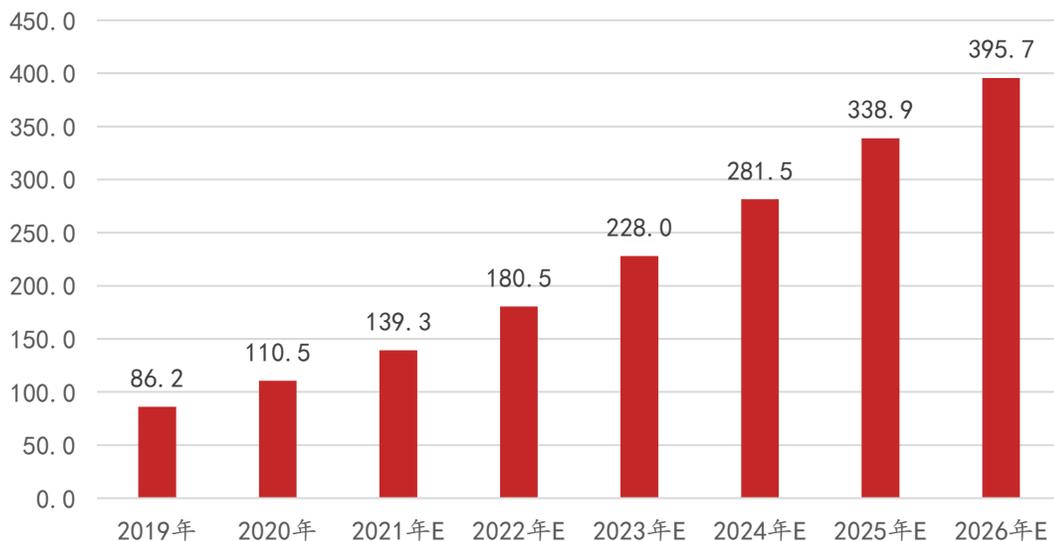


图118：不同工业网络技术市占率%

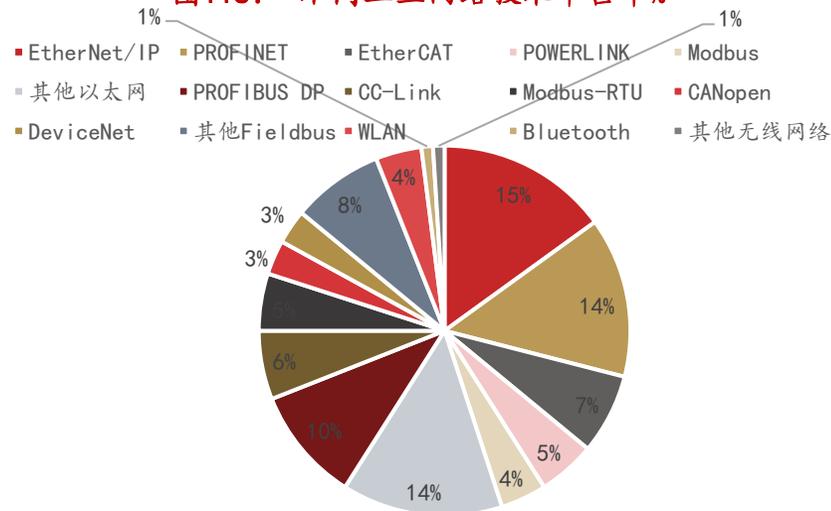
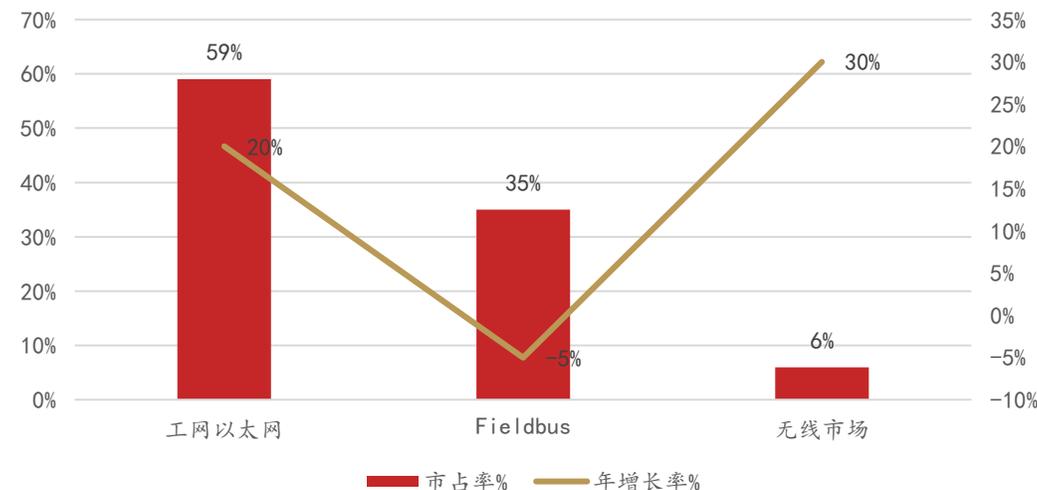


图120：不同类型工业网络市占率%



工业以太网交换机是关键，核心芯片成本占比高

- 以工业以太网为架构的工业控制通信系统包含工业以太网交换机、工业集线器、工业传输转换模块和工业连接器、光缆和电缆等。工业以太网交换机是构成工业通信网络的核心设备。
- 工业以太网交换机使用的原材料主要包括：芯片、光器件、电源模块、连接器、线路板、变压器、阻容等，上游主要是电子元器件行业。交换机核心重要部件是芯片，占成本比重约为32%。
- 工业以太网设备相比较商业以太网设备，需要在链路层、网络层增加了不同的功能模块，例如增加电磁兼容性设计，解决通信实时性、网络安全性、抗强电磁干扰等技术问题。



图121：映翰通终端设备BOM成本占比

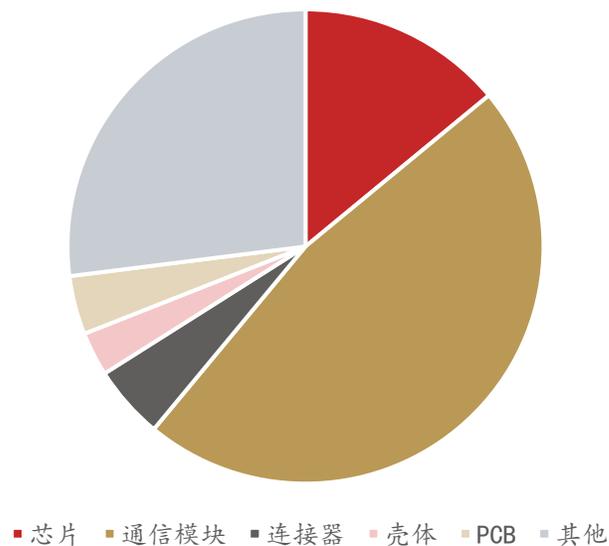
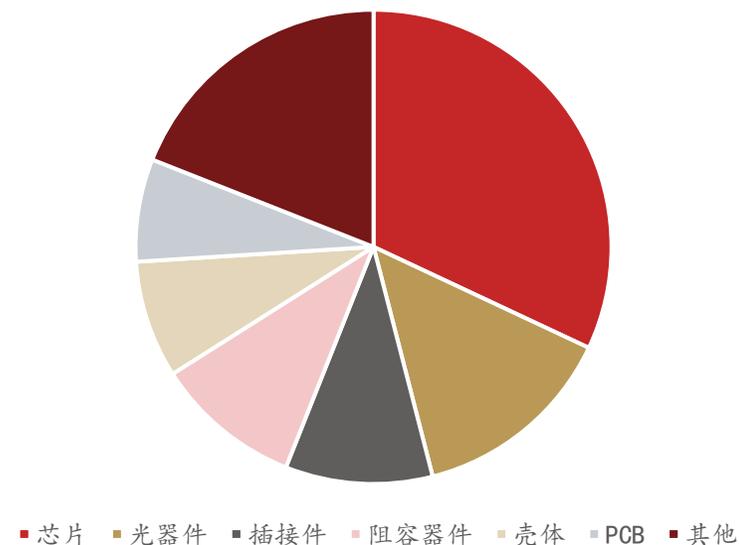


图122：三旺通信工业交换机BOM成本占比



SWITCH交换芯片、MCU、PHY芯片构成工业以太网核心上游

- 一般工业以太网交换机采用的是基于MCU+交换（Switch）+PHY的整套方案，其中最核心的是芯片是以太网交换芯片（Switch），大部分厂商的Switch内置了多种工业以太网协议速率多在10M-10G左右，价格在100元到300元左右。
- 工控领域MCU多以32位为主，从单颗芯片的价值量看，在不缺芯的情况下常态价格在10元-200元左右。
- PHY芯片一般速率为10M/100M/1000M，常规单价约为10元左右，由于每个终端节点都需要用到PHY芯片，需求量较大。

图123：ADI网络交换机方案

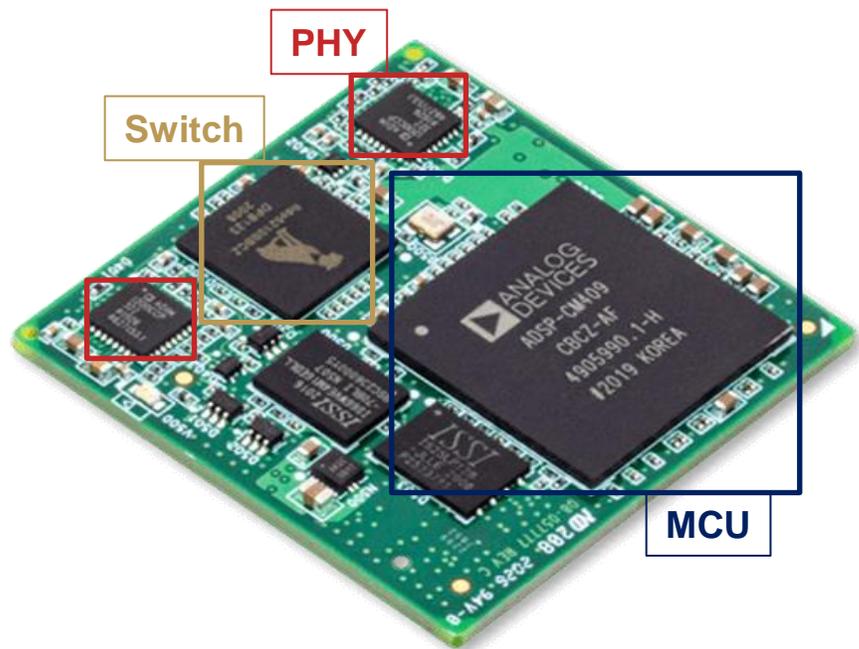


图124：网络交换机系统

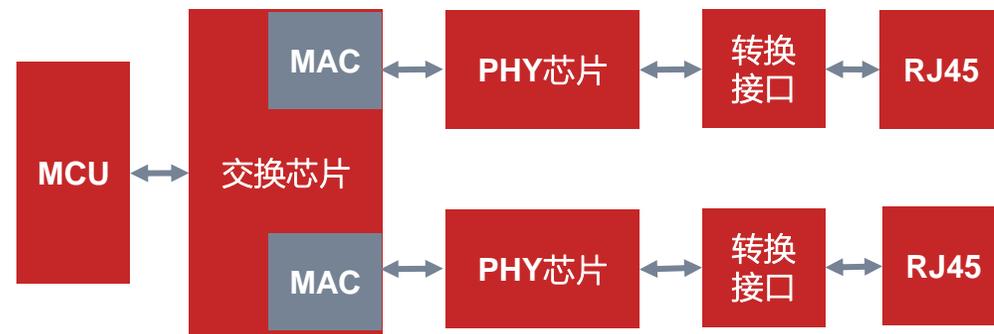
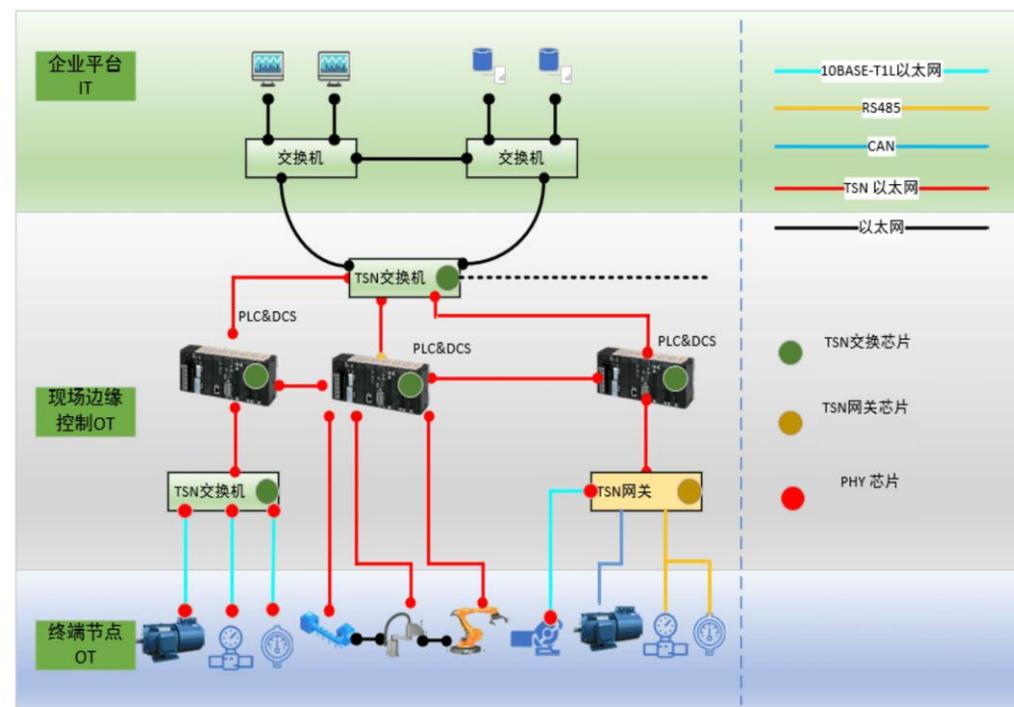


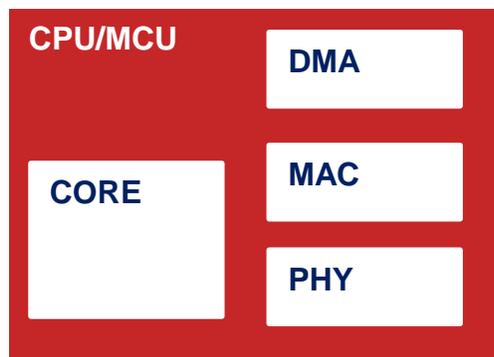
图125：网络交换机芯片连接图



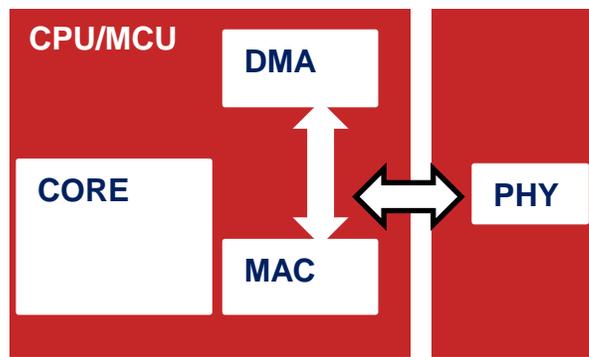
以太网交换机MCU集成 MAC, PHY 采用独立芯片

- 工业以太网的核心芯片功能主要包括：CPU、MAC 和 PHY。其中PHY 整合了模拟的硬件。MAC 是全数字器件。一般而言考虑到芯片面积以及数字和模拟混合的原因，以太网核心芯片通常有三种集成结构：
- 1) CPU 集成 MAC 和 PHY 其结构
- 2) CPU 集成 MAC, PHY 采用独立芯片
- 3) MAC 和 PHY 采用独立芯片
- 大部分情况下处理器将 MAC 集成在了 SOC 内部，只有极少数将 MAC 和 PHY 集成进了 CPU。因此第二种情况模拟芯片PHY独立的架构采用的最为广泛。

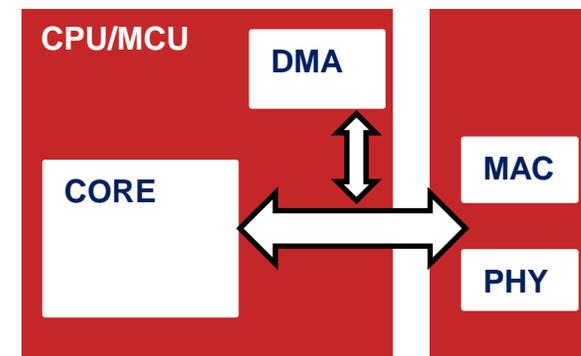
图126：以太网交换机MCU不同SoC方式



CPU 集成 MAC 和 PHY (1)



CPU集成MAC, PHY独立 (2)



MAC和PHY独立芯片 (3)

工控MCU市场空间广阔，行业集中度高，国产化替代亟待解决

- 根据IC Insights数据，工控/医疗占全球MCU下游应用市场的25%。但这样巨大的市场，目前仍被被国外厂商占据大部分市场份额。根据前瞻产业研究院数据，2019年全球MCU被前五大厂商占据超80%；而中国MCU市场份额也被国外厂商分走80%以上。
- 随着中国制造2025的稳步推进，预计至2026年，工控行业市场规模达到2256亿元。由于在工控行业在生产制造的过程中大量需要MCU产品完成加密防护等工作，因此对MCU产品未来的需求量也将持续保持上升，预计至2026年，工业控制MCU市场规模达约35亿元。
- 2020年，国内MCU产品应用领域中，消费电子领域的市场份额占比最大，市场份额达26%。其次依次为计算机与网络、汽车电子、IC卡、工业控制等领域。
- 从MCU行业竞争格局观察，全球主要供应商仍以国外厂家为主，行业集中度相对较高，国内厂商在中低端MCU产品具备较强竞争力。全球MCU厂商包括瑞萨电子（日本）、恩智浦（荷兰）、得捷电子（美国）、英飞凌（德国）、微芯科技（美国）、三星电子（韩国）、意法半导体（意法）、赛普拉斯（美国）。
- 国内市场也多由国外品牌占据，包含瑞萨电子占据市场份额17.2%，飞思卡尔占比14.4%，意法半导体占比8%

图127： 2021年-2026年中国工业控制MCU产品市场规模预测（单位：亿元）

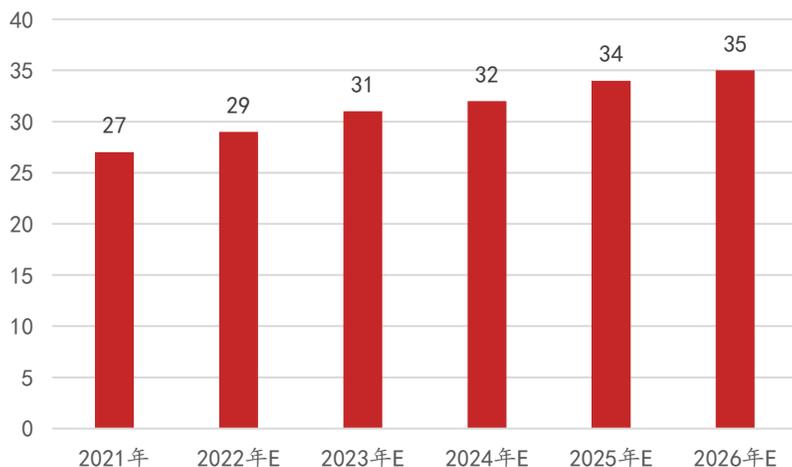


图128： 2020年中国MCU产品应用领域（单位：%）

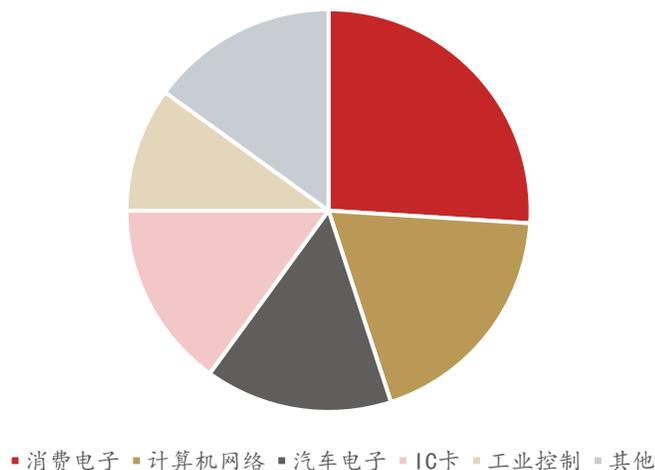
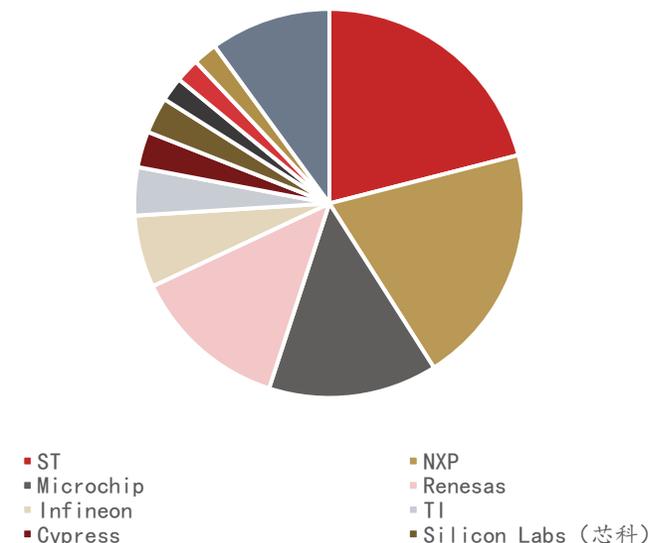


图129： 2019年中国MCU厂商市场份额占比（单位：%）



工业以太网交换芯片市场规模不大，寡头垄断

- 从应用场景看，2020年中国商用以太网交换芯片市场方面，数据中心用、企业网用、运营商用和工业用以太网交换芯片市场规模占比分别为58.5%、27.3%、12.7%和1.6%；预计至2025年，中国商用以太网交换芯片市场方面，数据中心用、企业网用、运营商用和工业用以太网交换芯片市场规模占比将分别达到70.2%、20.7%、7.8%和1.3%，商用数据中心用以太网交换芯片市场规模2020-2025年年均复合增长率将达到18.0%，数据中心将成为未来中国商用以太网交换芯片市场增长的主要推动力。
- 从应用场景看，我国商用以太网交换芯片主要应用于数据中心、企业、运营商和工业领域，其市场份额分别占以太网交换芯片行业总额的58.5%、27.3%、12.7%和1.6%，其中数据中心是行业市场增长的主要推动力。具体从以太网交换芯片应用场景发展现状来看：
- 目前以太网交换机芯片第一梯队的厂家依次是：Broadcom、Marvell、Fulcum（10G以上交换机芯片），其他还有：富士通（10G以太网交换机芯片）、Realtek、英飞凌（收购的Admtek）、Micrel、九阳、DAVICOM、VIA、Vitesse、Centec、Ethernity、QLogic、Xelerated（排名不分先后）。

图130：中国以太网交换机芯片市场规模（单位：亿）

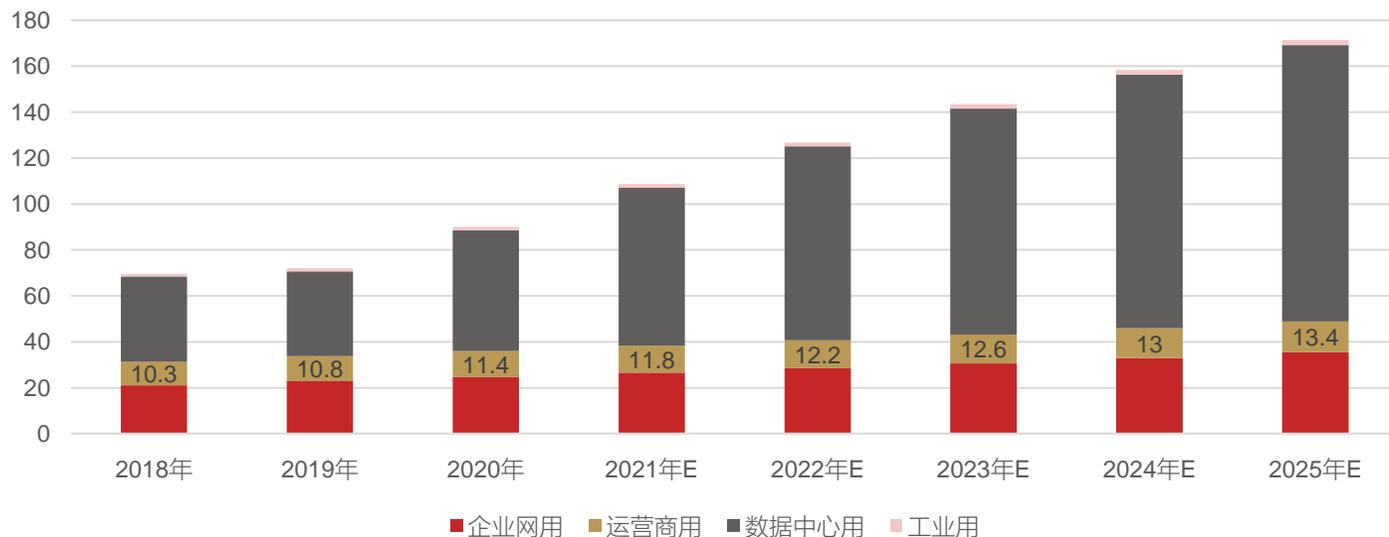
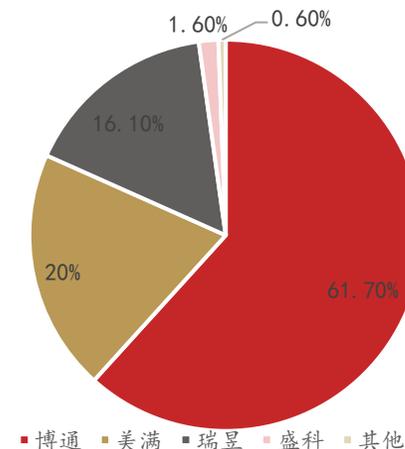


图131：2020年中国商用以太网交换机芯片市场竞争格局



工业以太网PHY芯片市场广阔，国内厂商任重道远

- 市场研究未来 (MRFR) 称，预计到2026年，全球以太网Phy芯片市场的价值将达到142.171亿美元，达到10.3%的复合年均增长率。
- 按行业应用，到 2026 年，汽车行业 12.7% 的复合年均增长率，接近 20.7 亿美元。工业自动化复合年均增长率可能达到11.9%，达到24.461亿美元。
- 按端口数量分列，单个端口的复合年均增长率为8.8%，双端口的复合年均增长率为8.1%。
- PHY 芯片技术门槛非常高，芯片设计时需要数模混合，既包含了高速 ADC/DAC、高精度 PLL 等模拟设计，也需要滤波算法和信号恢复的DSP设计能力，目前全球仅NXP、博通、Marvell、瑞昱、Microchip、TI六家供应商能够实现量产。

图132：全球以太网PHY芯片市场规模(单位：亿美元)

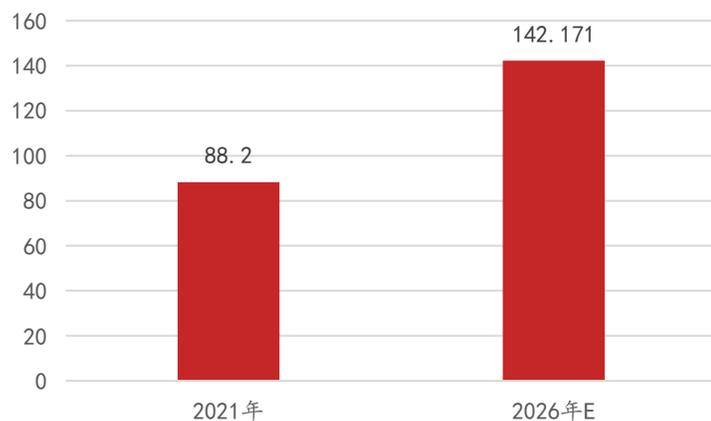


图133：不同类型端口占比情况

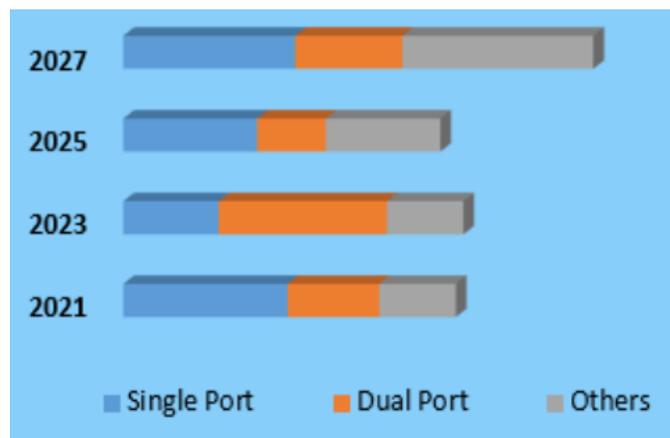


表17：工业以太网PHY芯片主要参与方

主要市场参与方	
Barefoot Networks	Broadcom
Davicom Semiconductor	Intel
Microsemi	TI
Renesas	Marvell
Cisco	Microchip
Fujitsu	Cirrus Logic
Infineon	

TSN技术优势突出

- 时间敏感网络（TSN）包含控制管理单元（CNC、CUC），传输单元（网关、交换机），应用单元（工业端设备、基站等）三种功能单元。其作用就是将传统工业领域分层独立的网络架构实现互联互通。其技术应用具有以下优势：
 - （1）微秒级确定性服务：TSN可达到10us级周期传输，性能优于主流工业以太网，面向音视频、工业、汽车等多领域，将实时性延伸至更高层次；
 - （2）灵活的可拓展性和更好的优化拓扑结构：TSN优于目前工业以太网的拓展性，对传输速率定义灵活（100Mbps-5Gbps），能够更好的优化拓扑结构，可以针对各个不同区段选择与之相适应的数据速率，无论是1Gbps、100Mbps还是10Mbps，都使用统一的第二层网络；
 - （3）全业务高质量承载，降低整体网络复杂度：通过其调度机制能够实现周期性数据和非周期性数据在同一网络中传输，进一步简化整体通信网络复杂性，为包括视频数据、海量运维数据、远程控制信号等多种业务类型数据提供混合差异化混合承载；
 - （4）智慧运维，提高经济性：帮助实现IT和OT融合，统一的网络减少开发部署成本，降低控制器等产品网络配置所需的工程时间。可基于SDN架构实现软硬件解耦，其新定义或改进的控制面相关协议将极大增加二层网络的配置与管理能力，为整体网络灵活性配置提供支撑。

图134： 时间敏感网络在工业互联网网络中位置示意

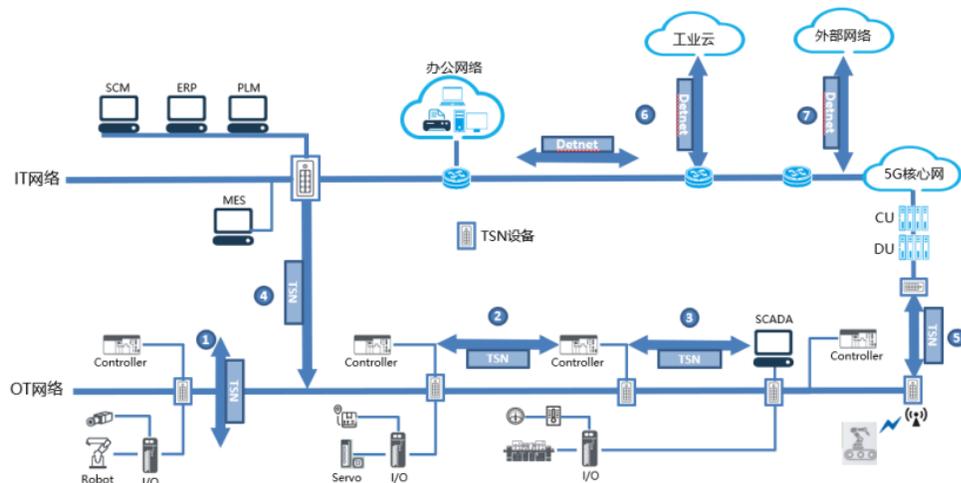


图135： 时间敏感网络在不同场景下的应用示意

应用:	音频/视频传输	无人驾驶/智能驾驶	机器控制/智能工厂
应用:			
需求:	大带宽 音频与视频同步	激光雷达 音频与视频同步 安全 车联网交互	IoT数据交互 高动态响应需求 安全 车联网交互
标准:	IEEE802.1Q	IEEE802.1AVB IEEE802.1AS	IEEE802.1ASrev IEEE802.1Qbv IEEE802.1Qbu IEEE802.1CB IEEE802.1Qcc

TSN时间敏感网络是工业互联网阶段打破封闭生态的重要技术

- 在工业厂商、设备制造商与集成商共同推动下，伴随工业互联网趋势不断深化，时间敏感网络技术应用在工业领域内已形成广泛共识。目前，时间敏感网络技术已经成为包括芯片厂商、通信设备厂商、自动化厂商、相关行业组织以及各类研究机构在内的产业链各个环节关注的热点。
- 行业组织均已开展现有工业网络与时间敏感网络融合部署的研究、测试与推广工作。
- 自动化厂商方面，在2016年起TSN应用功能逐步完善后，包括ABB、贝加莱、Bosch Rexroth、GE、NI等多家自动化厂商宣布对OPC-UA与TSN支持，截至2019年，均有TSN技术相关成果展示。
- 通信设备厂商华为、思科、MOXA、新华三等均在2018-2019年陆续研发和展出TSN测试床。
- 芯片厂商也不断推出支持时间敏感网络的通信芯片，主要用于交换机、车载网关和车载ECU等，同时还有海量TSN网桥转换模块、多协议千兆位TSN网络处理器等方向。
- 时间敏感网络技术是工业互联网阶段打破封闭生态的重要技术基础。**时间敏感网络技术作为下一代工业网络演进方向，用以太网物理接口承载工业内有线连接，介于通用标准构建工业以太网数据链路层传输，为实现传统的OT与IT的融合提供技术基础。

表18：目前主流的以太协议

协议名称	运作组织	代表厂家
EtherNet/IP	ODVA	罗克韦尔自动化（美国）
PROFINET	PROFIBUS国际组织	西门子
Modbus-TCP	Modbus-IDA	施耐德
Ethernet POWERLINK	Ethernet POWERLINK标准组织	ABB
EtherCAT	EtherCAT协会	德国倍福
CC-LINK	CC-LINK协会	日本三菱

工业以太网&TSN网络产业链

产品类型	地域	公司名称	产品情况	备注
以太网交换芯片	海外厂商（非大陆）	Broadcom、Marvell、Realtek、英飞凌、Fulcum等		
	国内厂商	盛科通信	公司目前产品主要定位中高端产品线，产品覆盖 100Gbps~2.4Tbps 交换容量及100M~400G 的端口速率	
工业MCU	海外厂商（非大陆）	ST、瑞萨、恩智浦、英飞凌、微芯科技、TI等		
	国内厂商	航顺电子	已量产数/模混合130nm至40nm七种工艺平台、ARM 及RISC-V内核等二十九大家族300余款工业/商业/车规级、通用/专用/定制化32位 MCU	
		万高科技	AMR架构，应用于工控设备网关、集中器、工业人机接口	
		极海半导体	ARM架构，已经应用到变频器、电机驱动器、伺服器、逆变器、BMS 管理等工控行业。	
		峰昭科技	专注于高性能BLDC电机驱动控制芯片的设计	
		芯旺微	基于KF32F3xx的BLDC电机Foc方案应用、基于KF8F4142的舵机控制方案	
		旋智科技	已经成功量产三代电机控制芯片，并大批量应用于消费类，白色家电和工业控制等领域。	
		小华半导体（CEC旗下）	专注于核心智能控制芯片的设计，应用于通用控制、电机控制、汽车电子等领域	
		灵动微电子		
	海外厂商（非大陆）	NXP、博通、Marvell、瑞昱、Microchip、TI		
以太网PHY	国内厂商	上海景略	JL11x1/JL2xx1单口以太网PHY产品	
		鑫瑞技术	XR18201/XR82111单端口	
		昆高新芯	以太网PHY、网关、TSN交换芯片	
		楠菲微电子	千兆PHY芯片SF1004/1008	有交换芯片能力
		裕太车通	YT851x系列	
		睿普康	千兆RPC8211E/F& 百兆RPC8201F两款芯片	有交换芯片能力
	物芯科技	已实现6款工业以太网交换芯片、PHY芯片和车规级TSN交换芯片的流片应用	有交换芯片能力	
	盛科网络	Mars系列目前包括CTC21101、CTC21108及CTC21104三款千兆芯片		
工业以太网交换机	海外厂商（非大陆）	赫斯曼、罗杰康、HMS、摩莎、研华、思科		
	海外厂商	东土科技、三旺通信、映翰通		

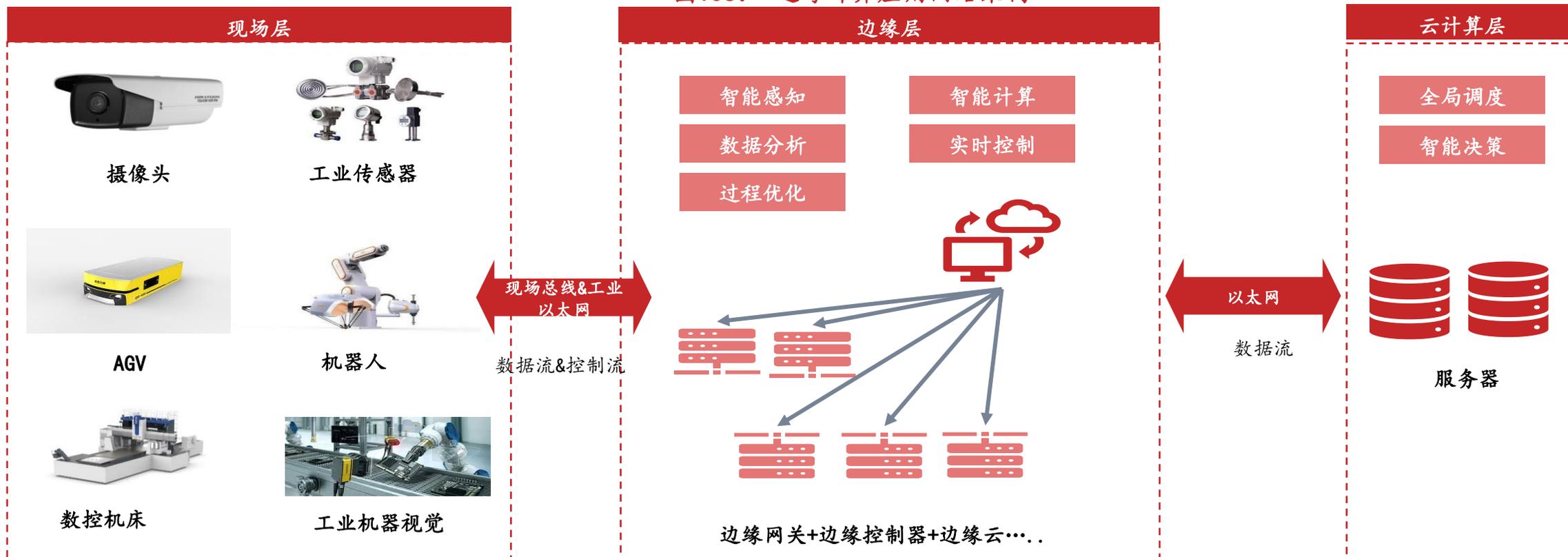


09 算力芯片投资机会拆解

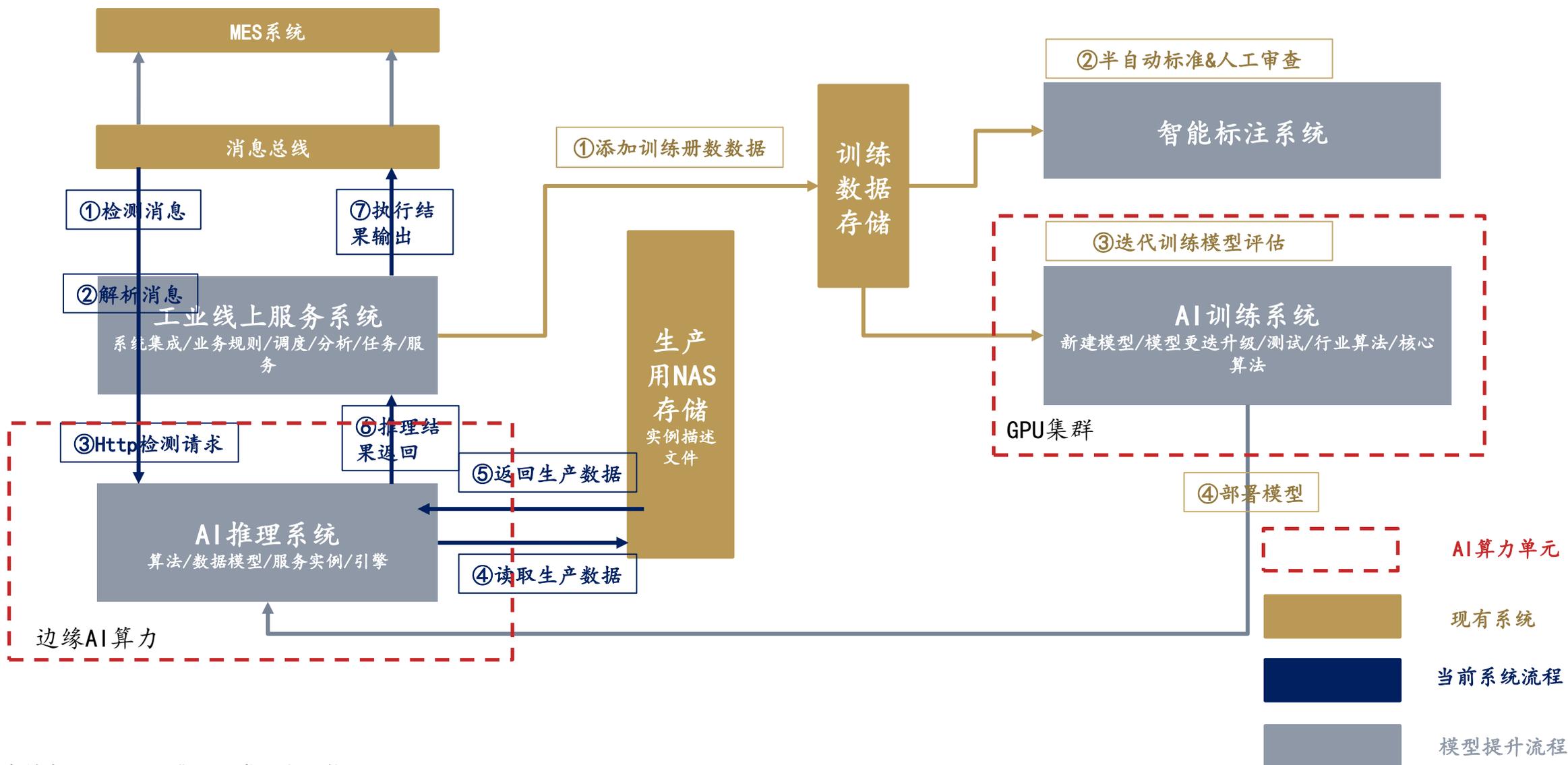
边缘计算在工业互联网渗透，制造业突破数字化和网络化局限

- 随着新一代信息技术的进步和相关政策的支持，我国制造业正积极地向数字化、智能化、网络化方向转型，然而制约制造业转型的瓶颈仍有很多，例如，工业现场存在众多“信息孤岛”；现有数据资源的可利用率不高，降低了数字化的实用价值；工业现场网络协议多样异构，设备互联互通困难等，这些因素都为制造业转型发展造成了巨大阻碍。
- 工业互联网+边缘计算通过在靠近工业现场执行侧的网络边缘构建融合网络、计算、存储、应用等核心能力为一体的一种分布式开放体系，提供智能边缘服务并与云端协同工作，可以满足制造业在快速系统联接、智能数据处理、实时业务分析、安全运营等方面的关键需求，帮助离散制造业突破数字化和网络化的局限，实现行业升级转型。

图136：边缘计算应用网络架构



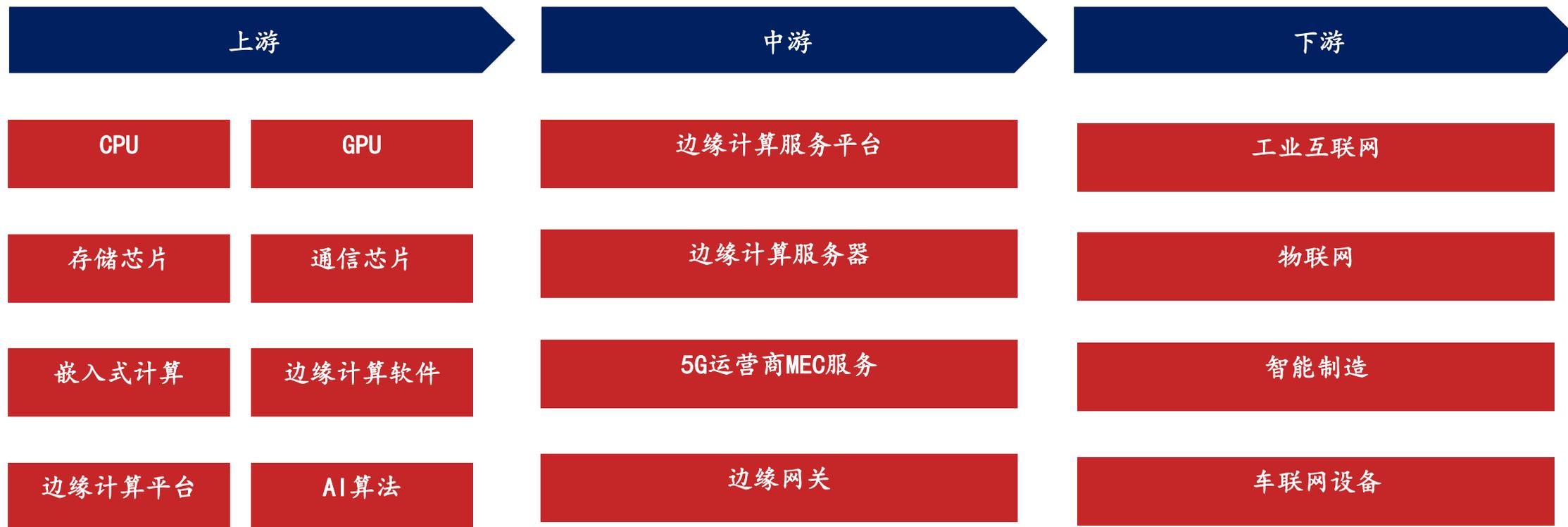
边缘计算+AI+工业互联网典型业务流程



边缘计算产业进入高速发展期，产业生态逐渐形成，上下游合作增强

- 边缘计算产业进入高速发展期，产业生态逐渐形成，上下游合作增强。
- 上游主要包括硬件基础设施，设计芯片到服务器供应商及边缘软件架构。
- 中游主要是提供边缘服务，主要有三类企业：边缘计算服务平台、运营商MEC以及云计算服务下沉企业
- 下游边缘计算应用为主，随着5G在产业的应用需求增加，工业互联网在工业各个垂直行业的解决方案将继续继承边缘计算来解决特殊场景需求。

图137：边缘计算产业链构成



工业互联网市场空间大，行业进入高速增长期

- 工业互联网为边缘计算提供新的市场空间：工业互联网是下阶段工业变革的重要方向，为边缘计算提供了更多的应用场景和市场空间。根据IoT Analytics数据，预计2023年全球工业互联网市场规模达到3100亿美元，复合增长率CAGR37%。
- 信通院数据预估2020年中国工业互联网核心产业经济规模达到6500亿元，融合代工经济影响达2.5万亿元，年复合增长率达70%。
- 全球边缘计算数据负载规模每年将成倍扩大，预计到2028年达到61848/MW，特别是工业互联网是增长最快的领域，随着工业大数据在边缘侧处理的需求增加，到2028年达到2312兆瓦。

图138：全球工业互联网领域边缘计算负载规模发展趋势

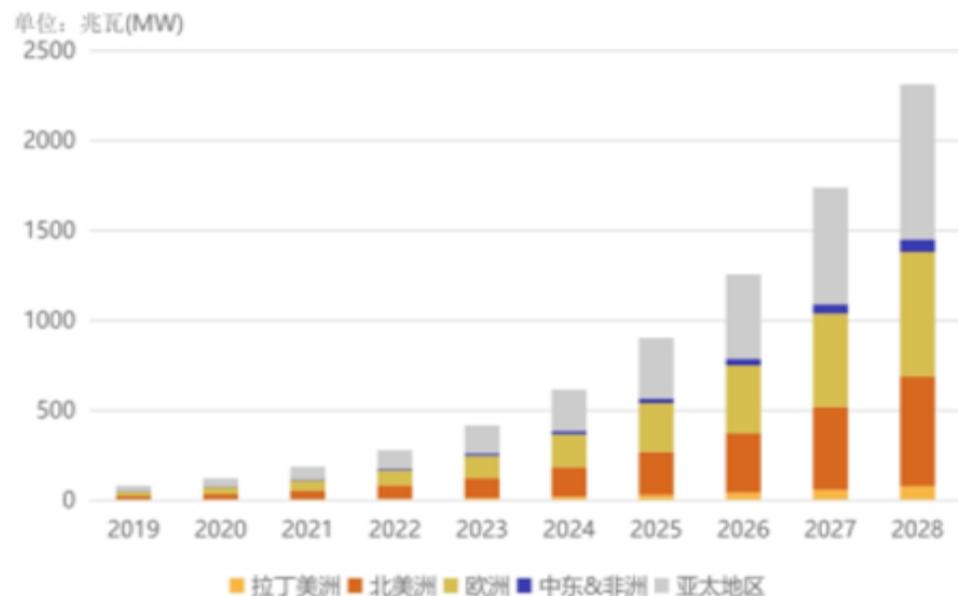


图139：边缘计算主要硬件设备

工业边缘网关



用于工业设备联网，工业协议解析等轻量级计算服务

工业边缘服务器



用于工业实时图像、视频等本地信息、数据分析

基站侧MEC



用于低时延、高带宽需求的工业APP运行服务

边缘计算在全球制造业细分领域逐步落地

- 边缘计算将应用于工业互联网各个功能细分领域，其呈现出越来越丰富的趋势；
- 根据Gartner数据显示，2021年底有超过50%的大型企业部署至少一个边缘计算应用，到2023年底，50%以上的大型企业将至少部署6个用于物联网或沉浸式体验的边缘计算应用。
- 随着对边缘计算基础设施投资规模不断扩大（3.5亿到35.5亿美元），边缘计算应用种类不断增加，其中应用在工业自动化操作将占很大一部分。
- 根据IDC的预测，到2024年，制造业、政府、零售、电信、医疗五大行业在边缘智能应用上的支出将达到159亿美元，占整体边缘智能市场支出的49%。在上述这些重点领域，敏捷联接、实时业务、数据优化、应用智能、安全与隐私保护已经成为核心需求，边缘智能将是实现行业数字化转型的关键。随着边缘智能技术和解决方案的不断完善，在汽车、消费电子、服装、钢铁、化工等信息化基础良好的行业，AI场景化应用也将逐步落地。

图140：边缘计算主要应用市场

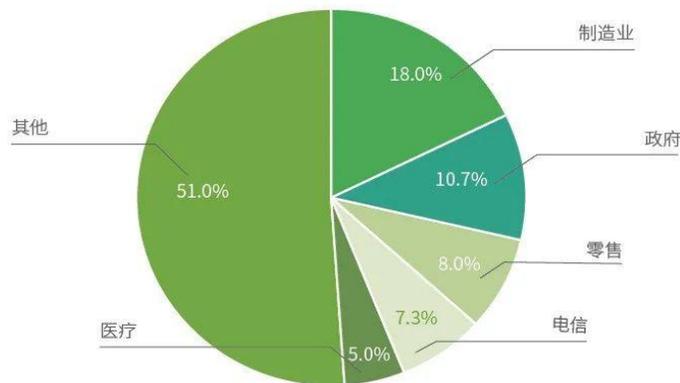


图141：2019年全球制造业边缘计算基础设施资本支出占比

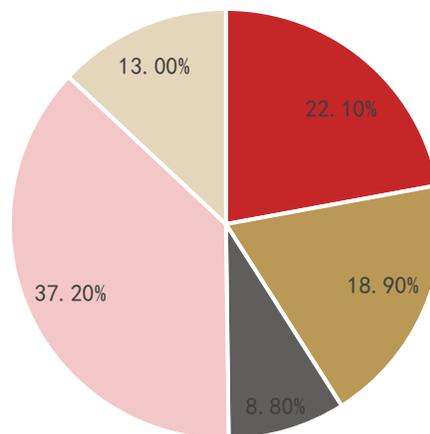
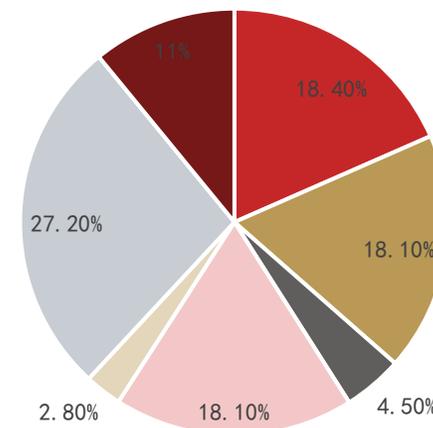


图142：2025年全球制造业边缘计算基础设施资本支出占比



■ 仓储物流 ■ 远程操作 ■ 安全实施 ■ 资产跟踪 ■ 其他 ■ 仓储物流 ■ 远程操作 ■ 安全实施 ■ 资产跟踪 ■ 诊断维修 ■ 操作自动化 ■ 其他

边缘计算多元化加速方案建立在GPU、CPU、FPGA、ASIC等硬件基础上

- 常见的AI加速芯片包括GPU、FPGA、ASIC三类：1) GPU用于大量重复计算，采用并行计算架构，配备GPU的服务器可取代数百台通用CPU服务器来处理HPC和AI业务。2) FPGA是一种半定制芯片，灵活性强集成度高，但运算量小，量产成本高，适用于算法更新频繁或市场规模小的专用领域。3) ASIC专用性强，市场需求量大的专用领域，但开发周期较长且难度极高。
- AI训练**：需要大量数据运算，GPU预计占64%左右市场份额（NVIDIA一家独大），FPGA和ASIC分别为22%和14%。
- AI推理**：无需大量数据运算，但是对单位功耗算力，时延，成本等等指标要求较高。FPGA/ASIC的表现可能更突出，GPU将占据42%左右市场，FPGA和ASIC分别为34%和24%。云端推理芯片则是百家争鸣，各有千秋。
- 终端推理**：在面向智能手机、智能摄像头、机器人/无人机、自动驾驶、VR、智能家居设备、各种IoT设备等设备的终端推理AI芯片方面，目前多采用ASIC，还未形成一家独大的态势。终端的数量庞大，而且需求差异较大。面向各个细分市场，研究应用场景，以应用带动芯片研发及销售。

表19：GPU&FPGA&ASIC对比

芯片种类	芯片架构	擅长领域	优点	缺点
GPU	晶体管大部分构建计算单元、运算复杂度低，适用大规模并行计算	图像处理、“粗颗粒度并行”计算	并行运算能力强	价格贵、功耗散热高
FPGA	可逻辑编程、计算效率高更接近底层IO，通过冗余晶体管和连线实现逻辑可编程	算法更新频繁或市场规模小的专用领域	计算效率比CPU和GPU更高	编程门槛高、峰值性能不如ASIC
ASIC	晶体管根据定制算法，不会有冗余，功耗低、计算性能高、计算效率高	市场需求大的专用领域	体积小、功耗低、计算性能高、计算效率高、芯片出货量越大成本越低	算法固定开发周期长，上市速度慢，一次性成本高、风险大

表20：不同场景AI能力不同

应用场景	芯片需求	典型计算算力	典型功耗
终端	低功耗、推理认为为主，成本敏感	<8TOPS	<5w
云端	高性能、兼有推理和训练、单价高	>30TOPS	>50w
边缘端	介于终端和云之间，推理为主	5TOPS~30TOPS	4~15w

边缘计算芯片厂商梳理：边缘AI芯片

	厂商	型号	架构	算力	应用领域	备注
边缘AI芯片	NVIDIA	Jetson AGX Xavier		模组最高算力32 TOPS		
	Intel	Xeon D-1700和Xeon D-2700				
	NXP	i.MX 8M Plus应用处理器		2.3TOPS		
	瑞芯微	RK3588 AIoT芯片	8核Arm架构	6Ttps	高端平板、PC、智慧大屏、智能座舱、边缘计算、IPC、NVR	
	全志科技	V853	ARM Cortex -A7主核、RISC-V 协处理器与AI NPU	1 TOPS	智能行车记录和驾驶行为检测类产品	
	清微智能	TX510	RISC32内核	2Tops	新零售场景、智能安防、智能家居、智能穿戴设备	
	酷芯微	AR9341	ARM4核A53 CPU、XM6 DSP	8-10TOPS	AI视觉：高端智能IPC、车载辅助驾驶、边缘计算盒子、智能机器人	
	亿智电子 时识科技	SV823	ARMDual-Core CPU	1.5 TOPS	智能网络摄像头、智能人脸门禁对讲、智能USB摄像头	
	九天睿芯 杭州国芯	ADA200		1~2Tops	工业领域、安防领域、机器人、自动驾驶领域：视觉辅助	类脑计算及类脑芯片设计 感存算一体芯片架构
	知存科技	WTM2101		50Gops	可穿戴设备中的智能语音和智能健康服务	存算一体SoC芯片
	爱芯元智]AX620A	4核Cortex A7	14.4TOPs@INT4 或3.6TOPs@INT8		
	鲲云科技	CAISA3.0		10.9TOPS	边缘端AI推理	
	灵汐科技	KA200		单芯片集成25万神经元和2500万突触	视频监控；高速动态的工业互联网市场；多模态复杂环境的智能机器人应用	
	闪易半导体				第二代产品：图像识别及安防领域。边缘智能监控IP摄像机、本地端人脸识别考勤机、智能家居等多	
	晶视智能	CV1838	双核 RISC CPU	2.0 TOPS 算力@INT8	机器视觉领域	
	深思创芯	Abacus Vi SS2801	成像芯片高性能成像IP成像引擎一体化模组	主频400MHz，算力为200GOPs		
	眼擎科技					
	熠知电子	TF16110	4核ARMv8	12.8TOPS	公共安全、交通物流、电力能源等	
探境科技	Imagist861	自研SFA架构	20T~100TOPS			

资料来源：各公司官网，华西证券研究所整理

边缘计算芯片厂商梳理：云端训练&推理

	厂商	型号	架构	算力	应用领域	备注
云端AI训练 &推理	NVIDIA	80GB A100		624 TOPS@INT8	AI训练和AI推理	
	Intel	Habana Gaudi 2和Greco			AI训练和AI推理	
	寒武纪	三代云端AI芯片思元370		最大算力高达256TOPS (INT8)	集AI训练和推理一体	
	壁仞科技	BR100				
	摩尔线程					
	沐曦MetaX					
	天数智芯				GPGPU云端训练芯片	
	地平线	Journey 5		高达128TOPS	高级别自动驾驶及智能座舱应用	
	昆仑芯科技	昆仑芯2		256 TOPS@INT8	推理、也能做训练	
	阿里平头哥	含光800		820 TOPS	数据中心、边缘服务器等场景	
	燧原科技	“邃思” 2.5			云端AI推理芯片	
	瀚博半导体	SV100		单芯片INT8峰值算力200TOPS	AI推理芯片	
	天数智芯			单芯算力可达每秒147T@FP16	GPGPU云端训练芯片	
	黑芝麻智能	华山二号A1000 Pro		单芯片INT8算力为106 TOPS, INT4算力为196 TOPS	自动驾驶	
和芯擎科技	龍鷹一号		8 TOPS INT	智能座舱芯片		

边缘计算产业链梳理

	产业链	产品类型	相关公司	特征
上游	算力芯片	CPU	英特尔、AMD、华为海思、海光、中科龙芯、飞腾等	
		GPU	英伟达、AMD、壁仞科技、景嘉微、芯源微、芯动科技等	
		AI 芯片	Imagination、燧原科技、华为海思、Movidius、英伟达、安霸、地平线、海康威视、瑞芯微、富瀚微、云天励飞、深鉴科技、依图科技、中星微、西井科技、北京君正、熠知电子、眼擎科技、深思创新、黑芝麻、 鲲云科技 、智芯科	
		加速 (DPU)	英伟达、英特尔、沐创科技、中科驭数、云豹智能、大禹智芯、云脉芯联、星云智联、边缘智芯	
	通信	通信&交换芯片	高通、三星、MTK、海思、展锐、盛科、中兴微、翱捷科技等	
		通信模组	移远通信、SierraWireless、Telit、广和通、有方科技等	
	存储	SSD	英特尔、三星、忆恒创源、得瑞、得一微、华澜微等	
	软件	嵌入式计算	华研、西门子、控创、康泰克、倍福、贝加莱等	
		软件平台	AWS、Azure、IBM、阿里云、腾讯云、华为云等	
中游	电信运营商	网络服务	中国移动、中国电信、中国联通	和基础设施网络融合提供计算服务
	通信设备商	边缘服务器、网关	华为、中兴、烽火、新华三、思科、 瑞驰科技等	通信设备和边缘计算融合，技术输出为主
	CDN企业	CDN节点	网宿科技、金山云、白山云、阿卡迈等	结合CDN节点资源和技术
	云计算企业	云计算服务边缘延伸	阿里云、腾讯云、华为云、AWS、谷歌等	云计算+边缘计算一体化服务
	IT企业	边缘服务器、网关	新华三、浪潮、HPE、中科曙光、戴尔等	产业结合度高，行业定制化产品服务



10 5G模组投资机会拆解

5G模组：将成为蜂窝物联网的主流连接，有望加速起量

- 下游不同场景对速率和功耗有不同要求，需要不同制式的模组，逐渐形成以NB-IoT+4G+5G的共存格局。**物联网整体连接发展趋势目前呈现两个主要方向，一是以4G Cat 4+、5G模组为主的高速率，高性能应用，对数据的传输速度，传输量有较高要求，主要场景包括车联网、远程医疗等。另一发展分支以低速率，低功耗，大连接为特点，对数据的传输速度要求不高，但对终端连接数量，连接稳定性及成本较为敏感，典型场景包括智慧城市，智能抄表，智慧农业等，主要以NB-IoT、LPWAN和4G Cat 1模组为主。
- 当前PC、工业、路由器/CPE和智能表计是蜂窝物联网增长最快的领域。**路由器/CPE、PC和工业是5G技术的首要应用，借此，5G技术成为蜂窝物联网模组增长最快的技术（2021Q4同比增长324%），其次是4G Cat 1（2021Q4同比增长105%）。
- Counterpoint预计5G模组将成为未来十年增速起量最快的蜂窝模组，到2030年将达到25亿台，2022-2030 CAGR 60%。**根据Counterpoint Research预测，2021年Q1，5G模组贡献了蜂窝物联网模组市场近1/4的收入。预计到2030年，全球蜂窝物联网模组出货量将超过12亿，复合年增长率为12%。出货量的增长将主要由5G，NB-IoT和4G Cat 1 bis技术推动。5G将是2022-2030年期间增长最快（60%）的技术，达到25亿台，其次是4G Cat 1 bis。我们认为，5G在工业4.0（如机器人、自动化和数字孪生）、路由器/CPE（如FWA和专用网络）和汽车（如互连和自动驾驶）等领域将得到广泛应用，而5G RedCap的推出有望在POS、资产跟踪、远程信息处理和可穿戴领域与5G Cat 1 bis一起得到应用。

图143：蜂窝物联网模组针对不同速率的应用场景与网络

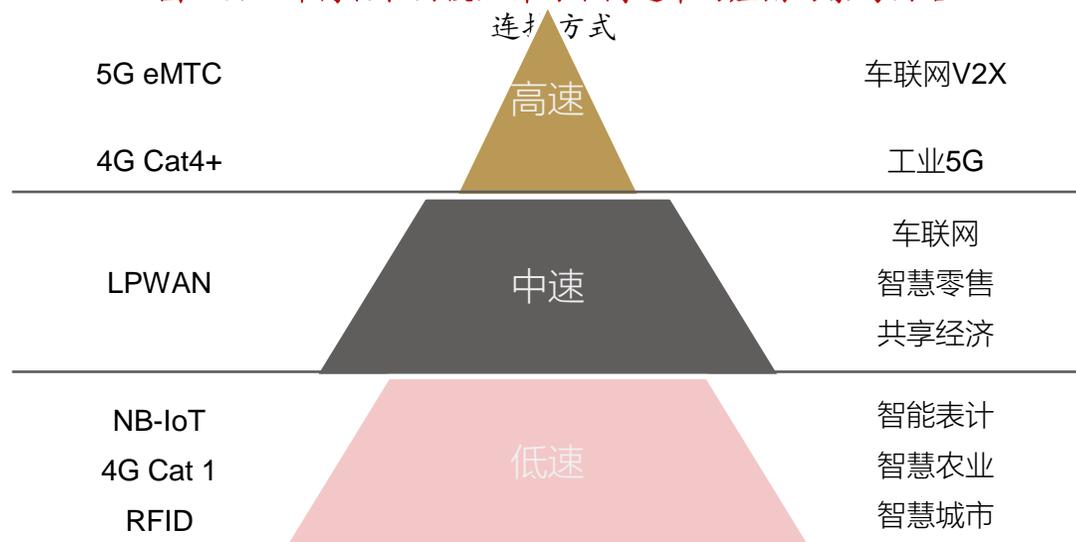
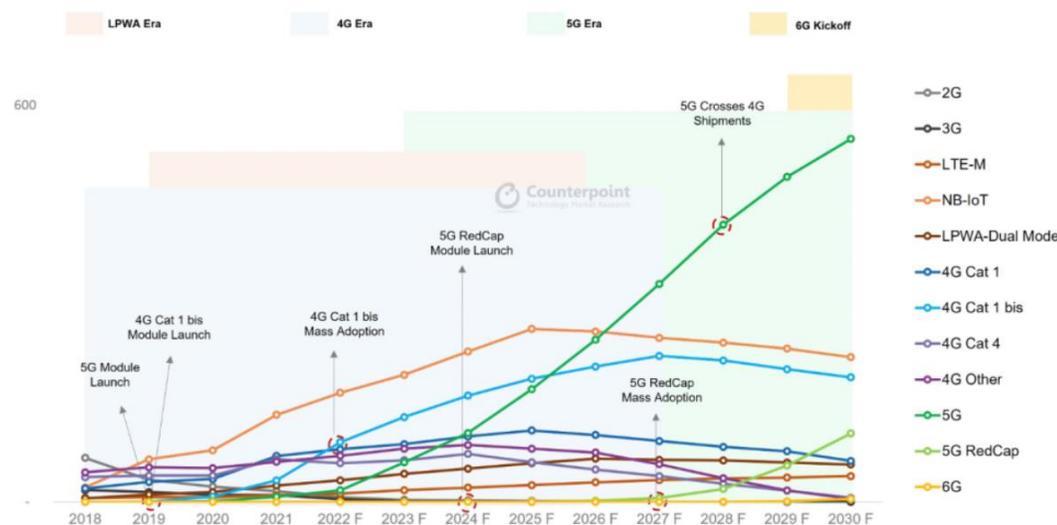


图144：不同型号模组出货量预测2018-2030F



5G模组：增长主要动力来自于行业应用落地，细分定制化需求将增多

应用行业	应用场景	5G指标要求	模组要求	市场空间
工业制造	工业AR 工业云化AGV 机器视觉 远程控制 高清视频监控	上行速率：>20/50/100Mbps 时延：<20/30ms	高精度定位/高精度授时/5G LAN/ 切片	2024年中国工业互联网行业市场规模将达到12500亿元
安防行业	公共车辆监控 重点区域无人巡检 社区安保 道路安全监控 街面巡防 移动执法	上行速率：>15/32/40Mbps	小体积/切片	20023年户外移动监控类摄像头将达到1120万台
能源电力	移动巡检业务 用电信息采集 精准负荷控制 配网差动保护	上行速率：≤2Mbps或>3/20Mbps 时延：<15/50/100ms 可用性：99.9%-99.999%	高精度授时/切片	2022年中国智能电网市场将达到71704亿元
医疗健康	智慧急救 远程会诊	上行速率：>40/50Mbps 下行速率：>300Mbps 时延：<50ms	切片	2023年智慧医疗行业投资将扩大至1628亿元
交通行业	自动驾驶 远程驾驶 车路协同	上行速率：>50/100Mbps	定位/高精度授时/切片	约2000万台
仓储物流	智能拣选 多车协同搬运 融合定位 云化AGV	上行速率：>100Mbps 时延：<50ms 融合定位精度：<30cm 授时精度：<10us 5G定位精度：<1m	高精度定位/高精度授时/5G LAN	2021年中国智能物流市场规模将达到6477亿元
采矿行业	井下高清都视频监控 设备数据采集 远程操纵 无人驾驶	上行速率：<40/100Mbps 时延：<20/50ms 可用性：99.999% 总容量需求：>300Mbps	5G LAN/切片	
港口行业	港机远程 智能理货 无人机巡检 集卡5G远程接管	上行速率：>156/100Mbps 时延：<20ms	5G LAN、切片	共计约116500终端
文化教育	5G+VR教育 5G+VR文旅	下行速率：>100Mbps	切片	2023年中国VR市场规模将达到1022亿元
新媒体	网络直播	上行速率：>100Mbps	切片	约20万台

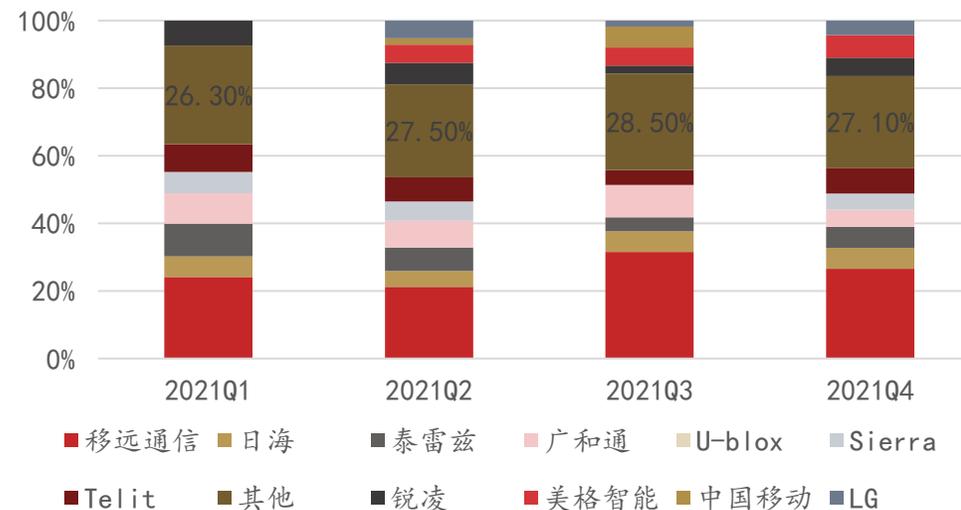
5G模组：全球蜂窝模组厂商一超多强，行业份额“东升西落”

- **全球蜂窝模组厂商一超多强，行业份额：“东升西落”**：当前全球蜂窝物联网模组市场已形成一超多强格局。根据Counterpoint 2021Q4报告，就收入而言，移远通信、美格智能、日海智能和广和通是中国头部蜂窝物联网模组品牌，对于世界其他地区而言，移远通信、Telit和Thales是前三大蜂窝物联网模组品牌。
- 根据报告，移远通信、Telit和美格智能在全球蜂窝物联网模组市场中占据了前三的位置，三者共占2021Q4总收入的40%。2021年，全球蜂窝物联网模组出货量和收入分别同比增长59%和57%，其中移远通信在蜂窝模组收入在Q4同比增长超过100%。
- 众多厂商纷纷发布5G模组产品，当前市场的主要国内的5G模组厂商包括移远通信、美格智能、日海智能、广和通（2021年收购锐凌无线）、启基科技、芯讯通、鼎桥、四川爱联、中兴、联通物联网和中移物联等。

图145：2021Q4全球蜂窝物联网模组供应商各主要地区出货份额排名



图146：2021全球蜂窝物联网模组各供应商收入份额(%)



5G模组：碎片化市场态势下，模组厂商逐渐趋向软件及生态竞争

- 长尾市场背景下，竞争从硬件到软件甚至生态竞争：**物联网市场硬件竞争主要在于打造爆款做头部，比如从共享单车、到智能抄表、POS、笔电、车载、5G工业应用等产品，一个单品就有百万级或者千万级的量足以让企业发展得很好，但是目前从行业发展阶段看头部市场爆款应用已经处于竞争较为激烈的阶段。长尾市场将会成为物联网2.0阶段，竞争从硬件竞争到软件甚至生态竞争。
- 开源开发者社区，生态布局。**物联网具备天然的带有碎片化的属性，包括应用的碎片化、产业的碎片化、甚至技术的碎片化等等，物联网行业目前处在头部高价值市场应用盈利阶段（例如笔电、车载等），但是物联网链接数庞大的长尾市场难以规模起量，无法摊销固定的研发成本。物联网模组厂商如果采用可编程模块，根据使用的芯片品牌不同，需要进行不同的编程，同时下游客户越多，服务成本越高。因此所生产模组皆为不可编程模组，开发由下游客户自行完成。
- 传统开发模组不可编程，下游客户必须外采MCU进行开发，开发周期较长，并且由于需要外购MCU，硬件成本也更高。单纯的销售硬件无法高性价比满足长尾市场需求和产品定义的要求，以通信模块和物联网芯片为切入点，为下游不具备二次开发能力或者二次开发能力较弱的长尾客户提供简单化软件工具或者开源生态的厂商将会成为物联网2.0阶段企业发展的关键。

图147： 物联网不同市场特征及竞争要素



表21： 主要模组厂商软件及生态

厂商	软件及生态合作	亮点
广和通	与涂鸦智能合作，借力涂鸦云管理平台、AI、大数据等生态优势，融合广和通无线通信模组硬件能力	涂鸦物联网 PaaS/SaaS平台具备低代码/零代码开发能力
移远通信	QuecPython嵌入式操作系统，让客户基于移远模组的二次开发更便捷	
上海合宙	Luat语言虚拟机，开源生态，降低用户二次开发门槛	自研Luat OS，开源社区，客户开发成本低

基带芯片：Cat 1模组起量推动国内芯片厂商快速崛起，国产替代进程加速

- 根据Counterpoint报告，2021年Q4全球蜂窝物联网芯片出货量同比增长57%。高通、紫光展锐和ASR占据全球蜂窝物联网芯片市场的前三名，占总出货量的近75%。其中，中国地区继续主导蜂窝物联网芯片市场，占出货量的近60%，紫光展锐、高通和ASR在中国市场排名前三。在世界其他地区，高通引领市场，其次是紫光展锐和英特尔。
- 其中，老牌厂商份额下降明显，先发优势逐渐削弱。**高通绝对优势逐渐下降，低速率市场份额被国内厂商抢占，但在汽车、工业等高端领域仍然维持增长趋势。华为海思由于制裁原因，无新增出货，份额下井明显。联发科由2020Q4的第二降至2021第四。与智能手机芯片市场相比，其并未过多关注蜂窝物联网市场。Intel由于出售其基带芯片部门，仅有4G基带芯片出货，比例呈现下降趋势。
- 紫光展锐、翱捷科技出货量快速提升。**根据Counterpoint报告，2021Q3、2021Q4紫光展锐出货量份额分别为26.8%、26.1%，跃居全球第二，公司在NB-IoT、4G Cat 1和5G等多领域共同发力，成为2021年出货量增速最快的厂商；翱捷科技受益于国内4G Cat 1市场起量，2021Q4份额达到10.4%，较2021Q3 2.8%环比提升7.6pct，同时公司推出4G Cat 4产品，有望持续保持高速增长。

图148：全球蜂窝物联网芯片出货量份额

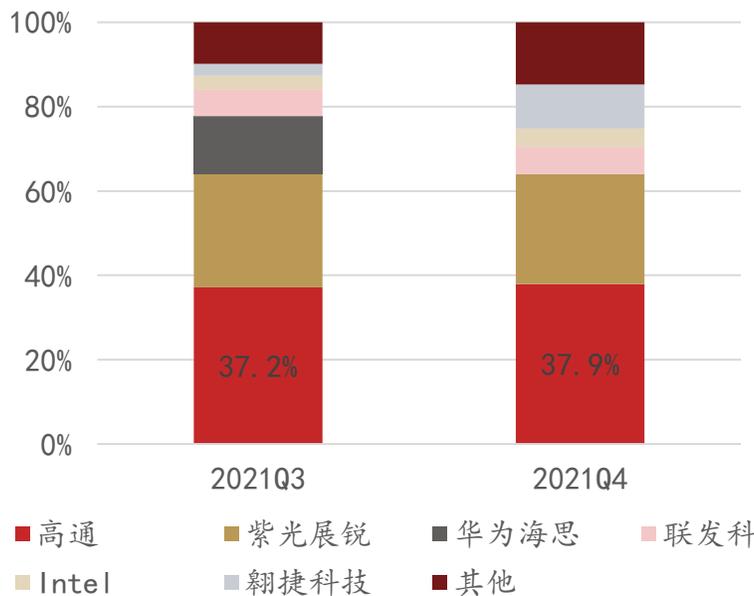


图149：2021Q4全球蜂窝物联网芯片出货量份额（按应用划分）

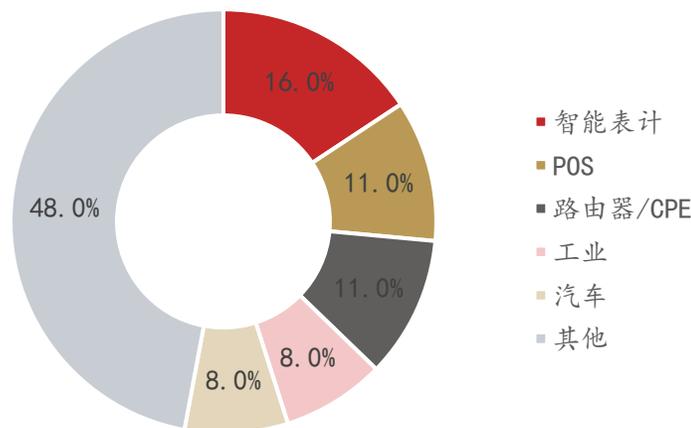


表22：基带芯片无线通信技术布局

业务类型	翱捷科技	高通	联发科	海思半导体	紫光展锐
蜂窝网络芯片	是	是	是	是	是
非蜂窝网络芯片	是	是	是	是	是
AI芯片 (IPC芯片等)	是	是	是	是	是
芯片定制业务	是	是注	是	未披露	未披露
IP授权服务	是	是	是	未披露	未披露

资料来源：IDC，翱捷科技招股说明书，物联网智库，华西证券研究所整理

R17标准冻结，引入低复杂度RedCap，长期有望加速5G终端渗透

- 3GPP RAN第96次会议公告5G Release 17 (R17版本) 标准宣布冻结，标志着5G第二个演进版本（第三个版本）标准正式完成。
- 对5G功能和特性进行裁剪，引入低复杂度RedCap：**R17版本通过对5G功能和特性进行裁剪，将5G NR普及到更低复杂度的物联网终端，有利于降低5G终端的能耗和价格。
- 低复杂度RedCap带动下 游物联网需求提升。**我国5G 商用近三年以来，各行各业的 5G 应用规模不断扩大，广泛分布于 2B 类行业应用和 2C 类个人消费领域，其中行业应用主要包括工业互联网、车联网、视频监控、电力、物流、港口、农业、医疗等众多领域。面向2B 领域，最明显的痛点需求便是较高的行业模组价格。当前，5G模组价格500-1000元之间。通过终端剪裁降低复杂度，推动5G应用规模化落地。
- RedCap技术补齐了 5G 中高速大连接能力，使 5G 面向各类物联网应用需求形成了具备低、中、高、超高分档分级能力的完备技术承载体系。面向多样化的 5G 目标场景，3GPP 提出了三类 RedCap 典型应用场景，分别为：工业无线传感器、视频监控、可穿戴设备。
- 尽管如此，RedCap短期仍面临很多挑战，主要系对于成本竞争和4G存量替换难度的挑战。

图150： 5G物联网技术体系

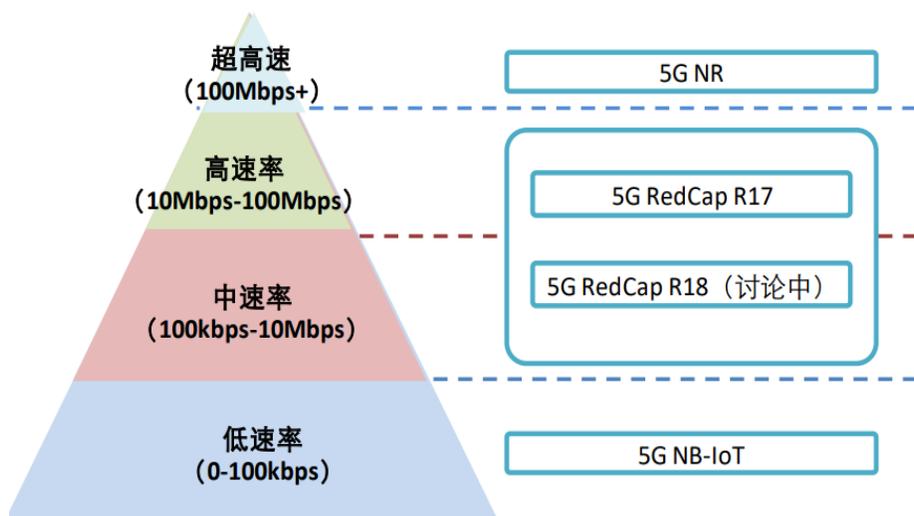


表23： 各技术能力指标对比

技术	类别	带宽	下行峰值速率	上行峰值速率
NB-IoT	Cat-NB1	200KHz	62.5kbps	25.3kbps
LT-M	CAT-M1	1.4MHz	0.8Mbps	1Mbps
NR	NSA	>100MHz	4-10Gbps	4-10Gbps
RedCap	-	20MHz	2-150Mbps	2-50Mbps

射频芯片：海外大厂垄断，国内厂商突围

- **射频前端市场美国、日本等国家起步较早，在市场占据主导地位。**根据Yole Developpement报告，全球射频前端（RFFE）市场将由2021年的27亿美元增长至2026年到43亿美元，CAGR 10%。其中智能手机、平板电脑和笔记本电脑占绝大多数份额。现阶段，全球市场主要被美日传统大厂垄断，2020年Skyworks、Qorvo、拨通（Avago）（已被Broadcom收购）和Murata占据全球85%以上份额，其余市场被TDK、日本主滤波器制造商Taiyo Yuden和主打基带端新进入者的高通瓜分。
- **近年来，伴随国内集成电路产业发展，国内厂商细分领域逐步突围。**中国射频前端产业主要集中在开关、LNA等技术壁垒较低的器件，大多数为Fabless模式，包括卓胜微、唯捷创芯、慧智微、飞骧科技、昂瑞微等，在细分领域获得一定市场份额。其中，滤波器领域包括麦捷科技、中电26所等，仍处于发展早期阶段；功率放大器国产切入中低端，包括紫光展锐、中科汉天下、唯捷创芯、飞骧科技、慧智微等；射频开关领域国内厂商包括卓胜微、锐迪科、唯捷创芯、韦尔股份等；LNA厂商包括紫光展锐、卓胜微等。

图151： 全球射频前端市场份额预测（十亿美元）

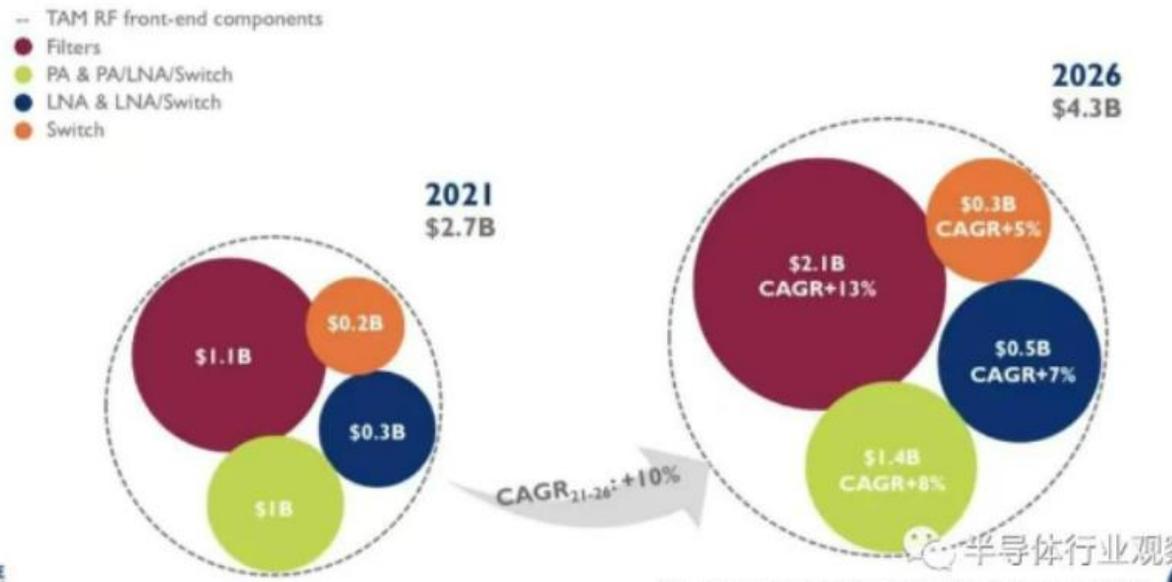
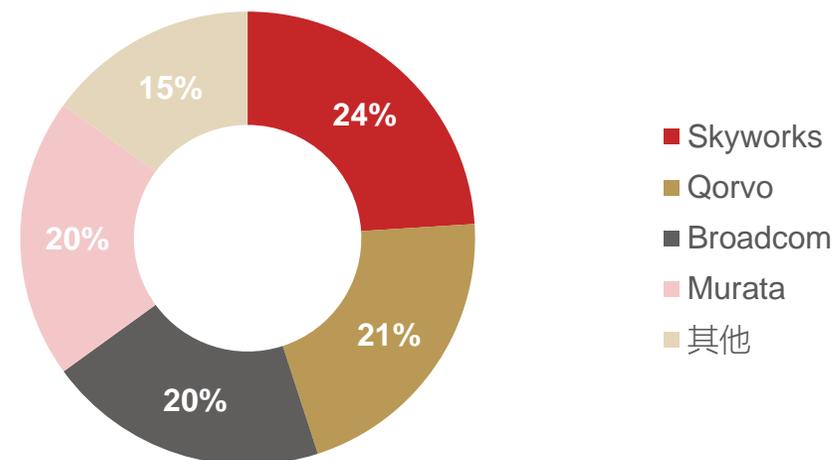


图152： 2020年射频前端市场整体格局





11 室内定位机会拆解

室内定位概念定义

- 面向行业应用的定位服务，整个系统分为终端层、网络层（定位网络&通讯网络）、平台层、业务层四层，不同的层需要对应的技术发展支撑，定位终端感知赋能业务应用层，实现现实世界的数字化与智能化。5G网络浪潮的到来，各种技术、设备、应用逐渐完善和成熟，多样化的应用服务不断涌现，为定位端到端产业链带来机遇，同时为了满足各个应用场景的特性需求，对定位精度要求、灵活性、可复制性、维护性等方面提出新的要求。
- 将运营商5G通信网与室内定位网络充分融合，面向工业互联网(IIOT)的场景拓展了室内定位应用空间。

图153: 室内高精度定位主要应用



图154: 与5G结合的室内定位技术发展

4G室内定位限制

4G室分网络主要是无源系统

有源室分带宽小，子载波间隔小，难满足室内精度要求

没有定义定位服务器及对外应用接口，难以推广

5G室内定位优势

室分网元设备定位能力开放

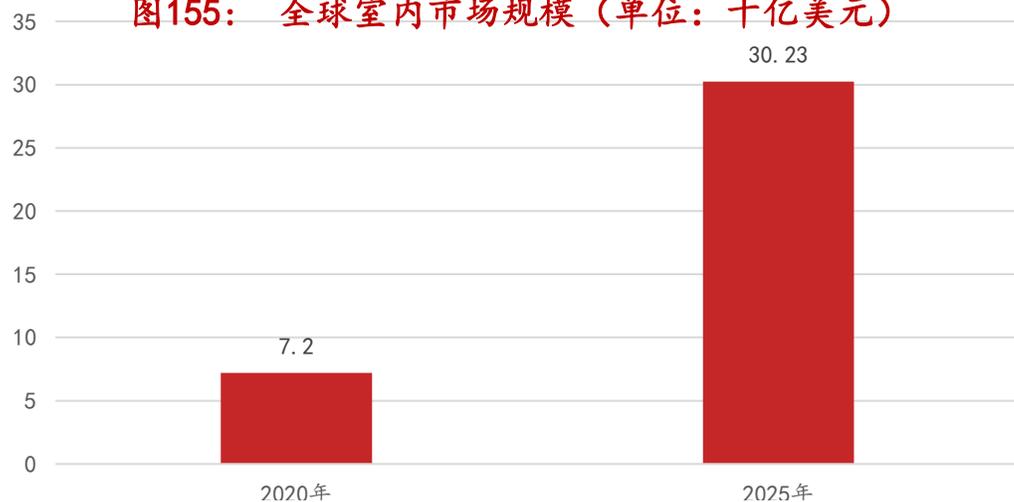
大带宽、低时延、广连接特性强化了定位方案的实用性

R16加入定位处理平台，提供应用接口，引入了RTT定位

室内定位市场高速增长，制造业是重要增长引擎

- MeTrack预测从 2020 年到 2025 年，全球市场规模将增长 230.3 亿美元，市场增长势头在预测期内将以33.21%复合年增长率加速。
- 应用市场看，零售、健康医疗、制造业等市场应用是室内定位主要应用市场。
- 我国室内定位市场，直接建设总量超过3000亿元，3-5一个周期，持续更新维护升级。

图155：全球室内市场规模（单位：十亿美元）



Market Share by Application

图156：全球室内定位主要应用市场份额（单位：%）



表24：中国室内定位市场规模测算

我国室内定位直接市场总量			
场所	数量	单价 (万元)	市场总计 (亿元)
规模以上石油及化工厂	30000家	80	240
规模以上工厂	250000家	50	1250
隧道	5022千米	200	100.44
地铁	2200个站	50	11
电厂	1300家	400	52
养老院	80000家	50	400
三级医院	2000家	300	60
其他 (商场、会展、机场、游乐场、码头、办公楼宇)			1300+
合计 (首次项目建设)			3000+

室内定位技术对比：UWB+5G优势较为显著

- 目前主流的几种室内定位技术有蓝牙定位、蜂窝定位、UWB定位、Wi-Fi定位、SLAM定位等。
- 5G融合室内定位解决方案，选择不同的技术提供不同能力的定位，下表描述各种融合定位技术的对比，以及建议应用场景，当然最终选择的方案需要根据自身特性，定位精度需求、定位终端成本要求等综合因素考虑。室内定位技术分为两类：一类为基于外置信源的室内定位技术，依赖于外置信源，包括Wi-Fi、蓝牙、UWB、蜂窝移动网络等；另一类则为基于天然信源的室内定位技术，主要依靠终端的传感器即可实现定位，包括视觉导航、地磁导航等。

表25：各种定位技术对比

定位技术	蓝牙 iBeacon	蓝牙 AoA	蜂窝定位技术 (5G)	UWB	Wi-Fi	vSLAM
定位精度	米级	亚米	米级	分米	亚米级/米级	厘米级
终端及基站成本	较高	较高	高	高	较低	高
网络成本	高	高	高	较高	较高	较低
环境适应性	较高	较高	较高	高	较高	较低

图157：不同室内定位技术



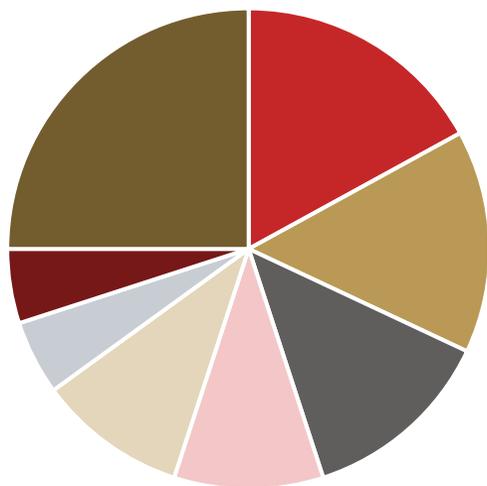
表26：各种定位融合方案对比

各种融合方案对比			
融合定位方案	优势	劣势	应用场景建议
5GNR定位	实现简单	特殊专业极高定位精度要求不适用	商场、交通枢纽、博物展览
5G+UWB/蓝牙AoA	定位精度30~50厘米, 部署、维护成本低	定位基站单独部署, 成本相对高	智能制造
5G+传统蓝牙定位	蓝牙终端通用、成本低, 维护方便, 生态成熟完善	定位精度一般, 1-3米	医院、商超、交通枢纽
5G+Wi-Fi	定位方式的多样、组网灵活, 5G泛在连接	Wi-Fi定位更偏向专网模式	商场、交通枢纽
5G+SLAM	定位精度高	技术待进一步发展	自动牵引车、物料仓储、智能制造

UWB在室内定位市场中占据30% + 市场份额

- 根据UWB技术的应用场景，可以推测出UWB定位系统在室内定位市场中占据30% - 40%的市场份额。制造产业中的资源利用和工作流优化，使企业对基于UWB技术的实时定位系统的应用需求日益增长，促进了UWB技术在定位精度方面的进步，提升了市场竞争力。

图158：2019年中国UWB定位企业级应用细分市场



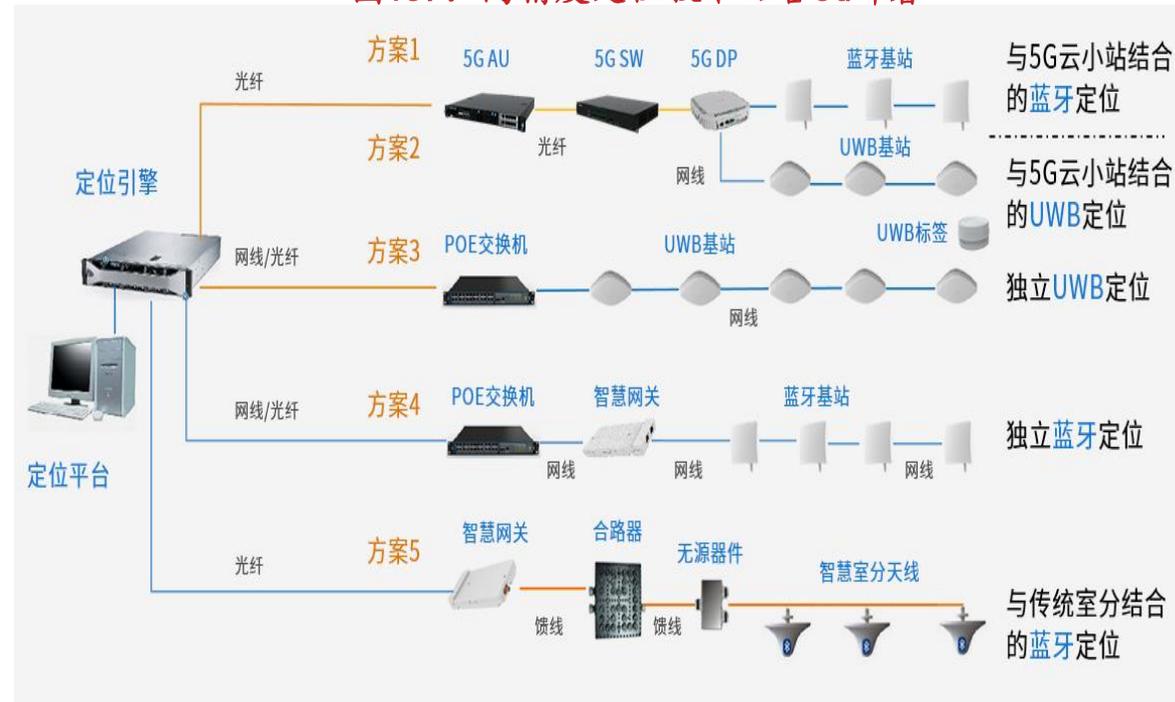
■ 工业制造 ■ 公检法 ■ 电站 ■ 石油化工 ■ 仓储物流 ■ 隧道管廊 ■ 建筑工地 ■ 其他

资料来源：ehigh, leadleo, comba, 华西证券研究所

表27：UWB室内定位系统市场规模

2018-2022年 UWB室内定位系统市场规模 (单位: 亿美元)					
UWB定位	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年
全球	30-41	43-57	61-81	86-115	123-164
中国	5.4-7.4	7.7-10.2	11-14.6	15.6-20.8	22.1-29.5

图159：高精度定位技术结合5G部署



UWB产业链

- 目前, HID Global, 恩智浦, 三星, 博世, 索尼, LitePoint和TTA等组建了FiRa联盟, 该联盟组织目的在于制定UWB室内定位行业的互操作性, 同时将打破不同标准和制式的藩篱, 形成全球统一标准。目前国内加入此联盟的厂商包括小米公司、信维通信、浩云科技、沃旭科技、精位科技、清研讯科、联睿电子等。

图161:室内定位产业链



图160: UWB室内定位产业链



UWB产业链公司梳理

国内外主要UWB芯片及模组厂商

厂商	成立时间	总部	产品动态	备注
Decawave	2007年	爱尔兰	芯片型号DW1000，理想测量范围 300m，目前该芯片已在 500 万台设备上部署。	
Ubisense		英国	S7000 无线电高精度定位系统可实现三维 10厘米精确定位。	全球实时定位系统 (RTLS) 领导者，由剑桥大学贝尔实验室团队组建
BeSpoon	2010年	法国	UWB 通信技术可在不利环境中实现厘米级安全实时室内定位。	2020 年被意法半导体 (ST) 收购
Zebra	1969 年		提供基于 UWB ISO/IEC24730-2. Ciscoxcox wi-Fiw. cps 等不同定位技术的集成方案。	全球领先的识别、跟踪和定位解决方案供应商
恩智浦			2019年推出安全 UWB 精密测距芯片组 SR100T。	
精位科技		成都	2019年3月发布 UWB 定位芯片JR3401，并于 2020 年推向市场。	2019年底，完成数千万A轮融资
纽瑞芯		深圳	全自研的 UNB 大熊座 (UNAJ) 系列SoC芯片及系统，2020年底前正式量产。	2020年2月完成天使轮融资
驰芯半导体			2019 年完成芯片原型开发，突破了低功耗、高性能通信基带 IP、高精度定位 IP 和模拟射频IP等 UWB 芯片所需的关键技术，并获得相关专利。	
联睿电子 (中海达)	2010年	郑州	基于UWB 室内定位技术自主研发了 U-Loc 室内厘米级实时定位系，2019年9月与华为正式签约“华为 UWB 手机无线防盗器项目”。	
浩云科技		广州	2016 年通过并购润安科技切入 UWB 技术，润安科技是深圳市多功能智能杆配套产品中UWB 独家入库单位，也是中国核电独家中标的 UWB 高精度位置管理系统供应商。	
清研迅科		北京	提供的 LocalSense 精确定位解决方案，解决了工业现场供应链组件、设备、车钢与人员精确定位的问题。	源于清华大学测武技术与仪器国家重点实验室
沃旭通讯	2012年	南京	国内首家基于 IR-UWB 产品研发及应用的高新技术企业，也是Decawave 官方指定的主要合作伙伴。	2016年完成 Pre-A 轮融资
易百德		杭州	2020年4月发布 BB1003 芯片，2020年04 最产，距离测量精度小于 10cm。	



七 投资逻辑及标的梳理

智能制造业投资细分领域（硬件方向）

类别	细分领域	国内工业市场 (2021年)	成长速度	国内发展阶段	技术难度与国内企业	国产化	投资建议
工业机器人&AGV小车	本体	~400亿元+	30%+	成长期	本体组装，竞争较为激烈	国产30%渗透率	关注大负载、高速度、机器视觉融合
	减速器	~140亿元	30%+	培育期	难度高	国产渗透率低	谐波减速器国产进程较快，RV减速器精密性更高，技术难度更大
	伺服系统	~100亿元	30%+	成长期	难度较高	国产品牌逐渐渗透	
	控制系统	~50亿元	30%+	成长期	难度较高	国产品牌逐渐渗透	
工业控制	PLC	~130 亿元	~15%	成长期	难度较高，高端产品未攻破	国产中大型PLC渗透率较低	
	变频器	~500亿元	10%+	成熟期	难度一般	高压变频器领域由外资品牌主导，国产厂商实力提升	高压变频器市场规模一直保持着较高的增长率

智能制造业投资细分领域（硬件方向）

类别	细分领域	国内工业市场 (2021年)	成长速度	国内发展阶段	技术难度与国内企业	国产化	投资建议
工业机器视觉		~120亿元	20%	成长期	技术难度高，需要大量积累， 高端软件未攻克	一般	嵌入式及3D机器视觉 等新兴技术领域
工业通讯	工业以太网	~130亿元	20%	成长期	技术难度一般，国内整机厂商 有优势	较高	
	以太网交换芯片	~10亿元	10%左右	稳定期	难度高，市场规模小，国内企 业少	低	海外寡头垄断市场 重点关注大厂背景初 创公司
	PHY芯片	~20亿美元（全球）	10%左右	培育期	数模混合难度高	低	
	5G模组	~2亿元	50%左右	培育期	模组厂商国际市场占有率提升	高	
工业IC	传感器	~200亿元	10%左右	培育期	技术难度高，研发周期长	低	关注压力、温湿度、 光电等大市场，IDM 模式
	DSP	~30亿元	10%左右	培育期	技术难度高	低	关注P2P国产替代以 及异构化、集成化、 小型化技术趋势
	ADC	~50亿元	10%左右	培育期	技术难度高，研发周期长	低	龙头公司IDM，初创 公司高速高精度
	隔离器	~6亿美元（全球）	15%左右	培育期	工业级有难度，国产突破	低	数字隔离器
	MCU	~30亿元	10%左右	培育期	工业级有难度	低	海外寡头垄断市场
边缘算力	AI	30亿美元（24年 全球）	70%左右	培育期	国内和国外基本同步	高	落地应用是关键
	室内定位（UWB）	15亿元	30%左右	培育期	国内和国外基本同步	低	落地应用是关键

- 投资智能制造业是要投资为制造业转型升级改造及提供产品、工具或底层服务支撑的标的。
- 制造业有其固有的发展规律和属性，新技术渗透及应用相对缓慢，要投资新的变化和高速增长领域。流程制造业整体自动化水平较高，离散制造业整体自动化水平不高，具有很大提升空间，尤其是自动化需求高（当前高或者未来需求强）、高成长、高利润行业可以作为当下智能制造重点渗透领域（汽车制造、半导体电子、光伏、锂电、医药、烟草等）。

流程
制造

冶金、化工、水泥、电力、矿业、石油炼制、塑料等

离散
制造

机械制造、半导体电子制造、航空制造、汽车制造、烟草加工、医药

- 考虑到当前国际环境及供应链安全问题，关键核心领域的国产替代(本报告重点以关键芯片为切入点)也是投资重点。

总结：产业受益标的梳理

类别	细分领域	外企&台企	相关上市公司	本土初创公司
工业机器人&AGV小车核心零部件	本体	发那科、安川电机、瑞士的ABB、库卡、住友、史陶比尔、川崎	埃斯顿、新松机器人、汇川技术、新时达、拓斯达、埃夫特、华中数控	广东启帆、广州数控、库柏特、若贝特
	减速器	哈默纳科、纳博特斯克、住友、帝人	绿的谐波、南通振康（RV）、埃斯顿、中大力德、双环传动（RV）、秦川机床、中技克美	来福谐波、北京谐波传动、宏远皓轩、大族精密、恒丰泰、力克精密
	伺服系统	小型功率和中型功率：安川、三菱、三洋、欧姆龙、松下；大型伺服：西门子、博世、力士乐、施耐德等	国产品牌主要包括汇川技术、台达、埃斯顿等公司，主要为中小型伺服	汇川、台达、埃斯顿、信捷、步科、森创
	编码器	海德汉、RENISHAW、SICK、AVAGO、多摩川、尼康、KOYO、Sankyo、Nidec等		安必轩微电子（光电）、禹衡光学、LAMOTION、Reagle（锐鹰）、精浦机电
	控制系统	库卡、ABB、安川、发那科、爱普生、史陶比尔、OTC、川崎重工	专业系统生产：固高科技、英威腾、研华科技（台股）、雷赛智能、埃夫特；机器人公司：埃斯顿、华中数控、汇川技术、机器人、广州数控（弘亚数控）	卡诺普、众为兴、新时代
工业控制	PLC	西门子、霍尼韦尔、施耐德、ABB、三菱电机、罗克韦尔自动化等	台达（台股）、和利时（中概）、中控技术、安控科技、信捷电气	至控科技、南大傲拓、黄石科威、上海正航电子
工业机器人视觉	关键零部件及整机	基恩士、康耐视、巴斯勒	海康机器人、华睿科技、创科视觉、精浦科技	奥普特、凌云光、天准科技、矩子科技、大恒图像
	3D工业相机	基恩士、康耐视、巴斯勒、LUCID Vision Labs	奥比中光	安思疆、华捷艾米、银牛微电子、瑞识智能、深识智能、盛相科技、图漾科技等

总结：产业受益标的梳理

类别	细分领域	外企&台企	相关上市公司	本土初创公司
工业通讯	工业以太网交换机	赫斯曼、罗杰康、HMS、摩莎、研华、思科	东土科技、映翰通、三旺通信	
	以太网交换芯片	Broadcom、Marvell、Realtek、英飞凌、Fulcum等	盛科通信	新华三半导体、楠菲微电子、云合智网
	PHY芯片	NXP、博通、Marvell、瑞昱、Microchip、TI		上海景略、楠菲微电子、裕太微、鑫瑞技术、睿普康、物芯科技
	5G模组		移远通信、广和通、有方科技等	上海合宙
工业IC	传感器 (MEMS为主)	TI、ST、MAXIM, Sensirion、ADI、霍尼韦尔、博西铁、西门子、楼氏电子等	赛微电子、敏芯微等	奥松电子、西人马
	光电传感	索尼、三星	韦尔股份 (豪威)、思特威、格科微	宇称电子、与光科技、芯河光电、锐思智芯等
	DSP	TI、ADI、恩智浦 (NXP) 等		中科昊芯、本原微、毅梁微、卢米微、无锡芯领域、湖南进芯、38所、14所等
	ADC	TI、ADI	上海贝岭、芯海科技、圣邦微、思瑞浦、臻镭科技、航天电子	奇智微、芯佰微、灵矽微、吉芯科技、苏州迅芯等
	隔离器	数字隔离器: ADI、Silicon Labs、TI、英特锡尔、美信、恩智浦、意法半导体、罗姆公司	纳芯微、思瑞浦、上海贝岭	上海荣湃、上海川土微电子
	MCU	瑞萨电子、NXP、得捷电子、微芯科技、ST、TI、赛普拉斯等	中颖电子、兆易创新	航顺电子、极海半导体、灵动微电子、小华半导体 (CEC旗下)、旋智科技、峰昭科技、万高科技、芯旺微
	存储	NOR Flash: Windbond、Macronix、Microchip; SRAM: 赛普拉斯、镁光; EPROM: ST、ON	NOR Flash: 兆易创新; SRAM: 聚辰半导体; EPROM: 聚辰半导体、普冉股份	联和存储科技
	模拟IC/数模混合	加密芯片: ST、Microchip (Atmel)、ON、ABLIC; 时钟芯片: 瑞萨、Maxim	加密芯片: 聚辰半导体;	时钟芯片: 兴威帆电子、芯佰微、大普通信、广州微龛; 加密芯片: 兆芯、极海半导体
边缘算力	边缘AI芯片	英伟达、安霸、Imagination、Movidius	瑞芯微、北京君正	燧原科技、华为海思、地平线、海康威视、富瀚微、云天励飞、深鉴科技、中星微、西井科技、熠知电子、眼擎科技、深思创新、黑芝麻、鲲云科技、智芯科



八 风险提示

- 工业场景智能化及信息化渗透率太慢
- 场景细分，市场规模受限
- 宏观经济下滑，企业信息化及智能化改造支出不足

分析师与研究助理简介

宋 辉 3年电信运营商及互联网工作经验，4年证券研究经验，主要研究方向电信运营商、电信设备商、5G产业、光通信等领域；

柳珏廷 理学硕士，2年券商研究经验，主要关注5G相关产业链研究。

分析师承诺

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

评级说明

公司评级标准	投资评级	说明
以报告发布日后的6个月内公司股价相对上证指数的涨跌幅为基准。	买入	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数达到或超过15%
	增持	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数在5%—15%之间
	中性	分析师预测在此期间股价相对上证指数在-5%—5%之间
	减持	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数5%—15%之间
	卖出	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数达到或超过15%
行业评级标准		
以报告发布日后的6个月内行业指数的涨跌幅为基准。	推荐	分析师预测在此期间行业指数相对强于上证指数达到或超过10%
	中性	分析师预测在此期间行业指数相对上证指数在-10%—10%之间
	回避	分析师预测在此期间行业指数相对弱于上证指数达到或超过10%

华西证券研究所：

地址：北京市西城区丰汇时代大厦5层

网址：<http://www.hx168.com.cn/hxzq/hxindex.html>

华西证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具备证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司签约客户使用。本公司不会因接收人收到或者经由其他渠道转发收到本报告而直接视其为本公司客户。

本报告基于本公司研究所及其研究人员认为的已经公开的资料或者研究人员的实地调研资料，但本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载资料、意见以及推测仅于本报告发布当日的判断，且这种判断受到研究方法、研究依据等多方面的制约。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及预测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息始终保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者需自行关注相应更新或修改。

在任何情况下，本报告仅提供给签约客户参考使用，任何信息或所表述的意见绝不构成对任何人的投资建议。市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告视为做出投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在任何情况下，本报告均未考虑到个别客户的特殊投资目标、财务状况或需求，不能作为客户进行客户买卖、认购证券或者其他金融工具的保证或邀请。在任何情况下，本公司、本公司员工或者其他关联方均不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告而导致的任何可能损失负有任何责任。投资者因使用本公司研究报告做出的任何投资决策均是独立行为，与本公司、本公司员工及其他关联方无关。

本公司建立起信息隔离墙制度、跨墙制度来规范管理跨部门、跨关联机构之间的信息流动。务请投资者注意，在法律许可的前提下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的前提下，本公司的董事、高级职员或员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

所有报告版权均归本公司所有。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，如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为华西证券研究所，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。