

# 纸机抄纸过程中关键量的控制 设计方案之探讨\*

吴天福 陈益洲

(电机系)

**摘 要:** 造纸工业生产中,抄纸过程是一个多变量耦合过程,并且有很大的死区时滞。本文采用了物理上很容易实现的思想,把解耦装置和 *Smith* 预估计补偿装置放在一起设计。然后,在此基础上进行计算机 *DDC* 控制,效果就会更好;另一特点是,即使计算机出故障,系统仍能在一定范围内继续稳定运行,从而保证了可靠性。

**关键词:** *P* 规范结构, *V* 规范结构, 解耦, 半解耦, *Smith* 预估计器

## 1 抄纸工艺特点

纸的主要原料是纸浆,从打浆间送出来的浓纸浆与白水混合稀释后,经除砂装置、网前箱,流上铜网。在铜网上滤去大部分水份,形成湿页,再经压辊压榨脱水,然后进入烘缸部烘干,成为成纸,再上卷筒。

烘干部是由多个烘毯缸和烘纸缸组成的多烘缸系统,主要作用是脱水,它是造纸过程的一个重要环节,操作的优劣直接影响产品质量、产量和能源消耗量。其特点是:烘干部时间常数远大于网前部和铜网压榨部,烘缸温度变化缓慢。

## 2 控制量、被控制量及主要干扰量的选择

在送料阀开度不变的情况下,纸浆的浓度变化或纸机的车速变化,都引起纸张的定量变化,同时也影响水份的变化。一段烘缸的汽压可以代表该段全体烘缸的温度,温度的变化也影响水份和定量的变化。也就是说水份和定量是关联制约的。

在表示纸张质量的一系列指标中,如定量、水份、灰份、平滑度和光洁度等,最重要的指标就是水份和定量。故可选纸的定量和水份两者为被控量。

纸浆通过高位箱的给料阀门进入纸机。纸中的水份通过各段烘缸被逐渐排除,烘缸的热量由过热蒸汽供给,所以控制送料阀门和蒸汽阀门是控制纸张定量和水份的重要环节。

---

\* 收稿日期: 1989.04.28

选定浆量和蒸汽量为控制量。

但由浆料阀和蒸汽阀位的改变,引起定量和水份变化的时滞都较大,且两者时滞不同,这点在以下对象结构中得到了反应。

纸机的铜网和毛布不断磨损变旧、环境温度和湿度的变化,均影响纸页的定量和水份。这些干扰是随机的,难以测量,这些不可测量的干扰在设计中可用反馈来克服。对于可以测量的主干扰,如流浆箱的液位变动可采用前馈补偿来消除。

选择至此为止,显然,该过程控制系统中被控制变量的数目正好等于操作变量的数目,都为2,为抗干扰控制的实现提供了可能。(当操作变量数目少于输出变量,则想对输出变量实现完全抗干扰控制是不可能的<sup>(2)</sup>。

### 3 控制系统的组成

依上述思想,可设计该控制系统的框图如图1。

由[2]之结论知,本系统控制对象就是一个P规范结构,其结构形式见图2。

对于所有控制系统,只要具有一个V规范结构,不论V规范是控制对象还是解耦

环节结构,则解耦后的系统就相当于断开一切耦合通道及解耦通道所得的系统<sup>(2)</sup>。

为控制方便起见,可把解耦结构设计成图3所示的V规范型结构。

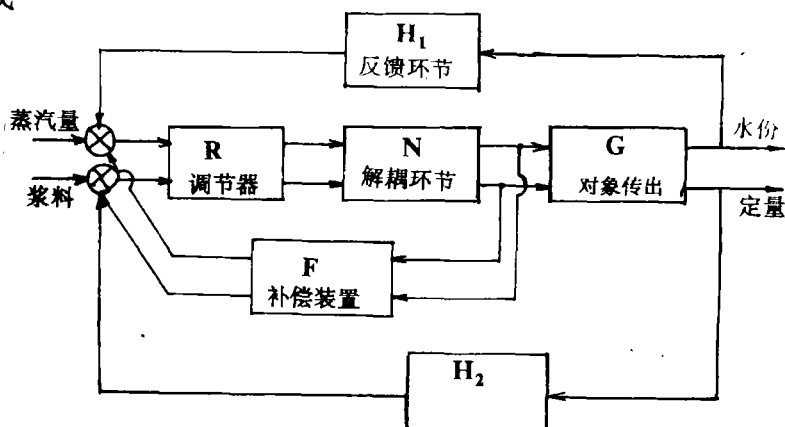


图1 控制系统框图

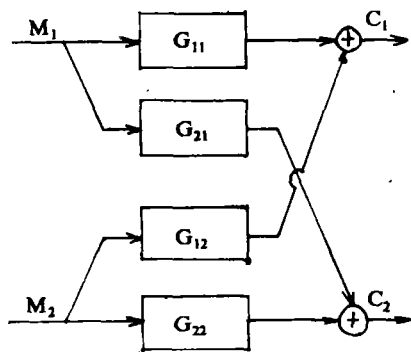


图2 P规范控制对象结构

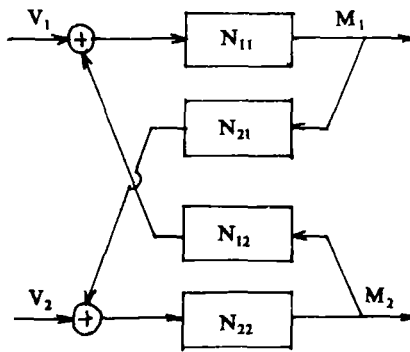


图3 V规范解耦环节结构

## 4 V 规范型解耦环节的设计

从放浆阀门开度  $M_2$  的变化, 反映到卷取机取出纸张的每平方米重量  $J$  与水含量  $W$  的变化过程; 以及从烘缸机蒸汽阀门开度  $M_1$  的变化, 反映到卷取机纸张每平方米重量  $J$  与水含量  $W$  的变化过程, 都可以用如下模型来表示:

$$G_{ij}(S) = \frac{K_{ij} e^{-\tau_{ij}s}}{T_{ij}S + 1}$$

式中,  $K_{ij}$  为对象无因次化的静态增益, 即在稳定下执行器输入信号 (mA) 的变化同变送器输出信号 (mA) 变化的比值;  $\tau_{ij}$  与  $T_{ij}$  为对象纯滞后时间与容积迟后时间。按静态相对放大系数阵列确定系统被控变量与操作变量的配对。

不失一般性, 设  $P$  规范双变量有延时控制对象传输阵为:

$$G(S) = \begin{bmatrix} G_{11}(S) & G_{12}(S) \\ G_{21}(S) & G_{22}(S) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_{11} e^{-\tau_1 s} & W_{12} e^{-\tau_2 s} \\ W_{21} e^{-\tau_3 s} & W_{22} e^{-\tau_4 s} \end{bmatrix}$$

依据不变性原理, 对于该解耦结构, 有以下四种情况的结构组合:

$$\textcircled{1} N_{11} = 1, N_{22} = 1, N_{21} = -\frac{G_{21}}{G_{22}}, N_{12} = -\frac{G_{12}}{G_{11}};$$

$$\textcircled{2} N_{11} = 1, N_{12} = 1, N_{21} = -\frac{G_{21}}{G_{22}}, N_{22} = -\frac{G_{11}}{G_{12}};$$

$$\textcircled{3} N_{11} = -\frac{G_{22}}{G_{21}}, N_{12} = -\frac{G_{12}}{G_{11}}; N_{21} = 1, N_{22} = 1;$$

$$\textcircled{4} N_{11} = -\frac{G_{22}}{G_{21}}, N_{12} = 1, N_{21} = 1, N_{22} = -\frac{G_{11}}{G_{12}};$$

$$\text{显然: } \frac{G_{21}}{G_{22}} = \frac{W_{21}}{W_{22}} e^{-(\tau_3 - \tau_4)s}$$

$$\frac{G_{12}}{G_{11}} = \frac{W_{12}}{W_{11}} e^{-(\tau_2 - \tau_1)s}$$

当  $\tau_1 > \tau_2$  时,  $G_{12}/G_{11}$  是物理不可实现的, 但其倒数  $G_{11}/G_{12}$  却是物理可实现的。同理,  $\tau_4 > \tau_3$  时,  $G_{21}/G_{22}$  物理不可实现的, 而  $G_{22}/G_{21}$  却是物理可实现的。

所以, 若  $\tau_1 > \tau_2$  或  $\tau_4 > \tau_3$ , 则采用第一套结构形式; 若  $\tau_2 > \tau_1$  或  $\tau_3 > \tau_4$ , 则采用第三套结构形式。

## 5 若下列情况发生时, 应采用半解耦方式

**5.1** 对于具有死时延滞的系统, 当进行解耦设计时, 不但应考虑解耦问题的实现问题, 而且应当考虑是否合理的问题。对于上面的方案①, 假如可实现, 但如果  $\tau_4 > \tau_3$ ,

即解耦环节  $N_{21}$  的引入, 给第一通道明显地增加了一个  $(\tau_{22}-\tau_{21})$  的死时滞, 使得系统延缓许多, 甚至会影响系统的稳定。

采用下三角形半解耦阵时, 令  $N = \begin{bmatrix} 1 & N_{12} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ , 即得:  $N_{12} = -G_{12}/G_{11}$ 。

5.2 若  $N_{21}$  不可实现,  $N_{12}$  可实现, 亦采用下三角形半解耦方式解耦。若  $N_{12}$  不可实现,  $N_{21}$  可实现, 可采用上三角形半解耦方式解耦, 即令  $N = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ N_{21} & 1 \end{bmatrix}$ ,

得:  $N_{21} = -G_{21}/G_{22}$ 。

## 6 Smith 预估器的设计

上述解耦阵  $N$  设计好后, 与调节器  $R$  合并一起, 按照 Smith 预估器的原则, 引入一补偿器  $F$ , 构成两个变量系统, 如图 4。

令:  $F = H^*G^* - HG^{[2]}$  (1)

其中:  $H^*$  与  $G^*$  是矩阵  $H$  与  $G$  中令死时滞等于零以后提得的矩阵。

首先计算内回路,

由图 4 有:

$$R^* = [I + R'F]^{-1}R' \quad (2)$$

$R^*$  —— 小闭环传输阵。

那么, 对于外回路, 有:

$$C = [I + GR'^*H]^{-1}GR'^*X \quad (3)$$

(1)、(2)代入(3)得:

$$C = (I + GT^{-1}R'H)^{-1}GT^{-1}R'X$$

其中:  $T = I + R'(H^*G^* - HG)$

若  $G$  为非奇异矩阵, 则有下列恒等式<sup>[2]</sup>。

$$(I + GT^{-1}R'H)^{-1} = G(T + R'HG)^{-1}TG^{-1}$$

推得:  $C = G(I + R'H^*G^*)^{-1}R'X$

系统的特征方程式是:  $|I + R'H^*G^*| = D^{[2]}$

由于  $R'$ 、 $H^*$ 、 $G^*$  中均无死时延滞, 因此对象的死时延滞已不再出现在系统的特征方程式中, 即, 系统时延得以补偿。

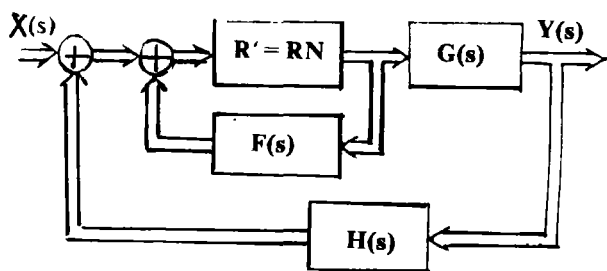


图 4 控制系统框图

### 参 考 文 献

- (1) 王永初. 解耦控制系统. 四川科学技术出版社, 1985. P281~292
- (2) 刘晨辉. 多变量过程控制系统解耦理论. 水利电力出版社, 1984
- (3) 徐衍华. 多变量解耦预估. 自动化学会八八年论文集, 第二集
- (4) 缪永康, 袁著祉. 造纸机不同滞多变量自校正控制. 自动化学会八八年论文集, 第二集
- (5) 涂植英. 过程控制系统. 机械工业出版社

## Developing about the design scheme of the main values control in paper making

Wu TianFu    Chen Yizhou  
(ZhengZhou Institute of Technology)

**Abstract:** In paper making industry, Paper making process is a multivariable coupling process with large time-delay. This paper introduced a easy-realized idea in physical, put uncoupling device and Smith Predicating-Compensating device together to design. Then, on this basis, queted computer Direct Digital Control (DDC), better effect will be given. Another character is that even if computer is out of order, the system can also continue running in a given range. In result, the reliability of system can be guaranteed.

**Keywords:** P-standardized structure, V-standardized structure, uncoupling, scimiuncoupling, Smith predictor

---

(上接 44 页)

## Computing Visual Depth Border by Computer Simulation

Shi Chao  
(ZhengZhou Institute of Technology)

**Abstract:** Human's depth sensation from two eye's figure is the most complex, unresolved problem in visual computing theory. In this paper, we proposed a new method of computing disparity from two figure, which can easily solve this question. A important point differdent from other theories is, what we compute here is the depth border of the object, not the inner information of it.

**Keywords:** depth, disparity, depth border