

工业互联网平台与智能制造

——工业软件的解构与重构

赵敏

走向智能研究院

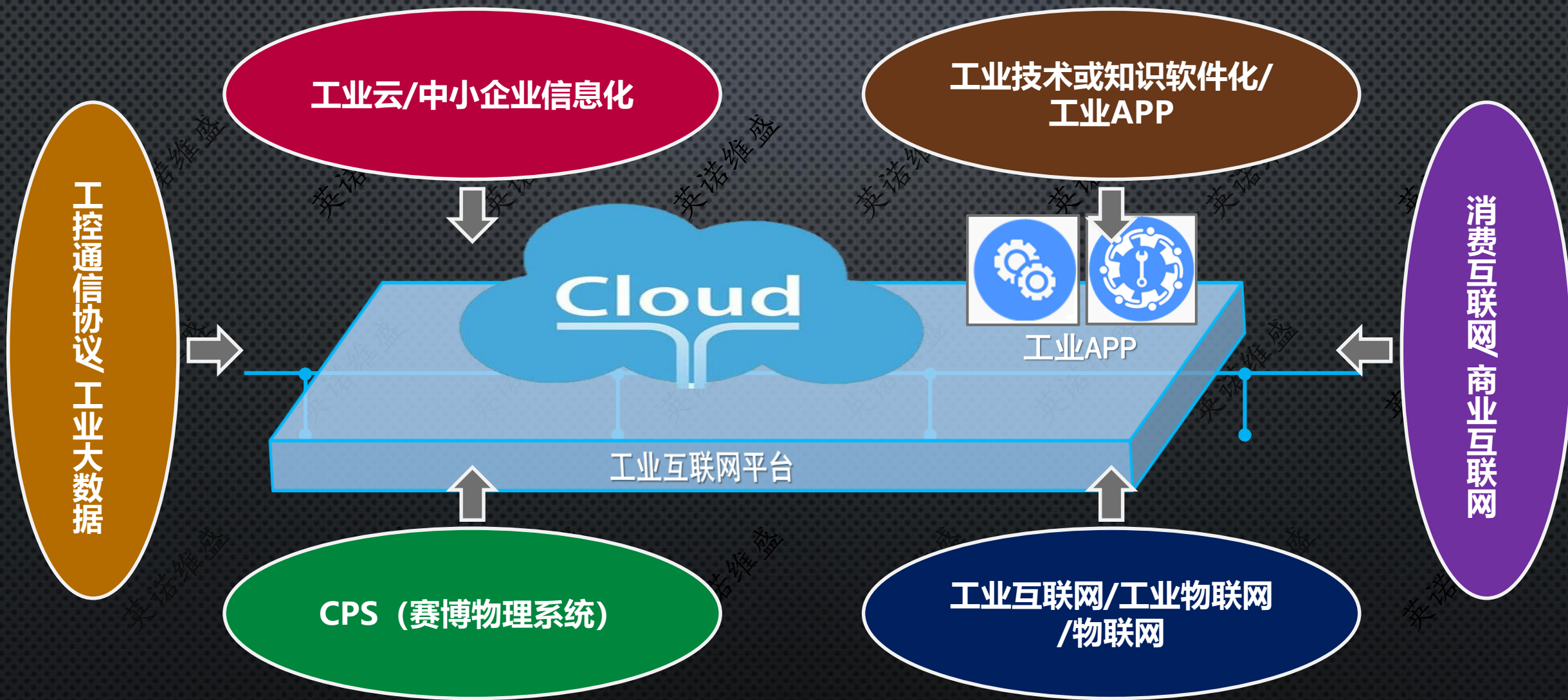
英诺维盛(北京)新技术发展有限公司

2018年3月28日

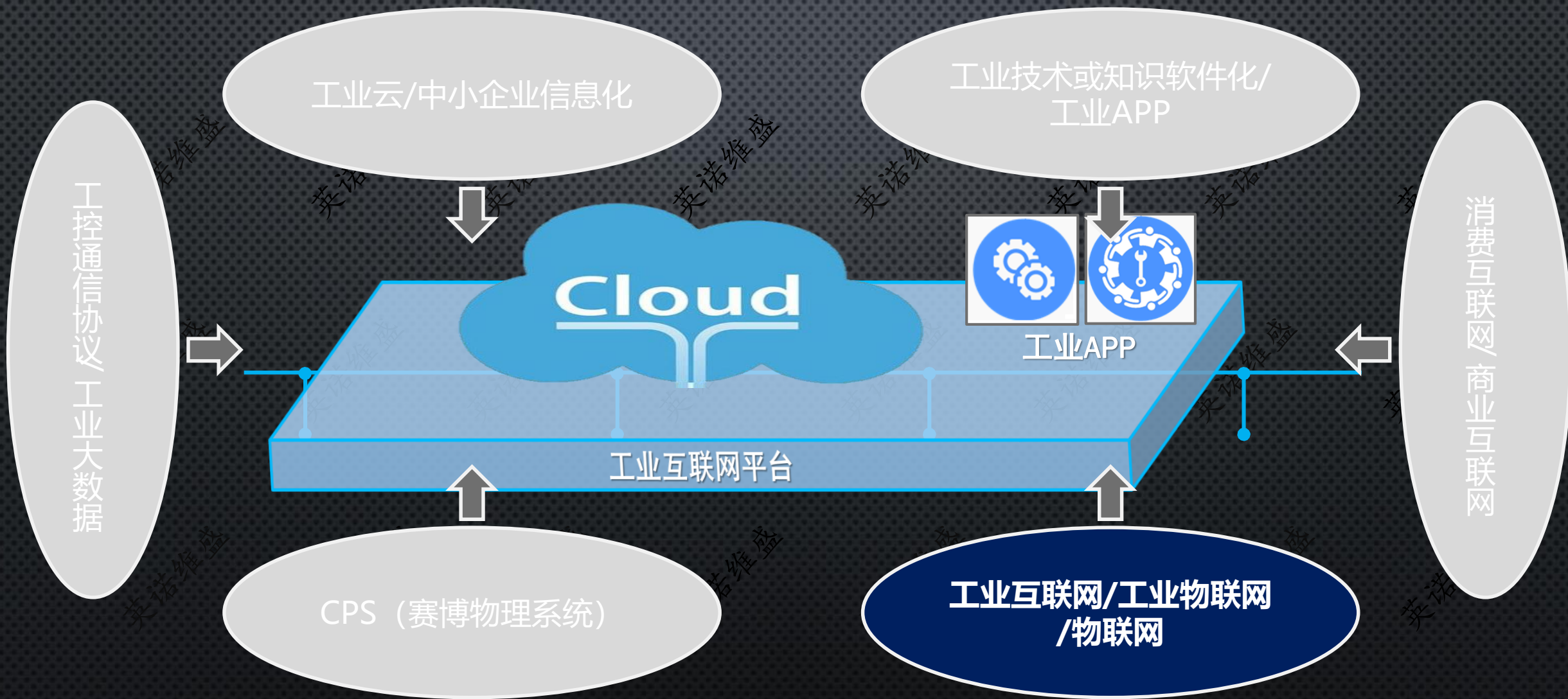
既有要素构成全新模式

- 从去年11月到现在，仅仅几个月的时间，工业互联网以及工业互联网平台在国内突然喷发，以势不可挡之力快速发展。
- 工业互联网平台是一个以前从未出现的新生事物，有着丰富的组成、新颖的架构和看得见、看不见的新属性。
- 工业互联网平台不是凭空诞生的。尽管它很新颖，但是它是由既有的技术基础、新颖的组合理念和创新的系统架构所构成的。
- 工业互联网平台的关键组成部分，可以用六类已知要素来表示，而这六类已知要素，都是构成智能制造的要素。

工业互联网平台的六个基本内容



工业互联网平台的六个基本内容



工业互联网缘起

- 物联网的概念现在通常认为是由KEVIN ASHTON在1999年互联网的高峰期的最早提出的
 - ASHTON与SANJAY SARMA和DAVID BROCK在麻省理工学院自动识别中心，通过RFID标签将物件联接到互联网上，他对宝洁高管做演讲时，把通过RFID标签将物件联接到互联网技术称之为INTERNET OF THINGS (IoT)
- “物联网（IoT）”概念由此诞生
- 2014年，世界经济论坛与工业互联网联盟（IIC）和埃森哲合作，做了一个工业互联网研究项目，给出了工业互联网的定义

工业互联网定义

- 研究项目名为：“工业互联网：释放互联产品和服务的潜力”

- “INDUSTRIAL INTERNET: A SHORT-HAND FOR THE INDUSTRIAL APPLICATIONS OF IOT, ALSO KNOWN AS THE INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS, OR IIOT”

- “工业互联网：IoT工业应用的简称，也称为工业物联网或IIoT”

- 在具体书写上：

Dubbed the Industrial Internet (of Things), this latest wave of technological change

will I wristband activity trackers. However, it is the IoT's industrial applications, or the Industrial Internet", which may ultimately dwarf the consumer side in potential business and socioeconomic impacts. The Industrial Internet will transform many

术语澄清

- 词组：INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS
- 如使用前半段词组简称：“INDUSTRIAL INTERNET”，直译就是“工业互联网”
- 如使用全称：“INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS”，翻译结果是“工业物联网”
- 按照WEF的研究报告，“工业互联网”与“工业物联网”应该原本出于同一英文词组，推测是因为翻译过程中的“简”“全”不同而产生了两个相近意思的中文术语

工业互联网发展的四个阶段

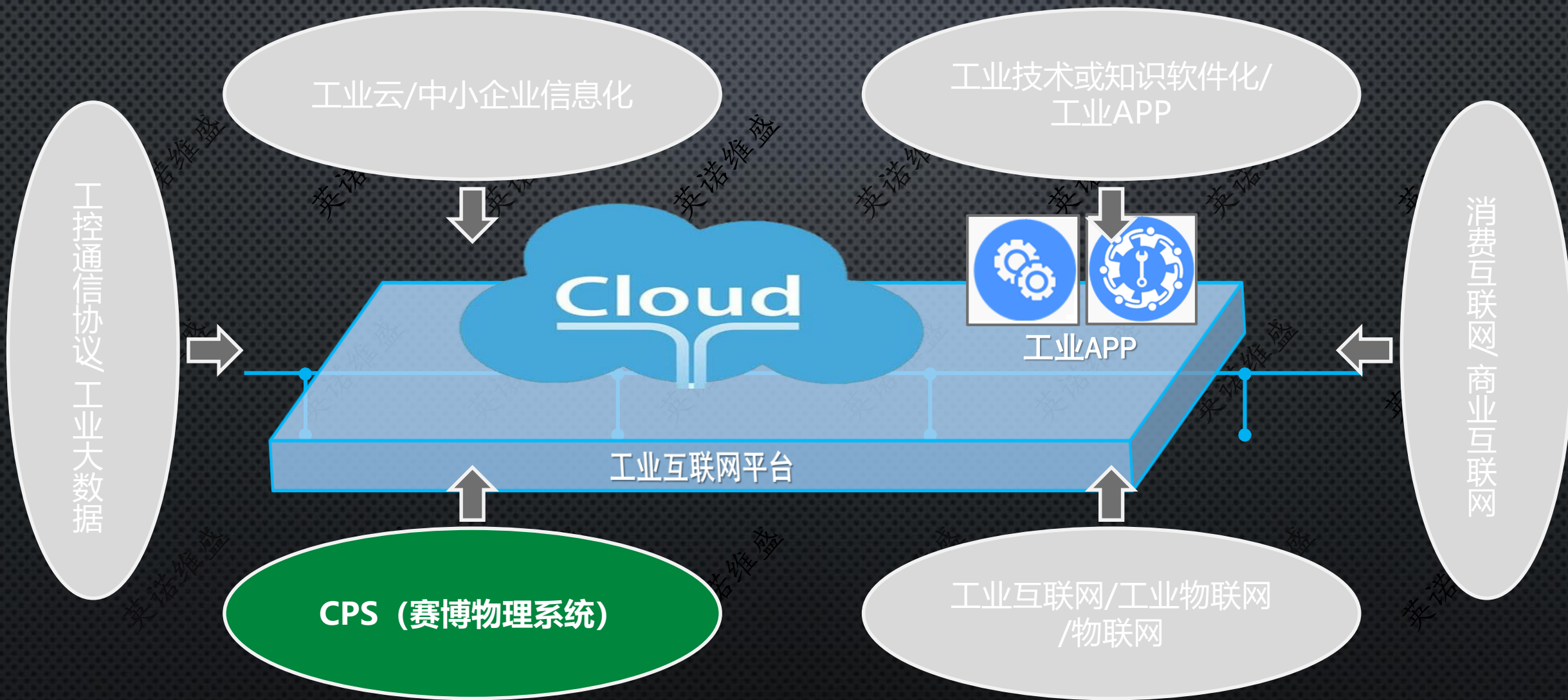
到2030年，工业互联网可为全球经济增加
\$14万亿美元。 - Source: Accenture Analysis , 2014

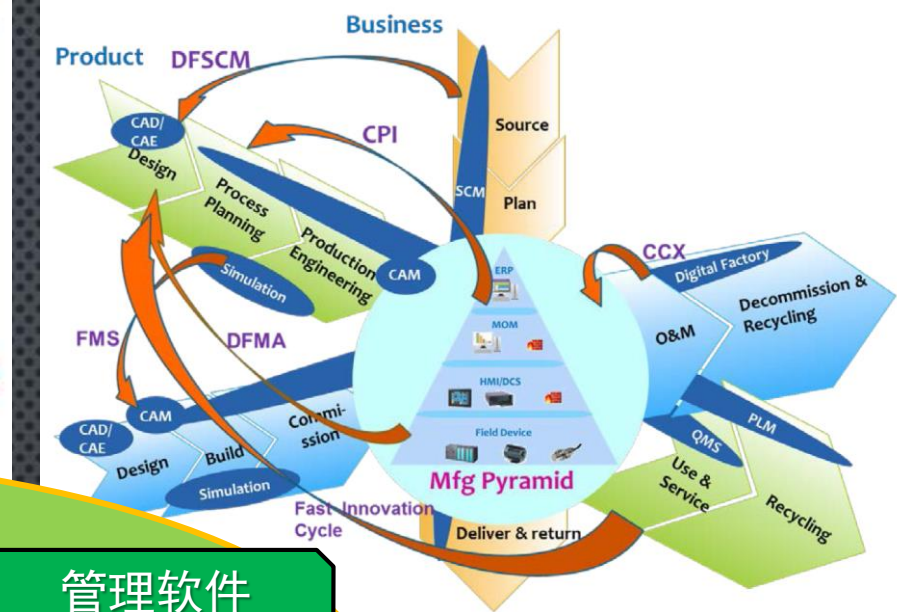
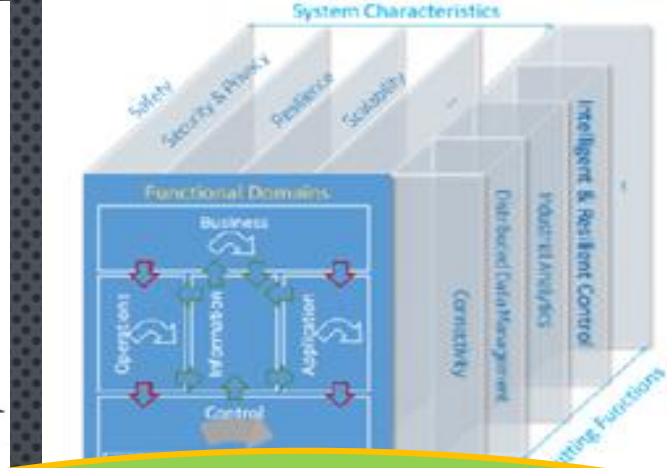
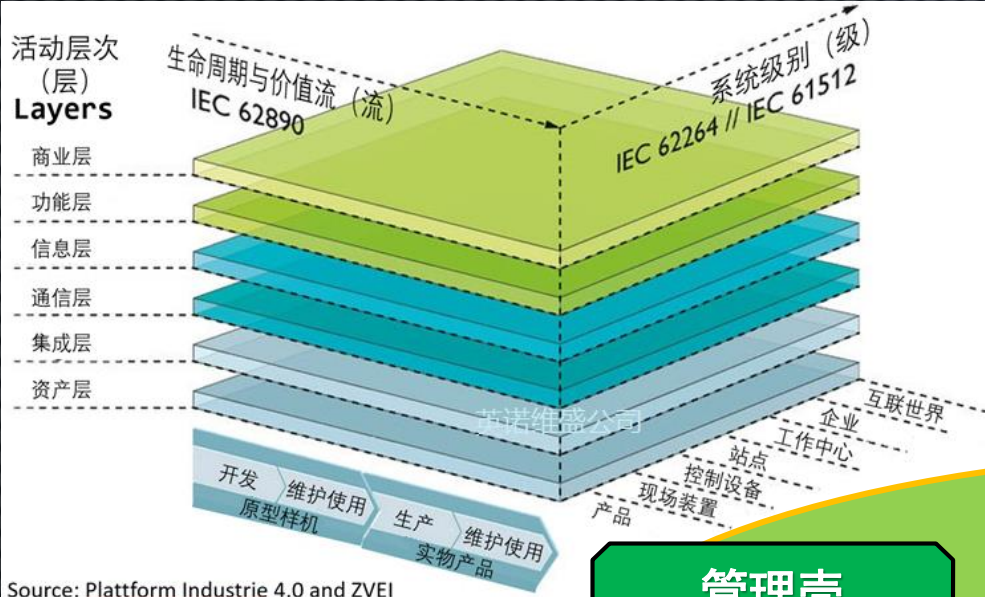


“结果经济”的利益驱动

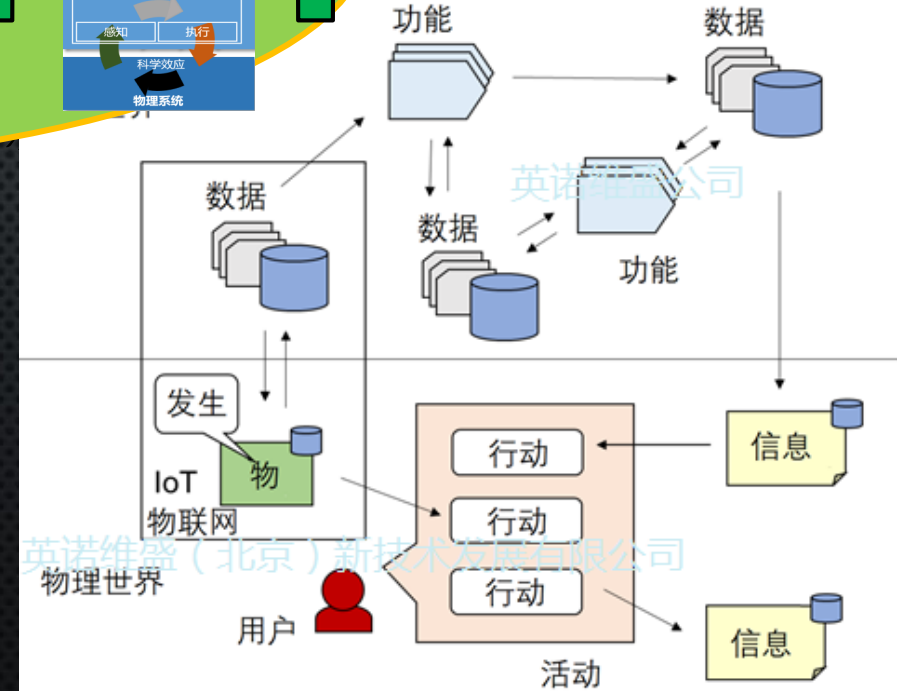
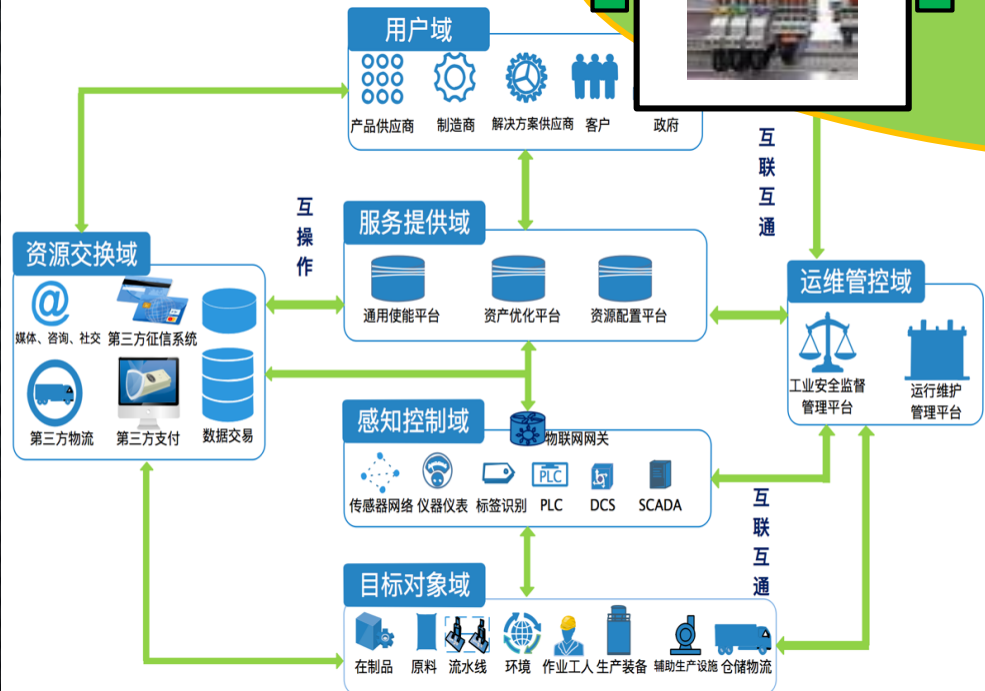
- 激烈的市场竞争以及对确定性的追求，使客户不再接受生产厂商像以往那样卖产品或服务，而是要求为客户提供量化结果
 - 如确切的节能数量、谷物产量或机器正常运行时间
- 企业必须改变原有的商业模式
 - 简单地认为企业要转型到“服务型企业”是难以奏效的
- 为客户提供量化结果，意味着需要卖家承担更大的风险，而管理这些风险，需要自动量化能力，而工业互联网可以提供这种能力

工业互联网平台的六个基本内容



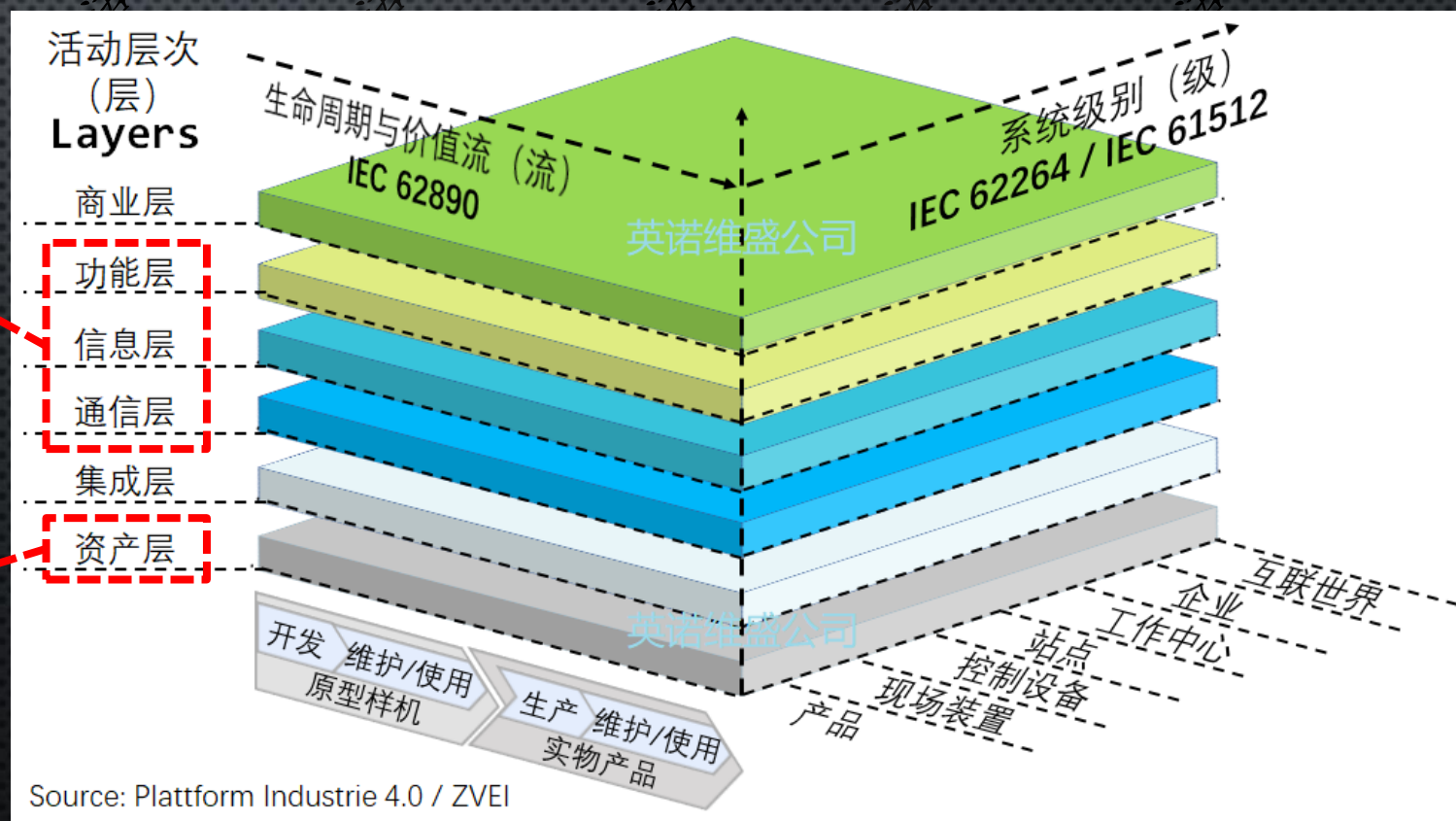
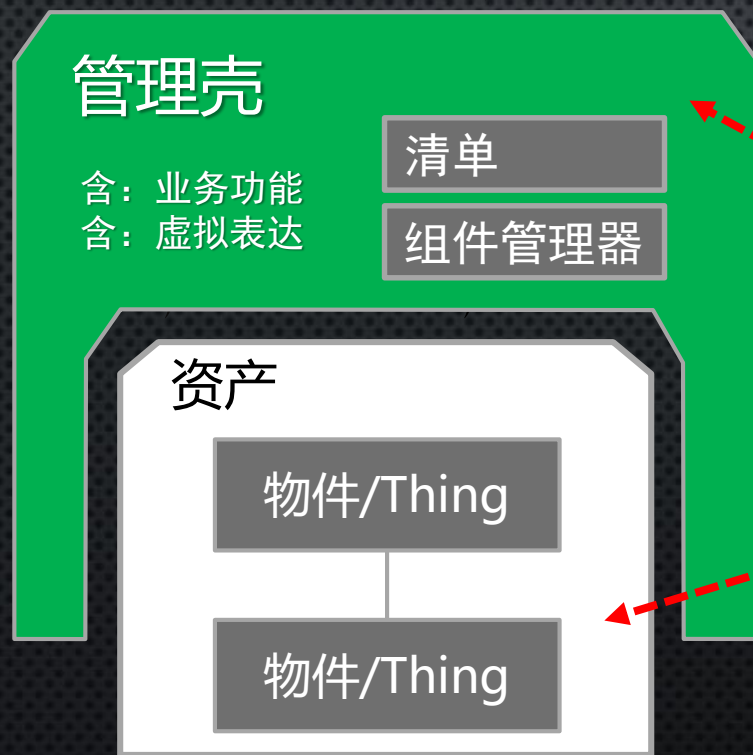


管理壳 最大公约数? 管理软件



工业4.0参考架构模型 (RAMI 4.0)

- RAMI 4.0中的通信层、信息层、功能层，构成了“管理壳”
 - 提供服务架构的管理软件

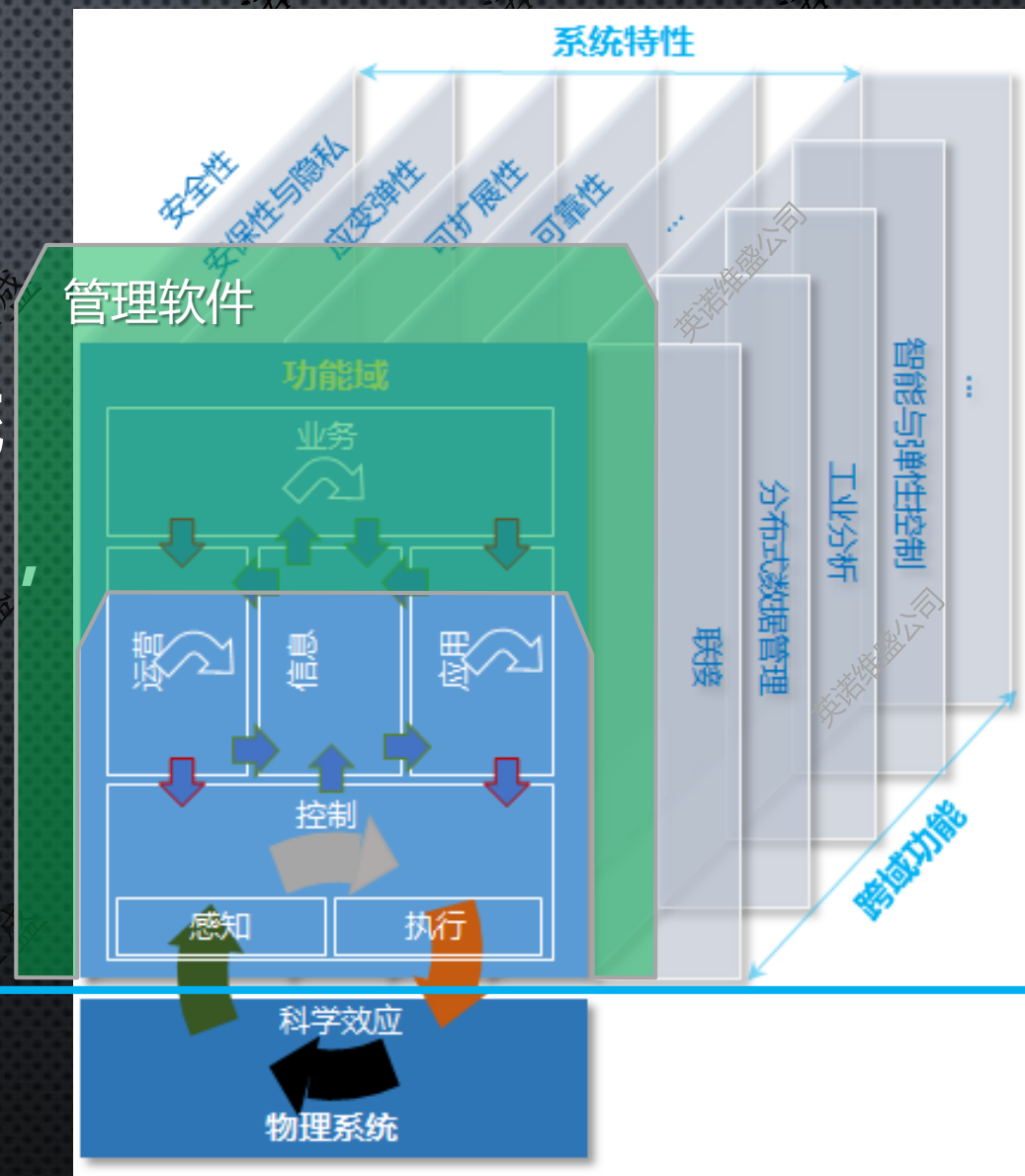


Source: Plattform Industrie 4.0 / ZVEI

工业互联网参考架构（IIRA）

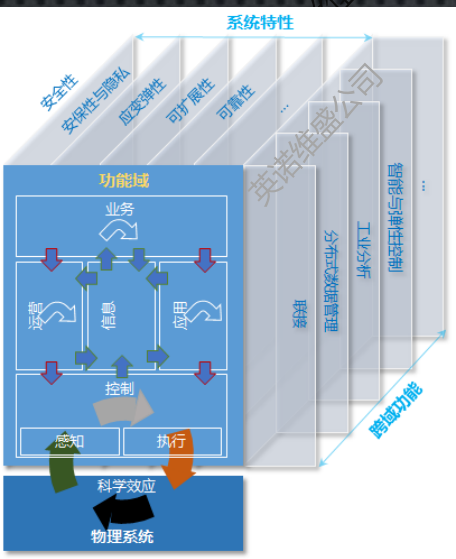
- IIRA解决了对跨行业IIoT的广泛关注，强调跨行业的通用性和互操作性
- 适用于建立、部署和操作大型联接系统
- IIRA也聚焦功能，特别是“跨域功能”这一点上与RAMI 4.0非常一致
- IIRA和RAMI4.0的创建都是为了实现物理世界和数字世界的融合，都以CPS为实现前提

典型的CPS

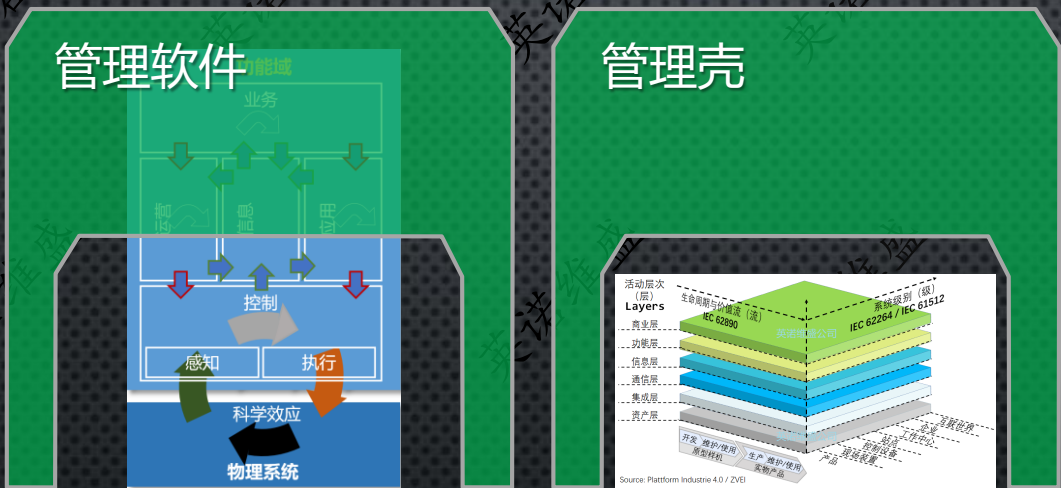
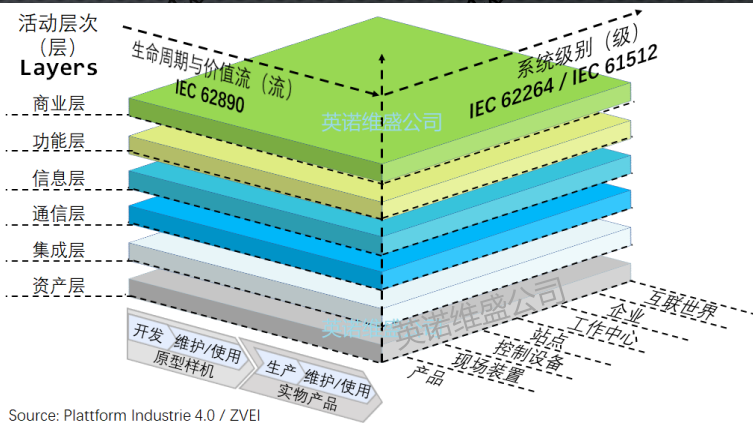


工业互联网参考架构 对接 工业4.0参考架构模型

IIRA

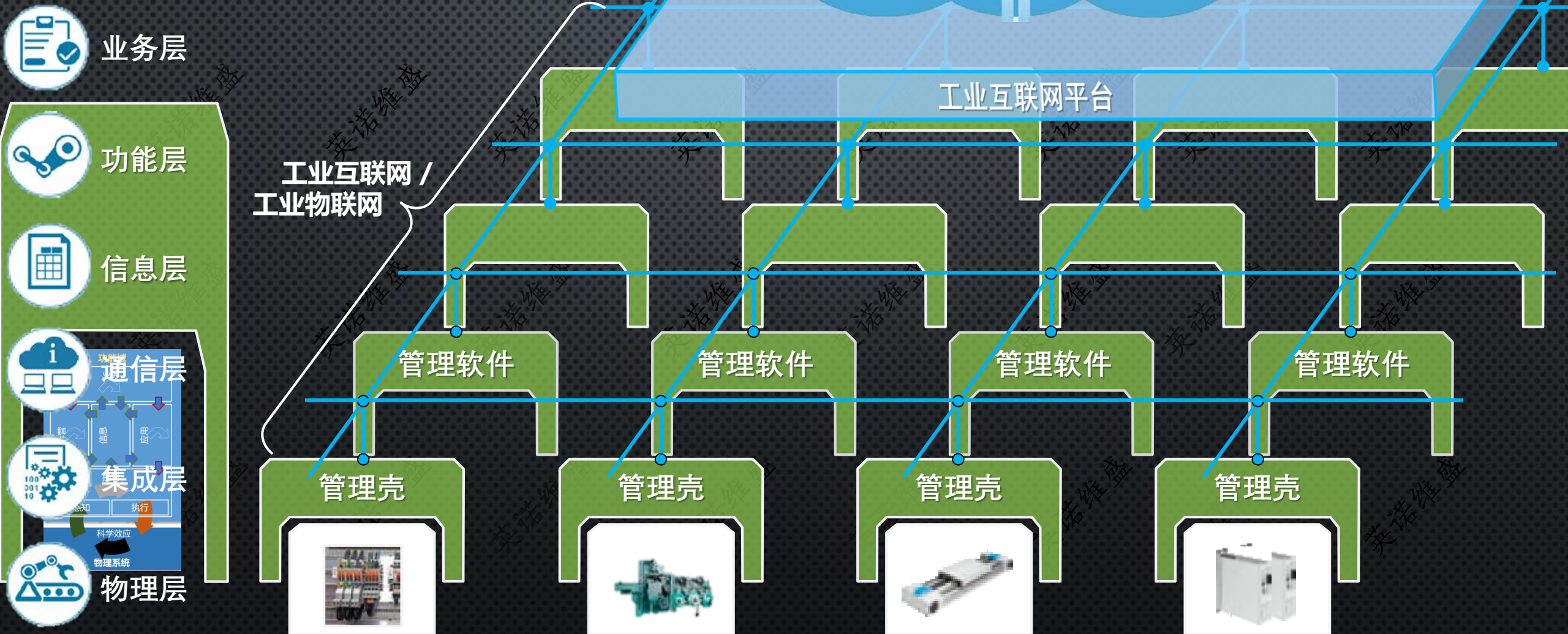


RAMI 4.0



典型的CPS

CPS与工业互联网平台



工业互联网平台的六个基本内容



网络是构建工业互联网平台的基础

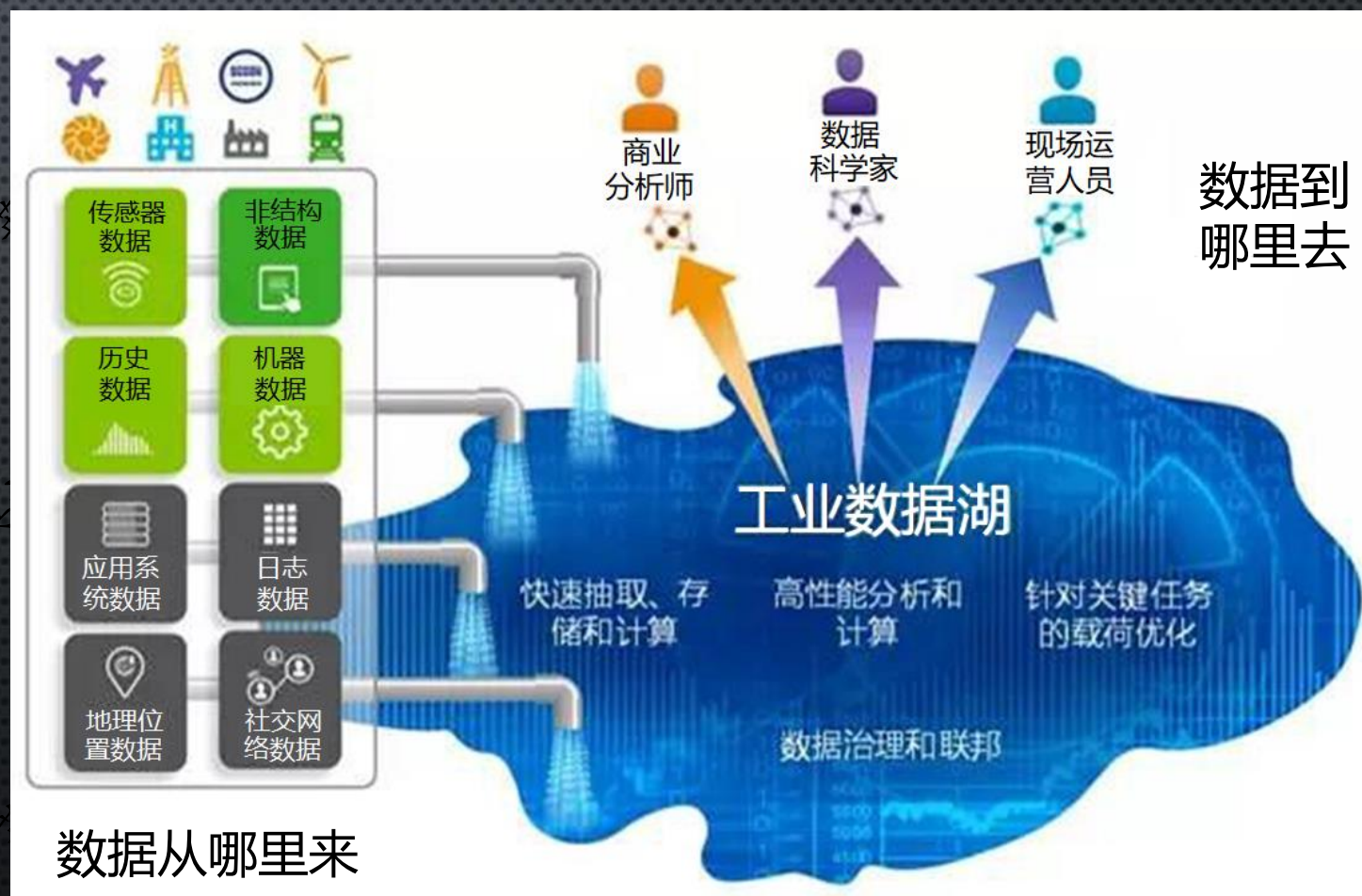
- 工业互联网平台，离不开低延时、高可靠、广覆盖、合标准的网络基础设施
- 与高度开放的消费互联网不同，基于工厂内网协议而发展起来的工业互联网，有着众多的联网协议标准而且网络本身相对封闭，这已经成为制约网络之间端到端实现工业数据互联、互通、互操作的瓶颈与障碍

机床设备联网需考虑的问题

- 工业互联网最大特点就是联接各种工业设备，保持良好人机交互
- 理论和技术上常见设备都能联接，但是实践中阻力较大。企业自己缺乏动力，不愿意去联接
 - 1、因网络协议太多而不愿意联，技术开发有困难
 - 2、因机床数量太少而不愿意联，单独开发效益上不合算
 - 3、因安全和保密要求而不愿意联，担心黑客攻击、震网病毒等问题
 - 4、忌讳让别人或竞争对手看到自己的数据而不愿意联

来自人、机、物的各种数据（大数据）

- 联通人、机、物，大量数据聚集，形成数据湖
- 工业数据湖是一个巨大、动态存储各种工业数据的专用信息空间，无论系统是否与外部联接或获取新数据，它都可以自己对已有数据进行分析计算
- 可以优化、缓冲数据负载

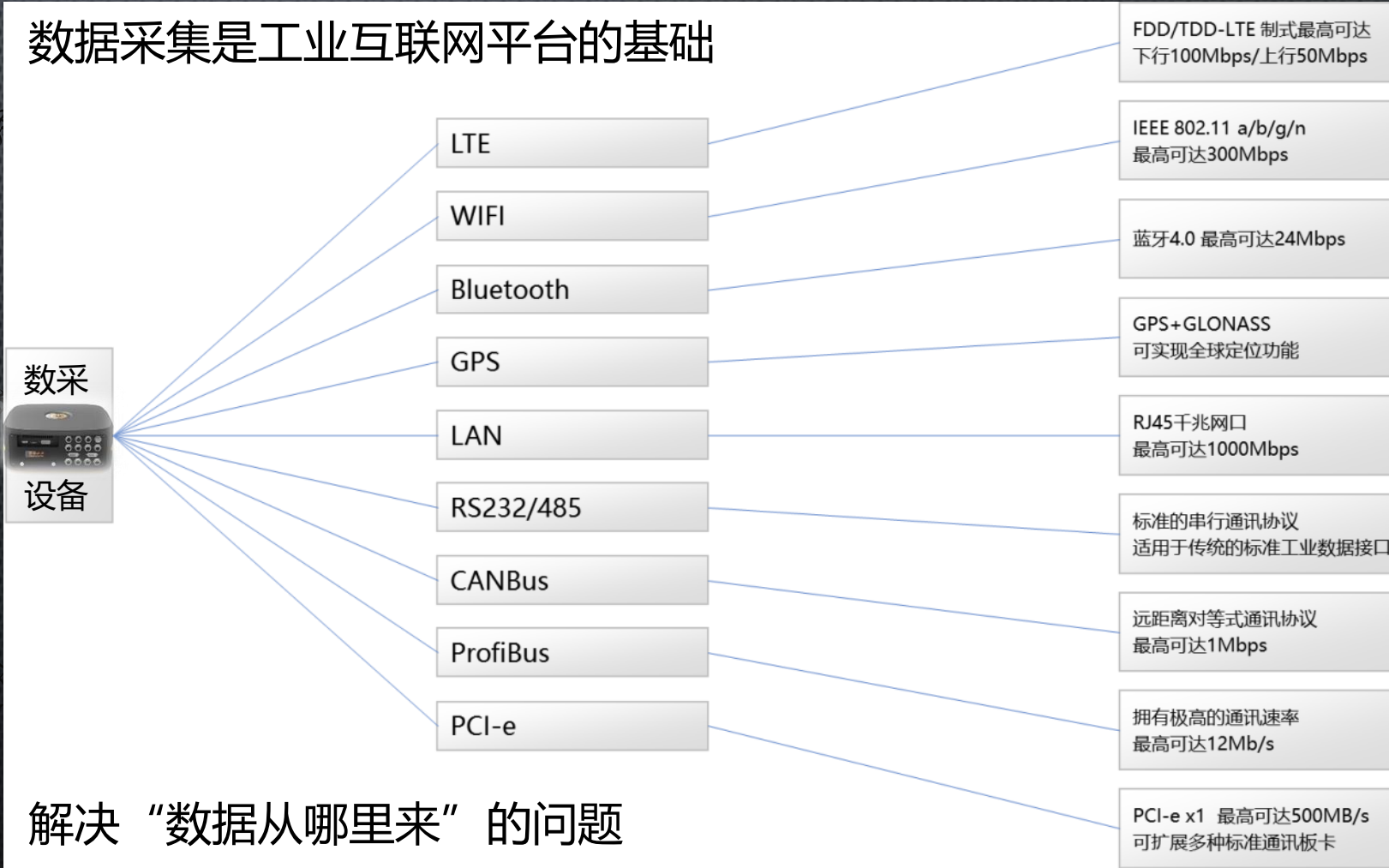


工业大数据

- 谁掌握了制造业研发、生产和运营数据，谁就掌握了制造业的未来，谁就能开发出更符合企业需求的工业互联网平台
- 对采集、获取到的大数据进行清洗、管理、分析、建模，洞悉大数据中蕴含的产品或设备运行的规律性
- 有时间标签的、经过清洗的大数据，是制造过程应用AI的坚实基础，是以大数据智能方式，实现“新一代智能制造”的途径
- 做好大数据的“采、管、用”，真正让数据贯通制造全过程
 - 绝大多数情况下，企业有了海量数据，但是没有数据贯通

机床设备联网协议及数据采集

- 常见工业控制通信协议有CANBUS、MODBUS、LAN、PROFIBUS等
- 数据采集需要解决压缩、计算、清洗等数据处理问题
- “一盒采百机”



工业互联网平台的六个基本内容



“此互联网”与“彼互联网”之异同

- 人人都说“互联网”，背后含义不一样
- 从互联要素来看，世界上的“互联网”有很多种
 - 物质、能量、信息、知识、人际关系、意识等，都可能组成某种“互联网”，大家在谈论互联网时，最好明确自己在说哪张网
- 工业互联网姓“工”，是机器设备之间的联接，难点在工控协议
- 消费互联网姓“网”，是电脑及使用者的联接，成熟且分布广泛
- 二者常有交集，混合使用。场景不同，主角不同

工业互联网与消费互联网区别

- 基础不同：

- 消费互联网联接的是“数字化原住民（电脑、手机、平板、服务器等）”
- 工业互联网联接的是“数字化移民”，即可以迁移到互联网而成为网络终端的人、机、物

- 响应不同：

- 消费互联网无需毫秒级的实时响应，适度延迟不影响使用结果
- 工业互联网需要毫秒或百纳秒级的实时响应，需要时间敏感网络TSN

工业互联网与消费互联网区别

- 联接量级不同：

- 消费互联网联接十几亿或几十亿消费人群和电脑设备
- 工业互联网联接几百亿设备

- PTC预测2020年IoT设备接入量为500亿；GARTNER预计2020年IoT设备联网量为260亿；DHL和思科预测2020年IoT设备联接数为500亿；

- 属性不同：

- 绝大多数电脑、手机等，只具备个人属性，而绝大多数的机器具备单位的属性，是国有、公有、集体的
- 消费互联网统一标准协议，开放网络，工互网是不兼容协议、封闭网络

工业互联网与消费互联网区别

- 场景不同：

- 试图以一种领域场景去直接套用另一种领域经验，是难以奏效的

- 心态不同：

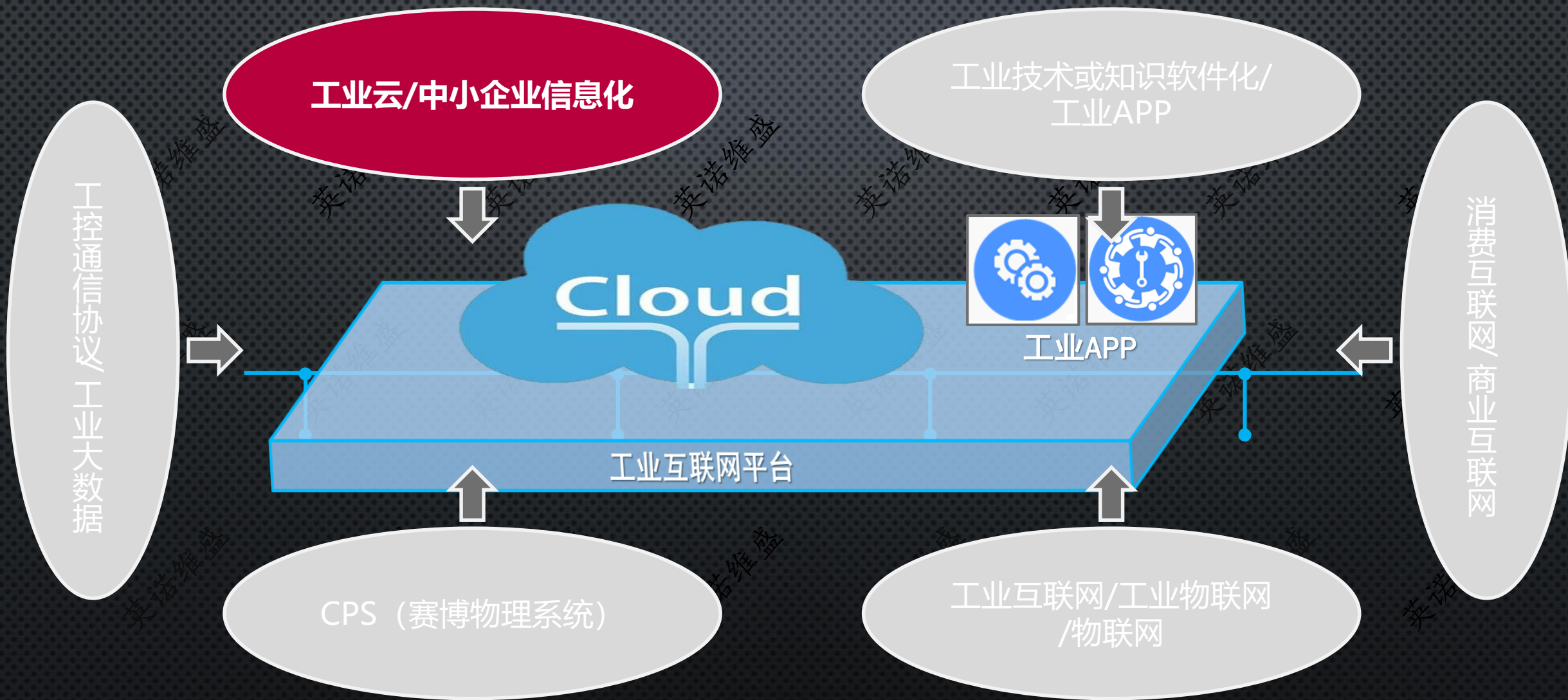
- 在消费互联网用户群体，人们愿意尝试新事物，拥抱变化
- 在工业互联网用户群体，人们趋于保守，驻足观望，想变又担心变化

- 两个领域两回事，认识上不可混同，但是可以相互跨界，可以相互借鉴经验

消费互联网与工业互联网组合应用场景

- 消费互联网/商业互联网以及相关的ICT技术，正在快速融入制造业产品研发、生产与服务领域
 - “联接两头”：在产品生命周期价值链中，上游联接客户/消费者对产品的需求，将需求转为研发输入，下游联接产品销售、物流及服务信息，消除“产品孤儿”
 - “辅助中间”：异地的生产设备之间，或者异地物理设备与数字孪生设备之间，往往用现有的电信网络（如宽带、4G等）来传输数据
- 而在工厂内部的设备联接中，消费互联网难有用武之地

工业互联网平台的六个基本内容



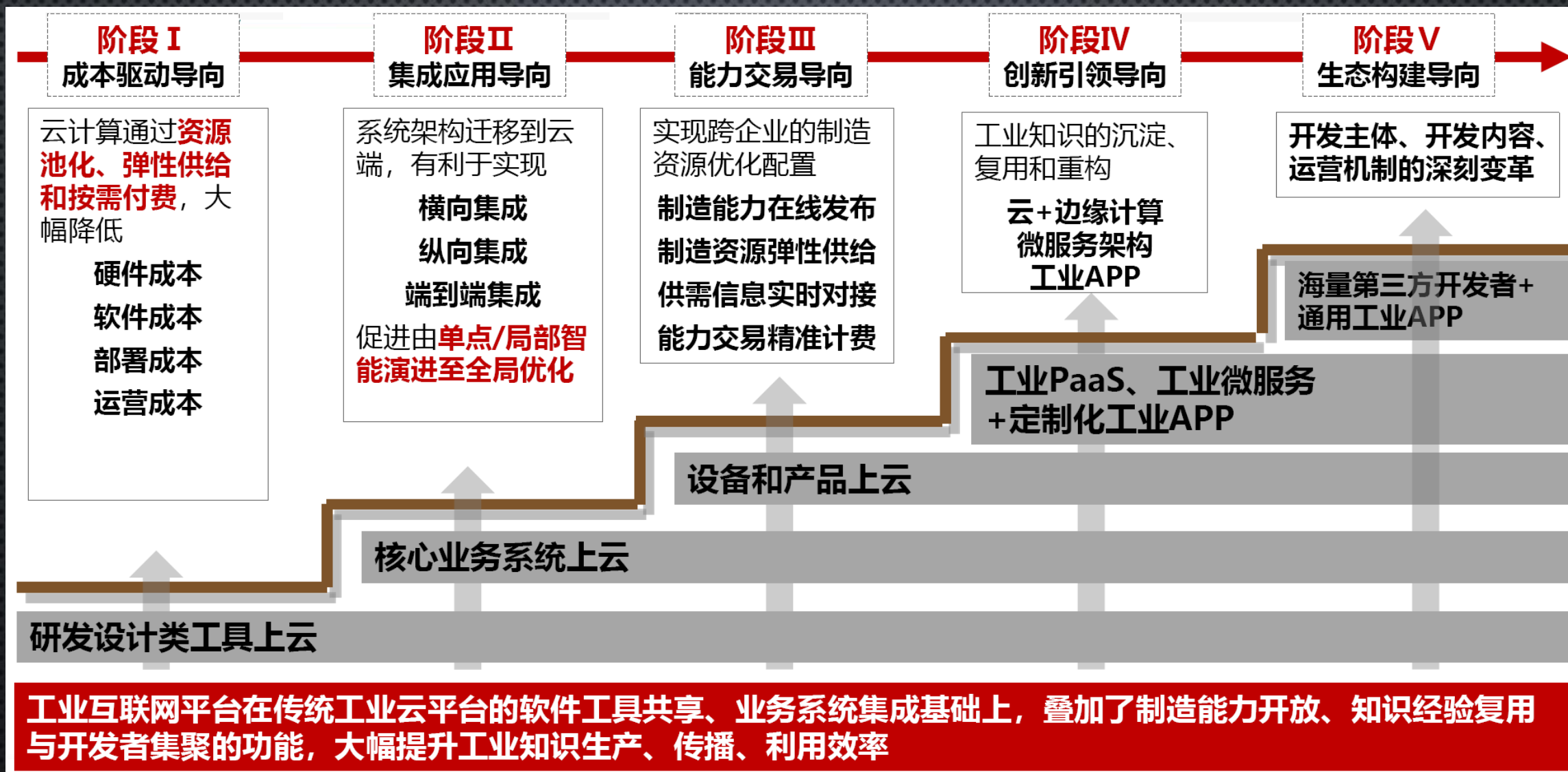
工业云

- “工业云”是为中小企业提供购买或租赁信息化产品服务，整合了CAD、CAE、CAM、CAPP、PDM、PLM一体化产品设计以及产品生产流程管理，并利用高性能计算技术，虚拟现实以及仿真应用技术，提供多层次的云应用信息化产品服务
- 工业云为中小企业提供了一种全新的基于互联网的运行环境
 - 不限时空，弹性服务，按需获取工具和资源
 - 以租代买，按用付款，大幅降低企业信息化应用的门槛和成本
 - 众筹众创，网络分享，支持海量设计结果
 - 支持多客户端互操作，实现企业内、外部相互联接

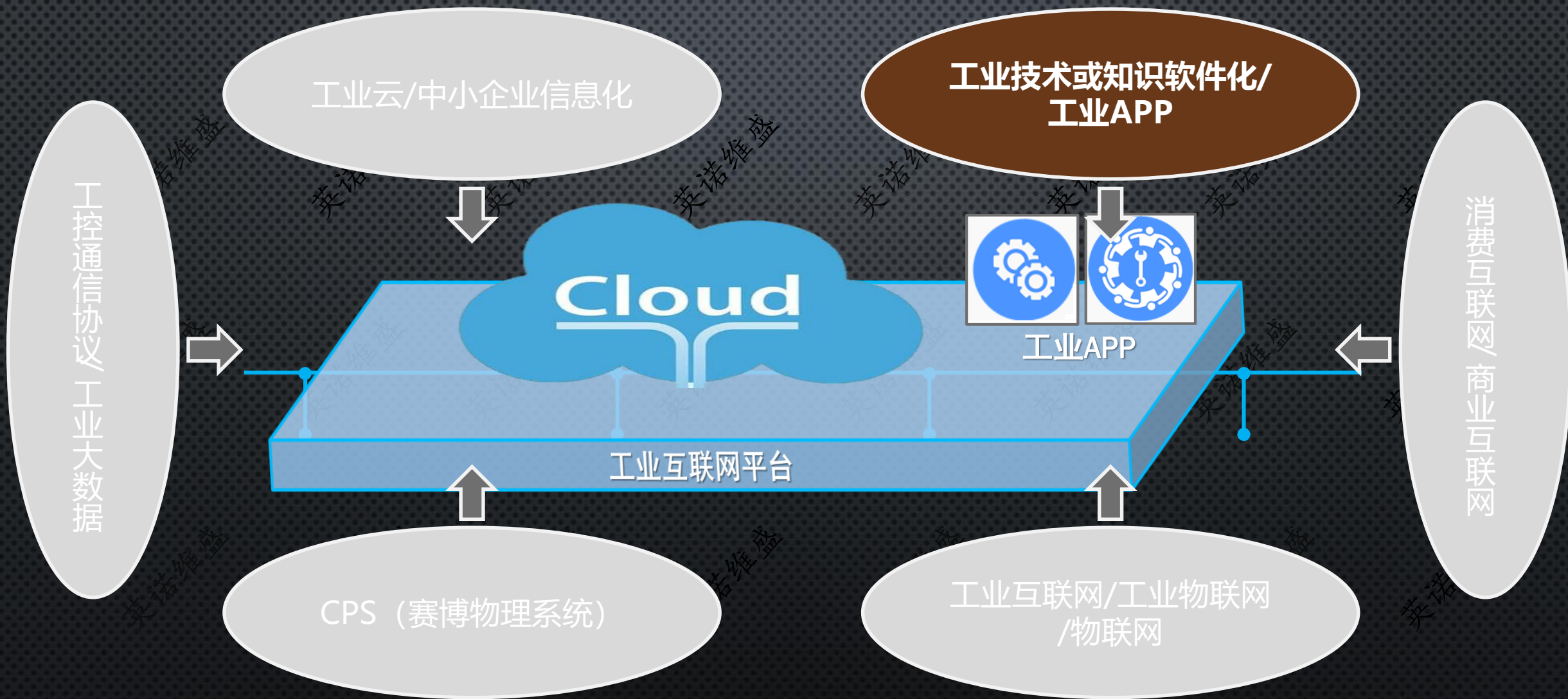
云平台所必备的内容

- **内容：**提供云资源、云软件、云产品、云服务等模块
- **手段：**提供支持企业研发设计、产品营销、售后服务等在产品生命周期创新过程所需的多种工具和服务
- **益处：**帮助企业解决上述过程中所遇到的信息化成本高、研发效率低下、产品设计周期较长等多方面问题
- **发展：**由于具有基于互联网的特性，因此工业云天生具有植入工业互联网的基因，经过不断迭代发展，成为了工业互联网平台的一部分

从工业云进化到工业互联网平台的五个阶段



工业互联网平台的六个基本内容



工业软件

- 大体有两类： 嵌入式软件和非嵌入式软件
 - 产品本身数字化：嵌入式软件是嵌入在控制器、通信、传感装置之中的采集、控制、通信等软件
 - 研发手段数字化：非嵌入式软件是装在 通用计算机或者工业控制计算机之中的设计、编程、工艺、监控、管理等软件
- 工业软件也可以细分为8类
 - 1、研发工具类；
 - 2、生产控制类；
 - 3、运营管理类；
 - 4、嵌入产品类
 - 5、工业互联网类；
 - 6、环境安全类；
 - 7、人工智能类；
 - 8、标准体系架构类

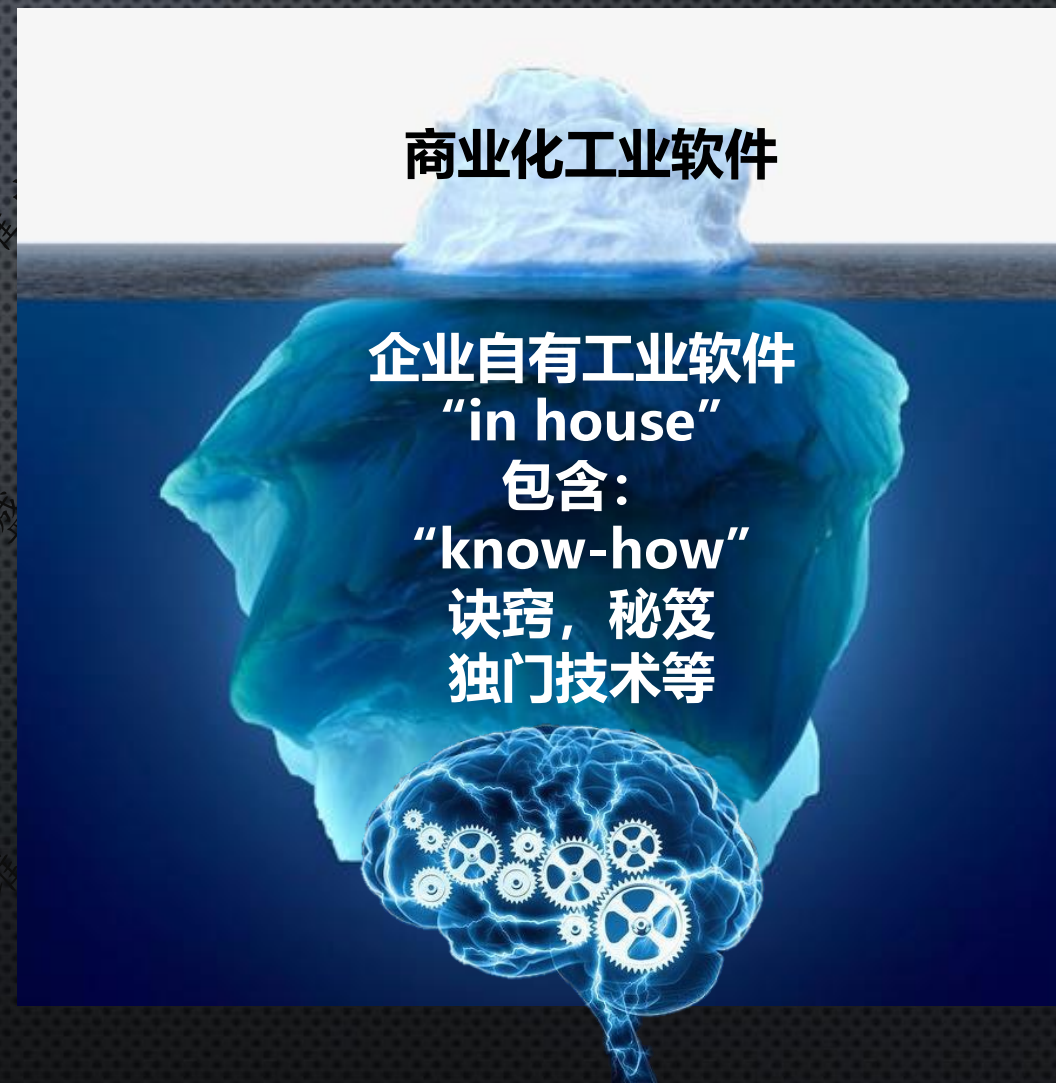
工业技术软件化

- 工业技术、工艺经验、制造知识和方法的显性化、数字化和系统化的过程
- 其成熟度直接代表了一个国家工业化能力和水平。这是一种典型的人类使用知识和机器使用知识的技术泛在化过程
- “工业技术的软件化，是中国制造业走向强国的必由之路，而实现工业互联网和工业云，是我们搭建平台，实现全球共融和推动产业发展的重要基础。”

— 中国科协党组书记 怀进鹏院士

工业技术软件化

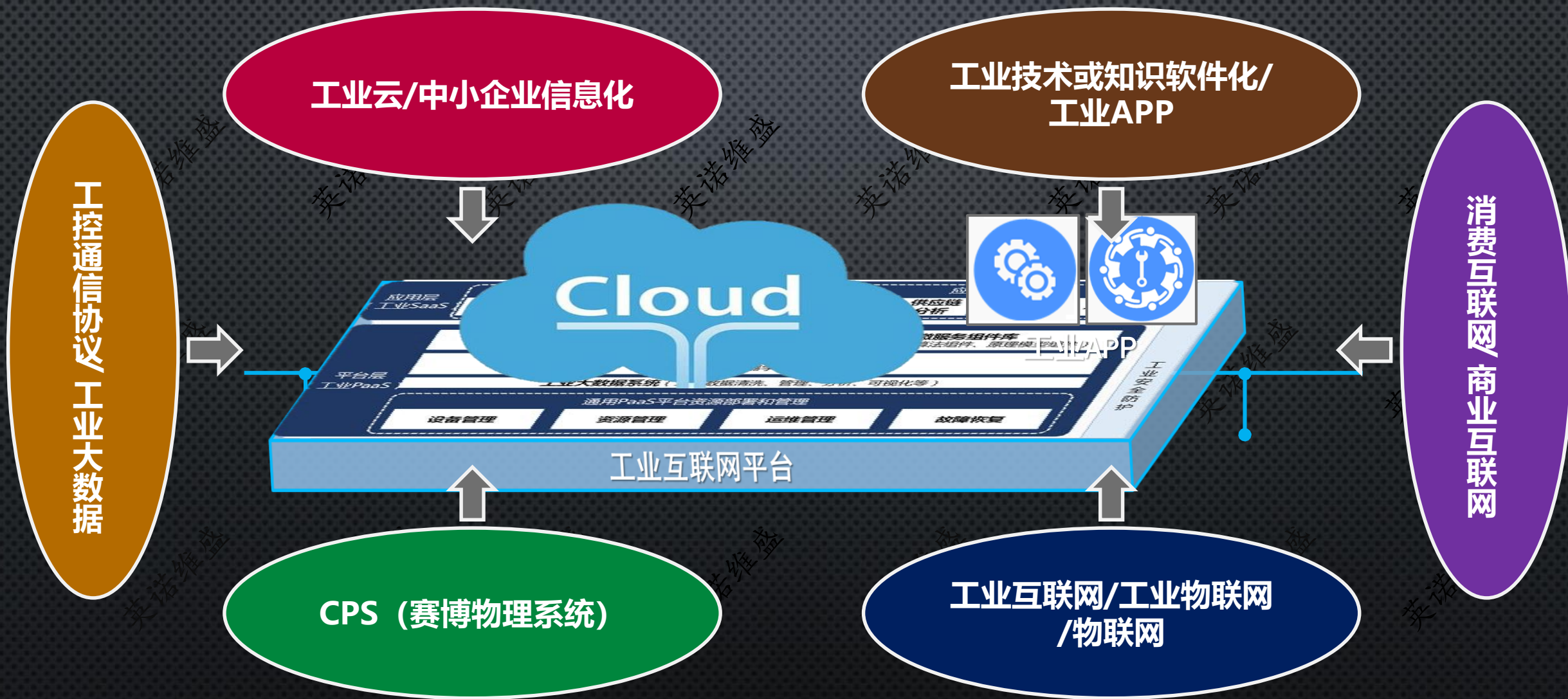
- 波音777是世界首架全数字化飞机，全机在产品研发中全流程使用了近8000种各类工业软件
- “波音公司讲出来的只是CAD、CAE和PDM等通用技术，但是当我们大量引进CAD、CAE、PDM这些技术后才发现，没有背后那七千多种包含工业技术的软件，我们根本达不到波音公司的飞机研制水平”



对工业软件的认识

- 工业软件首先是一个工业产品，而且是高端工业产品。这是中国制造2025主要的难点，而工业界对这一点的认识，还极其不充分。
- 工业软件并不仅仅是软件，而是一门集工业知识与“KNOW-HOW”大成于一身的专业学问。只学过计算机软件的工程师，是设计不出先进的工业软件的。
- 工业软件是工业装备中的软装备，没有软装备的支撑，就不可能有“数字化、网络化、智能化”，如果抽掉软件，改革开放40年以来信息化的一切成果都不复存在！

工业互联网平台



工业互联网平台

工业云/中小企业信息化

工业技术或知识软件化/
工业APP

工控通信协议、工业大数据

消费互联网、商业互联网

CPS (赛博物理系统)

工业互联网/工业物联网
/物联网



工业互联网平台的“四个定位”

- 工业互联网平台，本质上是一个面向云应用的软件平台
- “四个定位”
 - 第一，工业互联网平台是传统工业云平台的迭代升级
 - 第二，工业互联网平台是新工业体系的“操作系统”
 - 第三，工业互联网平台是资源集聚共享的有效载体
 - 第四，工业互联网平台是打造制造企业竞争新优势的关键抓手
- 全新的工业软件架构



工业互联网平台是一个服务平台

- 服务，是工业互联网平台的基本属性
- XAAS——一切皆服务
 - 在工业互联网平台中，自顶向下，具体表现为，SAAS（软件即服务），PAAS（平台即服务），IAAS（基础设施即服务）
 - 每一层，都以下一层为提供服务的基础
- 软件即服务，此处的软件不是原有的工业软件
- 平台即服务，此处的服务是基于为微系统的微服务

趋势：传统工业软件解构，新型工业服务崛起

- 传统形式的工业软件，尤其是非嵌入式的工业软件，在今后10年将发生巨变
- 原本相对“固化”的工业软件，将打破体系结构，以专业知识为导向，以数字化模型为单位，以工业微系统为载体
 - 工业微服务的特点是可以较好地适应外部变化
- 可以将传统工业软件与未来的工业互联网平台软件在架构上做一个对比

传统软件架构 VS 工业互联网平台软件架构

	传统软件架构	工业互联网平台软件架构
部署方式	本地部署	云端部署
系统层级	ISA95，五层架构	扁平化
软件架构	紧耦合单体架构	微服务架构
开发定位	面向流程或服务的软件系统	面向角色的APP
开发方式	基于单一语言开发	基于PaaS平台多语言开发
系统集成颗粒度	大系统与子系统	微系统与微系统
系统集成技术路线	通过专用接口或中间件集成	基于API调用
系统集成程度	局部集成	全局集成

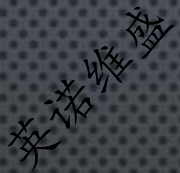
“微服务”的定义

- 微服务架构风格，以实现一组微服务的方式来开发一个独立的应用系统的方法。其中每个小微服务都运行在自己的进程中，一般采用 HTTP 资源 API 这样轻量的机制相互通信。
 - JAMES LEWIS 和 MARTIN FOWLER
- 微服务架构的优势
 - 组件独立，功能独立，关系解耦；部署独立，各自工作，互不干扰；
 - 扩展独立，适应外部变化；更新独立，可单独优化或增加某服务的配置。

工业微服务

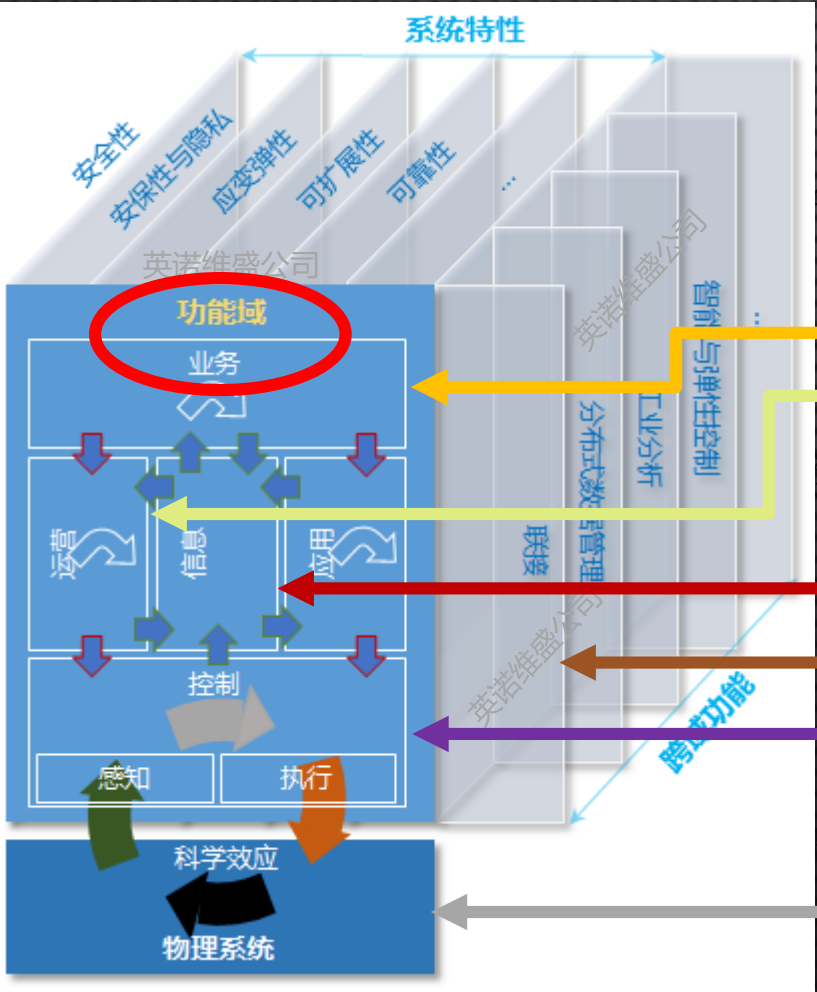
- 沿用微服务架构的内涵，给出工业微服务的定义：
- 将大量工业技术原理、行业知识、基础工艺、模型工具、特定算法等工业知识，进行规则化、软件化、模块化处理，将其封装为可重复使用的组件。
- 好处：门类丰富、容量巨大、高深难懂的工业知识，转变为不需要关心其实现细节、界面标准、易学易懂的工业微服务组件，工业APP的开发者不需要具备专业知识，就可通过调用PAAS平台提供的各类工业微服务，开发出解决专业问题的工业APP

英诺维盛

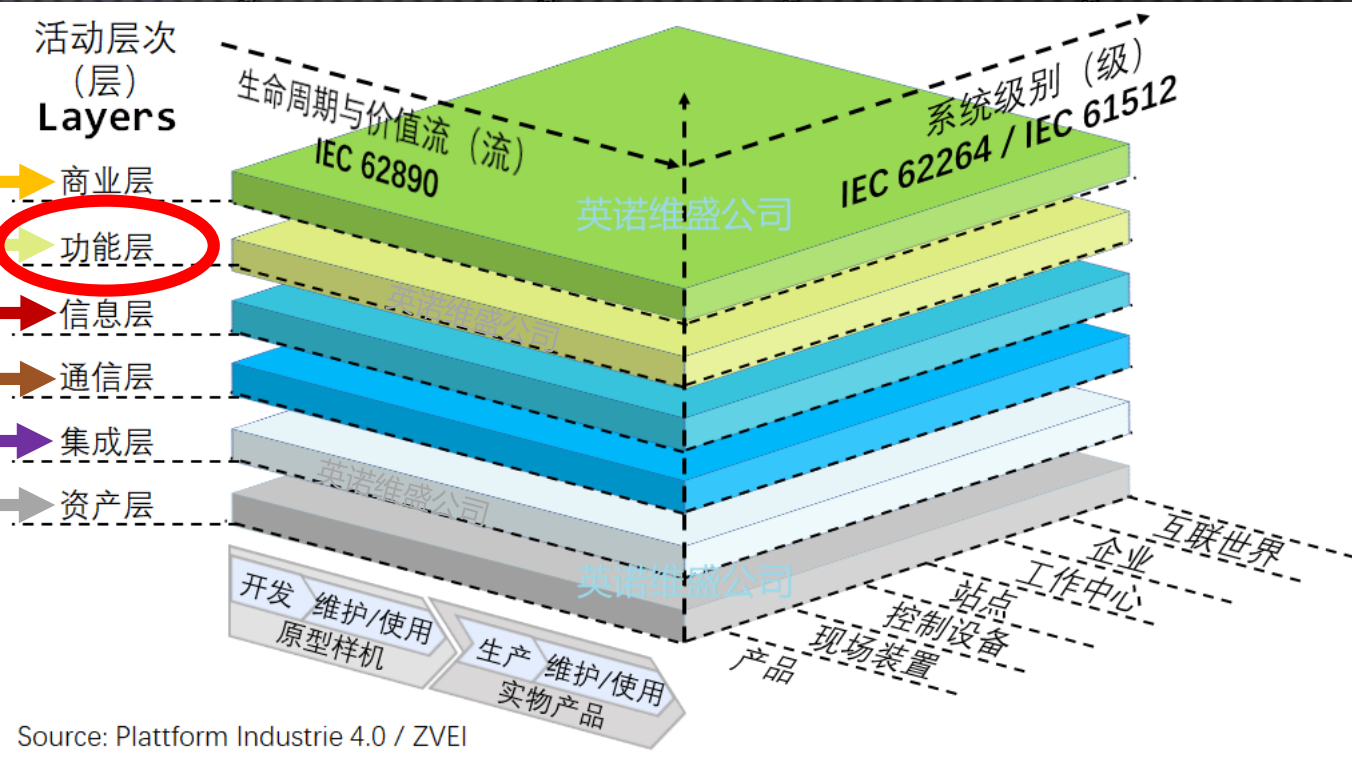


工业互联网参考架构 VS 工业4.0参考架构模型

IIRA



RAMI 4.0

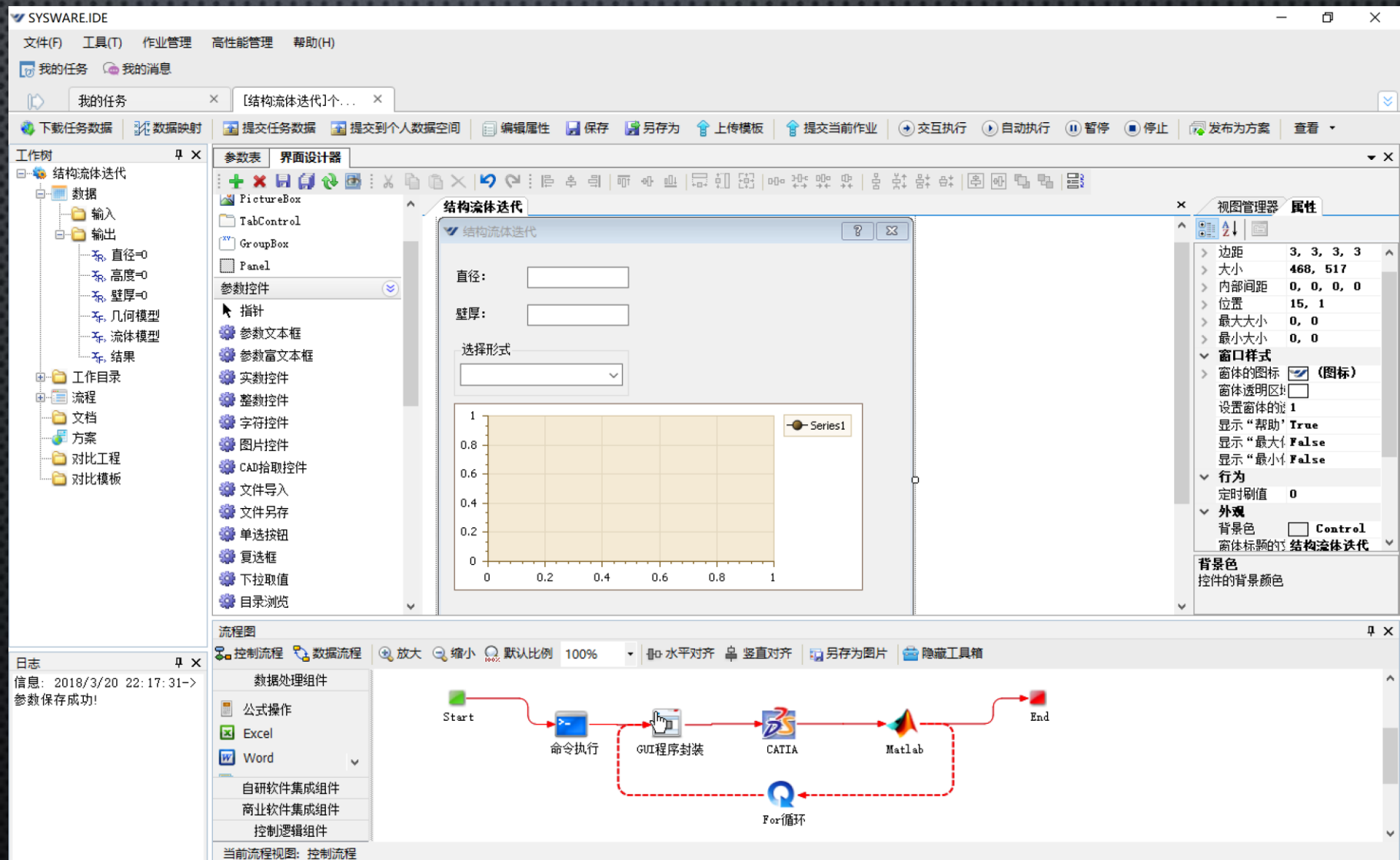


工4.0平台与工业互联网平台，都是“功能导向”

- 无论是IIRA，还是RAMI 4.0，尽管架构维度不同，系统设计的出发点不同，但是，都聚焦于对“功能”的封装
- 封装好的功能（或微服务），都成为了工业APP调用的服务资源
- 工业互联网平台逻辑：传统软件解构-微服务池-调用-工业APP
- 由此，有两件事情就变得非常重要：
 - 工业技术/工业知识的软件化，其前提是工业技术/工业知识的积累
 - 传统架构的工业软件解构与重构

工业APP开发界面：工具软件隐后，工业APP上位

- 从图中下方流程图中可以清晰看出，在给出的GUI界面中，可以封装一个工业APP，而通用工具软件，隐身在APP后面，不直接参与交互



在APP开发界面中，添加各种公式与模型

15综合案例_标准圆柱齿轮传动几何计算

输入参数

α : 21 ° 0

h_a^* : 1.6

α^* : 3

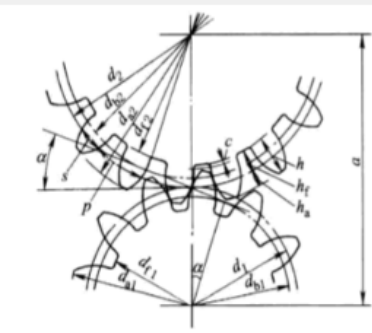
z_1 : 32

z_2 : 41

m : 2

α' : 22

简图



输出参数

d_1 : 64 da_1 : 70.4 da_2 : 88.4

d_2 : 82 df_1 : 45.6 df_2 : 63.6

ha : 3.2 db_1 : -35.05467 db_2 : -44.9138

hf : 9.2 α_{a1} : 2.09201 α_{a2} : 2.10374

ε_α : -20.04526 ε_β : 0 ε_γ : -20.04526

h : 12.4 a : 73

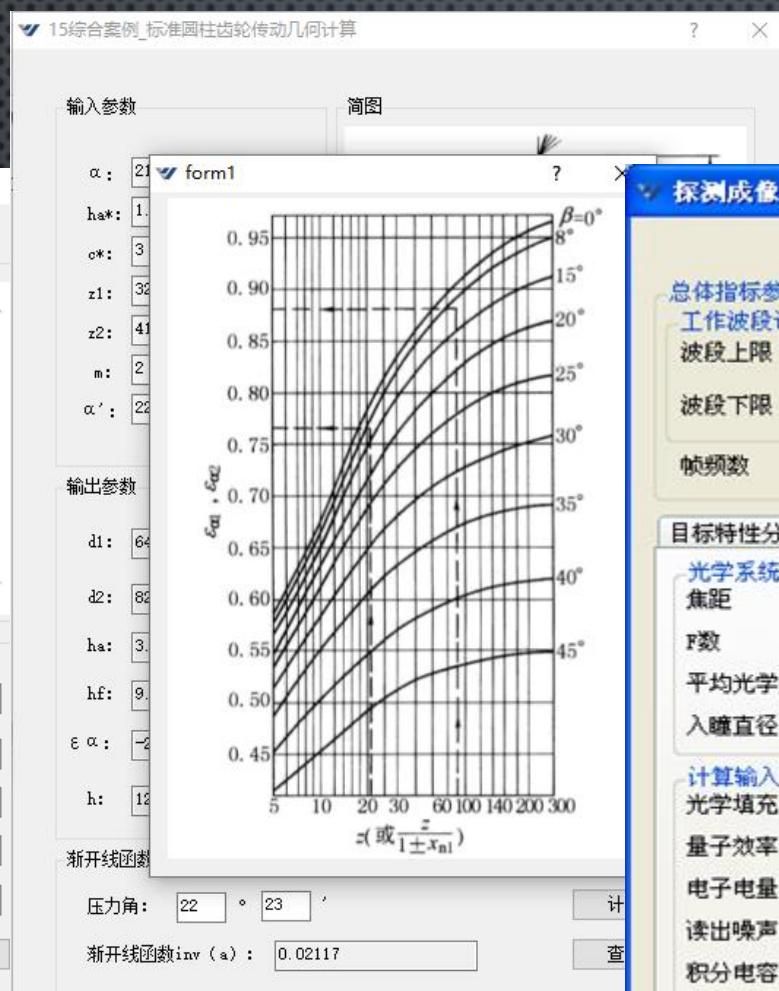
计算 查图

渐开线函数

压力角: 22 ° 23

渐开线函数 $\text{inv}(\alpha)$: 0.02117

计算 查表



探测成像系统计算模型

探测成像系统计算模型

总体指标参数

工作波段设置

波段上限: 3

波段下限: 10

帧频数: 0

探测视场设置

FOV_H(横): 0

FOV_V(纵): 0

探测距离: 0

图像规格设置

M_H(横): 0

N_V(纵): 0

目标特性分析 灵敏度计算 灵敏度计算分模块 探测距离计算 参数判断及报告生成

光学系统参数

焦距: 100

F数: 5

平均光学效率: 0

入瞳直径: 20

入瞳直径计算

探测器参数

探测器像元尺寸: a: 10 × b: 20

探测器规格: m: 0 × n: 0

响应波段: λ_a : 0 ~ λ_b : 0

冷屏F数: 5

电压动态范围: 0

主要电性能

积分时间: 4

阱深%: 0

评估温度: T1: 20 ~ T2: 60

评估条件

计算输入常数

光学填充因子: 0.8

量子效率: 0.8

电子电量: 1.6E-19

读出噪声: 8

积分电容: 30

计算输出参数

电压响应率: 1.8773E-20

电压探测率: 0.00031687

噪声电压: 2.6496E-16

NETD: -1.3872

计算

欢迎使用探测成像系统计算模型!

计算完毕关闭模型

例：工业APP的某一种表达方式

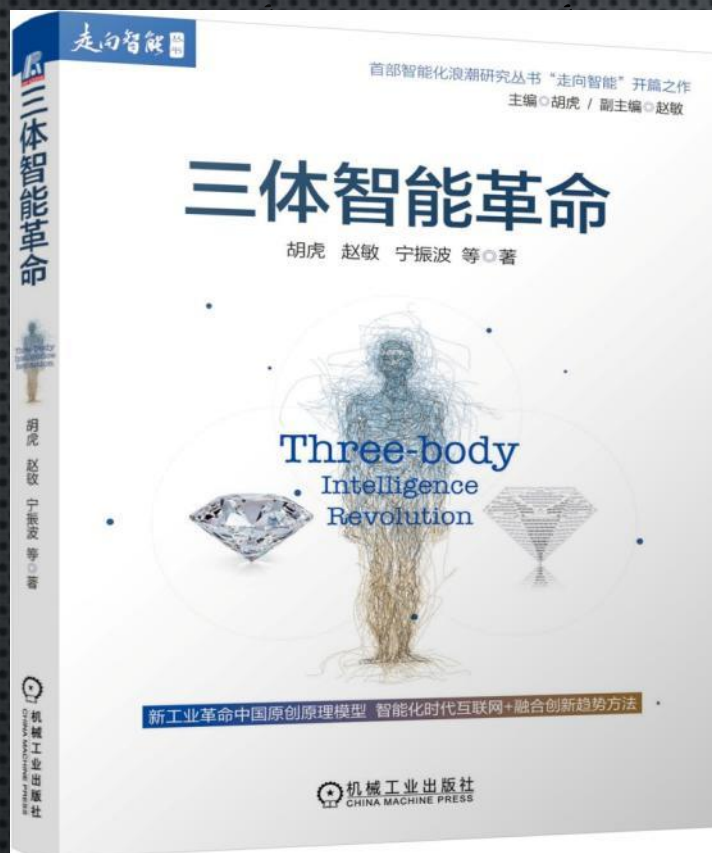


例：基于工业互联网平台的工业技术体系



小结

- 工业互联网平台是智能制造的关键基础设施和落地抓手
- 工业互联网平台由六类基本要素组成
- 基于CPS、汇聚海量数据、工业APP前置、通用软件隐身、微服务兴起、资源汇聚载体，成为了工业互联网平台的基本特征
- 传统架构的工业软件将通过解构而实现重构
- 工业APP逐渐增多，传统架构的工业软件将不断向APP迁移
- 未来对工业软件的使用、购置、管理等都将面临重大改变



Q&A



微信: MIKE_ZHAOMIN

QQ: 发明方法研究分会

微博: 创新方法行者_赵敏

主页: WWW.INNOVATION-HUB.CN

电话: 010-58249338

电邮: MIKE_ZHAOMIN@QQ.COM