



北京航空航天大学
BEIHANG UNIVERSITY

新型机器人控制器： 通用工控机+软件运动控制

负 超 教授

北京航空航天大学机器人研究所



目 录

- 1、 机器人控制器的概述及发展
- 2、 全新的控制方案： 工业PC控制系统
- 3、 工业PC控制与传统控制方式的比较
- 4、 信息与自动化技术完美结合—工业PC控制技术
- 5、 控制的“大脑”—软件运动控制
- 6、 展望



1.1 机器人控制器的组成

- (1) 控制计算机：控制系统的调度指挥机构。一般为微型机、微处理器等，有32位、64位。
- (2) 示教盒：完成机器人的工作轨迹和参数设定，以及所有人机交互操作，与主计算机之间以串行通信方式实现信息交互。
- (3) 硬盘和软盘：储机器人工作程序的外围存储器。
- (4) 数字和模拟量输入输出：完成各种状态和控制命令的输入或输出。
- (5) 打印机接口：记录需要输出的各种信息。

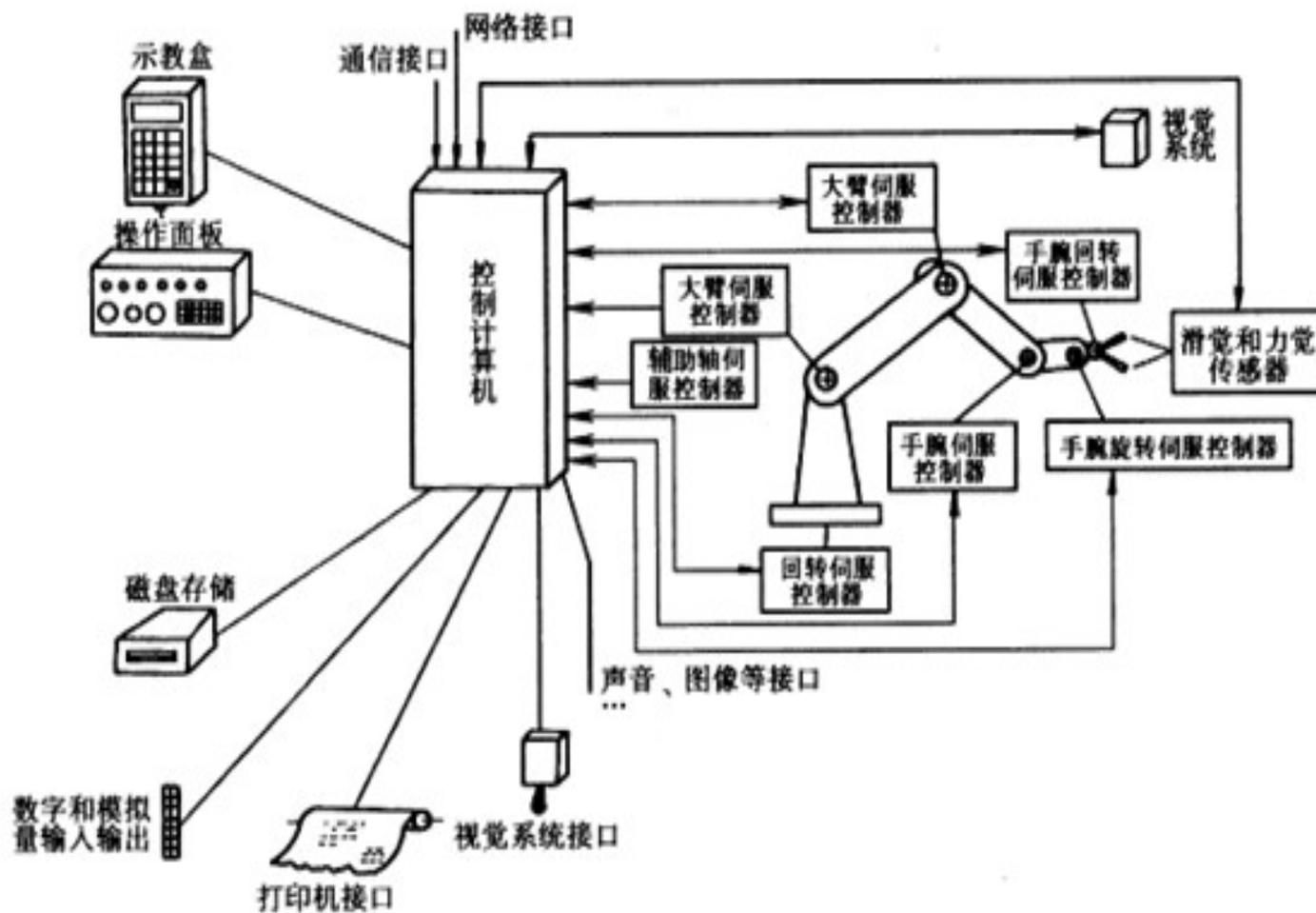


(6) 传感器接口：用于信息的自动检测，实现机器人柔顺控制，位置控制等。

(7) 运动控制器：完成机器人各关节位置、速度和加速度控制。

(8) 辅助设备控制：用于和机器人配合的辅助设备控制，如手爪变位器等。

(9) 接口：实现机器人和其他设备的信息交换，一般有串行接口、并行接口等。还有Ethernet、Fieldbus等网络接口；



机器人控制系统组成框图



1.2 机器人控制系统结构

机器人控制系统按其控制方式可分为三类：

(1) 集中控制系统：用一台计算机实现全部的控制功能，结构简单，成本低，但实时性差，难以扩展，在早期的机器人中常采用这种结构。其充分利用了PC资源开放性的特点，可以实现很好的开放性：多种控制卡，传感器设备等都可以通过标准PCI插槽或通过标准串口、并口集成到控制系统中。易于实现系统的最优控制，整体性与协调性较好，基于PC的系统硬件扩展较为方便。



但是系统控制缺乏灵活性，控制危险容易集中，一旦出现故障，其影响面广，后果严重；由于工业机器人的实时性要求很高，当系统进行大量数据计算，会降低系统实时性，系统对多任务的响应能力也会与系统的实时性相冲突；此外，系统连线复杂，会降低系统的可靠性。

(2) 主从控制系统：采用主、从两级处理器实现系统的全部控制功能。主CPU实现管理、坐标变换、轨迹生成和系统自诊断等；从CPU实现所有关节的动作控制。主从控制方式系统实时性较好，适于高精度、高速度控制，但其系统扩展性较差，维修困难。

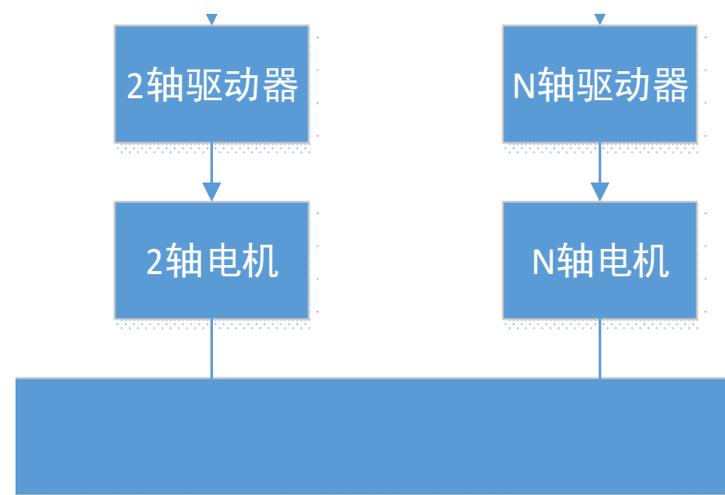


(3) 分散控制系统：按系统的性质和方式将系统控制分成几个模块，每一个模块各有不同的控制任务和控制策略，各模式之间可以是主从关系，也可以是平等关系。这种方式实时性好，易于实现高速、高精度控制，易于扩展，可实现智能控制，是目前流行的方式。其主要思想是“分散控制，集中管理”，即系统对其总体目标和任务可以进行综合协调和分配，并通过子系统的协调工作来完成控制任务，整个系统在功能、逻辑和物理等方面都是分散的，所以又称为集散控制系统或分散控制系统。



1.3 Soft型开放式运动控制器

此种控制方式提供给用户最大的灵活性,它的运动控制软件全部装在计算机中,而硬件部分仅是计算机与伺服驱动和外部I/O之间的标准化通用接口。就像计算机中可以安装各种品牌的声卡、CDROM和相应的驱动程序一样.用户可以在WINDOWS平台和其他操作系统的支持下,利用开放的运动控制内核,开发所需的控制功能,构成各种类型的高性能运动控制系统,从而提供给用户更多的选择和灵活性。其特点是开发,制造成本相对较低。能够给予系统集成商和开发商更加个性化的开发平台。具体结构形式如下图所示:





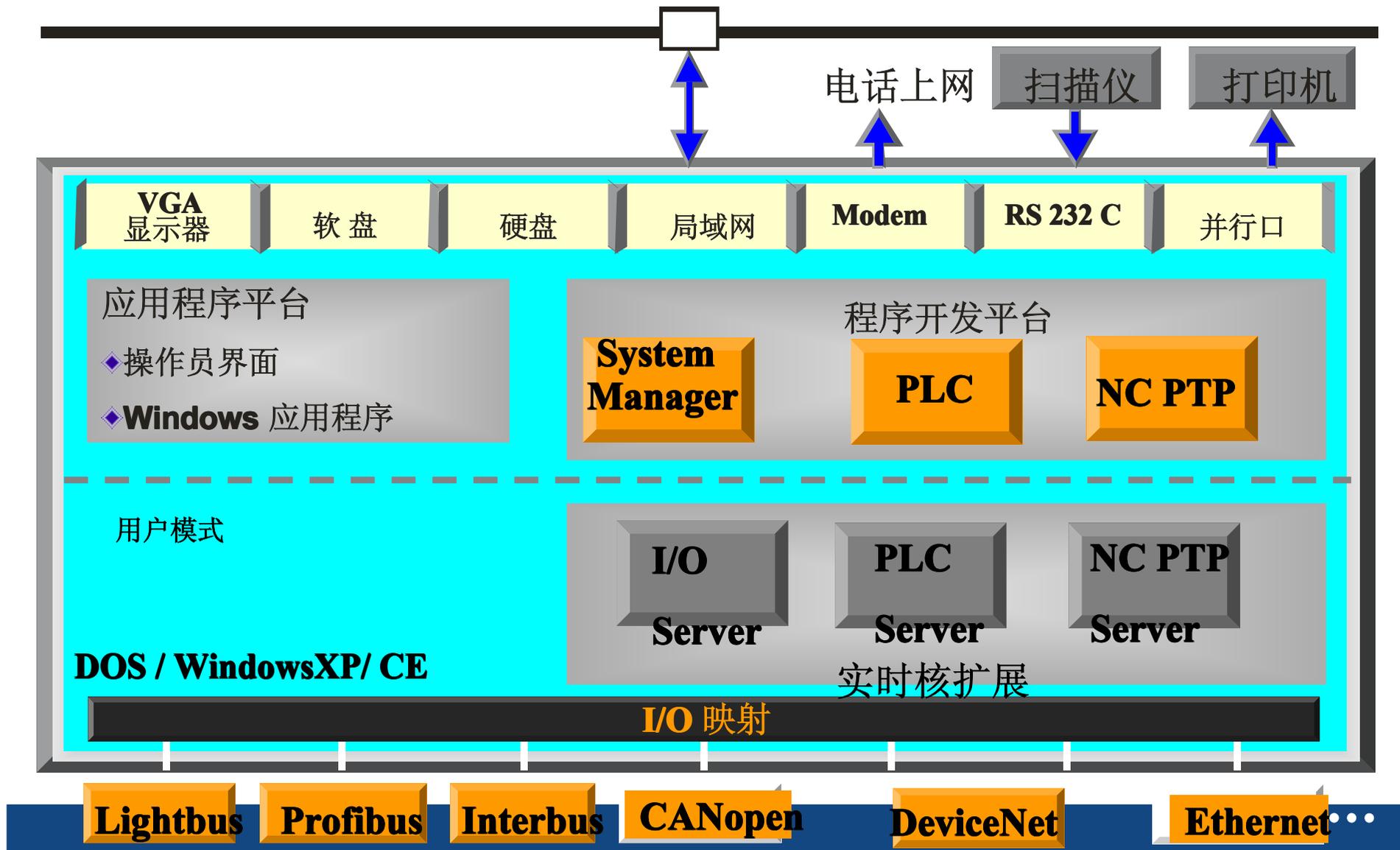
1.4 Soft型开放式运动控制器开发

软件设计任务包括 PC 端控制软件设计。PC 机控制软件包括 GUI 设计、核心控制算法设计、通信控制软件设计。

以EtherCAT开发为例，其开发一般都是采用TwinCAT 作为主站。TwinCAT 提供了强大的 EtherCAT 主站功能，包括 XML文件、EEPROM 配置文件的读取/下载，EtherCAT 从站设备的扫描查看等。使用 TwinCAT 查看 EtherCAT 从站设备的结果。由于 TwinCAT 软件是基于 Windows 风格，有着良好的人机界面，并且功能强大，非常便于从站设备的开发。



2 全新的控制系统：工业PC控制系统





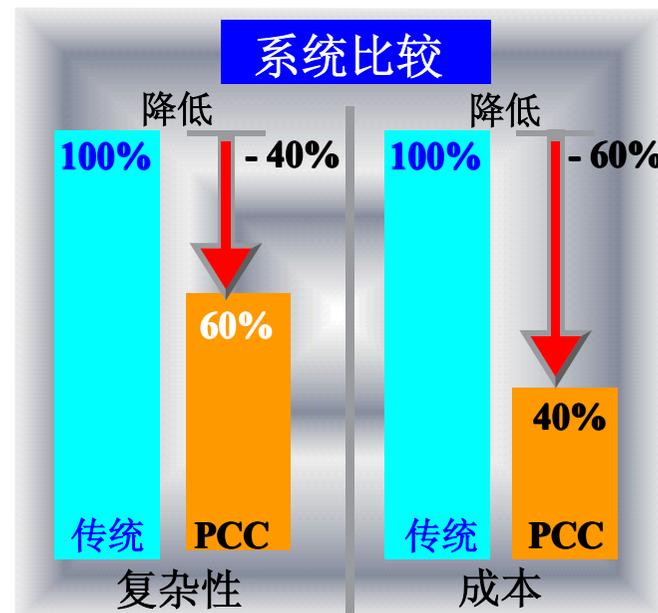
3 工业PC控制与传统控制方式的比较

■ 传统控制组成

- ◆ 硬件: 可视化 **PC, PLC, NC/CNC** 模块, 微处理器系统
- ◆ 软件: 多个操作系统, 编程语言, 编程系统
- ◆ 接口: 在硬件设备之间, 在软件系统之间, 集中式配电柜

■ PC 控制组成

- ◆ 硬件: **PC** 和现场总线, 支持所有标准
- ◆ 软件: **Windows CE** 操作系统, **PLC, NC PTP, TwinCAT,**
应用程序: **Windows** 软件产品和 **C, C++, VB, Delphi**
- ◆ 接口: 标准化软件接口, 分布式配电柜



优点:

- ◆ 成本低
- ◆ 减少了组件:
可靠性增加, 改善了互换性
- ◆ 降低复杂性:
减少工程量, 把较多的时间用于过程的优化上



3 工业PC控制与传统控制方式的比较

PC 硬件是标准化的和可互换的

→ 独立于硬件供应商

现场总线 I/O 通过现场总线实现标准化，因此可互换

→ 独立于硬件供应商

因特处理器系列和微软操作系统保持了连续性

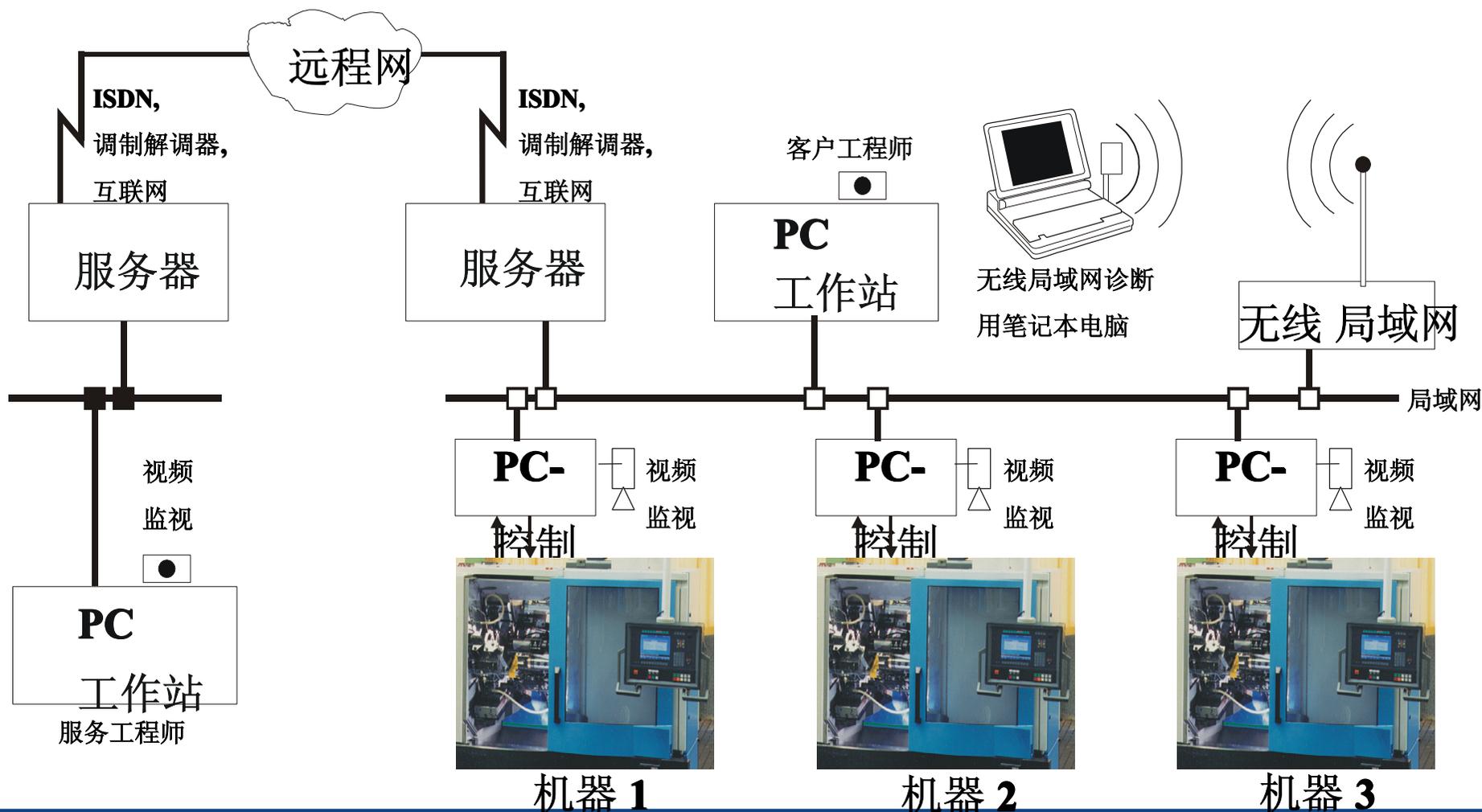
→ 对软件和专项技术的投资得到长期保护

PC 控制提供了 PLC, NC, 闭环控制, ... - 在标准硬件上完成项目应用

→ 某一厂家的所有设备采用同一个标准的硬件平台



4 信息技术与自动化技术完美结合—— 工业PC控制技术





4 信息技术与自动化技术完美结合—— 工业PC控制技术

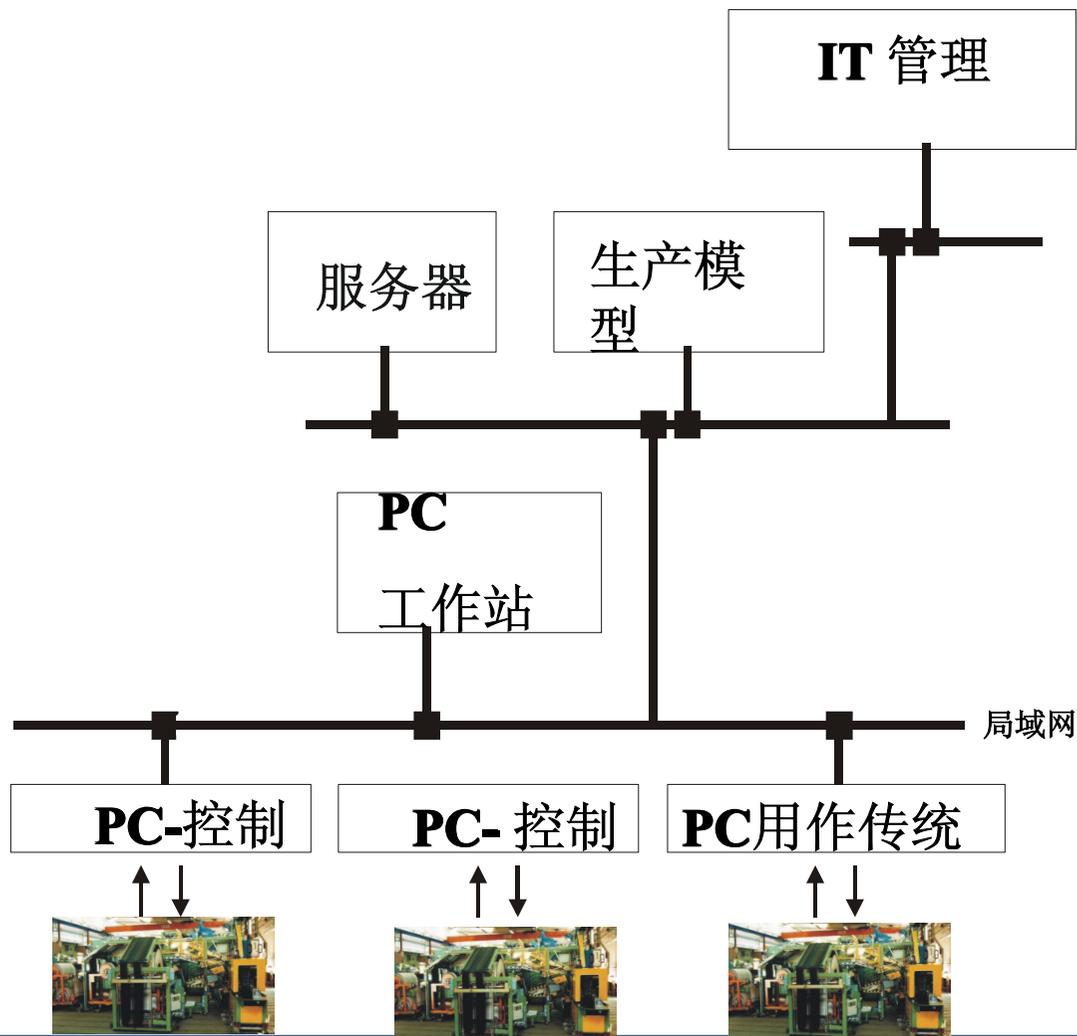
IT 系统

- ◆ 管理层
- ◆ 过程管理
- ◆ 过程监视
- ◆ 过程控制

■ 主控系统:

基于**Win CE**的 **PC** 控制

- ◆ **PC** 技术
- ◆ **I/O**: 开放的现场总线





5 控制的“大脑”——软件运动控制

实现PC控制，必须在此平台上开发一个自动控制软件包，包含工程和运行时软件，针对于：顺序控制；运动控制；技术功能。

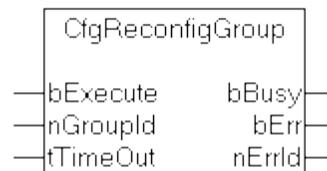
其特点：

- 1、不改变 Windows；
- 2、无需专业硬件；
- 3、将标准 Windows 变成实时操作系统；
- 4、可通过 DLL、.Net 完全访问 Windows 用户界面；
- 5、通过 TCP/IP 远程访问



5.1 软件控制实现运动控制

- ◆ 将直线圆弧或者**PTP**方式实现算法编制成库文件，供程序调用；
- ◆ **PLC** 可通过功能库轻松使用这些功能



Name	Ist-Pos.	Soll-Pos.	Schleppab.	Soll-Geschw.	Fehler
Axis 1	75.6759	75.6759	0.0000	58.9320	0x0
Axis 2	75.7938	75.7938	0.0000	58.9320	0x0
Axis 3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0x0

Programmanzeige SAF:
N10 G0 x0 y0 z0
N20 G1 x100 y100 z0 F5000

Programmanzeige Interpreter:
N30 (MFunc with handshake, eg start spindle)
N40 (M40) G1 X100 Y200 (M40 witch handshake before move)
N50 G1 X200

Programm-Name: |demo.nc|
Interpreter Status: |WRITETABLE (?)| Ladepuffer (Byte): |65536|
Kanal Status: |0 (0x0)|

Screenshot of the SIMATIC Manager configuration tree. The tree structure is as follows:

- Echtzeit - Konfiguration
 - NC - Konfiguration
 - NC-Task 1 SAF
 - NC-Task 1 SVB
 - NC-Task 1-Image
 - Achsen
 - Kanal 2
 - GO Kanal 2 Interpreter**
 - Eingänge
 - Ausgänge
 - Gruppe 4

- SPS - Konfiguration
- E/A - Konfiguration



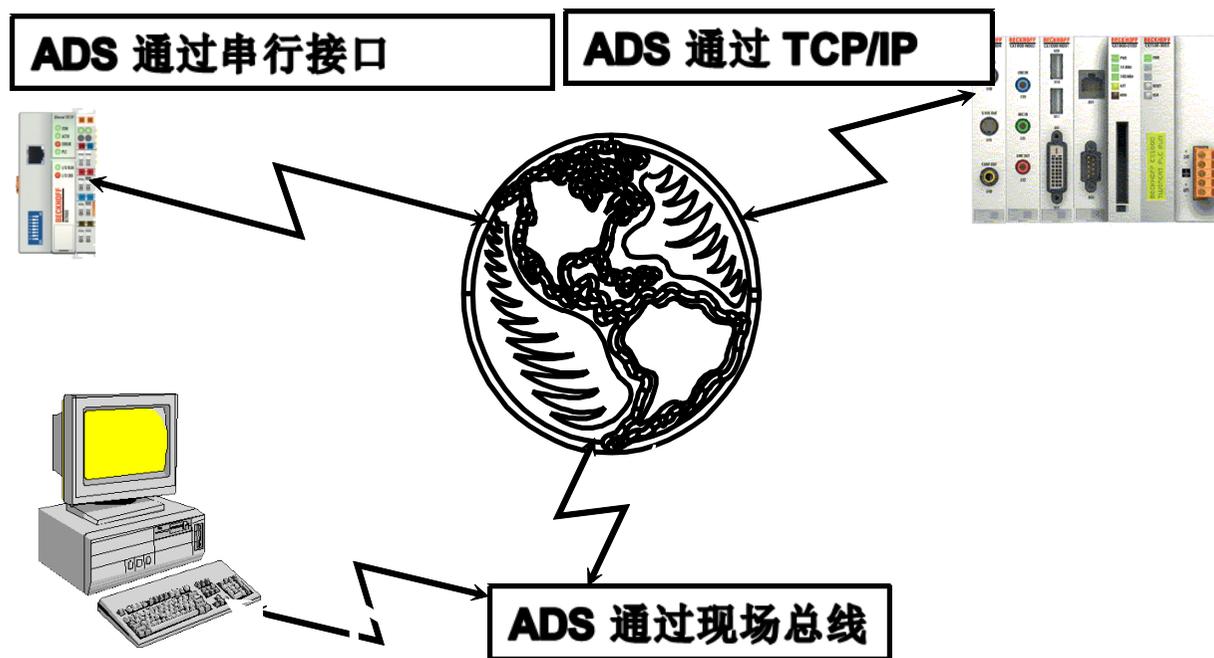
5.2 软件的联通性

易于使用通讯标准:

ADS (自动化设备规范)

通过标准的 **Windows** 机制访问 **ADS**:

ActiveX 控制、DLL、.Net





6 展望

随着PC机技术的迅速发展,PC机功能将越来越完备,软硬件系统将越来越强大,人机界面将越来越智能化,应用成本将越来越低;但是在工业应用领域中,如何提高系统的实时应用一直都是此类控制方式的研发关键之一。因此,相对廉价的高性能PC机应该在工业实时应用领域中占有一席之地。

可以预见,下一代的开发式运动控制系统必将以功能模块化、接口标准化的趋势发展。