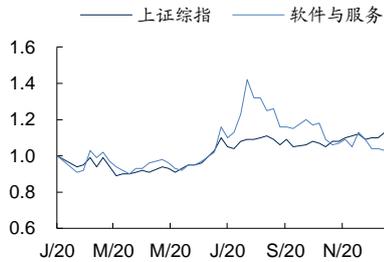


一年该行业与上证综指走势比较



相关研究报告:

《信息安全深度剖析 2: 海外网安巨头如何映射国内——CrowdStrike 终端云安全可复制》——2021-01-04
 《计算机行业专题: 从供需格局看银行 IT 高景气》——2020-12-15
 《PDF 行业专题报告: PDF 群雄逐鹿: Adobe、金山、福昕各领风骚》——2020-09-18
 《信息安全深度剖析 1: 从奇安信看信息安全新玩法、新技术、新市场和新格局》——2020-07-09
 《医疗信息化行业快评: 上海市将互联网医疗纳入医保报销, 互联网医疗再下一城》——2020-02-23

证券分析师: 熊莉

E-MAIL: xiongli1@guosen.com.cn
 证券投资咨询执业资格证书编号: S0980519030002

证券分析师: 于威业

电话: 0755-81982908
 E-MAIL: yuweiye@guosen.com.cn
 证券投资咨询执业资格证书编号: S0980519050001

证券分析师: 库宏焱

电话: 021-60875168
 E-MAIL: kuhongyao@guosen.com.cn
 证券投资咨询执业资格证书编号: S0980520010001

证券分析师: 朱松

E-MAIL: zhusong@guosen.com.cn
 证券投资咨询执业资格证书编号: S0980520070001

行业专题

全析工控数字化, 从 ERP 到车载智能

● ERP 云化已然成势, 企业数字化转型迎接加速

ERP 是企业数字化起点, 随着数字化浪潮的到来, ERP 系统在新环境下又有了新的发展机遇: 一方面 ERP 开启了云化之旅, 由于 ERP 在企业 IT 系统中的价值量较大, 所以 ERP 的云化将会快速促进企业的数字化转型; 另一方面 ERP 系统逐渐从企业内部走向企业外部, 由单个产品逐步走向生态融合。我们认为 ERP 的云化不仅加快了国内企业数字化的进程, 而且也大大缩短了和海外巨头之间产品的差距, 受益于国内广阔的企业市场, 同时叠加国产化带来的发展机遇, 国产 ERP 厂商将深度受益。

● 工业软件助力制造业转型, 工业互联网逐步落地

当前制造业正在由自动化为代表的工业 3.0 向智能化为代表的工业 4.0 迈进, 在人口老龄化, 用工成本上升的趋势下, 为了维护我国制造业支柱地位, 智能制造升级是必然方向。工业软件是制造业转型的核心, 但国外厂商仍占据较大的市场份额, 国产替代已经开启。以 MES 为代表的生产环节, 逐步向工业互联网领域升级, 智能制造已经证明价值。当前智能制造已度过基础设施阶段, 政策催化下, 行业应用正逐步落地开花。

● 软件定义汽车时代到来, 智能座舱和自动驾驶商业化加速迈进

汽车正被重新定义, 数字化、智能化转型已进入加速落地阶段。特斯拉引领汽车行业由制造业向科技行业转型, 汽车 IT 架构也由分布式 ECU 架构向域架构, 甚至是中央计算架构转型。同时, 从芯片计算平台到智能驾驶软件堆栈, 软件价值量在汽车中的占比越来越高。数字化浪潮下, 车厂纷纷布局智能驾驶, 智能座舱域和自动驾驶域成为现阶段发展核心。

● 投资建议: 关注产业数字化升级和汽车智能化突破

企业数字化进程加速, 以用友网络为代表的 ERP 行业逐步向云化发展。工业互联网迈过基础设施建设, 以智能制造为目标, 开始落地应用生态, 终端关注宝信软件、中控技术。汽车智能化正在形成颠覆, 市场仍在加速, 重点关注中科创达、道通科技。

● 风险提示:

疫情反复影响全社会 IT 支出; 产业落地不及预期; 行业竞争加剧。

独立性声明:

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道, 分析逻辑基于本人的职业理解, 通过合理判断并得出结论, 力求客观、公正, 其结论不受其它任何第三方的授意、影响, 特此声明

重点公司盈利预测及投资评级

| 公司代码 | 公司名称 | 投资评级 | 昨收盘 (元) | 总市值 (亿元) | EPS | | PE | |
|--------|------|------|---------|----------|-------|-------|--------|--------|
| | | | | | 2020E | 2021E | 2020E | 2021E |
| 600588 | 用友网络 | 买入 | 43.72 | 1429.84 | 0.30 | 0.39 | 145.73 | 112.10 |
| 600845 | 宝信软件 | 买入 | 60.50 | 698.78 | 1.16 | 1.45 | 52.16 | 41.72 |
| 688777 | 中控技术 | 买入 | 100.18 | 494.89 | 0.85 | 1.06 | 117.86 | 94.51 |
| 300496 | 中科创达 | 买入 | 123.92 | 524.18 | 0.88 | 1.23 | 140.82 | 100.75 |
| 688208 | 道通科技 | 买入 | 66.14 | 297.63 | 0.99 | 1.43 | 66.81 | 46.25 |

资料来源: Wind、国信证券经济研究所预测

内容目录

| | |
|--|-----------|
| 企业 ERP 的云化之路 | 5 |
| ERP——为企业信息化而生 | 5 |
| 数字浪潮来临，ERP 云化助推企业数字化转型 | 7 |
| 国内 ERP 云化进一步缩小海内外厂商差距 | 9 |
| 云 ERP 发展空间巨大，建议关注国内龙头厂商 | 10 |
| 制造业转型之路——工业互联网迈入高成长期 | 11 |
| 工业数字浪潮掀起，多重政策大力推动 | 11 |
| 我国工业软件大发展正当时，国产替代稳步推进 | 13 |
| MES 为生产环节核心，智能制造价值凸显 | 14 |
| 案例一：宝信软件打造钢铁行业“灯塔工厂” | 16 |
| 案例二：中控技术打造工业互联网平台 | 17 |
| 汽车数字化——智能驾驶架构演进，软件定义汽车时代到来 | 19 |
| 智能座舱：“硬+软”全面升级进入爆发期，产品成熟商业化加速 | 20 |
| 智能座舱硬件升级，“智能化+集中化”架构重新定义软硬件形态 | 20 |
| 软件定义汽车趋势明朗，使用软件解决硬件控制场景 | 23 |
| 自动驾驶域：应用逐步落地，商业化进程值得期待 | 28 |
| 芯片：英伟达领先，高通持续迭代，国产厂商积极布局 | 28 |
| 自动驾驶系统底层 OS：Linux、QNX 成为主流 | 33 |
| 国信证券投资评级 | 35 |
| 分析师承诺 | 35 |
| 风险提示 | 35 |
| 证券投资咨询业务的说明 | 35 |

图表目录

| | |
|------------------------------------|----|
| 图 1: ERP 产品形态历史演变图 | 5 |
| 图 2: ERP 产品结构图 | 6 |
| 图 3: 中国 ERP 软件各行业市场份额 | 6 |
| 图 4: 云化模式与本地部署的对比 | 7 |
| 图 5: ERP 在企业众多 IT 系统中价值量较高 | 8 |
| 图 6: NC Cloud 云 ERP 融合互联生态图 | 8 |
| 图 7: ERP 主要厂商的产品发展历程 | 9 |
| 图 8: 中国公有云市场规模及增速 (百万美元) | 10 |
| 图 9: 中国企业上云比例 | 10 |
| 图 10: 我国 ERP 市场占有率 | 10 |
| 图 11: 我国高端 ERP 市场占有率 | 10 |
| 图 12: 用友网络云业务收入及增速 (亿元) | 11 |
| 图 13: 金蝶国际云业务收入及增速 (亿元) | 11 |
| 图 14: 工业发展阶段 | 11 |
| 图 15: 中国工业软件市场规模 (亿元) | 13 |
| 图 16: 各类工业软件市场占比 (2018) | 13 |
| 图 17: 生产控制类各软件占比 (2018) | 14 |
| 图 18: 生产控制类各公司市场份额 (2018) | 14 |
| 图 19: 国产厂商 DCS 份额持续提升 | 14 |
| 图 20: 制造业企业典型数字化架构 | 15 |
| 图 21: 中国 MES 市场规模 (亿元) | 15 |
| 图 22: MES 在制造业中应用分布 | 15 |
| 图 23: 云栖制造与传统工厂生产效率比较 | 16 |
| 图 24: ePlat 平台九大功能模块 | 17 |
| 图 25: iPlat 平台产品体系 | 17 |
| 图 26: 宝钢股份入选世界经济论坛“灯塔工厂” | 17 |
| 图 27: 中控流程工业综合自动化 MES 解决方案综述 | 18 |
| 图 28: supET 工业互联网平台体系架构 | 19 |
| 图 29: 汽车智能化整体架构 | 19 |
| 图 30: 汽车 IT 架构转型路径 | 20 |
| 图 31: 智能座舱具体软硬件结合示例图 | 20 |
| 图 32: 智能座舱产业厂商图谱 | 21 |
| 图 33: 主控芯片代替功能芯片 | 21 |
| 图 34: 智能座舱示例图 | 22 |
| 图 35: 完善的车载系统层级框架 | 23 |
| 图 36: 基于 QNX 软件解决方案的智能座舱 | 24 |
| 图 37: 下一代智能座舱软硬件一体化聚合示例图 | 25 |
| 图 38: 车联网专利全球地域分布情况 | 26 |
| 图 39: 小鹏汽车语音交互系统 (声源定位) | 27 |
| 图 40: 自动驾驶域整体框架 | 28 |
| 图 41: 特斯拉自主研发 FSD 芯片内部架构 | 30 |
| 表 1: 智能制造及工业互联网领域相关政策 | 12 |
| 表 2: 各地方对工业互联网政策补贴 | 12 |
| 表 3: 各类工业软件 | 13 |
| 表 4: 2020 双跨工业互联网平台新增 5 家 | 16 |
| 表 5: 主流智能座舱域芯片对比情况 | 22 |
| 表 6: 主流车厂智能座舱显示器对比 | 23 |
| 表 7: 自主车载系统开发方式 | 23 |
| 表 8: 主流车载 OS 对比 | 24 |
| 表 9: Hypervisor (虚拟机) 和中间层 | 25 |
| 表 10: 5G 助力智能驾驶发展 | 26 |
| 表 11: 主流车厂自动驾驶辅助系统对比 | 27 |
| 表 12: 主流车厂车载系统延展功能对比 | 28 |
| 表 13: 自动驾驶分级 L0-L5 | 29 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| 表 14: 目前主流自动驾驶芯片的产品性能以及搭载车型对比 | 32 |
| 表 15: 造车新势力自动驾驶系统对比 | 33 |
| 表 16: QNX 和 Linux 对比 | 34 |

企业 ERP 的云化之路

ERP——为企业信息化而生

ERP(Enterprise Resource Planning, 企业资源规划)系统是专门为解决企业信息化而诞生的,从原型到最终成型一共经历了5个发展阶段,从20世纪40年代的库存控制订货法,到20世纪60年代的时段式MRP,到20世纪70年代的闭环MRP,到20世纪80年代的MPRII,最终形成了20世纪90年代的ERP,每个阶段都反应了企业不同发展的需求。

ERP系统在每个阶段的发展都是为了解决企业不同的问题:1)库存控制订货法,是在计算机出现之前,为避免缺货的发生而提出的一种按过去的经验预测未来的物料需求的方法。原则是保证在任何时候仓库里都有一定数量的存货,以便需要时随时取用;2)时段式MRP(Material Requirements Planning,物料需求计划),相对于订货法来说,不仅考虑了不同物料需求之间的相互匹配关系,将所有的物料需求和产品结构联系起来,还给物料的库存状态数据加上时间坐标,更加方便管理;3)闭环MRP,将对物料需求的管理延伸到车间作业管理和采购需求管理,将来自车间、供应商和计划人员的信息反馈回来以达到整体计划的协调和平衡;4)MRPII(Manufacturing Resource Planning,制造资源计划),将生产、财务、销售、工程技术、采购等各个子系统结合成一个一体化的系统,成为制造资源计划,相比于MRP增加了财务管理和模拟的能力,加强了财务和生产的联系;5)ERP,相比于MRP所涉及的企业管理范围更加广泛,在制造业竞争愈加激烈的背景下,一般企业的经营战略从以企业自身为中心逐步向以客户为中心的经营战略转变,基于时间、以客户为中心、面向整个产业链的ERP系统应运而生。

图 1: ERP 产品形态历史演变图

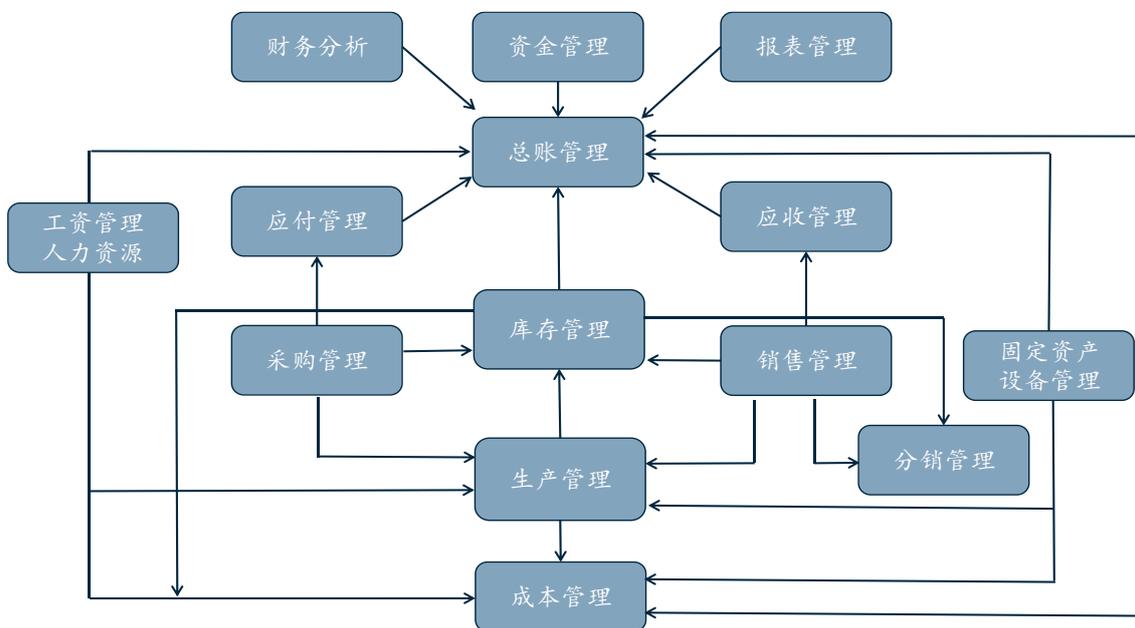


资料来源:《ERP原理与应用》,国信证券经济研究所整理

ERP 产品是企业信息化的重要组成部分。一个 ERP 产品主要包括了财务、资金、报表、总账、应收应付、库存、采购、销售、生产、成本以及人力资源等管理模块,几乎涉及到了企业管理的方方面面。根据 1990 年 Gartner 对 ERP 系统的定位,主要在软件功能范围、软件应用环境、软件功能增强、软件支持技术等几个方面做了总结:1)软件功能范围更加广泛,相比于 MRPII,还要有质量管理、实验室管理、流程作业管理、配方管理、产品数据管理、维护管理、管制报告和仓库管理等拓展功能;2)软件应用环境更加多样化:不仅支持离散型制造+流程式制造;还要支持国内经营与跨国经营的混合以及在生产、分销和服务等业务的混合;3)软件功能要支持能动的监控能力,包括整个企业内采用计划和控制方法、模拟功能、决策支持能力和图形能力等;4)软件支持技术方面,要能够支持开放的客户机、服务器计算环境,包括要求客户机/服务器体系

结构，图形用户界面，计算机辅助软件工程，面向对象技术，关系数据库，第四代语言，数据采集和外部集成等为额。

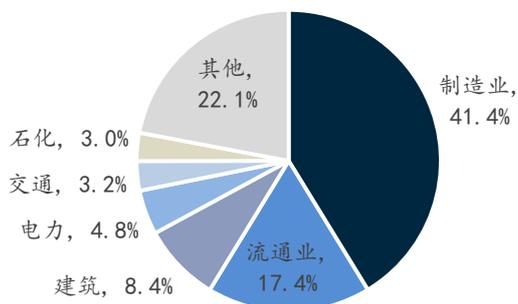
图 2: ERP 产品结构图



资料来源：《ERP 原理与应用》，国信证券经济研究所整理

ERP 信息化系统已由最初的工业制造类企业逐步拓展到全行业企业客户。ERP 的产品原型最开始是针对库存、物料等进行管理，所以天然适合在制造业企业中推广，随着 ERP 的内涵越来越丰富，逐步渗透进企业的采购管理、财务管理、人力管理、营销管理等，ERP 的受众企业也在逐步拓宽。根据前沿产业研究院的统计，现阶段的 ERP 产品已经适应了几乎所有行业客户，下游客户中占比最大的仍然是制造业，其次包括了流通、建筑、电力、交通、石化等行业的客户。

图 3: 中国 ERP 软件各行业市场份额



资料来源：前沿产业研究院，国信证券经济研究所整理

数字浪潮来临，ERP 云化助推企业数字化转型

云化后减轻企业 IT 包袱，更加专注业务。随着数字化浪潮的到来，越来越多的企业探索业务数字化和数字业务化，将自身的业务通过数字化的方式沉淀下来，同时将沉淀下来的数字资产进行不断的梳理和探索从而能够指导公司业务的发展。云计算作为数字化浪潮中不可或缺的一环，正助推企业的数字化转型。对于企业来说，将自身的 IT 系统云化后，相比于之前的本地部署模式，不仅首次投入的成本大幅降低，同时在整体系统的可扩展性方面都将获得比较好的提升。由于企业的 IT 系统托管给云服务厂商后，相应的实施、维护、升级、安全等工作都交由服务商完成，企业用户节省了大量的 IT 成本和人员精力，这将使得企业用户更好的专注业务发展。

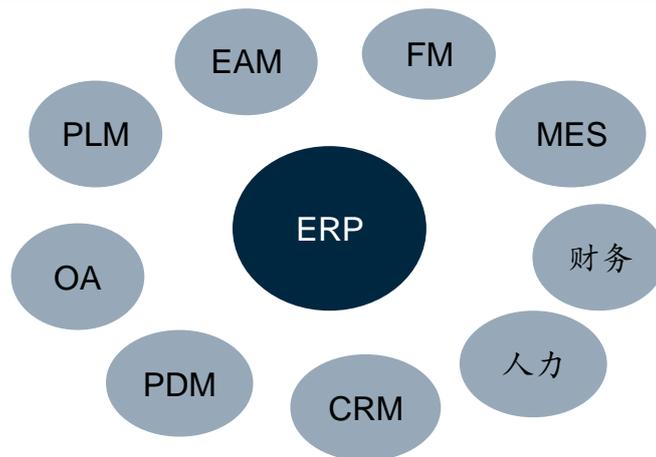
图 4：云化模式与本地部署的对比

| 云化模式 | | 本地部署模式 |
|---------------------------------|-------|-------------------------------------|
| 部署起来比较快，充分利用厂商的配置、实施和测试的现成平台。 | 实施 | 安装需要时间、人员和设备，以及外购软硬件。 |
| 一般由SaaS服务商提供，承担公司基础设施的高可用和灾难恢复。 | 支持与维护 | 支持与维护需要公司自己处理，培养自己的运维工程师。 |
| 升级服务一般由SaaS厂商在后台提供，升级时会通知客户。 | 升级 | 升级需要公司自己负责，一般费时、费钱。 |
| 部署成本低，减少一次性的投入成本，按照年付费。 | 成本 | 需要一次性投入较高，同时运维和升级的成本也需要支付，要配备相应的人员。 |
| 高端厂商，一般专家监管网络和服务器，SaaS系统可能更加安全。 | 安全 | 公司需要自己购买安全的软硬件系统，要付出一定的成本。 |
| 解决方案很容易拓展规模，基本上不需要太多的时间和精力。 | 可扩展性 | 拓展灵活性较低，也需要公司的长远规划，才能拓展规模。 |

资料来源：CSDN，国信证券经济研究所整理

ERP 系统价值量较大，云化后助力企业数字化转型。目前在企业的 IT 系统中，主要包括了 ERP 系统、OA 协同系统、财务系统、人力系统、营销系统、客户管理 CRM 系统、MES 系统、产品生命周期管理 PLM 系统、企业资产管理 EAM 系统、设备管理维护 FM 系统、产品数据管理 PDM 系统等等，其中 ERP 系统的覆盖泛微最广，和企业生产经营的联系最为紧密，且价值量较大。具体来说：1) ERP 系统实施的成功与否，不仅仅是企业内部某个部门所决定的，而是需要公司的管理层自上而下的协同，因为在实施过程中，需要涉及的业务部门较多，从前端营销到中端生产到后端运营等都需要，这点在 20 世纪 90 年代企业从以自身为中心的组织形态到以客户为中心的组织形态中就显现无疑；2) ERP 系统的价格一般较为昂贵，国内厂商面向客户提供的 ERP 价格都在千万级别，而国外巨头如 SAP 对于 ERP 系统的报价动辄上亿，且每年的运营维护费也占到了产品价值量的 15%-20%，价格不菲。所以，从 ERP 系统对于企业业务的强耦合以及在众多企业 IT 系统中价值量较高这两个角度来说，企业的 ERP 系统上云后，都将助推企业数字化转型。

图 5: ERP 在企业众多 IT 系统中价值量较高



资料来源: CSDN, 国信证券经济研究所整理

ERP 走向生态化, 打通企业内外链接。ERP 在前几十年的发展中, 主要围绕着企业资源进行精细化规划, 但是对于外部的链接相对关注较少。目前, ERP 系统正在从单个产品走向生态融合, 正在从企业内部走向企业外部。以 ERP 龙头厂商用友网络的云产品 NC Cloud 为例, NCC 产品秉承链接、协同、共享的社会化商业理念, 开放 Open API, 不仅仅和产业链上的企业进行链接协同, 还引入了社会化商业伙伴为企业提供增量价值服务, 比如和外部第三方数据平台合作助力企业内外数据挖掘、和外部的招聘网站合作实现人力资源管理的内外部打通、和电子支付公司合作打通企业内外资金流、和直播平台合作打通企业内外宣传渠道等等。总体来说, ERP 系统从企业内部走向企业外部, 不仅为企业带来外部增量价值, 也进一步加快了企业数字化转型的步伐。

图 6: NC Cloud 云 ERP 融合互联生态图



资料来源: 用友网络官网, 国信证券经济研究所整理

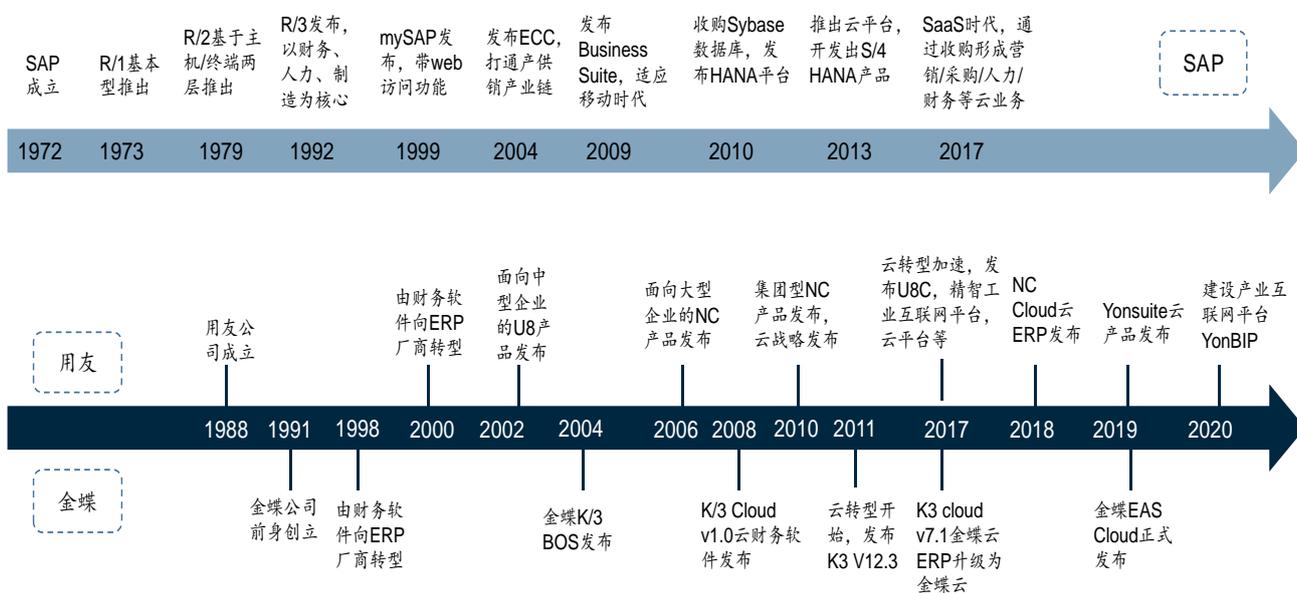
国内 ERP 云化进一步缩小海内外厂商差距

ERP 概念源自海外，由于海外的工业化进程比我国开始的早，所以海外尤其是德国和美国等国家的制造企业对于库存管理的需求以及后续的材料管理需求、生产计划管理需求等早于国内。在传统本地化部署阶段，我国 ERP 发展落后于海外将近十余年，但是在 ERP 云化的趋势下，国内企业意识觉醒较早，ERP 云化进程和国外巨头大幅缩短。

传统 ERP 国内外发展差距在 10 多年。ERP 的鼻祖公司 SAP 成立于 1972 年，于 1992 年就发布了较为完整的 ERP 产品 R3，相比之下，我国的 ERP 企业在 2000 年左右刚刚开始探索 ERP 产品（目前国内的 ERP 主要公司用友和金蝶都在 2000 年前后开始由财务软件探索向 ERP 产品的转型），所以我国的企业在 ERP 的进展上基本上落后于海外 10 多年。

ERP 云化缩短了国内与国外巨头的差距。通过比较海外 ERP 巨头 SAP 的产品发展历史以及国内 ERP 龙头企业用友网络和金蝶国际的产品发展，可以看出，我国 ERP 产品的云化进程基本上和国外相当：1) SAP 于 2013 年推出了自身的云平台，并依赖此平台开发出了 S/4 HANA 产品，于 2017 年通过收购 HybrisAriba、SucessFactor、Concur 等公司而分别形成了营销、采购、人力等 SaaS 云产品，所以 2013-2017 年是其云化开始到加速的阶段；2) 反观国内，ERP 的两大厂商用友和金蝶，分别于 2010 年左右开始了云化探索，其中用友 2017 年发布了 U8 Cloud、精智工业互联网平台、用友云平台等产品预示着云转型的加速，而金蝶 2011 年开始云转型，发布了 K3 V12.3 产品并在后续几年不断推出更新版本，于 2017 年正式将金蝶 ERP 升级为金蝶云，云业务开始加速。所以从国内外主流厂商的 ERP 产品的发展历程来看，国内厂商正借由云化进程逐步缩短与海外巨头的差距。

图 7：ERP 主要厂商的产品发展历程



资料来源：各公司公告，国信证券经济研究所整理

云 ERP 发展空间巨大，建议关注国内龙头厂商

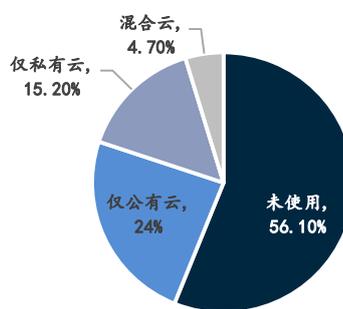
随着数字化浪潮的不断推进，国内的企业正在快速上云，我国的企业数量规模之庞大决定了未来云 ERP 的发展空间很大。根据工信部和国家统计局的统计数据，我国目前约有企业 3000+万家，其中大型企业占比较少，约有 80+万家，中型企业占比略高，约有 435 万家，占比最多的是小型企业，约 2800 万家。这些庞大的企业客户数量均是云 ERP 的潜在客户。同时，根据 IDC 的数据，中国公有云的市场规模在 2020 年预计约为 193 亿美元，未来将保持着 34.5% 的复合增速在 2023 年达到 470 亿美元的规模；同时，根据《中国企业上云指数（2018）》可以看出，2018 年全国企业上云比例为 43.9%，相较于 2017 年的 40.3% 整体提升了 3.6%，仍然有 56.1% 的企业未使用云平台，公有云比例跟国外相比处于较低位置。

图 8：中国公有云市场规模及增速（百万美元）



资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理

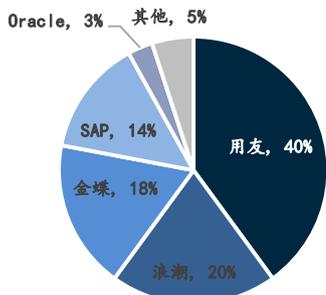
图 9：中国企业上云比例



资料来源：《中国企业上云指数（2018）》，国信证券经济研究所整理

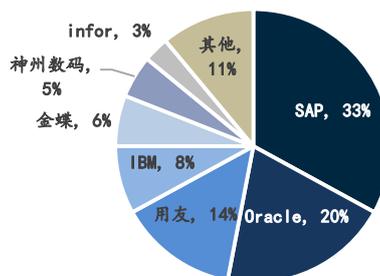
国产化浪潮不断推进，国产 ERP 厂商时代发展机遇来临。从市场占有率来看，我国的 ERP 厂商主要占据了中低端 ERP 的市场，根据前瞻产业研究院的统计，我国 ERP 的总体市场中，用友、浪潮和金蝶合计占据了约 80% 的市场，但是在高端 ERP 市场中，SAP 和 Oracle 占据了超过 50% 的市场。中低端市场产品结构相对较为简单，且价值量较低，而中高端市场的客户数量虽然相对较少，但单个的价值量较大，未来国内 ERP 厂商逐步向高端市场渗透是必然。随着国产化浪潮的不断推进，大型国企和央企的 ERP 系统有望迎来更换需求，同时有部分高端 ERP 市场的海外巨头将逐步撤出中国市场，这为国内的 ERP 厂商带来了难得的时代发展机遇，进入高端市场不仅意味着自身的产品竞争力不断加强，而且服务好高端客户的同事也意味着走向国际化的可能性。

图 10：我国 ERP 市场占有率



资料来源：前瞻产业研究院，国信证券经济研究所整理

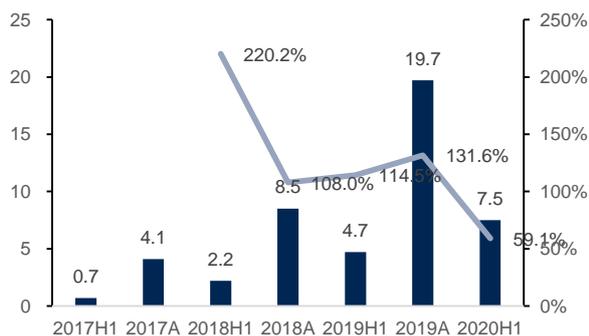
图 11：我国高端 ERP 市场占有率



资料来源：前瞻产业研究院，国信证券经济研究所整理

建议关注国内 ERP 龙头厂商。在国内的 ERP 厂商中，用友和金蝶处于领先地位，2019 年两者的收入分别达到 85.1 亿元、34.1 亿元，从收入体量来看相较于其他厂商而言较大。同时，为了适应国内企业的数字化浪潮，两家公司均加快了云产品的研发及推广力度，用友和金蝶 2019 年的云收入分别为 19.7 亿元、13.1 亿元，同比分别增长为 131.6%、54.1%，均处于快速增长态势中。我们认为在国产化浪潮的背景下，高端 ERP 的市场将逐步向国内企业打开，同时企业数字化浪潮趋势下，国内企业上云的步伐将会进一步加快，上述两个产业趋势下，这两家公司将深度受益，建议关注。

图 12: 用友网络云业务收入及增速 (亿元)



资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

图 13: 金蝶国际云业务收入及增速 (亿元)



资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

制造业转型之路——工业互联网迈入高成长期

工业数字浪潮掀起，多重政策大力推动

制造业迈入工业 4.0 时代。制造业仍是全球经济发展的核心支柱，信息技术的发展也在不断为制造业赋能。早期工业 1.0 时期，以蒸汽机为代表，掀起了第一次工业革命；随后电力的发展和应用，推动工业 2.0 的第二次工业革命。从 20 世纪 70 年代至今，电子和 IT 技术融合下的自动化，成为了当前工业体系的基础，大幅提升生产效率和安全性。随着软件技术，尤其是大数据、AI、物联网等持续发展，智能化生产必将成为制造业下一个高峰。以工业软件为核心的工业互联网平台将驱动工业 4.0 的新革命。

图 14: 工业发展阶段



资料来源: 国信证券经济研究所整理

我国制造业升级迫在眉睫，工业互联网成智能制造方向。中国作为“世界工厂”，全球制造龙头的地位正受到挑战。尤其当今国内人口老龄化严重，年轻劳动力供给不足；而互联网企业的高薪招人背景下，制造业用工成本逐渐上升，且招

人困难。制造业是我国的经济基石，为了保证制造业在国内稳步发展和转型，通过工业互联网，打造智能工厂，尽量减少用工需求，成为制造业务发展的必然方向。自2015年“中国制造2025”提出后，我国在智能制造和工业互联网领域持续推出新政。在2015-2020期间，智能制造的转型，更多的是在以云为基础设施的建设，以及标准梳理、示范项目为主。

表 1：智能制造及工业互联网领域相关政策

| 政策 | 时间 | 具体内容 |
|-----------------------------|----------|--|
| 《工业互联网创新发展行动计划（2021-2023年）》 | 2021年1月 | 到2023年底，一批重点行业工业互联网安全生产监管平台建成运行，“工业互联网+安全生产”快速感知、实时监测、超前预警、联动处置、系统评估等新型能力体系基本形成。重点建设“工业互联网+安全生产”新型基础设施，以及应用能力。 |
| 《工业互联网+专项工作组2020年工作计划》 | 2020年7月 | 明确了十大类别的重点工作，包括提升基础设施能力、建设工业互联网平台、突破核心技术标准、培育新模式新业态，促进产业生态融通发展，增强安全保障水平等 |
| 《关于推动工业互联网加快发展的通知》 | 2020年3月 | 加快新型基础设施建设，拓展融合创新应用，健全安全保障体系，壮大创新发展动能，完善产业生态布局，加大政策支持力度 |
| 《“5G+工业互联网”512工程推进方案》 | 2019年11月 | 加快垂直领域“5G+工业互联网”的先导应用，2022年形成至少20大典型工业应用场景。培育形成5G与工业互联网融合叠加、互促共进的创新态势，促进制造业数字化、网络化、智能化升级。 |
| 《国家智能制造标准体系建设指南(2018年版)》 | 2018年10月 | 截至2019年，累计修订300项以上智能制造标准，全面覆盖基础共性标准和关键技术标准，逐步建立较为完善的智能制造标准体系。 |
| 《高端智能再制造行动计划(2018-2020年)》 | 2017年10月 | 截至2020年，推动建立100家高端智能再制造示范企业、技术研发中心、服务企业、信息服务平台、产业集聚区等，带动我国再制造产业规模达到2000亿元。 |
| 《智能制造发展规划(2016-2020年)》 | 2016年9月 | 到2020年，智能制造发展基础和支撑能力明显增强，传统制造业重点领域基本实现数字化制造，有条件、有基础的重点产业智能转型取得明显进展；到2025年，智能制造支撑体系基本建立，重点产业初步实现智能转型。 |
| 《装备制造业标准化和质量提升规划》 | 2016年8月 | 截至2020年，工业基础、智能制造、绿色制造等重点领域标准体系基本完善，质量安全标准与国际标准加快接轨，重点领域国际化标准转化率力争达到90%以上，装备制造业标准整体水平大幅提升，质量品牌建设机制基本形成。 |
| 《关于深化制造业与互联网融合发展的指导意见》 | 2016年5月 | 制造业与互联网融合发展到2025年迈上新台阶，融合“双创”体系基本完备，融合发展新模式广泛普及，新型制造体系基本完成，制造业综合竞争实力大幅提升。 |
| 《关于积极推“互联网+”行动的指导意见》 | 2015年7月 | 以智能工厂为发展方向，开展智能制造试点示范，加快推动云计算、物联网、智能工业机器人、增材制造等技术在生产过程中的应用，推进生产装备智能化升级、工艺流程改造和基础数据共享。 |

资料来源：工信部，网信办，国务院，国信证券经济研究所整理

积极催化，各地方已开始进入落地环节。在国家政策引导下，各地方也不断推出具体补贴政策支持工业互联网发展。对于制造业较强的地方政策支持更为积极，单就2020年，就有苏州、佛山、青岛、西安、广州发布具体支持政策。其中，尤其以制造业大省广东省补贴范围和强度最大。从各地补贴支持共性来看，对于工业互联网应用、平台给予不同程度的补贴，尤其是跨行业、跨领域的工业互联网平台，支持力度最大。从2021年开始，工业互联网平台有望进入密集落地环节。

表 2：各地方对工业互联网政策补贴

| 地方 | 政策 | 具体补助 |
|----|--|--|
| 深圳 | 《深圳市人民政府办公厅关于印发深圳市工业互联网发展行动计划(2018—2020年)及配套政策措施的通知》 | 对于工业互联网应用项目，对项目投入的30%给予资助，最高资助不超过300万元；对跨行业跨领域工业互联网平台，对项目投入的30%给予资助，最高资助不超过1000万元。支持制造业企业开展“5G+工业互联网”技术改造，对经认定项目给予不超过总投资12%的奖励，最高500万元 |
| 苏州 | 《苏州工业园区关于支持“5G+工业互联网”融合发展的若干措施》 | 对国家级跨行业跨领域平台、垂直行业平台，按不超过其建设总投资的30%予以奖励，最高支持3000万元和1000万元。对“5G+工业互联网”领域的新设立企业，给予不超过已实缴注册资本2%的一次性补贴，最高500万元 |
| 佛山 | 《佛山市深化“互联网+先进制造”发展工业互联网的若干政策措施》 | 每年认定不超过30个(含)市级工业互联网标杆示范项目，按不超过项目已投入金额的30%(含)进行奖励，单个项目奖励最高不超过300万元(含) |
| 青岛 | 《关于加快工业互联网高质量发展若干措施的通知》 | 对市级新认定的工业互联网平台、智能(互联)工厂、数字化车间或自动化生产线，按照市政府促进先进制造业加快发展的政策，分别给予300万元、100万元、50万元奖励 |
| 西安 | 《西安市工业互联网创新发展行动计划(2020—2022年)》 | 对符合条件的工业互联网企业最高补贴100万元；对确定为两化融合管理体系贯标试点的企业，通过国家贯标评定后，给予一次性奖励10万元；对工业企业主导建设的工业互联网平台，在平台投入使用后，择优按照平台建设总投资的20%给予最高不超过100万元的补贴。 |
| 合肥 | 《支持数字经济发展若干政策》 | 对工业互联网试点示范企业(项目)给予一次性奖励最高100万元。 |
| 广州 | 《广州市深化工业互联网赋能改造提升五大传统特色产业集群的若干措施》 | 对符合条件的供应商联合体建设项目，给予联合体项目最高不超过1500万元补助。 |
| 郑州 | 《关于郑州市建设中国制造强市若干政策的补充意见》 | 对规模以上工业企业上云产生的服务费，按照不超过合同金额的70%给予补贴，单个企业最高不超过100万元。对于中小企业上云产生的服务费，也按照不超过合同金额的70%给予补贴，单个企业最高不超过10万元 |
| 沈阳 | 《沈阳市引导企业上云实施方案》 | 将按照年度上云服务合同实际支付额的50%给予补贴，单个企业最高限额达到200万元。 |

资料来源：各政府官网，国信证券经济研究所整理

我国工业软件大发展正当时，国产替代稳步推进

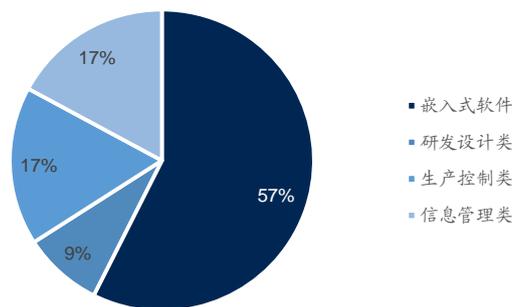
中国工业软件市场广阔，保持稳定增长。根据赛迪顾问《中国工业软件发展白皮书》，全球工业软件市场达到 3893 亿美元，同比增长 5.2%；欧洲和北美占比超过 70%，亚太占比不到 24%。2019 年，中国工业软件市场规模达到 1720 亿元，同比增长 16.5%，预计 2020 年突破 2000 亿。我国是制造业第一大国，但大而不强，发展质量不高一直是工业发展的瓶颈。近年来在智能制造等一系列政策推动下，工业软件有望得到进一步发展。

图 15: 中国工业软件市场规模 (亿元)



资料来源: 工信部, 中国电子信息统计年鉴, 国信证券经济研究所整理

图 16: 各类工业软件市场占比 (2018)



资料来源: 赛迪《中国工业软件发展白皮书》, 国信证券经济研究所整理

关键软件领域，国产替代备受期待。 广义上，工业软件又分为嵌入式软件（工业通信、汽车电子等软件）、研发设计类（CAD、PLM 等软件）、生产控制类（MES、DCS 等软件）、信息管理类（ERP、CRM 等软件）。其中嵌入式占比显著较高，国内发展较好，以海康、大华为代表的安防企业已经成为全球龙头。但是更偏软件的方向上，某些领域仍与海外巨头有较大差距，但国产厂商已经开始逐步替代。例如用友、金蝶在 ERP 领域取代 SAP、Oracle；中望软件在 CAD 领域逐步向 Autodesk 看齐；宝信、中控、鼎捷在 MES 领域逐步取代海外西门子等。国产工业软件崛起是大势所趋。

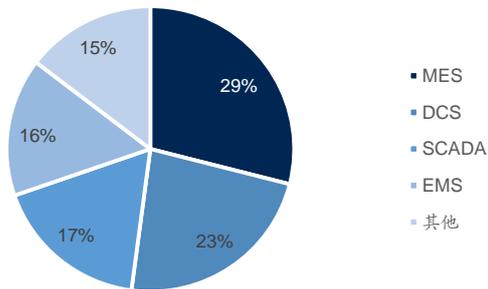
表 3: 各类工业软件

| 工业软件 | 功能 | 代表产品 |
|--------|---------------------------|--|
| 嵌入式软件 | 用于执行独立功能的系统 | 汽车电子、安防电子、数控系统等 |
| 生产控制软件 | 用于提高生产过程管控水平，改善生产设备效率和利用率 | 生产执行系统 MES、集散控制系统 DCS 等 |
| 信息管理类 | 用于提升企业管理水平和运营效率 | 企业资源管理 ERP、客户关系管理 CRM、人力资源管理 HCM、商业智能 BI、办公协同 OA 等 |
| 研发设计软件 | 用于提升企业在产品研发工作中的能力和效率 | 计算机辅助设计 CAD、辅助分析 CAE、产品全生命周期管理 PLM |

资料来源: 中商产业研究院, 国信证券经济研究所整理

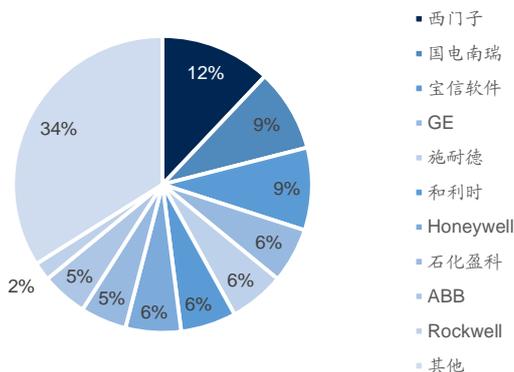
工业制造领域最具代表性的生产控制类软件，国外厂商占比仍高。 MES 和 DCS 在生产控制类占比高，外企仍占据较大份额。在生产控制类软件中，MES 占比最大，达到 29%；其次 DCS 占比达到 23%。按照赛迪的数据测算，2018 年 MES 市场约为 83 亿，DCS 市场约为 66 亿。从市场份额来看，工业软件市场集中度较低，前 10 大厂商中，外企占比高达 37%。

图 17: 生产控制类各软件占比 (2018)



资料来源: 赛迪《中国工业软件发展白皮书》, 国信证券经济研究所整理

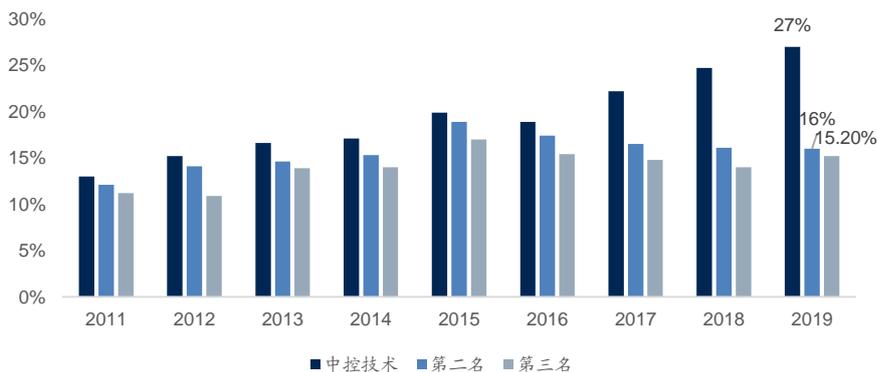
图 18: 生产控制类各公司市场份额 (2018)



资料来源: 赛迪《中国工业软件发展白皮书》, 国信证券经济研究所整理

DCS 领域替代, 中控技术已证明产业趋势。工业安全是重要方向, 2010 年伊朗核设施铀浓缩离心机的西门子控制系统遭到“震网”病毒攻击, 该事件充分证明了掌握控制系统核心技术的重要性。早期霍尼韦尔、横河电机、艾默生、西门子、ABB、施耐德等国外品牌仍占据了大量 DCS 高端市场, 但 2019 年中控技术市场份额达到 27%, 第二名艾默生为 16%, 第三名和利时 15.20%。国内供应商不断突破, 市场进一步被国产替代。

图 19: 国产厂商 DCS 份额持续提升



资料来源: 中控技术招股书, 国信证券经济研究所整理

MES 为生产环节核心, 智能制造价值凸显

MES 是智能制造的核心。企业生产运营管理流程一般分为计划层、执行层和控制层: 计划层以 ERP 为代表, 根据企业资源安排生产计划; 执行层以 MES 为代表, 根据计划安排控制层的任务; 控制层以 DCS 为代表, 直接对生产进行操作控制。MES 构筑了上层计划与底层控制之间的桥梁, 是生产的核心环节。具体来看, MES 是一套面向制造企业车间执行层的生产信息化管理系统, 包括制造数据管理、计划排程管理、生产调度管理、库存管理、质量管理等多种功能模块。在当前智能制造的发展中, MES 作为整个生产环节知识的凝结, 在云和大数据的发展下, 成为智能制造的核心。

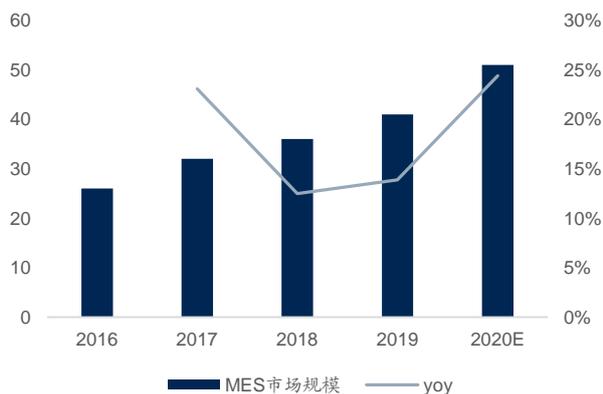
图 20: 制造业企业典型数字化架构



资料来源: 甲子智库, 国信证券经济研究所整理

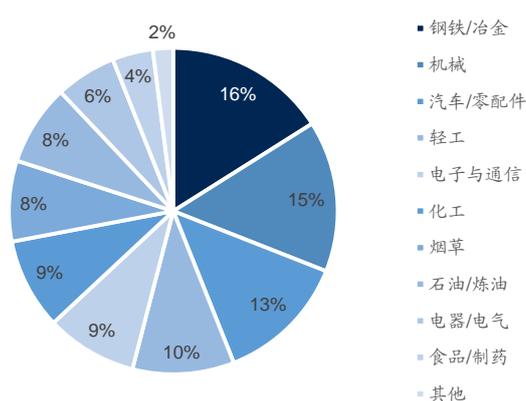
MES 市场增长有望加快, 下游应用领域广泛。在我国制造业升级的过程中, MES 是制造企业通往智能制造的必经之路。根据第三方测算, 我国 MES 软件市场规模在 50 亿左右, 整体仍然较小。随着政策不断催化, 以及产业内部压力下降本增效的持续需求, MES 市场整体增速有望向上。从下游来看, MES 已经广泛应用于钢铁、机械、汽车、轻工、化工等行业。随着工业互联网在各个行业逐步落地, MES 的升级和改造也会带动市场的高速成长。

图 21: 中国 MES 市场规模 (亿元)



资料来源: e-works, 甲子智库, 国信证券经济研究所整理

图 22: MES 在制造业中应用分布



资料来源: e-works, 甲子智库, 国信证券经济研究所整理

智能制造优势已经显现。根据数字化智慧工厂 SaaS+ 解决方案提供商云栖智造的案例, 其通过核心“数据中台”和“业务中台”双中台技术架构驱动, 结合工业物联网、机器视觉、AI、5G 等新兴技术帮助制造业企业打造数字化智慧工厂。以年产值 3 千万的 200 人离散型工程为例, 云栖智造的方案可以减少 75% 的管理人士、提高 75% 的生产效率、缩短 53% 的交货周期、提高 10% 的良品率、减少 73% 的物料滞留、提高 16% 的设备利用率。智能制造价值显著, 工业 4.0 升级已经成为众望所归。

图 23: 云栖制造与传统工厂生产效率比较



资料来源: 云栖智造官网, 国信证券经济研究所整理

案例一: 宝信软件打造钢铁行业“灯塔工厂”

宝信是钢铁行业 MES 龙头。宝信软件始于 1978 年宝钢股份的自动化部, 以钢铁行业信息化和自动化业务起家, 其中 MES 系统在钢铁市场占有率超过 50%, 并逐步扩展到化工、医药等领域。公司凭借以 MES 为核心的产品战略, 成功跃升为工业互联网第一梯队。

宝信正式推出 xIn³Plat 工业互联网平台。2020 年 12 月, 中国宝武及宝信软件工业互联网基础设施的核心——xIn³Plat 平台正式推出。宝信软件早在 2015 年就成立了工业 4.0 项目部, xIn³Plat 平台标志着我国钢铁行业数智化体系变革迈出重要一步。目前 xIn³Plat 工业互联网平台拥有注册企业用户 14 万家、已连接 352 万台设备、开发 3895 个云化软件和工业 APP、创造经济效益累计达到 26.08 亿元。xIn³Plat 平台一经发布, 立刻入选国家工信部公示 2020 年跨领域跨行业工业互联网平台, 成为 2020 年新增 5 家之一。

表 4: 2020 双跨工业互联网平台新增 5 家

| 工业互联网平台 | 公司 | 发布时间 | 主要应用场景 |
|----------------------------------|-------|------------|--|
| 腾讯 WeMake 工业互联网平台 | 腾讯 | 2019.10.19 | 工企互联、工企营销、工企 AI、工企高性能计算、工企微信 |
| 忽米 H-IIP 工业互联网平台 | 忽米科技 | 2020.7.25 | 动摩行业、泛半导体行业、装备制造业、新能源行业 |
| 宝信 xIn ³ Plat 工业互联网平台 | 宝信软件 | 2020.12.22 | 安全生产、节能减排、质量管控、供应链管理、研发设计、生产制造、运营管理、仓储物流、运维服务 |
| supOS 工业操作系统 | 浙江蓝卓 | 2017.12.8 | 智能制造、智慧远程运维、智慧建筑、智慧环保、智慧供热、智能冶金、智能化工园区、智能石化、智能水泥、智能大数据 |
| UNIPower 工业互联网平台 | 紫光云引擎 | 2017.09 | 电子制造智能工厂、注塑行业智能工厂、钣金行业智能工厂、纺织行业物联平台、空调设备云监控平台、钢铁行业智能管控平台、电机设备云监控平台 |

资料来源: 中国软件网, 国信证券经济研究所整理

xIn³Plat 平台依托于大数据、人工智能、智能装备、集控、工业网络安全、移动物联、虚拟制造等七大核心技术, 通过打造满足智慧制造应用场景的 iPlat 和满足智慧服务应用场景的 ePlat 两大平台, 帮助企业实现能力服务化、业务数字化、企业平台化、管理智能化的企业智能化时代“新四化”转型。

ePlat 定位智慧服务。ePlat 平台具备平台化、中台化、生态化的特点, 是产业生态圈的信息基础设施。其强化业务微服务化、应用和数据中台化的能力复用设计思想, 打通业务烟囱和数据竖井, 实现互联互通、业务敏捷、数据智能。

iPlat 定位智慧制造。iPlat 平台具备数字化、网络化、智能化的特点, 围绕“数

据”核心要素，构建工厂边缘级的数字化中心，实现泛在连接、互联互通和数据融合。

图 24: ePlat 平台九大功能模块



资料来源：宝信软件官网，国信证券经济研究所整理

图 25: iPlat 平台产品体系



资料来源：宝信软件官网，国信证券经济研究所整理

宝钢股份上海基地工厂成为唯一入选“灯塔工厂”的中国钢铁行业代表。宝信 xIn³Plat 工业互联网平台虽然推出并未很久，但是其在体系内打磨和应用已经多年，且取得了较好的成绩，如宝钢股份生产运行中心、鄂城钢铁操业集控中心、中国宝武高炉互联智控平台等。其中，宝钢股份在上海宝山基地的冷轧热镀锌智能车间，成功入选世界经济论坛发布的“灯塔工厂”名单。“灯塔工厂”网络是全球先进制造领域最具影响力的评选之一，此次评选中，宝钢股份上海基地的五个智慧制造项目获评“灯塔工厂”最佳实践案例，覆盖智慧计划、智慧生产、智慧设备管理、智慧质量管理和智慧物流五大模块。该厂房引入多项技术，为生产带来了大量积极影响。宝信打造智能工厂，有望率先在钢铁行业广泛复制。

图 26: 宝钢股份入选世界经济论坛“灯塔工厂”

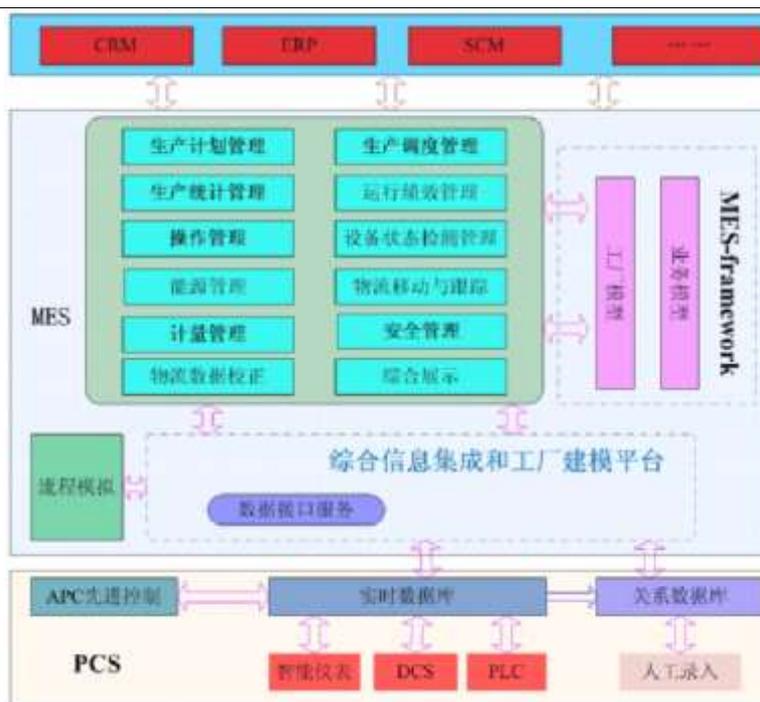
| | | | | |
|-----------|--|---------------------|---|------------------|
| 宝山钢铁，中国上海 | 这家拥有 40 年历史的工厂是数字化的先行者，得益于工厂对人工智能和高级分析技术的广泛部署，宝山钢铁在数字时代仍保持强劲的工业竞争力，并一年创造出 8000 万美元的价值。 | 基于高级分析技术的生产规划 | ↑ | 85% 规划效率 |
| | | 领先的工业物联网技术优化流程 | ↓ | 1600 万美元 材料和质量成本 |
| | | 预防性维护工具设备和流程数据 | ↑ | 30% 工具寿命 |
| | | 基于人工智能的视觉检测 | ↑ | 70% 缺陷效率 |
| | | 基于实时跟踪、无人操作和自动规划的物流 | ↓ | 2700 万美元 物流成本 |

资料来源：《全球“灯塔工厂”网络》，国信证券经济研究所整理

案例二：中控技术打造工业互联网平台

中控技术向车间层拓展，积极布局工业软件，破局工业 4.0。工业软件是在车间层掌控生产过程的核心，集工业知识和行业“Know-how”于一体，因此制造业的深耕经营，是发展工业软件的基础。得益于公司在 PCS（过程控制系统）中智能仪表、DCS、PLC 的完善产品线，公司能够实时获取大量生产过程中的数据，进而与 MES 进行无缝融合。技术上，公司参与起草 MES 国际标准，制订并发布了 MES 国家标准。目前，公司是与中石化、中石油、中海油同时进行战略合作的 MES 解决方案供应商，在石油、化工等行业拥有超过 200 个的应用业绩。

图 27: 中控流程工业综合自动化 MES 解决方案综述



资料来源: 中控软件 MES 技术白皮书, 国信证券经济研究所整理

中控与阿里共建工业互联网平台。2018 年, 浙江发布工业互联网战略, 在全国率先推进建立“1+N”工业互联网平台体系和行业联盟。1 是指由阿里云、中控、之江实验室参与共建的 supET 工业互联网平台, 它将作为底层平台和基础设施服务于工业企业转型升级。“N”指的是以“1”为地基, 要培育出一批行业级、区域级、企业级等多级工业互联网平台。中控凭借多年工业领域的知识积累, 提供流程制造工业自动化、智能制造的专业技术能力和丰富的工业场景。supET 工业互联网平台的愿景是打通生产方、流通方、消费方, 以及各项服务平台, 真正实现 C2M 和柔性制造, 成为智能制造的一个基础设施。

中控工业软件已经覆盖安全管理、生产管控、能源管理、供应链管理多个领域。经过两年实践, 除了对 supET 平台的支撑, 公司持续打造面向流程工业的“N”个行业应用。公司掌握工业控制的诸多核心技术, 形成了流程工业全系列工业软件产品和工业机理模型, 成功建设了以中石化九江千万吨级炼油、神华宁煤百万吨级烯烃、东北制药原料药工厂为代表的一批自动化、数字化、智能化工厂。目前, 公司在工业软件开拓不断, 提供基于人工智能、大数据技术的安全应急领域系列 App, 可全方位实时监控危险源、人员状态、关键设备泄漏和腐蚀状况等信息; 提供生产执行领域系列 App, 覆盖了企业从原料进厂, 到产品出厂的全生产流程; 提供能源管理领域系列 App, 可以对全厂各大功耗设备的能耗进行数据跟踪、分解, 并定位高能耗原因; 提供资产管理领域系列 App, 为企业的重要物理设备都建立一份数字孪生, 各设备运行状态、资产的贡献率、价值产生率实时掌握。

图 28: supET 工业互联网平台体系架构

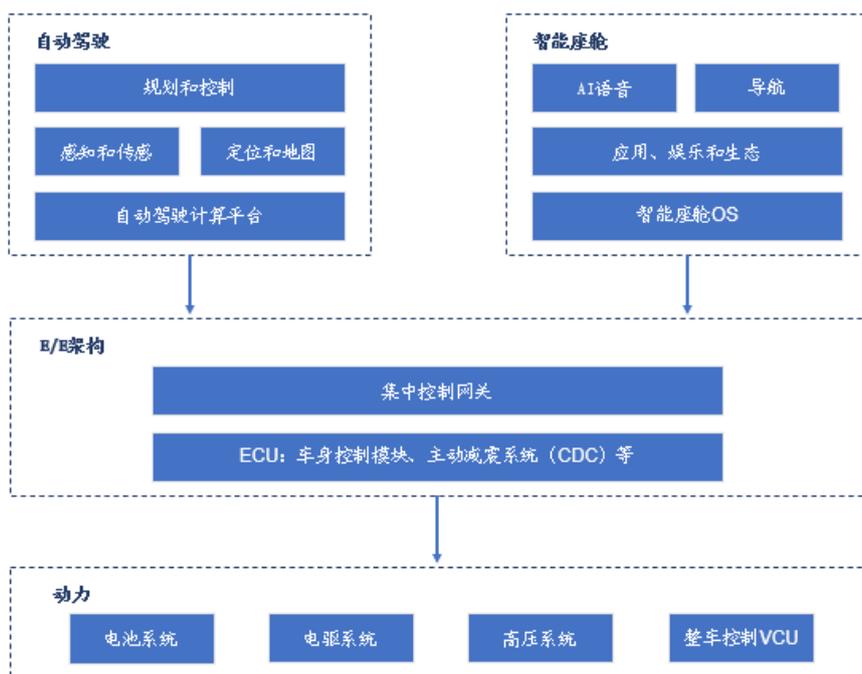


资料来源: supET 白皮书, 国信证券经济研究所整理

汽车数字化——智能驾驶架构演进, 软件定义汽车时代到来

汽车制造业被重新定义, 数字化、智能化转型已进入加速落地阶段。特斯拉引领汽车行业由制造业向科技行业转型, 汽车 IT 架构也由分布式 ECU 架构向域架构, 甚至是中央计算架构转型。同时, 从芯片计算平台到智能驾驶软件堆栈, 软件价值量在汽车中的占比越来越高。

图 29: 汽车智能化整体架构



资料来源: 小鹏官网, 国信证券经济研究所整理

图 30: 汽车 IT 架构转型路径



资料来源: 地平线, 国信证券经济研究所整理

数字化浪潮下, 各大车厂纷纷布局智能驾驶, 智能座舱域和自动驾驶域成为现阶段发展核心。特斯拉架构领先, 造车新势力紧随其后, 传统车厂纷纷布局, 智能座舱域、自动驾驶域是现阶段的重中之重。

智能座舱: “硬+软”全面升级进入爆发期, 产品成熟商业化加速

智能座舱硬件升级, “智能化+集中化”架构重新定义软硬件形态
人车交互式体验核心, 多屏融合智能驾驶舱代表未来

传统汽车驾驶舱的生态系统以碎片化为主, 分布式电子控制单元之间信息无法有效交互, 导致人与车之间存在交互障碍。随着汽车电子化程度提高, 电子控制单元整合是汽车电子设计的发展趋势, 多屏融合的智能座舱将集成中控大屏+液晶仪表盘+抬头显示器 (HUD)+流动后视镜, 并搭载高级辅助驾驶 (ADAS)、无人驾驶技术和人工智能等新时代科技, 带来更为智能化和安全化的交互体验。

图 31: 智能座舱具体软硬件结合示例图



资料来源: 车云, 国信证券经济研究所整理

图 34: 智能座舱示例图



资料来源: 车云, 国信证券经济研究所整理

座舱域目前高通一枝独秀。目前, 高通已经赢得全球领先的 20+家汽车制造商的信息影音和数字座舱项目。目前高通通过骁龙 820A 和 602A 汽车平台, 在数字座舱领域为汽车提供高水平的计算性能。其中, 骁龙 820A 数字座舱平台支持计算机视觉与机器学习, 能够提供丰富的图形与多媒体功能, 加上广泛的可视化和操作系统选项组合及神经处理引擎, 帮助汽车厂商打造差异化特性, 提供卓越用户体验。目前, 包括奔驰、奥迪、保时捷、捷豹路虎、本田、吉利、长城、广汽、比亚迪、领克、小鹏、理想智造、威马汽车在内的国内外领先汽车制造商均已推出或宣布推出搭载骁龙汽车数字座舱平台的车型。2020 年多款上市新车型都搭载了骁龙 820A, 包括全新领克 05、奥迪 A4L、小鹏 P7 及 2020 款小鹏 G3 部分车型等。

表 5: 主流智能座舱域芯片对比情况

| 芯片厂商 | 产品名称 | CPU+GPU Core | 主频 GHz | CPU 算力 TOPS | GPU 算力 GFLOPS | 功耗 (W) | 制程 (nm) | 自动驾驶等级 | 量产时间 | 主要搭载车型 |
|------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------|---------------|--------|---------|--------|---------------|--|
| 高通 | 骁龙 820A | Kyro 200+Adreno 680 | 2.1 | / | 320 | / | 14 | L3/L4 | 2019 年、2020 年 | 爆款, 目前占率最高的座舱域芯片 |
| | 骁龙 602A (骁龙 400 内核) | Kyro200+Adreno 530 | 1.5 | / | / | / | 14 | L2 | 2017 年 | 旧版奥迪 A4、奥迪 Q7、BBA、吉普、honda、捷豹、Acura、尼桑 |
| | SA6155P | Kyro300+Adreno 608 | (2*2.1+6*1.8) | / | 430 | / | 11 | L2/L3 | 2020 年 | 奇瑞捷途 X70 |
| | SA8155P | Kyro435+Adreno640 | (2.4+3*2.1+4*1.8) | / | 1142 | / | 7 | L4 | 2020 年 | 威马汽车等 |
| | SA8195P | Kyro495+Adreno 899 | / | / | 2100 | / | 7 | L4 | / | ADIGO3.0 |
| 英伟达 | Tegra | / | 2.5 | / | / | / | 16 | L2 | / | 奔驰 S 级 |
| 恩智浦 | i.MX 8 | Arm A72+GC7000 | (4*1.2+2*1.6) | / | 128 | / | 16 | L2/L3 | / | 福特 F-150 |
| 瑞萨 | R-CAR H3 | Arm A57+GX6650 | 4*1.7+4*1.2) | / | 288 | / | 16 | L3 | 2019 年底 | 大众最新迈腾、广汽 aionLX、路虎卫士、雷克萨斯 RX |
| 华为 | Kirin 710A | A73+Mali G51 | (4*2.2+4*1.7) | / | / | / | 14 | L3/L4 | 2022 年 | 比亚迪 |
| 地平线 | J2 | / | / | 4 | / | 2 | 12 | L1/L2 | 2019 年 | 长安 UNI-T |
| 三星 | Exynos Auto v9 | A76+Mali G76 | 2.1 | 200 | / | / | 8 | L3/L4 | 2021 年 | 奥迪 |

资料来源: 各公司官网, 国信证券经济研究所整理

高通今年量产的 SA8155P 芯片更是在主频、算力、制程方面全面领先竞争对手, 龙头地位稳固。高通此前在智能移动终端、通信等芯片领域展现出龙头研发实力, 目前在座舱域 DCU 方面也全面领先竞争对手。自主品牌、合资品牌、

外资品牌车厂纷纷围绕 SA8155P 搭建研发平台，车型落地在即。

表 6: 主流车厂智能座舱显示器对比

| 公司 | 中控屏 | 仪表盘 | HUD | 芯片技术 | 流媒体后视镜 | 车载摄像头 |
|------------|-----------------------------|--------------------------|------------|--------------------------------|--------|----------|
| 小鹏 P7 | 14.96 英寸中控屏 | 10.25 英寸液晶仪表盘 (Linux 系统) | 无 | NVIDIA 的 Xavier 智能方案 | 无 | 无 |
| 理想 ONE | 16.2 英寸中控屏 (Android 系统) | 液晶仪表盘 (Linux 系统) | 无 | 预期 2021 年使用 NVIDIA 自动驾驶芯片 Orin | 无 | 无 |
| 蔚来 ES6 | 11.3 英寸中控屏 (Android 系统) | 9.8 英寸液晶仪表盘 (QNX 系统) | 有 | ESeQ4 自动驾驶芯片 | 无 | 有 (内后视镜) |
| 奔驰 S 系 | 12.8 英寸 OLED 中控屏 (Linux 系统) | 裸眼 3D 仪表盘 (QNX 系统) | 有 (AR-HUD) | NVIDIA 的 Tegra Parker | 有 | 有 (仪表盘内) |
| 奥迪 A8 | 10.1 英寸+8.6 英寸触摸手写屏 | 12.3 英寸液晶仪表盘 (QNX 系统) | 有 | | 有 | 有 (仪表盘内) |
| 宝马 5 系 | 触摸中控屏 | 12.3 英寸液晶仪表盘 (QNX 系统) | 有 | | 有 | |
| 特斯拉 Model3 | 15 英寸中控屏 (自主研发) | 无 | 无 | 自研 FSD | 有 | 有 (内后视镜) |

资料来源：各车厂官网，国信证券经济研究所整理

软件定义汽车趋势明朗，使用软件解决硬件控制场景

软件定义汽车拥有 7 层 IT 架构，智能座舱成为软件定义汽车率先落地场景，此外特斯拉、小鹏等汽车厂商开始使用 OTA 解决性能和故障问题，未来应用场景将不断拓展。

车载开发以定制化为主

车企开发自主车载系统方式以标准的定制化操作为主，ROM 和超级 APP 方式为辅。车载系统的构建从下至上为：硬件、虚拟机、系统内核、标准系统服务层、汽车服务和车辆控制、应用程序框架（含中间层）、应用程序和云服务。智能座舱是结合软件和硬件多多元配合下的产品，一个完美的智能座舱需要拥有驾驶辅助、座舱域控制器、沉浸式声学体验、显示屏技术和座舱检测系统等新技术，同时搭配内饰、座椅等传统硬件。

图 35: 完善的车载系统层级框架



资料来源：车云，国信证券经济研究所整理

车企对车载 OS 布局会根据战略格局以及自身实力划分为 3 种形式：1) 定制化自主开发专属 OS；2) ROM 方式基于已有系统做上层 UI；3) 直接采用现成的车载 OS 并搭建自身的应用软件。头部车厂大多倾向从整车硬件到车载 OS 都自己开发，形成自身独有的完整生态链。

表 7: 自主车载系统开发方式

| 操作方式 | 开发方式介绍 |
|--------|---|
| 定制化操作 | 从系统内核到应用程序层级进行深度重构，完全针对车机研发优化。 |
| ROM 方式 | 基于 Android 等系统自有架构进行自研，基于需求定制汽车服务、车辆控制和应用程序等。 |
| 超级 APP | 直接在应用程序层调用系统已有接口实现相关功能，其余层级则完全沿用已有系统架构。 |

资料来源：车云，国信证券经济研究所整理

车载 OS 是传统车产实现数字转型的关键，汽车将演变为移动智能终端。目前主流的底层车载操作系统共有四种：QNX、Linux、Android 以及 WinCE，其中 WinCE 基本上已经退出市场。从主流车企选择的系统开发方式来看，海外高端车厂、零部件供应商（如奔驰、宝马等）和国内车企新势力（如小鹏、蔚来等）都选择自建技术团队，即在底层操作系统基础之上进行定制化开发，形成独有的车载系统。

QNX 为车载 OS 领域龙头，全球 100% 的 OEM 商和前八家 Tier1 都是 QNX 的客户，在车载信息娱乐系统或车联网系统占据超过 60% 的市场份额，如宝马 ConnectDrive、奥迪 MMI 都用 QNX 技术。车载 OS 行业巨头 QNX 也推出基于软件的智能座舱解决方案，凭借实时性交互等优势，集成多个电子控制单元（ECU）到单一芯片系统（SoC）使系统运行的软件可以打破临界线，甚至横跨不同的操作系统，从而推动安全认证的要求。使用 QNX 平台的智能座舱不仅享有可靠安全的车载信息系统和娱乐信息系统，还可以通过同一 ECU 访问 Android 系统的最新应用程序，如谷歌地图和音乐软件。

图 36: 基于 QNX 软件解决方案的智能座舱



资料来源：QNX 官网，国信证券经济研究所整理

Linux 作为一个开发多年的成熟 OS，是当下最安全、稳定的操作系统之一，广泛应用于服务器、云计算、超级计算机、银行等领域。基于 Linux 成熟版本开发的定制化程序，可以用作驱动件的 ADAS 仪表显示系统和信息娱乐系统。

Android 是基于 Linux 内核和其他开源软件的修改版本，让非常多的 OEM 商通过 Android 系统进入自研产品、定制化开发的道路，如蔚来、小鹏等。目前，谷歌和黑莓公司都分别为其基于 Android 和 Linux 底层系统为基础，建立了 OAA 联盟和 AGL 项目开发上层操作系统并完善生态，吸引了全球 OEM 巨头，Tier1，芯片巨擘作为合伙人。Android 系统由于交互延时等问题，在座舱域和驾驶域的性能表现弱于 QNX、Linux。

表 8: 主流车载 OS 对比

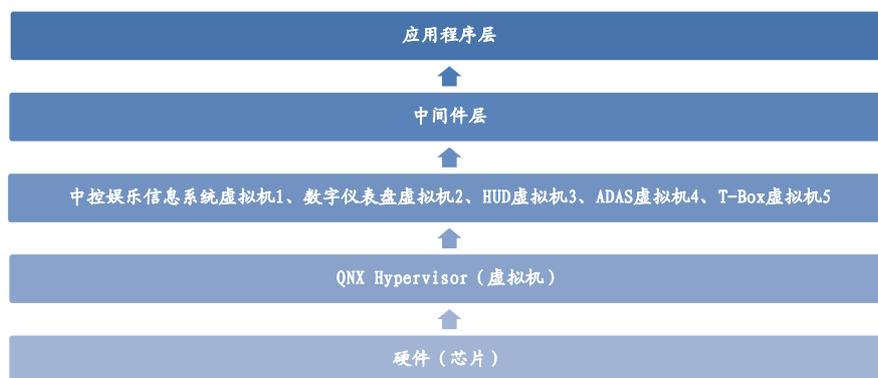
| 公司 | 操作系统 | 系统基础 | 优缺点 | 主要合作车厂 |
|-----|--------------------|--------------|----------------------------|------------------|
| 黑莓 | QNX | Unix | 安全性极高、微内核、符合车规要求可用于仪表盘、收费高 | 宝马、奥迪、奔驰、通用。 |
| 谷歌 | Android Automotive | Android | 生态完善、稳定性有待检验、定制开发灵活、安全性较差 | 蔚来、沃尔沃、小鹏、三菱 |
| 特斯拉 | Version | Linux 内核 | 稳定、生态薄弱 | 自主研发 |
| 百度 | 小度 OS、CarLife | 未知 | AI 能力强、汽车底层控制薄弱 | 戴姆勒-奔驰、北京现代 |
| 苹果 | Carplay | Unix | 无 | 无 |
| 华为 | HarmonyOS | Android | 稳定、生态完善、内核轻巧 | 华为产业链 |
| 阿里 | AliOS | Linux Kernel | 稳定、生态完善、可端上机器学习 | 上汽体系内品牌，荣威、大通、福特 |

资料来源：亿欧，国信证券经济研究所整理

虚拟机和中间层软件分别辅助车载系统

虚拟机辅助软硬件的一体化聚合是未来趋势。Hypervisor（虚拟机）是运行在物理服务器和操作系统之间的中间软件层，可用于同步支持 Android、Linux、QNX 多系统。根据 ISO26262 标准规定，仪表盘的关键数据和代码与娱乐信息系统属于不同等级，主流市场中，QNX 或 Linux 系统用来驱动仪表系统，信息娱乐系统则以 Android 为主，目前技术只能将两个系统分开装置在各自芯片中。然而，虚拟机可以同时运作符合车规安全标准的 QNX 与 Linux，因此虚拟机管理的概念被引入智能座舱操作系统。随着液晶仪表以及其他安全功能的普及，供应商不需要装载多个硬件来实现不同的功能需求，只需要在车载主芯片上进行虚拟化的软件配置，形成多个虚拟机，在每个虚拟机上运行相应的软件即可满足需求。行业领先虚拟机有：QNX Hypervisor、ACRN、PikeOS 和哈曼 Device Virtualization，用于服务底层操作系统。

图 37：下一代智能座舱软硬件一体化聚合示例图



资料来源：QNX 官网，国信证券经济研究所整理

中间件层位于平台（操作系统）和应用软件层之间的软件，用于连接各个分布式系统和应用软件。中间件层可以使开发人员避开复杂的底层操作系统，直接在简单而统一的开发环境下接入应用软件，不仅缩短开发周期，还减少系统的维护、运营和管理的工作量。

表 9：Hypervisor（虚拟机）和中间层

| 公司 | 虚拟机软件 | 入门费 | 安全等级 | 优点 | Tier1 支持 | 中国供应商支持 |
|-----------------|--------------|------|--------|--|----------------------|-----------|
| 黑莓 | QNX | 21 万 | ASIL D | 可自我分配，最大化利用硬件资源；各 OS 之间共享 I/O 界面，减少开发周期降低成本； | 伟世通、电装、博世 | 中科创达、南京诚迈 |
| 英特尔与 Linux 基金会 | ACRN | 免费 | | 轻量级尺寸小；可直接运用于裸机 | 三星哈曼、Aptiv、东软、LG | 英特尔中国 |
| Mobica、ARM | XEN | 免费 | | 三屏座舱电子系统，集成 TomTom 的导航系统，可让 OEM 保留数据 IP 一边未来 | Mediatek、LG | |
| 德国大陆 | L4RE | 免费 | | | 德国大陆汽车 | |
| 法国 VoSyS | VOSySmonitor | 免费 | ASIL C | 轻量级；支持多个行不同类型不同安全等级的操作系统 | | |
| 松下 Open Synergy | COQOS | 15 万 | ASIL B | 可用于自动驾驶和自适应 Autosar | 松下、弗吉亚电子（歌乐和 Parrot） | 上海智允信息 |

资料来源：亿欧，国信证券经济研究所整理

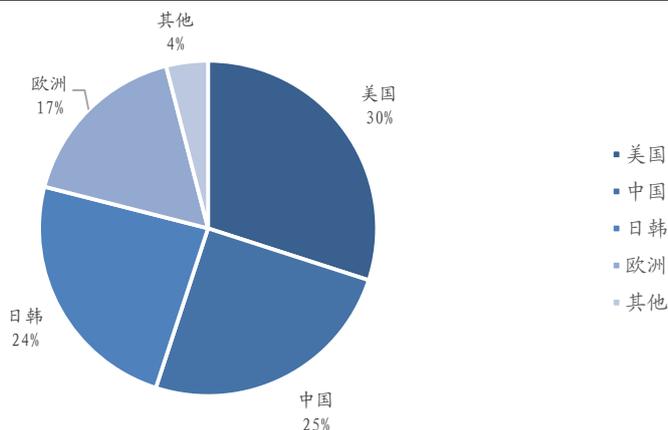
智能网联汽车和 5G+AIoT 实现“人-车-路-云”高度协同

无线通信将广泛运用在智能座舱，连接以算法、芯片、操作系统和以 ADAS 执行、智能中控、语音交互为主的执行层，为 OEMs 厂商开发测试终端产品打造自主、可控、完整的产业链。中国通信学会发布研究报告《车联网知识产权白皮书》中数据显示，截至 2019 年 9 月，全球车联网领域专利申请累计 114587

件，美国位居榜首，占 30%，中国 25%紧随其后。万物互联的基础就是数据在云端可实时传输，外界的信息进行多模交互，为车路协同智能化发展提供更多的应用场景。

传统车厂的信息技术及开发架构不足以支持如此庞大的数据量提供计算、储存和网络支持，因此车厂趋向于深度合作 BAT 等互联网巨头，共同构建车联网生态推出各自特色的云平台系统，如上汽与阿里联合打造的斑马网络、腾讯与长安汽车的梧桐车辆、博泰的“擎 Mobile 随身车联网”。

图 38: 车联网专利全球地域分布情况



资料来源：中国通信学会（2020.01），国信证券经济研究所整理

打通底层到云端的各个技术、生态环境，将具备自动驾驶功能的智能网联汽车和 5G-V2X 全云场景的逐步实现规模化商业应用，促进未来“人-车-路-云”的高度协同。在软硬件一体化的实施过程中，车辆智能网联中最重要的设备为云端数据平台的建设，搭载先进的车载传感器、控制器，连接车内各个 ECU 获取的数据，实现车与车、车与人、车与城市建筑、车与基础设施等通信数据交换共享。

根据 IDC 全球智能网联汽车预测报告显示，可以连接第三方服务平台的车辆以及配备嵌入式移动网络的全球智能汽车出货量在 2019 年已达 5110 万辆，同比增长 45.4%，预测 2023 年将增至 7,630 万台。云计算的优点在于降低成本的同时还可以运用合理的资源分配方式处理数量庞大的数据，并且满足更加弹性和个性化的业务模式更新迭代快（OTA）的需求。

表 10: 5G 助力智能驾驶发展

| 5G 在智能汽车领域的变化 | |
|---------------|--|
| 高稳定 | 无人驾驶和 L4 级自动驾驶对网络的稳定性要求极高，5G 提供了低延时、更可靠的网络连接环境 |
| 高交互 | 随着高精地图的普及，5G 有利于传感器、摄像头与云端进行更高效、更流畅的信息交互，有益于稳步推进 ADAS 系统 |
| 快速反应 | 精确、实时导航系统能对障碍物、弯道、突发状况等信息提前反馈，为驾驶员提前规划最优路线，并规避障碍路段。 |
| 智能化 | 5G 技术为更高端应用的落地筑牢基础，为网联汽车打造全智能化操控 |

资料来源：工信部《2020 年智能网联汽车工作要点》，国信证券经济研究所整理

云端数据可以真正的为自动驾驶提供有效解决方案，随着 V2X 通讯的发展和 5G 技术的推进，汽车行业将在未来致力于 ADAS 芯片和车载娱乐信息芯片的相互融合发展。C-V2X 无线技术可以快速收集更多信息以及降低延时，从而最大程度的保证行车安全，并且协作驾驶过程中能够降低能源损耗，提升自动驾驶/半自动驾驶的效率。根据《智能汽车创新发展战略》，我国将重点支持 LTE-V2X/5G-V2X 的发展，基础建设快速发展为智能网联汽车渗透带来红利。

其中地平线已推出了基于征程处理器和 Matrix 自动驾驶计算平台的多层次解决方案以及针对现阶段汽车市场亟需的辅助驾驶推出的 ADAS、DMS、AR-HUD 技术方案。另一方面，高精地图软件的加入也将会很大程度的加强自动驾驶辅助系统，将汽车的舒适、安全和智能提升到一个全新的境界。

表 11: 主流车厂自动驾驶辅助系统对比

| 公司 | 自动驾驶辅助系统 | 配置 | 特点 |
|------------|------------------|---|---|
| 小鹏 P7 | XPILOT3.0 | 14 个摄像头、5 个毫米波雷达和 12 个超声波传感器 | 运用英伟达的 Xavier 超级计算平台的自动驾驶方案，XPILOT 3.5 将实现全自动驾驶能力的全闭环，并在量产车上实现停车场自主泊车；2023 年的 XPILOT 4.0，将拥有面向城市路况的自动辅助驾驶功能。 |
| 理想 ONE | 液晶仪表盘 (Linux 系统) | 12 个超声波雷达、5 个高清摄像头、1 个毫米波雷达 | 远程操控车辆，查看车辆信息。配备 7 个蓝牙模块，实现上车即走。 |
| 蔚来 ES6 | NIO Pilot(NOP) | 3 个前摄像头、4 个环视摄像头、5 个毫米波雷达以及 6 前 6 后的 12 个泊车雷达 | 蔚来结合国内复杂的路况，推出 NOP 领航辅助可覆盖国内 30 多个重点城市的高速公路和城市快速路，全程智能控速并实现全场景人机交互。 |
| 奔驰 S 系 | DriveCore | 4 个环视摄像头、12 个近距离超声波雷达 | 来自于伟世通的 SmartCore 研发平台。SmartCore 座舱控制器与可扩展 DriveCore 自动驾驶控制器的整合。 |
| 奥迪 A8 | ConnectedDrive | 6 个摄像头、5 个毫米波雷达及 12 个超声波雷达和 4 个环绕摄像头 | Piloted parking (遥控泊车) 技术可使车辆自动停入地上或地下车位，并根据需求可自动驶出车位，令驾驶者轻松地完成停车和取车。置于停车场的中央电脑通过雷达来监控车辆的运动，并通过 WLAN 引导车辆到达最近的停车位。 |
| 宝马 5 系 | MBUX 系统 | 4 个环视摄像头、12 个近距离超声波雷达 | BMW Intelligent Personal Assistant 驾驶员辅助系统：支持车道偏离警告、盲点监测、3D 实时路况视图、泊车/倒车辅助系统等功能，并且拥有支持 iOS 系统的数字钥匙。引入 Android Auto 互联功能，到夏天，全系车型都将得到支持，实现 Google Maps 和 Google Assistant 的轻松访问。 |
| 特斯拉 Model3 | Autopilot9.0 | 8 个摄像头，1 个毫米波雷达和 12 个近距离的超声波雷达 | Autopilot9.0 基础上新推出 Full Self-Driving (FSD) 自动驾驶系统。 |

资料来源：各车厂官网，国信证券经济研究所整理

语音交互系统

未来智能语音交互将成为最主流的人车交互场景。日益丰富的生物识别技术助力智能语音交互系统，依托于 AI 技术的不断发展以及大数据的推广应用，为驾驶舱带来更高效、人性化、情感化、个人定制化的行车氛围。为了打造智能音乐座舱，基于驾驶员音乐沉浸式氛围，小鹏配备 18 个丹拿 Dynaudio 顶级 Confidence 系列音响系统，以及 20 个声道，可通过智能动态音效技术，根据音乐风格、声场位置进行智能调节音效。配备具有独立声源的主驾音乐枕头，并加设了主动降噪、私密通话等功能，更好的实现声源定位从而达到语音交互的提升。

图 39: 小鹏汽车语音交互系统 (声源定位)



资料来源：小鹏官网，国信证券经济研究所整理

地平线语音交互技术利用理想 ONE 车内的四个高灵敏度麦克风，及地平线的声源定位、盲源分离和降噪算法，进而对不同位置乘客的语音指令的精准区分和

识别。主流车厂逐渐与第三方应用软件合作，打造符合多场景需求的完整座舱生态体验，并通过手机端的连接实现远程车辆操控、远程车辆信息查看、NFC 高安全系数数字钥匙、物联网多端交互模式。

表 12: 主流车厂车载系统延展功能对比

| 公司 | 专属车载系统 | 应用软件 | 手机端 | 语音配件 |
|------------|-------------|--|---|--|
| 小鹏 P7 | XmartOS | 包含车载应用商城、阿里车载小程序（支付宝）、语音助手小 P | 除了蓝牙钥匙外，联合 IIFAA 定制 NFC 数字钥匙 | 自主研发 |
| 理想 ONE | V1.3 | 无交互控制系统，无第三方应用开发体系 | 远程操控车辆，查看车辆信息。配备 7 个蓝牙模块，实现上车即走。 | 技术支持：地平线语音交互技术 |
| 蔚来 ES6 | NOMI | 最新加入与京东接入的收快递模式 | 无 | 技术支持：科大讯飞 语音小助手 NOMI Mate |
| 奔驰 S 系 | MBUX/COMAND | 还增加了微信、大众点评、喜马拉雅 FM、酷我音乐 | PIN 密码识别方式，奔驰新一代车机系统还采用了生物特征识别技术 | 技术支持：Nuance |
| 奥迪 A8 | MMI (MIB3) | 允许第三方开发者为奥迪 MMI 创建定制的服务/应用程序。 | Audi Connect 互联科技可实现远程控制车辆、查看车辆状态和连接车辆服务系统。 | Cerence Drive 平台将为 奥迪 全新的下一代语音助手带来对话式交互体验升级。 |
| 宝马 5 系 | iDrive7.0 | 搭载短视频应用“西瓜视频”；以及与腾讯合作，将“腾讯小场景”和“微信车载版”引入车内。于 Smartthing 合作让驾驶员在旅途中与家人保持联系。 | 数字钥匙储存在手机的安全芯片内；该钥匙兼容 Apple Watch 推出业内首个停车场室内地图功能 | 在微软 Azure 云和对话技术的基础上自主研发语音助手，未来推出微软的语音助手 Cortana |
| 特斯拉 Model3 | Version10.2 | 引入腾讯、爱奇艺和喜马拉雅 FM，同时定期推送新的小游戏，主机厂可以像苹果推送 iOS 应用一样不断扩展、升级汽车的功能。 | 可使用手机，实现无钥匙解锁并驾驶车辆、可通过手机查看车辆信息、温度控制、GPS 定位等服务 | 自主研发 |

资料来源：各车厂官网，国信证券经济研究所整理

自动驾驶域：应用逐步落地，商业化进程值得期待

自动驾驶域整体架构如下：

图 40: 自动驾驶域整体框架



资料来源：小鹏官网，国信证券经济研究所整理

芯片：英伟达领先，高通持续迭代，国产厂商积极布局

自动驾驶芯片介绍

在传统芯片行业，常用算力、功耗和面积三大指标来衡量性能。由于自动驾驶功能对算力极高的追求，峰值算力成为衡量自动驾驶芯片的最主要指标。

表 13: 自动驾驶分级 L0-L5

| 美国国家公路安全管理局 (NHTSA)、美国汽车工程师协会 (SAE) 自动驾驶分级标准 | | | | | | | |
|--|-------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|---|
| 分级 | NHTSA | L0 | L1 | L2 | L3 | L4 | |
| | SAE | L0 | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 |
| 名称 (SAE) | | 无自动化 | 驾驶支持 | 部分自动化 | 有条件自动化 | 高度自动化 | 完全自动化 |
| SAE 定义 | | 由人类驾驶者全权驾驶汽车，在行驶过程中可以得到警告 | 通过驾驶环境对方向盘和加速减速中的一项操作提供支持，其余由人类操作 | 通过驾驶环境对方向盘和加速减速中的多项操作提供支持，其余由人类操作 | 由无人驾驶系统完成所有的驾驶操作，根据系统要求，人类提供适当的应答 | 由无人驾驶系统完成所有的驾驶操作，根据系统要求，人类不一定提供所有的应答。限定道路和环境条件 | 由无人驾驶系统完成所有的驾驶操作，可能的情况下，人类接管，不限定道路和环境条件 |
| 主体 | 驾驶操作 | 人类驾驶者 | 人类驾驶者/系统 | 系统 | | | |
| | 周边监控 | 人类驾驶者 | | | 系统 | | |
| | 支援 | 人类驾驶者 | | | | 系统 | |
| | 系统作用域 | 无 | | | | | 全域 |

资料来源：主流车厂官网、国信证券经济研究所整理

目前一般认为，L2 需要的计算力 < 10TOPS，L3 需要的计算力为 30~60TOPS，L4 需要的计算力 > 100TOPS，而 L5 需要的计算力目前还未有明确定义（有预测需要至少 1000TOPS），每增加一级自动驾驶等级，算力需求则相应增长一个数量级。根据英特尔推算，在全自动驾驶时代，每辆汽车每天产生的数据量将高达 4000GB。

特斯拉核心壁垒：自研自动驾驶芯片+神经网络算法+计算平台

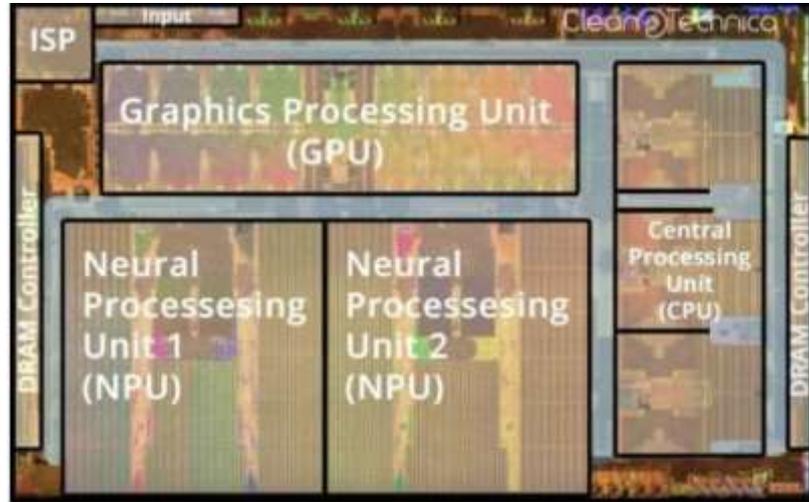
特斯拉在汽车智能化领域最大的壁垒来自于其掌握核心数据、AI 算法、以及主控芯片自研。2014 年~2016 年，特斯拉自动驾驶域曾搭载 Mobileye EyeQ3 芯片；2016 年~2019 年，特斯拉将 Mobileye EyeQ3 更替为 Nvidia Parker SOC 和 Nvidia Pascal GPU，搭载 DRIVE PX 2 AI 计算平台。由于英伟达的高能耗，2017 年起，马斯克决定开始自研主控芯片，尤其是主控芯片中的神经网络算法和 AI 处理单元全部由特斯拉自己完成；2019 年 4 月，特斯拉正式在 Autopilot HW3.0 平台上搭载了自研的 FSD 主控芯片。

特斯拉 FSD 主控芯片组成自动驾驶域控制器，对整个自动驾驶区域进行控制，把区域内所有的 ECU 功能集成到一起，达到降低 ECU 数量的目的。特斯拉的汽车电子电气架构在一开始设计之时，就考虑到了现有分散式的 E/E 架构的局限性，选择将大量 ECU 进行功能的集中处理。在特斯拉的 Model3 车型上，特斯拉选择将整个 E/E 构架分为三大模块，分别为自动驾驶(Autopilot)及娱乐控制模块—相当于中央计算机，掌控了所有的摄像头、雷达传感器还有车机；右车身控制模块—集成了自动泊车、座椅控制、行业快报/计算机扭矩控制等功能；以及左车身控制模块，集成了内部灯光、转向柱控制等。

用作自动驾驶域控制器的芯片集成相比起传统 ECU，芯片设计和制造难度都更大，要想使用一片域控制器代替数十个传统 ECU，其要求的制造工艺水平非常高，对芯片生产设备的要求也相应更高。根据 IBS 数据，28nm 芯片的设计成本大致在 5130 万美元左右，而 7nm 芯片需要 2.98 亿美元。目前国外自动驾驶芯片真正进入大规模量产的只有三家，除了特斯拉以外，还有英伟达和 Mobileye。在制造方面，目前可以制造 7nm 芯片的厂商只有三星和台积电，可见其制造难度之大。未来随着高性能自动驾驶芯片需求的增加，我们认为这将推动芯片制

造企业的发展，进一步优化芯片的产业格局。同时生产低端芯片的企业也必须不断提高自己的研发和制造水平以抢夺市场。

图 41：特斯拉自主研发 FSD 芯片内部架构



资料来源：特斯拉官网，国信证券经济研究所整理

目前特斯拉自主研发的 FSD 芯片采用 14nm 的工艺制造，现版本于 2019 年 4 月份首次发布，一个整体主板上有两个芯片，每个芯片包括一个中央处理器（CPU），一个图形加速卡（GPU）和两个神经网络计算单元（NPU），其中中央处理器和图像处理器都采用了第三方设计授权，以保证其性能和稳定性，并易于开发，关键的神经网络处理器设计由特斯拉自主研发，马斯克称之为现阶段用于汽车自动驾驶领域最强大的芯片。

中央处理器是 1 个 12 核心基于 ARM A72 架构的 64 位处理器，运行频率为 2.2GHz；1 个图像处理器能够提供 0.6TFLOPS 计算能力，运行频率为 1GHz；2 个神经网络处理器在 2.2GHz 的运行频率下能提供 72TOPS 的处理能力。

这三个处理器各有分工。简单来说，中央处理器作为汽车的中央大脑，除了处理大部分汽车数据之外，还会分配工作给图像处理器和神经网络处理器，并处理二者传输回来的数据，作出汽车的最终决策。

如果做个类比，等于主机内三个高性能 CPU 并联产生的效果。具体来看，图像处理器的主要工作是图像后处理工作，比如特斯拉中央大屏，驾驶员前侧屏幕展示的信息都是由图像处理器来处理，所以在驾驶室内的娱乐影音系统都是图像处理器的功劳。简单理解，图像处理器的作用和 ECU 类似，只不过计算性能要比 ECU 强大许多，汽车只需几个 CPU 就可以达到数十个乃至上百个 ECU 的数据处理能力。图像处理器单纯是为了智慧座舱而生，可以理解为车内屏幕的 CPU 系统，我们在车内屏幕看到的所有内容都是由图像处理器处理，没有图像处理器，我们就无法看到车内图像。

神经网络处理器则是芯片中面积最大的部分，也是自动驾驶系统的核心部分。神经网络处理器的作用也是处理图像数据，其功能和图像处理器类似，不过处理的图像来自于车载传感器，也就是特斯拉汽车的各种外置摄像头。神经网络处理器作为神经网络计算单元，会根据深度学习模型对图像数据进行处理，每一个神经网络处理器算力为 36TOPS，一块芯片有两个神经网络处理器，所以其算力为 72TOPS，整个主板拥有两块 FSD 芯片，因此神经网络处理器的总算力也就是 144TOPS。按照数据量化算力，这颗特斯拉芯片可以在一秒中内处理 1024GB 的数据，可见其算力强大。

很多人可能有疑问，有图像处理器处理图像，为什么还需要神经网络处理器？其实根本原因就在于采用的算法和设计思路不同。图像处理器属于通用芯片，可以用在很多领域，计算不同用途的图像。而神经网络处理器则属于专用芯片，只能计算某一类的计算。比如特斯拉的神经网络处理器芯片，就是为了处理摄像头数据而特殊设计的。由于智能网联汽车和自动驾驶汽车需要处理大量的图像数据，其边缘计算要求计算机具备高速简单的运算能力，也就需要神经网络处理器这样的专用芯片。

为了提升神经网络处理器的内存存取速度以提升计算能力，每颗 FSD 芯片内部还集成了 32MB 高速缓存。神经网络处理器的总功耗为 7.5 W，约占 FSD 功耗预算的 21%。这使得它们的性能功率效率约为 4.9TOPs/W，特斯拉在芯片设计方面充分考虑了安全性，一块典型的自动驾驶电路板会集成两颗 Tesla FSD 芯片，执行双神经网络处理器冗余模式，两颗处理器相互独立，即便一个出现问题另一个也能照常执行。此外，特斯拉还设计了冗余的电源、重叠的摄像机视野部分、各种向后兼容的连接器和接口。搭载该芯片的 Autopilot FSD HW 3.0 的性能比上一代 HW 2.5 提高了 21 倍，而功耗降低 25%，能效比 2TOPS/W，是现阶段用于汽车自动驾驶领域最强大的芯片和计算平台。

2020 年 8 月据多家媒体报道，特斯拉正与博通合作研发新款 HW 4.0 自动驾驶芯片，预计在 2021 年第四季度进行大规模量产，未来将采用台积电 7nm 技术进行生产。同时 AutoPilot 团队正对软件的底层代码进行重写和深度神经网络重构，包括对数据标注、训练、推理全流程的重构。

目前特斯拉已经拥有超过 82 万台车不断回传数据，到 2020 年年底将拥有 51 亿英里驾驶数据用于自动驾驶训练，过去的训练数据依赖于人工标注，而主动的自监督学习配合 Dojo 计算机可以大幅优化算法提升的效率。Dojo 有望为特斯拉 4D 化（三维 + 时间）Autopilot 系统的开发提供强劲动力。

新势力自动驾驶芯片应用情况

目前自动驾驶芯片的产品主要包括 Nvidia 系列、Mobileye 系列以及特斯拉自研 FSD 芯片，具体主流车型搭载芯片参考下表。

英伟达：GPU 技术领先，驾驶域实力强劲

在车辆驾驶环境下，正属于多量、简单、即时任务的处理，意味着需要即时处理的数据量巨大，而 GPU 最适合处理这些数据集。GPU 有多个（或达数千个）被称为流处理器的单元处理数据，虽然这些单元的处理速度比 CPU 更慢，但所有这些处理器可以并行运行，即它们可以同时处理很多相对简单但具有大量数据的任务。CPU 可以轻松处理一个数据量大、时间长而且比较复杂的任务，而 GPU 处理这类任务时就会吃力；而当有较多简单的任务时，GPU 优势凸显。

英伟达在其自动驾驶套件中使用的芯片使用了基于神经网络的 AI 深度学习技术。英伟达的图灵 GPU 引入专门针对深度学习的特殊功能单元——Tensor Core，它能够让 GPU 对不同的数据类型可以进行混合计算，既同时实现 fp 浮点计算（测量 AI 训练峰值算力）和 int 整数运算（测量 AI 推理峰值算力），如下图所示，目前仅有英伟达的驾驶域 DCU 支持该类混合计算。以前一个代码如果用了整数，对应的单精度性能就没有了，也就是说只能在单精度性能（浮点计算）和整数性能（整数计算）中进行选择。混合精度训练实现了所有这些好处，同时确保与全精度训练相比，不会损失特定于任务的精度。（FP32 是目前深度学习训练和推理中使用最多的高精度格式，主要用于图像处理；在低精度场景中，INT8 比较经常用来作为推理计算的数据格式。TFLOPS：浮点运算能力单位；TOPS：整数运算力单位。）目前在 L2+ 层级英伟达独占鳌头，但在 L2 层级仍是 Mobileye 的 EyeQ 系列的主战场。

高通：座舱域芯片龙头，驾驶域产品持续迭代

前文讲述了高通在座舱域的芯片性能全面领先竞争对手，**高通在自己的芯片中也引入硬件化的 AI 计算单元**，即在原来 Hexagon DSP 中增加 Tensor 核心，其实和 NVIDIA 在 GPU 当中增加 Tensor Core 的作法的目的相当类似，在不舍弃原本计算单元的过往兼容能力，以及可编程能力的前提下，增加更有效率的硬件计算单元，使整体计算能力提升，同时也满足未来 AI 应用需求，但同时又要兼顾低功耗持续计算的特性。

高通驾驶域产品也将持续迭代，2021 年有望发布新产品。，高通骁龙 SA8155P 本身在座舱域实现高市占率，算力和制程优势突出。高通的图像处理器技术来源收购 AMD 部分“向量绘图(vectorgraphics)与 3D 绘图技术和知识产权(IP)”，当时正是 AMD 困难时期。高通在 2021 年有望依托以上技术优势进行自动驾驶芯片的发布。

表 14: 目前主流自动驾驶芯片的产品性能以及搭载车型对比

| 厂商 | 产品分类 | 产品名称 | 主频 GHz | CPU 算力 TOPS | GPU 算力 GFLOPS | 功耗 (W) | 制程 (nm) | 自动驾驶等级 | 量产时间 | 主要搭载车型 |
|------------|------|---|---------|-------------|----------------------------------|-----------|---------|--------|---------------|-----------------------------------|
| 英伟达 | 芯片内核 | Xavier | / | 30TOPS | | 30 | 12 | L4/L5 | 2020 年 | 全球六家 Tier1、小鹏 |
| | | Orin | / | 200TOPS | | 15 - 45 | 5 | L4/L5 | 2022 年 | / |
| | 平台 | DRIVE AGX Orin (2Orin+2GPU) | / | 200TOPS | | 750 | 7 | L4/L5 | 2022 年 | 理想 TWO (计划) |
| | | Drive AGX Pegasus (2 Xavier+2 Turing GPU) | / | 320TOPS | 130TOPS (INT8) /8.1TFLOPS (FP32) | 500 | 12 | L4/L5 | 2019 年 | 丰田、沃尔沃、小马智行、文远知行 |
| | | DRIVE AGX Xavier (2*Xavier+2*GPU) | / | 30TOPS | 20TOPS (INT8) /1.3TFLOPS (FP32) | 30 | 12 | L3/L4 | 2018 年 | 小鹏 P7、奇点、SF Motors |
| | | DRIVE PX Pegasus | / | 320TOPS | | 106 | 16 | L2 及以上 | / | 2 代搭载早期特斯拉 model S/X/3、合作奔驰、小鹏、奇点 |
| | | DRIVE PX 2 (2*Tegra+2*GPU) | / | 320TOPS | | 250 | 16 | L3/L4 | 2016 年、2018 年 | 早期特斯拉 S/X/3、奥迪 A8、ZF ProAI |
| Mobile Eye | 芯片 | EyeQ4 | / | 2.5TOPS | | 3 | / | L1/L2 | 2018 年 | 奥迪、蔚来 es8/es6/ec6、宝马、小鹏 G3、威马 EX5 |
| | | EyeQ5 | / | 24TOPS | | 10 | 7 | L2/L3 | 2021 年 | / |
| | | EyeQ6 | / | 128TOPS | | 40 | / | L4/L5 | 2023 年 | / |
| 恩智浦 | 芯片 | S32 | 4*1G Hz | / | 300GFLOPS | / | 5 | L4/L5 | 2020 年 | / |
| | | 芯片内核 | 昇腾 910 | 2.6G Hz | 256-512TOPS | | 310 | / | L3/L4 | 2021 年后 |
| 华为 | 平台 | | 昇腾 310 | 2.0G Hz | 16TOPS | | 8 | 12 | L3 及以上 | 2018 |
| | | MDC600 (8 个昇腾 310+鲲鹏 CPU) | 2.6G Hz | 352TOPS | | 300 | 7 | L4/L5 | / | / |
| | | MDC300 | 2.0G Hz | 64TOPS | | 8 | 12 | L3 | 2020 年底 | 奥迪 Q7、广汽 MAXUS、荣威 R 标、北汽新能源 |
| 地平线 | 芯片内核 | J3 | / | 5TOPS | | 2.5 | 12 | L1/L2 | 2020 年 | / |
| | | J5 | / | 96TOPS | | 15 | 7 | L3 | 2022 年 | / |
| | | J6 | / | 400TOPS | | | 7 | L4/L5 | 2023 年底 | / |
| 特斯拉 | 平台 | Matrix 2 (搭载征程 J2) | / | 40TOPS | | 20 | 28 | L3/L4 | 2019 年 | 长安 UNI-T、理性 ONE、自动驾驶出租车 Waymo |
| | | 芯片内核 | FSD | / | 24TOPS | 600GFLOPS | 36 | 14 | L3 | 2019 年 |
| | 平台 | FSD HW 3.0 (2FSD+1GPU) | 2.2G Hz | 144TOPS | | 72 | 14 | L3 | 2019 年 | 特斯拉 Model3 |

资料来源：亿欧，国信证券经济研究所整理

新势力自动驾驶系统对比
表 15: 造车新势力自动驾驶系统对比

| | 小鹏 G3 | 小鹏 P7 | 蔚来 ES8 | 蔚来 ES6 | 威马 EX5 | 威马 EX6 | 理想 ONE | 特斯拉 Model 3 |
|-------------------|----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------|
| 自动驾驶级别 | L2.5 | L3 | L2 | L2 | L2 | L2 | L2 | L3 |
| 自动驾驶系统 | Xpilot 2.5 | Xpilot 3.0 | NIO Pilot | NIO Pilot | Living | Living Pilot | | Autopilot |
| 底层操作系统 | QNX | Linux | QNX | QNX | QNX | QNX | QNX | Linux |
| 自动驾驶域 | Mobileye EyeQ4 | 英伟达 DRIVE Xavier | Mobileye EyeQ4 | FSD HW 3.0 |
| 芯片算力(TOPS) | 2.5 | 30 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 72 |
| 芯片功耗(W) | 3 | 30 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 72 |
| 芯片制程(nm) | 28 | 12 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 14 |
| 传感器总计 | 20 | 31 | 25 | 23 | 20 | 20 | 18 | 22 |
| 激光雷达 | / | / | / | / | | | | |
| 毫米波雷达 | 3 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 1 | 1 |
| 超声波雷达 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 前置/感知摄像头 | 1 | 9 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 环视/其他摄像头 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 6 |
| 车内摄像头 | / | 1 | 1 | 1 | | | | |
| 定位 | GNSS&IMU | 亚米级 HD MAP | | | | | | |
| 自适应巡航 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 自动泊车 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 自动变道 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | | ✓ |
| 高精定位 | | ✓ | | | | | | ✓ |
| 信号识别 | | | | | | | | ✓ |
| 城市道路辅助 | | | | | | | | ✓ |

资料来源：亿欧，国信证券经济研究所整理

自动驾驶系统底层 OS: Linux、QNX 成为主流

目前自动驾驶域的底层 OS 主要采用 Linux 和 QNX，并基于其基础进行开发。

Linux 是一款开源、高效、灵活的 OS。Linux 基金会在 2014 年首次发布开源 AGL (Automotive Grade Linux) 规范 1.0 版本，它是首个开放式车载信息娱乐 (IVI) 软件的规范。Automotive Grade Linux 是一个协作开源项目，由 Linux 基金会管理，它将汽车制造商、供应商和科技公司聚集在一起，以加速开发和使用完全开放的智能网联汽车软件堆栈。AGL 设立的最初目的，是提供一个车规级的信息娱乐系统，但随着自动驾驶的发展，未来还会加入更多的功能，不仅会融合仪表盘、舱内控制的功能，还会覆盖自动驾驶的相关功能。

与 QNX 相比最大优势在于其为开源软件，具备很大的定制开发灵活度。Linux 内核紧凑高效，可以充分发挥硬件的性能。OEM 和供应商需要在一个比较固定和可靠的 Linux 版本上进行开发，但由于 Linux 版本变动很快，因此需要积累大量 OS 开发经验。特斯拉、阿里分别基于 Linux 开发出了自己的汽车操作系统。目前基于 Linux 内核的 OS 在智能座舱 OS 市场中占据约 35% 份额。

截止 2020 年 3 月，国内已有上汽、中国移动、德赛西威、中科创达等加入了 AGL，成员总数 146 个。

QNX 核心非常小巧，运行速度极快，具有独特的微内核架构，安全性和可靠性高，是全球第一款通过 ISO26262 ASIL-D 安全认证的车载的 OS 产品，具备整车厂最为看重的优势 QNX 最大的劣势在于其开发费用高昂，非开源。

QNX 操作系统由 Gordon Bell 和 Dan Dodge 于 1980 年开发，并在 2010 年被

黑莓手机（BlackBerry）制造商 RIM(Research In Motion Ltd.) 收购。QNX 是一种商用的类 Unix 实时操作系统，目标市场主要是嵌入式系统。

值得一提的是，相比起自动驾驶域，座舱域对安全等级要求较低，对应用生态要求较高，因此 Android 系统是另一广泛应用的操作系统。Android 的系统架构采用了分层的架构，从高层到低层分别是应用程序层、应用程序框架层、系统运行库层和 Linux 内核层。Android 操作系统是由 Google 基于 Linux 内核开发的最成功的产品、应用生态最为丰富，目前国内厂家在车载信息娱乐应用中主要采用 Android 系统。

Android 最大的优点包括其开源特性，同时 android 系统的可移植性高，基于 android 系统开发的手机 APP 不需要经过大量改动便可应用在车机上，有利于互联网公司快速切入汽车领域。各大互联网巨头、自主品牌、造车新势力纷纷基于 Android 进行定制化改造，推出了自己的汽车操作系统，如阿里 AliOS、百度小度车载 OS、比亚迪 DiLink、蔚来 NIO OS、小鹏 Xmart OS 等。

表 16: QNX 和 Linux 对比

| 自动驾驶域 OS | 优势 | 劣势 |
|----------|-----------|---------|
| Linux | 成熟稳定、自身开源 | 应用生态不完善 |
| QNX | 安全性极高、低时延 | 开发费高昂 |

资料来源：亿欧，国信证券经济研究所整理

国信证券投资评级

| 类别 | 级别 | 定义 |
|------------|----|-------------------------------------|
| 股票 投资评级 | 买入 | 预计 6 个月内，股价表现优于市场指数 20%以上 |
| | 增持 | 预计 6 个月内，股价表现优于市场指数 10%-20%之间 |
| | 中性 | 预计 6 个月内，股价表现介于市场指数 $\pm 10\%$ 之间 |
| | 卖出 | 预计 6 个月内，股价表现弱于市场指数 10%以上 |
| 行业 投资评级 | 超配 | 预计 6 个月内，行业指数表现优于市场指数 10%以上 |
| | 中性 | 预计 6 个月内，行业指数表现介于市场指数 $\pm 10\%$ 之间 |
| | 低配 | 预计 6 个月内，行业指数表现弱于市场指数 10%以上 |

分析师承诺

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于本人的职业理解，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。

风险提示

本报告版权归国信证券股份有限公司（以下简称“我公司”）所有，仅供我公司客户使用。未经书面许可任何机构和个人不得以任何形式使用、复制或传播。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以我公司向客户发布的本报告完整版本为准。本报告基于已公开的资料或信息撰写，但我公司不保证该资料及信息的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映我公司于本报告公开发布当日的判断，在不同时期，我公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。我公司或关联机构可能会持有本报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行业务服务。我公司不保证本报告所含信息及资料处于最新状态；我公司将随时补充、更新和修订有关信息及资料，但不保证及时公开发布。

本报告仅供参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，我公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

证券投资咨询业务的说明

本公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询业务是指取得监管部门颁发的相关资格的机构及其咨询人员为证券投资者或客户提供证券投资的相关信息、分析、预测或建议，并直接或间接收取服务费用的活动。证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。

国信证券经济研究所

深圳

深圳市罗湖区红岭中路 1012 号国信证券大厦 18 层

邮编：518001 总机：0755-82130833

上海

上海浦东民生路 1199 弄证大五道口广场 1 号楼 12 楼

邮编：200135

北京

北京西城区金融大街兴盛街 6 号国信证券 9 层

邮编：100032