

1 核心观点 / 我们对工业软件的理解 >>

2 行业概况 / 细分类型、市场规模、国内格局 >>

3 催化剂 / 现状与差距、外部刺激、内生需求 >>

4 发展逻辑 / 工具软件、系统化平台、云部署、工业互联网 >>

5 海外公司 / Ansys、达索系统、西门子、PTC、Autodesk >>

6 投资机会 >>



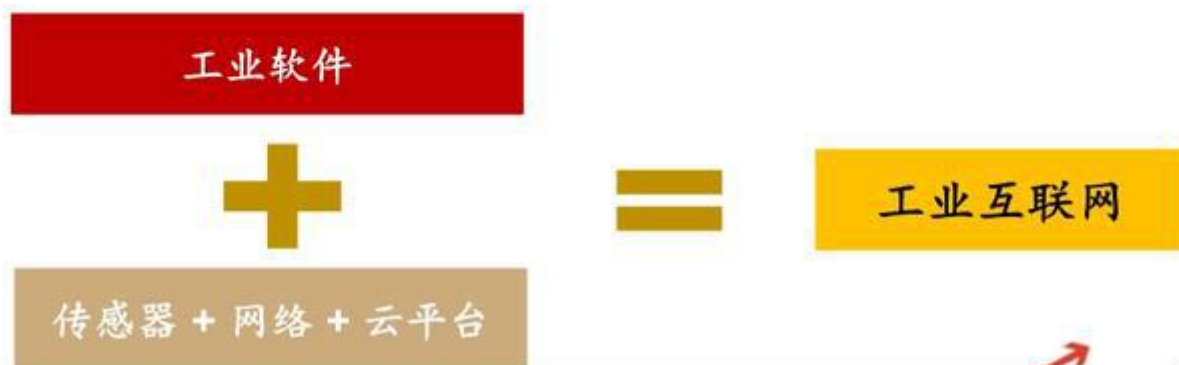
目录
Contents

核心观点

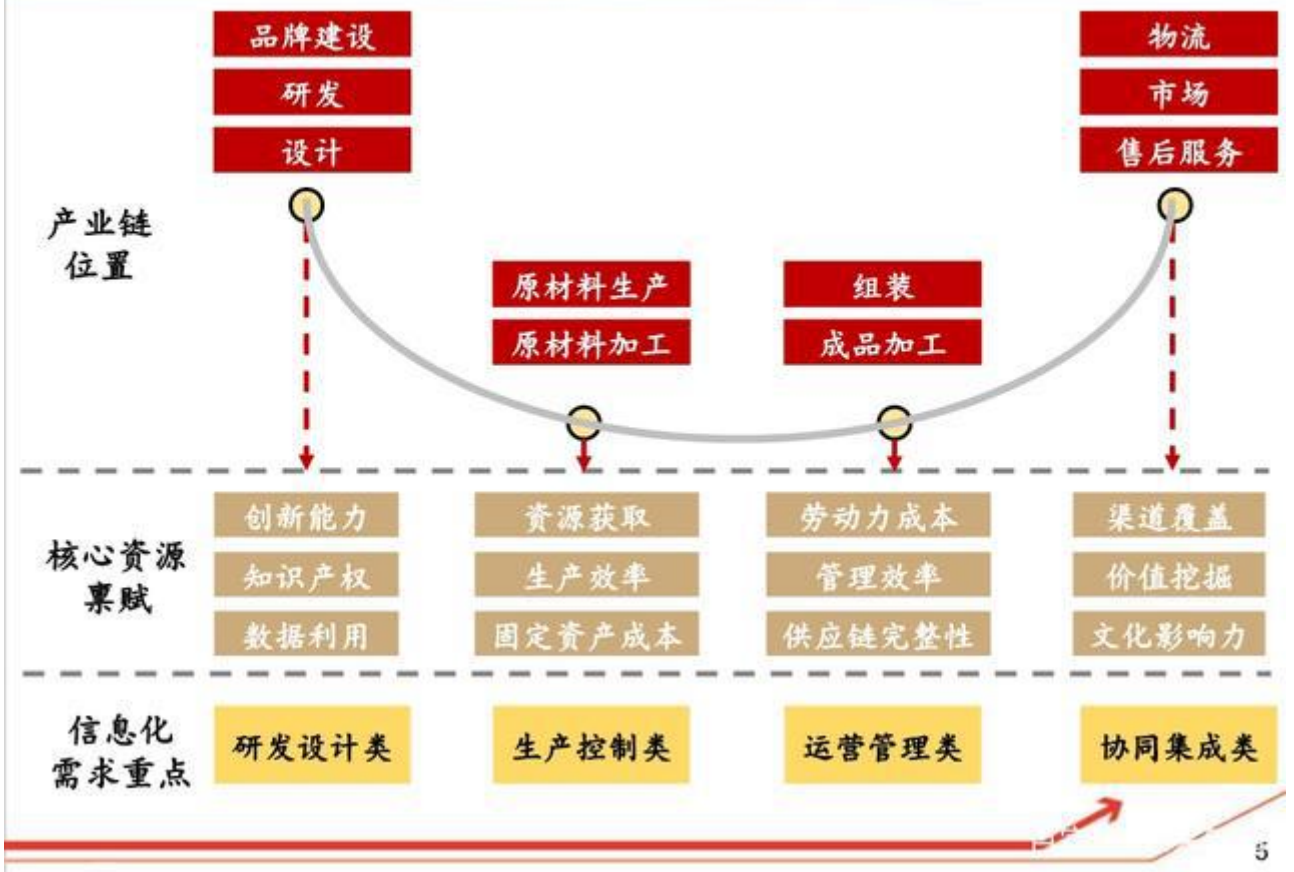
- **工业软件，不仅仅是工业信息化工具。**工业软件，不仅涉及到各个工业垂直领域（航天航空、机械、汽车、消费电子、军工、制药等），同时涉及到工业工艺的各个环节（研发、生产、管理、协同等）。工业软件只是一个大的范畴，不同环节对应的工业软件差异比较大，标准化程度也不一样。
- **“工业”和“软件”的相互影响。**我们理解工业软件，不仅仅是从工业或者软件的单向角度去理解，而是应该从这两个要素双向的相互影响的角度来理解。工业化先进程度决定了工业软件的先进程度，工业软件的先进程度决定了工业的效率。有什么样发展程度的工艺流程，就有什么样的工业软件。



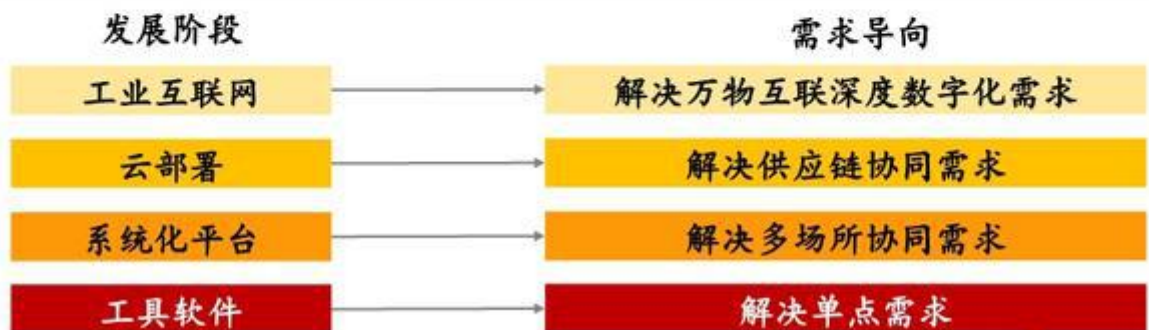
- 工业软件的本质，是将特定工业场景下的经验知识，以数字化模型或专业化软件工具的形式积累沉淀下来。
- 工业软件的意义在于连接设计与制造，在实际产品制造之前，用可视化的方式规划和优化全生命周期的制造过程。工业软件用“结构化”、“可视化”“虚拟验证设计”等方式解决“产品试制周期长”、“制造工艺不稳定”等现实问题。
- 工业软件是工业物联网数据利用的关键，帮助工业互联网兑现价值。工业互联网应用的价值体现在：1) 通用工业服务，如资产服务、数据服务、分析服务、供应链管理、智能诊断、设备检测。2) 垂直服务，凝聚不同行业的工业知识，解决特定场景下的智能化需求，提升生产效率。工业互联网应用可以通过工业APP、API、数据平台、微服务等多种方式呈现。



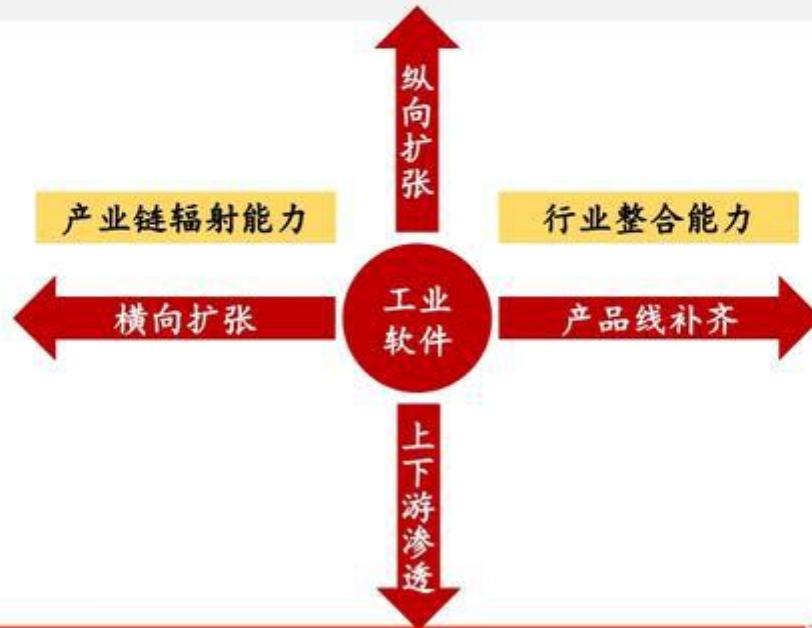
产业链位置决定信息化需求，从研发到运营



- **研发类高端工业软件是我国工业化的痛点。**根据国家统计局，2018年中国制造业增加值占世界制造业份额的达到28%以上，但中国高端CAD、CAE、MES、PLM等工业软件市场被SAP、西门子、达索、PTC等国外厂商垄断。
- **研发设计类工业软件是我国短板。**我们认为，短期实现国外强势产品的赶超和替代是不现实的，但工业软件自主可控的努力仍是必要的。原因在于自主技术获得突破能够改变技术封锁的筹码结构，进而在高端工业软件的使用和开发方面争取到更有利的位置。
- **智能制造的产业链深度协同，是工业软件更具有现实意义的发展方向。**不同技术/工业发展阶段，工业软件的需求导向不同。当前，云计算、物联网、5G等底层技术日趋成熟，因此我国工业软件可以遵循和国外工业软件不同的发展路径，着眼用新技术解决产业链研发、制造协同的效率问题，挖掘工业软件增量价值。



- 长期看好国产工业软件发展，关注有行业整合能力和产业链辐射能力的龙头公司。工业软件细分领域众多，且行业know-how各不相同。因此，横向扩张补齐产品线，形成更为全面的解决方案，是工业软件公司成长为巨头的必经之路。从海外经验来看，工业软件巨头的成长史也是不断并购的历史。产业链辐射能力的意义在于，统一产业链内部标准、接口、数据格式，提升产业链协同效率；同时，绑定产业链核心厂商向上下游渗透，获客能力得到提升。





目录 Contents

什么是工业软件

细分类型

市场规模

国内格局

• 工业软件是用于支撑工业企业业务和应用的软件，是工业生产提质增效的重要工具。



- 工业软件是工业智慧的沉淀和结晶，先有工业知识的内核，后有软件固化的外层。这就决定了工业软件具有不同于一般软件的特点。
- 工业软件与制造业升级是相互促进的关系。可以说工业软件是高水平工业化的产物，工业软件又可以促进工业水平进步，效率提升。

产品线分散

工业软件蕴含工业生产的业务流程和工艺，因此，可以说工业生产的工艺有多复杂，工业软件就可以有多复杂。

行业异质性强

由于不同下游在生产制造环节往往具有不同的工艺要求，所以工业软件的通用性较低，需要根据行业需求进行二次开发或配置。

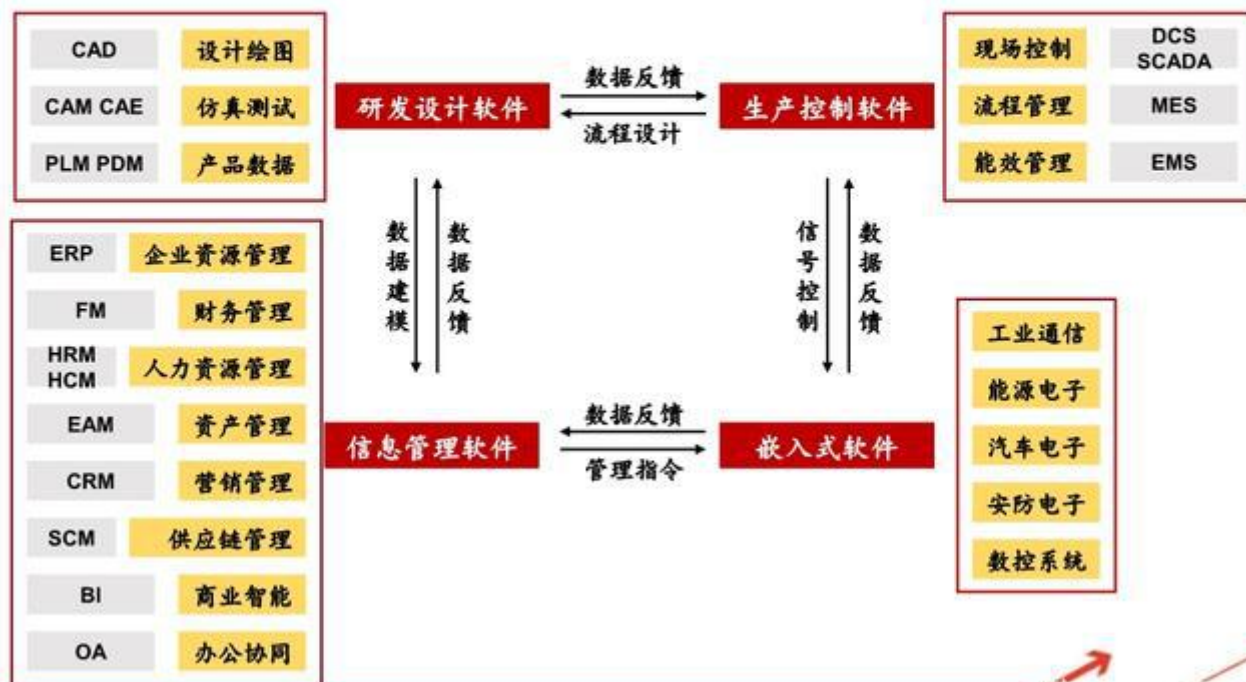
部署形式多样

生产控制类工业软件需要与设备和自动化系统进行集成，嵌入式软件内嵌于设备，运营管理类软件部署方式与传统软件类似。多样的部署形式衍生出专业化服务需求。

• 工业软件可分为运营管理、生产控制、研发设计、协同集成和嵌入式工业软件几大类别。

软件类别	典型软件	软件功能
运营管理类	ERP（企业资源计划）、CRM（客户关系管理）、SCM（供应链管理）、HRM（人力资源管理）、EAM（企业资产管理）	提高管理水平 提高物流效率 提升信息流效率
生产控制类	MES（制造执行系统）、SCADA（数据采集与监控）、HMI（人机界面）	提高设备利用率 提高制造质量 降低制造成本
研发设计类	CAD（辅助设计）、CAE（辅助分析）、CAM（辅助制造）、CAPP（辅助工艺规划）、PDM（产品数据管理）、PLM	提高开发效率 降低开发成本 缩短开发周期
协同集成类	OA（办公自动化）、IM（即时通讯）	解决信息孤岛 提高运作效率 降低集成成本
嵌入式工业软件	嵌入式操作系统、嵌入式支撑软件、嵌入式应用软件	提高智能化水平 提升装备性能 提升装备附加值

- 工业软件是工业互联网重要的组成部分。工业软件对工业流程进行数字化表达，打通各个生产环节，建立数字孪生体。工业互联网利用物联网和边缘设备收集工业大数据，而工业软件则负责工业大数据的处理和利用，数据反哺生产，实现工艺与管理的优化。



- **CAD (Computer-aided design)：计算机辅助设计**，是指利用计算机及其图形设备帮助设计人员进行设计工作，它使用自动化的流程替代手动制图。目前，几乎每个行业都在使用CAD设计软件，诸如景观设计、桥梁施工、办公建筑设计、影片动画等各类项目。
- CAD技术起步于50年代后期，进入60年代，CAD随着在计算机屏幕上绘图变为可行而开始迅速发展。CAD技术的出发点是用传统的三视图方法来表达零件，以图纸为媒介进行技术交流，这是二维计算机绘图技术。

曲面造型系统	实体造型技术	参数化技术	变量化技术
<p>第一次技术革命</p> <p>✓ 20世纪70年代，飞机和汽车工业蓬勃发展，法国达索推出三维曲面造型系统CATIA，标志着CAD技术从二维解放出来。但价格极为昂贵，年租金约15-20万美元</p>	<p>第二次技术革命</p> <p>✓ SDRC公司于1979年发布了世界上第一个完全基于实体造型技术的大型CAD/CAE软件——I-DEAS</p>	<p>第三次技术革命</p> <p>✓ 参数化实体造型方法：基于特征、全尺寸约束、全数据相关、尺寸驱动设计修改</p> <p>✓ CAD成本降低到几万美元</p>	<p>第四次技术革命</p> <p>✓ SDRC以参数化技术为蓝本，提出了一种比参数化技术更为先进的实体造型技术——变量化技术</p> <p>✓ 1993年推出全新体系结构的I-DEAS Master Series软件</p>

- **CAE（Computer Aided Engineering）**是用于做有限元分析的软件。有限元分析是一种计算机化方法，可预测产品对现实世界中的力、振动、热、流体流动和其他物理效果做出的反应。有限元分析可以表明产品是否会断裂、磨损或者是否在按照设计的方式工作。这称为“分析”，但在产品开发流程中，该分析用于预测产品在如下各种物理效果的影响下的行为：机械应力、机械振动、疲劳、运动、传热、流体流动、静电、注塑成型等。
- **有限元分析的原理**，是通过将真实对象分解为大量（数千到数十万个）有限元素（如小立方体）来进行分析。数学方程式可帮助预测每个元素的行为。然后，计算机通过累加所有单个行为就能预测实际对象的行为。

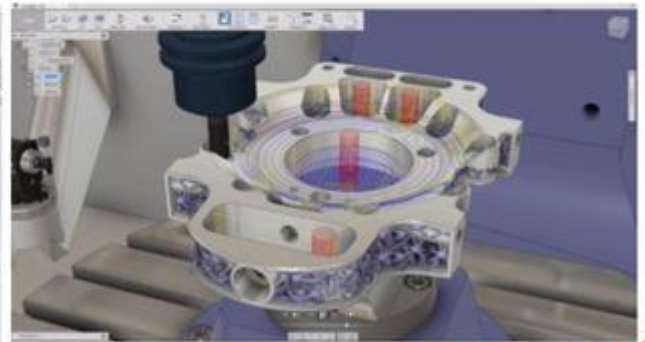
	海外	国内
1940s	有限元法理论基础形成	空白
1950s	开始应用到航空领域	数学家冯康提出有限元方法的基本思想
1960s	开始应用到土木工程，商业软件开始形成 Nastran（NASA，1969年）、ANSYS （1969年成立SASI，1970年发布）	空白
1970s- 1990s	蓬勃发展，出现MARC、ADINA、ADAMS 、ABAQUS、DYNA、LS-DYNA、 MSC.DYTRAN、ALGOR	大连理工大学研制出了DDJ、JIGFEX有限元分析软件和DDDU结构优化软件；北京农业大学李明瑞教授研发了FEM软件；北京大学袁明武教授通过对国外SAP软件的移植和重大改造，研制出了SAP-84
1990s 至今	并购、整合、巨头形成，MSC、ANSYS、 Siemens、达索、ALTAIR、COMSOL专业 软件	大连理工大学SiPESC软件

- **CAM（Computer Aided Manufacturing）**的核心是计算机数值控制（数控），它输入信息是零件的工艺路线和工序内容，输出信息是刀具加工时的运动轨迹(刀位文件)和数控程序。CAM系统一般具有数据转换和过程自动化两方面的功能。CAM所涉及的范围，包括计算机数控，计算机辅助过程设计。
- 数控除了在机床应用以外，还广泛地用于其它各种设备的控制，如冲压机、火焰或等离子弧切割、激光束加工、自动绘图仪、焊接机、装配机、检查机、自动编织机、电脑绣花和服装裁剪等，成为各个相应行业CAM的基础。

达索系统SolidWorks



Autodesk Fusion360



- **EDA (Electronic design automation)**，是指利用计算机辅助设计（CAD）软件，来完成超大规模集成电路（VLSI）芯片的功能设计、综合、验证、物理设计（包括布局、布线、版图、设计规则检查等）等流程的设计方式。
- 1970s, Calma、Computer Vision与Applicon几家并驾齐驱；1980s, Mentor Graphics、Daisy、Valid、Avanti开始崛起；1990s, 格局开始形成，Cadence、Synopsys和西门子旗下Mentor占据了EDA市场近70%的市场份额。2000s, 国产EDA出现。2009年华大九天成立，前身是原华大电子“熊猫”EDA设计平台。这个平台曾承担过国家重大科技攻关研发项目熊猫IC CAD系统的研发，并获国家科技进步一等奖。
- 2010s, 巨头与中国开始紧密合作，2017年底Cadence与南京市政府合作，投资上亿元成立“南京凯鼎信息技术有限公司”，Synopsys在武汉设立一座新思科技武汉全球研发中心，并于2019年12月落成启用。
- **华大九天是目前国内规模最大、技术最强的EDA龙头**，可以提供全流程数模混合信号芯片设计系统、SoC后端设计分析及优化解决方案、平板(FPD)全流程设计系统、IP以及面向晶圆制造企业的相关服务。



- **CFD软件(Computational Fluid Dynamics)**，即计算流体动力学，是近代流体力学，数值数学和计算机科学结合的产物，是一门具有强大生命力的交叉科学。它以电子计算机为工具，对流体力学中的控制方程借助偏微分方程数值解的理论进行离散，对流体力学的各类问题进行数值实验、计算机模拟和分析研究，以解决各种实际问题。主流CFD软件包括CFX（英国AEA公司开发），FLUENT（Ansys），Phoenics（英国CHAM公司开发）等。



力学建模

- ✓ 将现实世界中的物理现象抽象为计算机能够识别的力学模型。
- ✓ 力学建模通常得到的是微分方程，难以得到解析解。

数值计算

- ✓ 将力学模型转化为计算机可求解计算的代数方程组以及代数方程组的数值求解。

网格生成

- ✓ 数值计算过程中的数值离散技术通常要用到计算网格。
- ✓ 将连续的求解域切割成离散的小的空间的过程称之为网格生成。生成高质量的网格是优质计算的前提。

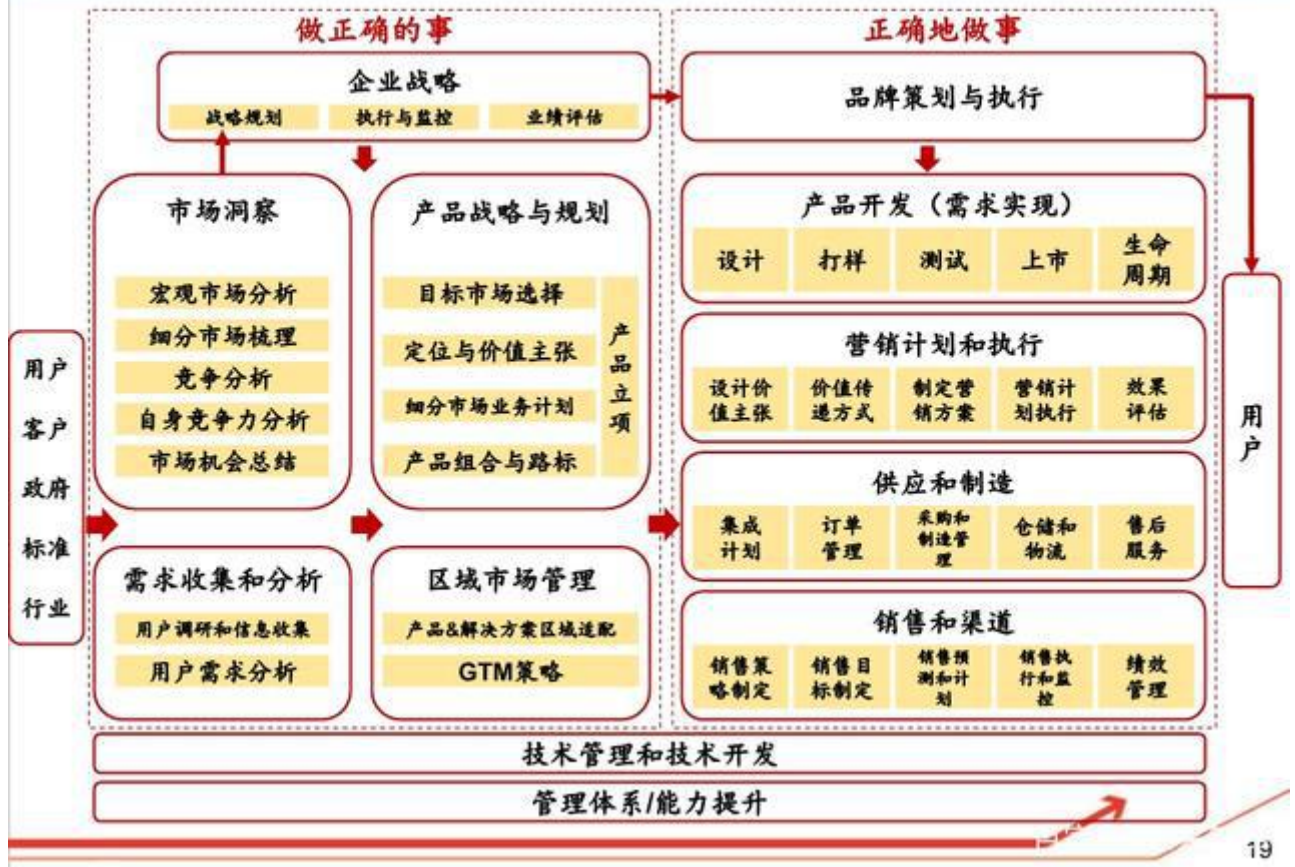
计算结果解释

- ✓ 计算机求解代数方程后获取的是计算域空间上所有节点上的物理量的值，为了更好地利用计算结果，通常将数值计算结果以图形图表的形式进行展示。

研发设计类：PLM（产品生命周期管理）

- **PLM（product lifecycle management）产品生命周期管理**，是在产品数据管理PDM技术的基础上延伸发展而来。PLM既是软件又是服务，实施一整套的业务解决方案，把人、过程和信息有效地集成在一起，作用于整个企业，遍历产品从概念到报废的全生命周期，支持与产品相关的协作研发、管理、分发和使用产品定义信息。
- **PLM由多种信息化元素构成**：基础技术和标准（如XML、视算、协作和企业应用集成）、信息生成工具（如MCAD、ECAD和技术发布）、核心功能（如数据仓库、文档和内容管理、工作流程和程序管理）、功能性的应用（如配置管理）以及构建在其他系统上的商业解决方案。
- **PLM主要提供商包括**：PTC、达索系统、西门子、Autodesk、Oracle。



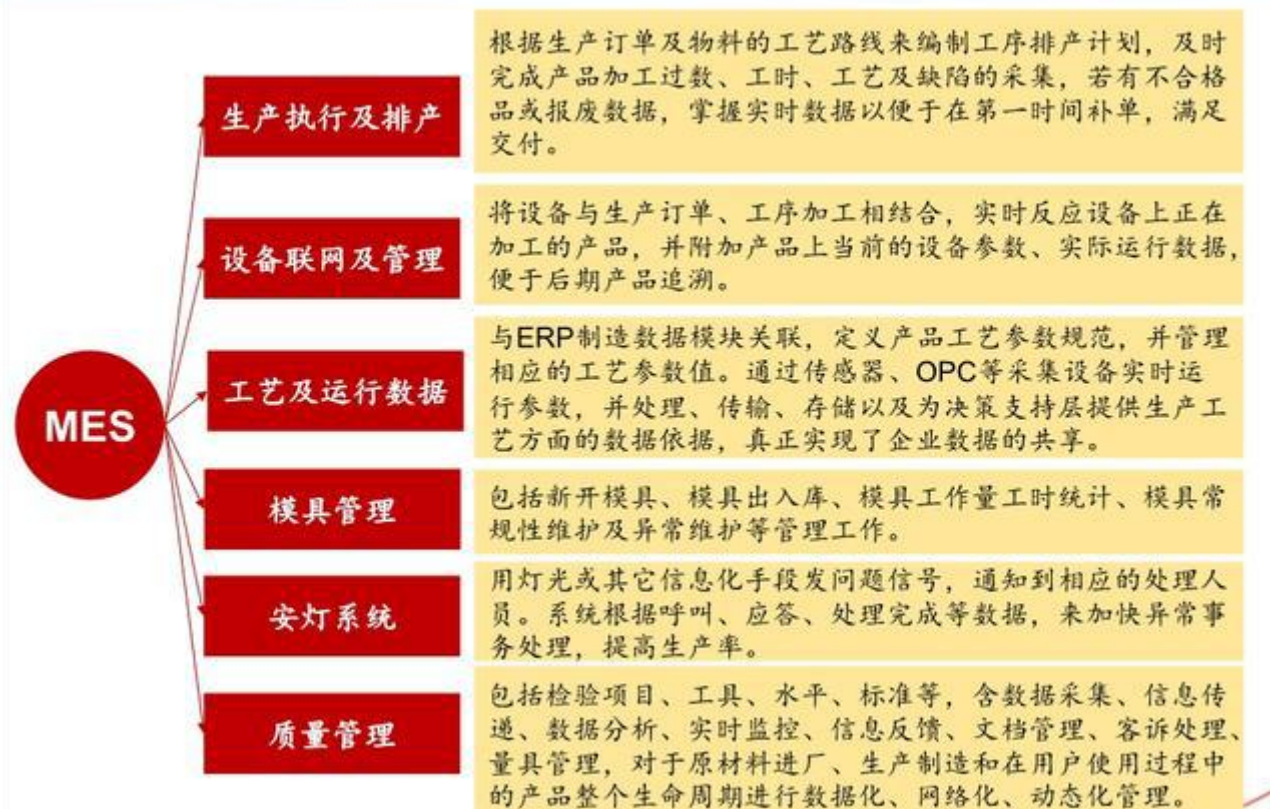


- **PDM的中文名称为产品数据管理（Product Data Management）**。PDM是一门用来管理所有与产品相关信息（包括零件信息、配置、文档、CAD文件、结构、权限信息等）和所有与产品相关过程（包括过程定义和管理）的技术。通过实施PDM，可以提高生产效率，有利于对产品的全生命周期进行管理，加强对于文档，图纸，数据的高效利用，使工作流程规范化。PDM能使最新的数据为全部有关用户应用,包括工程设计人员,数控机床操作人员、财会人员及销售人員都能按要 求方便地存取使用有关数据。
- 与产品有关的信息包括任何属于产品的数据，如CAD/CAE/CAM的文件、物料清单(BOM)、产品配置、事务文件、产品订单、电子表格、生产成本、供应商状况等。
- 与产品有关的过程包括任何有关的加工工序、加工指南和有关批准、使用权、安全、工作标准和方法、工作流程、机构关系等所有过程处理的程序。



- **MES（Manufacturing Execution System）**，位于上层的计划管理系统与底层的工业控制之间的面向车间层的管理信息系统。
- MES是对整个车间制造过程的优化，而不是单一的解决某个生产瓶颈；MES必须提供实时收集生产过程中数据的功能，并作出相应的分析和处理；MES需要与计划层和控制层进行信息交互，通过企业的连续信息流来实现企业信息全集成。
- 国内最早的MES是20世纪80年代宝钢建设初期从SIEMENS公司引进的，随后本土MES如雨后春笋般快速成长。

	流程型MES	离散型MES
制造模式	流程制造	离散制造
排产方式	按库存	按订单+按库存
生产方式	批量及连续生产	批量及小批量生产
生产计划	相对简单，稳定	相对复杂，灵活
生产设备	能力固定	需要根据需求进行配置
生产过程	工艺固定	需要根据需求调整工艺参数
典型行业	冶金、化工、钢铁	汽车、电子、工程机械



- **ERP（Enterprise Resource Planning）**是一种主要面向制造行业进行物质资源、资金资源和信息资源集成一体化管理的企业信息管理系统。ERP是一个以管理会计为核心可以提供跨地区、跨部门、甚至跨公司整合实时信息的企业管理软件。针对物资资源管理（物流）、人力资源管理（人流）、财务资源管理（财流）、信息资源管理（信息流）集成一体化的企业管理软件。
- **ERP系统包括以下主要功能：**供应链管理（SCM）、销售与市场、分销、客户服务、财务管理、制造管理、库存管理、工厂与设备维护、人力资源、报表、制造执行系统（MES）、 workflow服务和企业信息系统等。此外，还包括金融投资管理、质量管理、运输管理、项目管理、法规与标准和过程控制等补充功能。



- **CRM (Customer Relationship Management)** 是用计算机自动化分析销售、市场营销、客户服务以及应用等流程的软件系统。它的目标是通过提高客户的价值、满意度、赢利性和忠实度来缩减销售周期和销售成本、增加收入、寻找扩展业务所需的新的市场和渠道。
- Salesforce是CRM行业的领导者，其他三大CRM软件供应商分别是SAP、Oracle、Microsoft，国外知名CRM供应商还有：Sage、Sugar、Zoho、Workday、Zendesk、Aptivo。
- 国内CRM厂商包括：销售易、纷享销客、金蝶、红圈营销、Cloud CC、八百客、用友、爱客、xtools六度人和等。



市场规模：全球工业软件市场规模3893亿美元

- ✓ 截至2018年底，全球工业软件市场规模达到**3893亿美元**，同比增长**5.2%**。
- ✓ 亚太区市场占全球市场份额的**23.8%**。
- ✓ 亚太区市场规模同比增速为**7.6%**，快于全球平均水平。

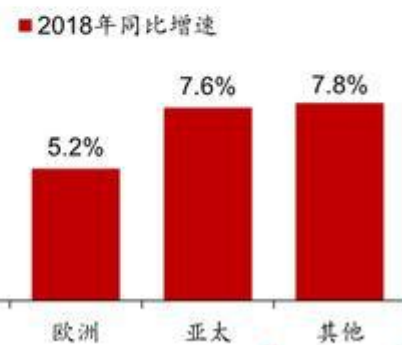
图表：2018年全球工业软件市场区域结构



图表：全球工业软件市场规模



图表：2018全球工业软件分区域增速



资料来源：CCID、华泰证券研究所

市场规模：中国工业软件市场规模1678亿人民币

- ✓ 截至2018年底，中国工业软件市场规模约为1678.4亿人民币，同比增长16%。
- ✓ 来自大型企业的投资超过一半，中小型企业需求仍有进一步开发的空间。
- ✓ 嵌入式软件占比高达57%，研发设计类软件占比低，增速快。

1678.4亿元 (2018)

大型企业 52.1%

嵌入式软件 57.4%

中型企业 28.3%

信息管理类 17.1%

小型企业 19.6%

生产控制类 17.0%

研发设计类 8.5%



资料来源：CCID、华泰证券研究所

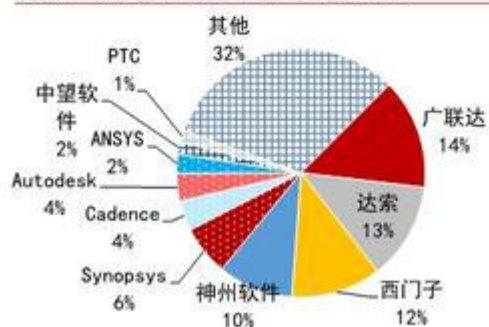
研发设计类工业软件

- ✓ 外资企业在技术和市场方面占据优势，汽车、建筑领域竞争较为激烈。
- ✓ 航天神软、金航数码等厂商引领军工航天市场，数码大方、英特仿真等企业在研发端具有一定特色。

生产控制类工业软件

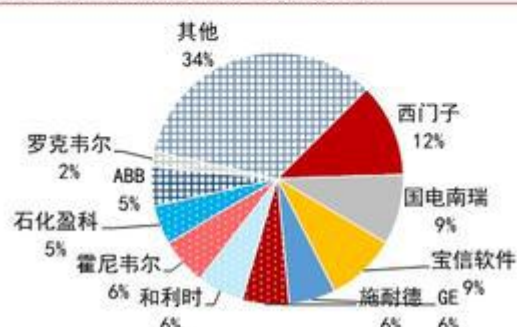
- ✓ 能源、冶金、石化行业是市场主体，但增速回落，高端装备领域是未来竞争焦点。
- ✓ 西门子、国电南瑞、ABB的控制系统主要应用于电力能源行业，和利时侧重轨交自动化。
- ✓ 宝信软件、石化盈科、中控等企业引领钢铁石化行业。

图表：研发设计类工业软件竞争格局



资料来源：赛迪顾问、华泰证券研究所

图表：生产控制类工业软件竞争格局



资料来源：赛迪顾问、华泰证券研究所

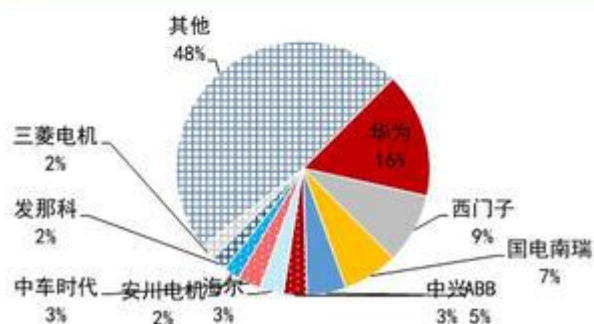
嵌入式工业软件

- ✓ 工业通信领域有望引领嵌入式工业软件增长，机器人成为未来长期趋势。
- ✓ 能源电子、汽车电子领域国内外企业竞争激烈。
- ✓ 安防电子是工业信息化安全重要一环。

信息管理类工业软件

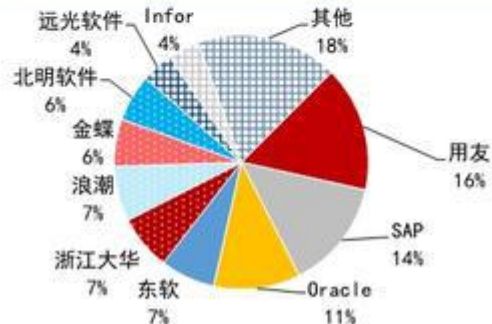
- ✓ 传统ERP格局已较为稳定，龙头厂商纷纷“上云”。
- ✓ 垂直领域机会丰富，汽车、电力行业增长迅猛。
- ✓ 工业物联网发展快速。

图表：嵌入式工业软件竞争格局



资料来源：赛迪顾问、华泰证券研究所

图表：信息管理类软件竞争格局



资料来源：赛迪顾问、华泰证券研究所



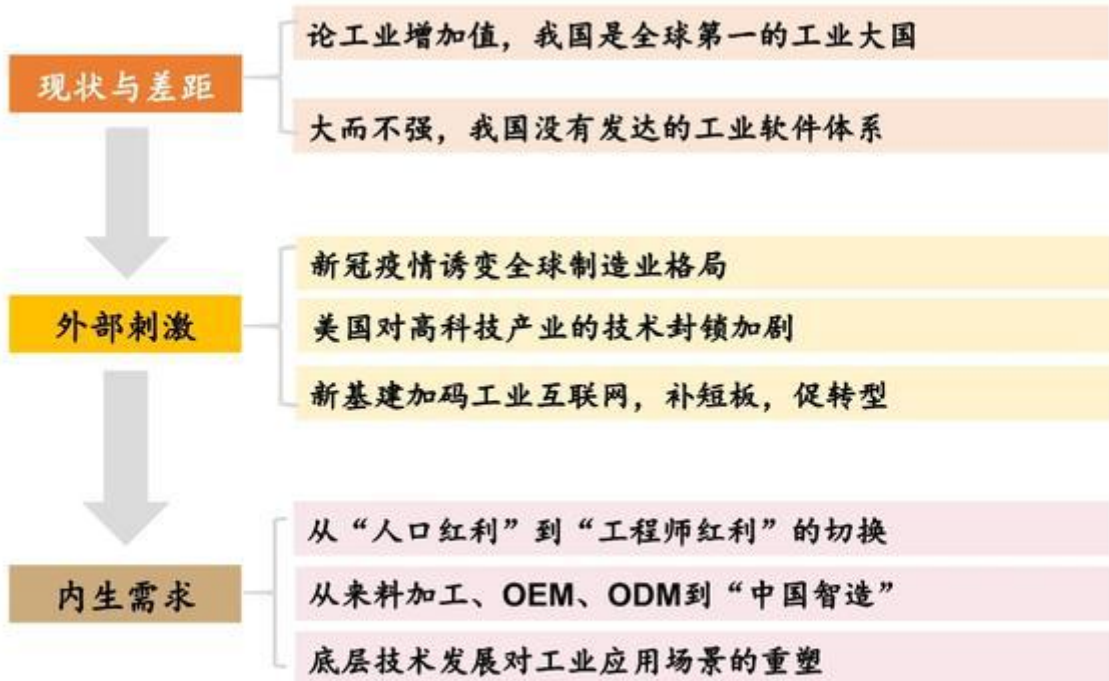
目录 Contents

工业软件发展的催化剂

现状与差距

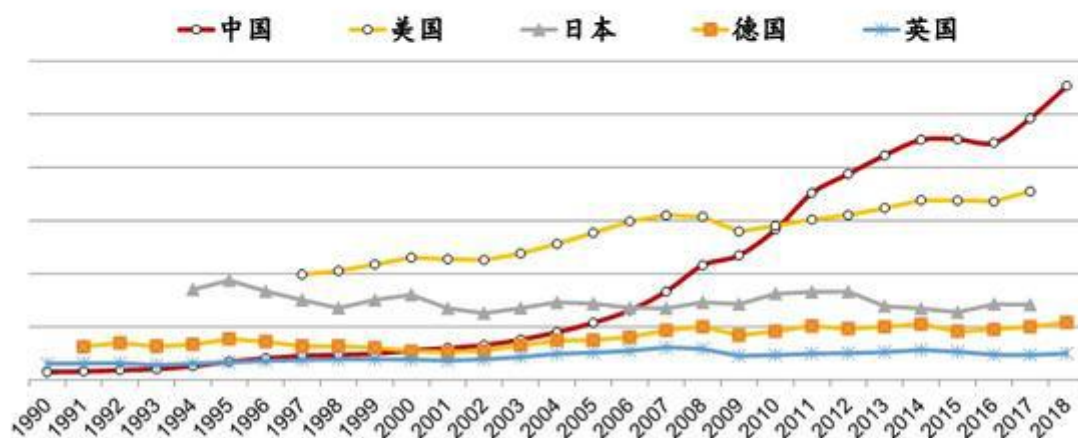
外部刺激

内生需求



- 从工业增加值角度看，我国已是全球第一大工业国。2011年我国以美元计价的工业增加值首次超越美国，成为世界第一大工业国，并且至今一直稳居第一位。
- 我国拥有世界上门类最齐全的工业体系，包含41个工业大类、207个中类、666个小类。
- 自1952年工业化开始，按不变价计算，我国工业增加值从1952年的120亿元增加到2018年的30.52万亿元，年均复合增速12.6%。

图表：1990-2018年主要国家工业增加值（亿美元）



差距：大而不强，我国没有发达的工业软件体系

- 市场格局：**根据走向智能研究院的研究评估，在核心工业软件领域中的CAD研发设计类软件市场，法国达索、德国西门子、美国PTC以及美国Autodesk公司在我国市场占有率达90%以上，国内数码大方、中望软件、山大华天等只占不到10%的市场；CAE仿真软件市场领域，美国ANSYS、ALTAIR、NASTRAN等公司占据了95%以上的市场份额。
- 研发投入：**2019年，CAE仿真软件公司ANSYS研发投入为20.87亿元（按汇率为7.00折算），同年国内CAD龙头中望软件研发投入为1.08亿元，EDA公司芯愿景研发费用为0.13亿元。

图表：中外工业软件龙头收入对比（亿人民币）



图表：中外工业软件龙头研发投入对比（亿人民币）



基础薄弱

- 产业规模和质量有待提升
- 重硬轻软的现象明显
- 软件产业价值链失衡

人才短缺

- 专业人才培养断档
- 校企联合不够紧密
- 其他行业的虹吸效应

应用困难

- 尚未形成产用结合的生态体系
- 对业务流程的理解不够深入
- 难以应对外资企业的竞争

创新不足

- 创新产业政策缺位
- 知识产权保护力度不够
- 对工业软件创新的金融支持不足

技术扼制

- “瓦森纳协定”对中国的禁售
- 一旦本土技术突破，解除禁售抢占市场
- 供应链断供威胁

短期冲击供给

新冠疫情造成国内2月、3月工业生产活动停滞。海外4月、5月这种影响仍在持续。

短期隔离措施和交通封锁，影响劳动力要素和物流要素，造成生产活动停滞，供给端出现断档。

现金流不佳，抗风险能力弱的企业，在疫情的第一波冲击中受影响最大。

中期影响需求

由于全球的产业链联动，欧美疫情爆发后，生产活动停滞，消费需求收缩，沿产业链向上传导至我国，导致我国部分外贸企业订单减少。

外需导向，全球产业链嵌入程度较深的企业，在中期面临的需求压力较大。

长期扰动格局

疫情稳定后，以美国和日本为代表的一些国家，开始酝酿产业链回迁。

4月日本经济产业省准备出资2435亿日元（约合人民币158亿元），资助日资企业撤出中国。美国白宫经济顾问库德洛表示，“我们为美国企业从中国撤回美国的成本埋单”。

“逆全球化”趋势抬头，可能造成部分产业链回迁或多地备份加速。

2019年5月15日，美国商务部将华为列入实体清单，谷歌响应美国政府要求，禁止向华为提供GMS服务

2019年8月19日，美国商务部第二次发出为期90天的“临时通用许可”

2019年11月18日，美国商务部第三次发出为期90天的“临时通用许可”

2020年3月10日，美国商务部第五次发出“临时许可证”，有效期至5月15日

2019年5月20日，美国商务部发出为期90天“临时通用许可”

2019年10月13日，谷歌恢复了对华为的GMS服务

2020年2月13日，美国商务部第四次发出为期45天的“临时通用许可”，有效期至4月1日

2020年5月15日，美国商务部宣布将临时许可再延长90天，2020年8月14日，并表明这是最后一次延期

- **工业互联网能够与其他新基建要素融合。**智能制造升级所需要重点投入的领域可概括为“云”、“网”、“端”三大领域：一是“云”：工业大数据及云计算；二是“网”：覆盖产业链整体的工业互联网；三是“端”：与工业互联网融为一体的工业机器人、智能机床等工业智能终端设备。工业互联网是连接智能制造产业“云”与“端”的纽带，通过平台、软件、数据、算法将设备（工业机器人、智能机床）和信息（供应链管理）互联，提升制造业智能化水平。



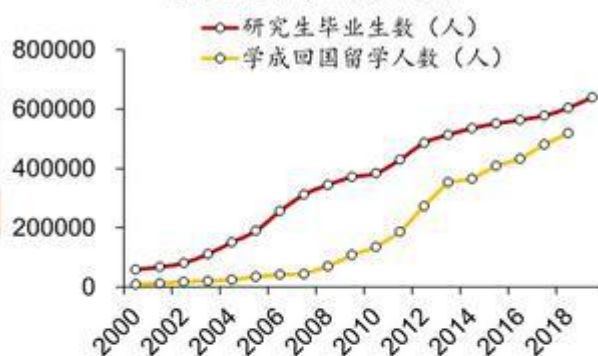
内生需求：从“人口红利”到“工程师红利”的切换

劳动力要素

劳动人口比例下降	年研究生毕业数超64万
劳动力成本上升	“海归”人数超过50万
劳工红利削弱	工程师红利犹存

提质增效促转型

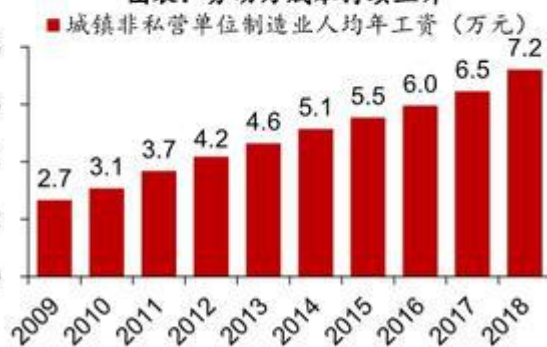
图表：人才供给数量提升



图表：劳动力年龄人口比重持续下滑

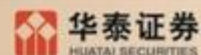


图表：劳动力成本持续上升



资料来源：教育部、国家统计局、华泰证券研究所

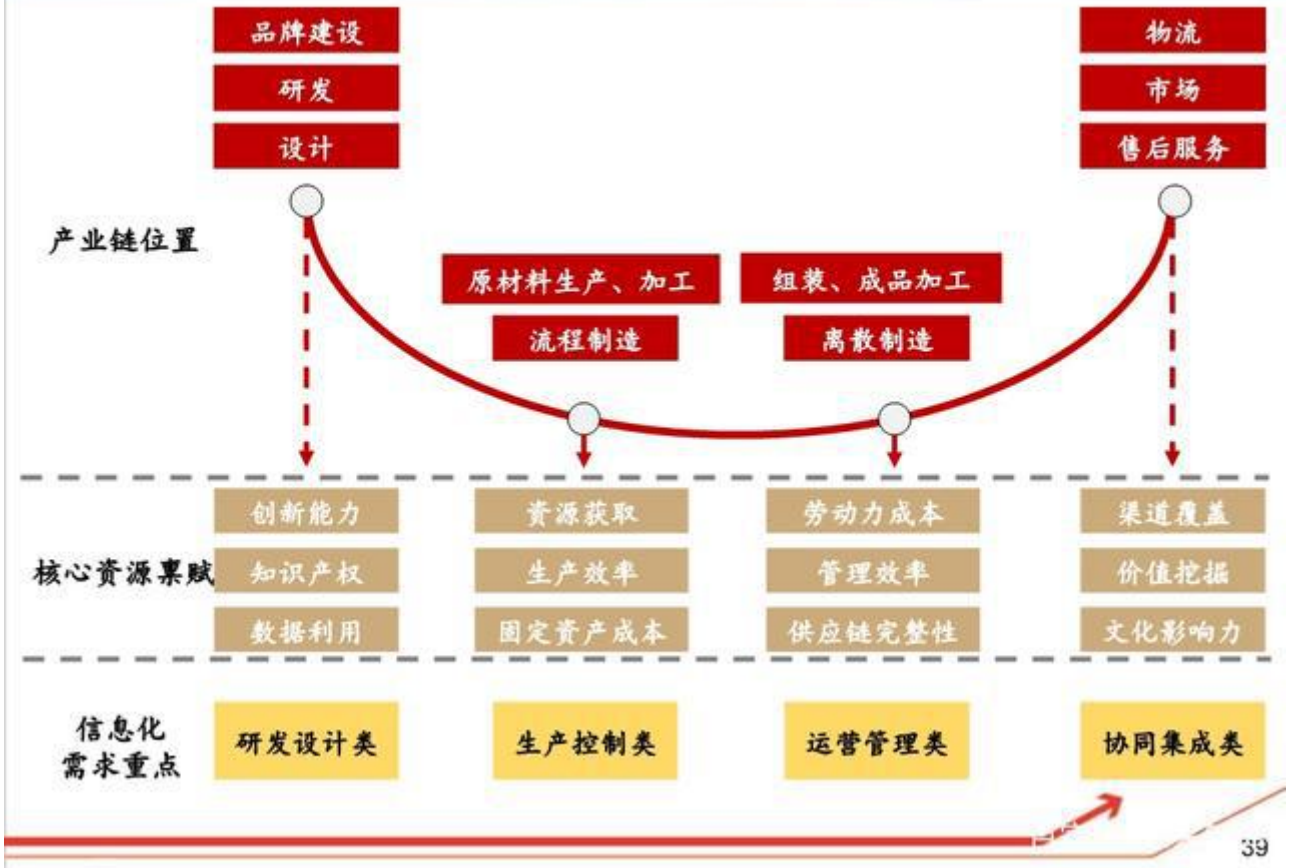
内生需求：从来料加工、OEM、ODM到“中国智造”



- 我国对工业软件需求的深度，与我国工业化进程的深化密不可分。我国制造业从资源密集型，到劳动力密集型，再向知识密集型转化的过程中，对工业软件需求程度不尽相同。
- 劳动力密集型的工业体系，对管理软件的需求最为强烈；OEM、ODM为代表的离散制造业，需要供应链精益化运作；“中国智造”时代，复杂精密工业产品的自主研发和生产，则需要研发环节整个生态和生产环节众多供应商的协同运作。

时期	1978-1988	1988-1998	1998-2008	2008-2018	2018以后
阶段	重工业	来料加工	OEM	ODM	“中国智造”
典型行业	军工、原材料	轻工	消费品	汽车、消费电子	高铁、大飞机
竞争力	资源、交通	劳动力	精益管理	供应链把控	研发协同

内生需求：产业链位置决定信息化需求深度



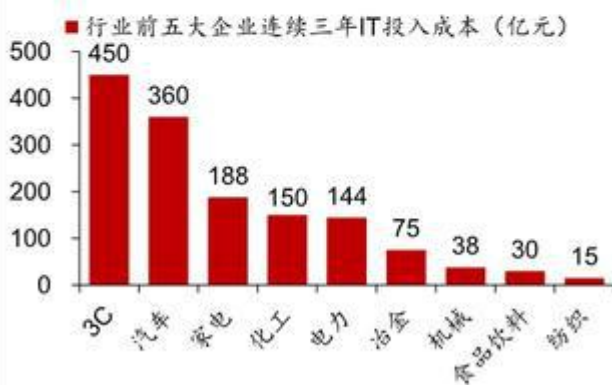
- 底层技术的发展，重塑工业应用场景（物联网）和工业软件商业模式（云化），催生出工业软件新的发展机遇。
- 底层技术是工业互联网应用落地的重要支撑。通信技术从4G到5G的跃迁，使得人机互联得以向万物互联发展，有望带来新的工业软件形态和工业互联网商业模式。



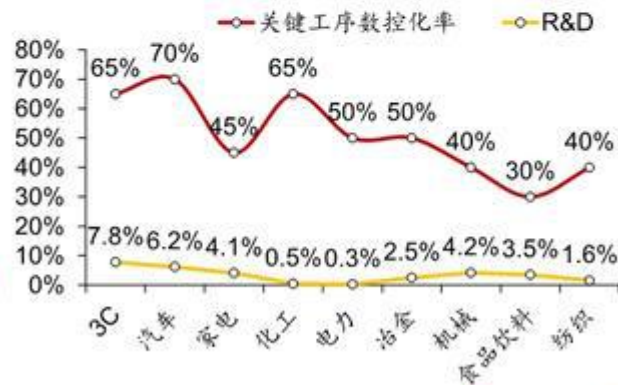
我国制造业IT投入强度提升空间大

- 截至2018年底，全国制造业重点领域骨干企业数字化研发工具普及率为68.9%，关键工序数控化率为49.2%，传统行业IT投入强度较低，关键工序数控化率仍有较大提升空间。
- 根据工信部《智能制造发展规划（2016-2020年）》，目标到2020年，传统制造业重点领域基本实现数字化制造。要求制造业重点领域企业：
 - ✓ 数字化研发设计工具普及率超过70%
 - ✓ 关键工序数字化率超过50%
 - ✓ 数字化车间/智能工厂普及率超过20%

图表：2018年全国重点行业IT投入规模



图表：2018年全国重点行业信息化建设就绪度



资料来源：工信部、华泰证券研究所





目录 Contents

工业软件发展的逻辑

工具软件

系统化平台

云部署

工业互联网

- **工业知识造就工业软件。**工业软件首先是“工业品”，其次才是“软件产品”。工业品的属性决定了工业软件具有高度的复杂性，这不仅体现在工业生产的行业、专业、技术、流程差异大，也体现在对于数据颗粒度，计算精确度的高标准。

行业繁杂

流程行业&离散行业
39个工业大类
191个中类
525个小类

专业种类繁多

工业软件需要机械、电子、光学、声学、电磁学、流体、热处理等众多专业的知识和经验

产品复杂程度跨度大

服装、玩具等简单产品
航空、高铁等复杂产品
(空客380有600多万个零件)

工业软件的复杂性

生产过程复杂

环节：研发、生产、营销、
运维、供应链管理
设备：生产、实施、测量
测试、仪器仪表

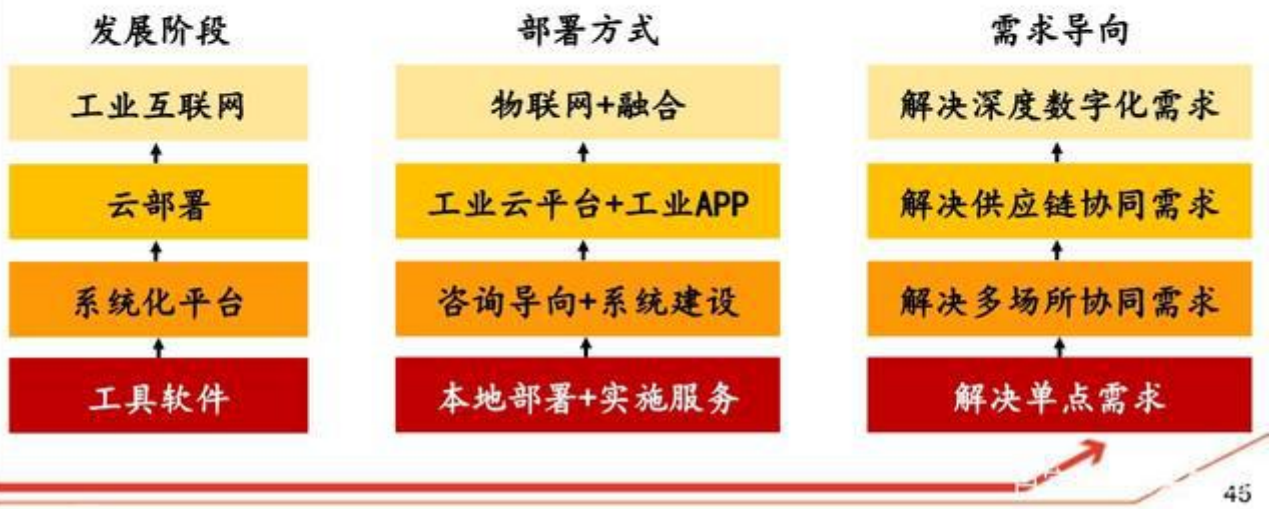
厂家协作困难

波音747 由6个国家的
16500家大中小企业协作
生产

对实时性、可靠性要求高

数据可靠性的差错可能带来成本、安全性的巨大牺牲

- 随着工业系统复杂性的提升，工业软件的发展阶段也不断跃迁。工业软件的发展路径需经历工具软件、系统化平台、云部署、工业互联网四个阶段。
- 早期工业软件是解决特定场景需求的工具软件，如设计环节的CAD，仿真环节的CAE，管理环节的ERP等。而解决大型工厂生产协同的问题，则需要各种工业软件形成系统性平台。
- 云计算和5G的发展使得万物互联成为可能，依托这些底层技术的进步，横向的供应链协同和纵向的研发协同成为新的需求，工业软件的部署方式和服务形式也随之发生变化。





- 系统化平台综合运用各类工具软件，为客户打造基于统一平台的各类智能制造解决方案。系统化平台以提高生产效率为导向，定制化服务程度较高。



- 工业软件上云，是智能工厂时代的新需求。
- 工业互联网架构下，数据交互实时性和互联互通要求高，推动工业软件向轻量化的工业APP裂变。
- **工业APP的开发可以双路并进：**
 - 一是让传统架构工业软件逐渐解构，以更细的功能颗粒度变身成为工业微服务；
 - 二是工业技术软件化，直接将工业技术和知识转变成为工业微服务，让所有来自企业实践一线的工业技术、经验、知识和最佳实践都沉淀下来，经过模型化、软件化、再封装，成为互不相关、高度适应外部需求变化的微服务，然后再根据具体的工业场景，为组建工业APP提供服务。



- 从国际工业软件巨头的经验来看，工业软件的发展史是一部巨头并购史。行业整合能力对于工业软件的发展如此重要，其背后的原因在于工业软件下游应用场景丰富，需求差异大，难以通过标准化的产品解决所有环节的问题。这就需要不断扩充软件产品线，软件产品线的延伸意味着业务边界的扩张，继而带来可触达市场空间的提升。
- 决定软件先进性及生命力的主要因素是软件基础技术，而并非特定的应用技术。从CAD软件30年的发展历史来看，带来工业软件商业化能力跃迁的，不是细分应用的拓展，而是从2D到3D，从造型到仿真这种技术革命带来的进步。当前，通信技术从4G到5G的跃迁，有望带来工业软件能力和可触达市场空间的又一次升级。
- 基础工具软件方面，我国整体发展水平与其他工业化大国存在较大差距，单点突破弯道超车难度大，收益小，而工业软件和5G、云计算等新技术的融合，对产业链变革和制造业整体技术水平提升的意义更为重大。



- 工业互联网内涵丰富，是新一代信息通信技术与先进制造业深度融合所形成的新兴业态与应用模式。工业互联网通常是指能够满足工业智能化发展需求，具有低时延、高可靠、广覆盖特点的关键网络基础设施，工业互联网的发展涵盖工业软件、工业云平台、工业通信、工业互联网基础设施和工业安全体系。

工业互联网	国外现状	国内现状
边缘采集	美德制造企业数字化、网络化水平较高；垄断了全球的工控设备和通信协议；拥有强大的数据采集、云端迁移、边缘计算能力	95%中高端PLC市场、50%以上的DCS市场被跨国公司垄断；设备数字化率44.8%、联网率39%
工业IaaS	美国主导全球IaaS生态演进、拥有亚马逊、微软、谷歌、IBM等领导厂商；德国SAP	阿里、华为、腾讯
工业PaaS	美、德在机械、汽车、航空、船舶等行业拥有数百年的工业知识、经验、方法的积淀（工业机理+数据科学）；具备将核心经验知识固化封装为微服务能力以及平台资源整合能力	工业技术知识薄弱、工业机理、工艺流程模型方法等积累不足；算法库、模型库、知识库等微服务提供能力不足
工业SaaS	美、德等垄断了传统的工业软件市场；拥有GE、Oracle、西门子、SAP等工业软件巨头；形成了完整的开发者社区和海量开发者；正在涌现一批新型的工业APP企业	高端工业软件主要依赖进口；开发了少量工业APP，在数据科学研究领域有一定基础；缺乏工业APP
工业安全	全球主要国家产业政策利好，产业结构逐步完善，竞争格局逐渐形成，企业及国家资源加速产业整合	我国安全产业政策充分利好，安全标准体系逐步形成，但是关键技术攻关及产业化应用不成熟

工业互联网架构



- **工业互联网涵盖五大关键技术：**工业设备是基础，工业网络是媒介，工业云平台是核心，工业软件是承上启下数据利用的关键，工业互联网应用是价值兑现的载体，工业安全是体系保障。

工业软件

工业软件指专门或主要用于工业领域，以提高工业企业研发、制造、管理水平和工业装备性能的软件。

工业云平台

工业云平台是在传统云平台的基础上叠加物联网、大数据、人工智能等新兴技术，实现海量异构数据汇聚与建模分析、大数据经验知识软件与模块化、工业创新应用开发与运行，从而支撑生产智能决策、业务模式创新、资源优化配置和产业生态培育的载体。

工业通信

工业互联网的网络层包括工厂外部网络通信和工厂内部网络通信，外部网络通信主要是利用传统互联网，内部网络通信包括工业互联网、工业PON、工业无线、支持IPv6的技术和产品等。

工业互联网基础设施

工业互联网基础设施包括生产制造环节的工业机器人、服务机器人、3D打印机、智能生产设备、智能机床等生产设施，数据采集传感器、RFID标签、控制芯片、数据监测器等硬件设备以及数据存储中心

工业安全

工业互联网的安全体系分为三个层次，底层是安全模型与政策的选择，中间层是数据的安全防护，顶层的四个安全应用场景分别是安全配置与管理、安全监测与分析、通信与连接防护以及终端防护。

- 数据特性的不同直接导致系统架构设计侧重点的不同，互联网架构不能直接应用于工业互联网。
- **(1) 并发连接**
 - 由于IIOT接入并发居多，这意味着工业互联网接入设计需采用异步通信接入。相比Web接入，很多成熟的架构多以同步通信为主。
- **(2) 数据时序性**
 - IIOT接入的数据有着很强的时间顺序，数据产生频率快，测点多，数据量巨大。传统关系型数据库无法满足对时序数据的有效存储与处理，因此需要专门的时序性数据库例如InfluxDB等。
- **(3) 数据关联性**
 - 相比互联网，IIOT接入的数据维度和类型多而广。由于是时序数据，对于突发事件而言，数据间隐含着较强关联性。这需要系统架构支持数据融合，以便深度挖掘数据间的关联性。
- **(4) 延时容忍度**
 - 工业互联网由于涉及OT网络和实时控制，对系统延时要求较互联网更高。软实时操作系统Linux有时不能满足需求，基于硬实时的RTOS可有效降低边端设备数据采集的延时不确定性。

	互联网	工业互联网
数据流向	Web1.0: 流向终端(用户) Web2.0: 均衡	设备流向服务器
数据多源性	中	高
并发连接数	不定	多
连接时间	短	长
宽带占用规律性	有规律, 有突发峰值	有规律
数据种类	多	多
带宽需求	高	高(视频), 低(数据)
数据持续性	短	长
数据实时性	低	高
数据时序型	低	高
数据量	高	极高
延时容忍度	中	低
数据关联性	低	高

- 传统的工业网络以预设的“工业以太网+短距离无线通信”为主，且短距离无线通信主要集中在蓝牙、ZigBee、RFID等技术。随着无线传输技术的发展，LoRa、Sigfox等协议逐步进入应用领域。
- 5G的商用，将进一步降低NB-IoT、eMTC技术的应用成本，低功耗广域网将成为重要的备选方案。新技术、新场景、新需求的出现将推动工业数据传输方案向“灵活组网”演进。

工业企业上云

各类工业数据传输集聚

海量工业数据分析

工业应用开发、生产服务

多场景工业领域数据传输方案

工业以太网

- ✓ 有线传输，实时性高
- ✓ 发展较为成熟
- ✓ 协议：PROFINET, Ethernet/IP, EtherCAT, POWERLINK, SERCOSIII

短距离无线通信

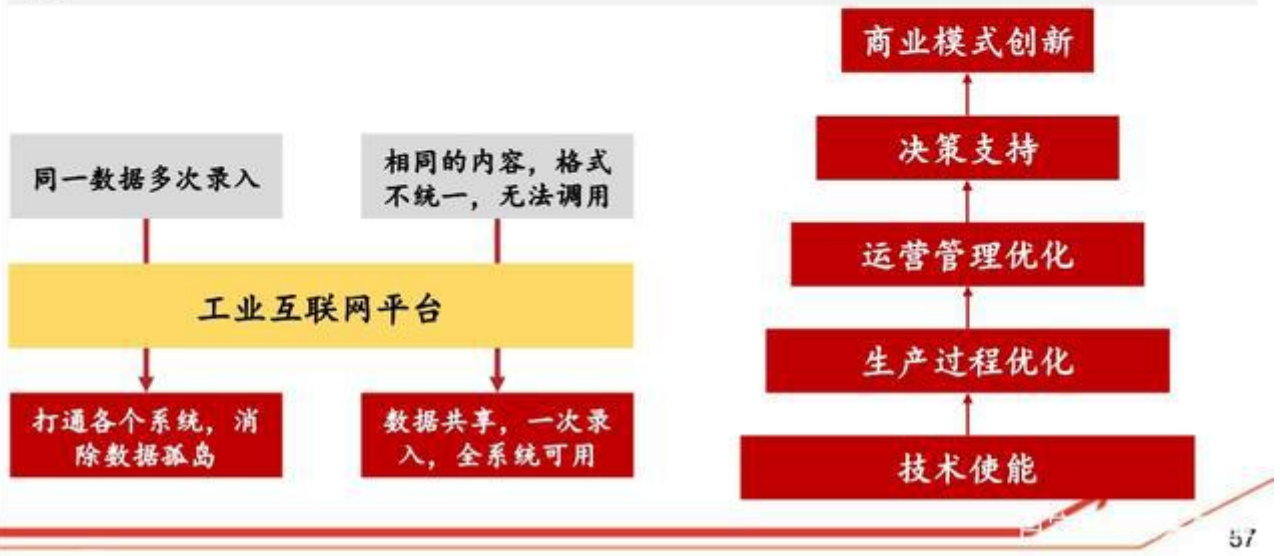
- ✓ 无线传输，需依场景进行定制化开发
- ✓ 协议：蓝牙, ZigBee, LoRa, Sigfox

低功耗广域网

- ✓ 公共网络，直接使用
- ✓ 协议：NB-IoT, eMTC



- 1、更好的设备监控和管理。对设备状态进行实时监测，对设备生命周期做出预判性管理。
- 2、打通各个系统，消除信息孤岛。将物与物、物与人连接起来，打破信息碎片化格局。
- 3、数据共享。解决系统提供的内容和格式不统一，不可调用，数据交互逻辑不清晰，数据多次录入繁琐易错的问题，实现真正意义上的数据共享。
- 4、产业链上下游协同。在产品的设计、研发协同、原材料采购、制造协同等方面促进产业链协同效率的提升。
- 5、数据反哺经营决策，推动商业模式创新和升级。挖掘数据价值，帮助企业实现数字化转型。



资源优化		GE Predix 西门子MindSphere ABB Ability 三一根云 徐工工业云	昆仑数据KMX 智擎信息
资源配置		航天科工Indics 海尔CosmoPlat 美的MeiCloud	智能云科iSesol
通用使能	阿里云 ET 华为OceanConnect 微软Azure IoT SAP HANA AWS-IoT		机智云 蘑菇物联
	ICT巨头	工业巨头	创业企业

一、工业互联网将成为重塑我国工业生产面貌的重要驱动力

工业互联网是沟通新基建各领域的纽带，能够与其他新基建要素深度融合。工业互联网通过平台、软件、数据、算法将设备（工业机器人、智能机床等）和信息（供应链管理）互联，对提升中国制造业智能化水平和存量资产效率具有深远意义。

二、国企和民企会共同参与工业互联网的建设

国企在资源整合、攻坚克难方面具有规模优势，民企在技术创新、模式创新方面具有灵活性。

三、工业互联网产业生态将不断完善

产业生态包括用户生态、开发者生态、供应链生态、创业企业生态和政府生态等。知识产权保护是生态发展壮大的重要基础。

四、工业互联网将聚焦于解决系统性问题，自上而下的整体性视角将重塑传统工业软件

传统工业软件仍停留在工具软件层面，解决生产环节中特定场景下的应用需求。工业互联网将从整体效率提升的角度，衍生出更多工业软件形态和新兴市场。

五、配合工业互联网的成熟，工具型工业软件将向工业APP发展

为配合云-边-端协同的底层架构，工业软件需要向工业APP升级。升级可以是传统架构工业软件逐渐解构，以更细的功能颗粒度变身成为工业微服务；也可以直接将工业技术和知识转变成工业微服务，让所有来自企业实践一线的工业技术、经验、知识和最佳实践，经过模型化、软件化、再封装成为微服务，然后再根据具体的工业场景，为组建工业APP提供服务。



目录 Contents

海外工业软件

ANSYS
达索系统
西门子
PTC
Autodesk

厂商	属性	产品线涉及智能制造核心内容						
		智能研发	智能管理	智能装备	智能产线/智能车间/智能工厂	智能供应链与物流	智能决策	智能服务
西门子	工业自动化、电气化领域领导者，全球PLM、MES领导厂商之一	√			√			√
PTC	全球PLM领导厂商之一，并提供物联网解决方案	√						√
达索系统	全球PLM领导厂商之一，在提供3D虚拟现实方面具有较强优势	√			√	√		√
GE	全球工业界的巨头之一，工业互联网领导厂商				√		√	√
SAP	全球管理软件领导厂商之一		√		√	√	√	√
思科	高科技的网络设备制造企业，美国工业互联网联盟的发起成员之一		√		√			√
IBM	全球最大的信息技术和业务解决方案公司		√		√	√	√	√
ANSYS	全球工程仿真软件领导厂商之一，并推出基于物联网的仿真解决方案	√						



目录 Contents

工业软件投资机会

巨头的转型与云化

本土工具软件星火燎原

新基建助力工业互联网

