



上海交通大学

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY



工业4.0与机器人网络控制技术

付庄

2016.11.25



CONTENTS



工业4.0和中国制造



机器人网络控制技术

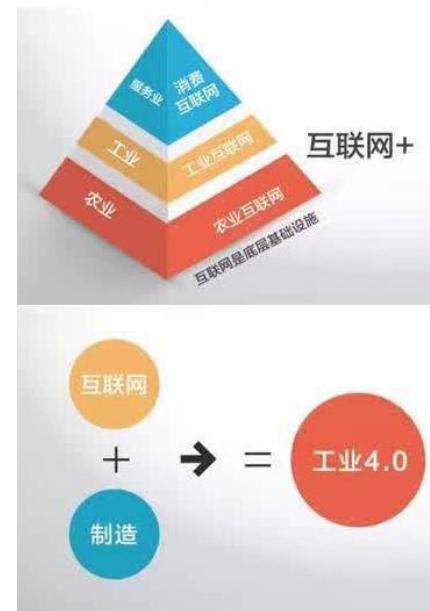
01

工业4.0简介



01

工业4.0简介

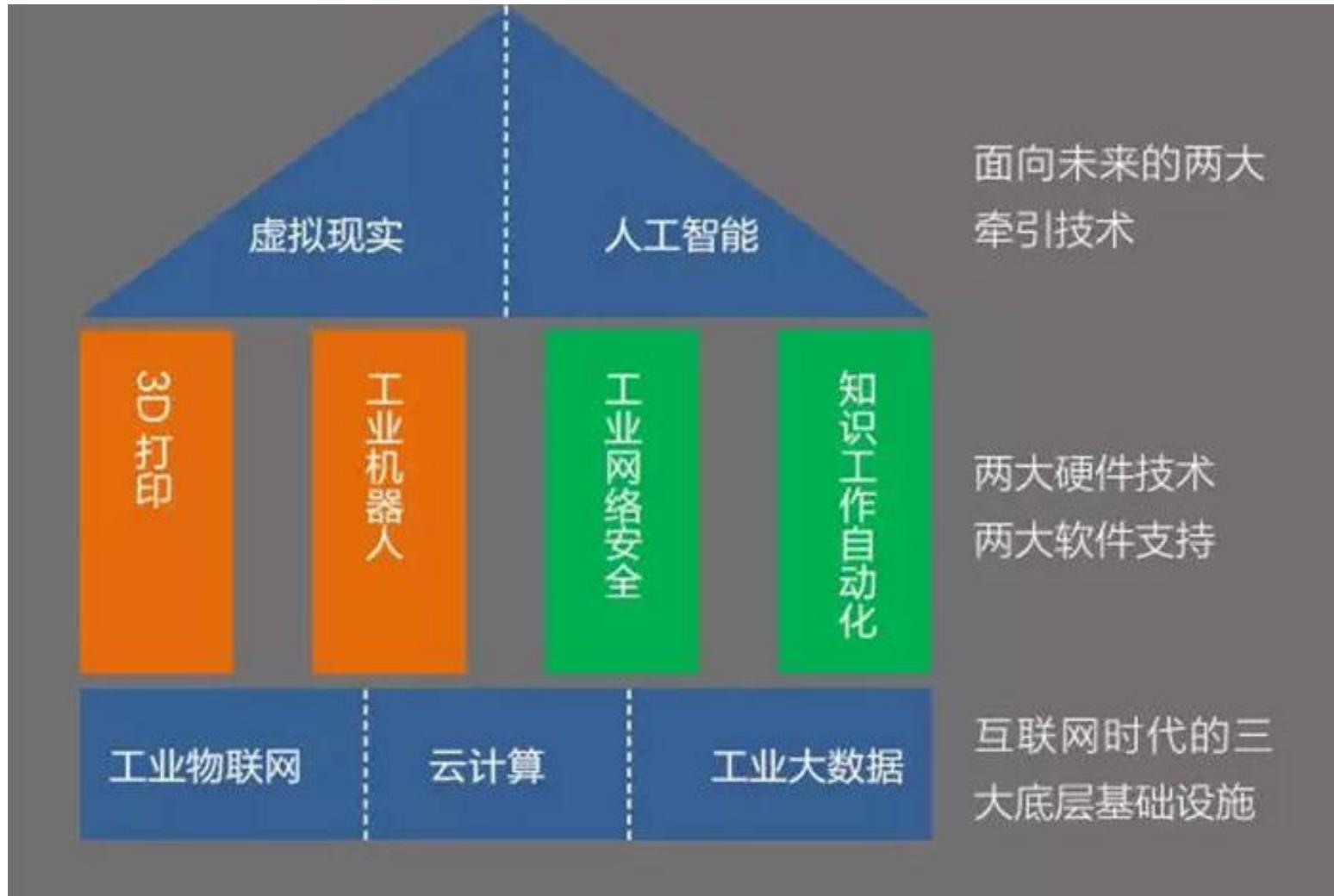


“工业4.0”战略旨在通过深度应用信息技术和网络物理系统等技术手段，形成CPS系统(cyber physical system)，将制造业向智能化方向转型，是在工业3.0自动化基础上的延伸和深化。

01

工业4.0简介

CPS系统：信息物理系统，综合计算、网络和物理环境的多维复杂系统，通过3C（Computer、Communication、Control）技术的有机融合与深度协作，实现大型工程系统的实时感知、动态控制和信息服务。其核心在于信息交互，包括机器与机器、机器与人以及工件与工作台之间的交互。



可以看出，机器人（工业）是工业4.0的一个重要组成部分，尤其是智能工业机器人。

01

工业4.0简介

随着人力成本的上升，如何降低产品的成本以提高利润空间是一个制造型企业可持续发展的基础。以智能工业机器人替代人的方案备受企业青睐。

在这种情况下，智能机器人需要理解工作任务并实施，同时也能识别外界环境的变化并作出决策，例如机器人根据任务的改变或者环境的变化，知道何时提高或降低加工速度。

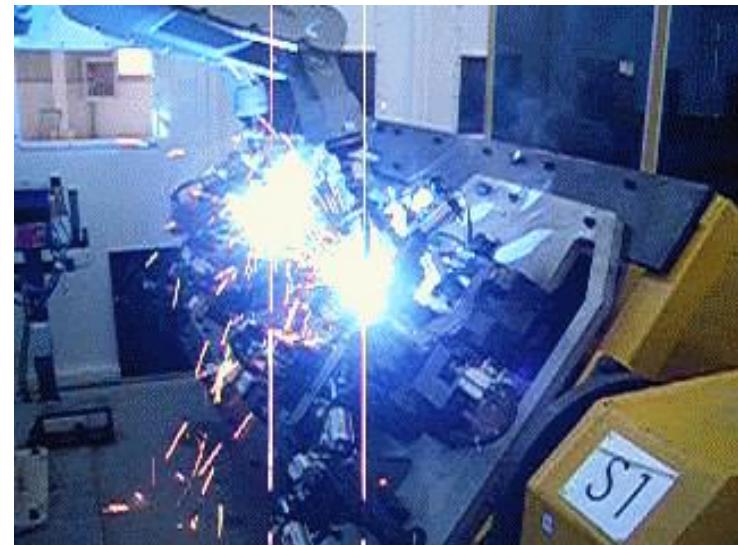
要使机器人智能化程度提高，其控制技术需要提高到更高水平，尤其是智能化控制系统的开发，同时还需要结合智能传感器技术。



中国制造的变化



手工变自动



有人到“无人”



中国制造的机器人化改造

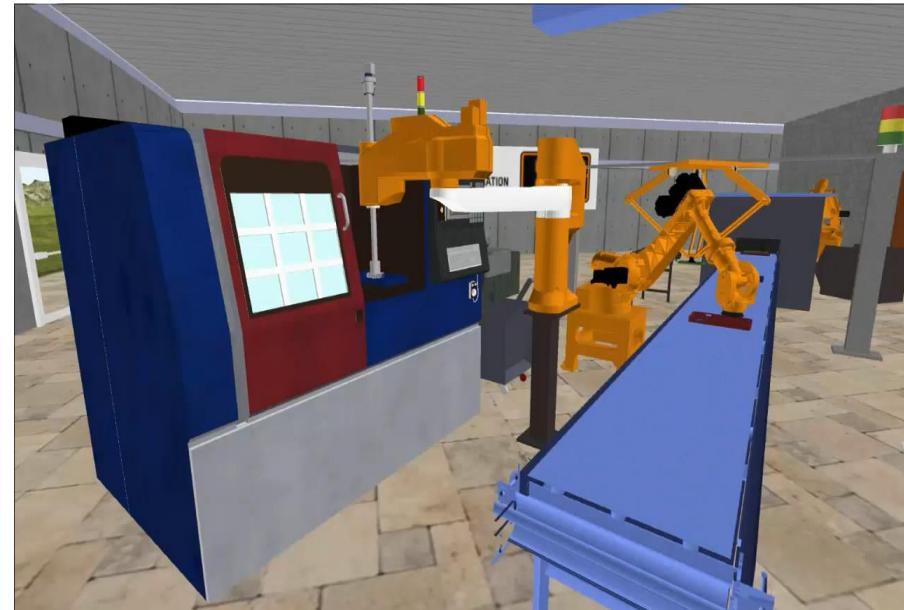
大数据

云计算

预测与诊断

现实

认知计算与
深度学习



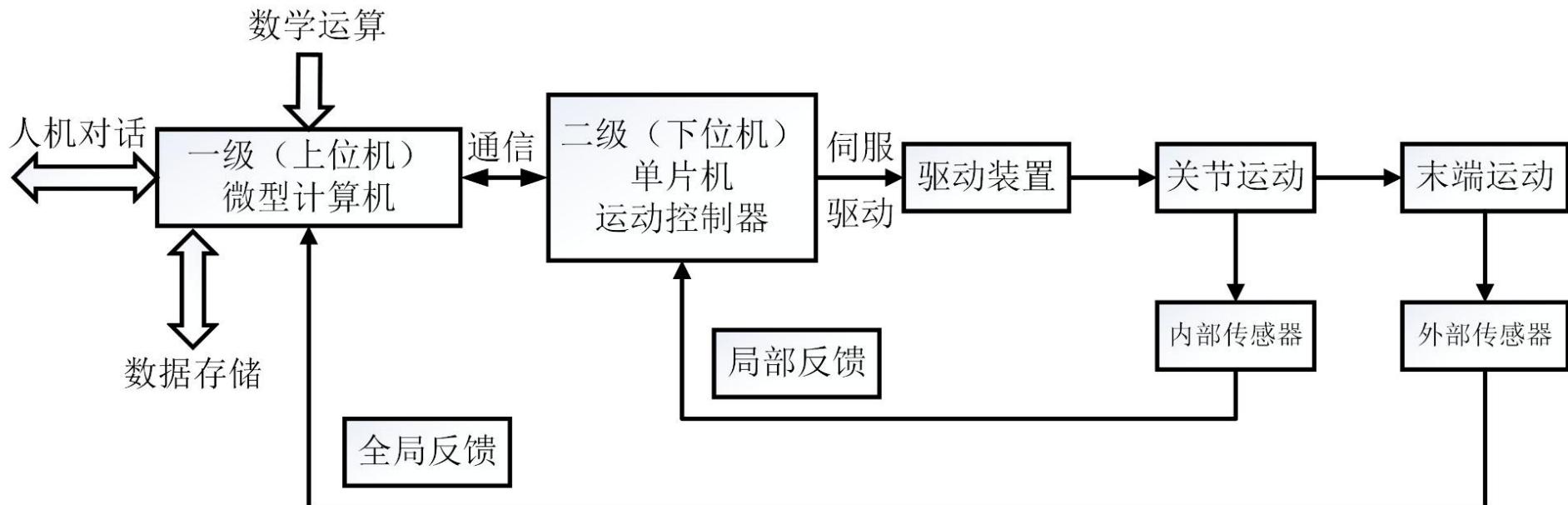


02

机器人网络 控制技术

02

现有的控制技术

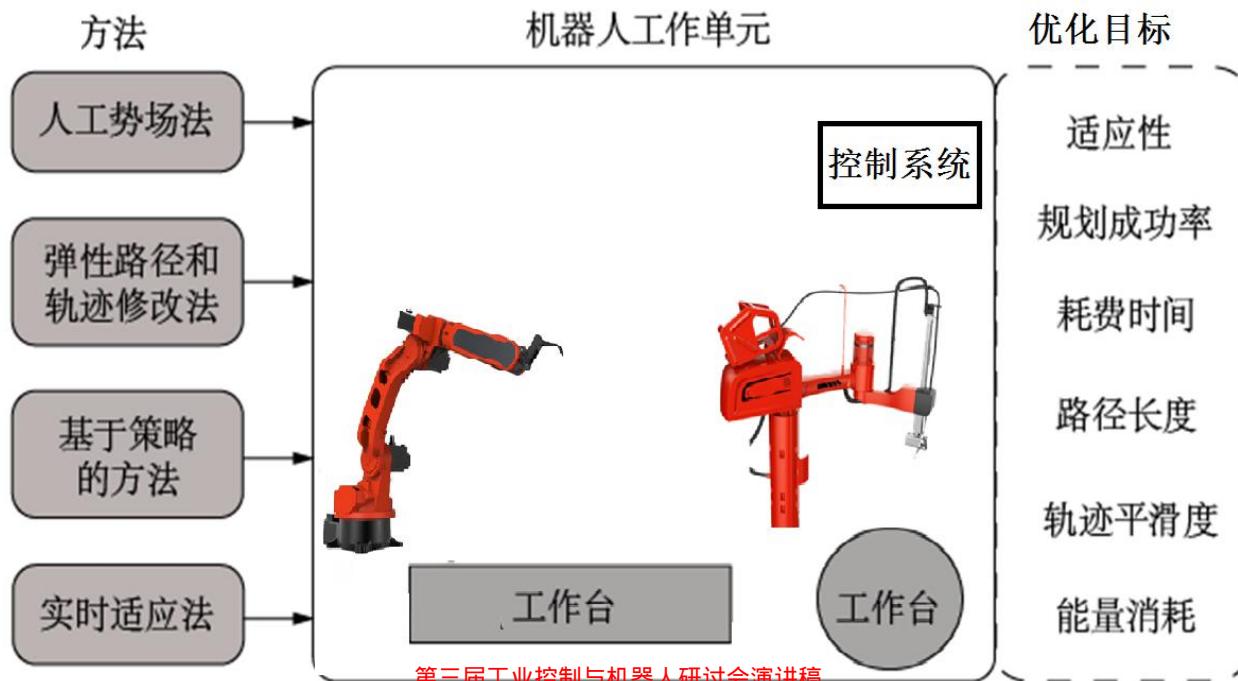
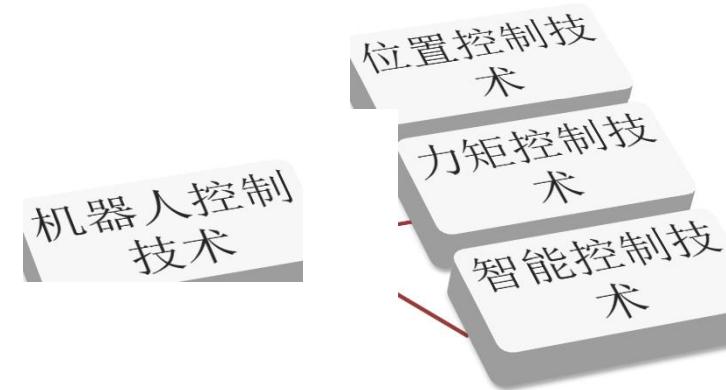


典型的机器人两级计算机伺服控制系统

02

现有的控制技术

机器人控制技术指为使机器人完成各种任务和动作所执行的各种控制手段，既包括实现控制所需的各种**硬件系统**，又包括各种**软件系统**。



02

控制技术发展趋势

工业4.0下的机器人控制系统将更具智能性和协调组织能力，其主要表现在以下几个方面：

建立实时的网络化系统

语音控制、人脸识别技术，人机交互友好

基于智能传感器的自主控制技术，人工智能

机器人控制系统对总线的要求:

1)实时性要求高

与过程控制的测量与控制不同，要求机器人控制系统的响应速度更快，其循环周期往往低至 $200\mu\text{s}$ 甚至可能更低。

2)延时要求短

对于高速运动控制，网络延时越短控制精度越高。例如移动机器人的速度为 100m/min ，则 $1\mu\text{s}$ 的延时会引起 0.17mm 的误差。

3)传输数据量要求大

现代无人化工厂对机器人驱动的伺服轴数要求越来越多，有的工厂会用到上百个伺服轴，这就要求控制器与驱动器进行大量的数据传输。

4)对于网络的功能性要求

首先要求网络支持“热插拔”，这有利于对机器人系统在运行期间能够进行检修。其次要求“直接交叉通信”。这是较为高效的数据交换方式，对于多个伺服轴的同步控制而言，交叉通信使数据无需被主站处理，而仅在从站间自主传输并计算，这就为智能驱动控制、智能控制奠定了基础。

02

控制技术发展趋势

模式化、标准化、
智能化机器人控制技
术在软硬件方面的具
体表现：

标准化控制

硬件

现场总线，将所有控制
器、伺服驱动、传感器
等组件连接起来

完全开放式的硬件结构

网络化控制器

软件

模块化、层次化的控制
器软件系统

人机交互时的安全控制
与故障诊断

02

控制技术发展趋势

现场总线 (Field bus)：近年来迅速发展起来的一种工业数据总线，它主要解决工业现场的智能化仪器仪表、控制器、执行机构等现场设备间的**数字通信**以及这些现场控制设备和高级控制系统之间的**信息传递**问题。

现场总线应用广泛，像我们熟悉的有CAN和RS485等，但是随着工业自动化的发展，对速度和精度提出了新的要求，诸如Ethernet POWERLINK、EtherCAT、PROFIBUS等现场总线应运而生。

IEC61158 第四版规定的现场总线类型

类型	总线名称	类型	总线名称
Type1	TS61158 现场总线	Type11	TCnet 实时以太网
Type2	CIP 现场总线	Type12	EtherCAT 实时以太网
Type3	Profibus 现场总线	Type13	Ethernet Powerlink 实时以太网
Type4	P-NET 现场总线	Type14	EPA 实时以太网
Type5	FF HSE 高速以太网	Type15	Modbus-RTPS 实时以太网
Type6	SwiftNet 被撤消	Type16	SERCOS I、II 现场总线
Type7	WorldFIP 现场总线	Type17	VNET/IP 实时以太网
Type8	INTERBUS 现场总线	Type18	CC_Link 现场总线
Type9	FF H1 现场总线	Type19	SERCOS III 实时以太网
Type10	PROFINET 实时以太网	Type20	HART 现场总线

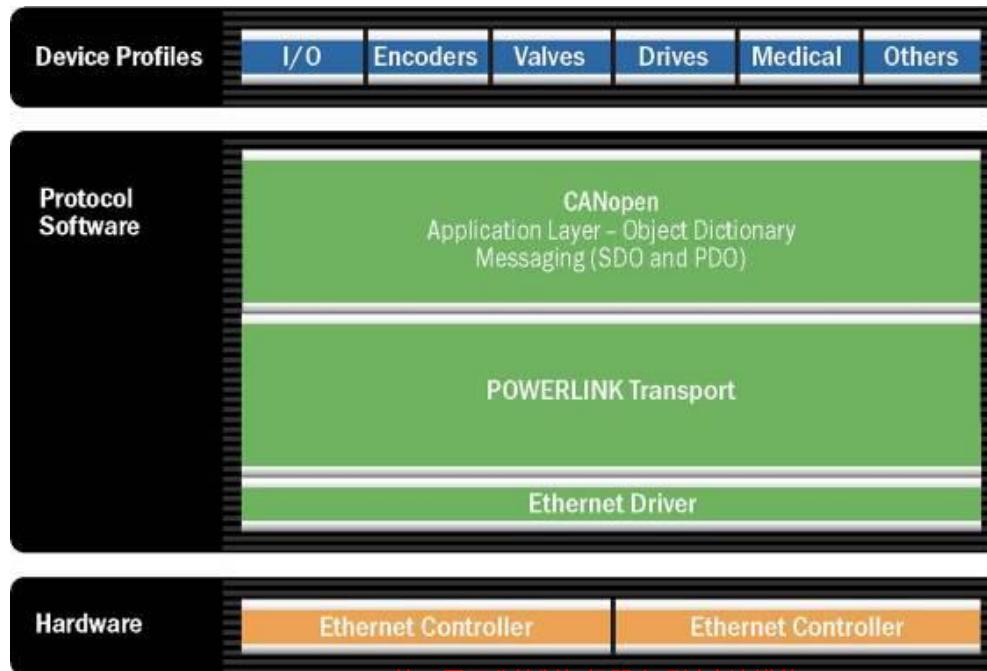
位置以及力矩控制技术是基础，智能控制技术是新的发展方向，潜力巨大，基于工业4.0的大数据、云计算、网络化更显竞争力。

几种实时以太网总线之间的比较

总线 比较项目	POWERLINK	EtherCAT	ProfiNet	Ethernet/IP	SERCOS III
发布时间	2001	2003	2006	2006	2008
冗余支持	是	否	是	是	是
应用层协议	CANopen	CANopen	Profibus	DeviceNet	SERCOS
交叉通信	是	否	是	是	否
循环周期	100μs	100μs	100μs	100μs	100μs
抖动	50~80ns	20ns	20ns	100ns	50~80ns
技术实现	无ASIC	ASIC	ASIC	无ASIC	ASIC
开放性	主从开放	需购买授权	从站开放	主从开放	主从开放
通信模式	轮询机制	集束帧	轮询机制	轮询机制	集束帧
时钟标准	IEEE1588	IEEE1588	IEEE1588	IEEE1588	IEEE1588
安全支持	openSAFETY	FEoE	ProfiSafe	CIP Safety	SERCOS Safe

POWERLINK

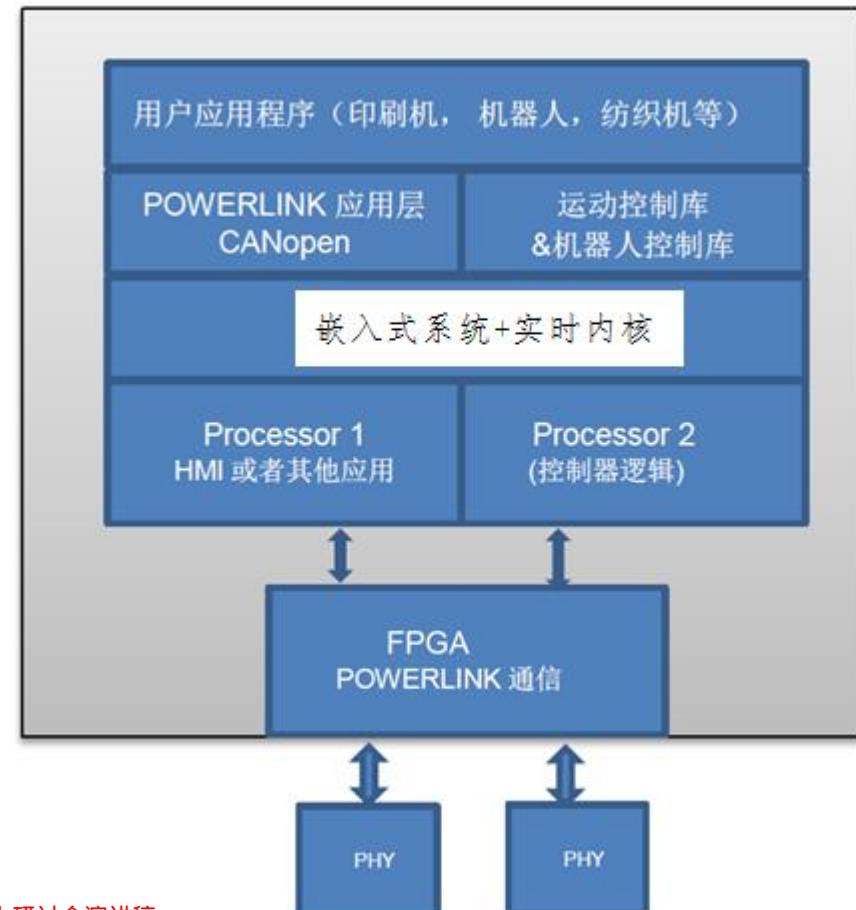
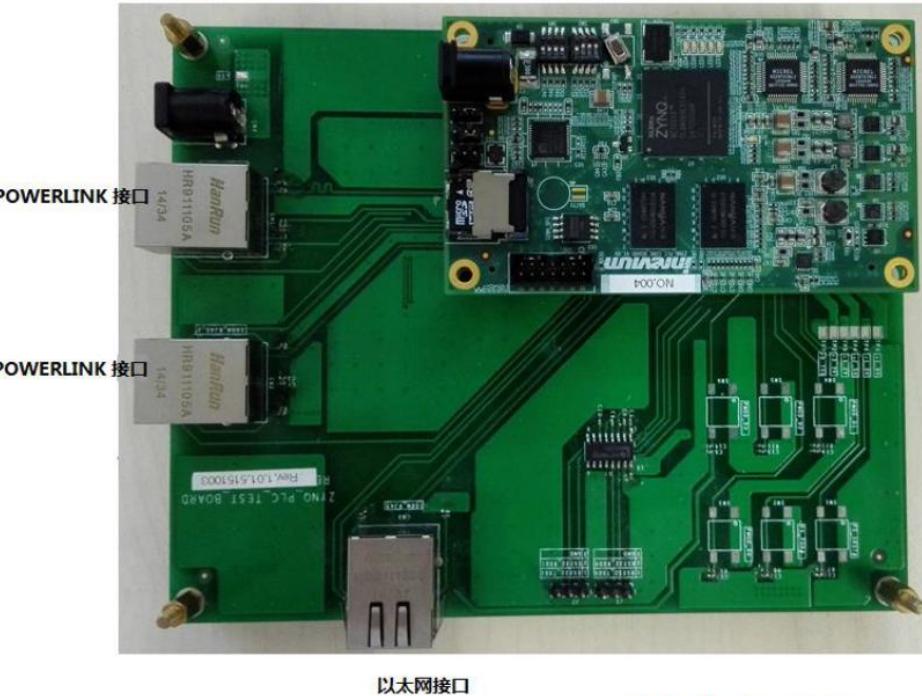
POWERLINK 就是基于以太网的 CANopen，包括三层：应用层（CANopen），数据链路层（stack），物理层（标准以太网），具有性能高、适合于运动控制、便于集中和分散控制、可以多路复用、网络拓扑灵活等优点。





工业机器人中应用POWERLINK 的实例

基于 ZYNQ 的控制器软件架构如下图所示：





EtherCAT

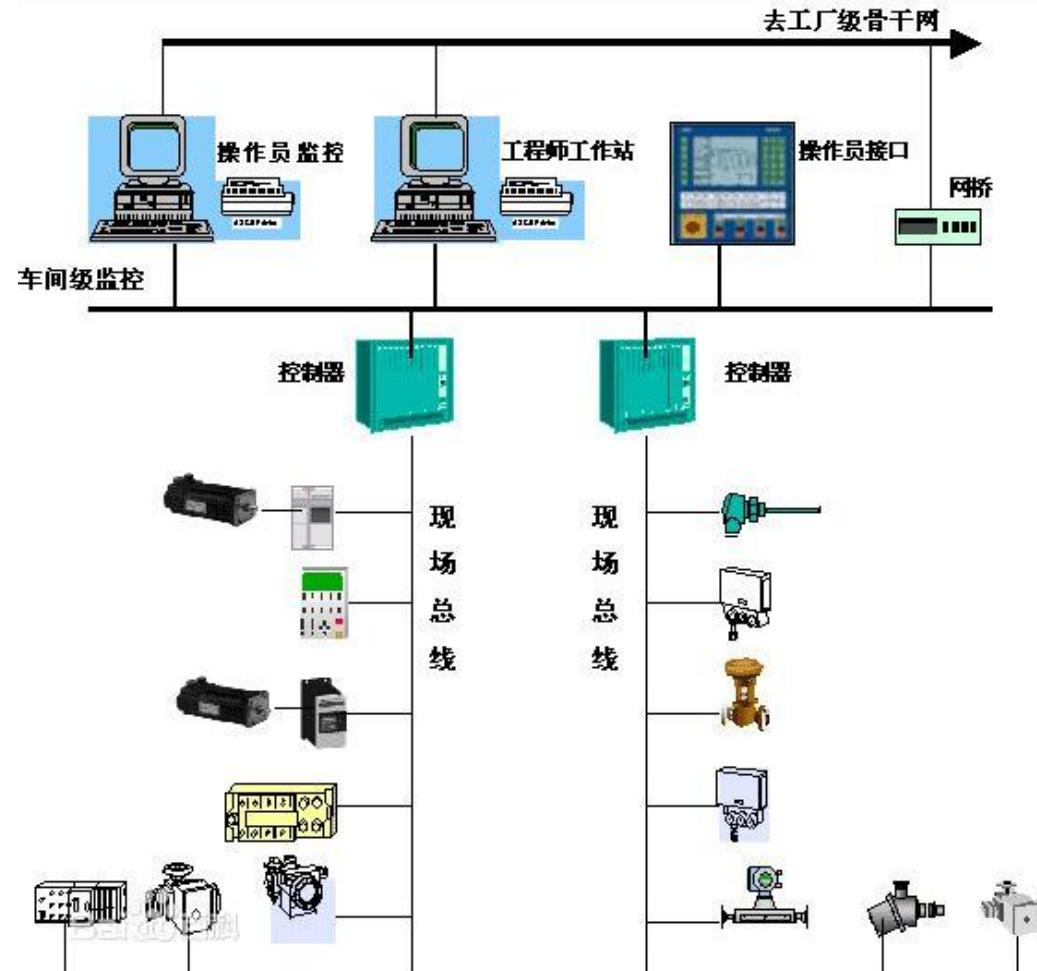
EtherCAT（以太网控制自动化技术）是一个以以太网为基础的开放架构的现场总线系统，它是一个开放源代码，高性能的系统，目的是利用以太网协议，在一个工业环境，特别是工厂和其他制造业，对机器人等设备进行控制。





PROFIBUS

PROFIBUS，是一种国际化、开放式、不依赖于设备生产商的现场总线标准，可使分散式数字化控制器从现场底层到车间级网络化，与其他现场总线相比，优点是具有稳定的国际标准EN50170作保证，并经实际应用验证具有普遍性。





①

示教再现机器人

示教编程
控制系统
重复作业
自动生产

按事先示教或编程的位置和姿态进行重复作业的机器人。主要用于搬运、喷漆、焊接等

②

视觉机器人

视觉系统
传感器
容错技术
柔性生产

带有视觉、触觉等外部传感器，具有不同程度感知环境并自行修正程序的功能。可完成较为复杂的作业，如装配、检查等

③

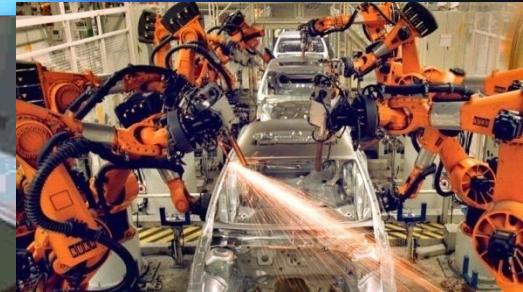
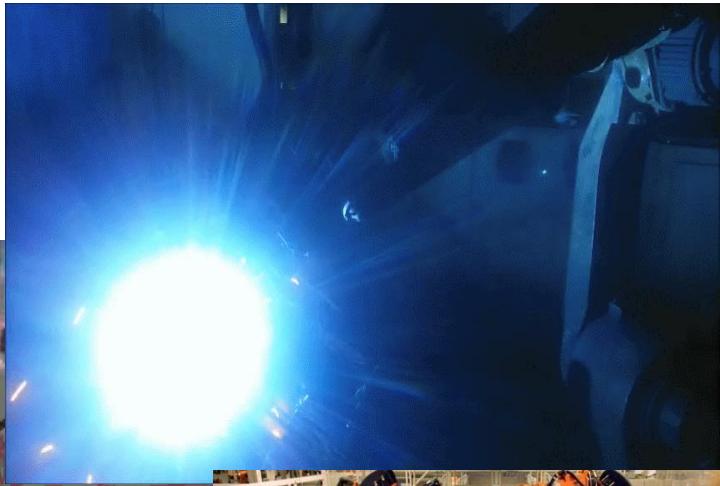
智能机器人

工业4.0
CPS
人机交互
大数据
智能生产

除具有外部感知功能外，还具有一定决策和规划的能力，从而适应环境的变化而自主的工作

软件技术：前所未有的重要

- ◆ 从单机智能化直接编程解决，到工厂智能化与深度学习算法设计
- ◆ 多机器人系统总体信息平台的设计
- ◆ 智能传感器网络的设计





- “个性化制造”
- “大众化制造”
- 循序渐进原则
- 要考虑国情！



上海交通大学

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

