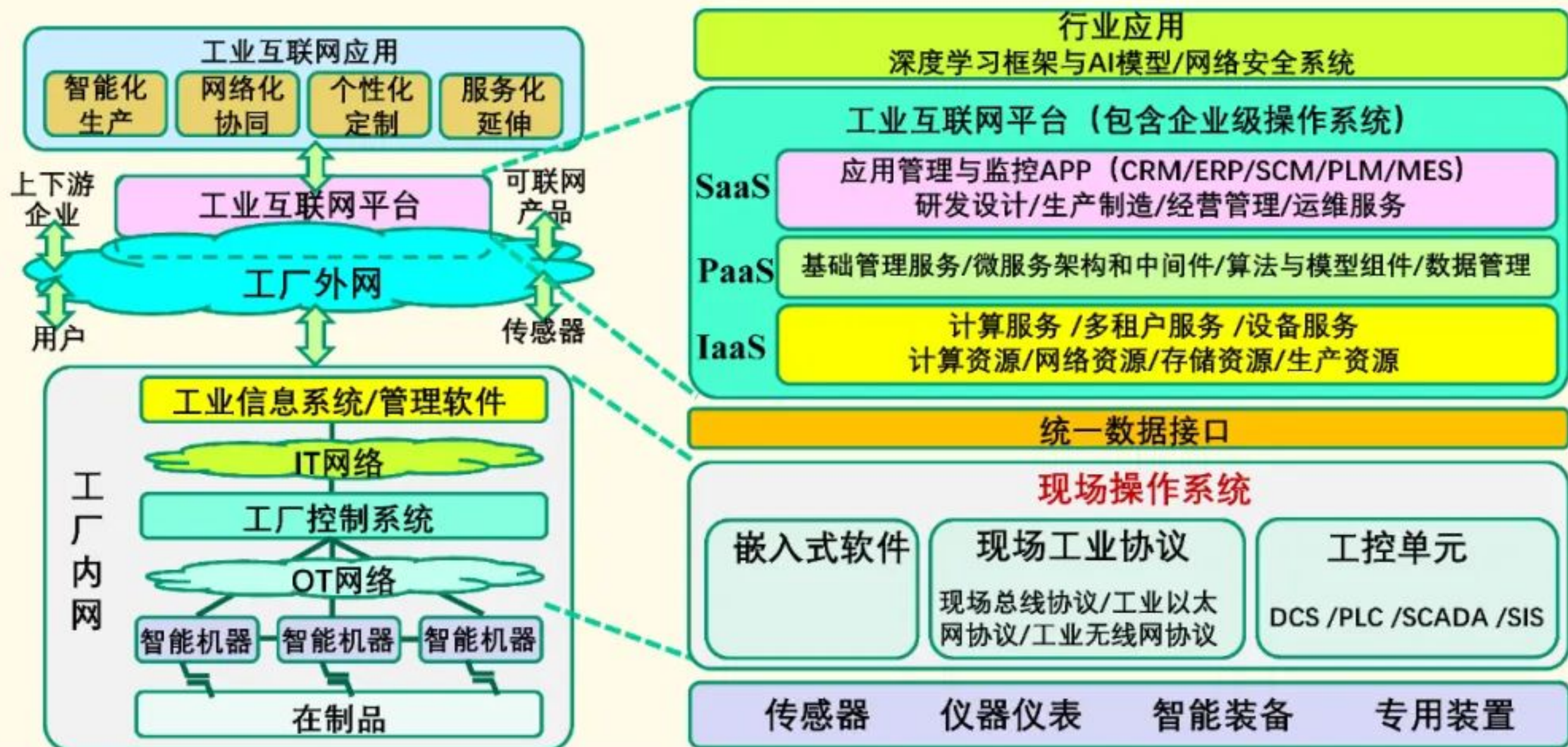


工业互联网平台与现场操作系统

邬贺铨

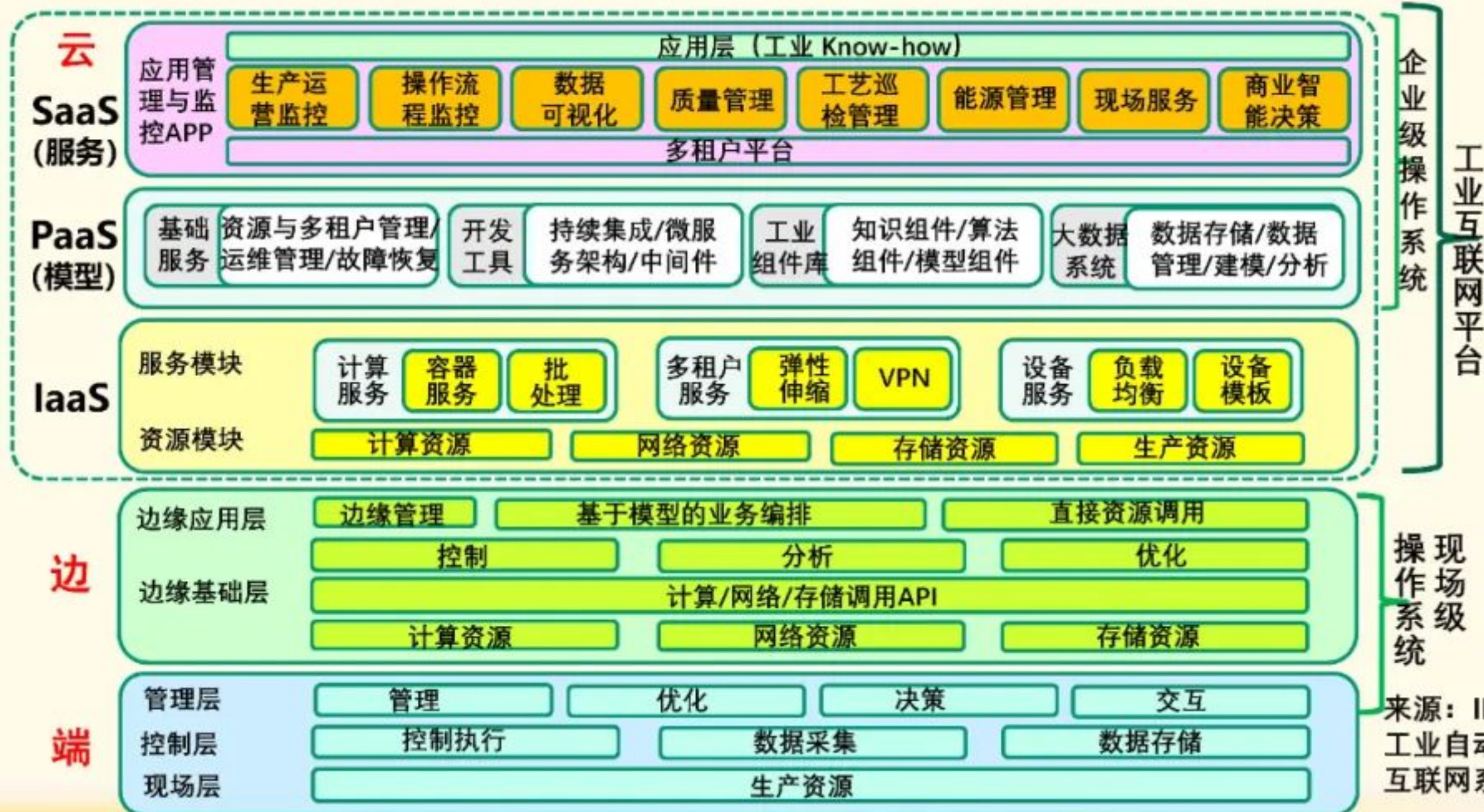
2023.05.28

工业互联网的平台与操作系统



来源: GB/T 42021-2022 工业互联网 总体网络架构

工业互联网平台



大企业可自建工业互联网平台，中小企业可从公有云获得这一能力

全球市场67%为前十大平台所占，国内平台集中度低

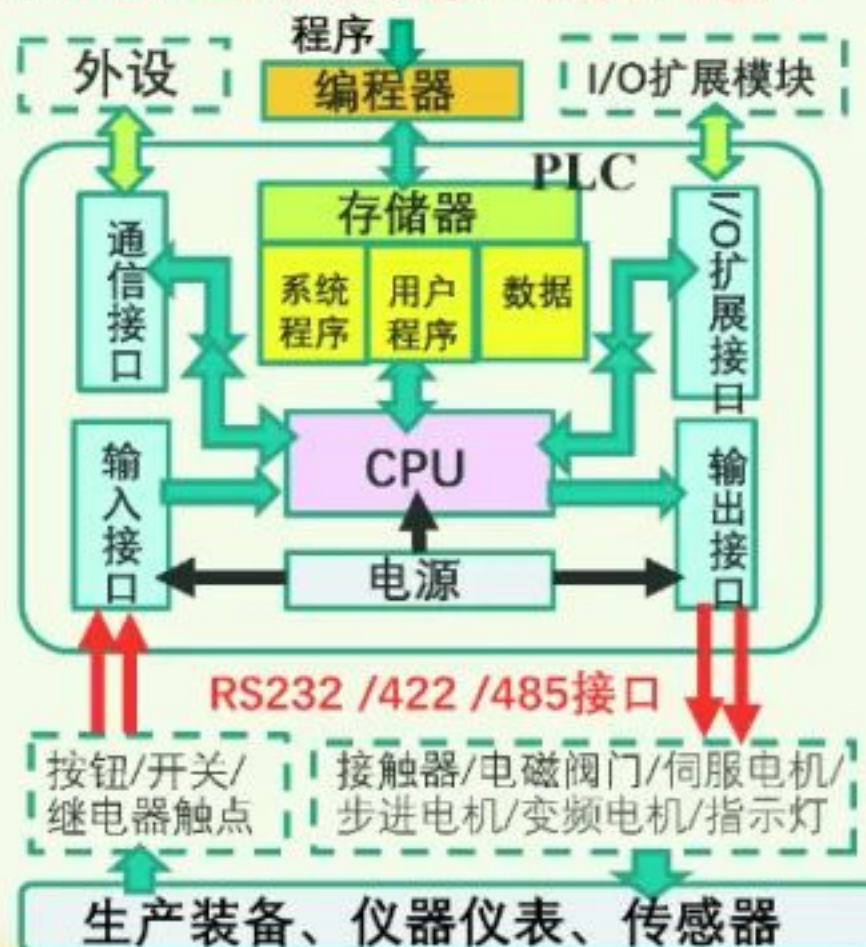
来源：IEC标准--- 面向工业自动化应用的工业互联网系统功能架构

企业现场级工控系统 (ICS)

◆ PLC (可编程逻辑控制器)

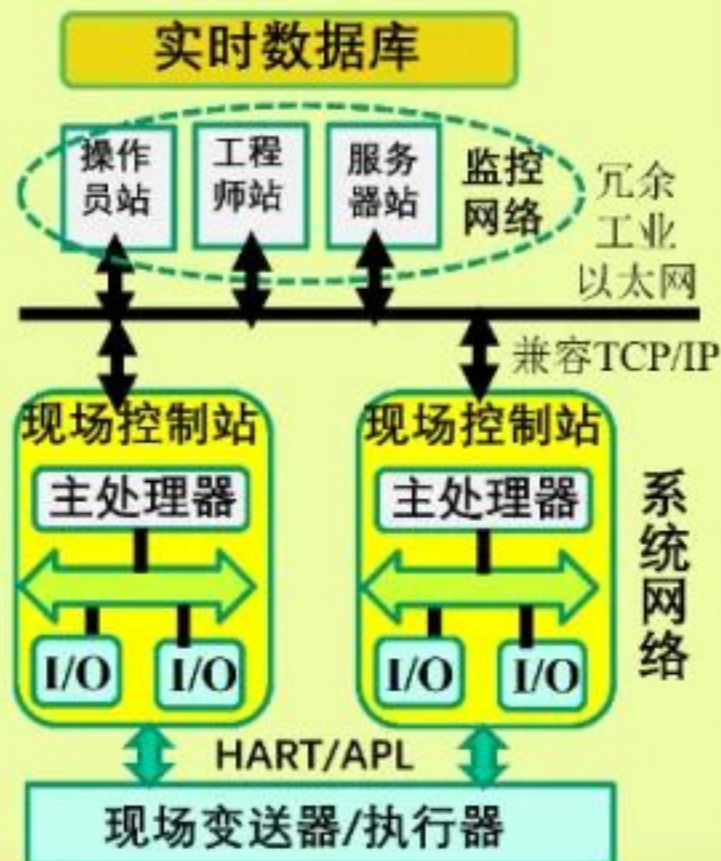
轮询端口开关量/数字量/模拟量。过程驱动、逻辑运算/控制，简单但扩展性差

RS232 /485/现场总线/工业以太网接口



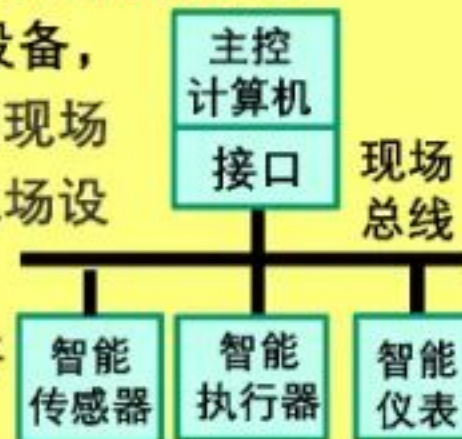
◆ DCS (分布控制系统)

含控制、操作、现场测控三级，集中监控分布控制，树状拓扑，适于场站的大规模连续过程控制。



◆ FCS (现场总线控制系统)

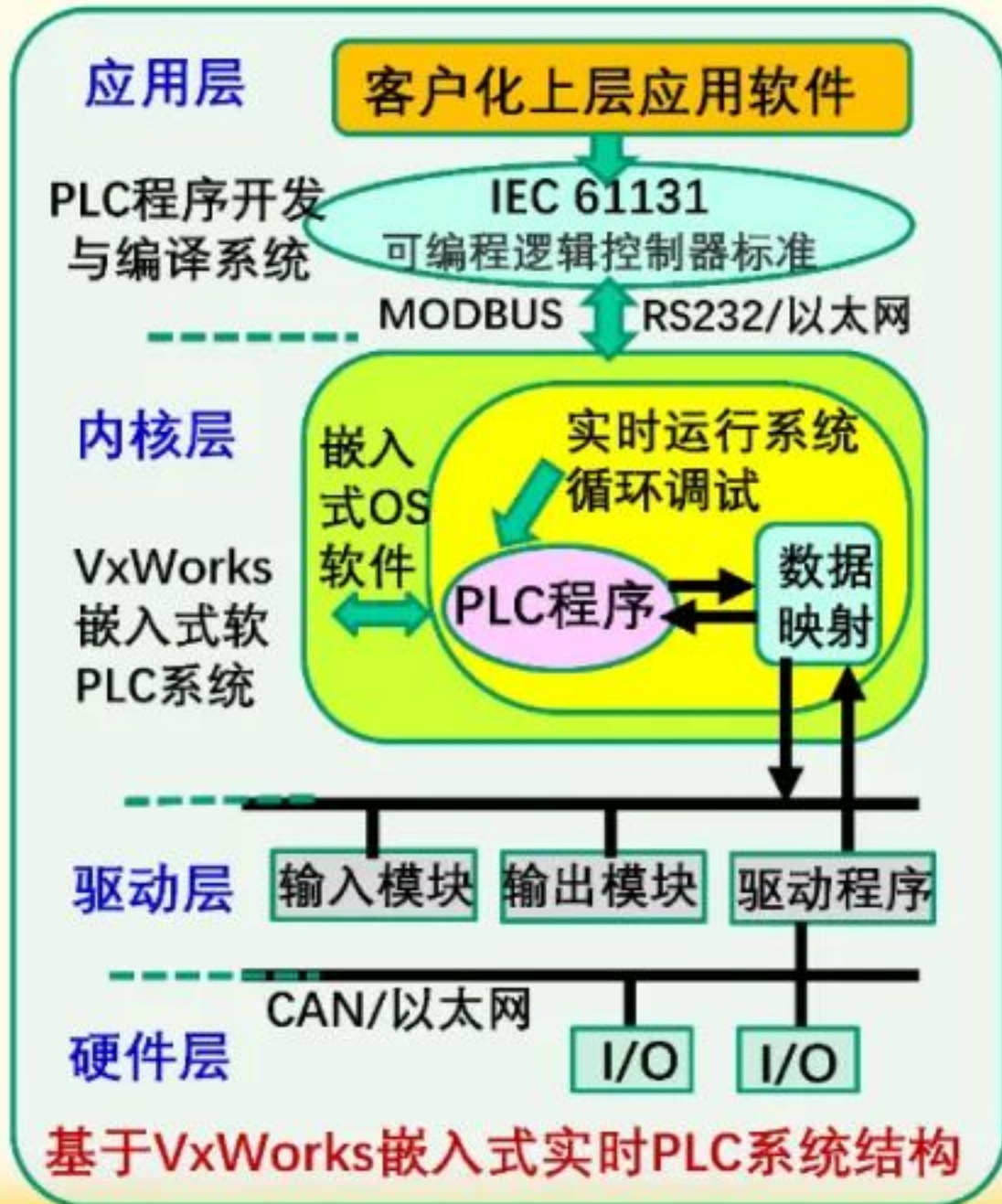
无需A/D等I/O设备，控制功能延伸到现场并用总线连接现场设备，全数字化通信，扩展性好



◆ APL (先进物理层) 适于流程工业



现场级嵌入式软件



- ❑ 嵌入式软件是现场级工业操作系统的核心。
- ❑ 嵌入式软件负责嵌入式系统的全部软、硬件资源的分配、任务调度、控制、协调并发活动。通常包括与硬件相关的底层驱动软件、系统内核、设备驱动接口、通信协议、图形界面等。
- ❑ 现场级主要的工控嵌入式软件有美国的VxWorks、RT-Linux、加拿大QNX、中国Intewell、SylixOS、锐华等。
- ❑ 国产与国外相比有不少差距，尤其实时性和安全性以及生态，相关编译器也严重依赖国外。
- ❑ VxWorks占据国内50%以上市场。

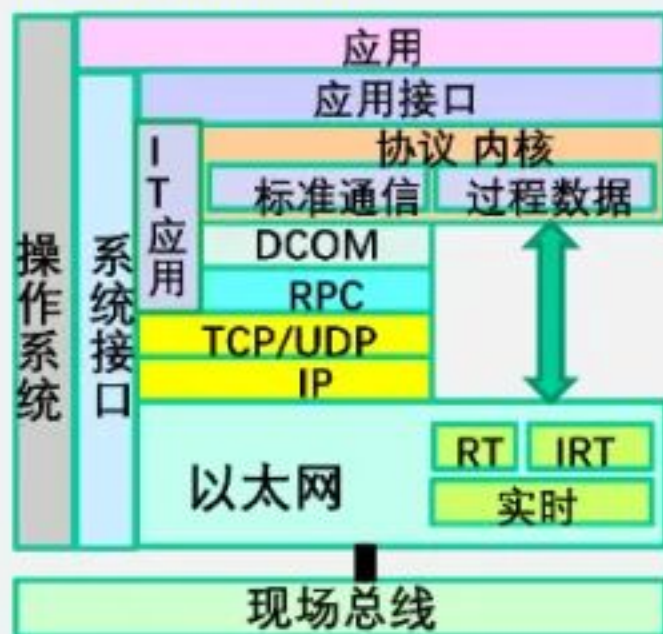
现场级工业通信协议

现场总线 (FCS)

- ◆ 在金属对绞线上连接智能现场设备和自动化系统，全数字、双向、多站、实时性通信。
- ◆ FCS 把DCS 控制站的功能块分散地分配给现场仪表，从而构成虚拟控制站。
- ◆ 以Profibus为例，9.6K/1200m或12M/200m。
- ◆ 现场总线协议标准有上百种，ModBus、InterBus、Profibus、HART/CCLink、CAN/FF、DeviceNet、WorldFip、LonWorks、Real Time EPA

工业以太网

- ◆ 以太网现在也面向工业现场级应用而改进实时性和可靠性。
- ◆ 适于离散制造的有ModBus-IDA、Ethernet/IP、Profinet；适于过程控制有Foundation Fieldbus HSE。



工业无线网

- ◆ IEC发布的工业无线网络标准有WirelessHART、ISA100.11a、WIA-PA和WIA-FA。
- ◆ WIA采用了确定性时隙通信、可自适应跳频的多信道接入、网络层的数据聚合和应用层的包聚合、优先级调度等技术。支持实时性、低功耗和高可靠。
- ◆ WIA在2.4G频段5M或40M带宽实现250K和54M速率。
- ◆ 5G的TSN和确定性IP具备作为工业无线网应用的条件。

APL（先进物理层）传输通道

流程工业企业现场级的主设备（主机应用程序）与从设备（传感器/执行器等现场设备）间距离可长达1km，主要传输介质为一对金属双绞线并支持直流馈电，现场对本安防爆有严格要求。

HART(可寻址远程传感器高速通道)

在模拟信号（4~20mA电流回路通断指示）上叠加FSK双音频调制（2.2/1.2kHz）幅度为0.5mA功率36mw的1.2kBps数字信号，传递设备状态、诊断、计算值等。半双工主从模式，运维简单直观，但需加网关才能连到以太网，带宽低、无保护、成本高。

标准以太网

技术成熟、灵活，成本低，但以太网连线电缆默认设置是8根线，连线长度短（< 100m）、不防爆，无法应用到生产过程现场。

现场总线设备

普遍不支持总线供电、速率仅31.25kBps，距离短、抗干扰能力差，而且需通过网关进行协议转换才能接到控制系统

APL（先进物理层--- 10BaseT1L， IEEE802.3cg-2019）

基于单对双绞线，全双工、直流平衡、4B3T 编码，PAM 3 调制，符号速为 7.5 MBd，点对点通信，本安实现10M@1km+供电。

相比HART，发送功率在防爆/非防爆场景分别高15倍和百倍，支持现场级更强的数据处理及传输能力。

德国BASF在湛江一体化项目成为全球商用APL规模最大的企业，仪表运维成本下降50%

突破工业互联网发展瓶颈

- 工业互联网个性化主要表现在现场级，重点与难点在现场级操作系统。
- 现场级操作系统发展面临的挑战：
 - ◆ 大多数企业的现场级网络不是一张白纸，标准碎片化，协议欠开放，IT/OT难以融合；
 - ◆ 基本依赖国外产品，自主可控堪忧。
- 现场级操作系统创新发展的机遇
 - ◆ 我国80%的企业在现场级操作系统方面还是空白；
 - ◆ 已经使用的现场级操作系统的产品有些年代已久，技术不适应T化、云化和5G的发展；
 - ◆ 原有的现场级操作系统不适应新型工业化对实时性和控制点规模的要求；
- 政府引导垂直行业龙头牵头开发现场级工业操作系统的统一标准，当前可从各类现场级操作系统标准的最大公约数入手开发并推荐兼容标准，明确新增市场采用统一标准。
- 抓工业CPU开发，以5G工业模组为抓手，推动软硬结合、IT/OT的融合，建立新型现场级垂直系统生态。