

工业SDN网络关键技术与测试床

Technologies and testbed of software defined industrial networks

主讲人：李栋
中国科学院沈阳自动化研究所

创新引领 融通发展

2018 工业互联网峰会

INDUSTRIAL INTERNET SUMMIT 2018

创新引领 融通发展

2018 工业互联网峰会

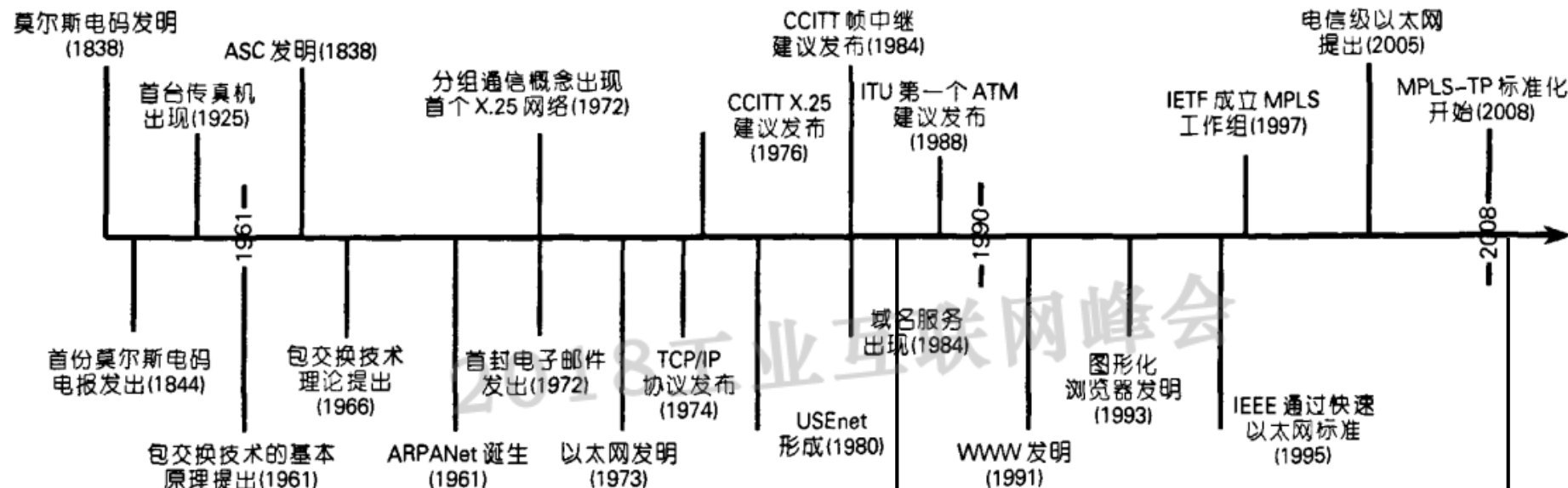
INDUSTRIAL INTERNET
SUMMIT 2018

目录

Contents

- 1 工业互联网网络技术发展
- 2 工业SDN网络架构与关键技术
- 3 测试床介绍

网络技术的发展历程



商用网络：非确定性

工业网络：确定性

CSMA机制

非CSMA机制：
TDMA、令牌、
轮询...

Ethernet

传统工业网络：

Profinet、
Ethercat、
Modbus...

Switch

Best Effort机制

非Best Effort机制：
TDS、Traffic Shaper...

新一代工业网络：

工业SDN、
Time-Sensitive
Networking

商用网络发展历程

□ 网络技术理论准备阶段(1960—1970)

- 电路交换技术：通话前建立连接，通话过程中资源独占；
- 分组交换技术：非连接，链路空闲时传输。

□ 网络技术竞争阶段(1970—1993)

- 电信数据网：70年代分组交换技术X.25、80年代帧中继和ATM技术；
- 计算机网络：60年代包交换网络ARPANET、70年代TCP/IP和OSI参考模型。

□ 网络技术IP化时代(1994—2008)

- 90年代以后，随着万维网(WWW)技术的诞生，IP技术毫无争议的成为数据通信的核心技术。

□ 后IP时代(2009—)

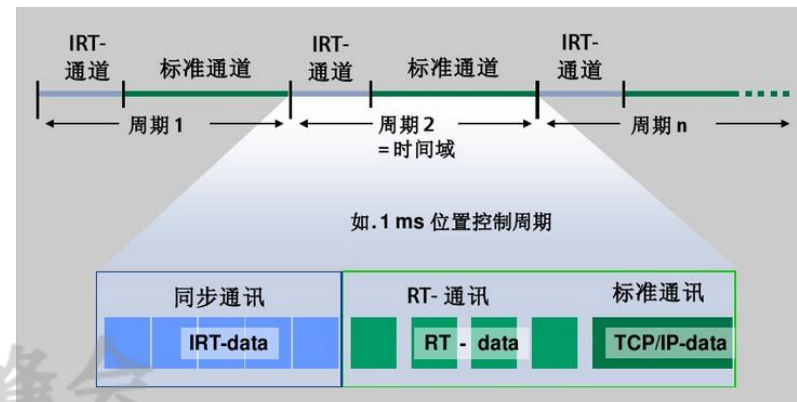
- IPv6、面向内容的网络、Overlay等技术。

总结：商用网络是建立在统计复用的基础理论之上，通过不断提高带宽满足不断增加的吞吐量的要求，大概率满足用户需求，但并不保证每时每刻的每个业务都满足需求。

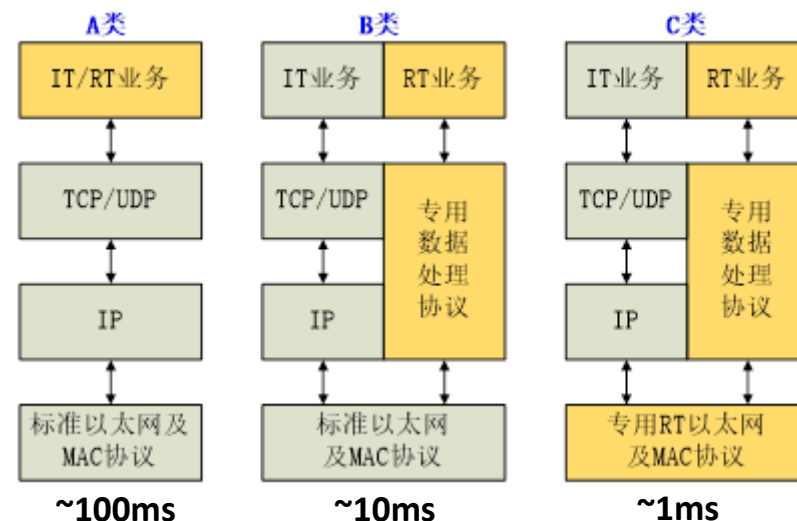
传统工业网络技术

- 出现在IEEE 802.3以太网技术成熟之后，借鉴了以太网的帧结构；
- 标准以太网的多路接入是通过竞争性的CSMA/CD机制，当网络容量增加，对物理介质产生竞争的概率也会提高，难以提供确定性的实时保障；
- 修改协议和实现方式，通过时分、轮询、令牌、集总帧等机制避免竞争；
- 由于修改的层次不同，能够达到的实时性程度不同。

总结：工业网络是建立在确定性调度原理之上，从机理上避免CSMA竞争，保证每一个数据包的实时性。与之对应，商用高带宽网络虽然可以在大多数情况下提供很小的传输时延，但并不能保证在最坏情况下也能提供确定的传输时延。



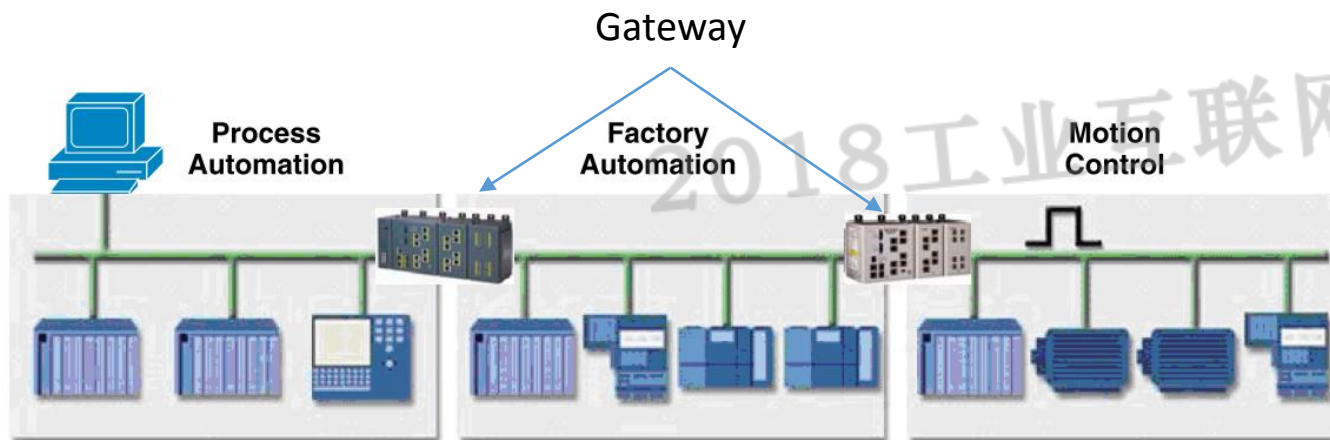
Profinet时分调度机制



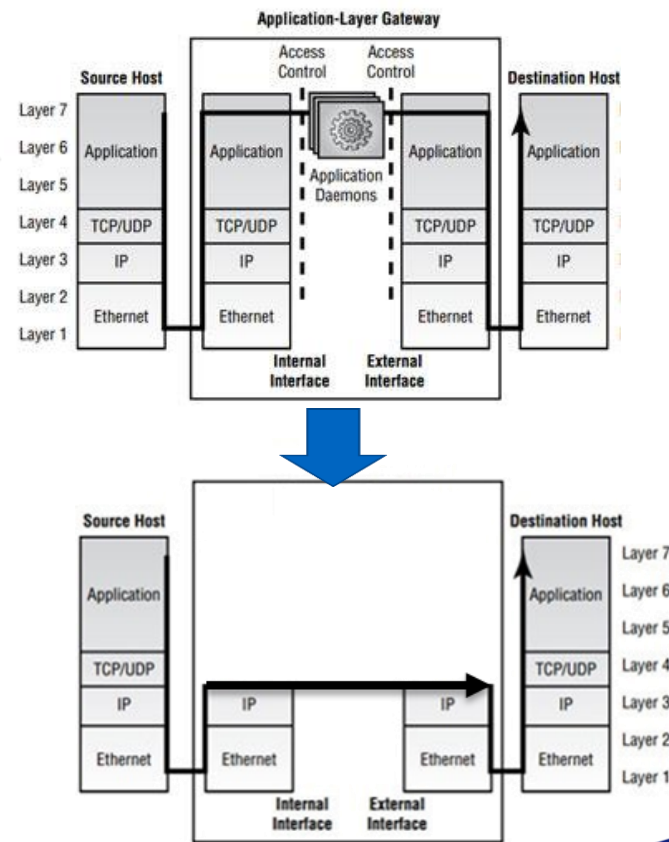
不同实时程度的工业网络技术

工业控制网络现状

- 过程自动化/管理系统、工厂自动化和运动控制对带宽和实时性的要求各不相同，目前也都有适合不同场景的网络技术，各网络之间通过网关实现应用级互联。

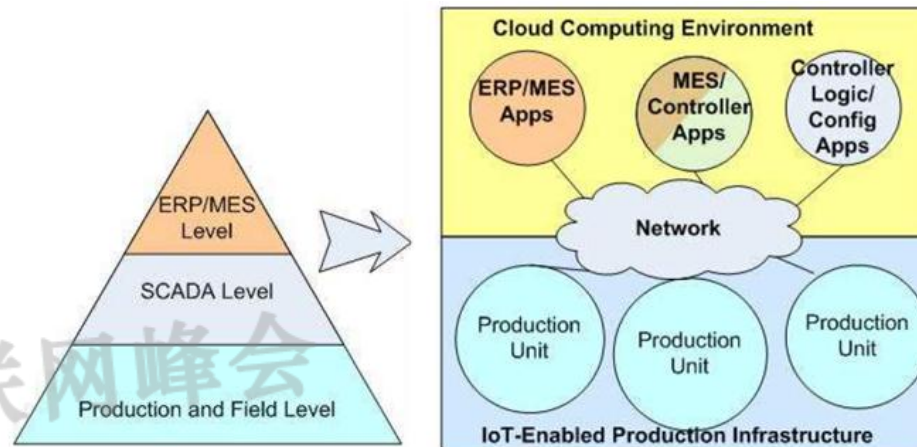


Function	Information Integration, Slower Process Automation	Factory Automation	Motion Control
Comms Technology	.Net, DCOM, TCP/IP	Standard Ethernet + RT Application Protocol	Hardware/software solution
Period	1 second or longer	10 ms to 100 ms	<1 ms



工业网络存在问题和扁平化发展趋势

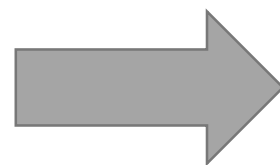
- 当前分层割裂的工业控制网络架构严重阻碍了信息的高效互联，需要构建新的扁平的工业控制网络架构。
- 工业互联网迫切需要工厂内IT和OT网的高效融合。



工业控制网络与企业信息化系统网络技术体系各异，难以融合互通。

工业生产全流程存在大量“信息死角”，亟需实现网络全覆盖。

工业制造过程与互联网的融合不足，难以催生新模式、新业态。



IT/OT
全面融合

IT&OT融合的工业互联网工厂内网

融合网络的功能

- 融合接入

- 支持多种工业以太网协议终端设备的接入
- 支持标准以太网设备的接入
- 支持与数据中心/工业云的对接

- 融合互联

- 支持标准以太网设备之间的IP互联
- 支持工业以太网设备之间的IP/非IP互联

- 融合管理

- 统一的拓扑管理、设备管理、警报管理、业务管理、性能管理、审计管理、报表管理。

基于SDN的工业融合网络架构

□ 工业融合网络采用扁平化的网络架构，IT和OT设备都统一接入到同一个融合网络中。

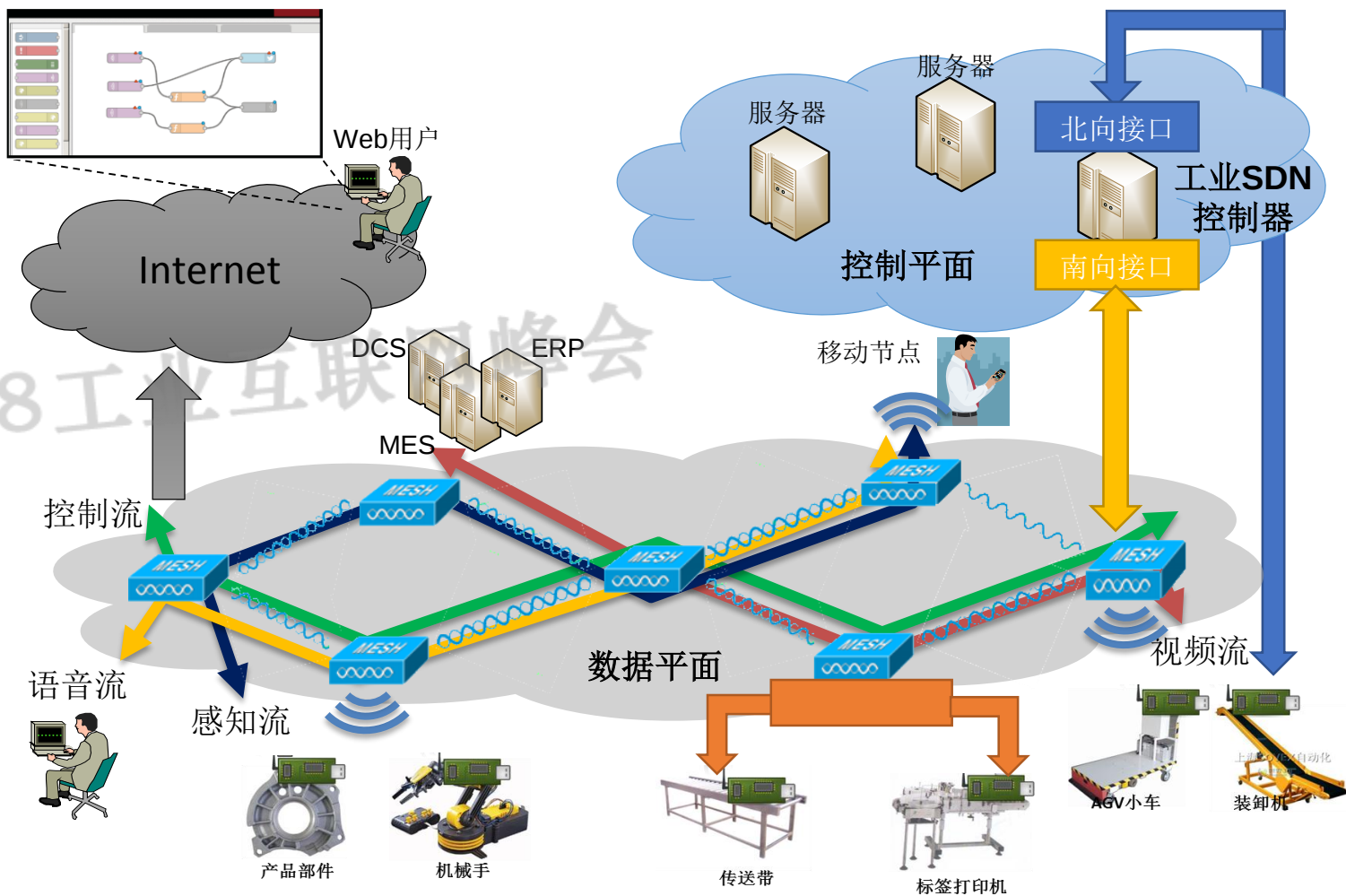
➤ 网络设备

- 控制器
- 交换机
- 终端

➤ 网络接口

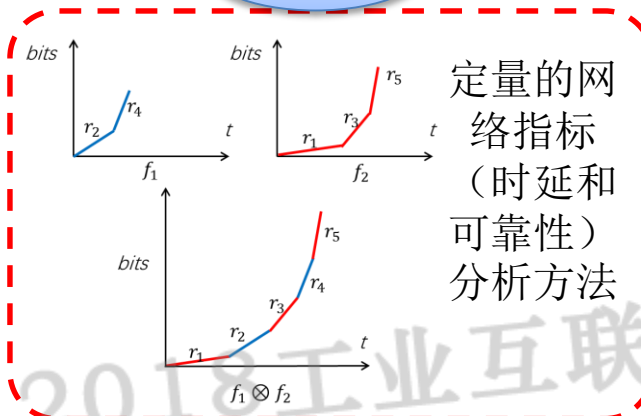
- 北向接口：流量特征和需求
- 南向接口：策略配置管理

□ 核心是既要保证IT业务的高带宽，又要保证OT业务的高实时。



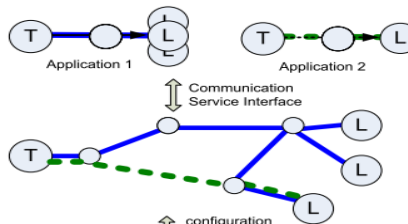
主要思路

网络模型



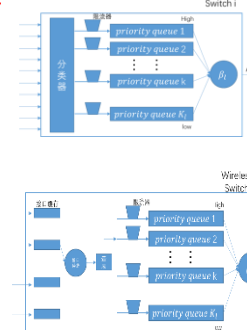
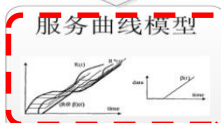
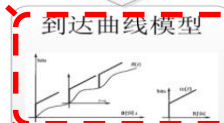
控制面

数据流



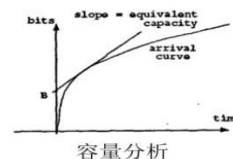
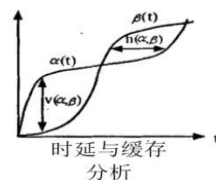
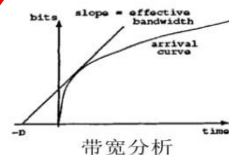
IT业务流特征
OT业务流特征

策略



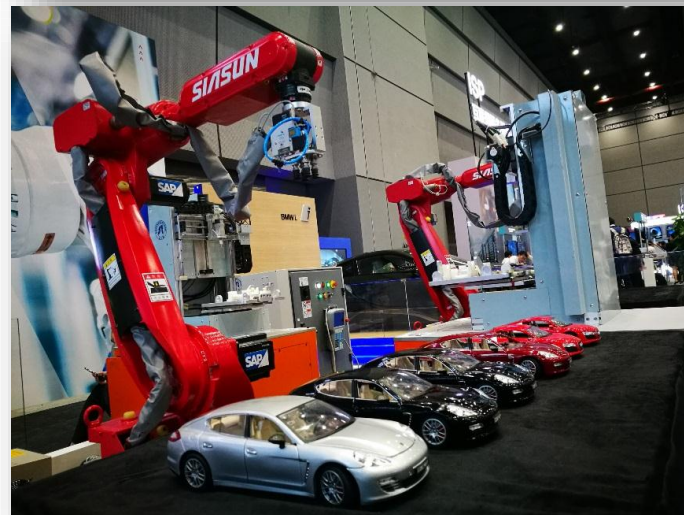
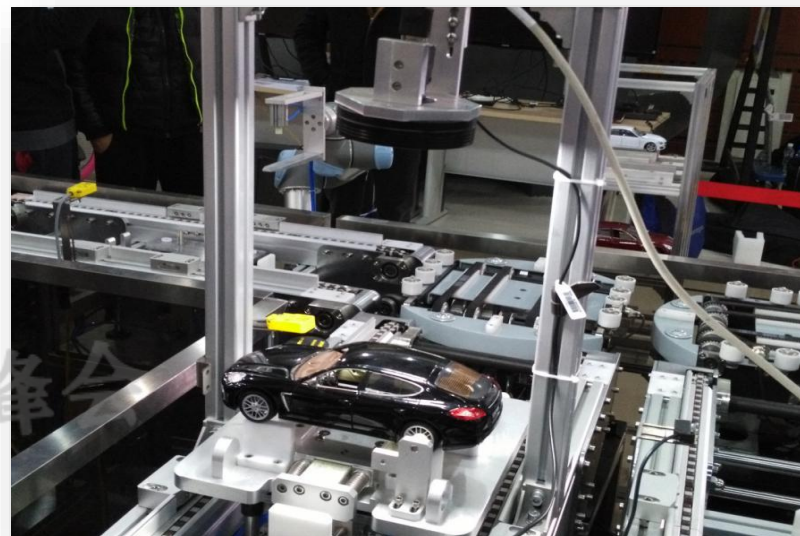
优先级
调度策略和交
换模型

转发面



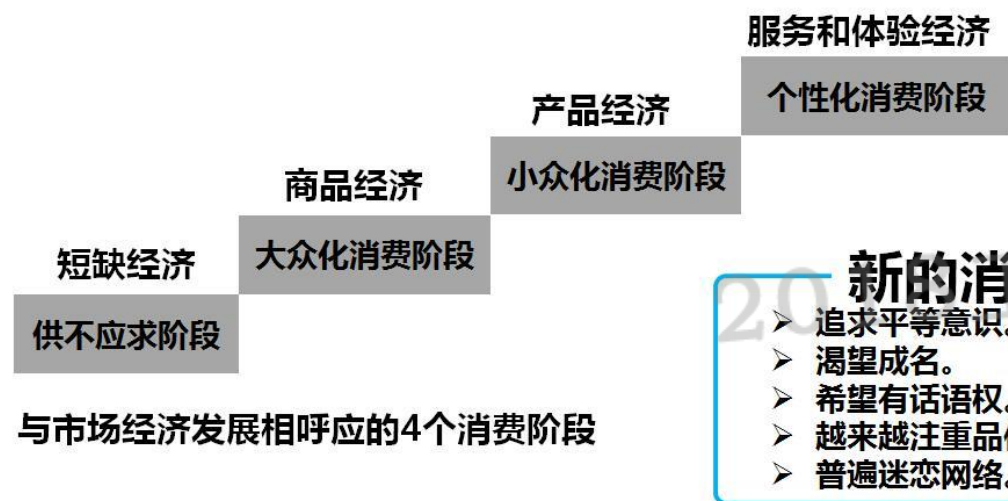
测试床介绍：软件定义的可重构智能制造验证示范平台

中国科学院沈阳自动化研究所、中国信息通信研究院、SAP中国研究院联合完成



测试床背景和目标

小众化消费时代已经来临



□ 当前：产线人工调整

- 产品变化或生产设备损坏，生产线停产与软件重新设计，并重置组态流程与设备配置；
- 耗时：天->周。

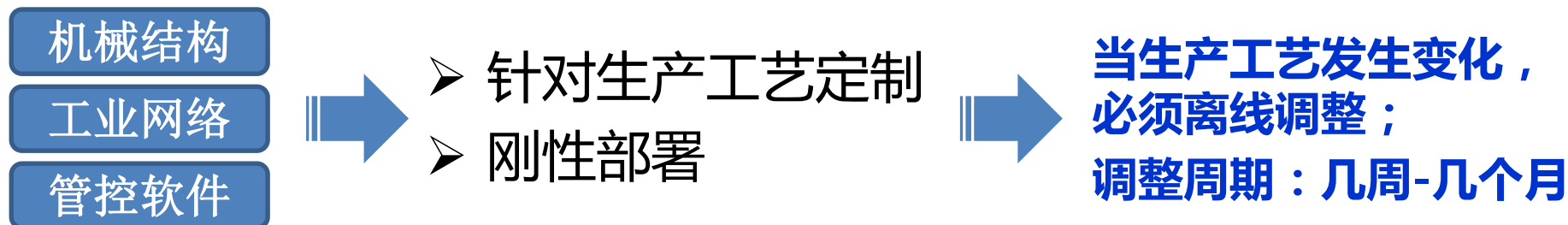
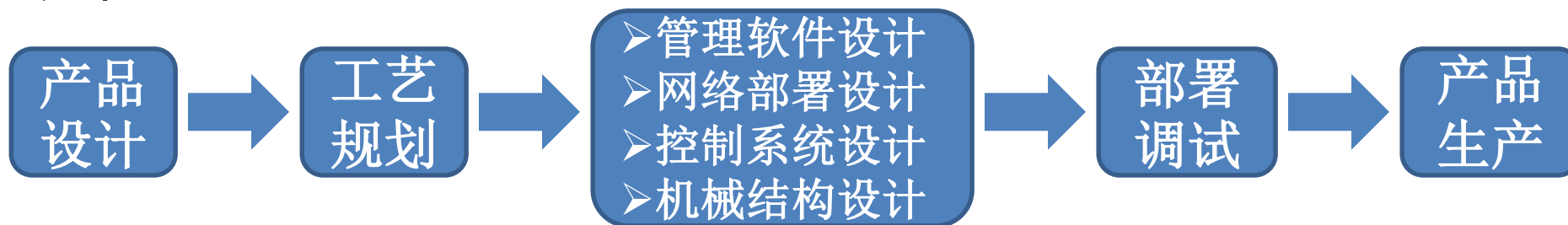
□ 期望：产线智能自适应调整

- 生产设备的能力、位置等信息自动发布，系统可以快速查询、推理、自组织生产设备；
- 根据产品和状态变化，产线的软硬件和工艺流程自动重组，大幅缩短产线调整周期。

面向：个性化需求高、产品更新速度快的离散制造业

离散制造业高度个性化定制的需求快速增长，但传统的刚性、用于大批量制造的生产系统是根据产品量身定制的，一旦产品设计或生产需求发生变化，生产系统的结构和控制系统调整周期过长，难以快速响应变化。因此，传统的制造模式和生产系统难以支持高度个性化定制产品的快速、规模化生产。

现有制造流程



目前的自动化系统是类似于汇编的编程架构，修改难度大，复用率低

平台架构

软件定义可重构智能制造验证示范平台

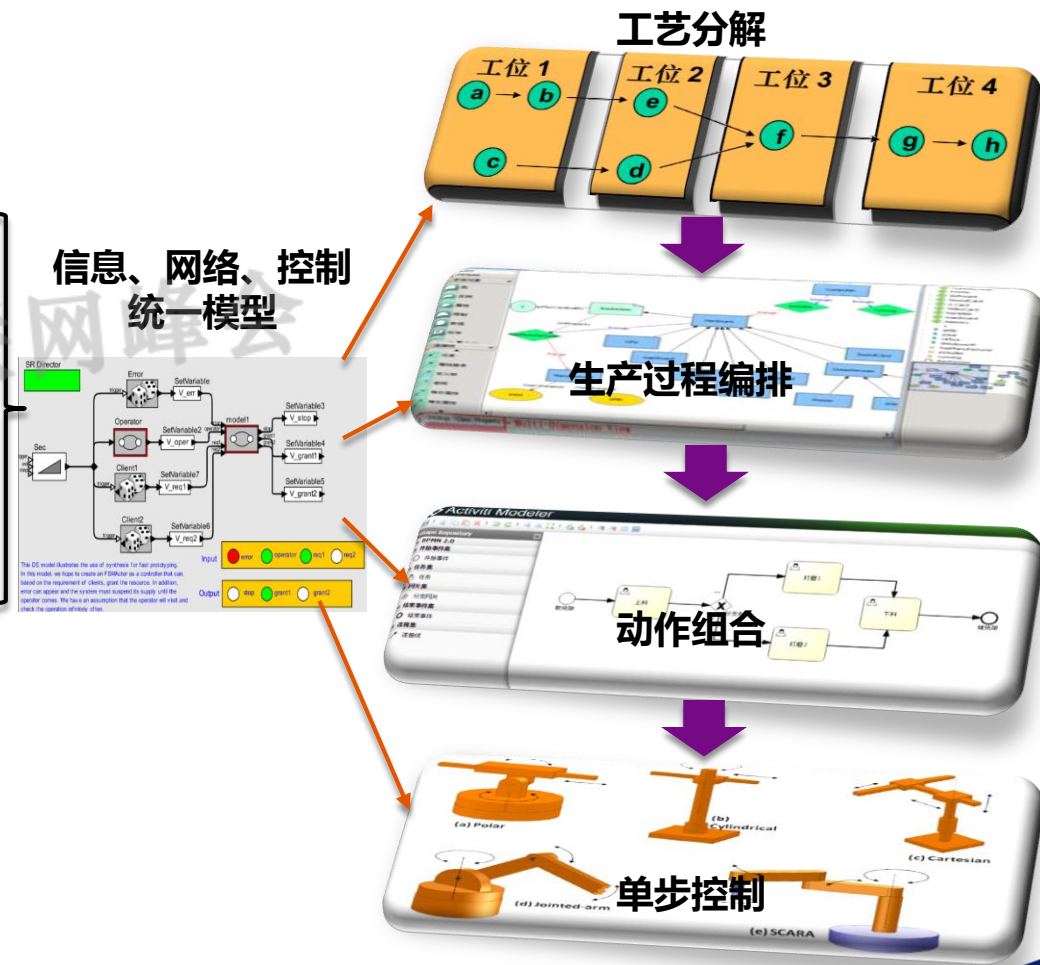
- 大规模定制业务支持系统
 - ✓ 用户对产品配置和属性个性化选配系统
 - ✓ 制造执行系统
 - ✓ 设备、系统互联的工业SDN
 - ✓ 制造分析平台
- 可重构的模块化智能自动化生产系统
 - ✓ 可重构、模块化生产单元
 - ✓ 自动物料运输系统
 - ✓ 智能机器人
- 全要素设备、人、物料智能互联
 - ✓ 通信系统（无线通信）
 - ✓ 传感器Sensor
 - ✓ 标签RFID



CPS管控系统

工业互联网CPS管控

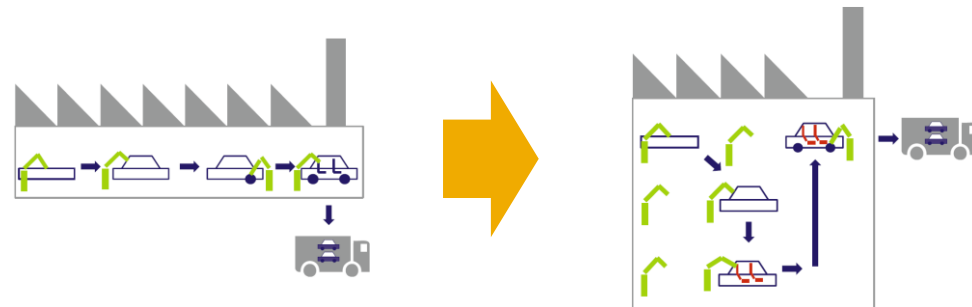
- 底层设备智能化、Web化；
- 生产资源/设备能力模型化；
- 通过统一模型实现工艺到控制的自适应贯通。



典型应用场景

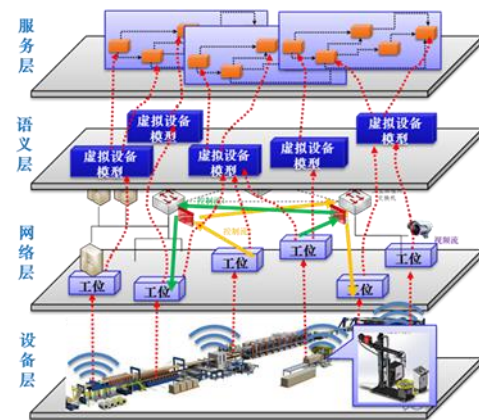
□ 生产系统根据订单变化动态调整结构

- 生产系统的结构模块化、可移动；
- 基于工业SDN网络使控制系统可以灵活重构；
- 订单数量激增时，系统自动判断生产瓶颈；
- 生产控制系统在数字工厂虚拟资源库中查询备用工位；
- CPS智能管控软件重新组合虚拟的生产资源，并自动调用备用、可移动工位；
- 可移动工位自动融入生产系统；
- 订单数量减少时，可移动工位退出生产系统。

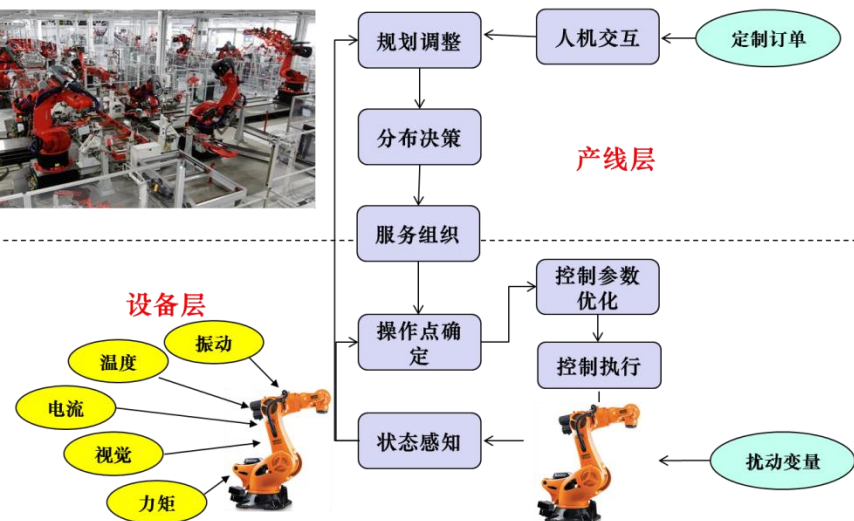


测试床价值

- 生产设备、生产过程信息无线化感知，节省了布线的周期和成本；
- 基于SDN技术，实现异构网络快速集成，控制系统灵活组网；
- 产品变化，语义规则库在线调整，产线动态重构；
- 生产设备虚拟化，即插即用；
- 生产设备状态实时感知，预测性维修。



- 实现个性化定制产品的快速、规模化生产；
- 控制系统编程复杂度降低90%；
- 设备可用时间提升30%；
- 生产系统的结构和控制程序随产品、生产需求的变化而调整的周期缩短60%。



测试床影响

2015.12 习近平主席参观 机械结构可重构子系统



12月16日，中国科学院沈阳自动化研究所解决方案亮相第二届世界互联网大会。开幕式当天，中共中央总书记、国家主席**习近平**，中共中央政治局常委、中央书记处书记**刘云山**等到展台详细了解了该解决方案。

2016.6.14 德国总理默克尔 参观机械结构可重构子系统



6月14日，德国总理**默克尔**在沈阳期间实地参观了中国科学院沈阳自动化研究所的机械结构可重构子系统，并对生产线表现出极大的兴趣。

2017.2.23 马凯副总理 参观验证示范平台



2月23日，中共中央政治局委员、国务院**副总理马凯**视察沈阳自动化研究所，实地参观了软件定义的可重构验证示范平台，并听取了于海斌所长的现场介绍，给予高度评价。

测试床影响

中国信通院：工业互联网展览



2017年9月，中国科学院沈阳自动化研究所参展由中国信息通信研究院举办的工业互联网展览。

发改委：十二五科技成果展（习主席参观）



中国科学院沈阳自动化研究所提出的**可重构互联制造解决方案**将参展2017年9月下旬开幕的由**国家发改委**举办的主题为“**砥砺奋进的五年**”大型成就展，以个性化定制的零部件装配为背景，实现了高度个性化定制、生产工艺流程和机器人任务在线自动重组等功能。

测试床影响

世界互联网大会



2016年11月16日下午，在浙江乌镇举行的第三届世界互联网大会上，首次发布了由国际权威的评审团队从全世界征集的500余项互联网领域高水平成果中遴选出来的15项**世界互联网领先科技成果**。其中，中科院沈阳自动化研究所与德国SAP公司联合研发的解决方案成功入选（其它获奖单位包括：**特斯拉**、**IBM**、**微软**、**三星**、**百度**、**阿里**、**腾讯**、**中科院量子通信**以及**寒武纪芯片**等）。该解决方案体现了两国总理提出的“中国制造2025”与“德国工业4.0”对接的指导思想。

中科院科技成果转化亮点工作



中国自动化学会年度最具价值解决方案



THANKS

2018 工业互联网峰会

2018 工业互联网峰会

INDUSTRIAL INTERNET
SUMMIT 2018