

# 机械系统中的控制问题

张伟军

上海交通大学  
机器人研究所

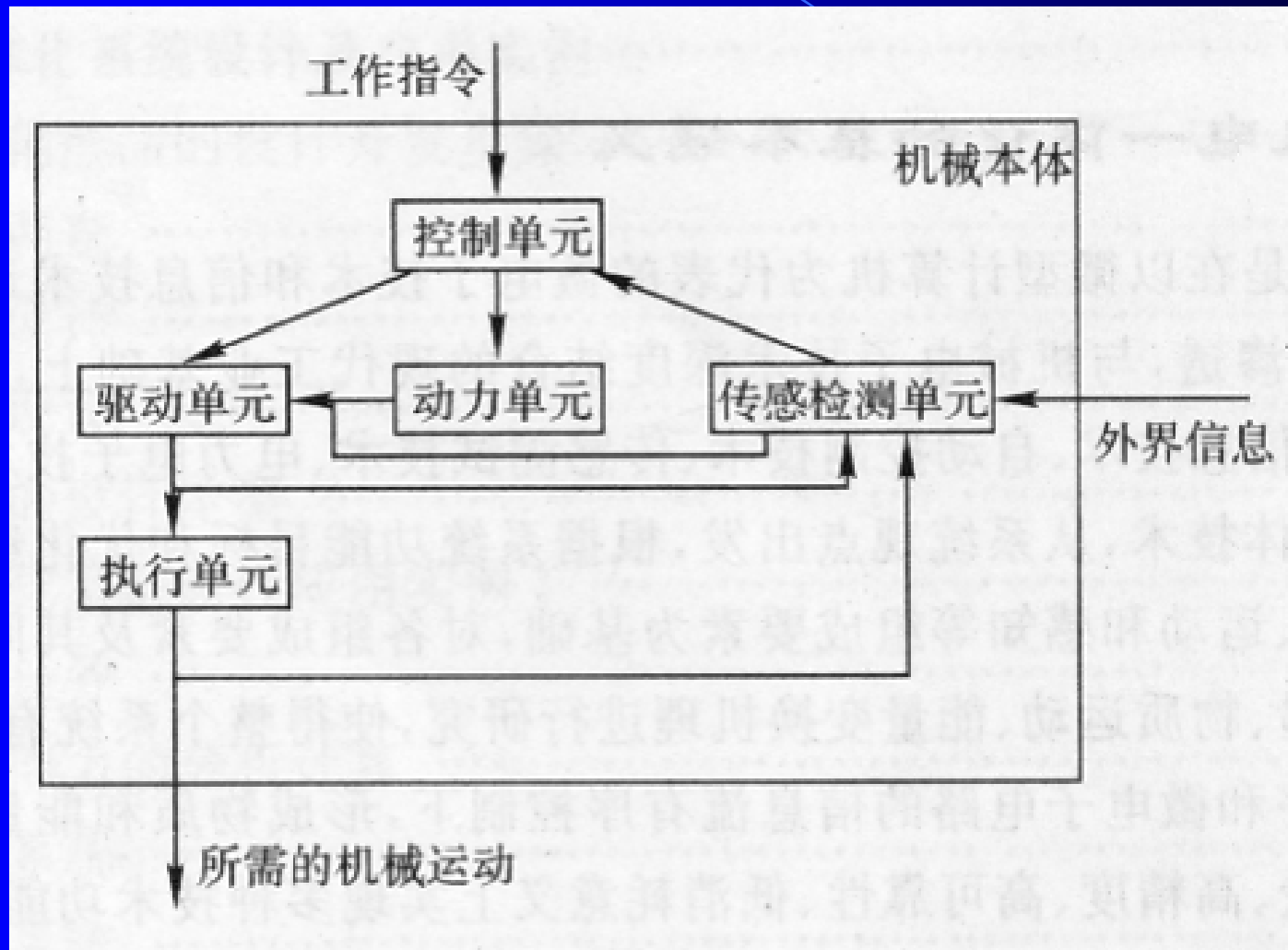
# 主要内容

- 1. 机电控制系统组成
- 2. 生产线控制示例
- 3. 无人车控制示例
- 4. 双臂教育机器人控制示例

# 机电系统组成

- 机械本体——人体骨骼
- 执行机构——手足肌肉
- 动力系统——内脏血管
- 传感检测——五官皮肤
- 控制系统——大脑神经

# 机电系统组成



# 执行装置分类







# 控制系统分类

- 电器控制技术

- 继电器、接触器控制；开关控制
- 顺序控制器：开关量按照一定的逻辑顺序控制

- 计算机控制系统

- PLC控制（逻辑控制）
- IPC控制（复杂控制）





[www.qiyeshi.com](http://www.qiyeshi.com)



# 机电系统的特点

- 功能增加，柔性提高

硬件—软件化，多品种，柔性生产线，智能化

- 结构简化，改善性能

电子变速，电子缝纫机，精密镗床

- 效率提高，成本降低

加工中心，机器人，自动生产线

# 机电系统的关键技术

## 检测传感技术

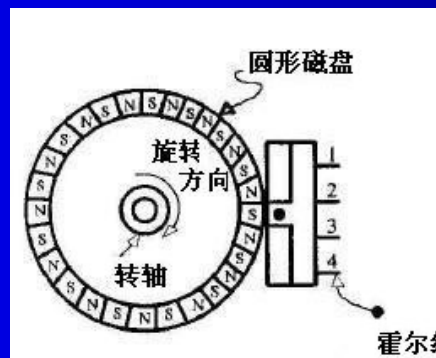
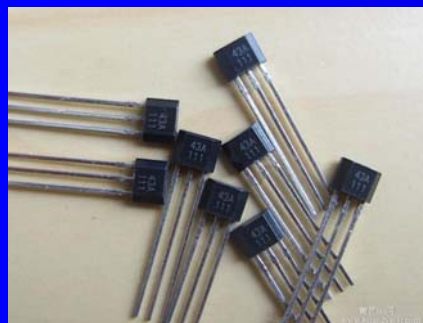
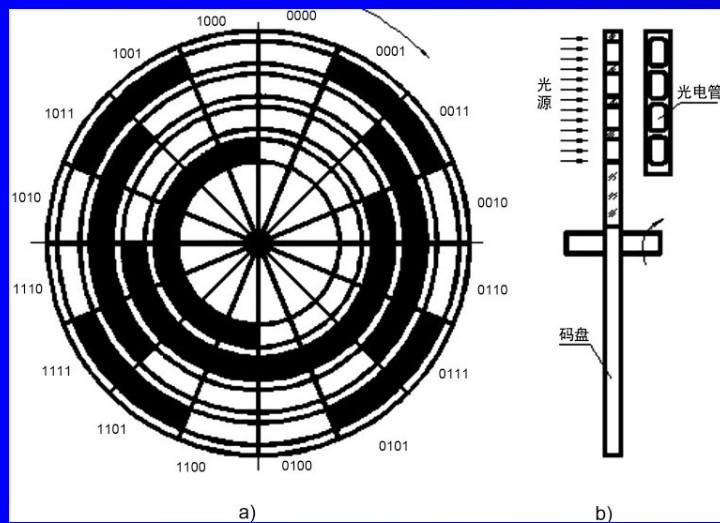
- 检测对象的各种物理量转变为电信号
- 传感器的精度、灵敏度和可靠性很大程度决定了系统性能
- 包含内容：一是对传感器的研究，即如何将各种物理量转换为与之成比例的电量；二是对检测装置的研究，即如何对传感器输出的电信号进行再处理，对其进行放大、补偿、标度变换等

# 机电系统的关键技术

## 计算机与信息处理技术

- 信息处理技术包括信息的输入、识别、交换、运算、存储及输出技术；它们大都依靠计算机来进行
- 包括硬件和软件两大部分。硬件包括计算机及外围设备、微处理机及可编程序控制器（PLC）、接口技术等。软件包括操作系统、监控程序、程序设计语言、编译程序、检测程序及应用程序等。





# 机电系统的关键技术

## 自动控制技术

- 自动控制技术就是通过控制器使被控对象或过程自动地按照预定的规律运行。
- 包括高精度定位控制、速度控制、自适应控制、自诊断、校正、补偿、示教再现、检索等技术。
- 可分为经典控制理论和现代控制理论。
  - 负反馈闭环系统
  - 最优控制、随机控制、自适应控制和鲁棒控制

# 机电系统的关键技术

## 伺服系统技术

- 伺服系统是指以机械参数，如位移、速度等作为控制对象的自动控制系统。
- 伺服系统在数控机床、机器人、精密跟踪和测量仪、自动化武器系统和各种自动装卸系统等许多方面都有广泛的应用。
- 伺服系统包括运算处理环节、功率放大环节、驱动环节、检测环节及反馈环节等几部分。



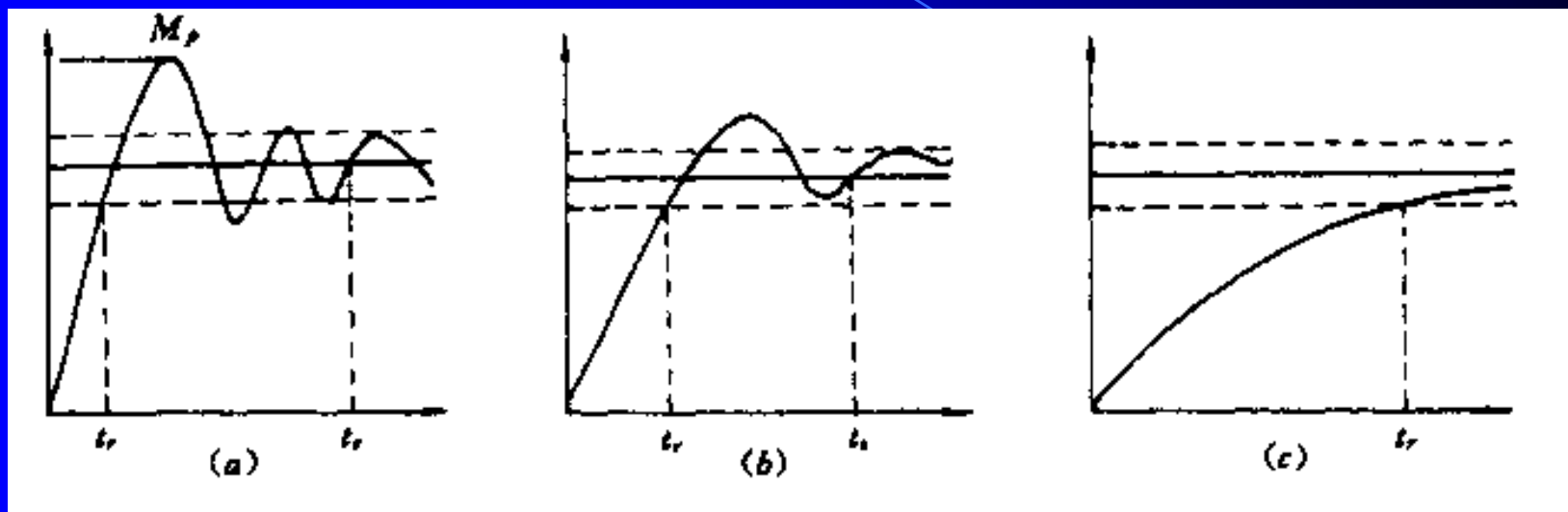
# 机电系统的关键技术

## 伺服系统技术

- 伺服系统的主要性能指标有三个：稳定性、动态品质和精度。
- 稳定性：伺服系统在工作过程中能尽量减少受负载变化和电压波动等各种因果的干扰所造成的影响。
- 动态品质：控制系统在控制信号或干扰信号作用下，被控量必须尽快调整跟踪到目标值。

# 机电系统的关键技术

## 伺服系统技术



精度：控制器在对被控参数调节时，由于种种原因，使实际被控参数与目标值之间存在一定的误差，这种差异就表示了系统的精度。包括动态误差、稳态误差和静态误差。

# 主要内容

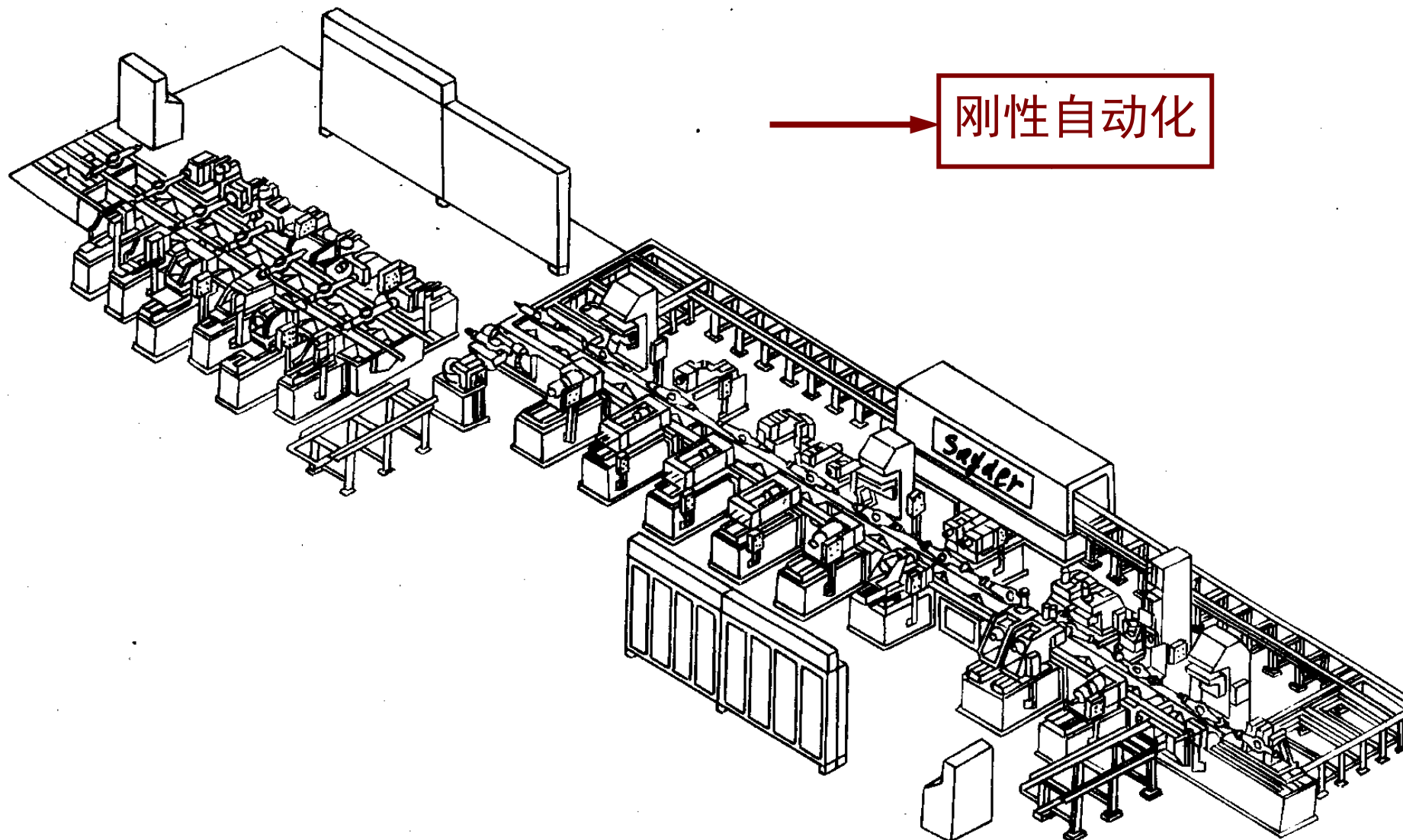
- 1. 机电控制系统组成
- 2. 生产线控制示例
- 3. 无人车控制示例
- 4. 双臂教育机器人控制示例

# 制造自动化技术的主要形式

三种自动化形式比较

比较项目	刚性自动化	柔性自动化	综合自动化
实现目标	减轻工人劳动强度，节省劳动力，保证加工质量，降低生产成本	减轻工人劳动强度，节省劳动力，保证加工质量，降低生产成本， <b>缩短产品制造周期</b>	除左外，提高设计工作与管理工作效率和质量， <b>提高对市场的响应能力</b>
控制对象	物流	物流	物流， <b>信息流</b>
特点	通过机、电、液气等 <b>硬件控制</b> 方式实现，因而是刚性的，变动困难	以 <b>硬件为基础，以软件为支持</b> ，改变程序即可实现所需的转变，因而是柔性的	不仅针对具体操作和工人的体力劳动，而且 <b>涉及脑力劳动以及设计、经营管理</b> 等各方面
关键技术	继电器程序控制技术， <b>经典控制论</b>	数控技术，计算机控制， <b>GT，现代控制论</b>	<b>系统工程，信息技术</b> ，计算机技术，管理技术
典型系统与装备	自动机床、组合机床，机械手， <b>自动生产线</b>	NC机床，加工中心，工业机器人，DNC， <b>FMC，FMS</b>	<b>CAD/CAM系统，MRP II，CIMS</b>
应用范围	大批大量生产	多品种、中小批量生产	各种生产类型

# 制造自动化技术的主要形式





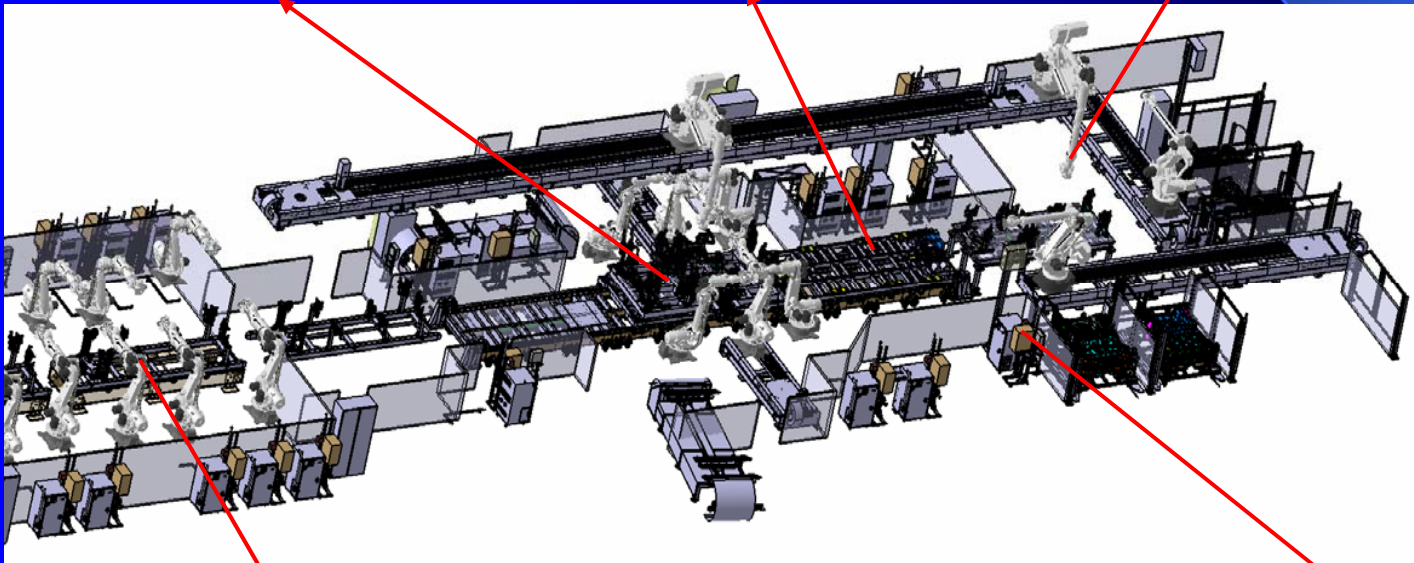
## 发展趋势

高纲领、高节拍、高柔性、自动化、智能化

关键焊接工位及  
辅助工位实现白  
车身总成车型切  
换及定位焊接

通过高速输  
送设备实现  
工位间精确  
高速传输

采用机器人实现白  
车身总成的焊接及  
搬运

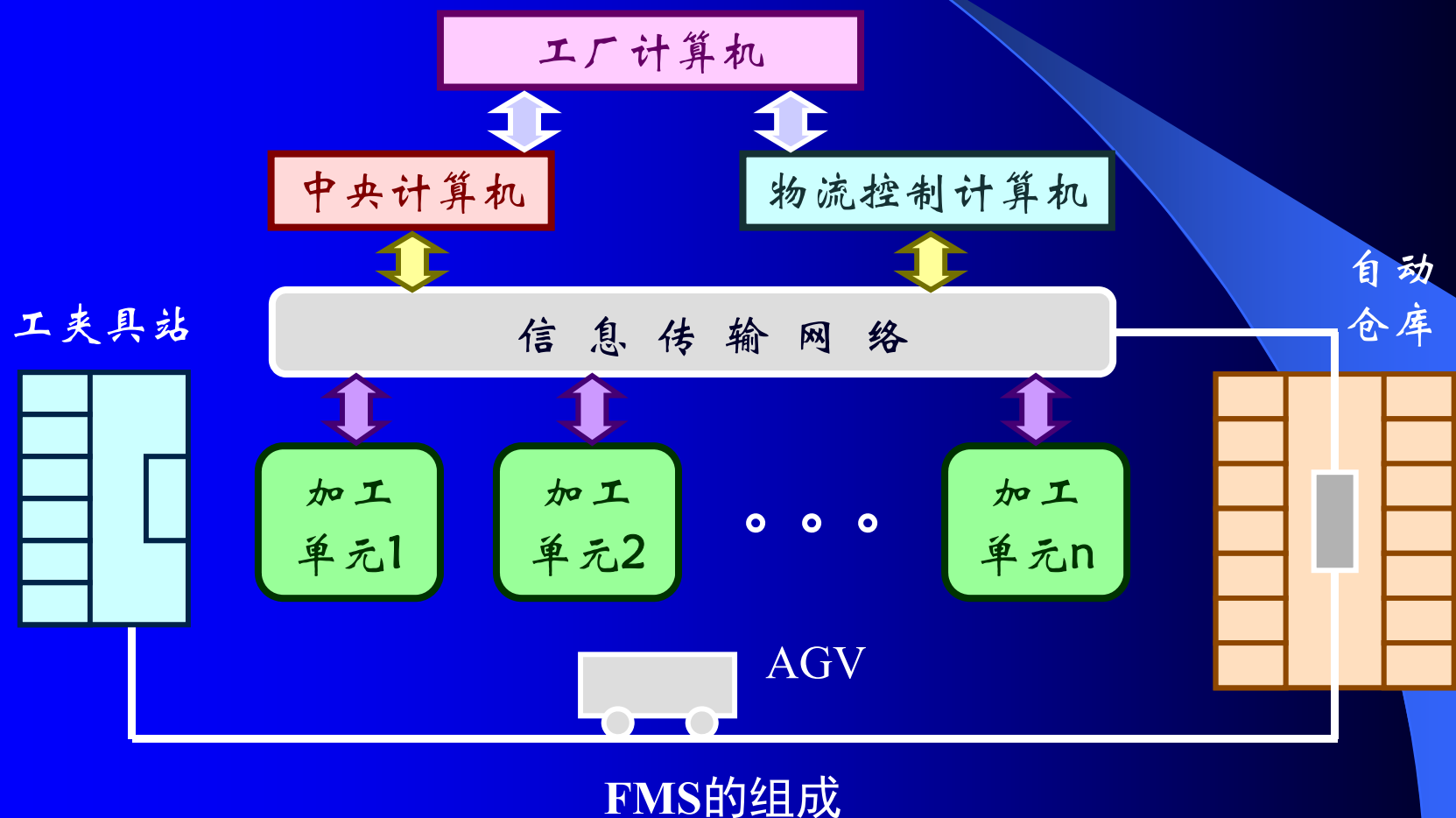


质量控制：在线检测白车  
身焊接后的几何精度

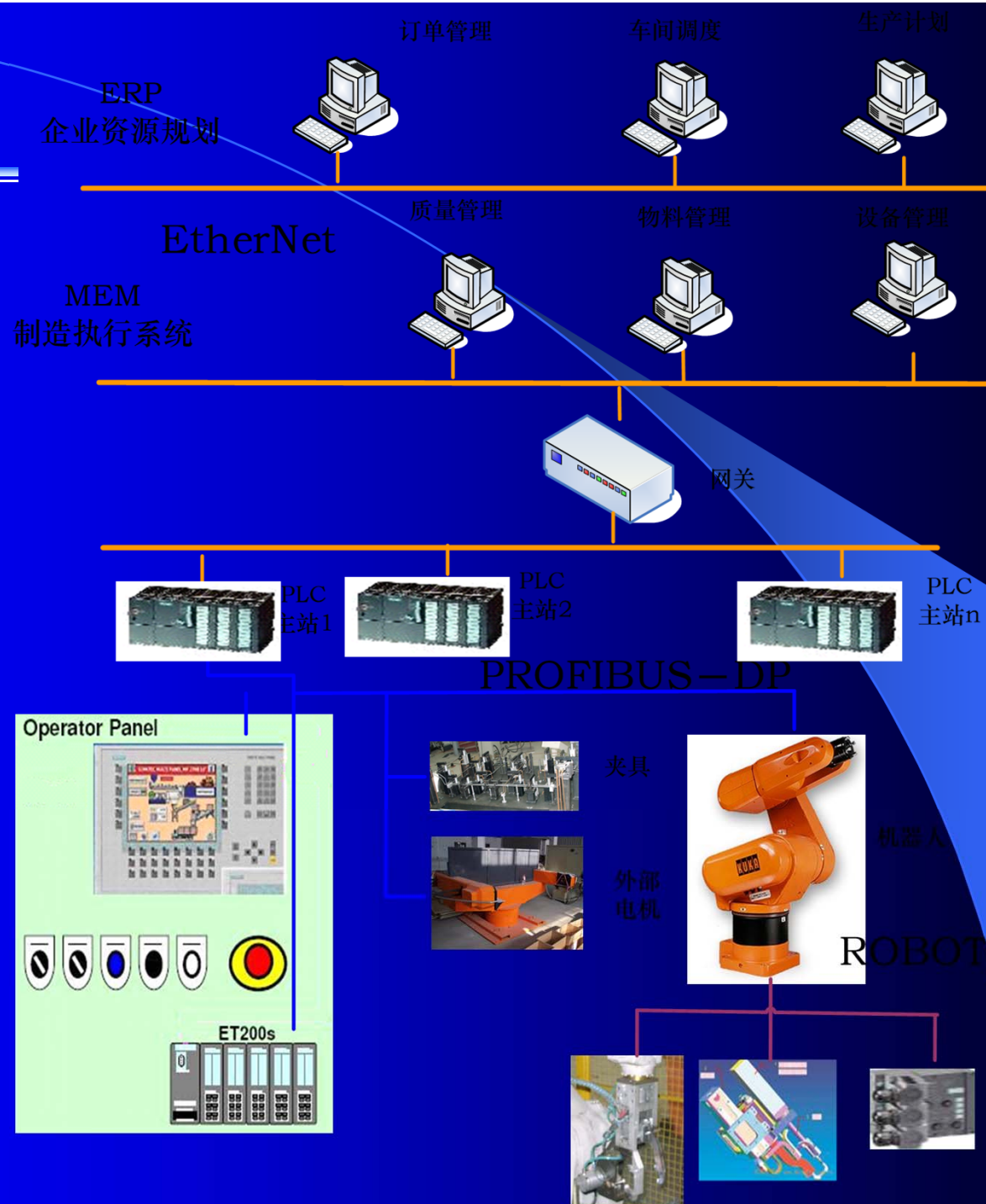
生产控制系：采用基于  
工业总线技术的智能控  
制系统

# 制造过程自动化

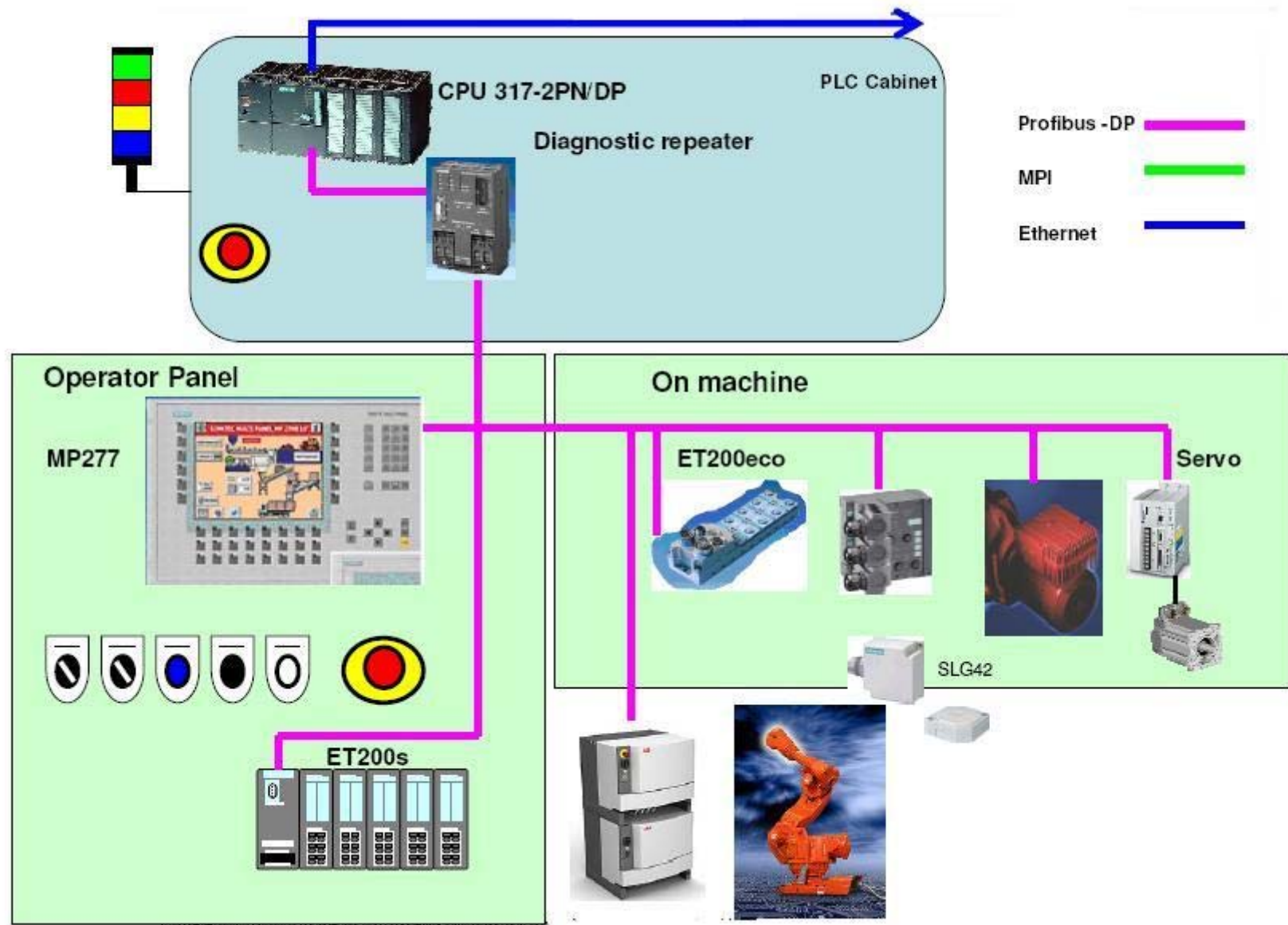
柔性制造系统 (Flexible Manufacturing System——FMS)



# 汽车生产线分布式控制网络系统架构

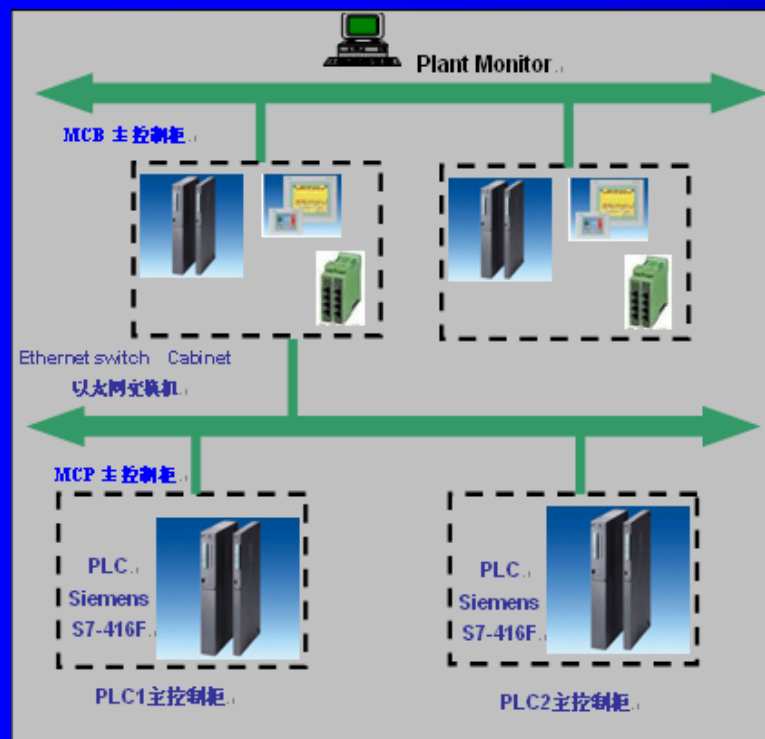






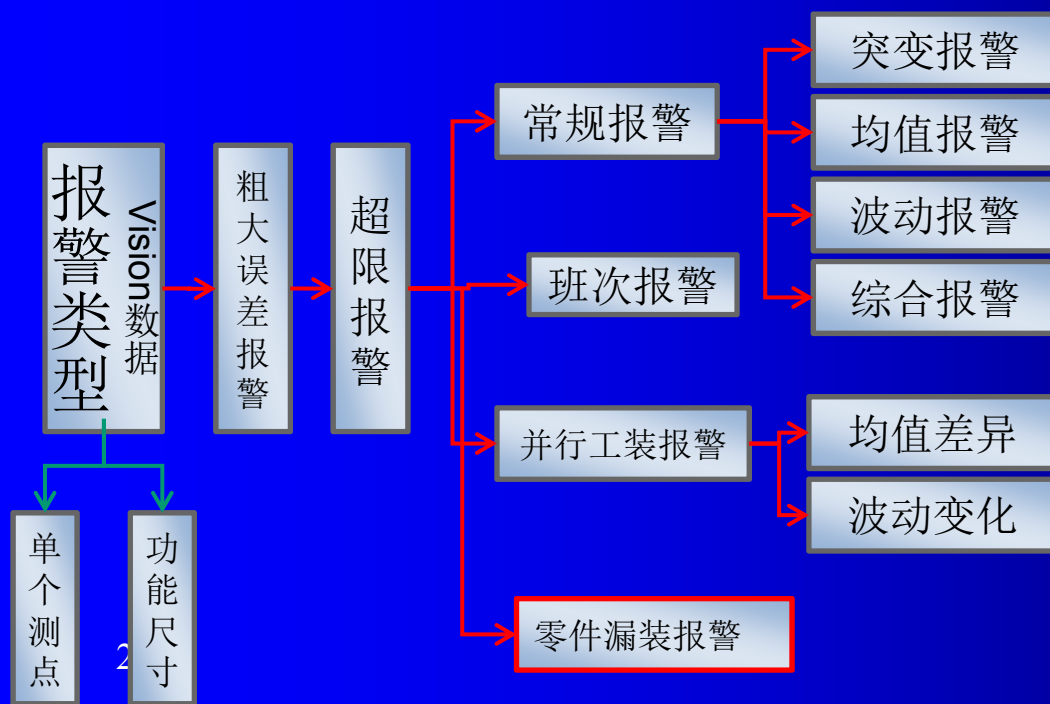
# 基于工业总线技术的智能生产控制系统

基于工业总线控制技术，通过安全PLC系统硬件原理控制和软件的程序控制实现复杂的焊装线混流生产控制、安全控制，实现生产控制程序化、数字化。



# 智能检测与智能诊断系统

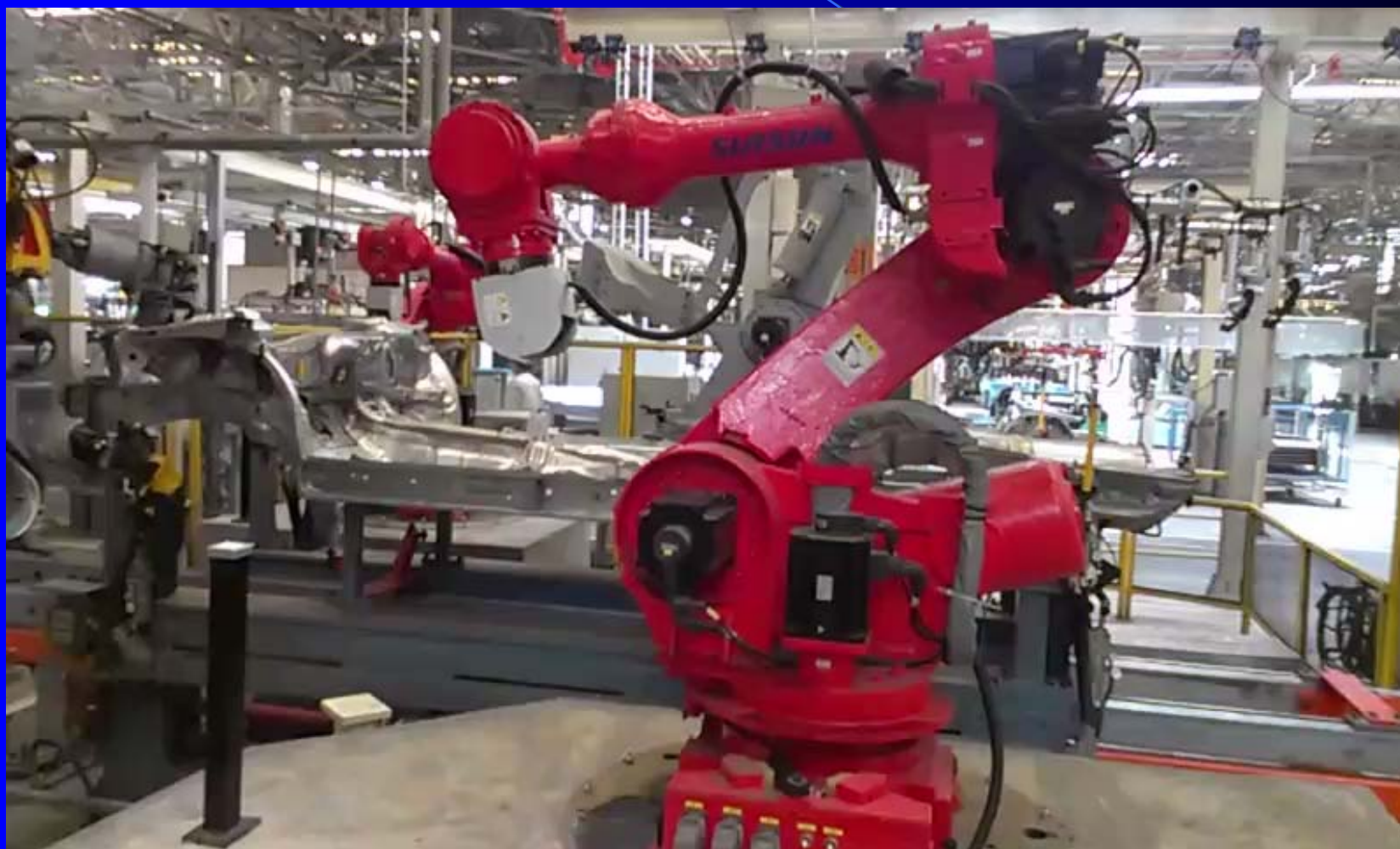
- 实时的对白车身的焊接后的尺寸精度进行非接触式自动检测，分析判断白车身尺寸变化趋势用来指导工程师对焊装线的装备进行精细调整，从而持续保证白车身的几何尺寸精度。
- 海量在线测量数据的综合利用以实现偏差智能诊断与预报。
- 研究生产过程中各类误差的产生与传递，建立车身装配偏差的数字化封装方法，实现焊装工艺的数字化评价与动态调试。



非接触式检测



# 柔性检测系统



# 柔性制造系统



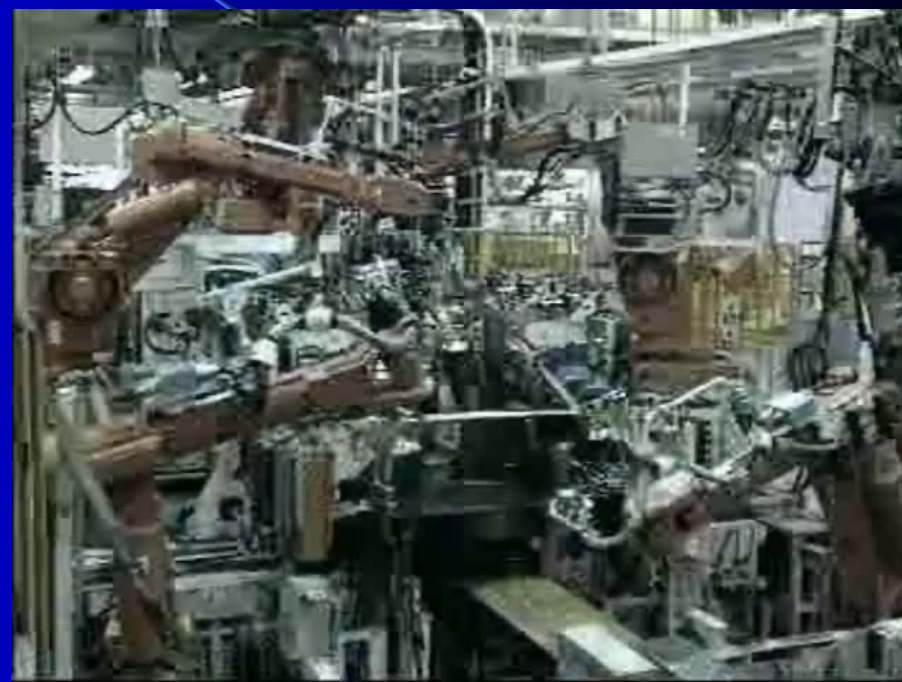
863柔性装配重点实验室示范线

# 柔性装配系统

# 汽车生产线

## 生产线机器人控制

汽车生产线上机器人集成密度高，作业空间受限，各个机器人以及输送、夹具机构动作时序复杂，对某些高精度作业还要求机器人和外部设备的协调运动。



# 柔性生产工位

## 机器人作业单元

机器人作业过程中**有多种约束**（运动约束、几何约束、工艺约束等），如何伺服焊枪和机器人之间的速度协调，变位机与机器人之间的轨迹控制等。



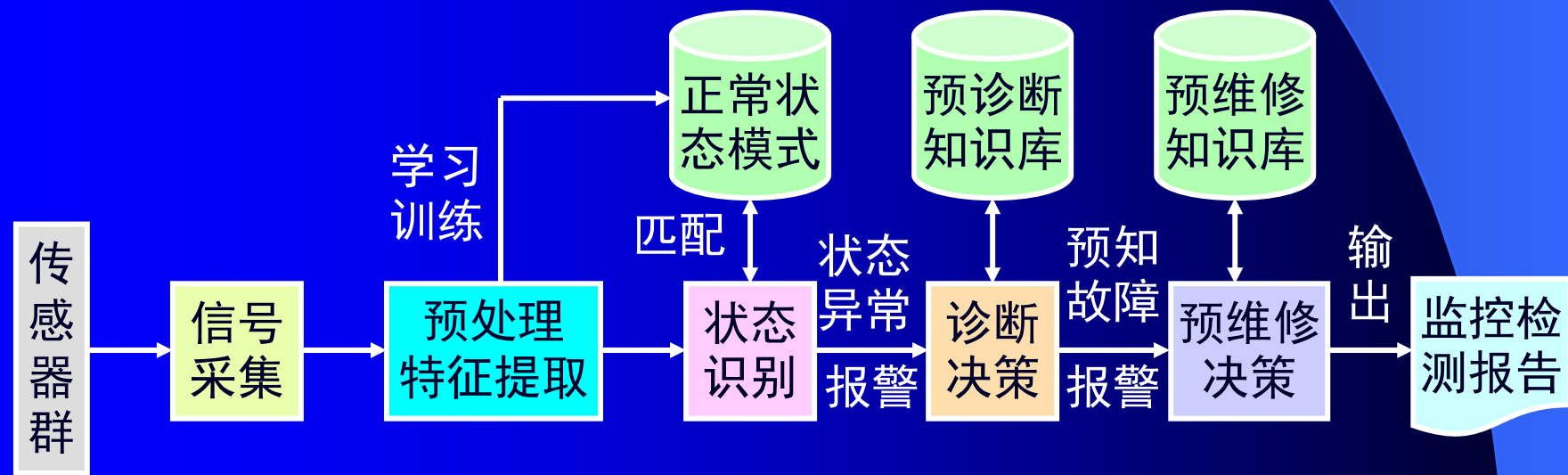


# 制造过程信息处理

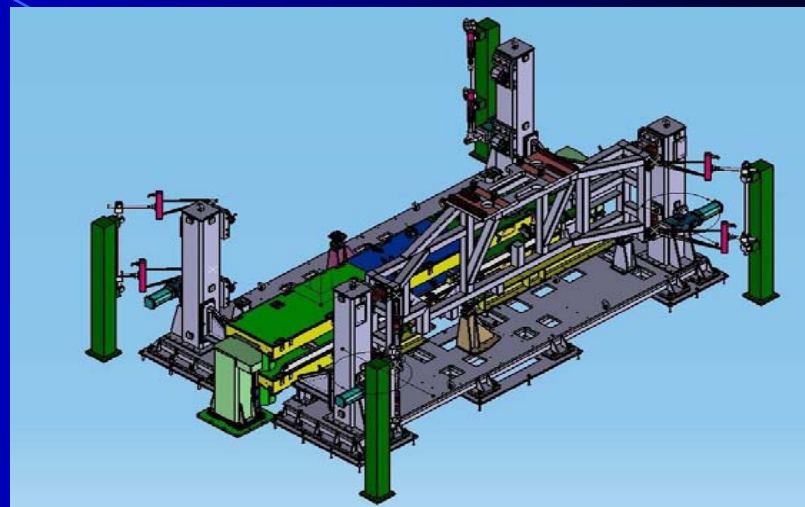
## 加工单元

{ CNC (MC) 机床  
工作台架 (暂存工件)  
机器人或托盘交换装置  
检测、监控装置

## 设备运行状态监控与检测

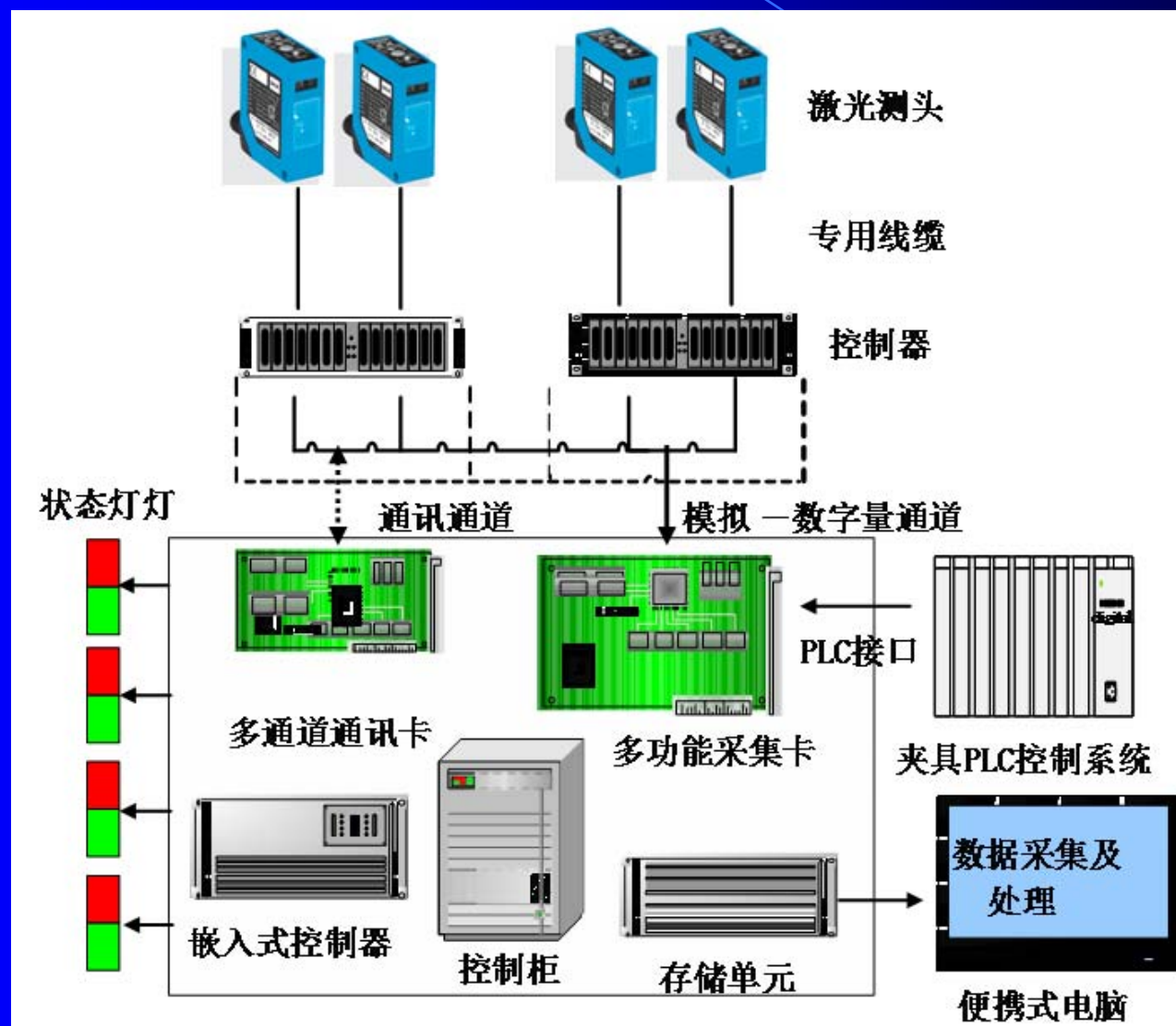


# 研究实例：LAVIDA总拼工位工装精度在线监测



- 测围Y向数据波动
- 影响尾灯质量
- 影响侧围Y向与顶盖激光拼焊

# 研究实例：LAVIDA总拼工位工装精度在线监测



# 主要内容

- 1. 机电控制系统组成
- 2. 生产线控制示例
- 3. 无人车控制示例
- 4. 双臂教育机器人控制示例

# 《无人驾驶车辆在中国城市交通中的应用》

未来城市交通的一种新模式、  
大容量公共交通的补充

上海交大、法国INRIA等单位国际大合作

欧盟第五框架大型项目成果的深入与推广

瞄准2010年上海世博会

面向亚洲的可持续性发展

保护城市环境

提高城市生活的质量

比传统城市交通模式

更安全

更高效

更灵活



# 导航系统的关键技术研究

- 实时性：数据处理与车辆行驶速度同步；
- 鲁棒性：对道路和环境的良好适应性；
- 实用性：用户接受市场接受。



# 1. 磁性导航

## ● 诱导装置

磁道钉设计极其布置方法

磁场理论、材料、尺寸、排列方式

## ● 车载传感器

大规模集成磁性传感器

微小信号处理：外界干扰、地磁影响

传感器矩阵设计：数量、间距、形状

信号波形分析：随机论与慨率论

## 磁导航的特点

- 自动驾驶车辆与地面之间没有物理连结；
- 磁导航不受天气的影响（雨，雪，雾），也不受光线的影响；
- 运行的可靠性比较高，前期投资较大，长期运营成本不高；



- **磁导航系统模块的输入：**

磁钉产生的磁信号

- **磁导航系统模块的输出：**

用于车辆控制的位姿信号







磁导航需要在道路上嵌入磁钉



# 磁导航录像



## 2. 计算机视觉导航

**原理：**通过摄像头检测出路面上的有关车道线，使车辆沿着车道线前进；

**优点：**不需要对道路进行额外的改造，利用道路原有的或新加的交通标志就行。

**技术：**

- 摄像机标定；
- 摄像机坐标与车辆坐标转换；
- 路标识别与信号处理；
- 快速视觉算法。

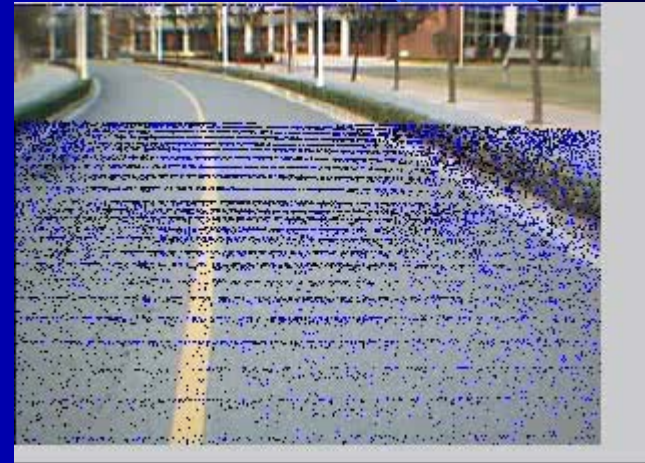
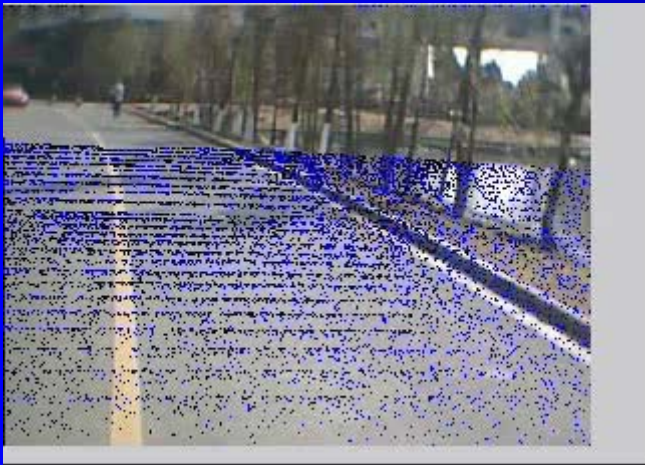




帮助汽车确定方位 避开障碍物



# 车道线检测

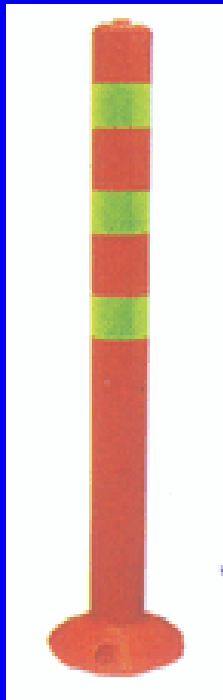


# 视觉导航



# 车道线检测

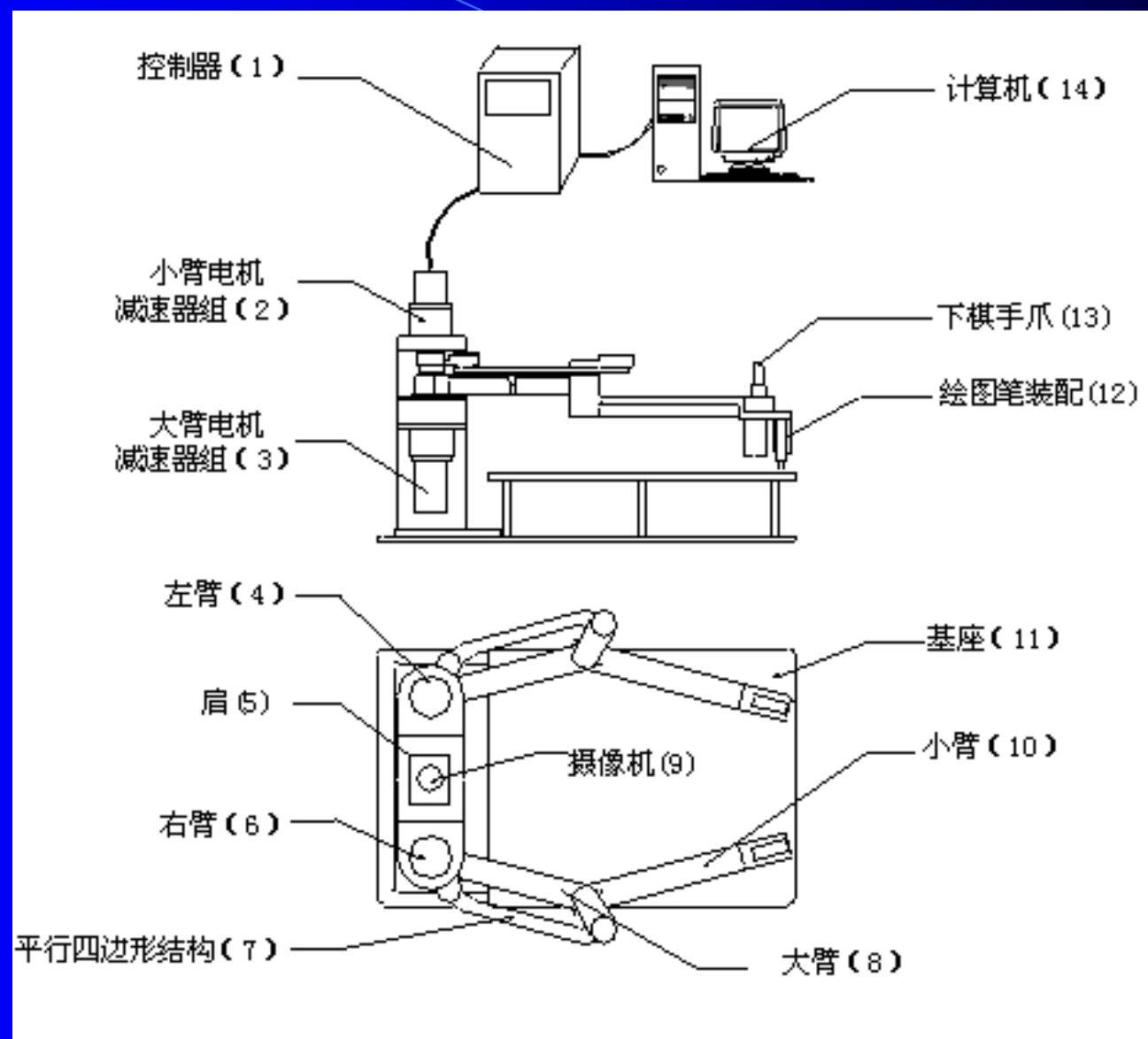
实验阶段，使用人工路标，方便激光雷达的检测



# 主要内容

- 1. 机电控制系统组成
- 2. 生产线控制示例
- 3. 无人车控制示例
- 4. 双臂教育机器人控制示例

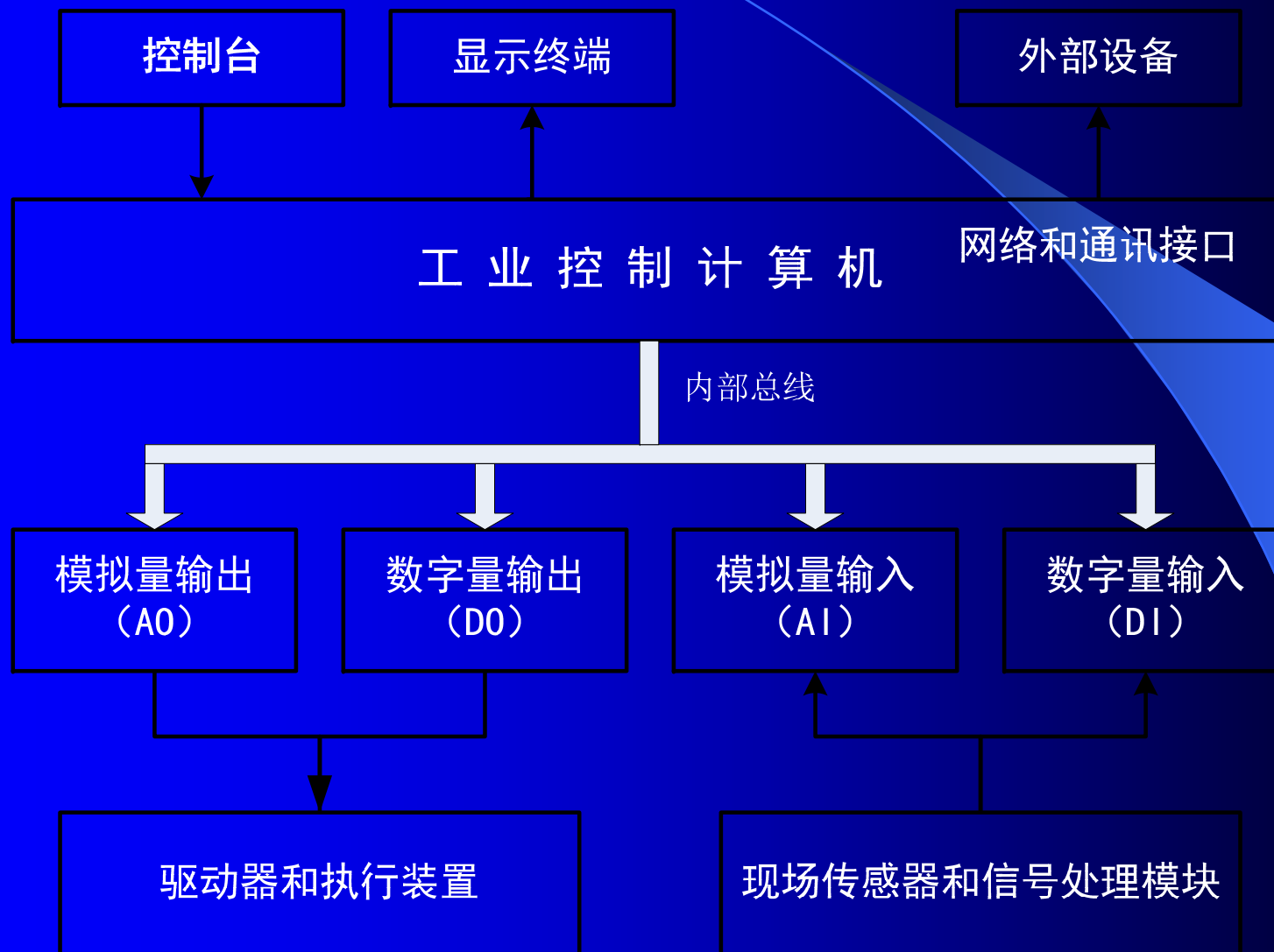




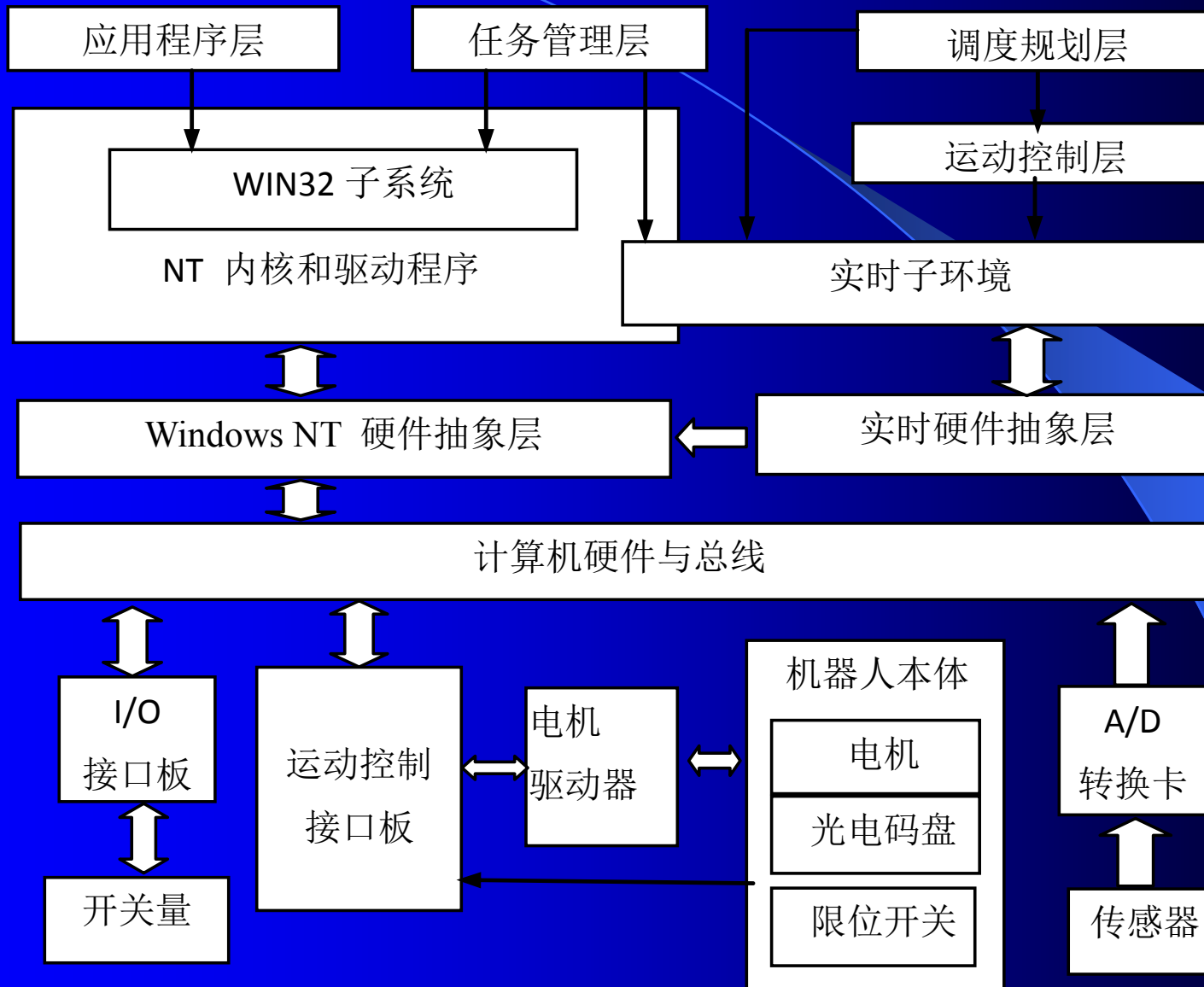
# 双臂教育机器人

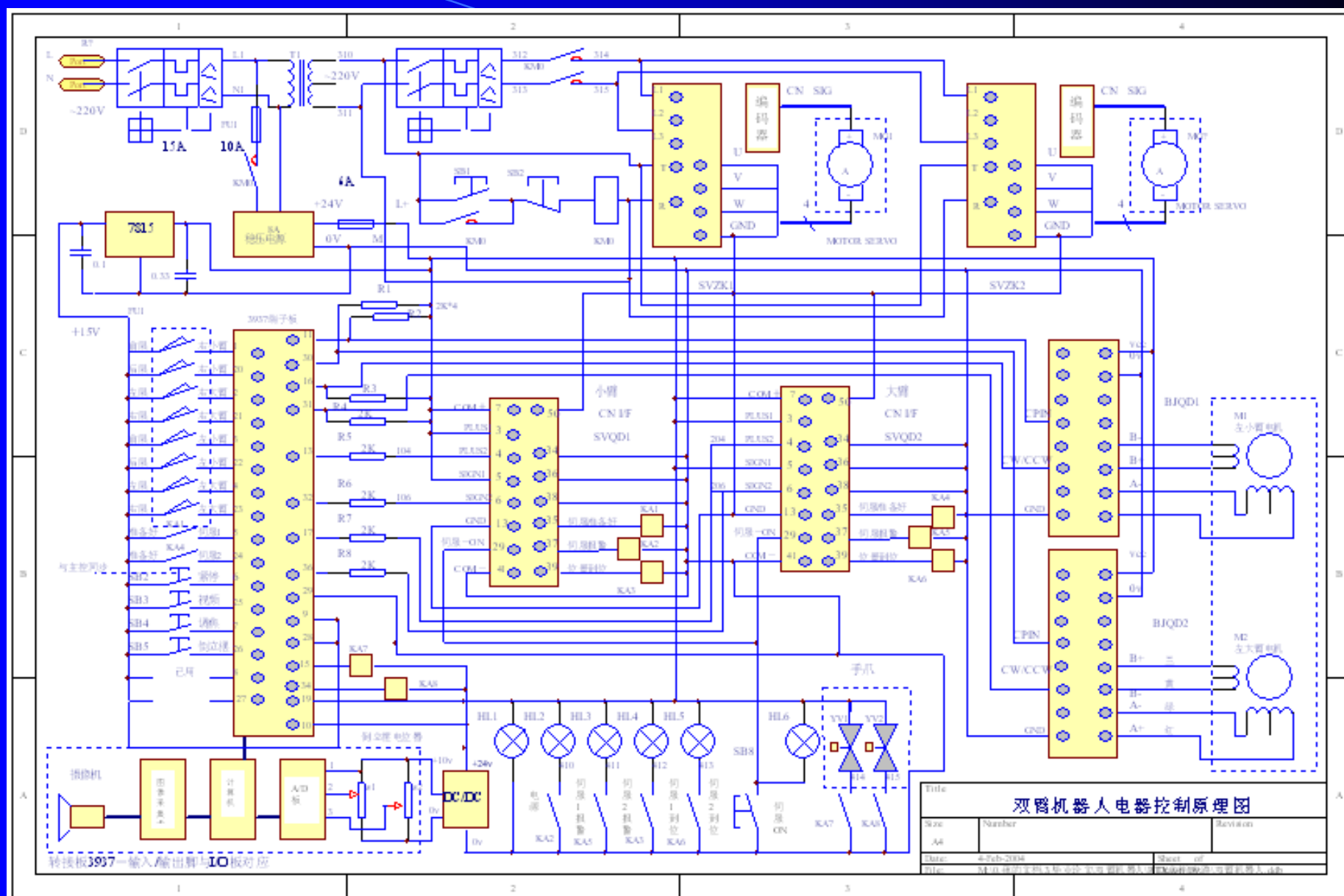


# IPC控制系统

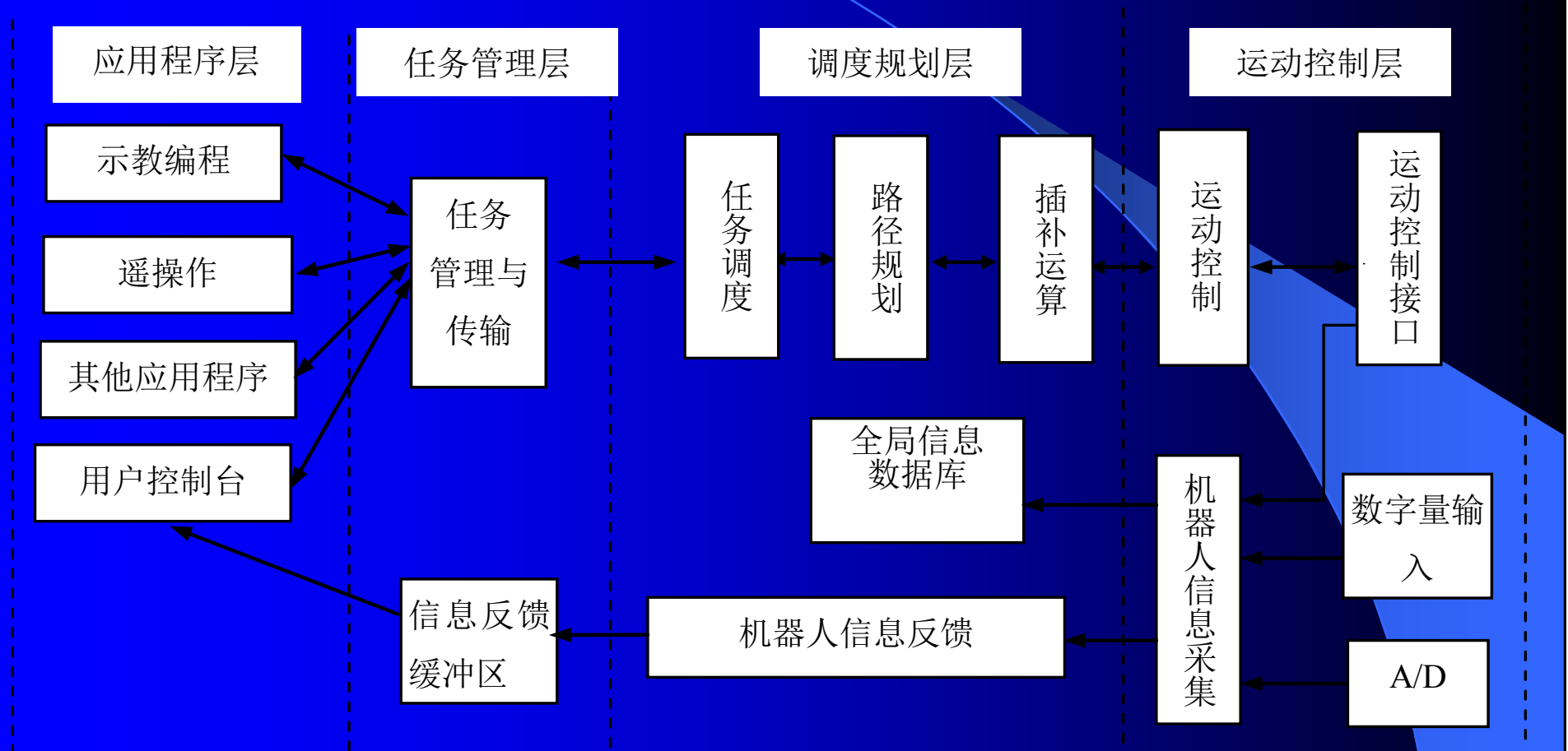


# 双臂教育机器人





# 双臂教育机器人





# 双臂教育机器人录像