

过程装备控制技术复习提纲

Chapter 1 自动控制系统

- 阶跃干扰：如阀门的突然开闭，电路的突然闭合或断开
- 回复时间 T_s ：被控变量从过渡状态回复到新的平衡状态的时间间隔，是衡量控制系统快速性的指标，回复时间越短越好(T_s 越小，表示控制系统的过渡过程越快)
- 余差 $e(\infty)$ ：被控变量新的稳态值与设定值之差，余差越小，精度越高，控制质量越好，但实际控制中，只需满足精度要求即可，并非越小越好
- 控制器分位式控制器和常规控制器，常规控制器基本规律有比例控制(P)，积分控制(I)，微分控制(D)，工业生产实际使用的基本规律有比例控制(P)，比例积分控制(PI)，比例积分微分控制(PID)
- 自动控制系统中，设定值是系统的输入变量，而被控变量是系统的输出变量。系统的输出变量通过测量变送器引回到系统输入端，与输入的设定值进行比较，这种做法称为“反馈”，其中测量变送器输出的信号称为反馈信号。当设定值与反馈信号相减时，称为负反馈，而当设定值与反馈信号相加时，称为正反馈。输入变量与输出变量之间的差值称为偏差。存在反馈并按偏差进行控制，是自动控制系统最主要特点。

开环控制系统

- 无反馈调节，结构简单，抗干扰差，精度不高
- 输出信号不反馈到输入端，不形成信号传递的闭合环路，即控制系统的输出信号(被控变量)对控制作用没有影响
- 宜选用功率大、抗干扰能力强的步进电机以保证系统的定位精度
- 开环控制不对被控变量进行测量，只根据输入信号进行控制

闭环控制系统

- 有反馈调节，复杂高成本，稳定性差(必须有偏差才有控制作用，导致控制不够及时)
- 输出信号(被控变量)对控制作用有直接影响：系统的输出信号通过反馈环节返回到输入端，形成闭合环路
- 无论何种干扰引起被控变量偏离设定值，只要出现偏差，就会产生控制作用，力图减小或消除偏差

简单控制系统的四个环节和特性参数

四大环节：

- **被控对象**：需要控制的设备
- **测量变送器**：测量被控对象，并将其转化为标准信号输出
- **控制器**：将设定值与被控变量的测量值进行比较，得出偏差信号 $e(t)$ 并按预定的控制规律运算，给出控制信号 $u(t)$
- **执行器**：最常用的是控制阀。接受控制器送来的控制信号 $u(t)$ ，直接改变操纵变量 $q(t)$

特性参数

$x(t)$ ——设定值：生产过程中被控变量的期望值。

$z(t)$ ——测量值：由检测元件测量得到的被控变量的实际值。

$e(t)$ ——偏差：理论上， $e(t)$ 是设定值与被控变量的实际值之差。但是控制系统能够直接获取的信息是被控变量的测量值，所以通常把设定值与测量值的差作为偏差，即 $e(t) = x(t) - z(t)$ 。在反馈控制系统中，控制器根据偏差信号的大小来计算控制信号，进而控制操纵变量。

$u(t)$ ——控制信号：控制器按一定控制规律，由偏差计算得到的量。

$y(t)$ ——被控变量：被控变量是自动控制系统的输出信号，是理论上的真实值，而由测量变送器输出的信号是被控变量的测量值 $z(t)$ 。

$q(t)$ ——操纵变量：受控于执行器，用以克服干扰影响实现控制作用的变量，它是执行器的输出信号。

$f(t)$ ——干扰：除操纵变量以外的引起被控变量偏离设定值的各种因素。

p pi pid控制原理特点以及kp, kd, ki对过渡过程的影响

比例控制P

- 比例控制规律中，控制器输出信号的变化量 $\Delta u(t)$ 与输入偏差信号 $e(t)$ 成比例关系，即 $\Delta u(t) = K_P e(t)$
- K_P 称为比例增益或比例放大系数，其值在一定范围内可调。在相同偏差 $e(t)$ 输入下， K_P 越大，输出 $\Delta u(t)$ 也越大，比例控制作用越强。因此 K_P 是衡量比例作用强弱的一个重要参数。
- 比例控制器的传递函数为 $G_P(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_P$
- 比例控制特点：反应快、动作及时，缺点是控制结果必然存在余差
- 比例度 δ ：相同负载变化量干扰下， δ 越大余差越大 δ 相同下，负载变化量越大，余差越大， δ 越大，系统过渡过程的曲线越平稳，系统稳定性越好

积分控制I

- 具有积分控制规律的控制器，其积分控制作用的输出变化量 $\Delta u(t)$ 与输入偏差 $e(t)$ 对时间的积分成正比，即 $\Delta u(t) = K_I \int_0^t e(t) dt$ ， K_I 为积分速度。
- 积分控制能消除余差，当对控制质量要求更高时，可在比例控制的基础上引入积分控制，可构成无余差的控制系统
- 当偏差出现时，积分控制随着时间积累逐渐增强，故积分控制不能及时有效地克服干扰影响，很少单独使用
- PI控制表达式： $\Delta u(t) = K_P \left[e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(t) dt \right]$
- 式中， $K_P e(t)$ 是比例项， $\frac{K_P}{T_I} \int_0^t e(t) dt$ 是积分项， T_I 为积分时间， $K_P/T_I = K_I$
- 比例积分控制器的传递函数是 $G(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_P \left(1 + \frac{1}{T_I s} \right)$
- T_I 越小，积分作用越强，余差消除越快，振荡频率越高，控制系统稳定性越低
- 在比例控制系统中引入积分控制的优点是消除余差，但会降低系统的稳定性。（若要保持系统原有的稳定性，则必须加大控制器的比例度 δ ，这会使系统的振荡周期加大，调节时间增加，最大偏差增大。）也就是说，引入积分控制，一方面消除了余差，另一方面降低了控制系统的其他性能指标。

微分控制D

- 具有微分控制规律的控制器，其输出信号的变化量 $\Delta u(t)$ 与偏差 $e(t)$ 的变化速度成正比，即 $\Delta u(t) = T_D \frac{de(t)}{dt}$
- 式中， T_D 为微分时间，是衡量微分作用强弱的重要参数。在相同的偏差 $e(t)$ 变化速度作用下， T_D 越大，则控制器的输出变化越大，微分作用越强；反之， T_D 越小，控制器的输出变化越小，微分作用越弱。
- 微分控制器的输出只与余差的变化速度有关，与偏差的存在与否无关，故微分控制有超前控制作用，但是微分控制器的输出不能反映偏差大小，如果偏差固定就不能消除偏差，所以微分控制规律不能单独使用

- 理想比例积分微分控制规律 (PID) 的表达式为

$$\Delta u(t) = K_P \left[e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(t) dt + T_D \frac{de(t)}{dt} \right]$$

$$\text{传递函数为 } G(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_P \left(1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s \right)$$

- 微分作用主要在控制前期起作用，积分控制主要在控制后期起作用
- 若 T_D 取值太小，则对系统的控制指标没有影响或影响很小；若 T_D 取得过大，引入太强的微分作用，反而会使控制系统的振荡加剧，稳定性变差

Chapter 2 顺序控制系统

- 顺序控制系统分类：时间顺序控制、逻辑顺序控制、条件顺序控制
- 顺序控制**系统组成**：输入/输出接口、控制器、执行机构、检测器、被控对象、显示报警装置
- 顺序控制规律：与或非运算，与非、或非、与或非、同或、异或运算

Chapter 3 过程检测技术

- 误差：系统误差(方法不对)、粗大误差(人为错误)、随机误差(不可避免)
- 热电偶举例：铜-铜镍热电偶(T型)
- 热电现象：两种导体两端接合组成的回路中，当结合点温度不同时，会在回路中产生热电势
- 压力、流量、湿度、pH测量
- 表压力=绝对压力-大气压力，真空度=大气压力-绝对压力
- 压力传感器分类：液柱式(如U形管压力计)，弹性式(如弹簧管压力表)，压阻传感器和压力变送器(如电阻式、电容式、应变式)
- 流量传感器：差压式流量计，容积式流量计，浮子式流量计
- 爆炸条件：现场必须同时存在助燃物氧气、易燃易爆物和引爆源
- 隔爆型防爆仪表：依靠外壳，适用于存在较大能量释放可能的场所
本质安全型防爆仪表：结构简单，适用于对安全性能要求极高且安装空间有限的场合

检测仪表的组成

- 传感器：检测仪表与被测对象的接口装置，感受被测量的变化并产生一个与被测量有某种函数关系的输出信号
- 变送器：将传感器输出的信号转换成既能保存原始信号全部信息，又更易于处理、传输及测量的变量
- 显示仪表：将测量信息转化成人眼器官所能接受的形式

检测仪表的性能指标

- 测量范围与量程，测量范围上下限代数差是测量量程
- 准确度与精度等级：准确度即仪表允许误差与量程之比的百分数
精度等级：仪表的精度等级按照国家规定的允许误差范围分为若干等级，主要包括以下几种：0.005、0.02、0.05、0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、4.0等级别。一般仪表精度等级为0.5~4.0级。仪表的精度等级通常都用一定的形式标记在仪表的标尺上，如在等级数字外加一个圆圈或三角形。例如，某压力表的量程为10MPa，测量值的允许误差为±0.03MPa，则仪表的准确度为±0.3%，由于规定的精度等级中没有0.3级仪表，所以该仪表的精度等级应定为0.5级。

- 其他：线性度、回差、重复性、灵敏度、漂移

温度测量

分类：接触式测温和非接触式测温

- 接触式分类：膨胀类(如玻璃液体温度计，利用液体热膨胀)，热电类(如热电偶，利用热电效应)、电阻类(如铂热电阻，利用电阻随温度变化特性)
- 非接触式分类：光纤类(如光纤温度传感器)，辐射类(如辐射传感器)
- 测温范围：热电偶 -200 —— 800℃，铂热电阻 -260 —— 850，铜类电阻 -50 —— 150，热敏电阻 -50 —— 300
- 热电阻和显示仪表的分度号必须一致
- 为消除连接导线电阻变化的影响，必须采用**三线制解法**
- 规定外阻值以便于热电阻检查

接近开关种类、术语

- 分类：无源、电感式(仅能检测金属物体)、电容式、霍尔(仅能检测磁性物体)、光电式
- 术语：检测距离、设定距离(一般为额定动作距离的0.8倍)、复位距离(略大于检测距离)、回差值、响应频率、工作电压、负载能力、输出形式(NPN常开、NPN常闭、PNP常开、PNP常闭)

Chapter 4 执行器与控制器

- 调节阀可分为产生推力或扭矩的执行机构，和能产生阀门开度的调节机构
- 步进电机分类：反应式、永磁式、混合式
- 气动基本回路：方向控制回路、速度控制回路、压力控制回路
- 继电器：小电流控制大电流运作的自动开关
继电器分类：电磁继电器，固态继电器，时间继电器、磁簧继电器、光继电器、接触器

步进电机技术指标

- 步进电机的**静态指标**
 - ① 相数 产生不同对极N、S磁场的激磁线圈对数，常用m表示。
 - ② 拍数 完成一个磁场周期性变化所需脉冲数或导电状态，用n表示，或指电机转过一个齿距角所需脉冲数。
 - ③ 步距角 对应一个脉冲信号，电机转子转过的角位移
 - ④ 定位转矩 电机在不通电状态下，由磁场齿形的谐波以及机械误差造成的电机转子自身的锁定力矩。
 - ⑤ 静转矩 电机在额定静态电流作用下，电机旋转运动时，电机转轴的锁定力矩。
- 步进电机的**动态指标**
 - ① 步距角精度 步进电机每转过一个步距角的实际值与理论值的误差。四拍运行时应在5%之内，八拍运行时应在15%以内。
 - ② 失步 电机运转时的实际运转的步数不等于所给脉冲的个数，称之为失步。
 - ③ 失调角 转子齿轴线偏离定子齿轴线的角度，由于加工误差，步进电机必然存在失调角，由失调角产生的误差，用细分驱动是不能解决的。
 - ④ 最大空载启动频率 电机在某种驱动形式、电压及额定电流下，在不加负载的情况下，能够直接启动的最大频率。

- ⑤ 最大空载的运行频率 电机在某种驱动形式、电压及额定电流下，电机不带负载的最高频率。
- ⑥ 运行矩频特性 电机在某种测试条件下，测得运行中输出力矩与频率关系的曲线称为运行矩频特性。
- ⑦ 共振点 步进电机均有固定的共振区域
- 步进电机的**主要特点**
 - i . 一般步进电机的精度为步矩角的3% ~ 5%，且不累积。
 - ii . 步进电机不允许温度过高。步进电机温度过高会使电机的磁性材料退磁，从而使力矩下降或失步。
 - iii . 步进电机的输出力矩会随转速的升高而下降。
 - iv . 步进电机低速时可以正常运转，但若高于一定速度就无法启动，并伴有啸叫声。
- 步进电机的**缺点**
 - i . 如果控制不当容易产生共振；
 - ii . 难以运转到较高的转速；
 - iii . 难以获得较大的转矩；
 - iv . 超过负载时会破坏同步，高速工作时会发出振动和噪声。

气动系统组成

基本气动系统中各组件的名称和基本功能表

压缩空气产生

编号	名称	功能
①	空气压缩机	把机械能转变为气压能
②	电机	给空气压缩机提供机械能
③	压力开关	达到最高压力时停止电机，在最低压力时重启电机
④	单向阀	阻止压缩空气反方向流动
⑤	储气罐	储存压缩空气
⑥	压力表	显示储气罐内的压力
⑦	自动排水器	自动排掉凝结在储气罐内的水
⑧	安全阀	当储气罐内的压力超过允许限度，将压缩空气排出
⑨	冷冻干燥器	将压缩空气冷却到零上若干度，以减少系统中的水分
⑩	主管道过滤器	它清除管道内灰尘、水分和油等杂质

压缩空气消耗

编号	名称	功能
①	分支管路	压缩空气要从主管道顶部输出到分支管路，使凝结水仍留在主管道
②	自动排水器	将留在分支管路里的水自动排掉
③	空气处理组件	使压缩空气保持清洁和合适压力

编号	名称	功能
④	方向控制阀	对气缸两个接口交替地加压和排气，控制运动的方向
⑤	执行组件	把压缩空气的压力能转变为机械能，图标是一个直线气缸
⑥	速度控制阀	能简便地实现执行组件的无级调速

Chapter 5 计算机控制系统

- 计算机控制系统中，作为控制器的计算机的输入、输出信号都是数字信号，而被控对象的被控变量一般都是模拟量，执行器的输入信号也大多是模拟量，因此，需要A/D转换器(模转数)和D/A转换器(数转模)
- 计算机控制系统不断重复测量、计算、控制和管理四个步骤
- 与连续控制系统相比，计算机控制系统的特点
 - 一台计算机可同时控制多个被控对象即多个控制回路
 - 计算机运算速度快、精度高、大容量存储，但抗干扰能力较低
- 采样定理：为保证采样后信号能真实保留原始模拟信号的信息，采样信号的频率必须至少为原信号最高频率成分的两倍
- 工程中采样频率通常大于原信号最高频率成分的3-5倍

计算机控制系统组成：硬件、软件和被控对象

硬件又包括计算机、输入输出通道、外部设备和控制台

计算机控制系统分类

- 数据采集处理系统:生产过程的集中监督；操作指导
- 直接数字控制系统(DDC):计算机分时对被控对象的一个或多个参数进行巡回检测，实现多回路的PID控制
- 监督计算机控制系统(SCC):SCC不直接参与控制，而是计算出最佳给定值送给DDC计算机，让DDC控制生产过程
- 分级计算机控制系统：多台计算机分别执行不同任务，既能进行控制又能实现管理
- 集散控制系统(DCS)：体现了操作管理功能的集中和控制功能的分散
- 现场总线控制系统(FCS)：系统内各设备信号传输全数字化，控制功能彻底分散
- 起动效应：控制系统在启动或改变设定值时会存在较大偏差且不会在短时间内消除，经积分累计后，可能会使控制量 $u(k)$ 很大甚至超过 u_{max}

PID规律

模拟PID控制器

- **时域表达式**: $u(t) = K_P \left[e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(t) dt + T_D \frac{de(t)}{dt} \right]$
 - $e(t)$ 是输入偏差， K_P 是比例增益或比例放大系数， T_I 是积分时间， T_D 是微分时间。
 - **传递函数**: $G_c(s) = \frac{U(s)}{E(s)} K_P \left(1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s \right)$
1. 比例（P）控制对偏差 $e(t)$ 是即时反应的，偏差 $e(t)$ 一旦出现，比例（P）控制立即产生控制作用，使输出量朝着减小偏差 $e(t)$ 的方向变化，控制作用的强弱取决于比例系数 K_P 。比例（P）控制虽然简单快

速，但是纯比例（P）控制总是存在余差。加大比例系数 K_P 可以减小余差，但是 K_P 过大时，会使系统的动态质量变坏，引起输出量振荡，甚至导致闭环系统不稳定。

2. 积分（I）控制可消除比例（P）控制中的余差。积分（I）控制具有偏差累积功能，只要偏差 $e(t)$ 不为零，就会通过累积作用影响控制量 u ，从而减小偏差 $e(t)$ ，直到偏差 $e(t)$ 为零。积分时间 T_I 越大，则积分作用弱，反之越强。增大 T_I ，将减慢消除余差的过程，但可减小超调，提高稳定性。引入积分控制的代价是降低系统的快速性。
3. 微分（D）控制可在偏差出现或变化的瞬间，按偏差变化的趋向进行控制，使偏差消灭在萌芽状态。微分（D）控制的加入将有助于减小超调，克服振荡，使系统趋于稳定。

基本数字PID控制

控制器每隔一个采样周期进行一次采样，然后计算控制量输出到执行机构，要实现 $u(t) = K_P \left[e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(t) dt + T_D \frac{de(t)}{dt} \right]$ ，就要在时间上进行离散化处理

- 位置式数字PID控制算法：

$$u(k) = K_P e(k) + K_I \sum_{i=0}^k e(i) + K_D [e(k) - e(k-1)]$$

式中 $u(k)$ ——第 k 个采样周期的控制量；

$e(k), e(k-1)$ ——第 k 个和第 $k-1$ 个采样周期的偏差采样值；

K_I ——积分系数， $K_I = K_P T / T_I$ ；

K_D ——微分系数， $K_D = K_P T_D / T$ 。

如果采样周期 T 取得足够小，则两者的计算结果十分接近，离散化控制过程与连续控制过程也十分接近，这种情况常称为准连续过程。该算法中控制器的输出值与执行器产生的操纵量一一对应。

令 $k = k-1$ ，得

$$u(k-1) = K_P e(k-1) + K_I \sum_{i=0}^{k-1} e(i) + K_D [e(k-1) - e(k-2)]$$

两式相减得增量式数字 PID 控制算法：

$$\Delta u(k) = K_P [e(k) - e(k-1)] + K_I e(k) + K_D [e(k-1) - 2e(k-2) + e(k-3)]$$

其输出 $\Delta u(k)$ 为在第 $(k-1)$ 次采样控制输出基础上的增量。

位置式 PID 控制算法中的积分项包含了过去误差的累积值 $\sum e(i)$ ，容易产生累积误差。当累积值很大时，使输出控制量难以减小，调节缓慢，发生积分饱和现象，对控制调节不利。而且由于计算机字长的限制，当该项值超过字长时，又引起积分丢失现象；而增量式 PID 则没有这种缺点。其次，当系统进行手动和自动切换时，增量式 PID 控制中的执行元件保存了过去的位置，因此冲击小。即使发生故障时，也由于执行元件的寄存作用，仍可保存原位，对被控过程的影响小。

改进的数字PID算法

理想位置式 PID 控制算法中积分项控制作用过大将出现积分饱和，增量式算法中当设定值发生跃变时，比例和微分控制项将会出现比例或微分饱和，这都会使执行机构进入动态非线性区，使动态控制品质变坏。为了克服

以上现象，避免系统的过大超调，使系统具有较好的动态品质，必须使理想 PID 控制算法输出的控制信号受到约束，即需要对理想 PID 控制算法进行改进，主要是对积分项和微分项进行改进。

- 1. **位置式积分饱和和作用的抑制**：积分分离法

减小积分饱和的关键在于不能使积分项累积过大。因此当偏差大于某个规定的门限值时，消除积分作用，PID 控制器相当于 PD 控制器，既可以加快系统的响应又可以消除积分饱和现象，不致使系统产生过大的超调和振荡。只有当误差 e 在门限 β 之内时，加入积分控制，相当于恢复 PID 控制，这样可以消除余差，提高控制精度。积分分离的控制规律为

$$u(k) = K_P e(k) + \alpha K_I \sum_{i=0}^k e(i) + K_D [e(k) - e(k-1)]$$

式中， $\alpha = \begin{cases} 1, & |e(k)| \leq \beta \\ 0, & |e(k)| > \beta \end{cases}$ ， β 为设置的门限。

该算法不增加运算量，程序仅进行简单的逻辑判断，计算机实现方便。门限 β 可根据设计指标确定或通过试验调整确定。

- 2. **增量式比例及微分饱和和作用的抑制**：积分补偿法

积分补偿法的基本思想是将那些因饱和而未能执行的增量信息累积保存起来，一旦有可能再补充执行。这样，信息就没有遗失，动态过程也得到了加速。值得一提的是，使用积分补偿法虽然可以抑制比例和微分饱和，但由于引入的累加器具有积分作用，使得增量算法中也可能出现积分饱和现象。为了抑制这种可能，在每次计算积分时，应判断其符号是否继续增大累加器的积累，如果增大，则将积分项略去，避免积分饱和现象。

- 3. **带死区的 PID 控制算法**

在计算机控制系统中，为了避免控制动作过于频繁，避免引起振荡或者造成执行器的过快磨损，可采用**带死区的 PID 控制**，死区的输入输出特性为

$$e'(k) = \begin{cases} 0, & |e(k)| \leq e_0 \\ e(k), & |e(k)| > e_0 \end{cases}$$

死区 e_0 是一个可调参数，其值根据系统性能的要求由实验确定。若 e_0 过小，使得控制动作频繁，达不到预期的目的；若 e_0 过大，则使系统产生较大的滞后，会影响系统的稳定性。带死区的 PID 控制实际是非线性控制实践表明：在计算机控制系统中，根据需要适当地引入非线性控制有利于改善系统的性能。

- 4. **干扰的抑制**

PID 控制算法的输入量是偏差 e 。在进入正常控制后，由于输出 y 已接近输入设定值 r ，偏差 e 的值不会太大，所以相对而言，干扰对控制有较大的影响。对于干扰，除了采用抗干扰措施和进行硬件和软件滤波之外，还可以通过对 PID 控制算法的改进进一步抑制。

数字 PID 控制算法是对模拟 PID 控制规律的近似，用和式代替了积分项、用差分代替了微分项。在各项中，差分对数据误差和干扰特别敏感，即一旦出现干扰，有差分项的计算结果有可能出现不期望的大的控制量变化，因此在数字 PID 控制算法中，干扰主要是通过微分项引起。但微分成分在 PID 算法中很重要，因此不能简单地将微分项部分去掉。通常是用**四点中心差分法**，对微分项进行改进，降低其对干扰的敏感程度

修正后的位置式PID算法为：

$$u(k) = K_P e(k) + K_I \sum_{i=0}^k e(i) + \frac{K_D}{6} [e(k) + 3e(k-1) - 3e(k-2) - e(k-3)]$$

修正后的增量式PID算法为：

$$\Delta u(k) = \frac{K_P}{6} [e(k) + 3e(k-1) - 3e(k-2) - e(k-3)] + K_I e(k) + \frac{K_D}{6} [e(k) + 2e(k-1) - 6e(k-2) + 2e(k-3) + e(k-4)]$$

数字PID算法中参数整定方法：

- 工业过程中的干扰多种多样，仅一组固定的 PID 参数，难于满足各种干扰和负荷下的控制质量要求，为此可设定多组 PID 控制参数。当工况发生变化时，及时改变 PID 控制参数与之适应，使控制质量保持最佳。
- 程序控制中可按照一定的工况顺序或时间顺序采用不同的给定值和 PID 控制参数，避免模拟控制中繁琐的人工切换。
- 输出特定的控制信号给被控生产过程，根据响应辨识出生产过程的特性，然后按照某种规律进行参数整定，这就是参数自整定技术。

采样周期的选择: 采样频率尽可能高，即采样周期T尽可能小，但T小到一定程度后，受限于对象和执行机构响应特性，系统性能的改善已不显著

干扰源

- 干扰源：电源干扰(主)、通道干扰和空间干扰(最弱)
- 电源干扰：如大型电机的启停、电网切换导致的跳闸，产生脉冲型噪声，脉冲通过供电电源干扰计算机
- 通道干扰：电磁感应和电容耦合
- 空间干扰：如太阳辐射的电磁波，电台电磁波

计算机系统抗干扰措施

针对电源系统

- 使用低通滤波器和交流稳压装置
- 采用抗干扰强的开关电源
- 采用分布式独立供电

针对过程通道

- 采用输入滤波器、进行电磁屏蔽和良好接地抑制串模干扰
- 用差分放大器作为信号前置放大、采用隔离技术抑制共模干扰

克服空间感应：适当屏蔽电磁波、正确接地

其他

- 信号长线传输、对干扰进行滤波、使用看门狗

看门狗是一个定时器电路，既能对系统"跑分程序"自动恢复，又能对硬件的故障进行检测

提高计算机系统可靠性

(1) 采用高可靠性元件，提高单机硬件系统可靠性

- 对元件进行严格筛选，使用可靠的单个元件，并对元件进行老化和严格检验；
- 充分重视元件安装的机械强度，避免机械振动引起导线或焊接的断裂；
- 对某些强度较弱的元件进行机械加固；
- 对组件之间的连接进行涂漆或浇注，以进一步提高机械紧固性；
- 尽量少用插座，若要用就尽量采用大插座；
- 设计足够的通风装置，控制系统温升。

(2) 采用容错技术，获得一个可靠性高的整机系统

- 硬件冗余
- 软件容错
- 指令冗余
- 信息冗余

Chapter 6 可编程控制器(PLC)

PLC较继电器的优点：

- 使用灵活、通用性强
- 可靠性高、抗干扰能力强
- 体积、功耗小、性价比高

PLC组成：

- 中央处理器(CPU):PLC的控制中枢
- 电源：可以不采取其他措施而将PLC直接接到交流电网上
- 编程器：输入程序到存储器，可监视PLC工作状态
- 存储器：存放系统程序和用户程序
- 输入输出接口电路：输入接口电路将信号输入到CPU，输出接口电路将CPU向外输出的信号转化为可驱动外部执行元件的信号

PLC工作原理

- PLC有两种基本的工作模式：运行模式和停止模式，二者通过PLC面板上的拨码进行切换
- 运行模式下，PLC反复执行内部处理、通信服务、输入处理、用户程序处理、输出处理
- 停止模式时，PLC只进行内部处理和通信服务

S7-200CPU 寻址方式

- 直接寻址：位直接寻址，特殊器件的直接寻址，字节、字或双字的直接寻址
- 间接寻址：用指针访问存储区数据
- 集成I/O和扩展I/O寻址