

计算机控制技术与系统

李 健 13851774159

eelijian@seu.edu.cn

办公地点：四牌楼校区礼西楼212

本次课程内容

◆课程说明

◆课程特点

◆第一章 计算机控制概论

课程说明

■课程的性质

《计算机控制技术与系统》是热能与动力工程专业通识教育基础课，培养学生在了解自动控制原理的基础上，掌握分析和设计计算机控制系统的方法，拥有应用自动控制知识和计算机控制技术为相关设备系统运行服务的能力，与选修课《微机原理与接口》二选一。

■前续基础课程

- **自动控制原理（经典/现代）**
- **检测技术与自动化仪表**
- **微机原理（单片机）与接口技术**
- **程序设计技术（汇编、C/C++/VC、VB）**

课程说明

■教材

- 计算机控制技术与系统讲义，吕震中等编

■上课时间

- 周一1-2/单周四3-4

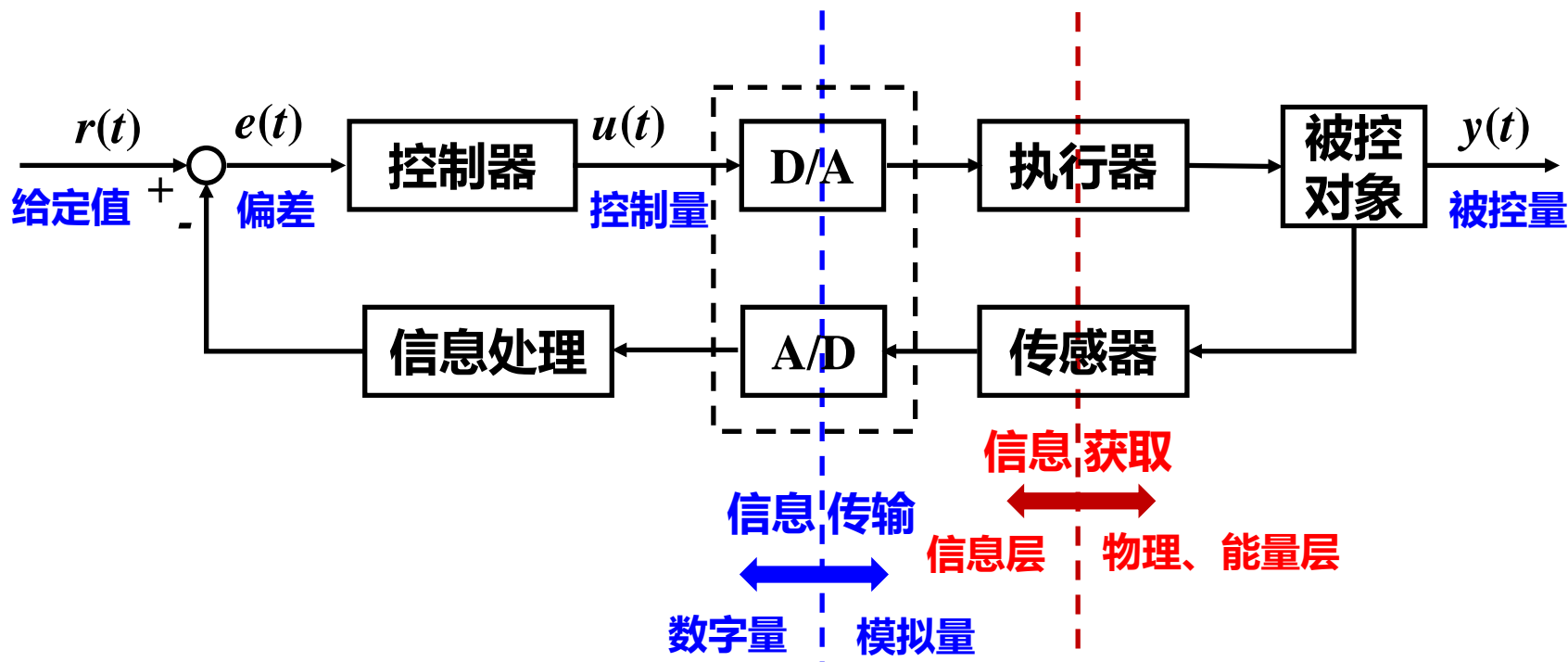
■主要讲授内容

- 计算机控制概论
- 计算机控制系统抗干扰技术
- 实时数据处理与数据库
- 计算机控制系统
- 过程通道
- 计算机控制系统的基本控制策略
- 数据通信与通信网络技术

■考核方式

- 平时（课堂和作业、仿真实验） 20%
- 期末考试 80%
- 必须按时上课，无故缺席两次以上考核不合格

课程特点



计算机控制系统典型结构图

■ 传感与检测

■ 变换与传输

■ 计算与处理

■ 控制与智能

■ 执行与驱动

■ 对象与建模

■ 机电基础

■ 计算机软硬件

■ 系统与工程

课程特点

传感器、A/D与D/A、信号处理、控制器、执行器和被控对象六个部分，每一部分都代表了自动化学科的一个知识领域，并关联到其它知识领域：

- (1) **传感与检测**：包括各类传感器、测量信号的处理与变送、抗干扰技术、信号检测与诊断等。
- (2) **变换与传输**：包括A/D与D/A变换、信号传输与通信、网络与总线等。
- (3) **计算与处理**：包括数字信号处理、数据结构、操作系统、算法基础、模式识别等。
- (4) **控制与智能**：包括经典控制理论、现代控制理论、智能控制、自适应控制、最优控制、稳定性与鲁棒性等。
- (5) **执行与驱动**：包括驱动环节、各种基于机电液气和光机电一体化机理的执行器、自动化仪表等。
- (6) **对象与建模**：包括系统辨识与参数估计、各类系统建模技术、CAD仿真技术等。
- (7) **机电基础**：包括电工基础、电子基础、机械基础、电机与传动、电力电子等。
- (8) **计算机软硬件**：包括计算机基础、计算机语言、微机原理、单片机原理，可编程序控制器、计算机集散系统等。
- (9) **系统与工程**：包括运动控制系统、过程控制系统、多变量系统、非线性系统、离散系统、大系统、管理信息系统、人机系统等。

课程特点

特点1 集中描述了自动化学科的知识结构

在高等学校开设本课程的有自动化专业或以自动化为后缀的有关专业，如电气工程及自动化、机械工程及其自动化、农业机械化及其自动化、农业电气化与自动化，还有电子信息工程、计算机科学与技术、测控技术与仪器、过程装备与控制工程等专业，以上专业或者以自动化学科为基础或者与自动化学科紧密相关。

特点2 具有综合性、应用性和实践性

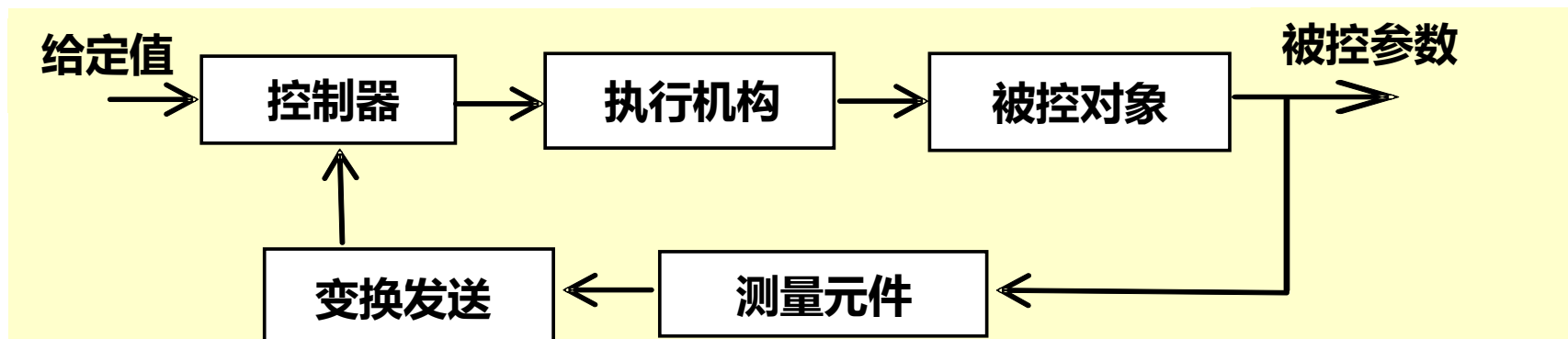
第一章 计算机控制概论

- ◆ **计算机控制系统的原理和组成**
- ◆ **计算机控制的诞生与发展**
- ◆ **计算机控制系统的典型形式**
- ◆ **大型火电机组计算机控制系统**

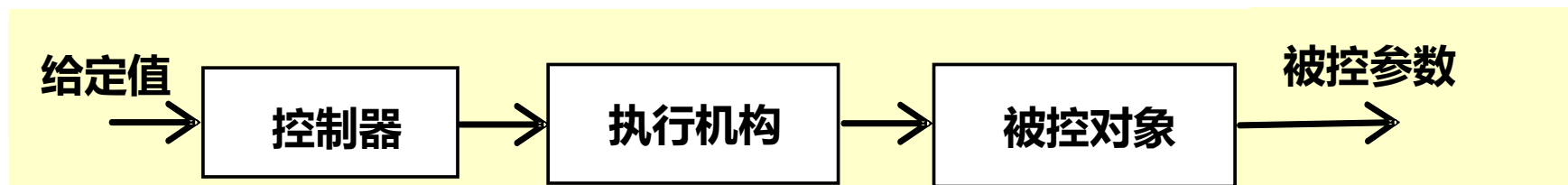
计算机控制系统的原理和组成

■ 常规控制系统的一般形式：

(1) 闭环控制系统框图



(2) 开环控制系统框图



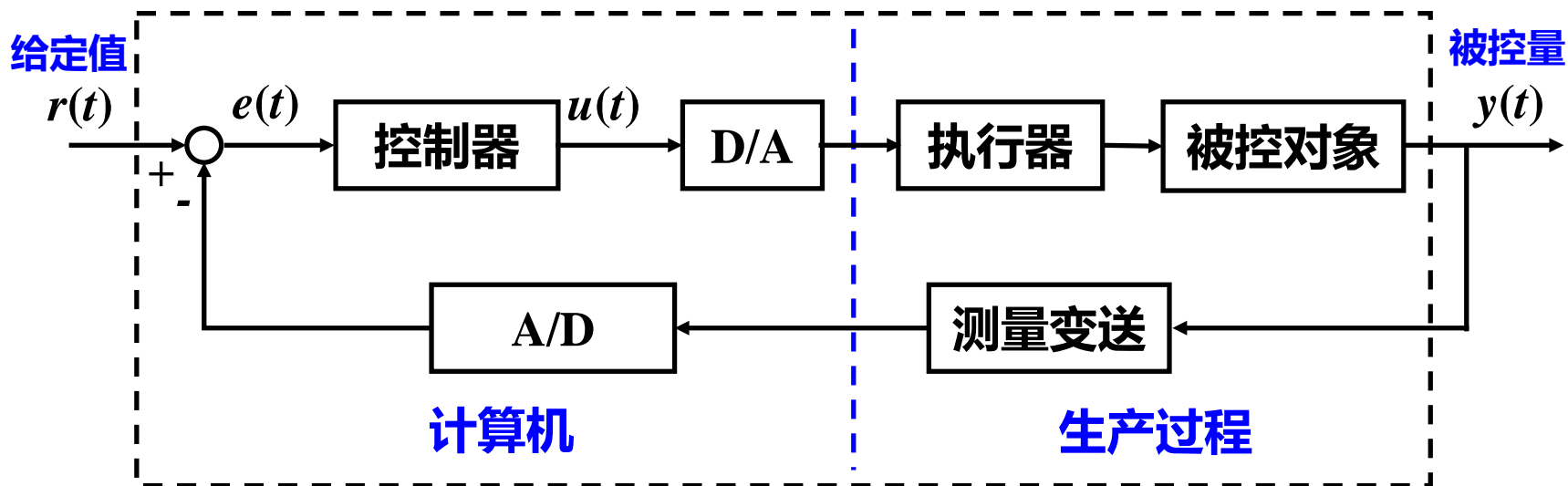
计算机控制系统的原理和组成

■ 计算机控制系统

利用**计算机**（工业过程计算机）来实现**生产过程自动控制**的系统。

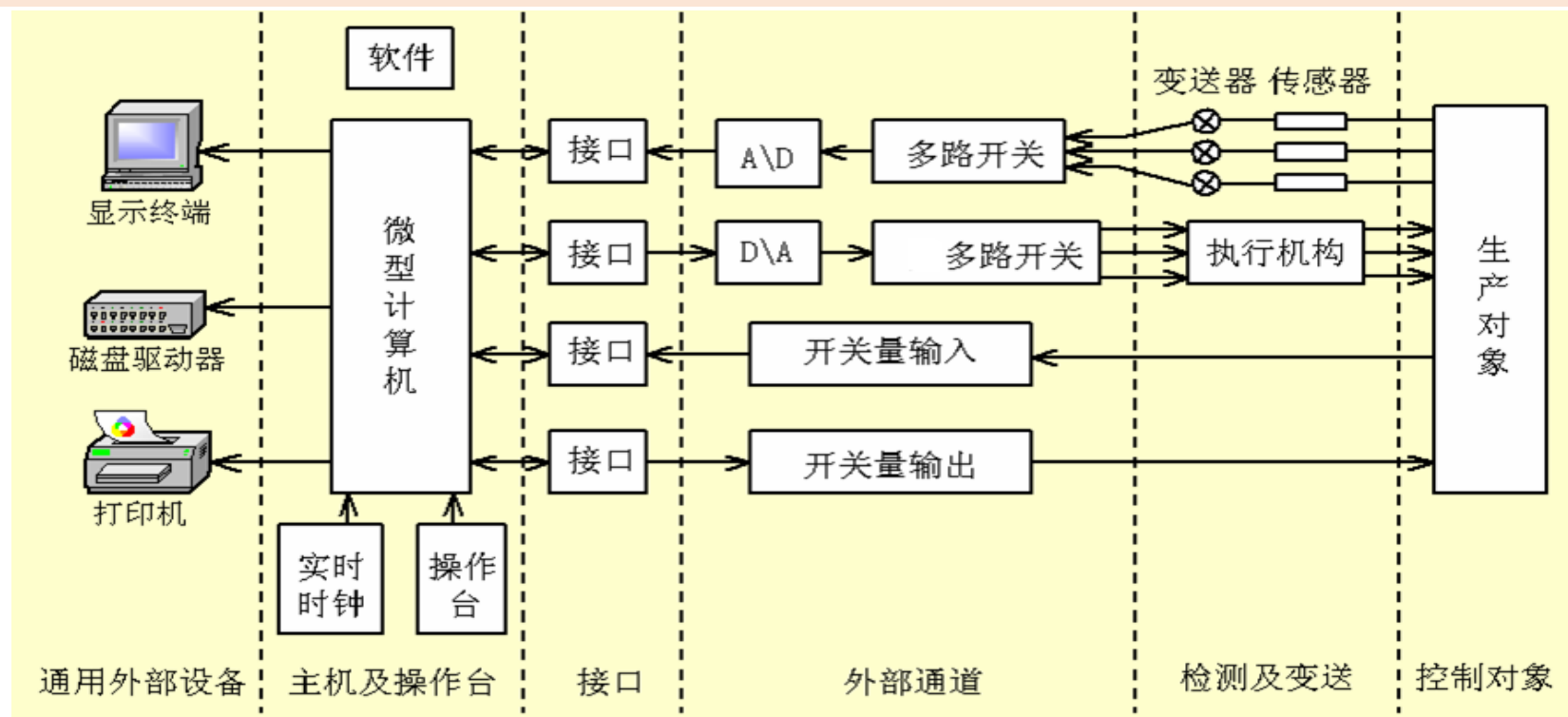
■ 控制系统的几个基本环节：

- 1、**控制对象** 2、**执行机构** 3、**测量变送装置** 4、**控制器**



计算机控制系统基本结构

计算机控制系统的原理和组成

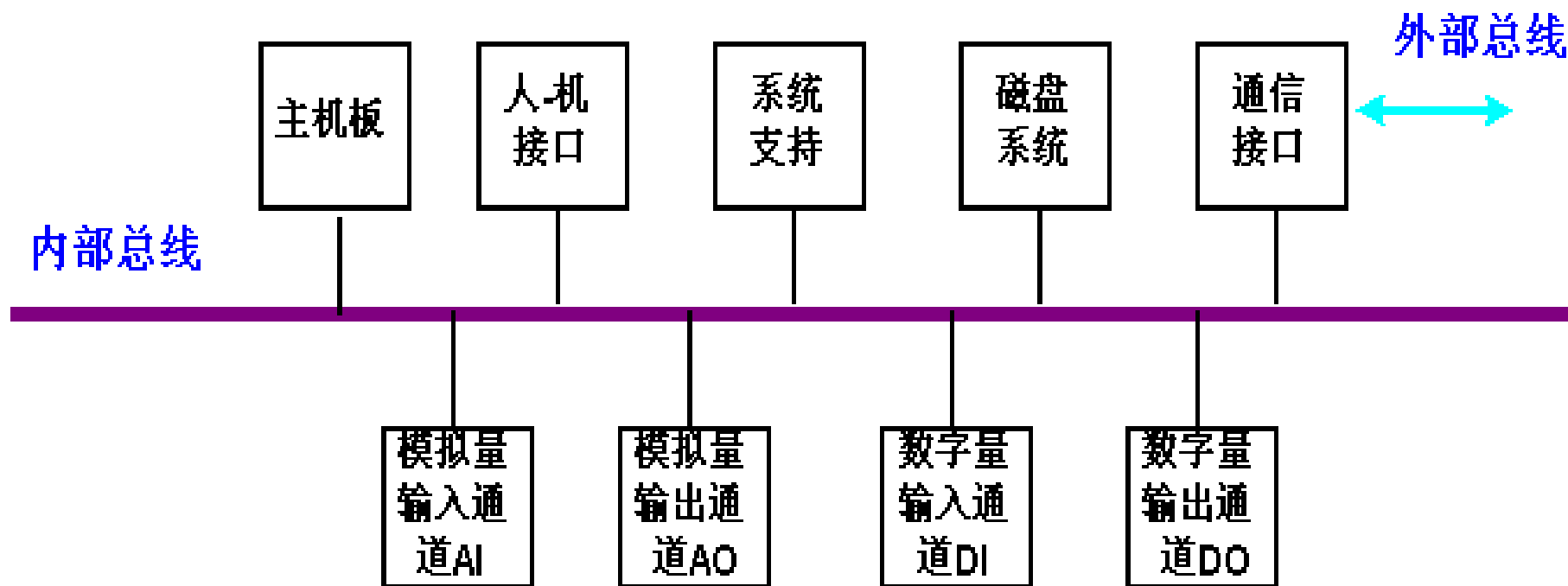


■ 计算机控制系统工作的三个步骤：

- ① **实时数据采集**：对来自测量变送装置的被控量的瞬时值进行检测和输入。
- ② **实时控制决策**：对采集到的被控量进行分析和处理，并按已定的控制规律，决定将要采取的控制行为。
- ③ **实时控制输出**：根据控制决策，适时地对执行机构发出控制信号，完成控制任务。

计算机控制系统的原理和组成

■ 计算机控制系统的硬件组成



计算机控制系统的原理和组成

■ 计算机控制系统的硬件组成

(1) **主机板**:CPU、RAM、ROM等。

作用：进行数值计算、逻辑判断、数据处理。

(2) **内部总线和外部总线**

内部总线：工业控制机内部各组成部分进行信息传送的公共通道，它是一组信号线的集合。常用内部总线有IBM PC、PCI总线和STD总线。

外部总线：工业控制机与其它计算机和智能设备进行信息传递的公共通道。RS—232C、USB和IEEE—488通信总线。

(3) **人—机接口**:键盘、显示器、打印机。

(4) **磁盘系统**：软盘和硬盘。

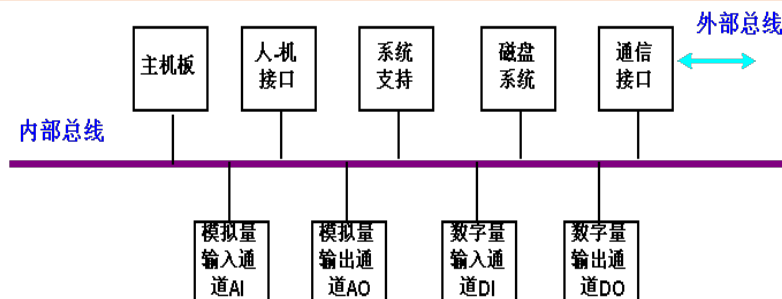
(5) **通信接口**

工业控制机和其它计算机或智能外设通信的接口。常用RS-232C、RS-485、PCI、USB、IEEE-488、VESA、ISA等。



计算机控制系统的原理和组成

■ 计算机控制系统的硬件组成



(6) 系统支持功能

① 监控定时器(看门狗-Watchdog)

② 电源掉电检测

③ 保护重要数据的后备存储器

④ 实时日历时钟

(7) 输入输出通道

工业控制机和生产过程之间设置的信号传递和变换的连接通道。它包括模拟量输入(AI)通道、模拟量输出(AO)通道、数字量(或开关量)输入(DI)通道、数字量(或开关量)输出(DO)通道。

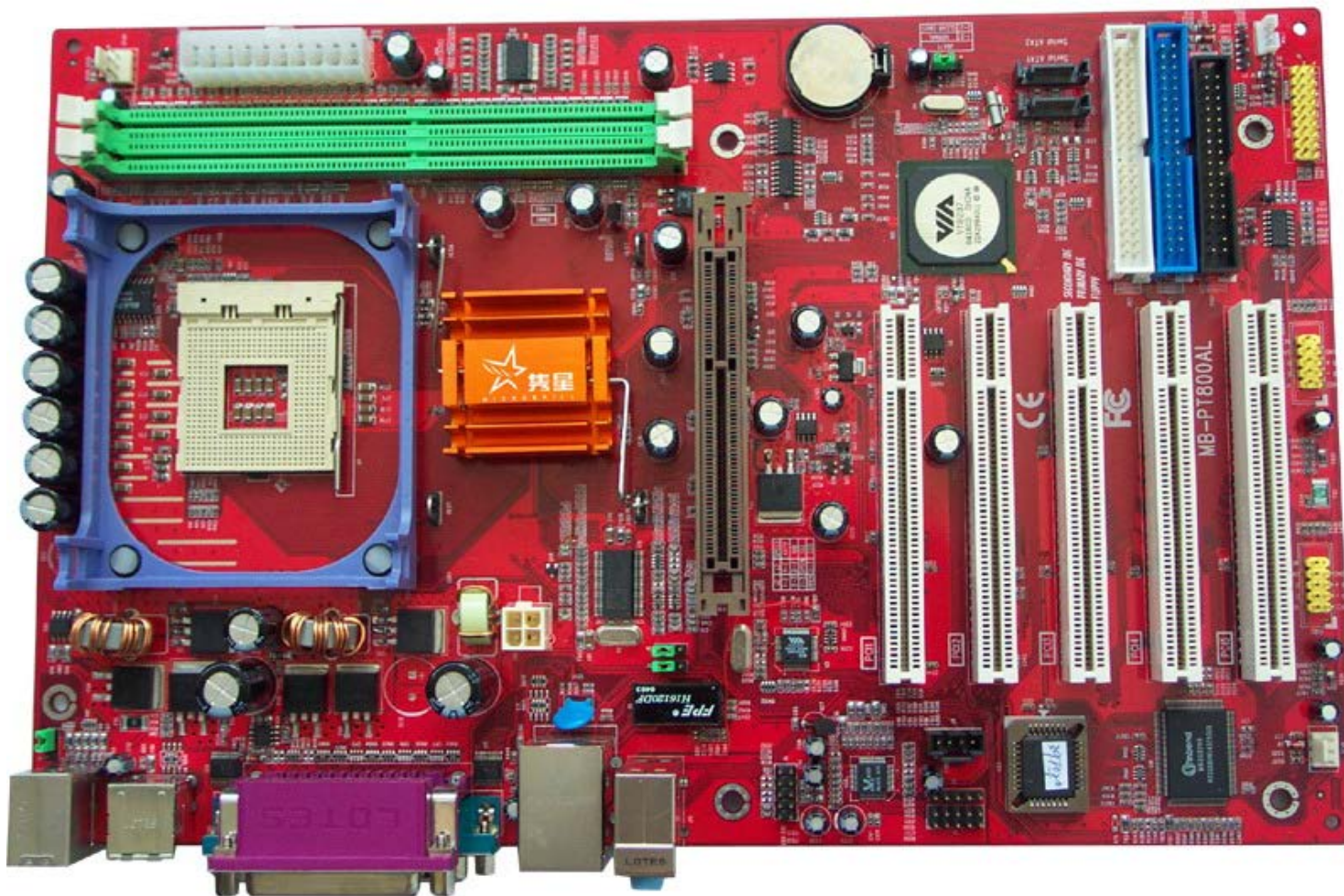
它的作用有两个：

其一是将生产过程的信号变换成主机能够接受和识别的代码；

其二是将主机输出的控制命令和数据，经变换后作为执行机构或电气开关的控制信号。

计算机控制系统的原理和组成

■ 计算机控制系统的硬件组成



计算机控制系统的原理和组成

■ 计算机控制系统的软件组成

(1) 系统软件

系统软件包括实时多任务操作系统、引导程序、调度执行程序，如美国Intel公司推出的iRMX86实时多任务操作系统，美国Ready System 公司推出的嵌入式实时多任务操作系统VRTX / OS。除了实时多任务操作系统以外，也常常使用MS—DOS和Windows等系统软件。

(2) 支持软件

支持软件包括汇编语言、高级语言、编译程序、编辑程序、调试程序、诊断程序等。

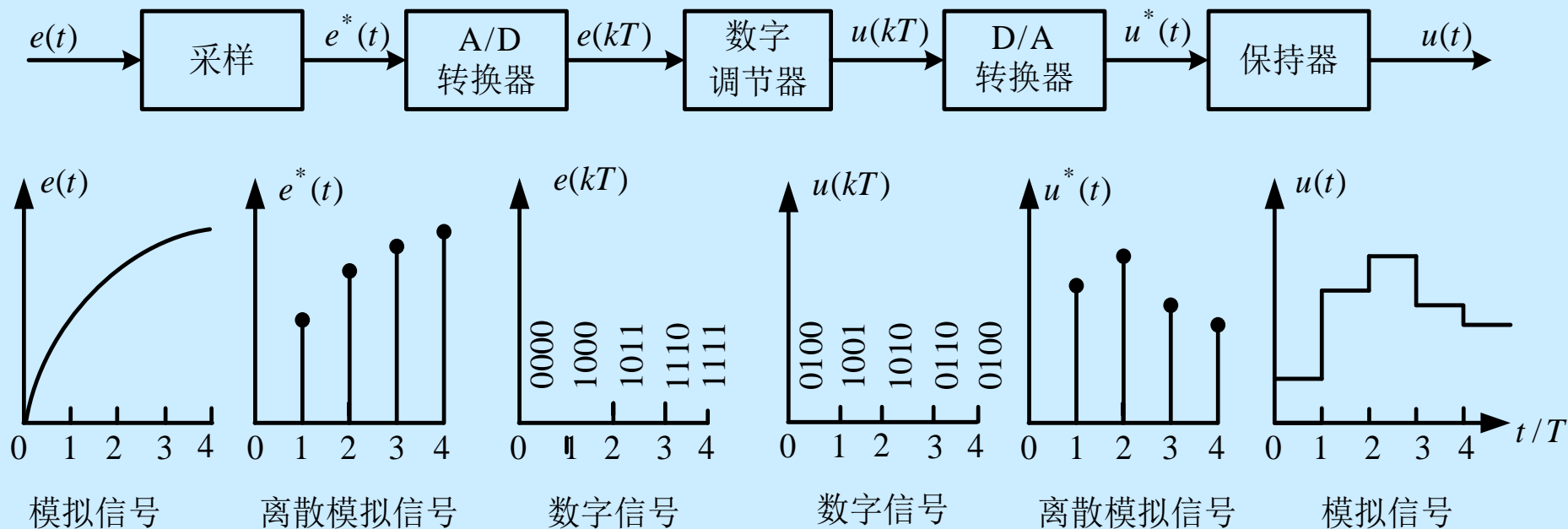
(3) 应用软件

应用软件是系统设计人员针对某个生产过程而编制的控制和管理程序。它包括过程输入程序、过程控制程序、过程输出程序、人机接口程序、打印显示程序和公共子程序等。

计算机控制系统的原理和组成

■ 计算机控制系统的特点

在计算机控制系统中，被控制量通常是模拟量，而计算机本身的输入输出量都是数字量。因此，计算机控制系统大都具有**数字—模拟混合式**的结构。



计算机控制系统中信号变换与传递

模拟信号——时间上和幅值上都连续的信号。

离散模拟信号——时间上离散幅值上连续的信号。

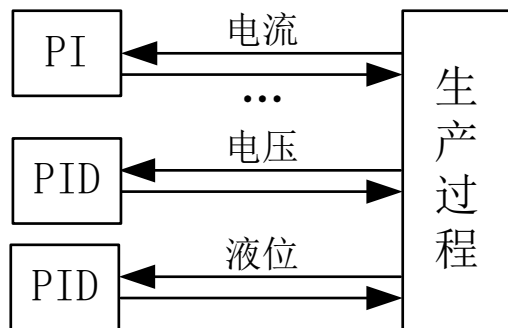
数字信号——时间上离散，幅值也离散的信号。

采样——将模拟信号抽样成离散模拟信号的过程。

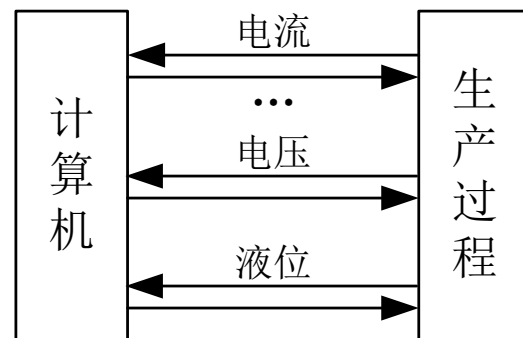
量化——采用一组数码来逼近离散模拟信号的幅值，将其转换成数字信号。

计算机控制系统的原理和组成

■ 计算机控制系统的特点 -与模拟控制系统的比较



模拟控制系统结构图



计算机控制系统结构图

- **模拟控制器(硬设备)**
 - **只能控制一个回路**
 - **控制过程中算法不能改变**
 - **数字控制器(软设备)**
 - **可控制多个回路**
 - **控制过程中算法可以改变，可实现PID以外的多种复杂控制**
- 两者都是自动控制系统，可实现PID控制，后者可实现更复杂控制策略。
- 用计算机实现PID控制并不是简单地把PID控制规律数字化，而是进一步与计算机的存储功能、记忆功能、逻辑判别功能等相结合，使PID控制更加灵活多样，满足生产过程的多种要求。

计算机控制系统的原理和组成

■ 计算机控制系统的特点 -与模拟控制系统的比较

计算机控制系统与连续控制系统相比，具有如下特点：

- (1) 控制规律的实现灵活、方便。
- (2) 控制精度高。
- (3) 控制效率高。
- (4) 可集中操作显示。
- (5) 可实现分级控制与整体优化，可通过计算机网络系统与上下位计算机相通信，进行**分级控制**，实现生产过程控制与生产管理的一体化与整体优化，提高企业的自动化水平。
- (6) 存在着**采样延迟**。

第一章 计算机控制概论

- ◆ 计算机控制系统的原理和组成
- ◆ 计算机控制的诞生与发展
- ◆ 计算机控制系统的典型形式
- ◆ 大型火电机组计算机控制系统

计算机控制的诞生与发展

1) 开创阶段（五六十年代）

- 1959年美国Port Arthur炼油厂投用世界第一台过程控制计算机TRW-300。计算机的主要任务是**巡回检测、数据处理和操作指导**，或仅用于**改变模拟调节器的设定值**，难以直接参与闭环控制。
- 1962年，美国帝国化学工业公司（ICI）实现了直接数字控制（DDC）直接测量224个过程参数并控制129个阀门，**计算机直接控制**被控过程的变量。

2) 小型计算机阶段（六十年代末七十年代初）

- 各种类型适合工业控制的小型计算机。
- 许多小型工程项目、设备采用计算机控制系统。

3) 微型计算机阶段（七十年代之后）

- 集成电路迅速发展，**微型处理器件参与控制**，使计算机控制系统得到更普及的应用。
- 微型计算机性能提高，价格下降以及计算机通信和网络的发展，促使发展一种许多相关联的微计算机组合共同负担工作负荷的系统，形成了目前广泛应用的**集散型控制系统**。

计算机控制的诞生与发展

- 微型计算机的发展和普及，促进发展了**新型计算机控制方式**。
 - 嵌入式计算机控制系统
 - 网络计算机控制
 - 专用控制器迅速的发展
- 促进了计算机**实时控制软件**的进展。
- 性能完好的计算机控制系统，需要计算机**控制系统分析、设计理论**的支持。
 - 采样系统的基本理论。
 - 现代离散控制理论。
 - 各种智能控制理论，如模糊控制、神经网络。
 - 限于现代理论应用的前提和条件，实际难以满足，应用受到了限制。
- 加强**先进控制理论**的可行性研究，发展各种简便易行的**先进控制策略**，提高系统控制水平。

第一章 计算机控制概论

- ◆ 计算机控制系统的原理和组成
- ◆ 计算机控制的诞生与发展
- ◆ 计算机控制系统的典型形式
- ◆ 大型火电机组计算机控制系统

计算机控制系统的典型形式

1、按照结构功能分类 (课本)

- (1)操作指导控制系统 (DAS)
- (2)直接数字控制系统(DDC)
- (3)监督控制系统(SCC)
- (4)分散型控制系统(DCS)
- (5)现场总线控制系统(FCS)

2、按照控制规律分类

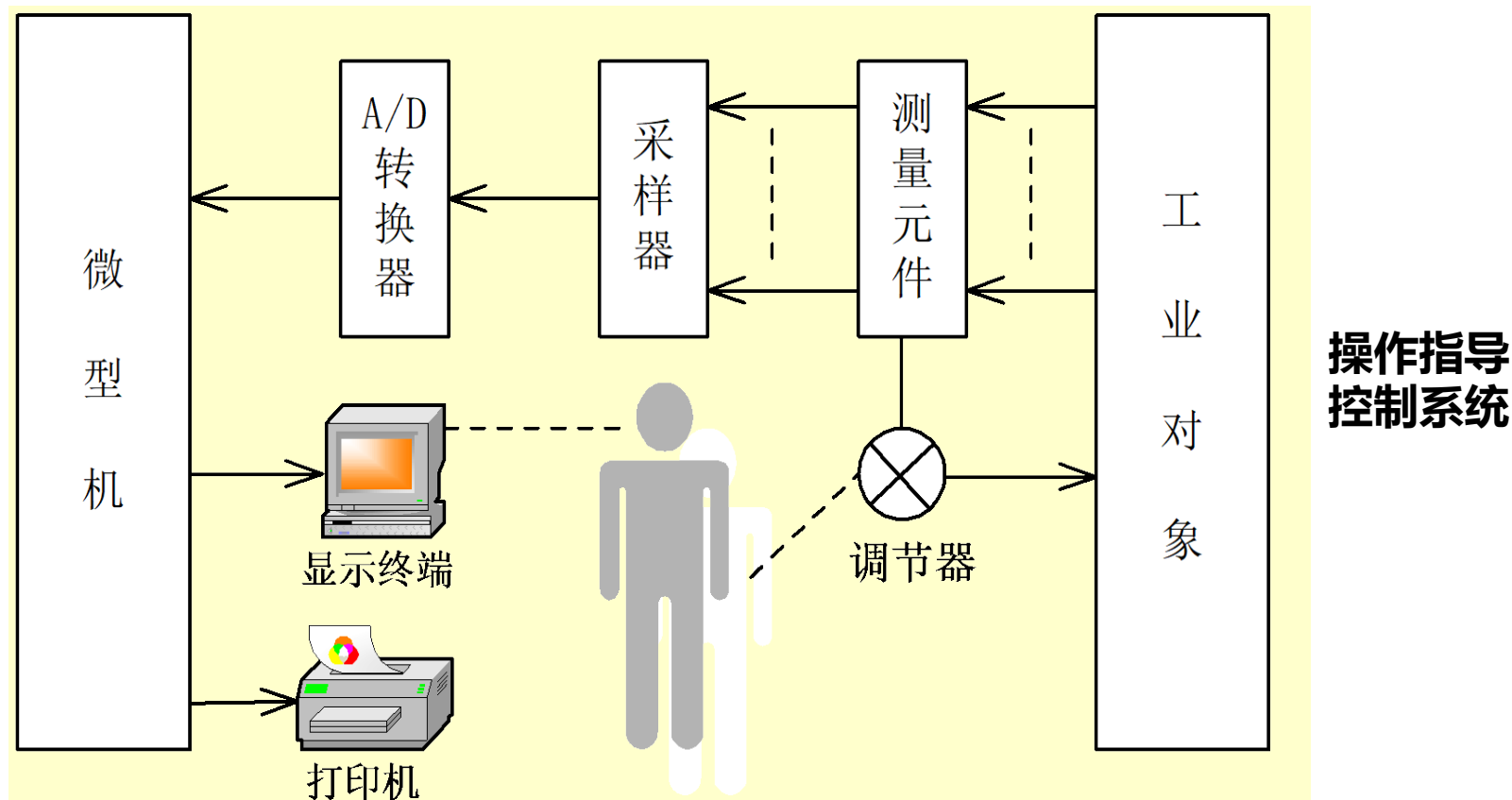
- (1)数字程序和顺序控制
- (2)比例积分微分控制(PID控制)
- (3)最小拍控制
- (4) 复杂规律的控制
- (5)智能控制

3、按照控制方式分类

- (1)开环控制制
- (2)闭环控制

计算机控制系统的典型形式-按功能分类

(1) 计算机数据采集与处理系统(Data Acquisition System, DAS)

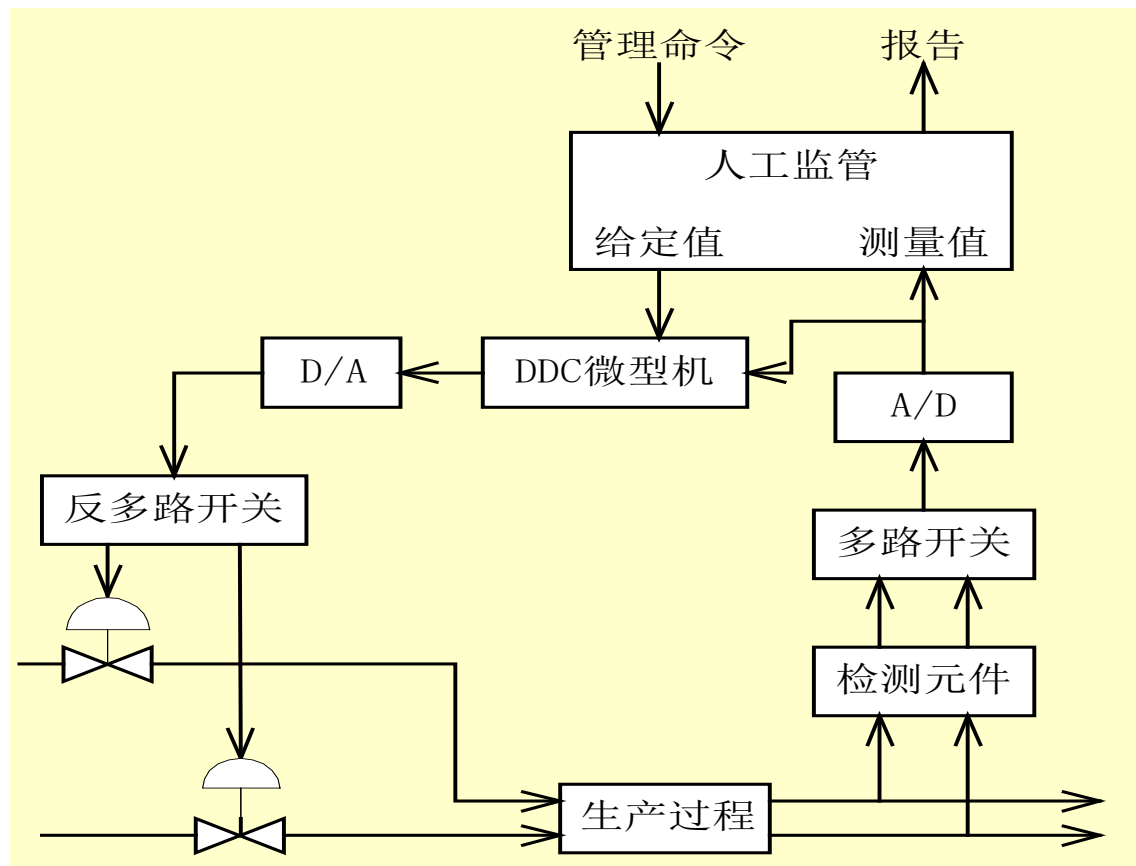


- **定义：** 计算机测得的信号数据，根据一定的控制算法，计算出供操作人员选择的最优操作条件及操作方案。
- **优点：** 结构简单，控制灵活和安全。
- **缺点：** 开环控制。由人操作，实时性差，不能控制多个对象。

计算机控制系统的典型形式-按功能分类

(2) 直接数字控制系统 (Direct Digital Control, DDC)

- 计算机**直接参加闭环控制**过程。
- **定义**：计算机首先通过模拟量输入通道、开关量输入通道**实时采集数据**，然后按照一定的**控制规律进行计算**，最后**发出控制信息**，并通过模拟量输出通道、开关量输出通道直接控制生产过程。



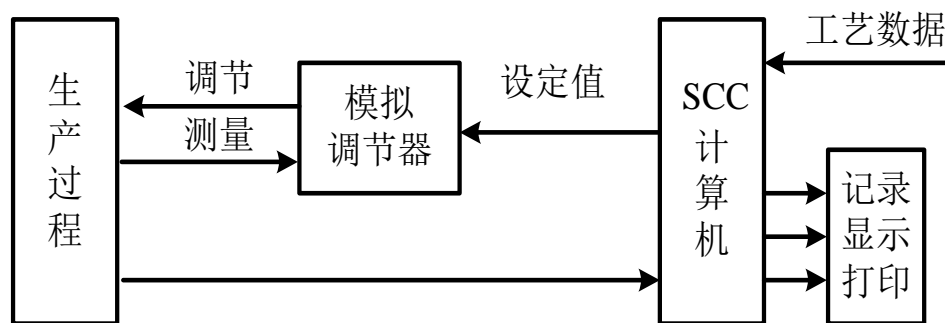
直接数字控制系统框图

- **优点**：能够实现自动控制、多回路控制，把各种算法灵活施加于生产过程。
- **缺点**：结构复杂，投资高。

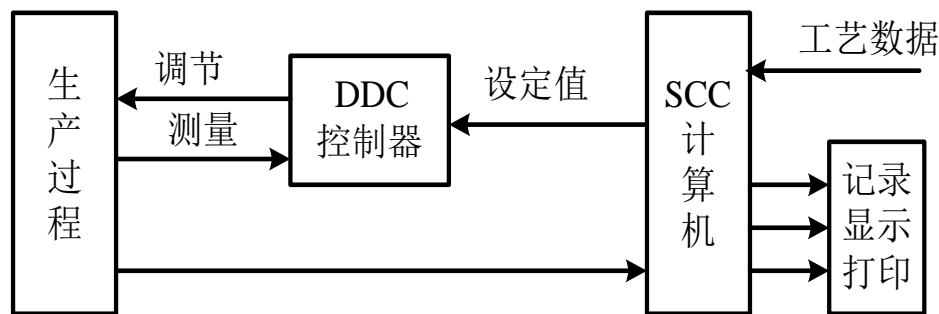
计算机控制系统的典型形式-按功能分类

(3) 监督控制系统 (Supervisory Computer Control, SCC)

- 计算机根据原始工艺信息和其它参数, 按照描述生产过程的数学模型或其它方法, **自动地改变模拟调节器或以直接数字控制方式工作的微型机中的给定值**, 从而使生产过程始终处于**最优工况**(如保持高质量、高效率、低消耗、低成本等等)。从这个角度上说, 它的作用是改变给定值, 所以又称**设定值控制** SPC(Set Point Control)。



(a)



(b)

监督控制系统的两种结构形式

- 它的任务着重在控制规律的修正与实现, 如最优控制、自适应控制等。

计算机控制系统的典型形式-按功能分类

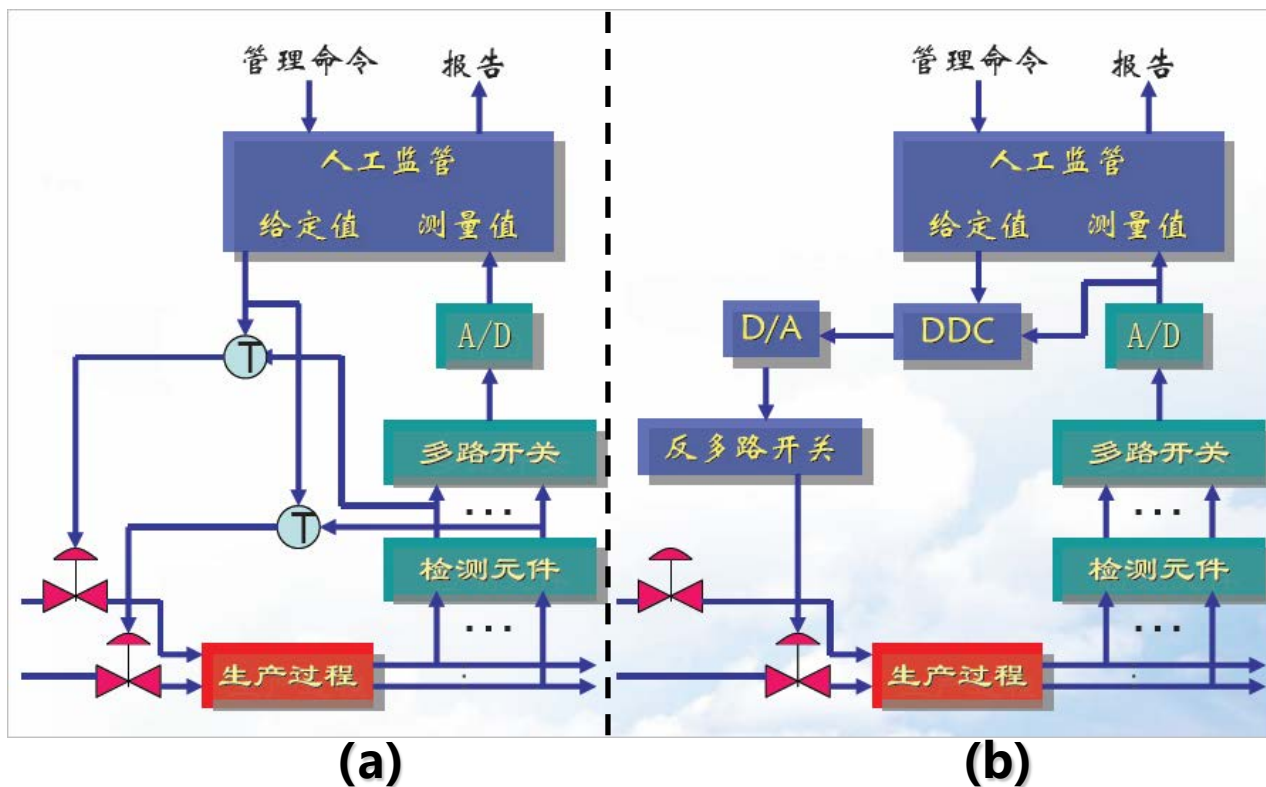
(3) 监督控制系统 (Supervisory Computer Control, SCC)

优点:

- 计算机坏了, 在 (a) 中, 模拟仪表可以直接控制; 在 (b) 中, DDC计算机可以直接控制, SCC计算机只是采集、优化
- 这实际上是一种不存在上下级通信的两级控制, **只存在传递设定值**的关系。

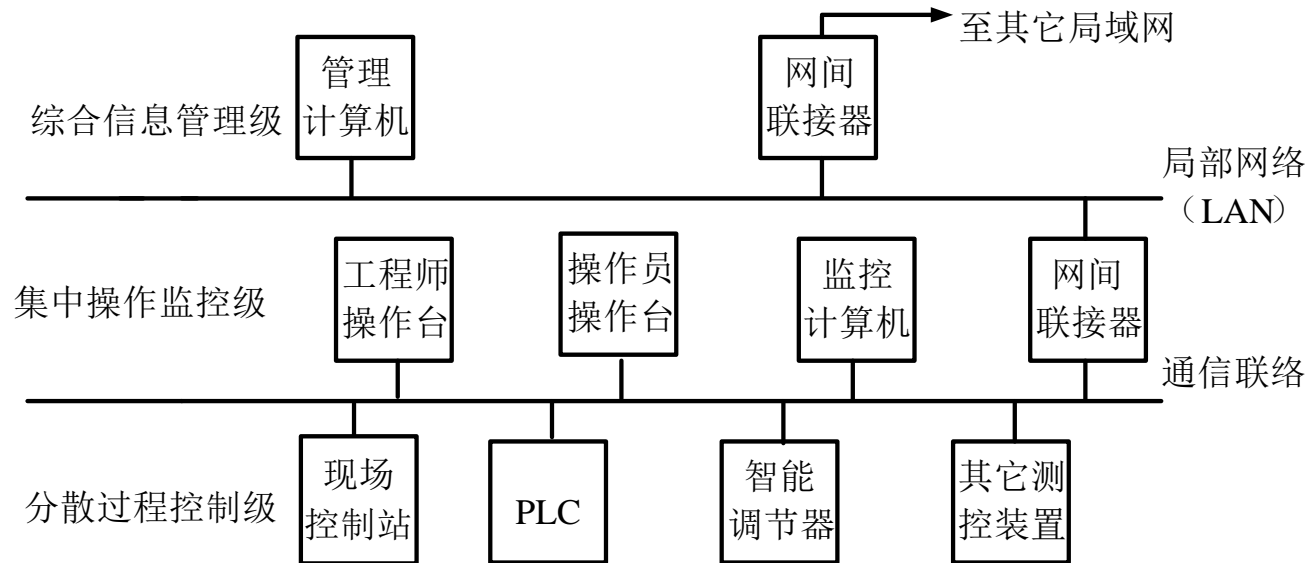
缺点:

- 造价高、效益差
- 现在已经不用



计算机控制系统的典型形式-按功能分类

(4) 分散型控制系统 (Distributed Control System, DCS)

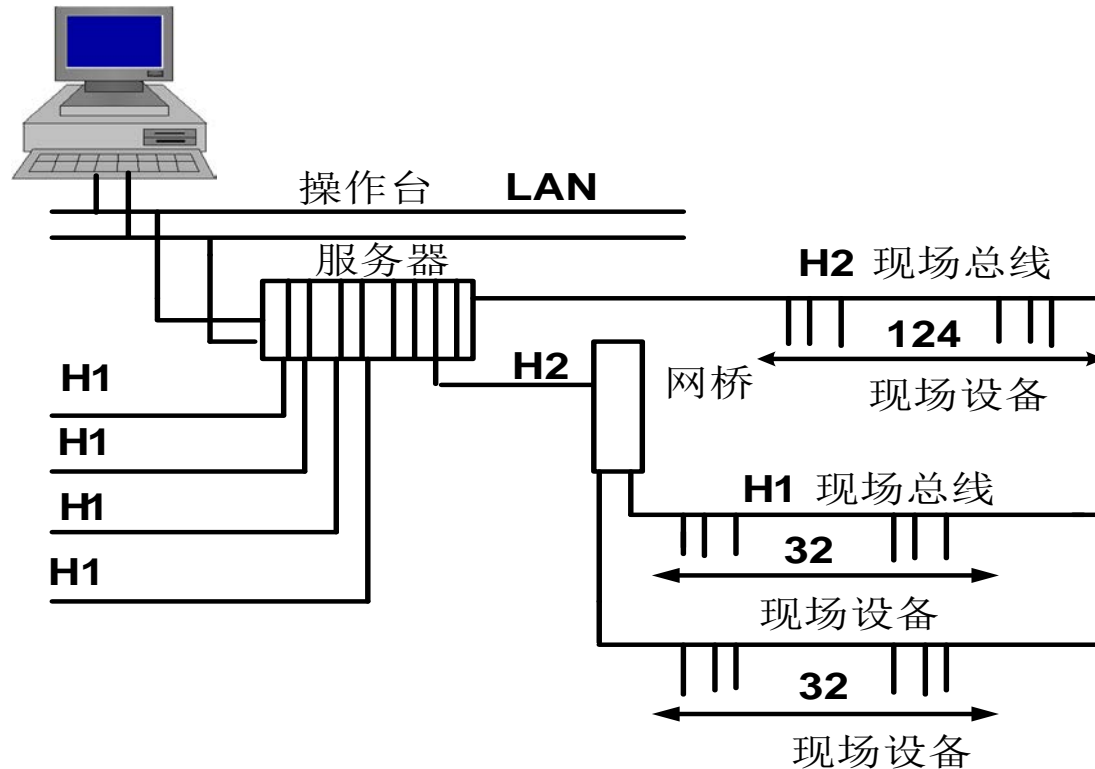


➤ 采用**分散控制**、**集中操作**、**分级管理**和**综合协调**的设计原则与**网络化**的控制结构，形成**分级分布式控制**。

- **分散过程控制级**：这是最底层，直接和现场控制点打交道；
- **集中操作控制级**：集中在控制室通过显示屏等几种监控、操作
- **综合信息管理级**：实现整个企业的综合信息、管理，主要执行生产管理和经营管理功能，能够提供管理决策信息

计算机控制系统的典型形式-按功能分类

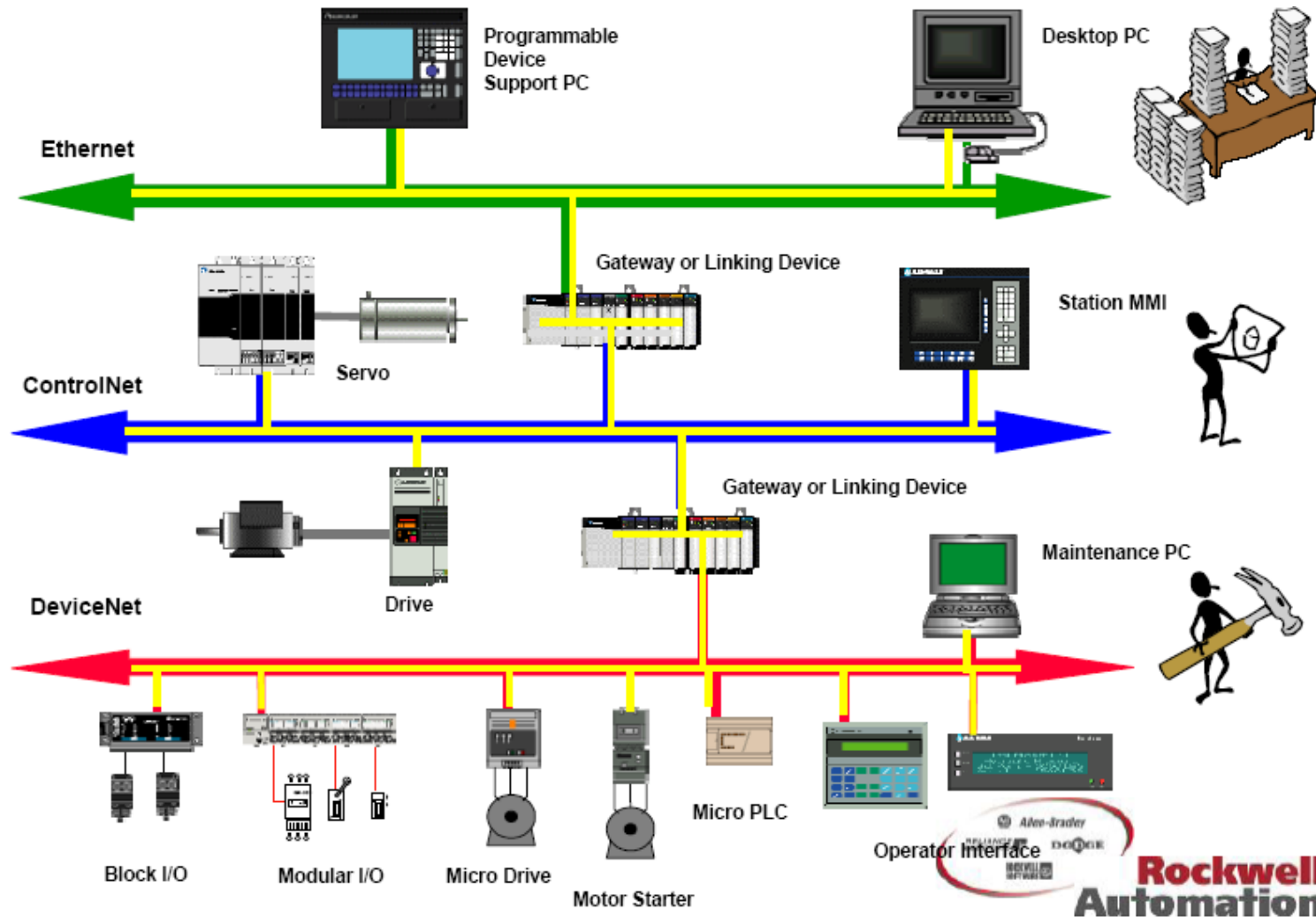
(5) 现场总线控制系统 (Fieldbus Control System, FCS)



- **结构模式：**“工作站—现场总线智能仪表”二层结构，完成了DCS中的三层结构功能
- 降低了成本，提高了可靠性
- 在统一国际标准下可实现真正的开放式互连系统结构。

计算机控制系统的典型形式-按功能分类

(5) 现场总线控制系统 (Fieldbus Control System, FCS)



一个真实的FCS 控制系统

计算机控制系统的典型形式-按功能分类

(5) 现场总线控制系统 (Fieldbus Control System, FCS)

- 新一代分布式控制系统，采用“工作站---现场总线智能仪表”二层结构，国际标准统一后，可实现真正的开放式互连系统结构。
- 主要有五种现场总线：
 - CAN总线 (controller area network,控制器局域网络)
 - LONGWORKS总线(local operating network, 局部操作网络)
 - PROFIBUS (process field bus , 过程现场总线)
 - HATR总线 (可寻址远程传感器数据网络)
 - FF总线 (基金会现场总线)

计算机控制系统的典型形式-按功能分类

(6) 可编程序控制系统 (Programmable Logical Controller, PLC)

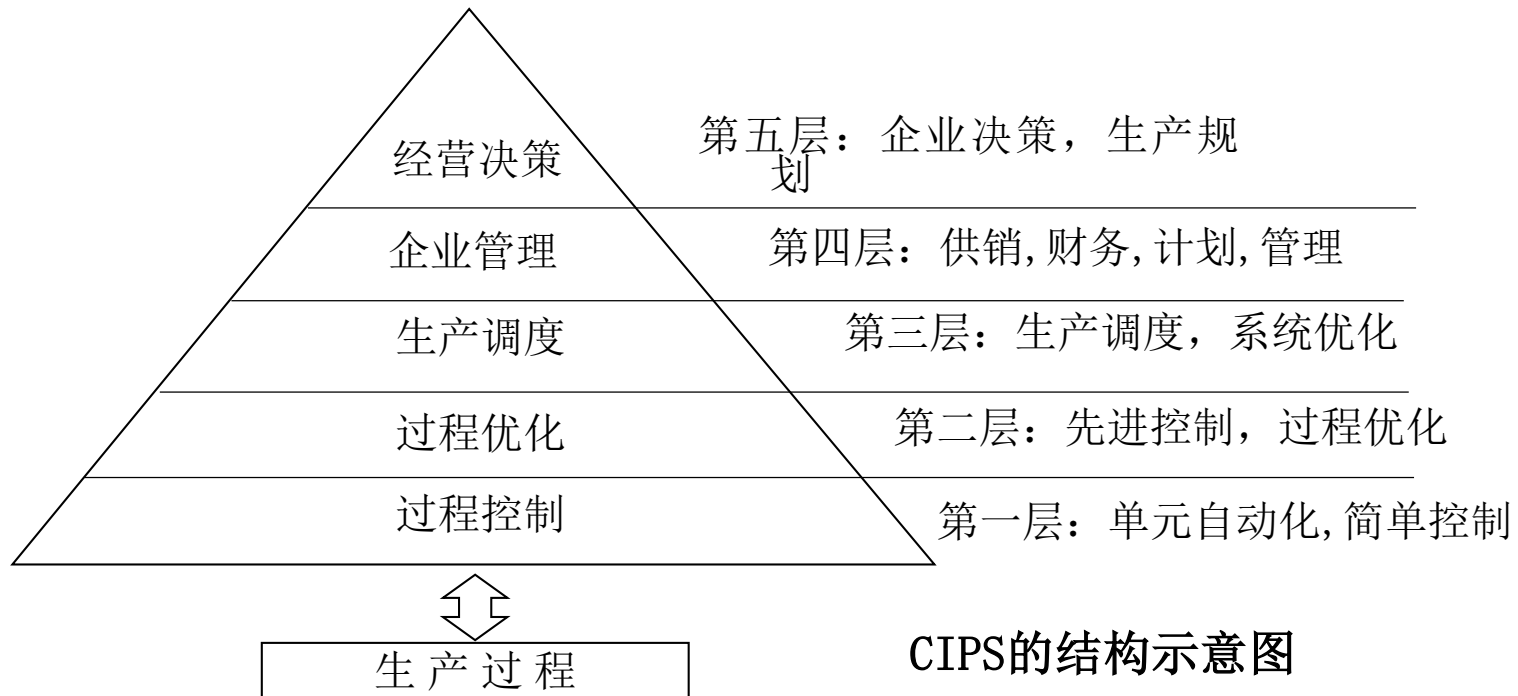
- PLC是一种工业控制计算机, 能快速构建控制系统
- PLC最初是为取代继电器 - 接触器控制电路而设计
- PLC与通用PC机的不同:
 - 外观与PC机差异较大, 适用于工业环境的安装使用, 可靠性高
 - 编程语言与PC机不同, 一般采用图形化的编程方式
 - 工作过程与PC机不同, 为循环扫描工作方式。
- 尤善于处理开关量控制, 广泛用于电厂辅网程控

计算机控制系统的典型形式-按功能分类

(7) 计算机集成控制系统

- ✓ 计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)
- ✓ 计算机集成过程系统 (Computer Integrated Process System, CIPS)

- CIPS是企业管控一体化的大系统
- CIPS在电厂的应用:
 - 管理信息系统 (MIS) : 包括ERP/EAM等
 - 厂级实时监控信息系统SIS (Supervisory Information System)
 - 过程自动化系统 (DCS/FCS/PLC/RTU等)



CIPS的结构示意图

第一章 计算机控制概论

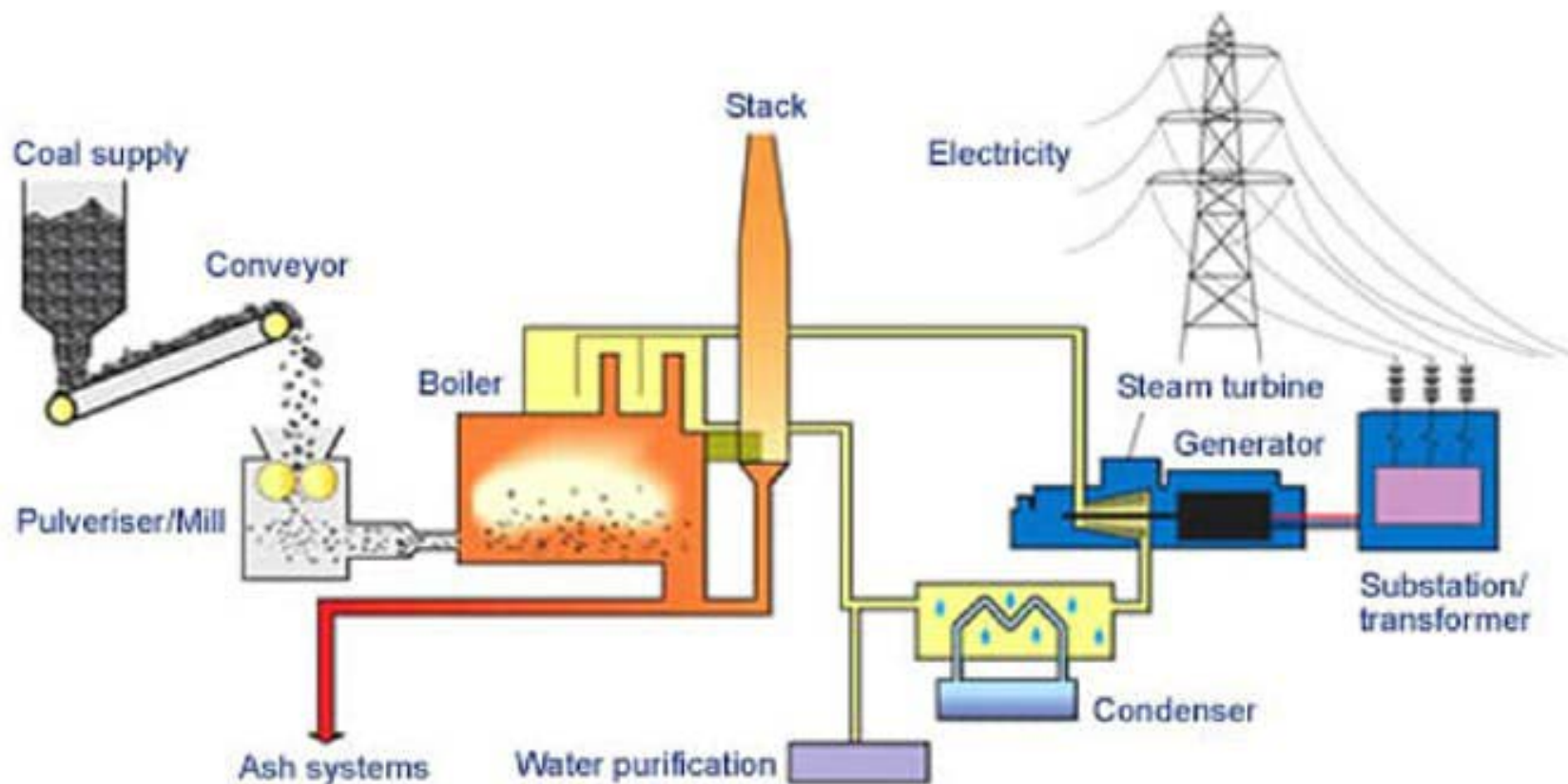
- ◆ 计算机控制系统的原理和组成
- ◆ 计算机控制的诞生与发展
- ◆ 计算机控制系统的典型形式
- ◆ 大型火电机组计算机控制系统

大型火电机组计算机控制系统



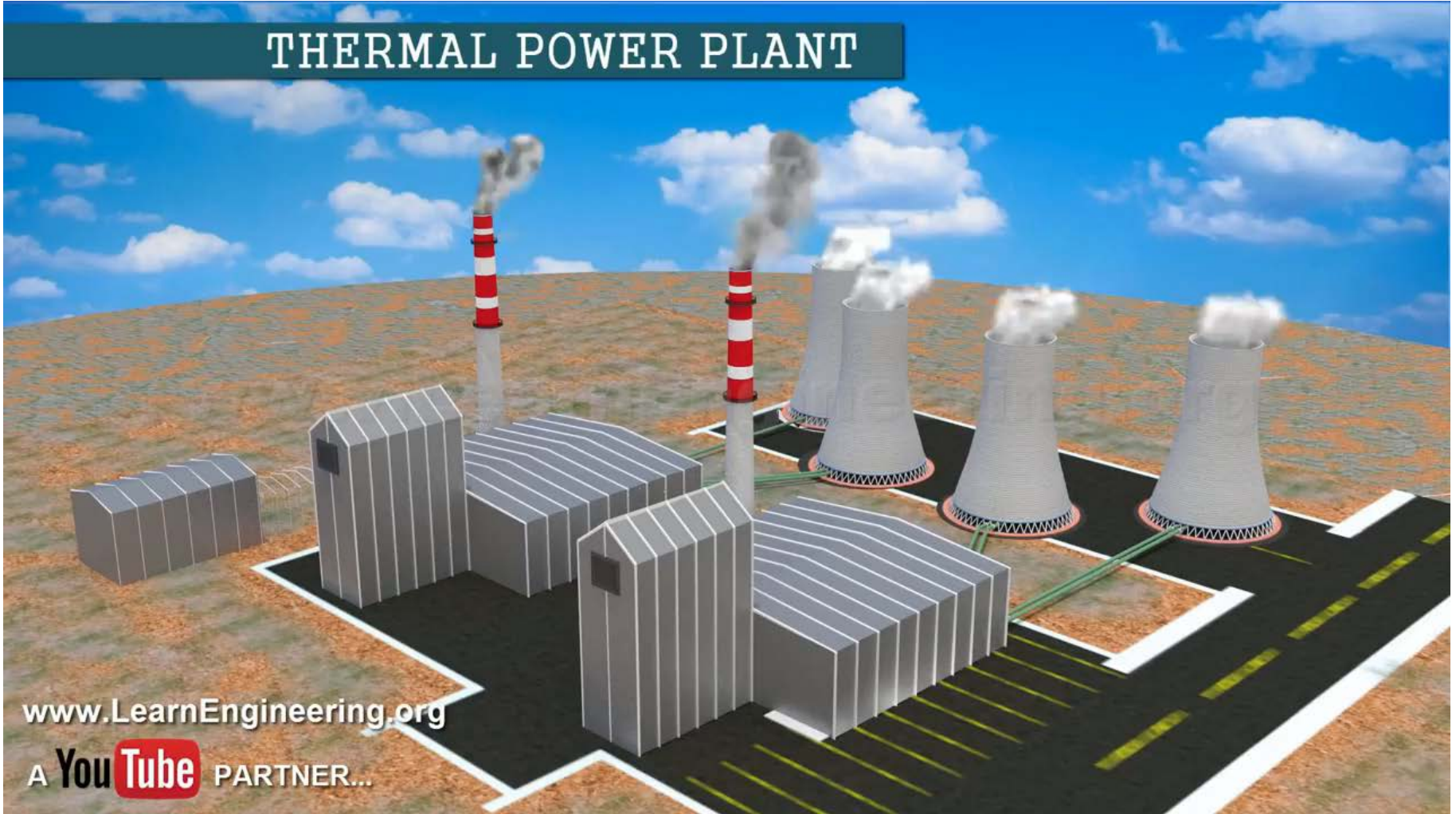
大型火电机组计算机控制系统

Design of a Coal-fired Power Plant



大型火电机组计算机控制系统

THERMAL POWER PLANT



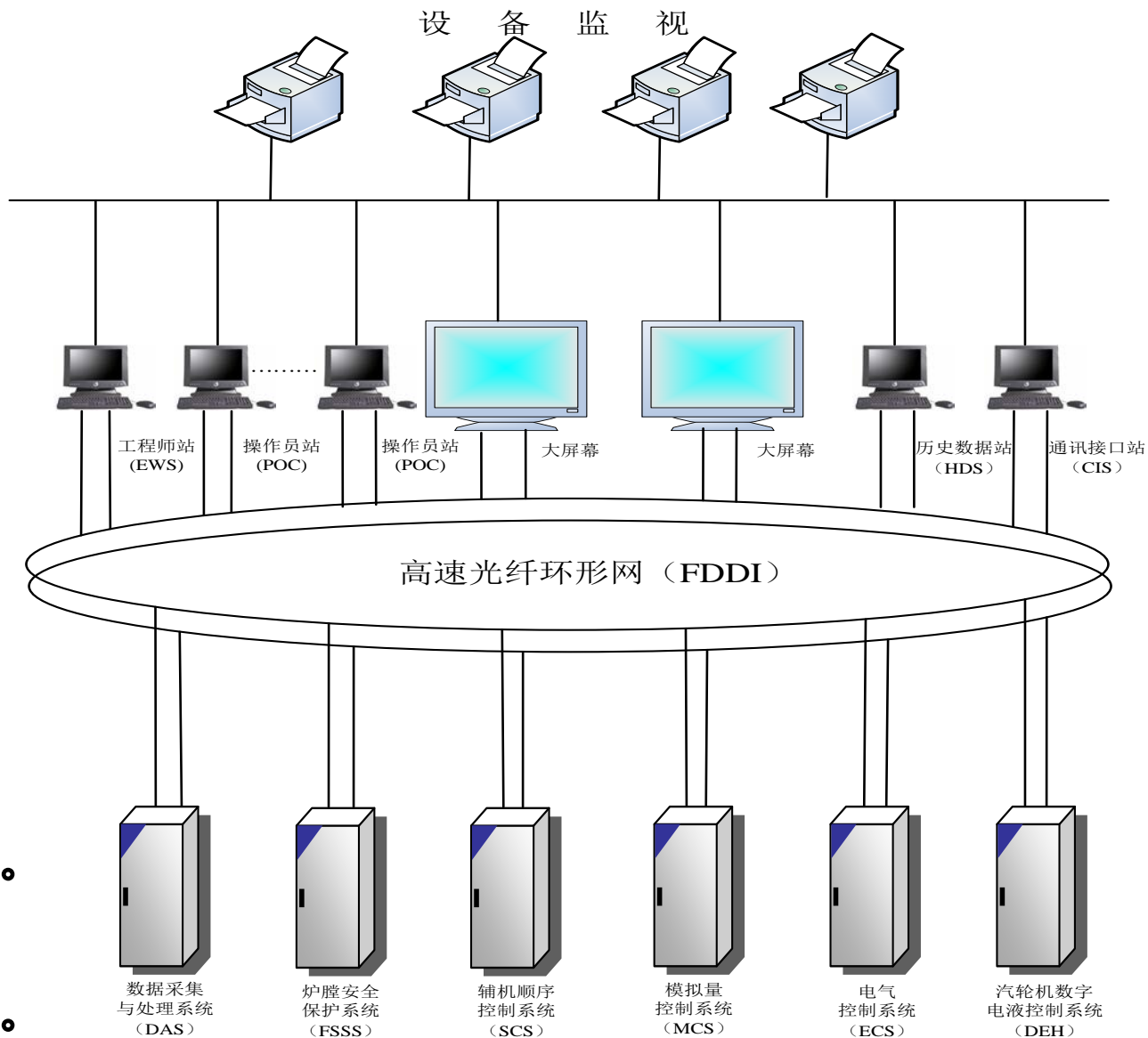
大型火电机组计算机控制系统

■大型火电单元机组热工自动化主要着重于CAMP

- 控制 (*Control*)
- 报警 (*Alarm*)
- 监测 (*Monitor*)
- 保护 (*Protect*)

■集散型控制系统 (DCS)

- 采用DCS，对整个电厂的生产、运行进行管理。
- 是目前国内大型电厂机组采用的主要控制系统。



• 火电厂DCS结构图

大型火电机组计算机控制系统

1. 数据采集与处理系统(Data Acquisition System, DAS), 过程变量的采集与处理

- 报警监视
- 报表管理
- 操作指导
- CRT监视操作
- 性能计算, 数据存储管理
- 故障追忆

2. 机组协调控制系统(Coordinated Control System, CCS)

- 接受各类负荷指令, 发出机、炉指令, 使汽机与锅炉之间负荷协调, 并使主机与辅机之间负荷相适应, 保证主要运行参数的稳定。

3. 辅机顺序控制系统(Sequence Control System, SCS)

- 对单元机组的主要辅机和功能组进行启停控制和连锁保护。

4. 锅炉炉膛安全监控系统 (Furnace Safeguard Supervisory System, FSSS或BMS)

- 炉膛火焰监测
- 炉膛压力保护
- 炉膛自动吹扫
- 燃料点火及投粉顺序
- 锅炉安全管理

大型火电机组计算机控制系统

5. 汽机旁路控制系统 (Bypass Control System, BPC) ,是大型中间再热机组重要控制系统之一, 包括高压旁路控制和低压旁路控制子系统。

- 负荷变化时, 调节主汽压力;
- 启动或跳闸时, 保护过热器和再热器有流量通过, 保护设备;
- 启动或甩负荷时旁路锅炉过量蒸汽。

6. 汽机电液控制系统 (Digital Electric Hydraulic pressure control , DEH)

- 实现汽轮机的转速和负荷控制, 汽轮机设备的保护
- 计算机组的热力状态和条件, 实现监控
- 在机组跳闸、甩负荷、超速以及主蒸汽压力偏低时, 进行处理和控制
- 接受调度和协调系统来的负荷指令, 实现协调控制

大型火电机组计算机控制系统

■ 火电机组计算机控制系统的发展方向：

一、DCS的新发展与显著特点：

- (1) 通用化的硬件平台，PLC 的融入；
- (2) 独立的应用软件体系；
- (3) 标准化的通信体系；
- (4) 强化安全、冗余措施；
- (5) 与现场总线控制系统（FCS）的无缝融合；
- (6) 更广泛的适用范围（行业、专业）；
- (7) 与大机组的发展相适应；
- (8) 先进控制算法的更多应用。

二、推广现场总线系统，建设数字化电厂

(1) 现场总线控制系统（FCS）具有投资少、组态灵活、符合开放互连标准等优点，是建设电厂综合信息自动化系统（全数字化系统）不可缺少的条件。

(2) 广泛应用现场总线系统是提高机组运行的安全可靠性的、对现场设备进行现代化管理及降低工程投资、加快工程速度的一项先进技术措施。

其它计算机控制实例-机器人

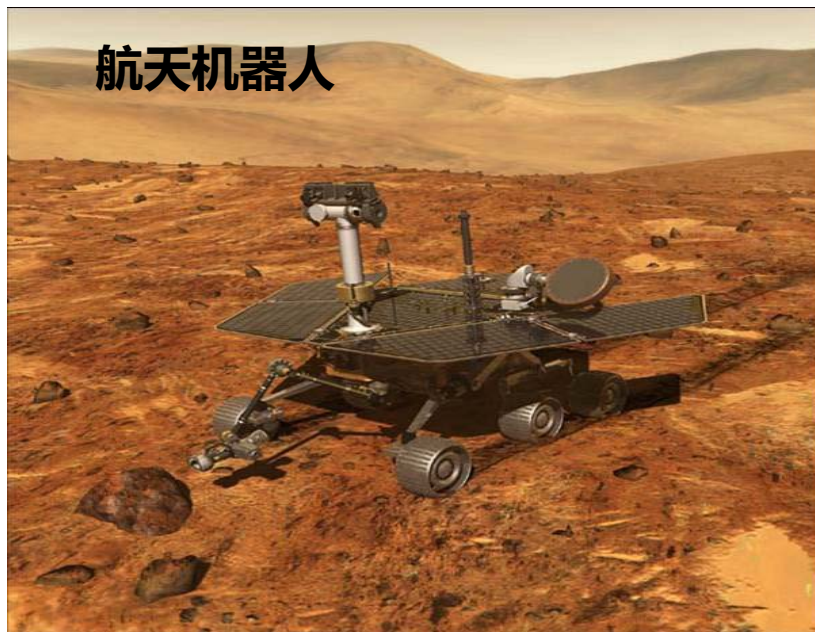
娱乐机器人



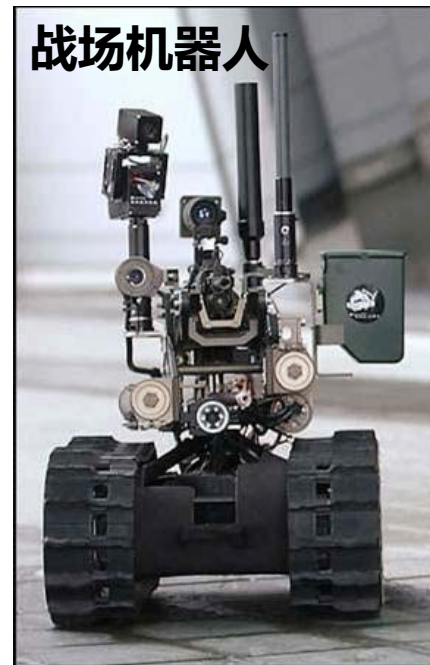
扫地机器人



航天机器人



战场机器人



其它计算机控制实例-机器人



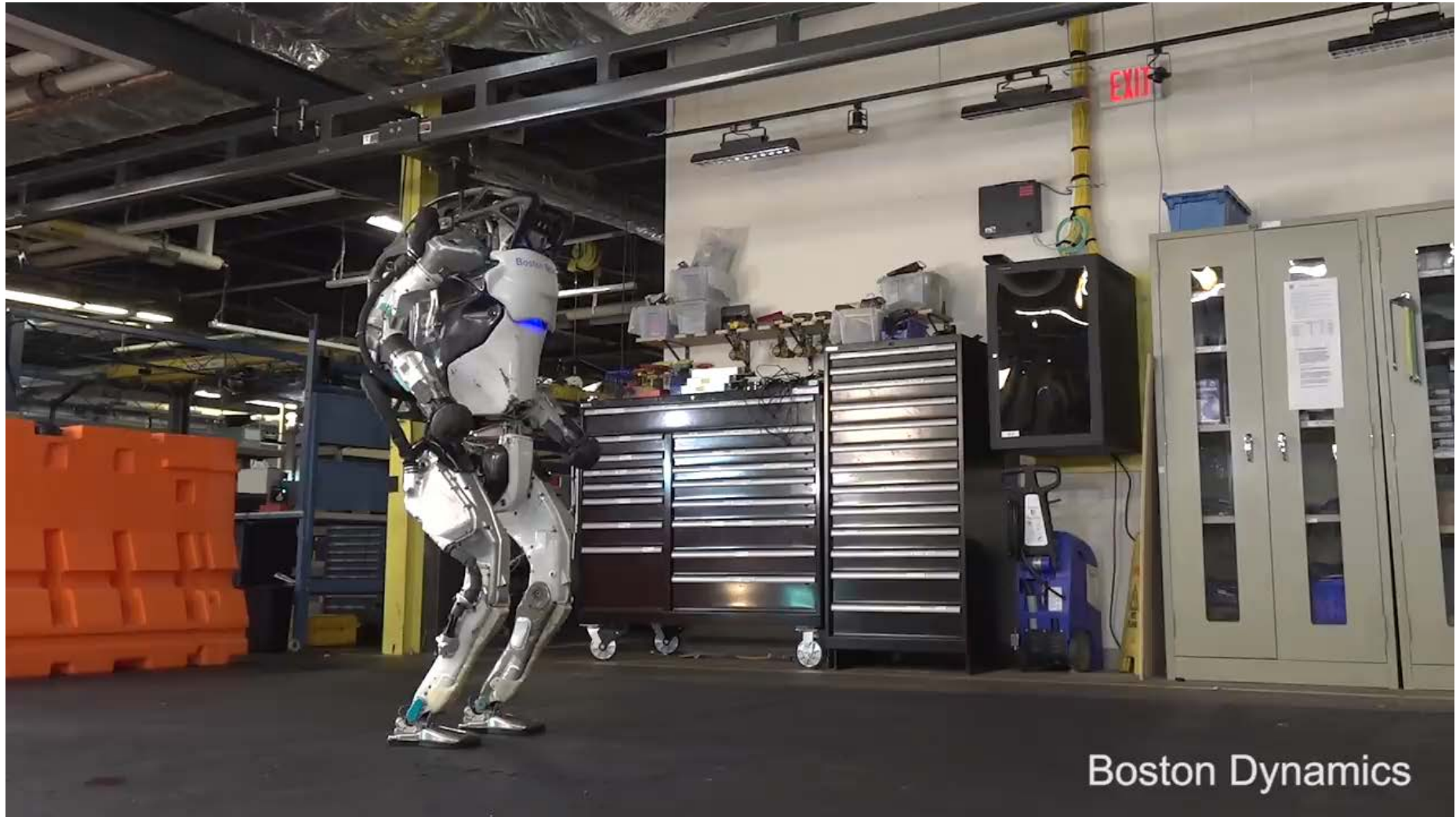
美军**排爆**机器人执行任务

其它计算机控制实例-机器人

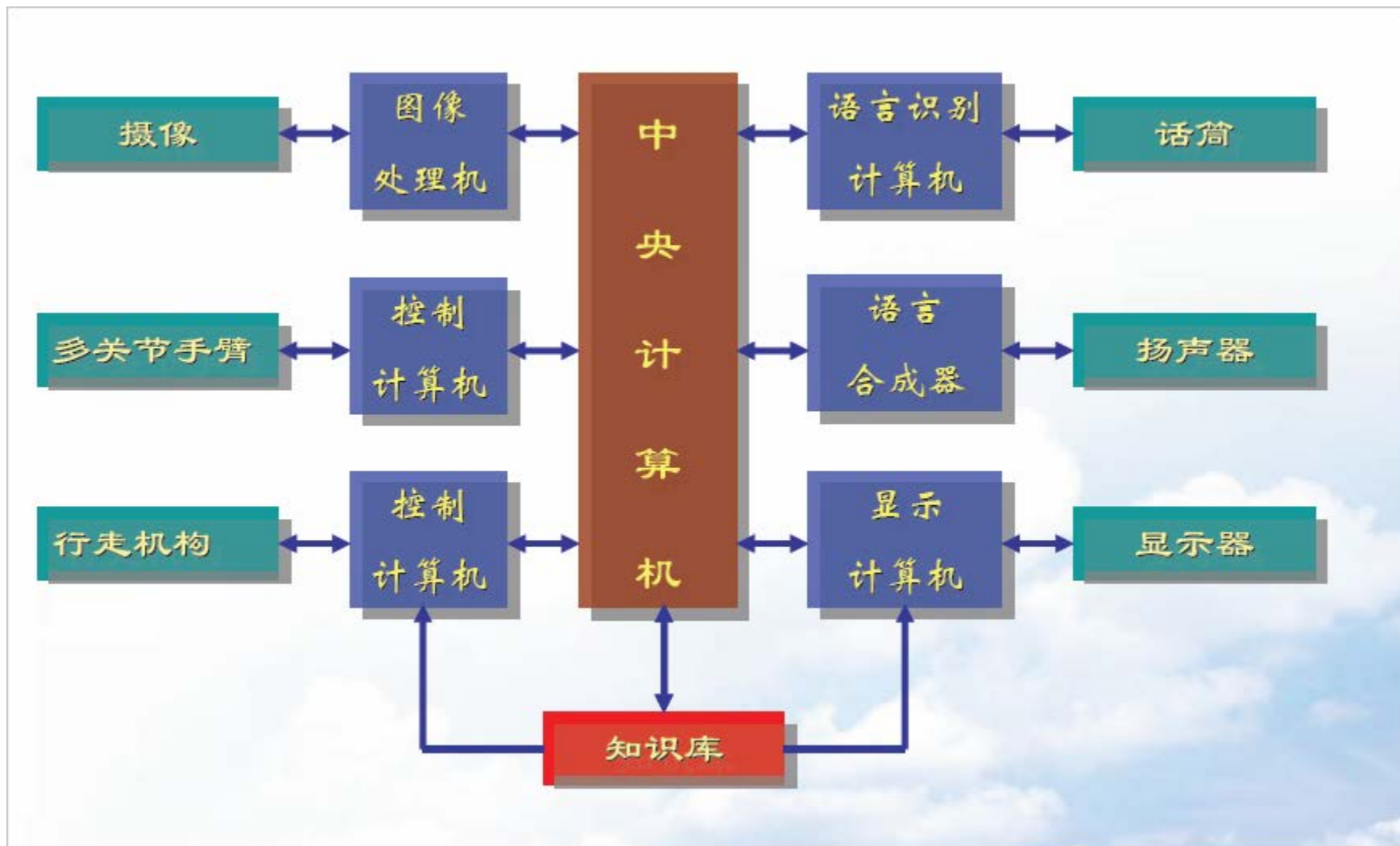


无人作战机器人

其它计算机控制实例-机器人



其它计算机控制实例-机器人



智能机器人结构图

其它计算机控制实例-航空航天



其它计算机控制实例-无人机



其它计算机控制实例-电梯

电梯配置

楼层	楼层高
1层 - 8层	3米
梯速	厅门高
1.5米/秒	2.5米
加速度	开/关门时间
1米/平方	4秒
加加速	乘客转移时间
1米/立方	1秒

运行状态

<input checked="" type="radio"/> 电源	<input type="radio"/> 厅门门锁	<input type="radio"/> 加速
<input type="radio"/> 上行缓速下行缓速	<input type="radio"/> 匀速	
<input type="radio"/> 电梯闭	<input checked="" type="radio"/> 平层	<input type="radio"/> 减速
<input type="radio"/> 上行限位下行限位	<input checked="" type="radio"/> 停止	

控制信号

轻载	满载	超载	急停	消防
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
底层钥匙	司机	检修	驻停	慢上 慢下
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

故障模拟

200	急停	冲顶	撞底	运行中掉门锁
-----	----	----	----	--------

182

3号电梯

4



↑

↓

7

8

5

6

3

4

1

2

01010000

00000011



8

7

6

5

4

3

2

1

开始模拟

模拟结束

自动运行

帮助

其它计算机控制实例-无人驾驶



思考题

- **过程控制计算机系统一般由哪几部分组成？工作原理是什么？**
- **计算机控制系统的发展经历了哪几个阶段？**
- **计算机控制系统的类型有哪几种？各有什么特点？**
- **火电厂计算机控制系统DAS、CCS、SCS、FSSS、DEH、BPC的主要功能是什么？**