

电子信息工程导论

第五篇 控制科学技术

銘傳大學資工系

楊健貴

5. 控制科学技术

5.1 自动控制原理

5.2 现代控制理论

5.3 电器控制与可编

5.4 计算机控制系统

5.1 自动控制原理

- 控制的含义
- 控制（**CONTROL**） ---- 某个主体使某个客体按照一定的目的动作。
主体-人：人工控制； 机器：自动控制
客体-指一件物体，一套装置，一个物化过程，一个特定系统。

5.1-1 人工控制与自动控制

- 人在控制过程中起三个作用：
 - （1）**观测**：用眼睛去观测，如温度计、转速表等的指示值；
 - （2）**比较与决策**：人脑把观测得到的数据与要求的数据相比较，并进行判断，根据给定的控制规律给出控制量；
 - （3）**执行**：根据控制量用手具体调节，如调节阀门开度、改变触点位置。

5.1-2 自动控制

自动控制，是指在无人直接参与的情况下，利用外加的**设备或装置**，使**机器、设备或生产过程**的某个**工作状态或参数**自动地按照**预定的规律**运行

被控变
量

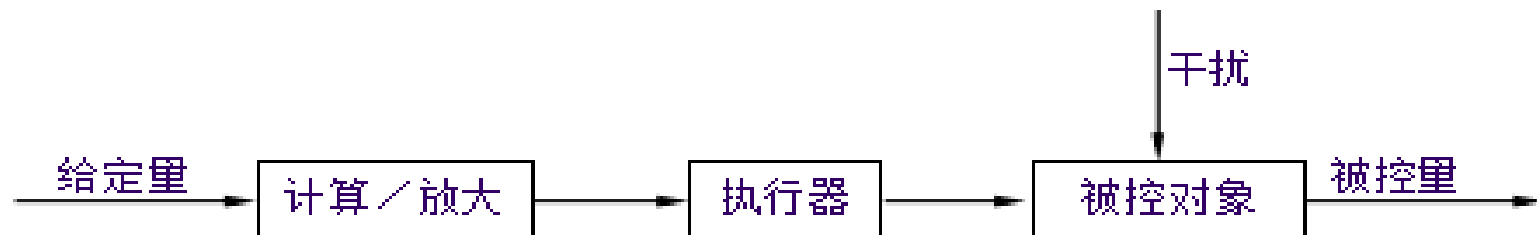
控制装置
或控制器

被控对象

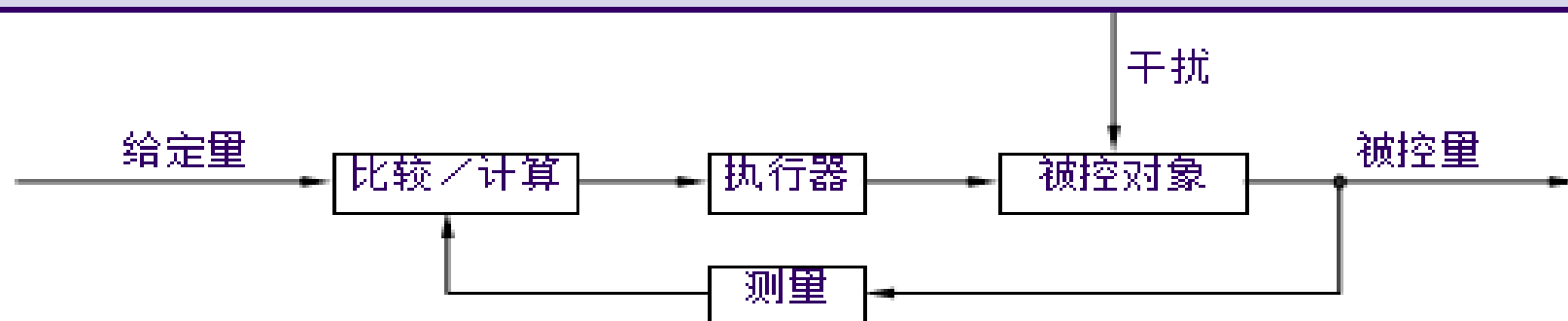
给定量

<https://blog.csdn.net/canxuezhong>

5.1-3 開環控制和閉環控制



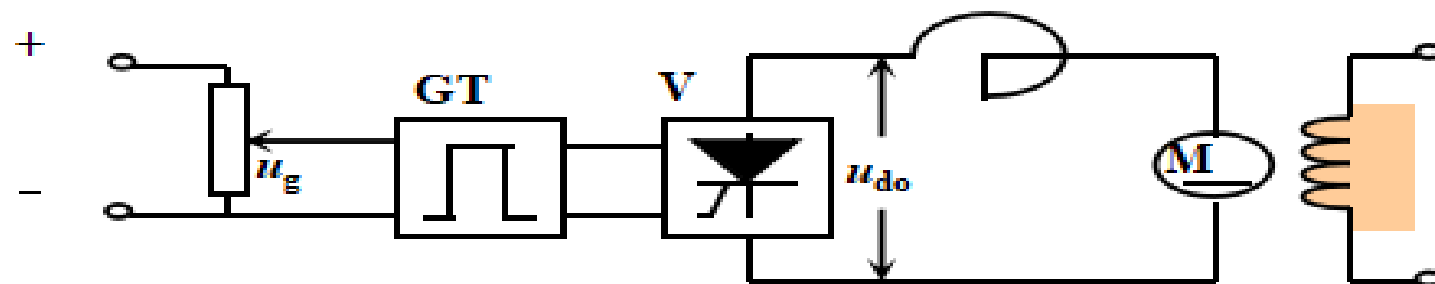
开环控制系统是指无被控量反馈的系统，即在系统中控制信息的流动未形成闭合回路



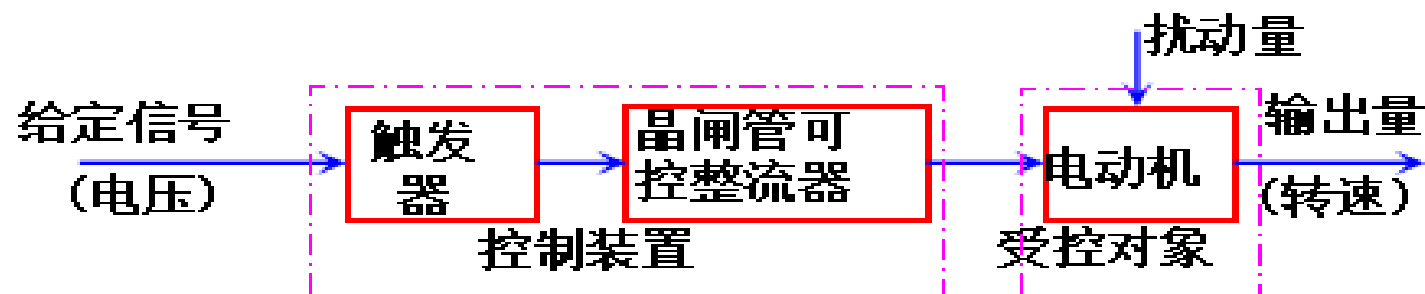
闭环控制就是有被控量反馈的控制，即系统的输出信号沿反馈通道又回到系统的输入端，构成闭合通道，也叫做反馈控制。

5.1-3 典型開環系統

电动机速度控制系统



(a) 原理图

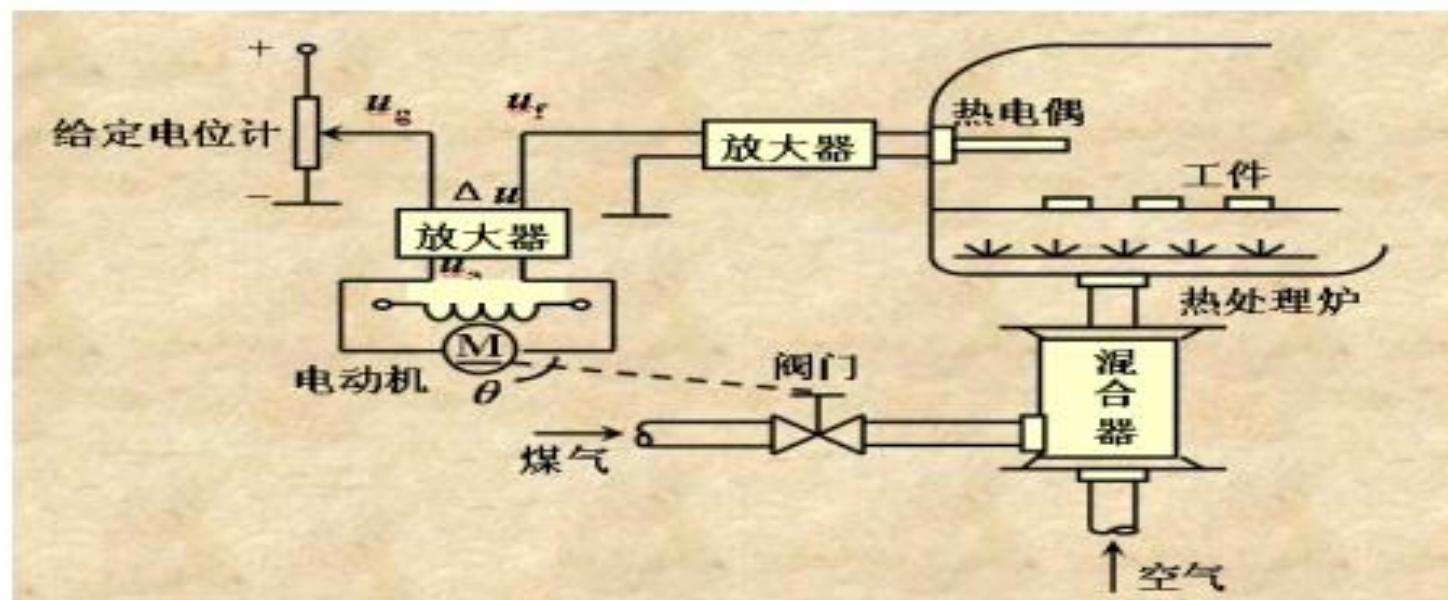


(b) 方框图

➤ 控制装置与受控对象之间只有顺向作用而无反向联系

5.1-3 典型閉環系統

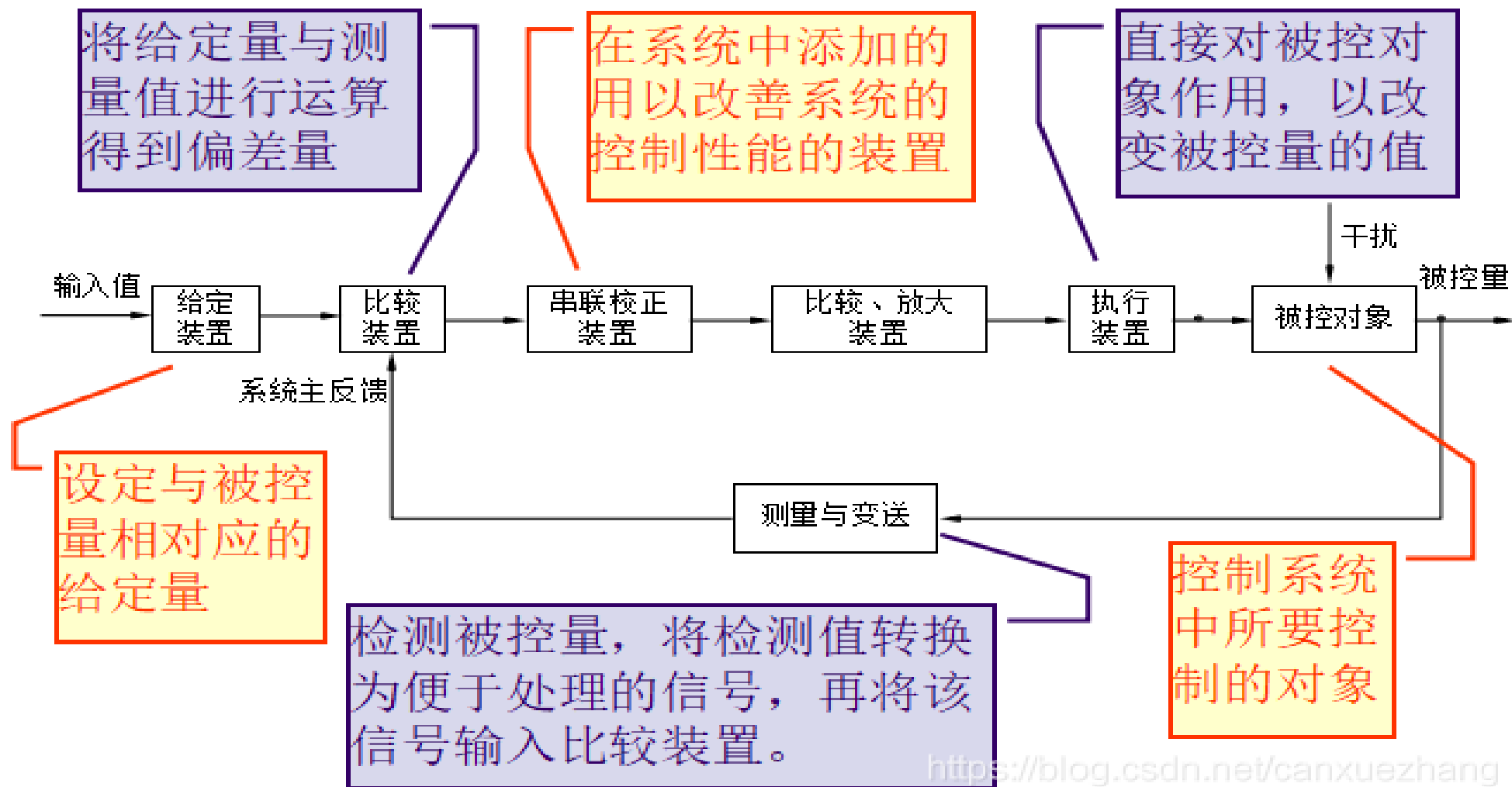
炉温控制系统



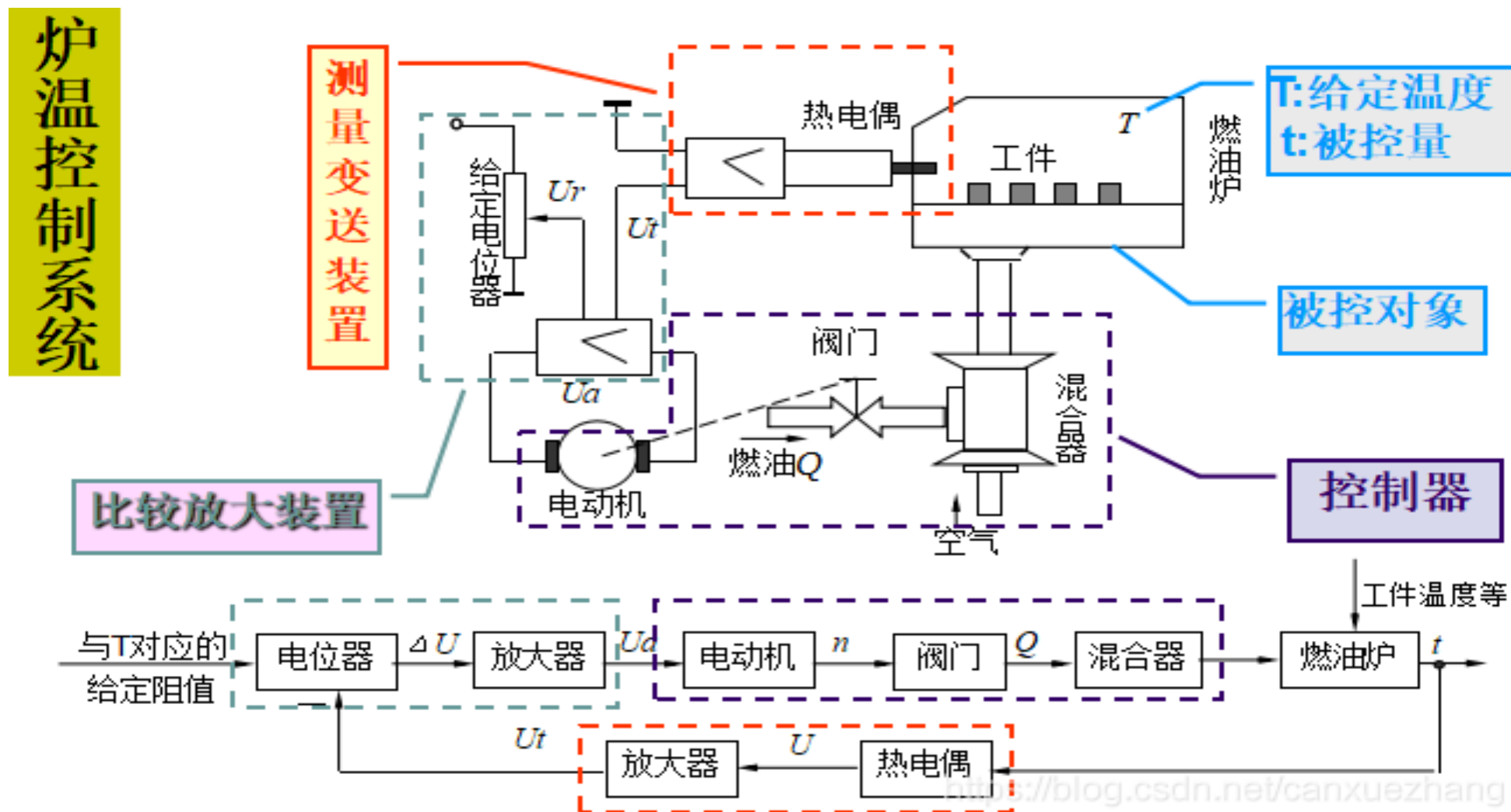
a 原理图



5.1-4 自動控制系統的組成

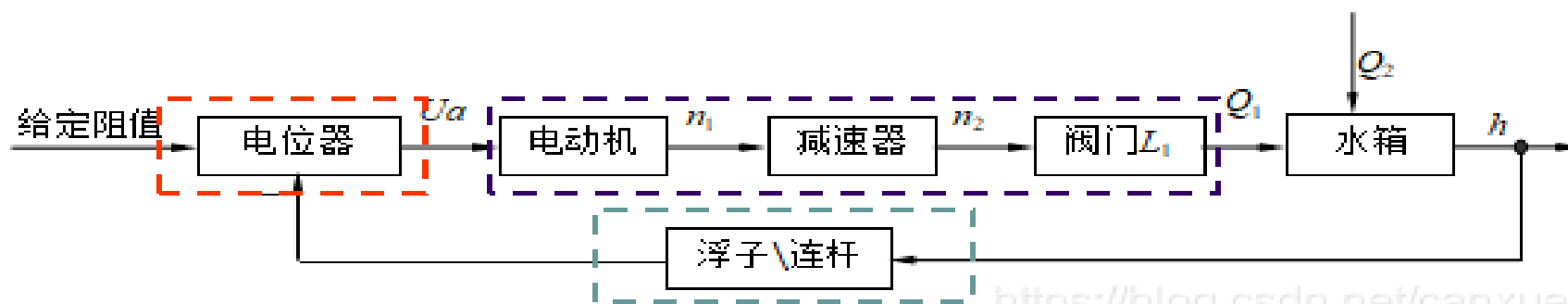
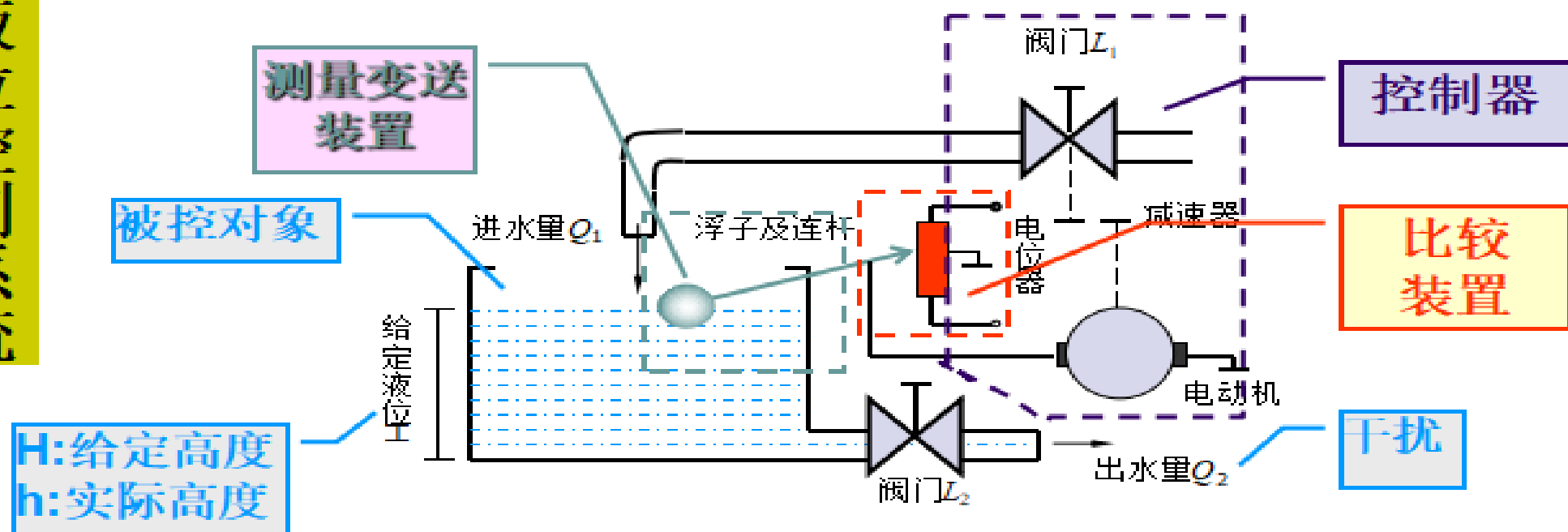


5.1-5 自动控制系统例项一



5.1-5 自动控制系统例项二

液位控制系统



5.1-6 自动控制系统要点

- 自动控制系统的任务：
被控量和给定值，在任何时候都相等或保持一个固定的比例关系，没有任何偏差，而且不受干扰的影响。
- 系统的动态过程：
也称为**过渡过程**，是指系统受到外加讯号(给定值或干扰)作用后，被控量随时间变化的全过程。
- 自动控制的效能指标：
反映系统控制性能优劣的指针，工程上常常从**稳定性**、**快速性**、**准确性**三个方面来评价。

5.1-7 自动控制原理

自动控制原理是分析设计自动控制系统的理论基础，可分为经典控制理论和现代控制理论两大部分。



自动控制系统的方框图是对系统物理特性的抽象表示，它描述系统的主要矛盾和内在联系，是研究自动控制系统的有效工具。



自动控制系统最基本的控制方式是闭环控制，也称反馈控制，它的基本原理是利用偏差纠正偏差。



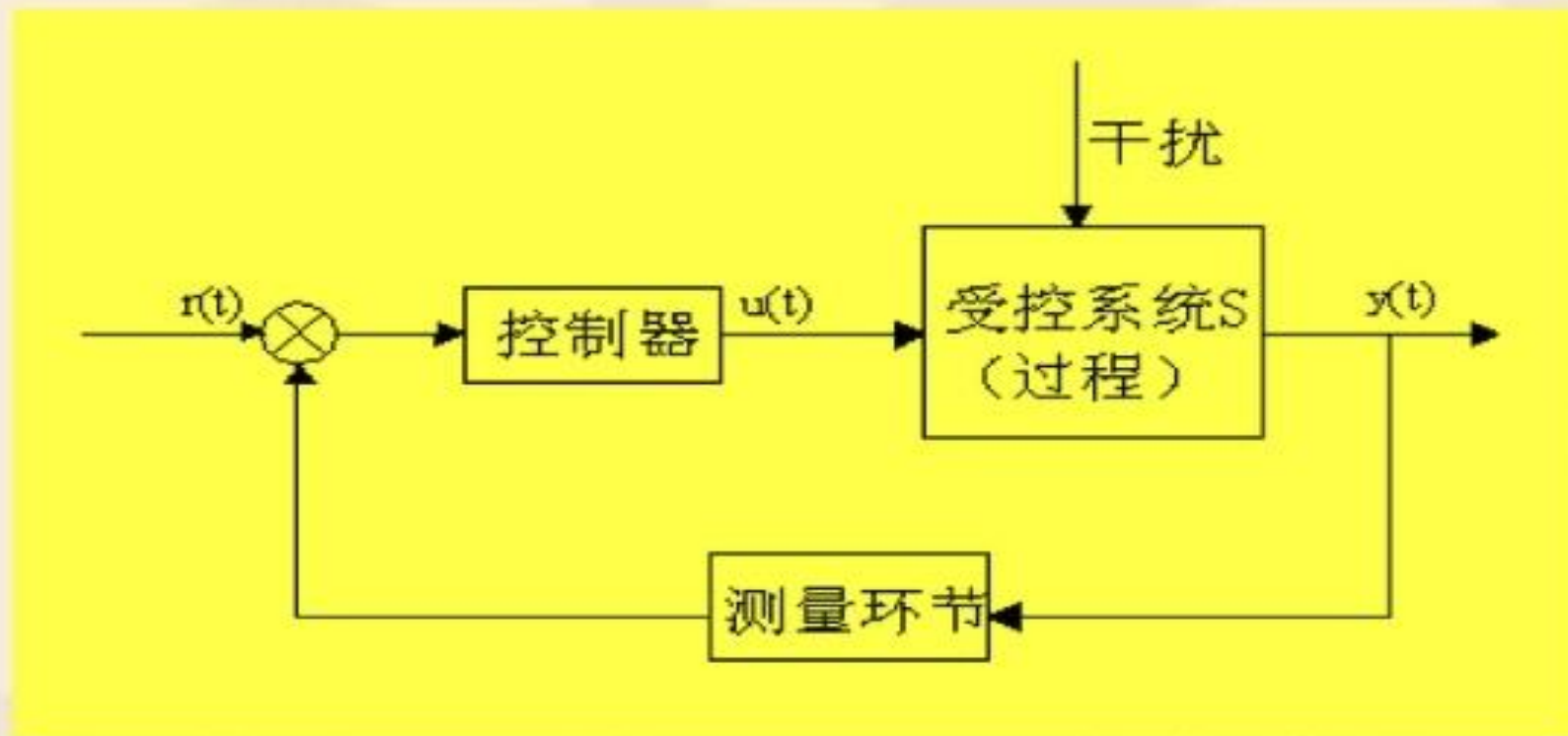
自动控制系统讨论的主要问题是系统动态过程的性能，主要性能归纳起来就是三个字：稳、快、准。

5.2 现代控制理论

学习现代控制理论的意义:

- 1.是所学专业的理论基础
- 2.是研究阶段提高理论水平的重要环节。
- 3.是许多专业考研的必考课。

5.2-1 控制的基本问题



- ❖ 控制问题：对于受控系统（广义系统） S ，寻求控制规律 $u(t)$ ，使得闭环系统满足给定的性能指标要求。

5.2-2 求解包括三方面

- 1.系统建模

用数学模型描述系统

- 2.系统分析

定性:稳定性、能控能观性

定量: 时域指标、频域指标

- 3.系统设计

控制器设计、满足给定要求 结构设计参数设计

5.2-3 控制理论发展史(三个时期)

- 1.古典控制理论:

(从30年代~50年代)

(1)建模,传递函数

(2)分析法(基于画图),

步骤特性,跟軌跡描述建模,创造了许多经验模式。

分析法状态空间基于数字的精確分析。几何法

(3)设计:带参数修正

1948年美国数学家维纳<<控制论>>

5.2-3 现代控制理论. (50年代末~70年代初)

2. 现代控制理论是以状态空间法为基础,研究**MIMO**,时变参数结构,非线性、高精度、高性能控制系统的分析与设计的领域。

现代控制理论发展的主要标志

- (1)卡曼:状态空间法;
- (2)卡尔曼:能控性与能观性;
- (3)庞特里雅金:极大值原理;

5.2-3 现代控制理论的主要特点

- 研究对象:线性系统、非线性系统、时变系统、多变量系统,连续与离散系统
- 数学上:状态空间法
- 方法上:研究系统输入/输出特性和内部性能
- 内容上:线性系统理论、系统辨识、最优控制、自适应控制等

5.2-3 智能控制理论(60年代末至今)

3.智能控制

- 1970- -1980 大系统理论 控制管理综合
- 1980- 1990智能控制理论能动化
- 1990- 21c 集成控制理论网络控制自动化

(1)专家系统;

(2)模糊控制,人工智能

(3)神经网络,人脑模型;

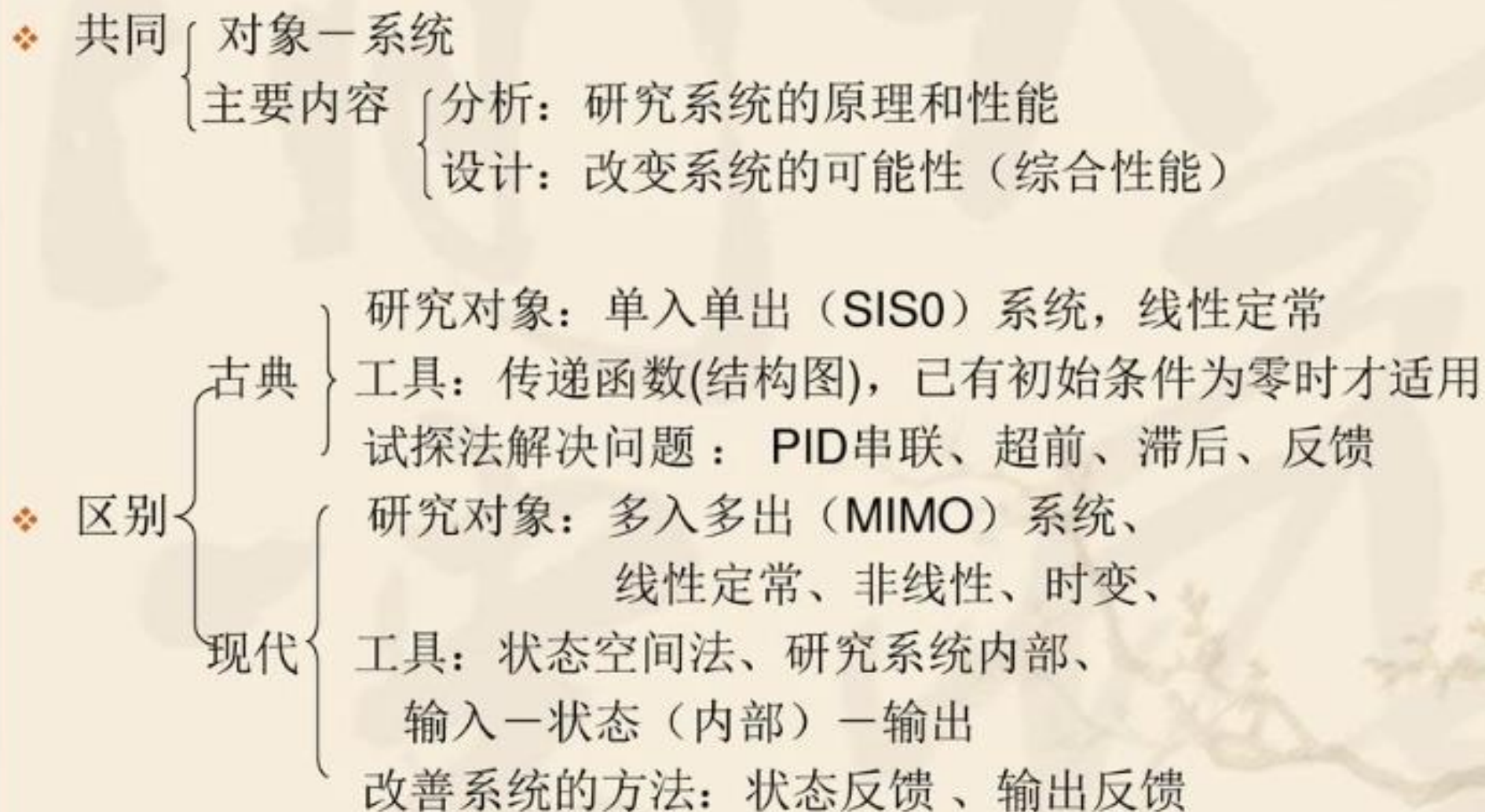
(4)遗传算法

- 控制理论与计算机技术相结合—计算机控制技术

5.2-4 控制理论发展趋势

- 企业:资源共享,因特网、信息集成、信息技术+控制技术(集成控制技术)
- 网络控制技术
- 计算机集成制造CIMS:(工厂自动化)

5.2-5 现代控制理论与古典控制理论的对比



5.2-6 自動控制學習方向

- 系統描述: 狀態空間表示法
- 系統分析: 狀態方程的解、線性系統的能控和能觀測性、穩定性分析
- 系統設計: 狀態反饋和狀態觀測器、
- 最優控制: 最優控制系統及其解法

Amazon自動倉儲系統



5.3 电器控制与可编

电气控制系统常用器件

- 低压电器的概念和分类。
- 电磁机构的基本结构和工作原理。
- 常用的低压电器。

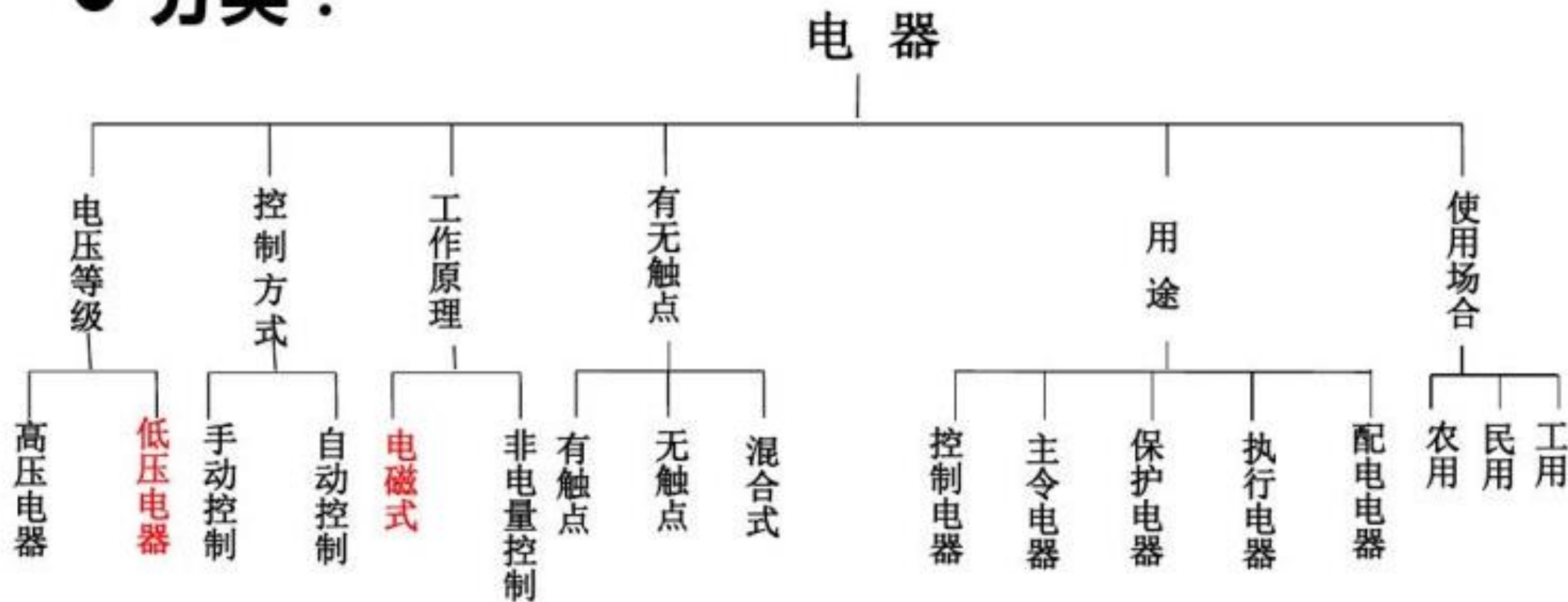
5.3电器的定义和分类

定义

- 电器就是根据外界施加的信号和要求,能手动或自动地断开或接通电路,断续或连续地改变电路参数,以实现对电或非电对象的切换、控制、检测、保护、变换和调节的电工器械。

5.3-1 電器分類

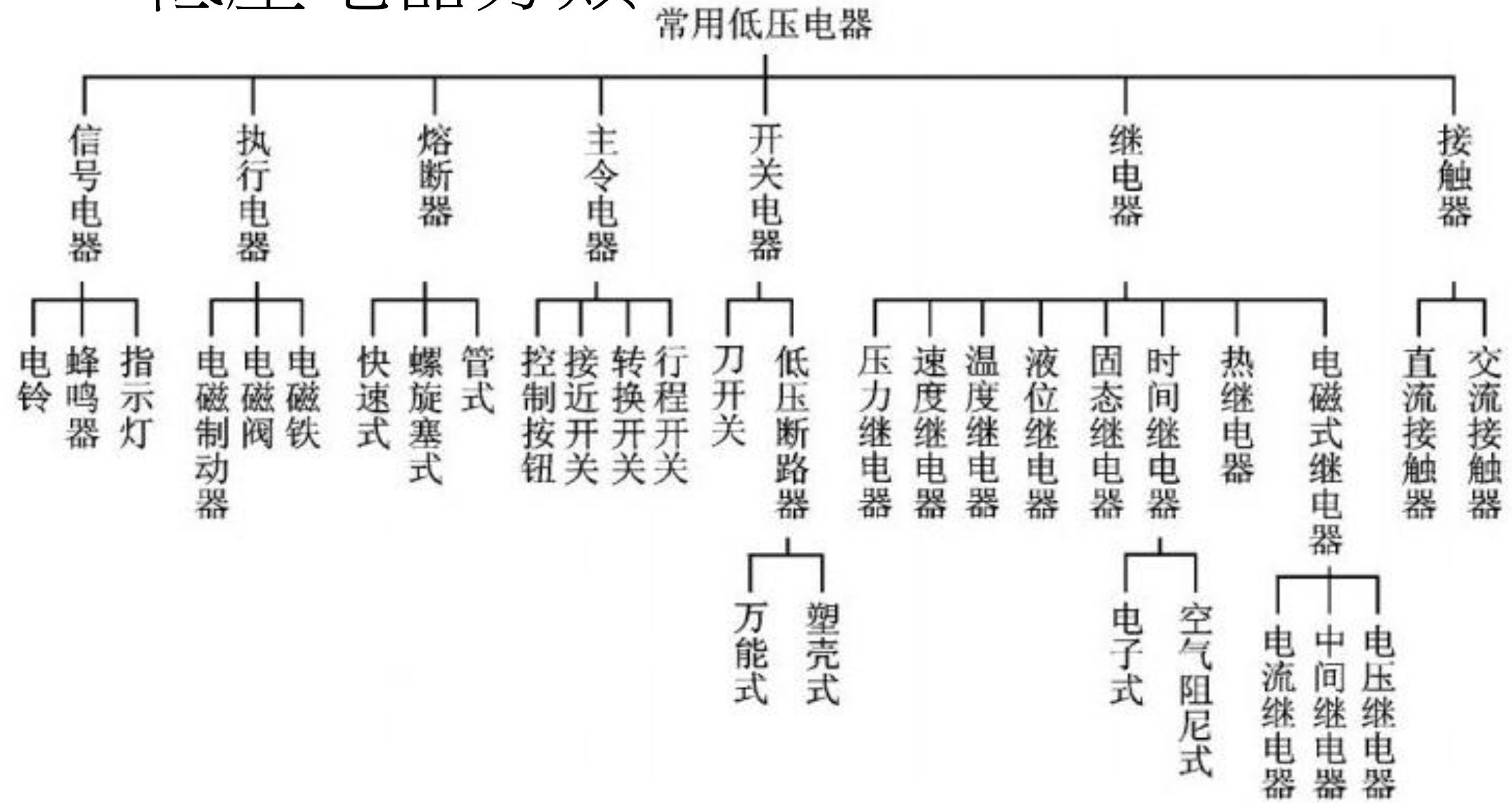
● 分类：



◆ **低压电器**通常指工作在交流电压1200V、直流电压1500V以下的电器。

◆ 采用电磁原理完成信号检测及工作状态转换的电器称为**电磁式电器**。

5.3-1 低壓電器分類



5.3-2电磁式低压电器

结构

- 大功率的低压电器主要由三个部分组成：
触点系统、灭弧装置和电磁机构
- 小功率的低压电器主要由两个部分组成：
触点系统和电磁机构

5.3-3电磁机构

1、电磁机构

❖ 组成

铁芯
衔铁
线圈

电压线圈：并联在电路中，匝数多、导线细。

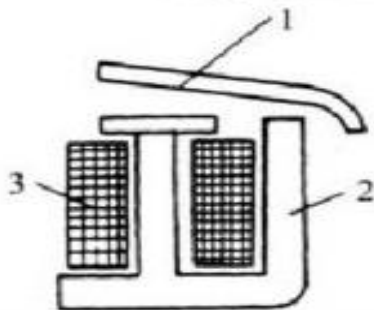
电流线圈：串联在电路中，匝数少、导线粗。

交流线圈：短而粗，有骨架。

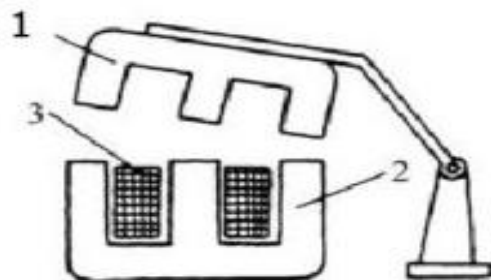
直流线圈：细而长，无骨架。

❖ 原理：线圈通电，衔铁（触点）动作。

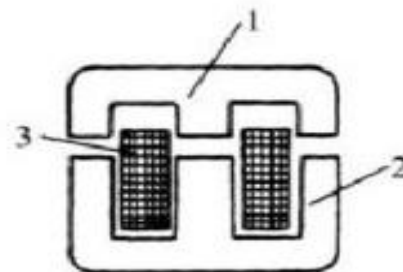
线圈失电，衔铁（触点）复位。



(a) 衔铁沿棱角转动的拍合式铁心



(b) 衔铁沿轴转动的拍合式铁心

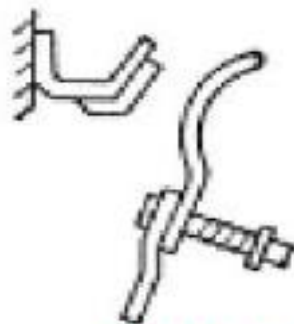


(c) 双 E 型直动式铁心

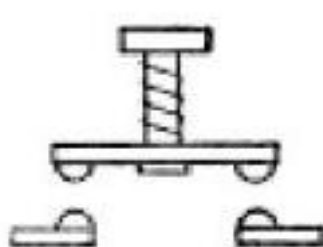
5.3-4触点方式

2、触点：通过触点的动作**接通或断开**被控制电路。
触点通常由动、静触点组合而成。

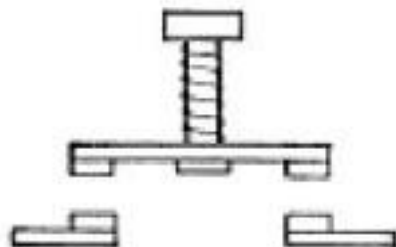
线接触



✓ 触点的接触形式有：**点接触；线接触；面接触**



点接触



面接触

✓ 触点的结构形式有：**双断点桥式触点和单断点指形触点。**

触点的初始状态

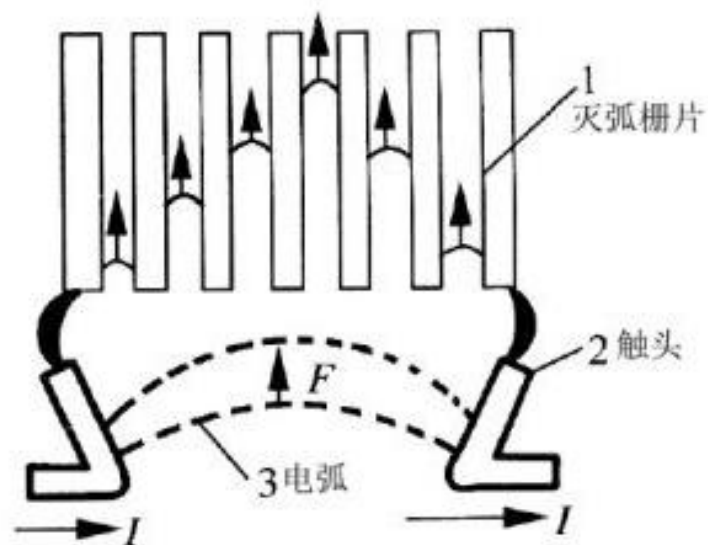
接触点的初始状态分:励磁线圈没有通电时的状态。

- 常开触点:动合触点
- 常闭触点:动断触点

材料:一般采用铜材料制成;对于小量电器常用银质材料制成。

5.3-5 灭弧装置

- **电弧的产生：**实际上是一种气体放电现象。
- **电弧的危害：**使电路不能可靠分断；使触头受到损伤。
- **灭弧：**电动力吹弧；磁吹灭弧；栅片灭弧；窄缝灭弧。



5.3-6熔断器

作用:

- 熔断器基于电流热效应原理和发热元件热熔断原理设计,具有一定的瞬动特性,用于电路的短路保护和严重过载保护。

结构:

- 熔断器主要由熔体和熔管(或熔座)两部分组成。其中熔体是主要部分,它既是感测元件又是执行元件。

5.3-7熔断器工作原理

- 熔断器串接于被保护电路,当电路发生短路或严重过载故障时,通过熔体的电流使其发热,当达到熔化温度时熔体自行熔断,从而分断故障电路,保护设备和人身安全。

- 分类

- 瓷插式RC
- 螺旋式RL
- 封闭管式RT/RM/RS
- 自复式熔断器RZ



瓷插式熔断器RC



螺旋式熔断器RL



无填料密封式熔断器RM



有填料式熔断器RT

5.3-8可编程控制器(PLC)

- 可编程控制器虽然产生不足50年,但发展的势头锐不可挡。由于采用了计算机的CPU核心技术,同微型计算机一起并行得到了巨大的发展。
- 可编程控制器 (programmable controller) 是计算机家族中的一员,是为工业控制应用而设计的,早期的可编过程控制器称为可编程逻辑控制命 (programmable logic controller)简称PLC,用他来代替继电器实现逻辑控制。随着技术的发展,可编程序控制器的功能已大大超过了逻辑控制的范围,所以,目前人们都把运种装置称作可编过程控制器 称为PC (国标简称可编过程控制器为PC系统)为了避免与目前应用广泛的个人计算机 (personal computer) 的简称PC相混淆,所以仍将可编过程控制 器 简称为PLC。

5.3-9 可编程控制器分类和应用

- **PLC**的种类很多,使其在实现的能、内存容量、控制规模、外形等方面都存在较大的差异,因此,**PLC**的分类没有一个严格、统一的标准,而是按**I/O**总点数、组成结构、功能进行大致的分类。
- **PLC**自问世以来,经过近**40**年的发展,已成为很多国家的重要产业,**PLC**在国际市场已成为最受欢迎的工业控制产品。随着科学技术的发展及市场需求量的增加,**PLC**的结构和能在不断地改进,生产厂家不停地将更强的**PLC**推入市场,平均**3~5**年就更新一次

5.3-10 可编程序控制器的基本组成

- 可编程序控制器所以能应用的如今这样广泛,其最主要的原因是硬件结构简单,软件编程容易。要真正用好可编程序控制器,还得大致了解一下可编程序控制器的软硬件结构和工作原理。
- **PLC**种类繁多,功能多种多样,但是其组成结构和工作原理基本相同。实质上是一种专门用于工业控制的计算机,采用了典型的计算机结构,由硬件和软件两部分组成。硬件配置主要由中央处理器(**CPU**)、存储器、输入/输出接口电路、电源、编程器以及一些扩展模块组成。

中央处理器(CPU)和存储器

- PLC的中央处理器与一般的计算机控制系统一样,是整个系统的核心,起着类似人体的大脑和神经中枢的作用,它按PLC中系统程序赋予的能,指挥PLC有条不紊地进行工作。目前,小型PLC为单CPU系统,而中型及大型PLC则为双CPU甚至多CPU系统。
- PLC的存储器分为系统程序存储器和用户程序存储器 系统程序相当于个人电脑的操作系统,它使PLC具有基本的智能,能够完成PLC设计者规定的各种动作。系统程序由PLC生产厂家设定并固化在ROM内,用户不能直接读取。PLC的用户程序由用户设定 它决定了PLC输入信号之间的具体关系。用户程序存储量一般以字(每个字由16位二进制数组成)为单位,三菱的FX系列PLC的用户程序存储器的单位为步(STEP,即字)。小型PLC的用户程序存储器容量在1K字左右,大型PLC的用户程序存储器容量可达数M(百万)字。

输入/输出接口电路

实际生产中信号电平时多样的,外部执行机构所需要的电平也是不同的,而可编程序控制器的**CPU**所处理的信号只能是标准电平,因此,需要通过输入/输出单元实现这些信号电平的转换。可编程序控制器的输入/输出单元实际上是**PLC**与被控制对象之间传送信号的接口部件。

- 为了防止各种干扰信号和高电压信号进入**PLC**,输入接口电路一般由**RC**滤波器消除输入端得抖动和外部噪声干扰,由光电耦合电路进行隔离。光电耦合电路由发光二极管和光电三极管组成。

输出接口电路/电源

- PLC的输出有三种形式:继电器输出、晶体管输出、晶闸管输出。每种输出都采用了电气隔离技术,电源由外部供给,输出电流一般为0.5~2A, 输出电流的额定值与负载性质有关。继电器输出方式最常用,适用于交、直流负载,其特点是带负载能力强,但动作频率与响应速度慢。
- PLC的电源分为外部电源、内部电源和后备电源三类。在现场控制中,干扰侵入PLC的主要途径之一是通过电源,因此,合理地设计电源是PLC可靠运行的必要条件。

编程器

编程器是**PLC**最重要的外部设备。利用编程器可将用户程序输入到**PLC**存储器,可以利用编程器检查、修改、调试程序还可以用编程器监视程序的运行及**PLC**的工作状态。小型**PLC**常用的简易型便携式或手持式编程器 计算机添加适当的硬件接口电缆和编程软件,也可以对**PLC**进行编程。计算机编程可以直接显示梯形图、读出程序、写入程序、 监控程序运行等

5.3-11 可编程序控制器的工作原理

- **PLC**是一种工业控制计算机,所以它的工作原理与计算机的工作原理基本上是一致的。**PLC**的工作方式是采用周期循环扫描集中输入与集中输出。**PLC**投入运行后,都是以重复的方式执行的,执行用户程序不是只执行一遍,而是一遍一遍不停地循环执行,这里每执行一遍我们称为扫描次,扫描一遍用户程序的时间称为扫描周期。
- 扫描一次,**PLC**内部要进行一系列操作,大致分为五个阶段:
故障诊断、通信处理、输入采样、程序执行、输出刷新。

5.3-12 可编程序控制器的软件系统

- **PLC**是一种工业控制计算机,不光有硬件,软件也是必不可少。**PLC**的软件又分为系统软件 and 用户软件。
- 系统软件包括系统的管理程序,用户指令的解释程序,另外还包括一些供系统调用的专用标准程序块等。系统软件在**PLC**生产时由制造商装入机内,永久保存,用户不需要更改。
- 用户软件是用户为达到某种控制目的,采用**PLC**厂商提供的编程语言自主编制的应用程序。用户程序的编制需要使用**PLC**生产制造厂商提供的编程语言。**PLC**使用的编程语言共有五种,即梯形图、指令语句表、步进顺控图、逻辑符号图、高级编程语言。

5.4 计算机控制系统

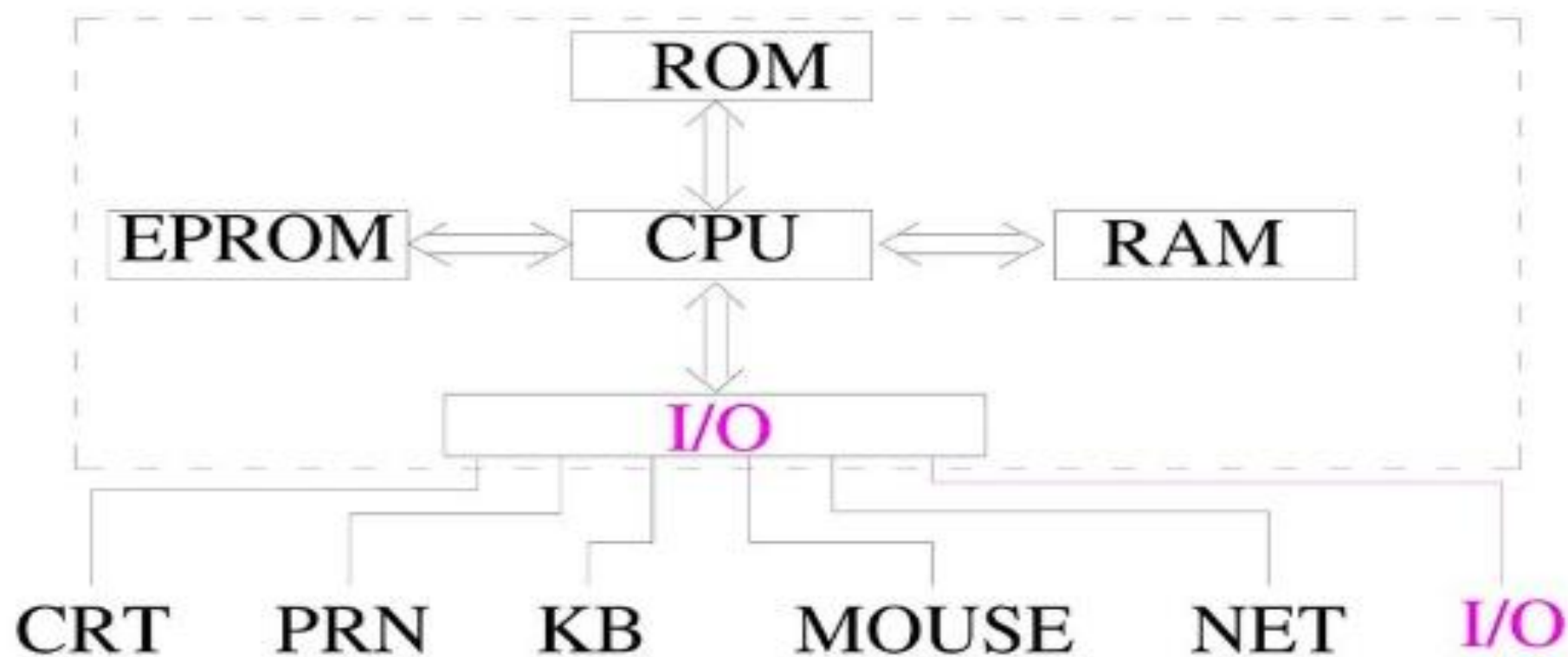
工业控制计算机的特点:

- 可靠性强,抗干扰能力强;
- 与用户设备联结方便
- 可以使用单一的计算机语言,或通用语言。

计算机控制基本原理:

- 计算机中,所有数据均以高低电平表示一有电、无电;
- 所有数据存在位置都以地址表示
- 计算机通过指定地址(包括接口位置)对数据读、写。

计算机内部结构原理图

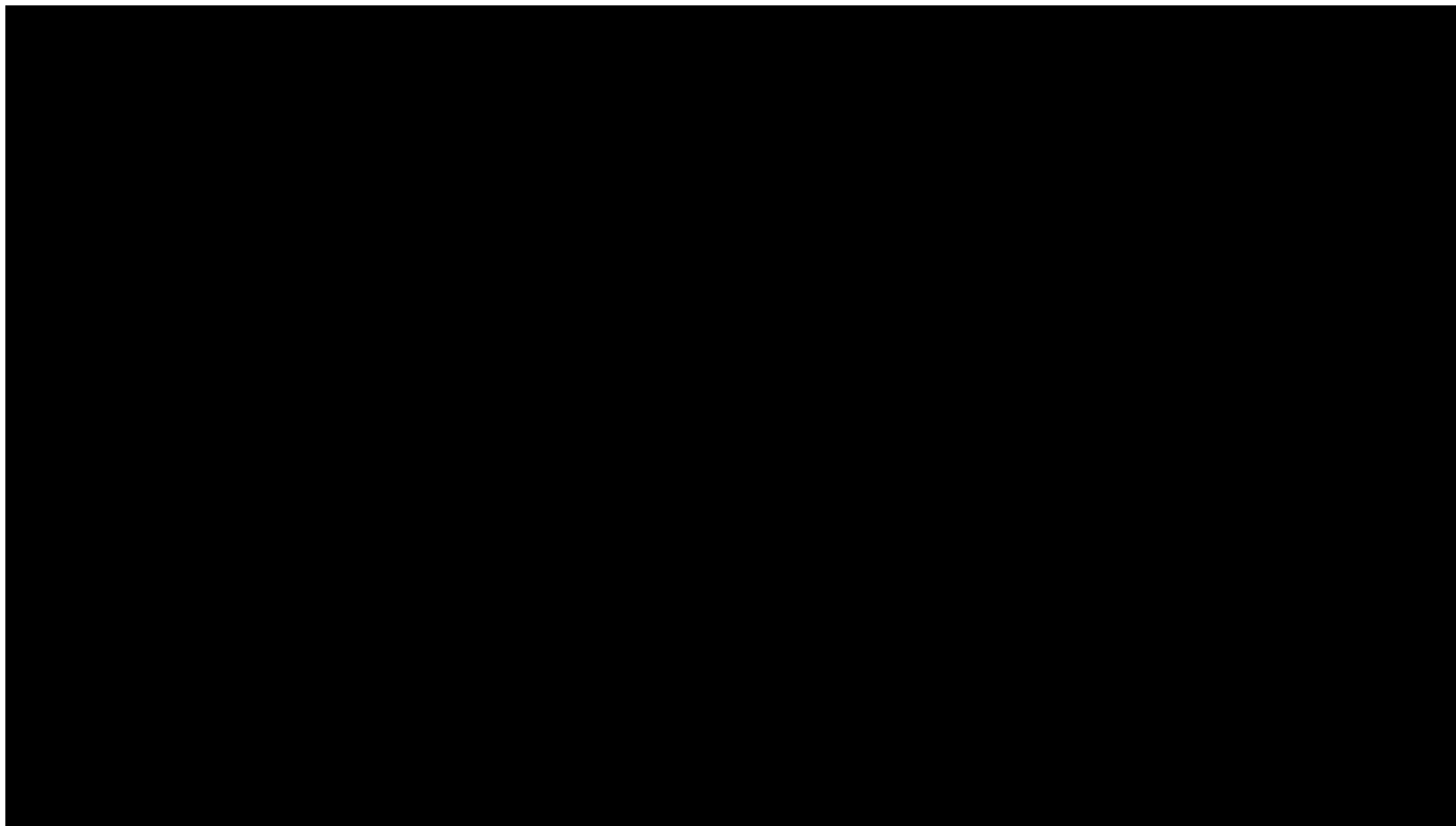


5.4-1 直接数控系统

直接数字控制系统Direct Digital Control --DDC

- 用一台工业计算机配适当的输入输出设备,从生产过程中,经输入通道获取信息,按照预先规定的控制算法计算出控制量,并通过输出通道,直接作用到执行机构上,实现对生产过程的闭环控制。
- DDC控制系统实质上是以计算机为控制器过程控制系统。
- DDC控制系统的特点:
高可靠性,友好的人机对话界面,方便的显示打印功能,灵活的控制规律。

基於深度學習之PCBA焊點缺陷檢測系統



5.4-2 集散控制系统的定义

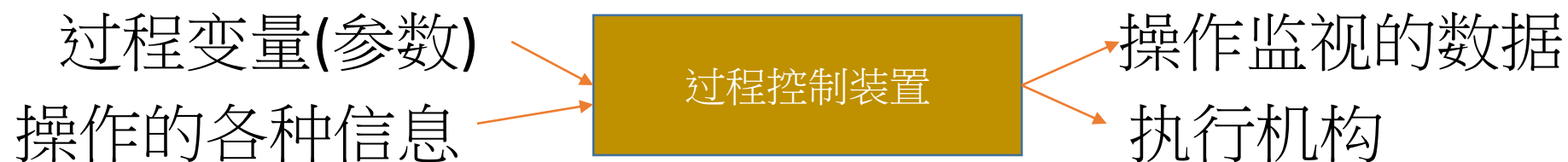
- **DCS**系统是一个为满足大型工业生产日益复杂的过程控制的要求,从综合自动化角度出发,按能分散、管理集中的原则构成。它具有高可靠性指标不断新的技术成果充实和研制,以微处理器、微型计算机技术为核心,与数据通信技术、**CRT**显示、人机接口、输入输出技术相结合的,用于生产管理、数据采集和各种过程控制的处于新技术前沿的新型计算机控制系统。

集散控制系统结构



5.4-3过程控制级(Process Control Unit)

- 直接面向生产过程,是系统与过程之间的接口



特征:

- 能适应恶劣的工业生产过程环境
- 分散控制
- 实时性好
- 独立性强

5.4-3 过程控制级

o过程控制级功能

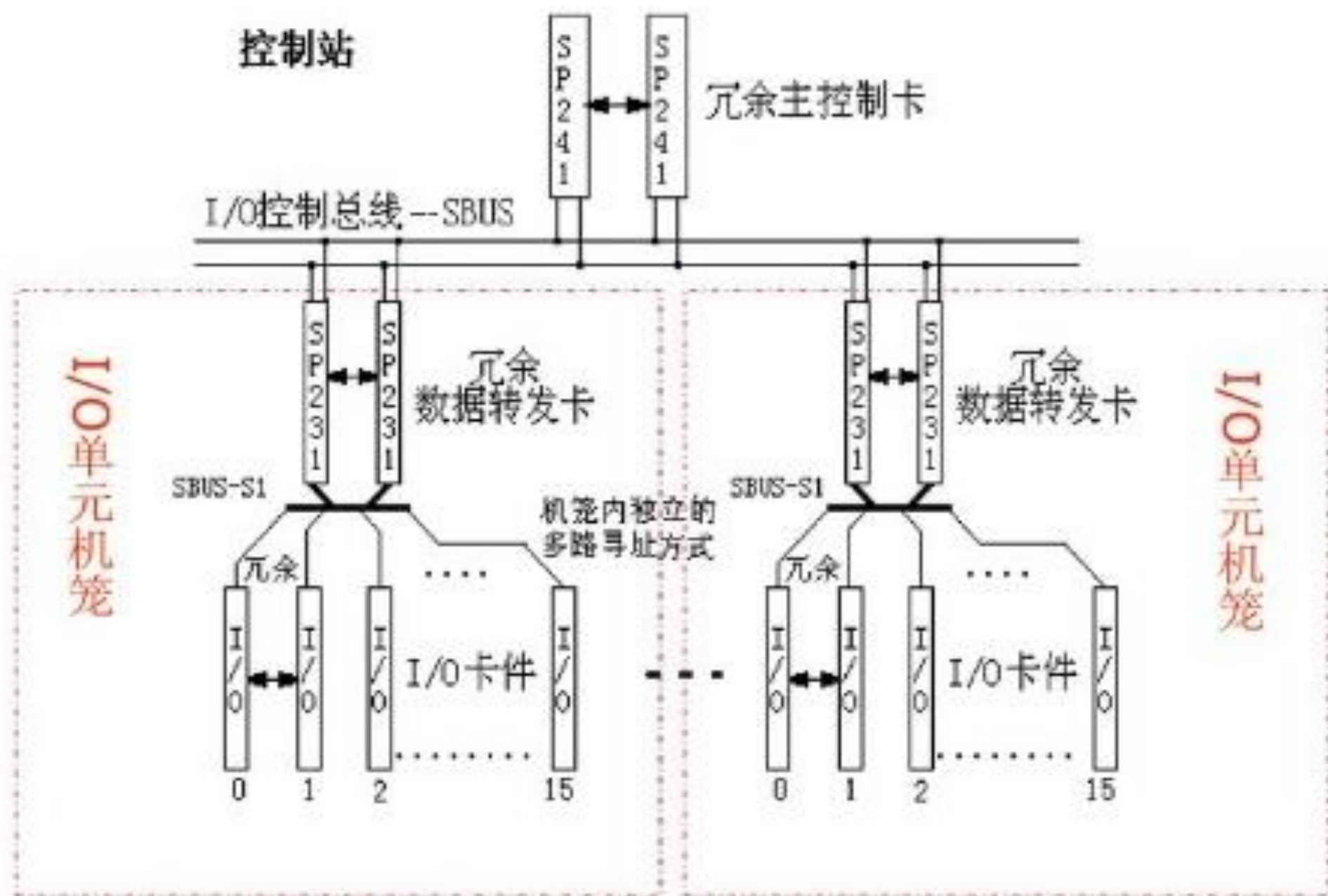
- 生产过程的数据采集、反馈控制、顺序控制、批量控制等。在其内部完成:A/D转换,各种控制算法的运算,对模拟量进行滤波及工程单位转换,将采集到的实时数据通过网络送到操作员(工程师)站或其他I/O站。

o过程控制级装置

- 多回路控制器 单回路控制器
- 多功能控制器 可编程逻辑控制器
- 数据采集装置

5.4-4 系统硬件

- 控制站(CONTROL STATION, 简称CS):
- 由主控制卡、数据转发卡、I/O卡件、供电单元 组成
- 通过不同的硬件配置和软件设置可构成不同功能的控制站
 - 过程控制站PCS
 - 逻辑控制站 LCS
 - 数据采集站DAS
- 核心部件是主控制卡,它能进行多种过程控制运算和数字逻辑运算,并能通过下一级通信总线(SBUS)获得各种I/O卡件的信息。



I/O通道

- 在过程控制计算机中,种类最多,数量最大的是各种**10**接口模件(卡件)来自过程对象的被测信号通过输入卡件,进入现场控制站,然后按一定的算法进行数据处理,并通过输出卡件向执行设备送出控制或报警等信息。



5.4-5 过程管理级

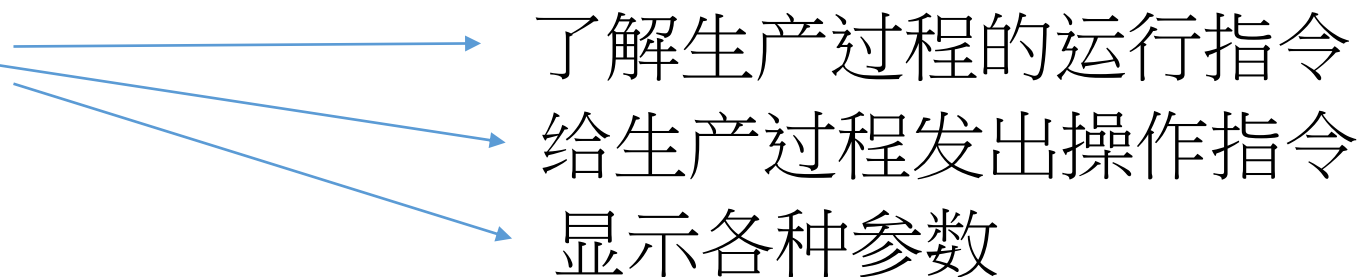
- 控制系统工程师、操作员与DCS的界面一人机界面。

MMI-Man Machine Interface;

OI-Operator Interface

操作管理装置

操作人员



- 功能:

以操作、监视为主要任务、兼有部分管理能,可对系统进行组织、监视和操作,对生产过程控制管理、故障诊断等。

过程管理级

- 特征

信息量大易操作性 容错性好

- 构成装置

- 监控计算机
- 工程师操作台
- 操作员工作站

(配有技术手段齐备、功能强的计算机、CRT显示器、操做键盘、及较大存储量的软、硬盘)

5.4-6 生产管理级

- 指定区域生产计划;
- 各单元间的协调控制;
- 装置的故障诊断处理和记录;
- 各类操作数据的显示和记录。生产管理级

综合(经营)管理级

- 管理范围:工程技术、经济、商业实务、人事活动
- 主要任务:
 - ◆ 收集各种信息(经济情报、市场预测、销售合同、原材料库存状况、生产进度、工艺流程及工艺参数)
 - ◆ 产生综合性报表
 - ◆ 进行长期性的趋势分析
 - ◆ 审查最优化
 - ◆ 协调和调度各车间生产计划和各部门的关系

参考文献

- 《现代控制理论》(第二版)刘豹主编
机械工业出版社
- 现代控制理论与工程西安交大
- 现代控制理论哈工大机械专业硕研
- <https://slidesplayer.com/slide/11149000/>