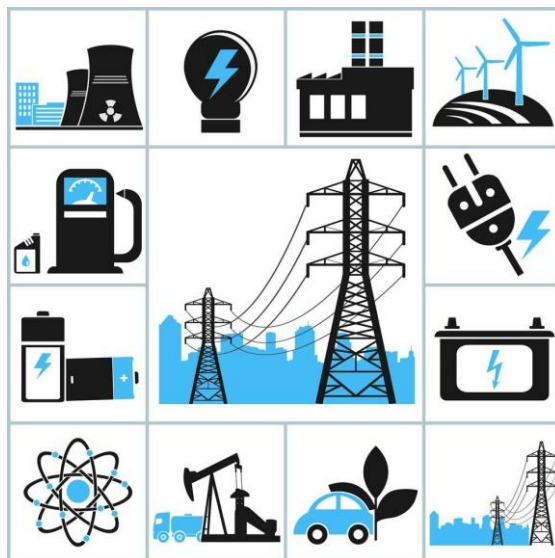


时间敏感网络的工业需求和场景

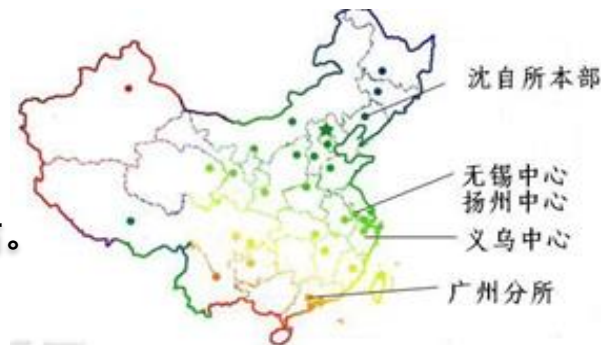


中国科学院沈阳自动化研究所
副研究员 李栋



沈阳自动化研究所基本情况

- 成立于1958年，国立科研机构，直属于中国科学院；
- 三大方向：**机器人、自动化**、光电信息
- 员工1400余人，研究生300余人，2位工程院院士
- 设有6个博士培养点、8个硕士培养点、2个博士后科研流动站。
- 除沈阳本部外，在多个城市设有分支机构。
- 全所每年科研经费16亿多元，拥有10余家所投资控股或合资的高新产业公司和3家上市公司。



所本部



所南区



在建新所区



沈阳自动化研究所基本情况

十余个国家及省部级重点实验室和工程中心的依托单位，孵化培育了新松机器人等高新技术公司

国家重点实验室、工程中心

机器人学国家重点实验室

机器人技术国家工程研究中心

国家机器人检测与评定中心

国家机器人质量监督检验中心

国家机器人标准化总体组秘书处

国家地方联合工程研究中心
网络化控制系统

省部级 重点实验室、工程中心

中国科学院网络化控制系统重点实验室

中国科学院光电信息处理重点实验室

辽宁省数字化协同管理重点实验室

辽宁省工业通信与控制系统重点实验室

辽宁省图像理解与视觉计算重点实验室

辽宁省工业物联网重点实验室

辽宁省雷达系统研究与应用技术重点实验室

辽宁省先进制造工程技术研究中心

培育公司

沈阳新松机器人自动化股份有限公司

沈阳中科博微自动化技术有限公司

沈阳芯源微电子有限公司

沈阳聚德视频技术有限公司

沈阳中科奥维科技股份有限公司



目录

当前工业网络体系架构

工业发展对网络的需求

基于TSN工厂网络愿景



目录

当前工业网络体系架构

工业发展对网络的需求

基于TSN工厂网络愿景



典型的 process 自动化系统



- 过程自动化通常是指石油、化工、电力、冶金、轻工、建材、核能等工业生产中连续、慢速的或按一定周期程序进行的生产过程自动控制，它是自动化技术的重要组成部分。
- 在现代化工业生产过程中，过程控制技术正在为实现各种最优的技术经济指标、提高经济效益和劳动生产率、改善劳动条件、保护生态环境等起着越来越大的作用。

典型的过程自动化系统



过程自动化的特点

- 生产过程中发生缓慢的物理、化学反应；
- 生产过程的模型非常复杂，不确定因素多；
- 生产过程需要被监测的状态信息多；
- 相比于离散自动化，过程自动化的控制系统采样时间较长。



典型的离散自动化系统



- 如汽车、船舶、电子设备、机床、飞机、火箭、武器装备、等制造业的自动化，都属于离散自动化。通常指产品由多个零部件构成，经过一系列并不连续的工序加工最终装配而成。一般都包含零部件加工、零部件装配等过程。

离散自动化的特点



- 生产过程中基本上没有发生物质改变，只是物料的形状和组合发生改变，即最终产品是由各种物料装配而成；
- 与过程控制系统的结构差异不大，只是在功能的着重点上的不同，过程控制着重于闭环控制及数据处理。离散控制着重于逻辑和开关量的控制，也可实现模拟量控制；
- 相比于过程自动化，离散自动化的控制系统采样时间更短。

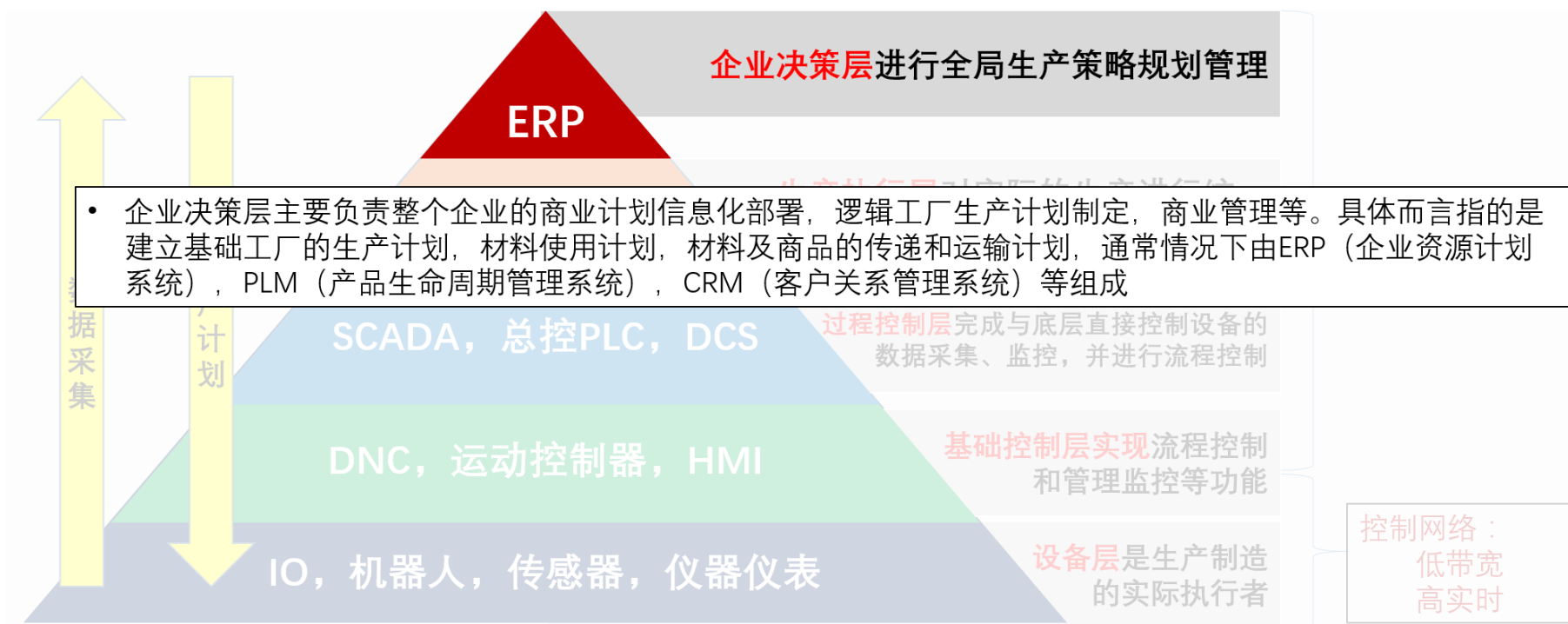
当前工业自动化制造金字塔体系

- 在下图的制造业金字塔中，美国标准院推荐了一种常用的参考模型（ISA-95），是当前自动化企业设计实现工业网络的主要参考标准



当前工业自动化制造金字塔体系

- 在下图的制造业金字塔中，美国标准院推荐了一种常用的参考模型（ISA-95），是当前自动化企业设计实现工业网络的主要参考标准



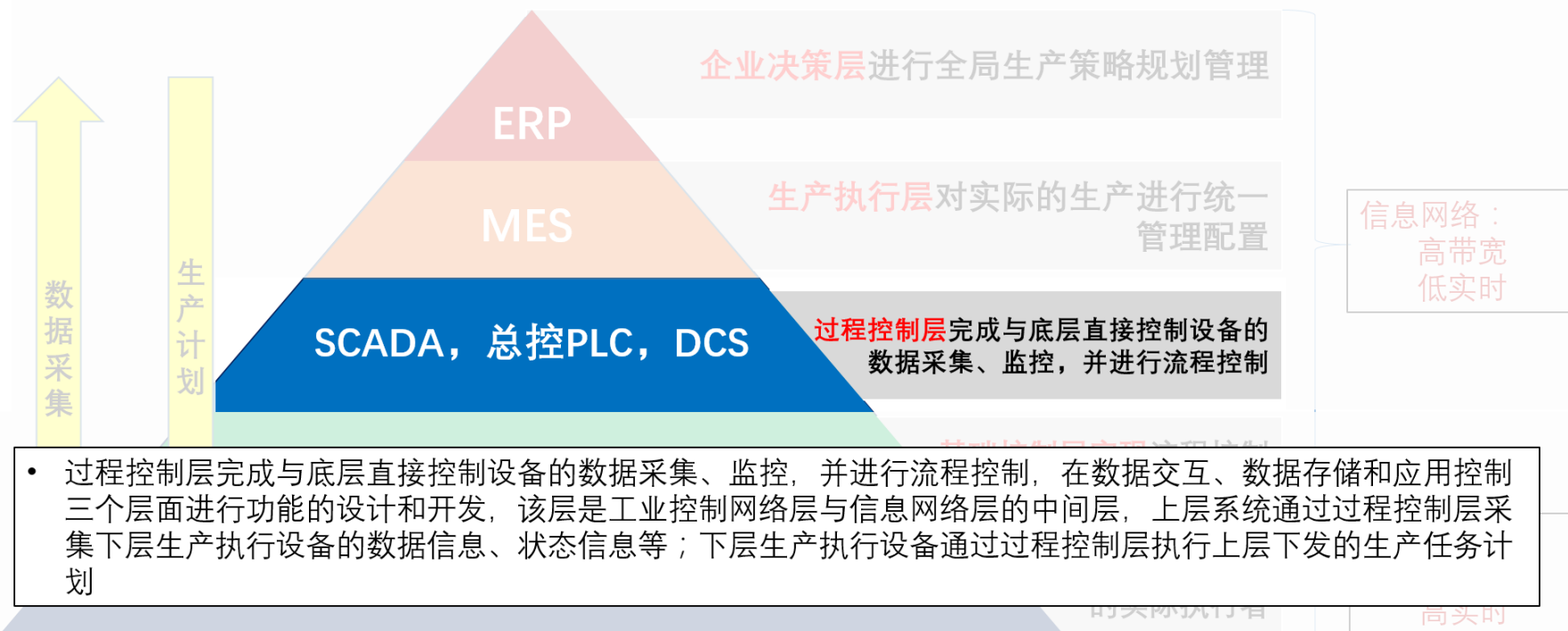
当前工业自动化制造金字塔体系

- 在下图的制造业金字塔中，美国标准院推荐了一种常用的参考模型（ISA-95），是当前自动化企业设计实现工业网络的主要参考标准



当前工业自动化制造金字塔体系

- 在下图的制造业金字塔中，美国标准院推荐了一种常用的参考模型（ISA-95），是当前自动化企业设计实现工业网络的主要参考标准



当前工业自动化制造金字塔体系

- 在下图的制造业金字塔中，美国标准院推荐了一种常用的参考模型（ISA-95），是当前自动化企业设计实现工业网络的主要参考标准



当前工业自动化制造金字塔体系

- 在下图的制造业金字塔中，美国标准院推荐了一种常用的参考模型（ISA-95），是当前自动化企业设计实现工业网络的主要参考标准



部分典型工业应用通信指标要求

Scenario	End-to-end latency	Jitter	Reliability	User experienced data rate	Payload size	Connection density
Tactile interaction	0,5 ms	TBC	[99,999%]	[Low]	[Small]	[Low]
Discrete automation – motion control	1 ms	1 μ s	99,9999%	1 Mbps up to 10 Mbps	Small	100 000/km ²
Electricity distribution – high voltage	5 ms	1 ms	99,9999%	10 Mbps	Small	1 000/km ²
Intelligent transport systems	10 ms	2 ms	99,9999%	10 Mbps	Small to big	1 000/km ²
Remote control	[5 ms]	TBC	[99,999%]	[From low to 10 Mbps]	[Small to big]	[Low]
Discrete automation	10 ms	1ms	99,99%	10 Mbps	Small to big	100 000/km ²
Electricity distribution – medium voltage	25 ms	25 ms	99,9%	10 Mbps	Small to big	1 000/km ²
Process automation – remote control	50 ms	20 ms	99,9999%	1 Mbps up to 100 Mbps	Small to big	1 000/km ²
Process automation – monitoring	50 ms	20 ms	99,9%	1 Mbps	Small	10 000/km ²



工业以太网概述

- 工业以太网技术是普通以太网技术在控制网络延伸的产物，工业网络与传统办公室网络相比，有一些不同之处：

	办公网络	工业网络
应用场合	普通办公场合	工业场合、工况恶劣，抗干扰性要求较高
拓扑结构	支持线形、环形、星形等结构	支持线形、环形、星形等结构，并便于各种结构的组合和转换，简单的安装，最大的灵活性和模块性，高扩展能力
可用性	一般的实用性需求，允许网络故障时间以秒或分钟计	极高的实用性需求，允许网络故障时间<300ms以避免生产停顿
网络监控和维护	网络监控必须有专人员使用专用工具完成	网络监控成为工厂监控的一部分，网络模块可以被HMI软件如Win CC监控，故障模块容易更换

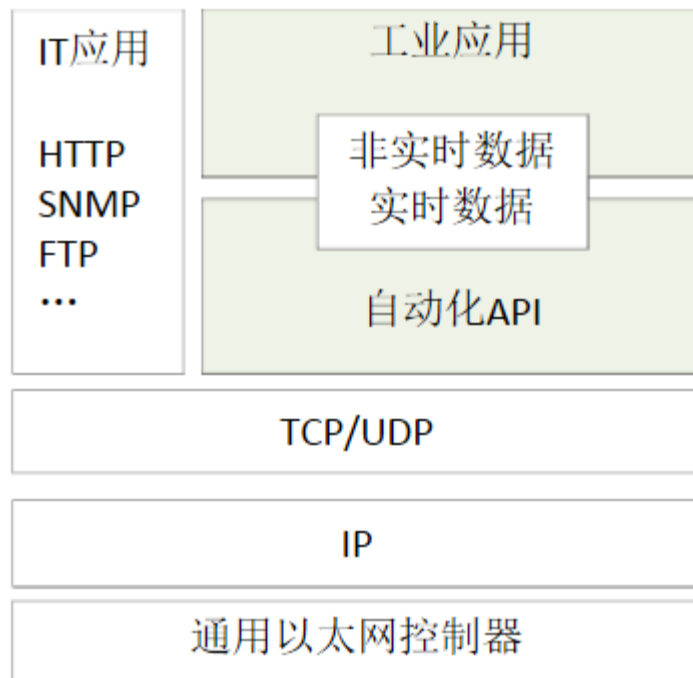


工业以太网分类

根据工业以太网协议的实时通信实现方式，将工业以太网分为三类：

➤ 通用硬件、标准

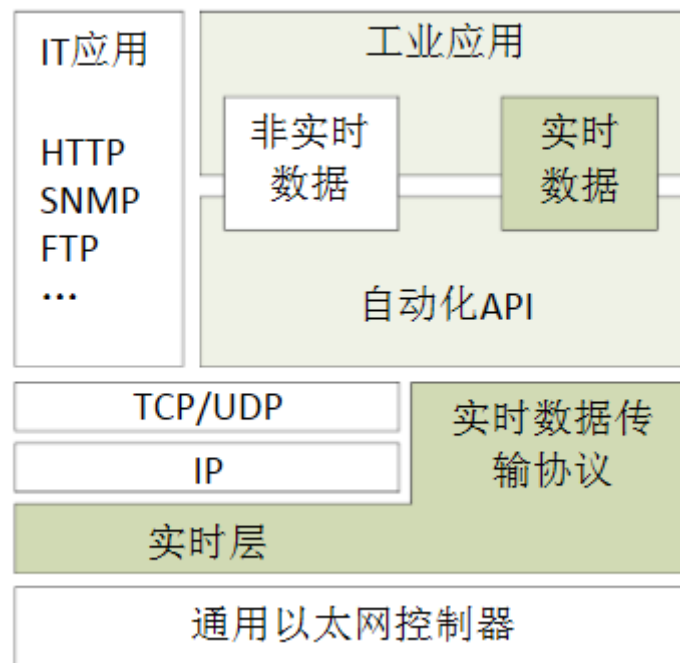
Modbus/TCP、Ethernet/IP、PROFINET/CbA（版本1）采用这种方式。使用标准TCP/IP协议和通用以太网控制器。这种方式下，所有的实时数据（如过程数据）和非实时数据（如参数配置数据）均通过TCP/IP协议传输。其优点是成本低廉，实现方便，完全兼容通用以太网。在具体实现中，某些产品可能更改/优化了TCP/IP协议以获得更好的性能，但其实时性始终受到底层结构的限制。



工业以太网分类

➤ 通用硬件、自定义实时数据传输协议

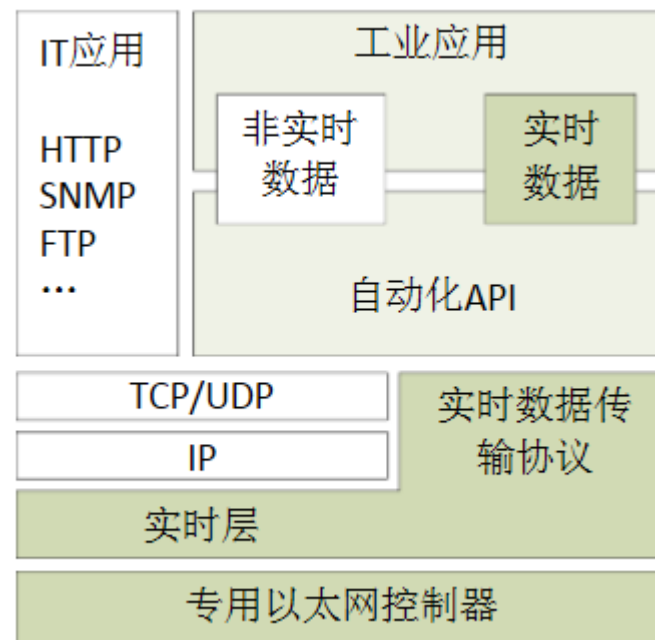
Ethernet、Powerlink、PROFINET/RT（版本2）采用这种方式。采用通用以太网控制器，但不使用TCP/IP协议来传输实时数据，而是定义了一种专用的包含实时层的实时数据传输协议，用来传输对实时性要求很高的数据。TCP/IP协议栈可能依然存在，用来传输非实时数据，但是其对以太网的读取受到实时层（Timing-Layer）的限制，以提高实时性能。这种结构的优点是实时性较强，硬件与通用以太网兼容。



工业以太网分类

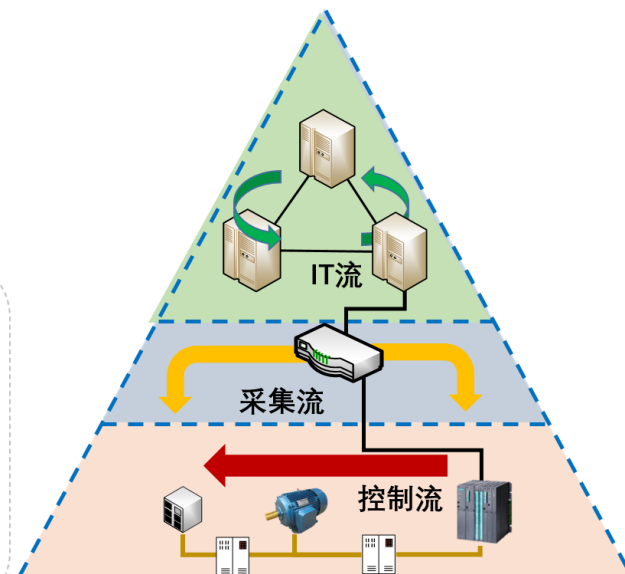
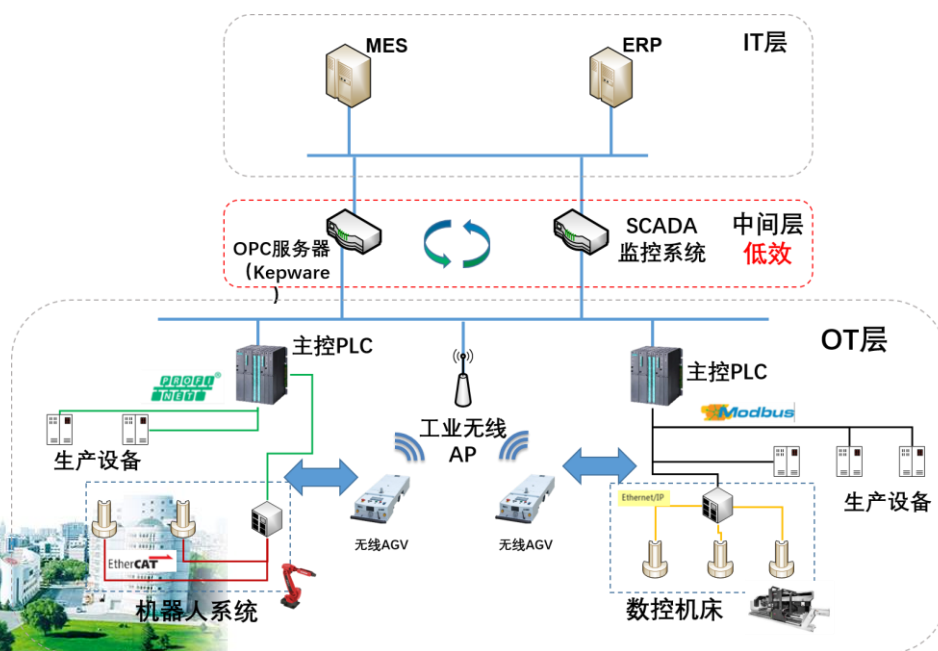
➤ 专用硬件、自定义实时数据传输协议

POWERLINK、SERCOS-III、PROFINET/IRT（版本3）采用这种方式。这种方式前一种方式的基础上底层使用专有以太网控制器（至少在从站侧），以进一步优化性能。其优点是实时性强，缺点是成本较高，需使用专有协议芯片、交换机等。



当前工业网络架构

- IT网络（信息网）与OT网络（控制网）**分离的层次化结构**
- IT网基本成熟，以**标准以太网协议**为主
- OT网使用多种**工业以太网/现场总线协议**，不同厂商根据场景和出于商业利益等方面的考虑开发了数十种很难相互兼容的通信协议
- 当前工业网络具有**分层异构**的特点，现场存在大量异构的有线和无线网络，这些网络的协议格式、管理方式、传输介质各不相同，IT层和OT层之间的通信需要进行低效的协议转换



目录

当前工业网络体系架构

工业发展对网络的需求

基于TSN工厂网络愿景

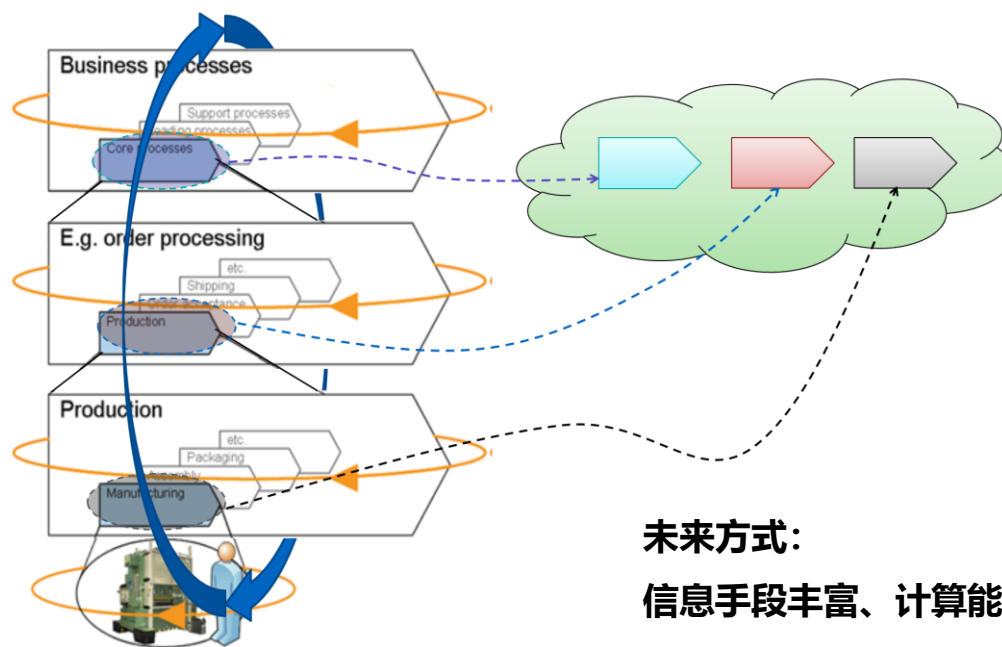


智能制造的纵向集成需求

由“分层、分域”到“跨层、跨域”的扁平化发展

传统方式:

将一个复杂问题分为相对简单的不同层次，逐层解决问题



未来方式:

信息手段丰富、计算能力提升使得跨层次、跨领域进行更深层次的优化成为可能。

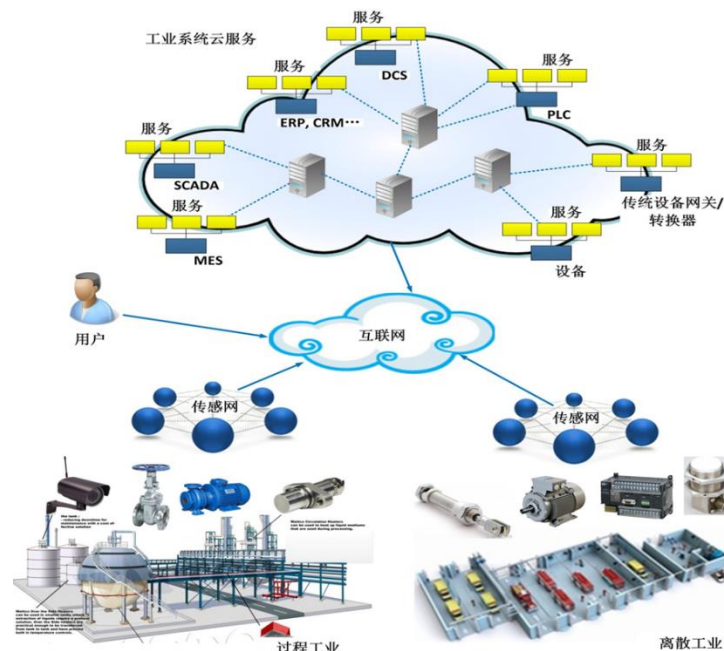


工业自动化体系的变革

当前自动化系统：
分层架构、信息孤岛



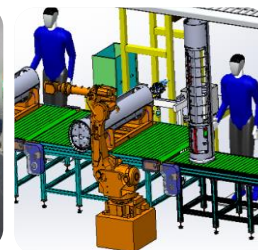
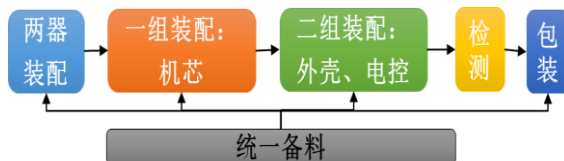
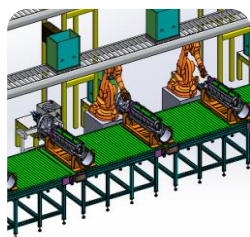
未来自动化系统：
物联网+云计算+大数据分析



离散行业柔性生产案例

· 现状:

- ✓ 某家电装配线，年产**600万台**，自动化率超过**60%**，良品率**96%**。
- ✓ 装配过程为串行生产，工艺分为备料、两器组装、机芯组装、外壳组装、总体检测、包装入库
- ✓ 可以通过人工实现混线装配，兼容**3个**主要型号，人员培训需要**3个月**，混装切单过程需要**10~20分钟**工序调整时间
- ✓ 工艺缺陷、新型号调整由**30人**的整改组实施工艺调整，新型号投产则需要试产**10~15天**，用于人员熟练加工流程



离散行业柔性生产需求



减人

- 自动化率偏低，有较的大人力成本压力，需要减少生产线上的工人数量



增效

- 批量定制模式下工艺调整频繁，导致生产效率低下，产能不足
- 自动化产线普遍柔性程度不足，难以满足快速工艺调整需求，需要支持柔性制造的生产线，实现快速转产。



品控

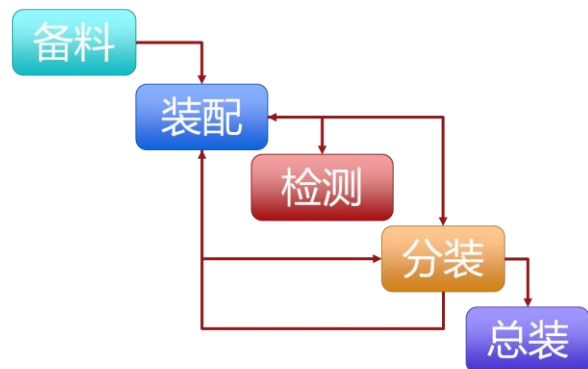
- 检测粒度不足，产品质量难以严格把控，良品率波动较大
- 普遍采用抽检模式，质量追溯能力有限，缺乏有效的全检技术手段，需要细粒度的品质控制手段，对产品质量进行追溯



离散行业柔性生产管控系统

- 解决方案：工艺过程由紧耦合发展成松耦合

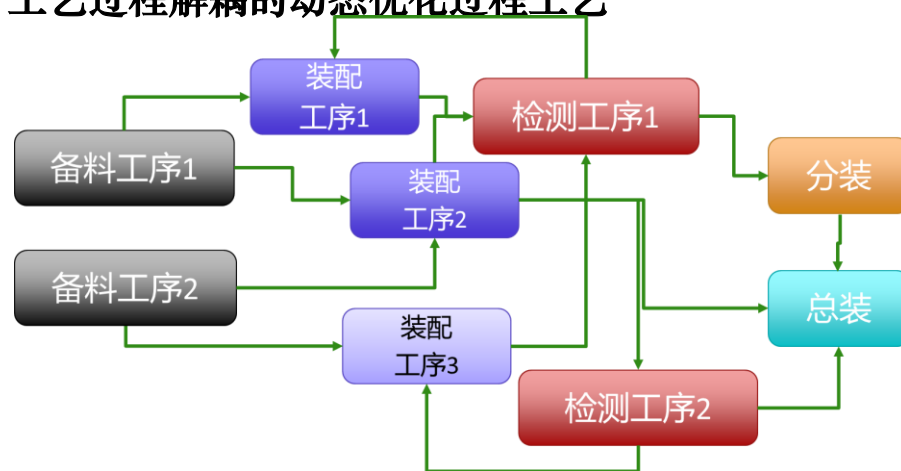
工位模块化的加工装配工艺



特点:

- ✓ 制造单元内工艺重构，生产工序紧耦合
- ✓ 批次级抽检，工艺质量无法动态调整

工艺过程解耦的动态优化过程工艺



特点:

- ✓ 生产工序松耦合，产线级动态重构，工序分解重排
- ✓ 单件化质量检测，工艺质量支持动态调整



离散行业柔性生产管控系统

• 解决方案

- 面向生产流程的动态服务编程技术：解决基于Web服务的生产工艺与设备资源在线重构问题



目录

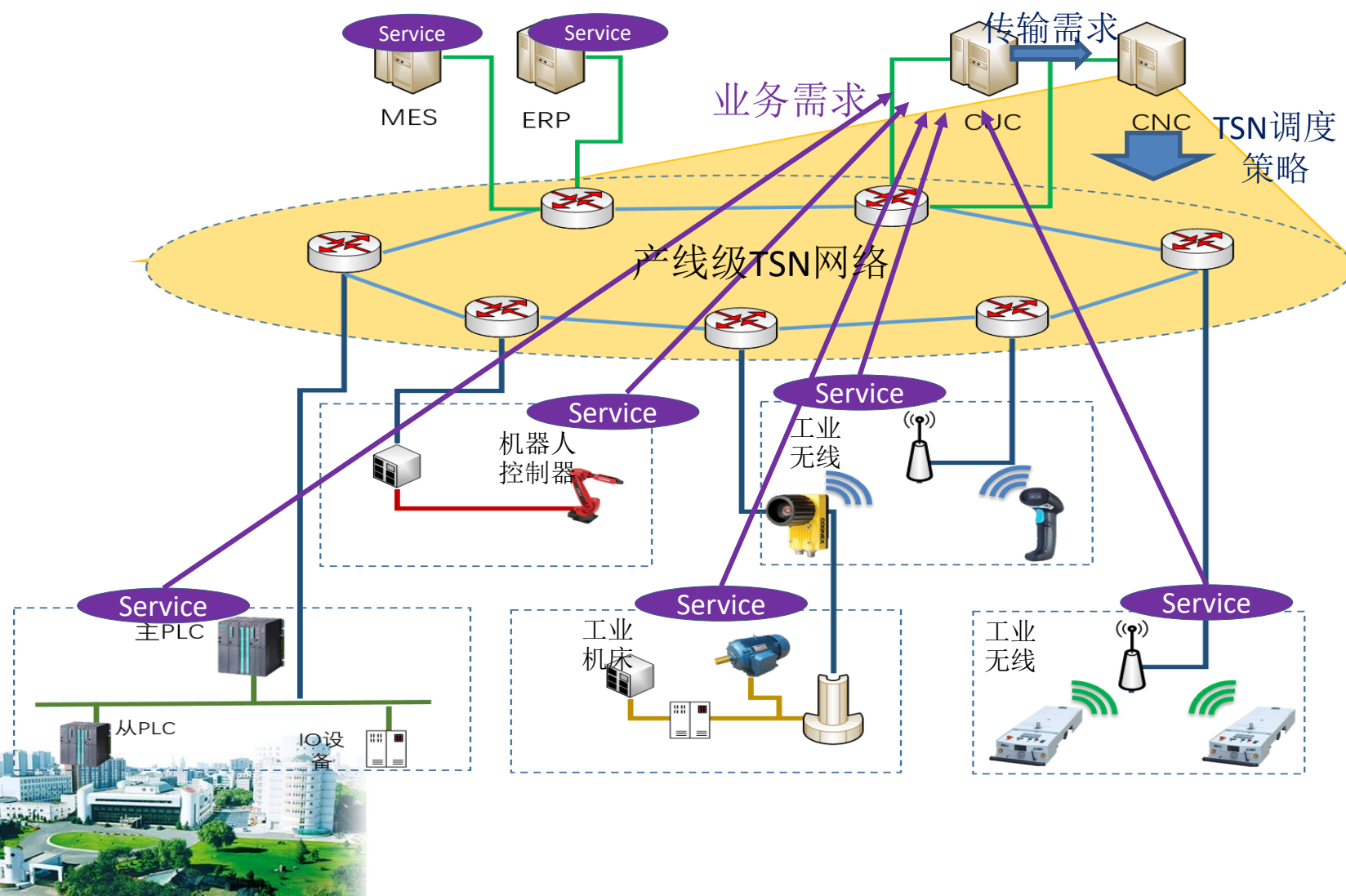
当前工业网络体系架构

工业发展对网络的需求

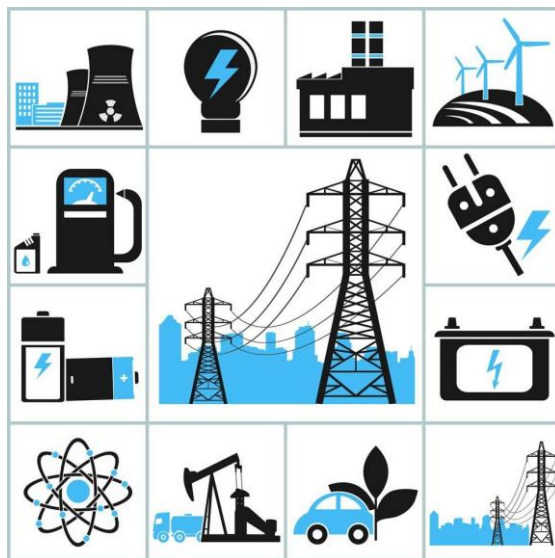
基于TSN工厂网络愿景



基于TSN的工厂网络愿景



敬请各位专家老师指教！



致谢

